

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ РАЗЛИЧНЫМИ МИКРООРГАНИЗМАМИ НА РАЗВИТИЕ АЛЬТЕРНАРИОЗА (*ALTERNARIA SOLANI*) И УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ

АЛДИБА Адаа Шахат, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

ЕСЬКОВ Иван Дмитриевич, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

Альтерналиоз является опасным заболеванием картофеля, т. к. значительно снижает его производство в России и за рубежом. Из-за внутривидовой изменчивости патогена, широкой симптоматики и длительного периода иммунитета очень трудно диагностировать заболевание и проводить защитные мероприятия. В качестве биологического метода защиты были испытаны восемь микроорганизмов, проявляющие воздействие на альтерналиоз (*Alternaria solani* (Ell. Et Mart.) Sor.); эти биоагенты были подвергнуты скринингу на их ингибирующую активность на болезнь в полевых условиях. Обработка картофеля *Trichoderma* sp. и *Bacillus thuringiensis* показала высокое влияние на увеличение размера растений на изучаемых сортах (44,6; 43,1 см на Романо и 47,6; 42,7 см на Лабелла). Количество стеблей у растений, обработанных *Pseudomonas jessenii*, было больше (4,0; 4,4 шт.), чем в контроле на обоих сортах. Обработка картофеля *Trichoderma* sp. и *Bacillus thuringiensis* уменьшила распространение болезни на этих сортах (23,0; 24,6 % на Романо и 1,4; 2,3 % на Лабелла). Обработка картофеля бактериями *Trichoderma* sp. и *Bacillus thuringiensis* увеличила массу товарного урожая на обоих сортах (18,1; 17,1 т/га на Романо и 19,8; 19,2 т/га на Лабелла) по сравнению с контролем.

Введение. Картофель является одной из важнейших продовольственных и товарных культур в России и за рубежом. Однако он восприимчив к широкому кругу болезней, в том числе к альтерналиозу, из-за изменчивости симптомов имеющего разные названия (макроспориоз, ранняя сухая пятнистость, бурая пятнистость паслёновых) [2, 3]. В мире средние потери урожая картофеля от альтерналиоза составляют 5 % в год. В отдельные годы пораженность растений альтерналиозом достигает 100 %, а урожайность снижается в диапазоне от 5 до 78 %.

Наиболее высокий процент вредоносности наблюдается в Прибайкалье, на Дальнем Востоке и Ленинградской области [1]. Альтерналиоз картофеля также широко распространен и в Поволжье, где поражает практически все возделываемые сорта картофеля, причем его распространенность находится в отрицательной корреляционной зависимости от температуры июня и августа. Развитие болезни зависит как от погоды, так и от региона возделывания [4].

Изучение биологического происхождения условий подавления болезней становится значительно проще, если возможно установить корреляции между распространением и развитием болезни и биологическими факторами, оцениваемыми, например, путем сочетания условий подавления болезней с факторами, благоприятствующими поражению болезнями [5].

Биологический контроль с использованием микроорганизмов для подавления болезней растений представляет мощную альтернативу использованию синтетических препаратов [13]. Важнейшей задачей современности является эффективное использование в растениеводстве экологически и гигиенически безопасных методов защиты растений. Развитие устойчивости к опасным болезням сельскохозяйственных растений и проблемы загрязнения окружающей среды из-за чрезмерного использования пестицидов являются основными причинами усиления роли биологического метода в защите растений.

Целью данного исследования являлось определение влияния микроорганизмов на развитие альтерналиоза и урожайность картофеля в полевых условиях.

Методика исследований. Опыты проводили в полевых условиях на искусственном инфекционном фоне. Искусственное заражение альтерналиозом проводили по методике [8, 9]. При посадке инокуляцию проводили путем помещения в рядки ниже семенного клубня, зараженные патогеном зерна в дозе 10 г/куст.

Опыт был заложен методом рендомизированных блоков. Площадь одной делянки 10,5 м² (2,1×5). Схема посадки 70×30 см. Исследования проводили в двухфакторном опыте и в трехкратной повторности.





