

ВЛИЯНИЕ ФУНГИЦИДОВ И КУЛЬТУРАЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ РИЗОБАКТЕРИИ *KLEBSIELLA PLANTICOLA* НА РАЗВИТИЕ ФИТОПАТОГЕНА *ALTERNARIA ALTERNATA* НА КАРТОФЕЛЕ

Е.С. ПРИХОДЬКО¹, О.В. СЕЛИЦКАЯ¹, А.Н. СМИРНОВ^{1,2}

¹РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева;

²Отдел интенсивного земледелия Владимирского НИИ сельского хозяйства

В 2012 и 2013 гг. на полевой станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева изучали развитие альтернариоза на фоне применения фунгицидов Максим и Танос а также культуральной жидкости ризобактерии *Klebsiella planticola* (Bagley et al., 1982). За последние годы пресс альтернариоза на посадки картофеля возрос. Наблюдали значительное развитие альтернариоза при довольно низких показателях образования конидий патогена. Получили доказательства, что развитие альтернариоза – весьма существенный фактор, определяющий низкую урожайность картофеля в условиях Московского региона. Он представляет собой значительный фитосанитарный риск для различных хозяйств, производящих картофель, прежде всего – в данных условиях. Исследуемые фунгициды Максим, Танос и их комбинация оказались неспособными снизить развитие альтернариоза. На этом фоне установили низкое фунгицидное действие при применении культуральной жидкости ризобактерии *K. planticola* для защиты картофеля против альтернариоза, хотя зачастую оно превышало эффективность фунгицидов, и хозяйственная эффективность достигала 9,5% при прибавке урожая 2,2 т/га.

Ключевые слова: альтернариоз, картофель, *Alternaria alternata*, *Klebsiella planticola*, фунгициды.

Картофель является одной из основных культур, возделываемых как в производственных условиях, так и в ЛПХ [3, 15]. Поэтому сейчас, при объявлении рядом стран санкций против России, специалисты по защите растений, как никогда раньше, заинтересованы в том, чтобы сохранить культуру, используя передовые отечественные разработки.

Производство картофеля в Московской области имеет определенные перспективы развития, диктуемые современными факторами социального и экологического характера [3, 21]. В 2010-е гг. оно сталкивается с достаточно суровыми вызовами и проблемами, с которыми необходимо считаться. Во-первых, в рамках экологизации возделывания картофеля необходимо максимально использовать в схемах защиты экологически безопасные средства [21]. Во-вторых, необходимо проверять эффективность схем защиты, учитывая текущие климатические тренды [19]. В последние годы отчетливо проявилась тенденция потепления климата, особенно после засушливых и контрастных вегетационных периодов 2007, 2010 и 2011 гг. На этом фоне по сравнению с предшествующими периодами на картофель возрос пресс альтернариоза, возбудители которого *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl. и *A. solani* Sorauer в данных условиях получают преимущества и спо-

собны оказывать крайне негативное воздействие на развитие и урожай картофеля [1, 5, 8, 9, 10, 13, 20].

Учитывая, что картофель часто выращивают в секторе ЛПХ, для его защиты от фитопатогенов используют экологически безопасные биологические средства, в том числе и на основе бактерий [1, 4, 5, 6, 10, 11, 12, 13]. Нередко в них имеются биологически активные вещества, влияющие не только на урожайность картофеля, но и непосредственно или опосредованно на его иммунитет, что позволяет, благодаря повышению устойчивости растения к патогенам, уменьшить количество обработок фунгицидами [21]. В списке таких средств защиты картофеля ассоциативная азотфиксирующая ризобактерия *Klebsiella planticola* (Bagley et al., 1982) занимает сильные позиции [7, 19] и может рассматриваться как своего рода модельный объект. Она способна обогащать азотом площадь питания на ранних этапах развития растения, что способствует увеличению его урожайности.

Исследования, организованные на кафедре растениеводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в конце 1990-2000-х гг., показали, что применение культуральной жидкости *K. planticola* (биопрепарат Биоплан) при совместном применении других биопрепаратов и микроудобрений на картофеле увеличивало высоту и число стеблей, площадь листовой поверхности и урожайность примерно на 10-25% [2, 16, 17]. При использовании таких агроприемов, как тяжелая фракция семенных клубней, полученных благодаря предпосевной сортировке клубней с использованием раствора мочевины [15, 17], эффект был еще более значительным и достигал около 40%. В целом при использовании культуральной жидкости *K. planticola* прибавка урожая картофеля может составлять 1-5 т/га.

Защитные свойства *K. planticola* в полной мере не изучены, что особенно касается патогенов, опасных в настоящее время. Есть свидетельства того, что использование культуральной жидкости данной бактерии повышает устойчивость картофеля к ризоктониозу, а это важно в системе семеноводства [2, 15, 17]. Опираясь на последние опыты, можно утверждать, что баковая смесь и биопрепарат на основе *K. planticola* в одних случаях подавляли развитие патогенов, а в других – способствовали увеличению их численности [12]. Аналогичные эффекты наблюдали для средств экологизированной защиты растений [1]. Это зависело от года с благоприятными климатическими условиями для патогена.

