

УДК 632.937.12

**Влияние продуктов метаболизма симбиотических бактерий
энтомопатогенных нематод на урожай картофеля***Канд. биол. наук Н.Е. Агансонова, agansonovan@mail.ru**ФГБНУ Всероссийский институт защиты растений
196608, Санкт-Петербург, ш. Подбельского, 3*

*Практический интерес представляют исследования эффективности новых биологических препаратов как средств защиты картофеля *Solanum tuberosum* Z. В работе приводятся результаты экспериментов по применению продуктов метаболизма симбиотических бактерий р. *Xenorhabdus* с. *Enterobacteriaceae* энтомопатогенных нематод при возделывании картофеля, влияние на урожай, его биохимический состав. Показана эффективность применения продуктов метаболизма симбиотических бактерий энтомопатогенных нематод против фитофторы *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. Изучали особенности влияния продуктов метаболизма симбиотических бактерий энтомопатогенных нематод на активность каталазы клубней картофеля. Использование продуктов метаболизма симбиотических бактерий энтомопатогенных нематод обеспечивало повышение урожая, улучшение качества получаемой продукции, подавляло развитие фитофтороза. При обработке клубней продуктами метаболизма симбиотических бактерий энтомопатогенных нематод активность каталазы снижалась.*

Ключевые слова: продукты метаболизма симбиотических бактерий, картофель, урожай, фитофтора, каталаза.

**Influence of metabolism products of entomopathogenic nematodes
symbiotic bacteria on the harvest of potato***Ph.D. N.E. Agansonova, agansonovan@mail.ru**All-Russian Institute of Plant Protection
196608, St Petersburg, Podbelskogo shosse, 3*

*Practical interest is represented by researches of efficiency of new biological preparations as protection frames of a potato *Solanum tuberosum* Z. The paper gives the results of experiments on application of metabolism products of entomopathogenic nematodes symbiotic bacteria (*Xenorhabdus*, *Enterobacteriaceae*) in cultivation of potato, their influence on the harvest, its biochemical composition. Efficiency of application of metabolism products of entomopathogenic nematodes symbiotic bacteria against phytophthora *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary has been shown. The features of metabolism products of entomopathogenic nematodes symbiotic bacteria influence on the catalase activity of potato tubers have been studied. The features of metabolism products of entomopathogenic nematodes symbiotic bacteria influence on the catalase activity of potato tubers have been studied. The using of metabolism products of entomopathogenic nematodes symbiotic bacteria increased the harvest, improved quality, suppressed the development of the phytophthora. Catalase activity decreased at treatment tubers with the metabolism products of entomopathogenic nematodes symbiotic bacteria.*

Keywords: metabolism products of entomopathogenic nematodes symbiotic bacteria, potato, harvest, phytophthora, catalase.

Основу современной защиты растений, как одного из важнейших элементов растениеводства, составляют системы интегрированной защиты растений [1]. Картофель *Solanum tuberosum* Z. может поражаться возбудителями болезней до появления всходов, во время вегетации и после закладки клубней на хранение и является одной из основных сельскохозяйственных культур, где предпочтение отдается биологизированным технологиям. Индуцирование устойчивости растений к фитопатогенам в настоящее время особенно актуально. Максимальная мобилизация природных механизмов составляет основу стратегии интегрированного управления фитосанитарным состоянием агроценозов [2]. В ряде стран мира, в т.ч. и в России, к настоящему времени создан ряд коммерческих препаратов – индукторов болезнестойчивости с высокой эффективностью для защиты различных сельскохозяйственных культур от болезней [3].

