

УДК 579.64

Э. И. Коломиец¹, Л. И. Трепашко², И. Н. Ананьева¹,
М. Н. Мандрюк-Литвинкович¹, Н. И. Гирилович¹

¹ ГНУ «Институт микробиологии Национальной академии наук Беларуси»,
г. Минск

² РУП «Институт защиты растений», аг. Прилуки, Минский район

E-mail: biocontrol@mbio.bas-net.by

БИОПРЕПАРАТ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ЗАЩИТЫ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

РЕЗЮМЕ

Показаны экологические аспекты использования микроорганизмов в технологиях выращивания картофеля и овощных культур для обеспечения эффективного контроля вредителей и возбудителей болезней. Представлены результаты по оценке эффективности биологического препарата Ксантрел, предназначенного для защиты картофеля и овощных культур от вредителей и болезней.

Ключевые слова: биопрепарат, антагонистическая активность, энтомоцидная активность, *Bacillus subtilis*, *Bacillus thuringiensis*, фитопатогенные микроорганизмы, картофель, капуста.

ВВЕДЕНИЕ

Одними из определяющих причин, приводящих к снижению урожая, являются болезни и вредители сельскохозяйственных культур. Болезни, вызываемые микроорганизмами, приводят к нарушению нормальных физиологических процессов обмена веществ, дыхания, происходящих в растительном организме. Вредители наносят преимущественно механические повреждения сельскохозяйственным культурам, что, помимо прямого воздействия, открывает «ворота» для проникновения фитопатогенных микроорганизмов и снижает устойчивость против различных заболеваний [1–3].

Биопрепараты на основе микроорганизмов все активнее внедряются в интегрированную систему защиты растений от болезней и вредителей. Основным преимуществом этих средств защиты является их безвредность для человека, окружающей среды, домашних и диких животных, нецелевых насекомых (опылителей, энтомофагов) и других представителей биоценоза [4, 5]. В биологических методах защиты, не загрязняющих агроландшафты и водные ресурсы, особенно нуждаются овощные культуры и картофель, так как чаще всего используются в качестве сырья для диетического и детского питания и возделываются вблизи густонаселенных промышленных центров и водоохраных зон. В связи с этим создание биопрепарата для комплексной защиты этих сельскохозяйственных культур от болезней и вредителей весьма актуально.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

В работе использованы бактерии рода *Bacillus* из коллекции лаборатории молекулярной диагностики и биологического контроля фитопатогенных микроорганизмов Института микробиологии НАН Беларуси, а также выделенные из различных естественных источников.

Основными тест-объектами для оценки антагонистической активности исследуемых культур служили фитопатогенные грибы и бактерии *Fusarium oxysporum*,

Phytophthora infestans, *Colletotrichum coccoides*, *Rhizoctonia solani*, *Pectobacterium carotovorum* и *Xanthomonas campestris*, для энтомоцидной активности – гусеницы большой вошинной моли (*Galleria mellonella* L.), а также личинки колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say.), капустной белянки (*Pieris brassicae* L.) и репной белянки (*Pieris rapae* L.) 1–2-го возраста.

Первичный отбор бактерий-антагонистов проводили методом точечного тестирования [6]. Антагонистическую активность оценивали методом лунок. Результаты учитывали после 24–48 ч инкубации при температуре 26–28 °С по диаметру зон задержки роста тест-культур. Титр колониеобразующих единиц (КОЕ) бактерий определяли методом предельных разведений [7].

Производственные испытания для оценки биологической и хозяйственной эффективности применения биопрепарата Ксантрел против комплекса вредных организмов на капусте и картофеле проводились в РУ ЭО СХП «Восход» Минского района Минской области. На посадках картофеля были проведены 4 обработки биопрепаратом Ксантрел в 1 и 2 % концентрации, а также биологическим эталоном (баковая смесь: 1 % Бацитурин, ж. + 2 % Бактофит, СК). После каждой обработки на 3, 7, 10 и 14 день, а также перед уборкой урожая по вариантам опыта проводились учеты численности колорадского жука и развития фитофтороза согласно методикам, принятым в энтомологии, фитопатологии и защите растений.

В посадках капусты белокочанной проведено 4 обработки биопрепаратом Ксантрел в 1 и 2 % концентрации и биологическим эталоном (баковая смесь: 1 % Бацитурин, ж. + 2 % Фитопротектин, ж.).

Биологическую эффективность действия Ксантрела против болезней и вредителей картофеля и овощных культур рассчитывали по формуле

$$B = \frac{P - P_1}{P} \times 100,$$

где B – биологическая эффективность, %;

P и P_1 – развитие болезни в контроле и опыте соответственно, %.