По фактору А изучали препараты (соединения) для обработки клубней и растений; по фактору Б – два сорта картофеля: Лабелла и Романо.

В период уборки урожая проводили учет пораженности клубней альтернариозом по 6-балльной шкале [10] и определяли покрытие поверхности клубня склероциями альтернариоза: 0 – клубни без визуальных признаков болезни; 1 – поражено 10 % поверхности клубня; 2– 11–20 %; 3– 21–30 %; 4 – 31–50 %; 5 – более 50 %.

Полевой эксперимент был проведен в Саратовском государственном аграрном университете им. Н.И. Вавилова в 2016–2018 гг. в рендомизированной блочной конструкции. Возделывался столовый картофель двух ранних сортов (Романо и Лабелла). В эксперименте участвовали следующие биопрепараты: *Flavobacterium sp.*, *Pseudomonas mohnii*, *Pseudomonas jessenii*, *Trichoderma sp.*, *Endospore bacterium*, *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus mycooides*, *Pseudomonas brassicacearum*. Инокулят наносили перед посадкой на клубни, а растения опрыскивали два раза в течение вегетации.

В контрольном варианте растения картофеля не были защищены от патогенных микроорганизмов. В течение всего вегетационного периода через каждые две недели после обработки оценивали распространение ранней гнили на всех растениях от стадии цветения до начала пожелтения по девятибалльной шкале, где: 1° – без симптомов, 2° – 0,1 % зараженных листьев, 3° – 0,2–1 %, 4° – 2–5 %, 5° – 6–25 %, 6° – 26–50 %, 7° – 51–75 %, 8° – 76–95 %, 9° – 96–100 % (наиболее тяжелые симптомы). Результаты были представлены в виде индекса инфекции I_i в %; где: $\Sigma (a \times b)$ – сумма продуктов, полученных в результате умножения количества анализируемых растений и степени девяти шкал, N – общее количество проанализированных растений, I – высшая степень по шкале.

Выделение грибов, взятых из стеблей за месяц до уборки картофеля, проводили в лаборатории. Сегменты стебля, собранные из нижней части растений картофеля (30 образцов на обработку), разрезали на кусочки по 1 см. Образцы дезинфицировали 50%-м этиленом и 1%-м гипохлоритом натрия, трижды промывали стерильной водой и переносили в среду с картофельно-декстрозным агаром (PDA) (пять чашек = пять повторностей). После семи дней инкубации при 22 °С грибковые колонии инокулировали на агар для микроскопической идентификации.

Результаты исследований.

1. Влияние обработки различными штаммами микроорганизмов на биометрические показатели растений картофеля (высота растений и количество стеблей).

При изучении влияния применяемых соединений на биометрические показатели (высоту растений и количество стеблей) результаты двухфакторного эксперимента показывают, что обработка клубней картофеля двух сортов (Романо и Лабелла) *Trichoderma sp.* и *Bacillus thuringiensis* привела к значительному увеличению размера растений на обоих сортах.

Обработка *Pseudomonas jessenii* и *Pseudomonas brassicacearum* имела следствием увеличение высоты растений только у сорта Лабелла, в то время как обработка *Pseudomonas mohnii* увеличивала высоту растений только у растений сорта Романо по сравнению с контролем. Заметных различий в увеличении высоты растений при обработке растений *Flavobacterium sp.* и *Endospore bacterium* клубней обоих сортов по сравнению с контрольным вариантом не наблюдали (табл. 1).

Количество стеблей у растений, обработанных *Pseudomonas jessenii*, было больше, чем в контроле на обоих сортах. Обработка *Bacillus mycooides* и *Trichoderma sp.* увеличивала количес-

Таблица 1

Влияние различных штаммов микроорганизмов на количество стеблей и высоту растений картофеля при искусственном заражении альтернариозом (в среднем за 2016–2018 гг.)

