
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕПАРАТА НА ОСНОВЕ *Bacillus subtilis* НА ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН ПШЕНИЦЫ

Галина Григорьевна Соколенко
Валентина Алексеевна Задорожная
Надежда Владимировна Подлесных

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

В настоящее время в связи с экологизацией сельского хозяйства возрос интерес к применению микробиологических препаратов в качестве альтернативы различным химическим средствам (в частности, пестицидам) и минеральным удобрениям. В этой связи группа биологических препаратов, полученных при использовании ризосферных микроорганизмов рода *Bacillus*, имеет наибольшее практическое значение. Различные штаммы *Bacillus subtilis* обладают способностью вступать во взаимодействие с корневой системой растений, оптимизировать минеральное питание, синтезировать гормоны роста и антибиотические соединения, угнетающие развитие фитопатогенных грибов и бактерий и оказывающие стимулирующее влияние на рост и развитие возделываемых культур, повышая их устойчивость к фитопатогенам и стрессовым условиям. Представлены результаты исследований влияния на посевные качества семян яровой мягкой пшеницы (сорт Дарья) микробиологического препарата, полученного путём биоконверсии отходов производства переработки картофеля с использованием микроорганизма *Bacillus subtilis* 26 D. Было выявлено, что предпосевная обработка семян пшеницы препаратом стимулировала не только их прорастание, но и развитие проростков. Наиболее выраженный стимулирующий эффект отмечен при использовании сухой препаративной формы, содержащей 2×10^7 спор/см³. После бактеризации семян все изучаемые показатели увеличились: энергия прорастания (97,0%) была выше значения контрольного варианта на 1,35 абс.%, лабораторная всхожесть (98,5%) – на 1,75 абс.%, длина проростков (14,09 см) – на 20,7%, масса проростков (8,15 г) – на 24,2%. Стимулирующий эффект препарата возникает за счёт положительного воздействия на физиологические процессы проростков биологически активных соединений, синтезируемых микроорганизмом *Bacillus subtilis* 26 D.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: микробиологический препарат, ризосферные микроорганизмы, *Bacillus subtilis*, семена пшеницы, предпосевная обработка, стимулирующий эффект, энергия прорастания, лабораторная всхожесть.

STUDIES OF THE INFLUENCE OF THE MICROBIOLOGICAL PREPARATION CONTAINING *Bacillus subtilis* CELL CULTURE ON SOWING QUALITIES OF WHEAT SEEDS

Galina G. Sokolenko
Valentina A. Zadorozhnaya
Nadezhda V. Podlesnykh

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

At present the greening of agriculture has aroused an increased interest in the use of microbiological preparations as an alternative to pesticides and mineral fertilizers. The group of biological preparations obtained on the basis of rhizospheric microorganisms of the *Bacillus* genus is of the most practical importance. Various strains of the *Bacillus subtilis* have the ability to interact with plant root system, to optimize mineral nutrition, to synthesize growth hormones and antibiotic compounds that have a stimulating effect on plant growth and development, and thus make it possible to increase their resistance to phytopathogens and stressful conditions. The authors present the results of studies on the effect of the new microbiological preparation on sowing qualities of soft wheat seeds of the Daria cultivar. The preparation was obtained by bioconversion of potato processing byproducts using the *Bacillus subtilis* 26D cell culture. It was shown that presowing treatment of soft wheat seeds with the obtained preparation containing *Bacillus subtilis* 26D spores exerted a stimulating effect on seed germination and seedling development. This was manifested in an increase in germination energy, laboratory germination, length and mass of seedlings. The most pronounced stimulating effect was noted when the dry form of the preparation at the concentration of 2×10^7 spores/cm³ was used.

Inoculation of seeds resulted in an increase in all the studied parameters. Germination energy value in the experiment (97.0%) was higher than in the control by 1.35 abs.%, laboratory germination value (98.5%) was higher by 1.75 abs.%, the length of seedlings value (14.09 cm) was higher by 20.7%, and the mass of seedlings value (8.15 g) was higher by 24.2%. The stimulating effect of the preparation is associated with the action of biologically active compounds synthesized by the *Bacillus subtilis* 26D microorganism on the physiological processes of seedlings.

KEYWORDS: microbiological preparation, *Bacillus subtilis* rhizospheric microorganisms, wheat seeds, presowing treatment, stimulating effect, germination energy, laboratory germination.