Поиск новых молекул с высокой селективностью действия и веществ небактериальной природы – индукторов устойчивости растений к вредным организмам – одно из основных направлений фундаментальных исследований программы по защите растений [4]. Так, повышение устойчивости растений с помощью хитозана может быть одним из эффективных приемов защиты растений [5]. Хитозан–Н (ВИЗР) повышает устойчивость растений к южной галловой нематоды *Meloidogyne incognita* Ch. [6]. Предпосевная обработка водным раствором глицина повышает продуктивность растений и сокращает потери урожая картофеля [7] и корнеплодов [8] во время хранения. Это может быть связано с тем, что глицин индуцирует синтез ауксина в растениях [9], что оказывает влияние на упругие свойства растительной ткани [10].

Для интегрированной защиты картофеля актуальна разработка технологий применения новых перспективных микробиологических препаратов, в частности, продуктов метаболизма симбиотических бактерий р. *Xenorhabdus* с. *Enterobacteriaceae* энтомопатогенных нематод, которые в «Государственный каталог...» препаратов и биологических средств, разрешенных к применению в РФ, пока не включены.

Биологическую эффективность применения продуктов метаболизма симбиотических бактерий против возбудителя фитофтороза *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary оценивали на картофеле на сорта Памяти Осиповой в лабораторных опытах на ломтиках клубней, определяя активность фермента каталазы в тканях, а также в мелкоделяночных экспериментах, учитывая изменение распространенности и развития болезни [11], урожая и его качества. Лабораторный образец препарата – продуктов метаболизма симбиотических бактерий получен из лаборатории микробиологической защиты растений ВИЗР.

Активность продуктов метаболизма симбиотических бактерий при обработке ломтиков клубней картофеля, зараженных чистой культурой возбудителя фитофтороза (чистая культура получена от канд. биол. наук Патрикеевой М.В.) с титром 2×10^4 спор/мл оценивали через трое суток после инфицирования. Активность каталазы определяли по Баху А.Н. и Опарину А.М. [12], срезая верхний слой ткани с ломтиков клубней.

В мелкоделяночных экспериментах посадку картофеля проводили в начале июня (клубни мелкой фракции 40–45 г) на глубину 7–8 см по схеме 35×70 см. Размер опытной деланки – 25 м². Расположение деланок рендомизированное.

Продуктами метаболизма симбиотических бактерий (водная суспензия, титр 10^7 клеток/мл, 50 мл/л) проводили предпосадочную обработку клубней и опрыскивание вегетирующих растений. Схема опыта включала следующие варианты:

1. Контроль (без обработки препаратом).
2. Продукты метаболизма симбиотических бактерий, предпосадочная обработка клубней и опрыскивание вегетирующих растений в фазу всходов и в фазу бутонизации.
3. Продукты метаболизма симбиотических бактерий, обработка клубней перед посадкой.

4. Продукты метаболизма симбиотических бактерий, обработка клубней перед посадкой и опрыскивание растений в фазу всходов.

5. Продукты метаболизма симбиотических бактерий, обработка клубней перед посадкой и опрыскивание растений в фазу бутонизации.

При оценке урожая учитывали товарность клубней, разделяя их на две фракции. К товарным относили клубни массой более 50 г.

В клубнях определяли содержание сухого вещества методами высушивания и весовым [13], крахмала – весовым методом [14], аскорбиновой кислоты – титриметрическим методом [15].

Анализировали потери картофеля при хранении (6 месяцев) по сравнению с контролем.

Повторность опытов – 4-кратная. Статистическую обработку данных проводили с помощью программы ANOVA. В таблицах приведены средние значения показателей. Значения с разными буквенными индексами внутри графы достоверно различались при $p \leq 0,05$.

Установлено, в опытах *in vitro* и мелкоделяночных, что обработка продуктами метаболизма симбиотических бактерий повышает устойчивость картофеля к заражению возбудителем фитофтороза.

Отмечено уменьшение количества некротических клеток, а также уменьшение активности каталазы в 1,7 раз при обработке продуктами метаболизма симбиотических бактерий тканей клубней картофеля, зараженных фитофторой (таблица 1).