Вид микроорганизмов	Примененная концентрация, споры или CFU/г	Высота растений, см		Количество стеблей, шт./куст	
		Романо	Лабелла	Романо	Лабелла
<i>Flavobacterium sp.</i>	1,31×10 ⁶	32,6 ab	36,6 bc	3,1bc	3,3bc
<i>Pseudomonas mohnii</i>	1,63×10 ⁶	45,0 ef	36,4 bc	3,1 bc	3,5bc
<i>Pseudomonas jessenii</i>	2,03×10 ⁶	33,6 b	42,0 ef	4,0def	4,4ef
<i>Trichoderma sp.</i>	1,55×10 ⁵	44,6 ef	47,6 fg	3,4bc	4,5ef
<i>Endospore bacterium</i>	1,00×10 ⁶	31,8 a	37,5 bcd	3,1 bc	3,5bc
<i>Bacillus thuringiensis</i>	3,08×10 ⁶	43,1 ef	42,7 def	3,9cde	3,1 bc
<i>Bacillus mycooides</i>	1,74×10 ⁵	34,9 bc	40,0 de	3,2 bc	4,0def
<i>Pseudomonas brassicacearum</i>	2,11×10 ⁵	34,3 bc	41,5 def	2,7 a	3,7 cd
Контроль (вода)	-	32,5 ab	34,8 bc	2,6 a	2,8 a



тво стеблей только на растениях сорта Лабелла, в то время как обработка *Bacillus thuringiensis* увеличивала количество стеблей только на растениях сорта Романо по сравнению с контролем. Заметных различий в увеличении количества стеблей при обработке растений *Flavobacterium sp.* и *Endospore bacteriumon* обоих сортов по сравнению с контролем не наблюдали (см. табл. 1).

2. Влияние обработки различными штаммами микроорганизмов на проявление альтернариоза.

При уборке урожая распространение бактерий Альтернариоза (в контрольном варианте) у сорта Лабелла было меньше, чем у сорта Романо. Обработка картофеля *Trichoderma sp.* и *Bacillus thuringiensis* уменьшила распространение альтернариоза на клубнях обоих сортов. Применение *Pseudomonas mohnii* снизило распространение альтернариоза только на растениях сорта Лабелла, а применение бактерий *Pseudomonas* и *Bacillus jessenii* сократило распространение альтернариоза только на растениях сорта Романо по сравнению с контролем (табл. 2).

Значительного снижения распространения бактерий Альтернариоза при обработке растений *Pseudomonas brassicacearum*, *Flavobacterium sp.* и *Endospore bacteriumon* у клубней обоих сортов по сравнению с контрольным вариантом не наблюдали (см. табл. 2).

3. Влияние обработки различными штаммами микроорганизмов на урожайность картофеля.

При изучении влияния обработок микроорганизмами клубней, зараженных альтернариозом, на урожайность картофеля отмечено значительное увеличение общего и товарного урожая. Товарная урожайность у картофеля сорта Лабелла была больше, чем у клубней сорта Романо. Наибольший товарный урожай был получен при обработке растений *Trichoderma sp.* Обработка картофеля бактериями *Trichoderma sp.* и *Bacillus thuringiensis* увеличила товарный урожай на обоих сортах. Применение *Bacillus mycoides* бактериальной увеличило урожайность товар-

ной продукции только растений сорта Лабелла, а применение *Pseudomonas jessenii* увеличило урожайность товарной продукции только растений сорта Романо по сравнению с контролем. Значительного увеличения товарного урожая при обработке растений *Flavobacterium sp.* и *Endospore bacterium* на обоих сортах по сравнению с контролем не наблюдали (табл. 3).