Таким образом, относительно картофеля необходима следующая работа после 2010 г. Нужно оценить фитосанитарный риск использования рекомендуемых средств защиты от альтернариоза, преимущественно химических фунгицидов для защиты растений и урожая картофеля от альтернариоза. Также в связи с существующими трендами в защите растений следует уточнить непосредственную роль модельного биопрепарата на основе культуральной жидкости *K. planticola* при подавлении альтернариоза и увеличении урожая картофеля.

Цели нашего исследования – в современных условиях уточнить специфику развития *A. alternata* (Fr.) Keissl. и роль этого патогена на картофеле, а также влияние культуральной жидкости ризобактерии *K. planticola* на развитие *A. alternata* и урожайность картофеля.

Материал и методы исследования. Лабораторные исследования по изучению влияния ризобактерий *K. planticola* на развитие *A. alternata*, проводили в лаборатории кафедры защиты растений (сектор фитопатологии) и на кафедре микробиологии и иммунологии.

Полевые опыты проводили в 2012 г. на территории полевой станции, в 2013 г. – на территории лаборатории защиты растений РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Для посадки в опытах использовали семенные клубни картофеля сорта Невский, предоставленные агрономами полевой станции. Средняя масса клубней составляла 40-45 г. Почва представляет собой дерново-подзолистый суглинок. Для уточнения эффекта культуральной жидкости *K. planticola* удобрения в почву специально по ходу опыта не вносили. В экспериментах использовали известные рекомендуемые против альтернариоза фунгициды Максим и Танос.

В 2012 г. в гребни сажали клубни первой репродукции. Общая площадь посадок картофеля составила 15 га, площадь опытного участка – 154,0 м². Схема посадки клубней – 70 × 20 см. Повторность 4-кратная, в повторности 20 растений. Расположение делянок рендомизированное.

1. Контроль (клубни и растения без обработки).

2. Обработка клубней (0,4 л/т) и растений (0,3 л/га) в фазу смыкания рядков фунгицидом контактного действия (протравителем) Максим (Флудиоксонил, КС, 0,4 л/т). Обработку протравителем вегетирующих растений проводили специально для уточнения развития *A. alternata* на картофеле, а именно для уточнения того, способен ли данный патоген к первичному активному заселению тканей картофеля. Данный вариант выбрали в качестве эталона, потому что защитный эффект действия данных препаратов известен, в то время как подобрать аналогичные биологические средства защиты картофеля от болезней не представляется возможным.

3. Обработка клубней и растений культуральной жидкостью ризобактериями *K. planticola* (5 л/га; суточная культура бактерий (1 часть культуры на 100 частей воды) на среде К₂, норма расхода – 50 мл, суспензии (титр 10⁷ КОЕ/мл) [7] в фазу смыкания рядков. Бактерию *K. planticola* культивировали в жидкой питательной среде К₂ в течение суток при 28°С. Для обработки использовали суспензию клеток с культуральной жидкостью, которую перед применением разбавляли водопроводной водой в соотношении 1:100. Количество клеток бактерий в исходной суточной культуре составляло 10⁹ КОЕ/мл. Обработку проводили в вечернее время, с 18:00 по 20:00, для уменьшения воздействия на ассоциативные бактерии прямой солнечной радиации.

В 2013 г. сажали клубни первой репродукции. Общая площадь посадок картофеля составила 0,4 га, площадь опытного участка – 84 м². Схема посадки клубней – 120 × 20 см. Повторность 4-кратная, в повторности 10 растений. Расположение делянок рендомизированное.

1. Контроль (клубни и растения без обработки).

2. Обработка клубней фунгицидом-протравителем Максим (0,4 л/т) и растений в фазы смыкания рядков и бутонизации препаратом контактно-системного действия Танос (Фамоксадон, Цимоксанил, ВДГ, 0,6 кг/га). Аналогично в 2012 г. – данный вариант выбрали в качестве эталона.

3. Обработка культуральной жидкостью ризобактерий *K. planticola* (5 л/га) в фазы смыкания рядков и бутонизации. Подготовку и внесение суспензии бактерий проводили, как и в 2012 г.

4. Обработка клубней фунгицидом Максим (0,4 л/т) и растений баковой смесью Танос (0,3 л/га) с культуральной жидкостью ризобактерий *K. planticola* (2,5 л/га) в фазы смыкания рядков и бутонизации.

Определение показателей развития возбудителя альтернариоза в полевых условиях. Для выявления влияния баковой смеси, фунгицидов Максим и Танос, а также *K. Planticola*, на развитие и рост гриба (спороношение) *A. alternata* в 2013 г. определяли распространение и развитие (индекс развития) альтернариоза в полевых условиях. Дополнительно провели лабораторные опыты, заложив листья с поражённых растений во влажные камеры для определения общего количества конидий [13]. Полученные данные были использованы для определения индекса образования конидий ИК и индекса агрессивности ИА.