В настоящее время актуальными направлениями развития сельского хозяйства являются его экологизация, развитие органических систем земледелия с целью получения безопасной и качественной продукции. В связи с этим возрос интерес к применению микробиологических препаратов, которые рассматриваются как обязательное звено современных технологий в растениеводстве [1, 2, 4, 6].

Практическую значимость имеет группа биопрепаратов, полученных на основе ризосферных микроорганизмов, прежде всего родов *Bacillus* и *Pseudomonas*. Эти микроорганизмы играют важную роль в развитии растений и формировании урожая. Различные штаммы *Bacillus subtilis* обладают способностью вступать во взаимодействие с корневой системой растений, оптимизировать минеральное питание, синтезировать гормоны роста и антибиотические соединения, угнетающие развитие фитопатогенных грибов и бактерий и оказывающие стимулирующее влияние на рост и развитие возделываемых культур, повышая их устойчивость к фитопатогенам и стрессовым условиям [5, 9, 10].

Научно обоснованное применение микробиологических препаратов позволит решить проблемы деградации почвенной микробиоты, исключить возникновение фитопатогенов, устойчивых к химическим пестицидам, повысить эффективность применения минеральных удобрений, а также снизить резистентность сельскохозяйственных культур к стрессовым условиям.

Использование микробиологических препаратов становится обязательным элементом интенсивных агротехнологий, так как направлено на повышение продуктивности возделываемых сельскохозяйственных культур и качества получаемой продукции, снижение зависимости урожайности от климатических условий года, стрессов, развития болезней, нарабатанного патогенного фона почв.

Повышение спроса на биопрепараты обуславливает необходимость поиска новых высокоактивных штаммов-продуцентов и технологий получения биопрепаратов на их основе. Применение биотехнологических методов переработки сельскохозяйственного сырья позволяет не только рационально использовать отходы растениеводства и животноводства, но и реализовывать принципы безотходной технологии, повышая экономическую эффективность производства.

Одним из перспективных способов получения биопрепаратов для сельского хозяйства является микробная биоконверсия отходов и побочных продуктов перерабатываемых производств, которая способствует получению биопрепаратов с новыми полезными свойствами, повышению рентабельности и экологичности производства.

Специалистами центра биотехнологических исследований Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I получен микробиологический препарат методом микробной биоконверсии отходов картофелеперерабатывающего производства с использованием культуры *Bacillus subtilis* 26 D и совместно с сотрудниками кафедры земледелия, растениеводства и защиты растений проведены лабораторные исследования по изучению влияния полученного препарата на посевные качества семян пшеницы.

В качестве объекта исследования были использованы семена яровой мягкой пшеницы сорта Дарья [8].

Обработку семян пшеницы проводили в соответствии с ГОСТ 12038-84 [3].

Для обработки семян пшеницы использовали биопрепарат в жидкой препаративной форме с концентрацией 2×10^6 спор/см³ и сухой (СВ 92%) с концентрацией спор 2×10^{10} в 1 г. Сухую препаративную форму перед использованием разводили водой 1 : 10, выдерживали 20 минут при комнатной температуре, затем разводили до концентрации 2×10^6 и 2×10^7 спор/см³.

Обработку семян проводили замачиванием в водном растворе, содержащем споры препарата в разных концентрациях в течение 2 часов. В качестве контроля использовали семена, замоченные в воде. На двух слоях увлажнённой бумаги размером 10×100 см (± 2 см) раскладывали одну пробу семян зародышами вниз по линии, проведённой на расстоянии 2–3 см от верхнего края листа. Сверху семена накрывали полоской увлажнённой бумаги такого же размера, затем полосы неплотно сворачивали в рулон и помещали в вертикальном положении в растильню.

Проращивание проводили в рулонах в термостате при температуре 20°C, в помещении без освещения. Повторность опытов – 4-кратная.

Энергию прорастания определяли на 3-й день проращивания, лабораторную всхожесть – на 7-й, длину и массу проростков – на 10-й день проращивания (табл. 1 и 2).