Из полученных результатов видно, что перед посадкой и в течение вегетационного периода применение *Trichoderma sp.* значительно повышало вегетативные параметры роста, такие как высота растения и количество стеблей. Таким образом, эти результаты указывают на важность применения *Trichoderma sp.* с целью улучшения роста картофеля, поскольку антибиотикоз, микопаразитизм и пищевая конкуренция являются основными механизмами биологического контроля [15]. Ghildyal and Pandey [10] отмечают, что *Trichoderma sp.* производит диффузные и летучие метаболиты. О производстве летучих и нелетучих антибиотиков видами *Trichoderma* также сообщали Dennis and Webster [7]. Полученные результаты наглядно показывают важность внекорневого опрыскивания растений *Trichoderma sp.* для повышения общего и товарного урожая клубней. Эти результаты подтверждают данные Montealegre et al. [11], которые обнаружили, что применение дополнительных доз *Trichoderma sp.* увеличило урожай клубней и массу клубней по сравнению с контролем. По мнению Mukerji and Garg [12], *Trichoderma* достаточно надежна в биологическом контроле, потому что ее легко изолировать и культивировать, при этом ее ферментная система наряду с производством различных антибиотиков способствует эффективной борьбе с различными патогенами. Raziq and Ishtiaq [14] подтвердили, что различные фунгициды и виды *Trichoderma* эффективно снижают рост *A. solani* в лабораторных условиях. Многие исследователи подтвердили, что *Trichoderma sp.* контролирует рост патогена за счет производства внеклеточ-

Таблица 2

Влияние различных штаммов микроорганизмов на количество стеблей растений картофеля при искусственном заражении альтернариозом (в среднем за 2016–2018 гг.)

Вид микроорганизмов	Примененная концентрация, споры или CFU/г	Распространение альтернариоза, %	
		Романо	Лабелла
<i>Flavobacterium sp.</i>	1,31×10 ⁶	33,5cde	36,4 cd
<i>Pseudomonas mohnii</i>	1,63×10 ⁶	34,5cde	24,6ef
<i>Pseudomonas jessenii</i>	2,03×10 ⁶	24,0ef	36,6 cd
<i>Trichoderma sp.</i>	1,55×10 ⁵	23,0ef	17,4gh
<i>Endospore bacterium</i>	1,00×10 ⁶	34,1cde	34,2cde
<i>Bacillus thuringiensis</i>	3,08×10 ⁶	24,6ef	20,3fg
<i>Bacillus mycoides</i>	1,74×10 ⁵	20,1fg	34,1cde
<i>Pseudomonas brassicacearum</i>	2,11×10 ⁵	38,4 bcd	36,3 cd
Контроль (вода)	-	57,0 a	41,9 b

Влияние различных штаммов микроорганизмов на урожайность картофеля при искусственном заражении альтернариозом (в среднем за 2016–2018 гг.)

Вид микроорганизмов	Примененная концентрация, споры или CFU/г	Общая урожайность, т/г		Товарная урожайность, т/г	
		Романо	Лабелла	Романо	Лабелла
<i>Flavobacterium sp.</i>	1,31×10 ⁶	17,1bc	17,0bc	15,1ab	15,5ab
<i>Pseudomonas mohnii</i>	1,63×10 ⁶	18,0 de	18,3 de	16,0bc	16,3bc
<i>Pseudomonas jessenii</i>	2,03×10 ⁶	19,4 ef	19,3ef	17,4 cd	17,4 cd
<i>Trichoderma sp.</i>	1,55×10 ⁵	19,8 ef	22,1fg	18,1 de	19,8ef
<i>Endospore bacterium</i>	1,00×10 ⁶	17,0bc	17,8bc	15,0ab	15,9bc
<i>Bacillus thuringiensis</i>	3,08×10 ⁶	19,6 ef	21,2ef	17,1 cd	19,2 ef
<i>Bacillus mycoides</i>	1,74×10 ⁵	16,4 ab	21,3ef	14,8 a	19,0 ef
<i>Pseudomonas brassicacearum</i>	2,11×10 ⁵	16,8 bc	18,7 de	14,7 a	16,4 bc
Контроль (вода)	-	15,6 a	16,9 bc	14,0 a	15,1 ab

ных ферментов, противогрибковых метаболитов и антибиотиков.