Учёт распространения и индекс развития альтернариоза рассчитывали по формулам:

$$P = n \times 100/N;$$

$$IP = \sum (a_i; v_i) \times 100/5N \text{ соответственно [18],}$$

где – число больных растений; $\sum(a_i; v_i)$ – сумма произведений числа больных растений (a_i) на соответствующий им балл поражения (v_i); наименьший балл 0 (отсутствие поражения); 1-0,1-10% растения поражено, 2-11-30% поражено, 3-31-60% поражено, 4-61-89% поражено, 5 (наибольший) – 90-100% растения поражено), N – общее число больных и здоровых растений.

Индекс образования конидий ИК [13] рассчитывали по формуле:

$$ИК = 0,05 \cdot ОРК + 0,1 \cdot РК + 0,5 \cdot УК + 0,75 \cdot ЧК + ОЧК,$$

где ОРК – процент встречаемости образцов с очень редкими конидиями (<5 конидий/поле зрения); РК – процент встречаемости образцов с очень редкими конидиями (5,1-15 конидий/поле зрения); УК – процент образцов с умеренной частотой конидий (15,1-20 конидий/поле зрения); ЧК – процент встречаемости образцов с частыми конидиями (20,1-25 конидий/поле зрения); ОЧК – процент встречаемости образцов с очень частыми конидиями (более 25 конидий/поле зрения). Поле зрения составляло 1 мм². ИК определяли по данным, соответствующим 7-суточной инкубации образцов во влажных камерах. Затем, после подсчета данных индексов, определяли индекс агрессивности ИА [11] популяции *A. alternata* по формуле ИА = P·IP·ИК/10000.

ИК и ИА ранжировали согласно данным таблицы 1 [13].

Таблица 1

Ранги полевых популяций *A. alternata* по образованию конидий и агрессивности [13]

Значение индексов ИК и ИА	Ранг популяций <i>A. alternata</i> по показателю	
	Индекс образования конидий (ИК)	Индекс агрессивности (ИА)
0-20,0	Н1 (почти не спорулирует)	М1 (неагрессивный)
20,1-40,0	Н2 (слабая споруляция)	М2 (малоагрессивный)
40,1-60,0	Б1 (умеренная споруляция)	А1 (умеренноагрессивный)
60,1-80,0	Б2 (сильная споруляция)	А2 (агрессивный)
80,1-100	Б3 (очень сильная споруляция)	А3 (очень агрессивный)

Биологическую эффективность (БЭ) определяли по формуле:

$$БЭ = ((К-В)/К) \cdot 100,$$

где К и В – развитие болезни (по показателям ИР и ИА) в контроле и варианте соответственно [18].

Для определения продуктивности проводили уборку учетных площадей вручную под лопату. Хозяйственную эффективность (ХЭ) определяли по формуле:

$$ХЭ = ((УВ-УК)/УК) \cdot 100,$$

где УК и УВ – урожайность картофеля, т/га, в контроле и варианте соответственно [18].

Статистический анализ полученных данных проводили в программе STRAZ и программе EXCEL.

Полученные данные показали, что в 2012 г. обработка клубней и вегетативной массы растений ризобактериями *K. planticola* оказывала, как следует из таблицы 2, некоторое ингибирующее влияние на развитие *A. alternata* (с незначительной примесью *A. solani*) на растениях картофеля. В варианте с обработкой *K. planticola* распространенность была ниже, чем в контроле без обработки, и составила 76,4%, что почти на 14,3% ниже, чем в контроле, и сопоставимо с фунгицидными действиями химического протравителя Максим.

Таблица 2

Влияние фунгицида Максим и бактерии *K. Planticola* на развитие *A. alternata* и урожайность картофеля (2012 г.)

Вариант обработки	Р (распространённость)	ИР (индекс развития)	ИК (индекс образования конидий)	Ранг ИК	ИА(индекс агрессивности)	Ранг ИА	Продуктивность	
							кг/куст	кг/м ²
Контроль	90,7	29,3	0	Н1	0	М1	0,65	3,3
Максим	71,1	18,4	11,3	Н1	0,6	М1	0,64	3,2
<i>Klebsiella planticola</i>	76,4	23,3	0	Н1	0	М1	0,64	3,2
НСР ₀₅	Fф<Fт	Fф<Fт	Fф<Fт		Fф<Fт		Fф<Fт	Fф<Fт

При обработке культуральной жидкостью бактерий *K. planticola* распространенность и развитие *A. alternata* уменьшались по сравнению с контрольными значениями, но несущественно.

Образование конидий было незначительным, что можно объяснять погодными условиями 2012 г., контрастирующими после засушливых вегетационных периодов 2010 и 2011 гг. [1, 11]. Интересно, что образование конидий несколько увеличилось после обработки протравителем. Из-за низкой споруляции агрессивность патогена была во всех вариантах также низкой.

При определении продуктивности установили, что во всех вариантах преобладали клубни товарных фракций, в основном – семенных (от 4,5 до 5 см в диаметре, от 30 до 80 г по сырой массе), значительно реже крупных (более 6 см в диаметре

и 80 г по сырой массе). Вклад нетоварных (менее 5 см и 30 г по сырой массе) клубней в урожайность был незначительным и не превышал более 5%, т.е. был на уровне статистической погрешности. Продуктивность картофеля была низкой и составляла около 0,65 кг/куст во всех вариантах.