Таблица 1

Активность каталазы в тканях клубней картофеля, зараженных возбудителем фитофтороза *Phytophthora infestans*, после обработки продуктами метаболизма симбиотических бактерий

Вариант	Активность каталазы (мкмоль/мин)
Контроль (обработка водой)	15,4(a)
Продукты метаболизма симбиотических бактерий (водная суспензия, титр 10^7 клеток/мл, 50 мл/л)	9,1(b)

Примечание. Значения с разными буквенными индексами внутри графы достоверно различались при $p \leq 0,05$.

При проведении мелкоделяночного опыта в условиях дерново-подзолистых, легкосуглинистых почв установлены максимальные показатели эффективности при предпосадочной обработке продуктами метаболизма симбиотических бактерий клубней и вегетирующих растений в фазу всходов и в фазу бутонизации.

Предпосадочная обработка клубней и вегетирующих растений в фазу всходов и в фазу бутонизации продуктами метаболизма симбиотических бактерий уменьшала развитие и распространенность фитофтороза на 28,4–31,1% (табл. 2) с увеличением урожая на 21% (таблица 3) и числа крупных клубней высокой товарности, обладающих наибольшей сохранностью в период хранения.

При хранении картофеля, обработанного продуктами метаболизма симбиотических бактерий, распространенность болезней на клубнях снизилась на 41,8% по сравнению с контролем.

Применение продуктов метаболизма симбиотических бактерий существенно снижает проявление сухой фузариозной гнили (*Fusarium sp.*).

Предполагается дальнейшее изучение их в качестве экологически безопасного средства защиты картофеля от болезней во время хранения.

Таблица 2

**Влияние продуктов метаболизма симбиотических бактерий
на пораженность растений картофеля фитотфторозом *Phytophthora infestans***

Вариант	Пораженность картофеля фитотфторозом	
	распространенность, %	развитие болезни, %
Контроль (без обработки препаратом)	75,0(a)	19,0(a)
Предпосадочная обработка клубней и опрыскивание вегетирующих растений в фазу всходов и в фазу бутонизации (водная суспензия, титр 10^7 клеток/мл, 50 мл/л)	51,7(b)	13,6(b)

Примечание. Значения с разными буквенными индексами внутри графы достоверно различались при $p \leq 0,05$.

Увеличение числа клубней семенной фракции (25–80 г) отмечено при обработке клубней и вегетирующих растений в фазу всходов.

При изучении биохимического состава клубней отмечено увеличение содержания сухого вещества, витамина С, и крахмала по сравнению с контролем в 1,2–1,3 раза.

Таблица 3

**Урожай картофеля и качество клубней после воздействия
продуктов метаболизма симбиотических бактерий**

Вариант	Урожай, кг/м ²	Товарность, %	Потери картофеля при хранении, %
Контроль (без обработки препаратом)	8,9(a)	88,5(a)	9,8(a)
Продукты метаболизма симбиотических бактерий*, предпосадочная обработка клубней и опрыскивание вегетирующих растений в фазу всходов и в фазу бутонизации	10,8 (b)	95,0(b)	5,7(b)
Продукты метаболизма симбиотических бактерий*, обработка клубней перед посадкой.	10,2(c)	90,5(c)	6,8(c)
Продукты метаболизма симбиотических бактерий*, обработка клубней перед посадкой и опрыскивание растений в фазу всходов	10,6(d)	92,6(d)	6,0(d)
Продукты метаболизма симбиотических бактерий*, обработка клубней перед посадкой и опрыскивание растений в фазу бутонизации.	10,5(i, d)	93,5 (i)	6,2(i, d)

Примечание. *Водная суспензия (титр 10^7 клеток/мл, 50 мл/л).

Значения с разными буквенными индексами внутри графы достоверно различались при $p \leq 0,05$

Таким образом, установлено, что обработка картофеля продуктами метаболизма симбиотических бактерий повышает устойчивость к заражению возбудителем фитофтороза – самой вредоносной болезни культуры. Продукты метаболизма симбиотических бактерий перспективны для использования в системах интегрированной защиты продовольственного и семенного картофеля.