Результаты исследований позволили сделать вывод о том, что применение *Bacillus thuringiensis* перед посадкой и в течение вегетационного периода значительно повышает рост растений и урожайность клубней. Борьба с болезнями растений с помощью *Bacillus thuringiensis* зависит от взаимодействия микроорганизмов с хозяином, что чаще всего происходит путем колонизации или укоренения в филлосфере или ризосфере либо путем индукции вызываемой устойчивости. На этот процесс активно влияет окружающая среда, а разработанные комбинации микроорганизмов могут обеспечить большую системность контроля. *Bacillus thuringiensis* имеет несколько форм воздействия, которые включают в себя антибиоз, паразитизм и индуцированную системную устойчивость. Кроме того, этот изолят бациллы также увеличивает рост и энергию растений.

Значительное влияние *Pseudomonas mohnii* на рост растений ученые объясняют повышением активности ключевых ферментов азотистого обмена (нитратредуктазы, глутаминсинтетазы и протеазы) и увеличением фотосинтеза, что, в свою очередь, усиливает рост растений. Результаты исследований свидетельствуют о том, что совместное применение *Pseudomonas mohnii* с *S. phurejarhizosphere* и их антагонистическая направленность по отношению к *A. solani* определяется в большей степени колонизационной способностью бактерий чем выработкой активного соединения против патогена.

Результаты, полученные в этом исследовании, показывают, что *Pseudomonas mohnii* действует как стимулятор роста растений *S. phureja*, уменьшая симптомы проявления болезни, вызванные *A. solani* и увеличивая количество клубней, массу и высоту растений. Динамика корневой колонизации шести изолятов *Pseudomonas mohnii* представлена нами для иллюстрации влияния этой бактерии на

A. solani.

Заключение. В результате проведенных исследований установлено, что в Нижнем Поволжье основным возбудителем болезней клубней картофеля является *Alternaria solani* (альтернариоз). Использование нетоксичных для человека и окружающей среды препаратов, созданных на основе *Trichoderma sp.* и *Bacillus thuringiensis*, подавляют болезнкартофеля при его возделывании. Мероприятия включают в себя предпосадочную обработку клубней и двухкратное опрыскивание растений в период вегетации *Trichoderma sp.* и *Bacillus thuringiensis* (с 7-дневным интервалом), что приводит к снижению распространения болезни альтернариоза и увеличению товарной урожайности культуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ганнибал Ф.Б. Мониторинг альтернариозов сельскохозяйственных культур и идентификация грибов рода *Alternaria*. Методическое пособие. – СПб., 2011. – 72 с.
2. Комплексное применение биологических и химических препаратов против альтернариоза картофеля в орошаемых условиях Волго-Ахтубинской поймы / О.Г. Корнева [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2020. – № 11. – С. 20-24.
3. Станчева Й. Атлас болезней сельскохозяйственных культур. Т. 4. Болезни технических культур. – София-Москва, 2003. – 185 с.
4. Шабанова И.О. Биоэкологическое обоснование защиты картофеля от альтернариоза в лесостепи Среднего Поволжья: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Шабанова И.О. – Кинель, 2011. – 21 с.
5. Borneman J. and Becker J.O. Identifying microorganism involved in specific pathogens uppression in soil // Annual Review of Phytopathology, 2007, No 45, P. 153–172.
6. Cote J.-C., Vincent C., Son K.-H. and Bok S.H. Persistence of insecticidal activity of novel bioencapsulated formulations of *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* against *Choristoneur rosaceana* [Lepidoptera: Tortricidae] // Phytoprotection, 2001, Vol. 82, P. 73–82.



7. Dennis C., Webster J. Antagonistic properties of species groups of *Trichoderma*. I. Production of non-volatile antibiotics // *Trans. Br. Mycol. Soc.*, 1971, Vol. 57, P. 25–39.

8. Gaskill J.O. Breeding for *Rhizoctonia* resistance in sugar beet // *J. Am. Soc. Beet technol.*, 1968, No 15, P. 107–119.