Продуктивность обработанного препаратами картофеля была незначительно ниже по сравнению с вариантом без обработки (контроль). Возможно, это связано с довольно высоким инфекционным фоном (табл. 2).

В 2013 г. для оценки эффективности действия используемых препаратов против заболевания в период бутонизации и перед уборкой были проведены также учеты распространения и развития *A. Alternate* при параллельном определении индексов образования конидий и агрессивности полевых популяций патогена.

В период бутонизации, несмотря на обработку клубней и 2-кратное опрыскивание растений препаратами, процент пораженных кустов картофеля во всех вариантах опыта был высоким и составил 70-85% (табл. 3). Практически ни фунгициды, ни препарат на основе ризобактерии *K. planticola*, ни их баковая смесь не оказали существенного влияния на развитие и распространение альтернариоза (табл. 3) (ИР = 24-29). Отмеченные различия в условиях полевого опыта являются недостоверными. Однако по мере внесения ризобактерий наблюдали некоторое увеличение конидий возбудителя альтернариоза. Это может быть следствием некоторого подавления иммунитета картофеля ризобактериями или стимулирующего действия ростовых веществ, образуемых ризобактериями *K. planticola*.

Агрессивность полевых популяций патогена была низкой во всех вариантах. Как и в предшествующем году, это можно объяснить погодными условиями. Однако следует отметить, что во всех вариантах с обработкой индекс агрессивности был ниже в контроле, чем во всех вариантах с обработками, особенно с *K. planticola*. Определенно к фазе бутонизации ризобактерии (и в меньшей степени – фунгициды) оказывали на иммунитет растений некоторый депрессивный эффект.

Таблица 3

Влияние обработки клубней и растений на распространение и развитие *A. alternata* в период бутонизации (2013 г.)

Вариант		Р (распространенность)	ИР (индекс развития)	ИК (индекс образования конидий)	Ранг ИК	ИА (индекс агрессивности)	Ранг ИА
Обработка							
клубней	растений						
без обработки	без обработки	79,0	27,0	5,0	Н1	1,1	М1
Максим	Танос	85,0	29,0	5,0	Н1	1,3	М1
<i>Klebsiella planticola</i>	<i>Klebsiella planticola</i>	70,0	26,0	16,7	Н1	3,9	М1
Максим	Танос + <i>Klebsiella planticola</i>	83,0	24,0	8,8	Н1	2,1	М1
НСР ₀₅		Fф<Fт	Fф<Fт	Fф<Fт		Fф<Fт	

Последующий учет распространения и развития альтернариоза, проведенный перед уборкой картофеля, выявил незначительное преимущество использования культуральной жидкости в сравнении с фунгицидом Танос и его смесью с культуральной жидкостью, содержащей ризобактерии *K. planticola* (табл. 4).

Таблица 4

Влияние обработки клубней и растений на распространение и развитие *A. alternata* перед уборкой (2013 г.)

Вариант		Р (распространенность)	ИР (индекс развития)	ИК (индекс образования конидий)	Ранг ИК	ИА (индекс агрессивности)	Ранг ИА	Продуктивность	
Обработка								кг/куст	кг/м ²
клубней	растений								
без обработки	без обработки	94,0	42,0	3,8	Н1	1,7	М1	0,60	3,0
Максим	Танос	90,0	43,0	5,0	Н1	1,9	М1	0,58	2,9
<i>Klebsiella planticola</i>	<i>Klebsiella planticola</i>	70,0	29,0	2,5	Н1	0,6	М1	0,66	3,3
Максим	Танос + <i>Klebsiella planticola</i>	85,0	29,0	2,5	Н1	0,7	М1	0,58	2,9
НСР ₀₅		19,2	Fф<Fт	Fф<Fт		Fф<Fт		Fф<Fт	Fф<Fт

Это нашло отражение в индексах образования конидий (ИК) и агрессивности (ИА). Так, ИА был в 3 раза ниже при применении ризобактерий *K. planticola*, чем в контроле и при обработке растений фунгицидом. Практически такой же результат получен при использовании баковой смеси, содержащей половинные нормы расхода Таноса и жидкости, содержащей ризобактерии *K. planticola*. Заметно, что в этом варианте определяющее влияние на показатели оказала именно культуральная жидкость.

В 2013 г. распределение фракций урожая картофеля в целом соответствовало данным 2012 г. В 2013 г. обработка клубней перед посадкой, а потом вегетирующих растений, как следует из дисперсионного анализа, не повлияла на количество урожая (табл. 4). Продуктивность картофеля была низкой и находилась в пределах 0,58-0,66 кг/куст, но по всем показателям развития возбудителя альтернариоза наблюдалась тенденция улучшения фитосанитарного состояния опытного участка.