Литература

1. Павлюшин В.А. Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем / В.А. Павлюшин, К.В. Новожилов, Н.А. Вилкова, Г.И. Сухорученко // Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем: матер. третьего Всерос. съезда по защите растений. СПб: 2013. Т.1. С.150–158.
2. Павлюшин В.А. Фитосанитарная дестабилизация агроэкосистем / В.А. Павлюшин, Н.А. Вилкова, Г.И. Сухорученко, Л.И. Нефедова, С.Р. Фасулати // СПб: НППЛ: Родные просторы. – 2013. – 184 с.
3. Долженко В.И. Химическая защита растений в фитосанитарном оздоровлении агроэкосистем / В.И. Долженко, К.В. Новожилов, Г.И. Сухорученко, С.Л. Тютюрев // Вестник защиты растений. – №3. – 2011. – С.3–12.
4. Павлюшин В.А. Проблемы фитосанитарного оздоровления агроэкосистем // Вестник защиты растений. – №2. – 2011. – С.3–9.
5. Агансонова Н.Е. Перспективы использования новых препаратов биологического происхождения в комплексных системах защиты растений / Н.Е. Агансонова // Биологические средства защиты растений, технология их изготовления и применения. СПб: Всерос. НИИ защиты растений, 2005. – С. 338–353.
6. Агансонова Н.Е. Оценка влияния ответных реакций растений на фитофагов в системах растения – фитопаразитические нематоды / Н.Е. Агансонова // Вестник защиты растений. – 2015. – №2. – С.41–48.
7. Бурова Т.Е., Мурашев С.В., Вержук В.Г. Влияние биостимуляции на сокращение потерь при длительном холодильном хранении картофеля // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2003. – №8. – С.132–133.
8. Большаков О.В. Препараты «Биостим А» и «Биостим М» - новые регуляторы роста и развития растений / О.В. Большаков, В.Е. Куцакова, С.В. Мурашев, Т.Е. Бурова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 1999. – №6. – С.29–31.
9. Мурашев С.В. Сопоставление эффективности и безопасности защитных механизмов, индуцируемых в растительных организмах // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2013. №2.
10. Вержук В.Г. Определение упругости ткани плодов яблоны, груши, хеномелеса для прогнозирования потерь при холодильном хранении / В.Г. Вержук, С.В. Мурашев, А.Ю. Белова // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – № 4. – 2012. – С. 10–12.
11. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / под ред. В.И. Долженко. – СПб, 2009 б. – 379 с.
12. Шапкарин В.В. Биохимия: сборник лабораторных работ / В.В. Шапкарин, А.П. Королев, С.Б. Гридина, Е.П. Зинкевич; Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – Кемерово, 2005. – 84 с.
13. Ермаков А.И. Методы биохимического исследования растений/А.И. Ермаков, В.В. Арасимович, Н.П. Ярош, Ю.В. Перуанский, Г.А. Луковникова, М.И. Иконникова. – Л.: Агропромиздат, 1987. – С.41– 44.
14. ГОСТ 7194–81. Картофель свежий. Правила приемки и методы определения качества. Введен: 1982. Сверен по: Официальное издание Картофель, овощи, бахчевые культуры. Технические условия: Сб. ГОСТов. – М.: Стандартинформ., 2010.
15. Чупахина Г.Н. Физиологические и биохимические методы анализа растений: практикум. Калининград: Изд-во КГУ, 2000. 59 с.

References

1. V.A. Pavlyushin, K.V. Novozhilov, N.A. Vilkova, G.I. Suhoruchenko Fitosanitarnaya optimizaciya agroehkosistem. Fitosanitarnaya optimizaciya agroehkosistem: mater. tret'ego Vseros. s"ezda po zashchite rastenij. SPb: 2013. V.1, pp.150–158 (In Russian).