9. Genzel F. The molecular basis of the plant-pathogen interaction of potato and *Rhizoctonia solani*: dissertation PhD. – Berlin, 2017. – 167 p.

10. Ghildyal A., Pandey A. Isolation of cold tolerant antifungal strains of *Trichoderma* sp. from glacial sites of Indian Himalayan Region Research // *Journal of Microbiology*, 2008, Vol. 3(8), P. 559–64.

11. Montealegre J., Valderrama L., Sanchez S., Herrera R., Besoain X., Perez L. Biological control of *Rhizoctonia solani* in tomatoes with *Trichoderma harzianum* mutants // *Electronic Journal of Biotechnology*, 2010, Vol. 13, P. 1–2.

12. Mukerji K., Garg K. (1988). Biocontrol of plant diseases. Boca Raton: CRC Press. – URL: <https://doi.org/10.1201/9780429292347>.

13. Osbur R.M., Milner J.L., Oplinger E.S., Smith R.S., Handelsman J. Effect of *Bacillus cereus* U W 85 on the

yield of soybean at two field sites in Wisconsin // *Plant Dis.*, 1995, No 79, P. 551–556.

14. Raziq F. and Ishtiaq S. Integrated control of *Alternaria solani* with *Trichoderma* spp. and fungicides under in vitro conditions // *Sarhad Journal of Agriculture*, 2010, Vol. 26, P. 613–619.

15. Umamaheswari B., Thakore B., More T. Post-harvest management of ber (*Ziziphus mauritiana* Lamk) fruit rot (*Alternaria alternata* (Fr.) Keissler) using *Trichoderma* species, fungicides and their combinations // *Crop Protection*, 2009, Vol. 28 (6), P. 525–32

Алдиба Адаа Шахат, аспирант, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

Еськов Иван Дмитриевич, д-р с.-х. наук, завкафедрой «Защита растений и плодовоовощеводство», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

410012, г. Саратов, Театральная пл., 1.
Тел.: 89172012321.

Ключевые слова: альтернариоз картофеля; биологический контроль; микроорганизм; *Trichoderma*; *Bacillus*.

THE INFLUENCE OF TREATMENT BY DIFFERENT MICROORGANISMS ON THE DEVELOPMENT OF ALTERNARIOSIS (*ALTERNARIA SOLANI*) AND THE POTATO YIELD

Aldiba Adaa Shahat, Post-graduate Student of the chair "Plant Protection and Horticulture", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, Russia.

Eskov Ivan Dmitrievich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the chair "Plant Protection and Horticulture", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, Russia.

Keywords: potato alternaria, biological control, microorganism, *Trichoderma*, *Bacillus*.

Alternariosis is a dangerous disease of potatoes, which reduces its production in Russia and abroad. Due to the intraspecific variability of the pathogen, wide symptoms and a long period of immunity, it is very difficult to diagnose the disease and take protective measures. As a biological method of protection, eight microorganisms have been

*tested with an effect on alternaria (*Alternaria solani* (Ell. Et Mart.) Sor.); these bioagents were screened for their disease inhibitory activity in the field. Studies have shown that the treatment of potatoes with *Trichoderma* sp. and *Bacillus thuringiensis* showed a high value for the increase in plant size in both cultivars (44.6, 43.1 cm for Romano), (47.6, 42.7 cm for Labella) compared to control. The number of stems in plants treated with *Pseudomonas jessenii* was higher (4.0, 4.4 pcs) than in the control of both varieties. Potato processing *Trichoderma* sp. and *Bacillus thuringiensis* reduced the spread of the disease in the studied cultivars (23.0, 24.6% for Romano), (17.4, 20.3% for Labella) compared to controls. Treatment of potatoes with *Trichoderma* sp. and *Bacillus thuringiensis* increased the weight of the marketable yield on both varieties (18.1, 17.1 t / g for Romano), (19.8, 19.2 t / g for Labella) compared to the control.*