Таблица 1. Энергия прорастания и лабораторная всхожесть семян пшеницы в зависимости от предпосевной обработки (средние значения данных)

Вариант	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %
Контроль (вода)	95,7	96,8
Сухая препаративная форма, разведённая до концентрации 2×10^6 спор/см ³	96,5	97,8
Сухая препаративная форма, разведённая до концентрации 2×10^7 спор/см ³	97,0	98,5
Жидкая препаративная форма с концентрацией 2×10^6 спор/см ³	96,0	97,3

Как следует из данных таблицы 1, предпосевная обработка семян пшеницы био-препаратом приводила к увеличению энергии прорастания и лабораторной всхожести. Наиболее выраженный стимулирующий эффект на энергию прорастания и лабораторную всхожесть отмечен при использовании сухой препаративной формы, разведённой до концентрации 2×10^7 спор/см³, – соответственно 1,35 и 1,75 абс.%.

Выявлено, что предпосевная обработка семян исследуемым препаратом способствовала увеличению длины проростков:

- при использовании сухой препаративной формы, разведённой до концентрации 2×10^6 и 2×10^7 спор/см³, – соответственно на 19,6 и 20,7%;

- при использовании жидкой препаративной формы с концентрацией 2×10^6 спор/см³ – на 11,9%.

Наиболее выраженный стимулирующий эффект на длину и массу проростков отмечен при использовании сухой препаративной формы, разведённой до концентрации 2×10^7 спор/см³ (табл. 2).

Интегральным показателем развития семян является масса проростков. В ходе проведения лабораторных исследований было установлено, что масса проростков из семян, обработанных биопрепаратом, была выше показателя контрольного варианта во всех исследованных вариантах. Масса проростков, которые развились из семян при использовании сухой препаративной формы, разведённой до концентрации 2×10^6 спор/см³, превышала показатели контрольного варианта на 17,4%. Более выраженный стимулирующий эффект отмечен при использовании сухой препаративной формы, разведённой до концентрации 2×10^7 спор/см³, – увеличение на 24,2%. Вариант использования жидкой препаративной формы был менее эффективным – отмечено увеличение массы проростков на 10,5%.

Таблица 2. Длина и масса проростков семян пшеницы в зависимости от предпосевной обработки

Вариант	Длина проростка, см	Общая масса проростков, г	Стимулирующий эффект, %	Масса 100 проростков, г	Стимулирующий эффект, %
Контроль (вода)	11,67	6,56	-	6,95	-
Сухая препаративная форма, разведённая до концентрации 2×10^6 спор/см ³	13,96	7,70	+17,4	8,00	+15,1
Сухая препаративная форма, разведённая до концентрации 2×10^7 спор/см ³	14,09	8,15	+24,2	8,51	+22,4
Жидкая препаративная форма с концентрацией 2×10^6 спор/см ³	13,06	7,25	+10,5	7,58	+9,0

Для объективной оценки влияния бактериализации семян исследуемым микробиологическим препаратом был использован показатель массы 100 проростков. Установлено стимулирующее действие исследуемого микробиологического препарата и по этому показателю:

- жидкая препаративная форма с концентрацией 2×10^6 спор/см³ способствовала увеличению массы проростков до 7,58 г, или на 9,0%;
- сухая препаративная форма, разведённая до концентрации 2×10^6 спор/см³, приводила к увеличению массы проростков до 8,00 г, или на 15,1%;
- сухая препаративная форма, разведённая до концентрации 2×10^7 спор/см³, способствовала максимальному увеличению массы проростков до 8,51 г, или на 22,4%.

Следует отметить, что ранее было исследовано влияние биопрепарата Экстра-сол, содержащего споры *Bacillus subtilis* Ч-13, на посевные качества семян яровой твердой пшеницы сорта Воронежская 9 и выявлено увеличение энергии прорастания и лабораторной всхожести на 0,33 абс.%, длины проростков – на 4,6% [7, 11]. Эти значения ниже показателей, полученных при использовании исследуемого биопрепарата, – соответственно в 3,9 и 5,3 раза, что свидетельствует о более высокой эффективности исследуемого микробиологического препарата на основе *Bacillus Subtilis* 26 D.

Выводы

Новый микробиологический препарат, содержащий споры *Bacillus subtilis* 26 D, полученный путём биоконверсии отходов производства переработки картофеля, оказывает стимулирующее действие на посевные качества семян пшеницы мягкой сорта Дарья, которое проявляется в увеличении энергии прорастания, лабораторной всхожести, длины и массы проростков.