Обсуждение результатов. В 2012 и 2013 гг. развитие альтернариоза было довольно значительным. Болезнью поражалось большинство растений картофеля, индекс развития (по сути уровень некротизации тканей) достигал 43%. Однако интенсивность образования конидий и проявление агрессивности полевых популяций

A. alternata были низкими, что определялось погодными условиями данных вегетационных сезонов.

Обращают на себя внимание два следующих факта.

Во-первых, развитие альтернариоза было весьма значительным, что вело к разрушению фотосинтетической поверхности листьев картофеля.

Во-вторых, после обработки фунгицидом Максим картофеля на его тканях наблюдали довольно значительное первичное образование мицелия и конидий *A. alternata*. При этом продуктивность картофеля достигала лишь до 0,58-0,66 кг/куст. Если принять нижний предел диапазона нормы посадки за 38000-50000 клубней на 1 га [21], то получится, что для данной продуктивности в условиях производства картофеля урожайность составит около 22-25 т/га. Это довольно низкий уровень продуктивности и урожайности, который нередко получают как в ЛПХ, так и в некоторых хозяйствах Московского региона. При этом потенциально есть возможность получать урожай 40 т/га и выше [3, 15, 21]. Анализ этих фактов дает основания полагать, что на картофеле в Московском регионе между фоновым развитием *A. alternata* и низкой продуктивностью и урожайностью существует причинно-следственная взаимосвязь. Другими словами, альтернариоз в комплексе с некоторыми другими болезнями [20], проявляющимися в филлоплане, – это один из основных факторов, определяющих нередкие случаи низкой урожайности картофеля в Московской области. Важно, что эта проблема может проявляться и на фоне применения агротехники высокого уровня, а также многих современных фунгицидов, рекомендуемых против альтернариоза.

На высоком инфекционном фоне альтернариоза (хотя и при низких интенсивности образования конидий и агрессивности возбудителя) проводили сравнительную проверку эффективности (биологической и хозяйственной) некоторых рекомендуемых фунгицидов и культуральной жидкости *K. planticola*. Оказалось, что применение типовых рекомендованных против альтернариоза фунгицидов не дало эффект или он был недостаточным. Биологическая эффективность или отсутствовала до провоцирования развития возбудителя, или достигала только 37%, что недостаточно. Какой-либо хозяйственной эффективности достигнуть вообще не удалось, по мере применения рекомендуемых фунгицидов урожайность по сравнению с контролем падала. Возможно, другие препараты на фоне оптимизации агротехники окажут лучший эффект. Однако полученные данные свидетельствуют об очень значительном фитосанитарном риске этого заболевания, трудностях использования многих рекомендуемых химических средств защиты и о том, что с данной ситуацией может столкнуться хозяйство любого уровня (табл. 5).

Применение культуральной жидкости *K. planticola* продемонстрировало некоторую биологическую эффективность, достигающую 20,5...31%. На агрессивность возбудителя культуральная жидкость влияла в конечном счете по-разному: от значительного провоцирования до подавления к концу вегетации на 65%.

Эти эффекты привели к некоторой реализации хозяйственной эффективности только в 2013 г. до 9,5%, средняя прибавка составила 0,06 кг/куст. При аналогичных подсчетах, как показано выше, получаем, что это соответствует прибавке урожайности 2,3 т/га. Однако, во-первых, это соотносится с нижним пределом диапазона прибавок урожая после применения культуральной жидкости *K. planticola* (см. выше). Во-вторых, для реальной ситуации в Московском регионе, сло-

жившейся после 2010 г. и связанной со значительным и возросшим прессом альтернариоза, этот результат определенно можно трактовать как положительный на данном этапе испытаний.

Таблица 5

Определение биологической и хозяйственной эффективности фунгицидов и культуральной жидкости *K. planticola* против альтернариоза в 2012 и 2013 гг.

Год	Вариант	Биологическая эффективность на основе		Хозяйственная эффективность, %	Прибавка продуктивности, кг/куст
		индекс развития (ИР), %	индекс агрессивности (ИА), %		
2012	Максим	37,2	не определена	-2,0	-0,01
2012	<i>Klebsiella planticola</i>	20,5	не определена	-2,0	-0,01
2013	Максим/Танос (бутонизация)	-7,4	-18,2	-3,6	-0,02
2013	Максим/Танос (перед уборкой)	-2,4	-11,8		
2013	<i>Klebsiella planticola</i> (бутонизация)	3,7	-254,5	9,5	0,06
2013	<i>Klebsiella planticola</i> (перед уборкой)	31,0	64,7		
2013	Максим/Танос + <i>Klebsiella planticola</i> (бутонизация)	11,1	-90,9	-2,7	-0,01
2013	Максим/Танос + <i>Klebsiella planticola</i> (перед уборкой)	31,0	58,8		

Примечание. Абсолютные значения показателей развития альтернариоза и продуктивности картофеля в контрольных, эталонных и опытных вариантах даны в таблицах 2, 4.