2. V.A. Pavlyushin, N.A. Vilkova, G.I. Suhoruchenko, L.I. Nefedova, S.R. Fasulati Fitosanitarnaya destabilizaciya agroekosistem. SPb: NPPL: Rodnye prostory. 2013. 184 p (In Russian).
3. Dolzhenko V.I., K.V. Novozhilov, G.I. Suhoruchenko, S.L. Tyuterev Himicheskaya zashchita rastenij v fitosanitarnom ozdorovlenii agroekosistem. *Vestnik zashchity rastenij*. 2011, №3, pp. 3–12 (In Russian).
4. Pavlyushin V.A. Problemy fitosanitarnogo ozdorovleniya agroekosistem. *Vestnik zashchity rastenij*. 2011, №2, pp. 3–9 (In Russian).
5. Agansonova N.E. Perspektivy ispol'zovaniya novyh preparatov biologicheskogo proiskhozhdeniya v kompleksnyh sistemah zashchity rastenij. *Biologicheskie sredstva zashchity rastenij, tekhnologiya ih izgotovleniya i primeneniya*. SPb.: Vseros. NII zashchity rastenij, 2005, pp. 338–353 (In Russian).
6. Agansonova N.E. Ocenka vliyaniya otvetnyh reakcij rastenij na fitofagov v sistemah rasteniya – fitoparaziticheskie nematody. *Vestnik zashchity rastenij*. 2015, №2, pp. 41–48 (In Russian).
7. Burova T.E., Murashev S.V., Verzhuk V.G. Vliyanie biostimulyacii na sokrashchenie poter' pri dlitel'nom holodil'nom hranenii kartofelya. *Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ya*. 2003, №8, pp. 132–133 (In Russian).
8. Bol'shakov O.V., V.E. Kucakova, S.V. Murashev, T.E. Burova Preparaty «Biostim A» i «Biostim M» - novye regulatory rosta i razvitiya rastenij. *Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ya*. 1999, №6, pp. 29–31 (In Russian).
9. Murashev S.V. Sopostavlenie ehffektivnosti i bezopasnosti zashchitnyh mekhanizmov, induciruemym v rastitel'nyh organizmah. *Nauchnyj zhurnal NIU ITMO. Seriya «Processy i apparaty pishchevyh proizvodstv»*. 2013, №2.
10. Verzhuk V.G. , S.V. Murashev, A.YU. Belova Opredelenie uprugosti tkani plodov yabloni, grushi, henomelesa dlya prognozirovaniya poter' pri holodil'nom hranenii. *Doklady Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennyh nauk*. 2012, № 4, pp. 10–12 (In Russian).
11. Metodicheskie ukazaniya po registracionnym ispytaniyam fungicidov v sel'skom hozyajstve. In ed. V.I. Dolzhenko. SPb, 2009, 379 p. (In Russian).
12. SHapkarin V.V. Biohimiya: sbornik laboratornyh rabot. Kemerovo, 2005. 84 p. (In Russian).
13. Ermakov A.I., V.V. Arasimovich, N.P. YArosh, YU.V. Peruanskij, G.A. Lukovnikova, M.I. Ikonnikova Metody biohimicheskogo issledovaniya rastenij. L.: Agropromizdat, 1987. pp. 41– 44 (In Russian).
14. GOST 7194–81. Kartofel' svezhij. Pravila priemki i metody opredeleniya kachestva. Vveden: 1982. Sveren po: Oficial'noe izdanie Kartofel', ovoshchi, bahchevye kul'tury. Tekhnicheskie usloviya: Sb. GOSTov. – M.: Standartinform., 2010 (In Russian).
15. CHupahina G.N. Fiziologicheskie i biohimicheskie metody analiza rastenij: praktikum. Kaliningrad: Izd– vo KGU, 2000, 59 p. (In Russian).

Статья поступила в редакцию 29.06.2015 г.