После бактериализации семян исследуемым микробиологическим препаратом все изучаемые показатели увеличились (приведены максимальные значения наиболее выраженного стимулирующего эффекта, отмеченного при использовании сухой препаративной формы, разведённой до концентрации 2×10^7 спор/см³):

- энергия прорастания – на 1,35 абс.%;
- лабораторная всхожесть – на 1,75 абс.%;
- длина проростков – на 2,42 см, или на 20,7%;
- масса проростков – на 1,59 г, или на 24,2%.

Стимулирующий эффект препарата возникает за счёт положительного воздействия на физиологические процессы проростков биологически активных соединений, синтезируемых микроорганизмом *Bacillus subtilis* 26 D.

Библиографический список

1. Биопрепараты в сельском хозяйстве. Методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве / И.А. Тихонович, А.П. Кожемяков, В.К. Чеботарь, Ю.В. Круглов и др. ; отв. ред. И.А. Тихонович, Ю.В. Круглов. – Москва : ВНИИСХМ, 2005. – 154 с.
2. Гормоны и гормоноподобные соединения микроорганизмов (обзор) / Е.А. Цавкелова, С.Ю. Климова, Т.А. Чердынцева, А.И. Нетрусов // Прикладная биохимия и микробиология. – 2006. – Т. 42, № 3. – С. 261–268.
3. ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. – Введ. 1986–07–01. – Москва : Стандартинформ, 2011. – 64 с.
4. Завалин А.А. Биопрепараты, удобрения и урожай / А.А. Завалин. – Москва : Изд-во ВНИИА, 2005. – 302 с.
5. Новые технологии производства и применения биопрепаратов комплексного действия : монография / А.А. Завалин, А.П. Кожемяков, О.А. Андреев и др. ; под ред. А.А. Завалина, А.П. Кожемякова. – Санкт-Петербург : Химиздат, 2010. – 64 с.
6. Петров В.Б. Микробиологические препараты в биологизации земледелия России / В.Б. Петров, В.К. Чеботарь, А.Е. Казаков // Достижения науки и техники АПК. – 2002. – № 10. – С. 16–20.
7. Посевные качества семян яровой твердой пшеницы отечественной и зарубежной селекции в зависимости от обработки семян микроудобрением Экстрасол в ЦЧР / Н.В. Подлесных, В.А. Задорожная, Ю.И. Багрянцев, Д.А. Прасолова // Инновационные технологии производства зерновых, зернобобовых, технических и кормовых культур : юбилейный сборник научных трудов Международной науч. конф. (Россия, г. Воронеж, 28 ноября 2016 г.), под общ. ред. проф. В.А. Федотова. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2016. – С. 37–42.
8. Пшеница яровая сорта Дарья [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.apk-kolos.ru/pshenica-jarovaja/c214.html> (дата обращения: 25.07.2019).
9. Plant-microbe interactions and the new biotechnological methods of plant disease control / E. Montesinos, A. Bonaterra, E. Badosa et al. // International Microbiology. – 2002. – Vol. 5 (4). – Pp. 169–175. DOI: 10.1007/s10123-002-0085-9.
10. Sharp R.J. Fermentation and downstream processing of *Bacillus* / R.J. Sharp, M.D. Scawen, T. Atkinson // Part of the Biotechnology Handbooks: *Bacillus*. – London : Plenum Press, 1989. – Pp. 255–292.
11. The Impact of Biologies and Chemicals on Winter Wheat Diseases, Yield and Grain Quality / V.A. Fedotov, N.V. Podlesnykh, S.V. Kadyrov, D.I. Shchedrina, O.V. Stolyarov // Advances in Engineering Research : International Scientific and Practical Conference «AGROSMART – Smart Solutions for Agriculture» (AGROSMART-2018) (Russia, Tyumen, July 16–20, 2018). – 2018. – Vol. 151. – Pp. 191–195.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ
Принадлежность к организации**

Галина Григорьевна Соколенко – доктор технических наук, профессор кафедры технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: galigri@mail.ru.

Валентина Алексеевна Задорожная – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия, растениеводства и защиты растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: valyaz2015@mail.ru.

Надежда Владимировна Подлесных – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия, растениеводства и защиты растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: env.05@mail.ru.

Дата поступления в редакцию 06.12.2019

Дата принятия к печати 28.01.2020

**AUTHOR CREDENTIALS
Affiliations**

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

Valentina A. Zadorozhnaya, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: valyaz2015@mail.ru.

Nadezhda V. Podlesnykh, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: plant@agronomy.vsau.ru.

Received December 06, 2019

Accepted after revision January 28, 2020