Наряду с разнонаправленными эффектами добиться хотя бы небольшой прибавки урожая удалось только в одном году из двух. Возможно, это связано с тем, что ризобактерия не всегда могла по разным причинам инкорпорироваться в эдафоценоз и эффективно проводить азотфиксацию. Также это может быть связано с тем, что не удавалось в достаточной степени защитить картофель от альтернариоза. В предшествующих исследованиях, которые проводили не позднее 2011 г. [1, 4, 5, 6, 13], комбинируя фунгициды и регуляторы роста и сдерживая развитие альтернариоза, смогли добиться прибавки урожая от 3 до 12 т/га, что определенно более рентабельно. В данном исследовании такого эффекта добиться не удалось.

Полученные нами результаты подтверждают основные заключения, предшествующие нашему исследованию и сделанные на кафедре растениеводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, о необходимости комплексного применения биопрепаратов [14]. Для последующего повышения эффективности применения ризобактерий против болезней картофеля, избегания депрессивных эффектов на растения и увеличения урожайности в современных агроклиматических и фитосанитарных условиях целесообразно использовать ризобактерии в смесях с другими эффективными иммунизаторами и регуляторами роста.

Заключение

На основании двухлетних данных (2012-2013 гг.) по исследуемым делянкам картофеля в Московском регионе выявлены следующие факты и закономерности.

1. Развитие альтернариоза – весьма существенный фактор, определяющий низкие урожайности картофеля.

2. Фунгициды Максим и Танос продемонстрировали низкую эффективность подавления альтернариоза при протравливании посадочных клубней, а также в фазы смыкания рядков и бутонизации.

3. Зарегистрировано низкое фунгицидное действие культуральной жидкости ризобактерии *K. planticola* для защиты картофеля против альтернариоза при применении без каких-либо добавок, а также при совместном применении с фунгицидами. Но нередко эффективность применения культуральной жидкости *K. planticola* превышала эффективность применения фунгицидов, что позволяет рассматривать данную ризобактерию как эффективный компонент в будущих схемах защиты картофеля от болезней.

Библиографический список

1. Антоненко В.В., Смирнов А.Н. Влияние регуляторов роста (Новосил, Лариксин, Терпенол) на бесполое спороношение *Phytophthora infestans* // Микология и фитопатология. 2011. Т. 45. Вып. 6. С. 84-91.
2. Басов А.А., Постников А.Н. Повышение эффективности технологии возделывания картофеля // Агрехимический вестник. 2009. № 2. С. 39-40.
3. Васью В.Т., Оболоник Н.В. Технология возделывания картофеля в Нечерноземной зоне России. СПб., 2004. 218 с.
4. Деревягина М.А., Данин А.В., Васильева С.В., Гаитова Н.В., Седова В.И., Анисимов Б.В. Оптимизация схем защиты картофеля от болезней // В сб. «Картофелеводство России: актуальные проблемы науки и практики»: Материалы Международного конгресса «Картофель Россия 2007». М.: ФГНУ Росинформагротех, 2007. С. 30-40.
5. Дорожжина Л.А., Пенкин Р.В., Смирнов А.Н. Силиплант против альтернариоза картофеля // Гавриш. 2012. № 3. С. 18-21.
6. Дорожжина Л.А., Пузырьков П.Е., Байрамбеков Ш.Б., Дубровин Н.К., Зейрук В.Н., Сальников Н.А. Применяйте регуляторы роста и силиплант // Картофель и овощи. 2011. № 4. С. 14-23.
7. Емцев В.Т., Селицкая О.В., Петров-Спиридонов А.А. Ассоциативный симбиоз и его роль в продуктивности сельскохозяйственных растений // Тимирязев и биологическая наука: Сб. науч. тр. (к 150-летию со дня рождения К.А. Тимирязева). М., 1994. С. 106-119.
8. Золфагари А., Антоненко В.В., Зайцев Д.В., Игнатенкова А.А., Мамонов А.Г., Пенкин Р.В., Поштаренко А.Ю., Смирнов А.Н. Фитофтороз и альтернариоз картофеля и томата при аномальных погодных условиях в Московской области // Защита и карантин растений. 2011. № 12. С. 40-42.

9. Козловский Б.Е., Филиппов А.В. Альтернариоз на картофеле становится более вредоносным // Защита и карантин растений. 2007. № 5. С. 12-13.
10. Колесар В.А. Особенности развития патогенных микромицетов листьев картофеля и влияние на них иммунизаторов растений: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Самара, 2008. 24 с.
11. Кузнецова М.А. Обоснование применения некоторых биологически активных препаратов и средств защиты картофеля от фитофтороза: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: Малые Вяземы, 2000. 24 с.
12. Можарова И.П. Влияние регуляторов роста на продуктивность картофеля и устойчивость к болезням: Автореф. дис. ... канд. с. – х. наук. М., 2007. 24 с.
13. Пенкин Р.В. Использование элементов прогноза, Силипланта и Циркона для снижения фунгицидной нагрузки при защите картофеля от альтернариоза: Автореферат дис. ... канд. биол. наук. М.: РГАУ-МСХА, 2012. 24 с.
14. Постников А.Н., Морозов Д., Шитикова А. Микробиологические препараты – дополнение к удобрениям // Картофель и овощи. 2002. № 3. С. 28.
15. Постников А.Н., Постников Д.А. Картофель. М., 2006. 160 с.
16. Постников А.Н., Шитикова А.В. Урожайность и качество картофеля при применении биопрепаратов // Плодородие. 2006. № 4. С. 25.
17. Постников А.Н., Шитикова А.В. Влияние биологически активных веществ и предварительной сортировки на урожайные свойства клубней картофеля // Известия ТСХА. 2007. № 2. С. 35.
18. Практикум по сельскохозяйственной фитопатологии / Под ред. К.В. Попковой. М.: «Колос», 1976. 336 с.
19. Селищкая О.В., Самохин Л.В., Блинков Е.А. Применение «ассоциативных» бактериальных удобрений в сельскохозяйственной практике в связи с меняющимися погодными условиями // Доклады ТСХА: Сборник статей. 2011. Вып. 283. Ч. 1. С. 411-413.
20. Смирнов А.Н., Бибик Т.С., Приходько Е.С., Белошапкина О.О., Кузнецов С.А. Листостебельный комплекс фитопатогенных и сопутствующих грибов на картофеле в различных регионах России // Известия ТСХА. 2015. Вып. 3. С. 36-45.
21. Шнаар Д., Быкин А., Дрегер Д., Захаренко А., Иванюк В., Каленская С., Кюрцингер Б., Кюрцингер В., Постников А., Шкаликов, В., Шуман П., Щербачев В., Ястер К., Элмер Ф. Картофель. Торжок: ООО Вариант, 2004. 464 с.

INFLUENCE OF FUNGICIDES AND CULTURE LIQUID OF RHIZOBACTERIUM KLEBSIELLA PLANTICOLA ON THE DEVELOPMENT OF PHYTOPATHOGENE ALTERNARIA ALTERNATA ON POTATOES

E.S. PRIKHODKO¹, O.V. SELITSKAYA¹, A.N. SMIRNOV^{1,2}

¹ Russian State Agrarian University – Timiryazev Moscow Agricultural Academy;

²Department of intensive cropping, Vladimir Agricultural Institute

In 2012 and 2013 the early blight of potato (agents Alternaria alternata (Fr.) Keissl. and A. solani Sorauer) was investigated with application of fungicides Maxim and Tanos, as well as culture liquid of rhizobacterium Klebsiella planticola Bagley et al. 1982 at the field station of Russian Agrarian University. Essential development of early blight was observed during last

years. At our investigations, the development of early blight was also serious, though conidial formation of pathogen was rather low. Early blight development was proved to be essential factor associated with low potato harvest under the conditions of the Moscow Region. It represents an essential phytosanitary risk for different farms which produce potato under the conditions of the Moscow Region. At this severity of early blight, fungicides Maxim and Tanos and their combinations were not able to decrease early blight development. Fungicide activity of culture liquid of *K. planticola* was also low, though sometimes it was higher than the activity of fungicides themselves. Harvest increase reached 9.5% and 2.2 ton per hectare due to *K. planticola* application.

Key words: potato early blight, *Alternaria alternata*, *Klebsiella planticola*, Maxim, Tanos.

References

1. Antonenko V.V., Smirnov A.N. Vliyaniye regulyatorov rosta (Novosil, Lariskin, Terpenol) na bespoloe sporonoshenie *Phytophthora infestans* // Mikologiya i fitopatologiya. 2011. T. 45. Vyp. 6. P. 84-91.
2. Basov A.A., Postnikov A.N. Povysheniye effektivnosti tehnologii vozdeleyvaniya kartofelya // Agrohimicheskiy vestnik. 2009. № 2. P. 39-40.
3. Vas'ko V.T., Obolonik N.V. Tehnologiya vozdeleyvaniya kartofelya v Nechernozemnoy zone Rossii. Spb. 2004. 208 p.
4. Derevyagina M.A., Danin A.V., Vasilyeva S.V., Gaitova N.V., Sedova V.I., Anisimov B.V. Optimizatsiya shem zashchity kartofelya ot bolezney / V sbornike «Kartofelevodstvo Rossii: aktualnyye problem nauki i praktiki». Materialy mezhdunarodnogo kongressa «Kartofel Rossiya 2007». M. FGUN Rosinformagroteh, 2007. P. 30-40.
5. Drozhkina L.A., Penkin P.V., Smirnov A.N. Siliplant protiv alternarioza kartofelya // Gavriush. 2012. № 3. P. 18-21.
6. Drozhkina L.A., Puzyrkov P.E., Bairambekov Sh.B., Dubrovin N.K., Zeiruk V.N., Salnikov N.A. Primenyayete regulyatory rosta i siliplant // Kartofel i ovoshchi. 2011. 34. P. 14-23.
7. Emtsev V.T., Selitskaya O.V., Petrov-Spiridonov A.A. Assotsiativnyy simbioz i ego rol v produktivnosti selskohozyaistvennykh rasteniy / Timiryazev i biologicheskaya nauka: sb.nauch.trud (k 150-letiyu so dnya rozhdeniya K.A. Timiryazeva). M., 1994. P. 106-119.
8. Zolfagary A., Antonenko V.V., Zaitsev D.V., Ignatenkova A.A., Mamonov A.G., Penkin R.V., Poshtarenko A.Yu., Smirnov A.N. Fitofloroz i alternarioz kartofelya i tomaty pri anomalnykh pogodnykh usloviyakh v Moskovskoy oblasti // Zashchita i karantin rasteniy. 2011. № 12. P. 40-42.
9. Kozlovskiy B.E., Fillipov A.V. Alternarioz na kartofle stanovitsya bolee vredenosnym // Zashchita i karantin rasteniy. 2007. № 5. P. 12-13.
10. Kolesar V.A. Osobennosti razvitiya patogennykh mikromitsetov listyev kartofelya i vliyaniye na nih immunizatorov rasteniy: Avtoref. dis. ...kand. biolog. nauk. Samara, 2008. 24 p.
11. Kuznetsova M.A. Obosnovaniye primeneniya nekotorykh biologicheskikh aktivnykh preparatov i sredstv zashchity kartofelya ot fitofloroza: Avtoref. dis. ...kand. biolog. nauk. M.: Malye Vyzemy, 2000. 24 p.
12. Mozharova I.P. Vliyaniye regulyatorov rosta na produktivnost kartofelya i ustoichivost k boleznyam: Avtoref. dis. ...kand. biolog. nauk. M., 2007. 24 p.
13. Penkin R.V. Ispolzovaniye elementov prognoza, Siliplanta i Tsyrkona dlya snizheniya fungitsydnoy nagruzki pri zashchite kartofelya ot alternarioza // Avtoreferat dis. ...kand. biolog. nauk. M.: RGAU-MSHA, 2012. 24 p.
14. Postnikov A.N., Morozov D., Shitikova A. Mikrobiologicheskie preparaty – dopolneniye k udobreniyam // Kartofel i ovoshchi. 2002. № 3. P. 28
15. Postnikov A.N., Postnikov D.A. Kartofel. M., 2006. 160 p.
16. Postnikov A.N., Shitikova A.V. Urozhainost i kachestvo kartofelya pri primeneniye biopreparatov // Plodorodie. 2006. № 4. P. 25.
17. Postnikov A.N., Shitikova A.V. Vliyaniye biologicheskikh aktivnykh veshchestv i predvaritel'noy ortirovki na urozhainyye svoystva klubney kartofelya // Izvestiya TSHA. 2007. № 2. P. 35.

18. Praktikum po selskohozaistvennoy fitopatologii / Pod red. K.V. Popkovoy. M.: «Kolos», 1976. 336 p.

19. *Setitskaya O.V., Samohin L.V., Blinkov E.A.* Primenenie «Assotsiativnyh» bakterialnyh udobreniy v selskohozaistvennoy praktike v svyazi s menyashchimysya pogodno-klimaticheskimi usloviyami // Doklady TSHA: Sbornik statey. 2011. Vyp. 283. С. 1. P. 411-413.

20. *Smirnov A.N., Bibik T.S., Prihodko E.S., Beloshapkina O.O., Kuznetsov S.A.* Listos-tebelniy kompleks fitopatogennyh i soputstvuuschih gribov na kartofele v razlichnyh regionalah Rossii // Izvestiya TSHA. 2015. Vyp. 3. P. 36-45.

21. *Shpaar D., Bykin A., Dreger D., Zakharenko A., Ivanyuk V., Kalenskaya S., Kurtsinger B., Kurtsinger V., Postnikov A., Shkalikov V., Shuman P., Shcherbakov V., Yaster K., Elmer F.* Kartoffel. – Torgok: ООО Variant. 2004. 464 p.

Приходько Екатерина Степановна – аспирант кафедры микробиологии и иммунологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (917) 548-15-04; e-mail: eprihodko@timacad.ru.

Селицкая Ольга Валентиновна – к.б.н., доцент, заведующая кафедрой микробиологии и иммунологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 976-09-66; e-mail: selitskayaolga@gmail.com.

Смирнов Алексей Николаевич – д.б.н., профессор кафедры защиты растений РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 976-03-78; e-mail: smirnov@timacad.ru.

Prihodko Ekatherina S. – Ph. D. student of the department of microbiology and immunology, Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after Timiryazev, Timiryazevskaya street, 49, Moscow, 127550; tel.: +7 (917)548-15-04; e-mail: eprihodko@timacad.ru.

Selitskaya Olga V. – Ph.D., Senior Lecturer, head of the department of microbiology and immunology, Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after Timiryazev, Timiryazevskaya street, 49, Moscow, 127550; tel.: (499)976-09-66; e-mail: selitskayaolga@gmail.com.

Smirnov Alexei N. – Doctor of biological sciences, professor of the department of plant protection, Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after Timiryazev, Timiryazevskaya street, 49, Moscow, 127550; tel.: (499) 976-03-78; e-mail: smirnov@timacad.ru; Researcher of the department of intensive agriculture, Vladimir Research Institute of Agriculture, 601261, Central street, 3, settlement New, Suzdal District, Vladimir Region.