Статистическую обработку данных проводили с использованием программы Microsoft Excel. Наименьшую существенную разность ($НСП_{0,5}$) определяли с использованием дисперсионного анализа [8].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

При разработке биологических средств защиты растений важным этапом работы является поиск штаммов микроорганизмов, способных контролировать популяции фитопатогенов и вредителей сельскохозяйственных культур. С этой целью из 1000 выделенных изолятов отобрано 36 (3,6 % от общего количества), обладающих способностью в той или иной степени подавлять развитие фитопатогенов картофеля и овощных культур. Установлено, что изолят 245 способен наиболее эффективно подавлять рост фитопатогенов, используемых в качестве тест-объектов (табл. 1).

Скрининг штаммов, обладающих инсектицидными свойствами, проводили из коллекции микроорганизмов лаборатории молекулярной диагностики и биологического контроля фитопатогенных микроорганизмов Института микробиологии НАН Беларуси. Установлено, что бактерии *B. thuringiensis* 2 вызывали 100 %-ю гибель гусениц вошинной моли и личинок колорадского жука.

В связи с перспективностью использования изолята 245 и бактерий *B. thuringiensis* 2 для биологического контроля возбудителей болезней и вредителей картофеля и овощных

РАЗДЕЛ 3. ИММУНИТЕТ И ЗАЩИТА КАРТОФЕЛЯ

Таблица 1 – Оценка антимикробной активности выделенных изолятов бактерий

Изоляты	Диаметр зоны задержки роста тест-объекта, мм					
	<i>P. infestans</i>	<i>C. coccoides</i>	<i>A. brassicae</i>	<i>F. oxysporum</i>	<i>P. carotovorum</i>	<i>X. campestris</i>
1	24,0 ± 1,0	17,0 ± 1,0	17,0 ± 1,5	32,5 ± 0,5	16,0 ± 1,5	32,5 ± 0,5
7	24,5 ± 1,0	24,0 ± 1,5	26,5 ± 1,0	29,5 ± 1,0	20,5 ± 1,5	29,5 ± 1,0
8	16,5 ± 1,0	14,0 ± 1,0	18,5 ± 0,5	23,5 ± 1,0	17,5 ± 1,0	23,5 ± 1,0
19	19,5 ± 1,5	21,0 ± 0,5	19,0 ± 1,0	26,5 ± 1,0	21,0 ± 0,5	26,5 ± 1,0
22	17,0 ± 1,0	23,5 ± 1,0	19,5 ± 1,5	18,5 ± 0,5	14,5 ± 1,0	18,5 ± 0,5
24	18,5 ± 1,5	20,0 ± 1,0	19,5 ± 1,5	27,0 ± 1,5	21,0 ± 0,5	27,0 ± 1,5
36	13,5 ± 1,0	16,0 ± 1,0	17,5 ± 0,5	20,5 ± 1,0	14,5 ± 1,0	20,5 ± 1,0
40	19,5 ± 1,0	19,0 ± 1,0	20,5 ± 1,5	25,0 ± 1,5	18,5 ± 0,5	25,0 ± 1,5
48	25,0 ± 1,0	23,0 ± 1,5	24,5 ± 1,0	29,5 ± 1,0	19,5 ± 1,5	29,5 ± 1,0
102	21,5 ± 1,0	19,5 ± 1,0	18,0 ± 1,0	21,5 ± 0,5	19,5 ± 1,5	21,5 ± 0,5
135	20,5 ± 1,0	19,0 ± 1,0	18,0 ± 1,0	21,5 ± 0,5	19,5 ± 1,5	21,5 ± 0,5
188	26,5 ± 1,0	23,5 ± 1,0	19,5 ± 1,5	23,5 ± 0,5	15,5 ± 1,0	23,5 ± 0,5
190	20,5 ± 1,0	19,5 ± 1,0	18,0 ± 1,0	21,5 ± 0,5	19,5 ± 1,5	21,5 ± 0,5
200	14,5 ± 0,5	17,0 ± 1,0	16,5 ± 0,5	20,5 ± 1,0	14,5 ± 1,0	20,5 ± 1,0
210	17,5 ± 1,0	14,0 ± 1,0	18,5 ± 0,5	23,0 ± 1,0	16,5 ± 1,0	23,0 ± 1,0
215	20,5 ± 1,0	13,5 ± 1,0	14,0 ± 1,5	30,5 ± 1,0	17,0 ± 1,0	30,5 ± 1,0
230	26,0 ± 1,0	16,0 ± 1,0	17,5 ± 1,5	32,5 ± 0,5	16,0 ± 1,0	32,5 ± 0,5
138	11,0 ± 1,5	22,0 ± 0,5	19,0 ± 1,0	27,0 ± 1,0	28,0 ± 0,5	27,0 ± 1,0
140	14,0 ± 1,5	20,0 ± 0,5	18,0 ± 1,0	21,0 ± 1,0	23,0 ± 0,5	21,0 ± 1,0
245	35,0 ± 1,0	28,0 ± 1,5	29,5 ± 1,0	29,0 ± 1,0	26,5 ± 1,5	25,5 ± 1,0
268	18,0 ± 1,0	24,0 ± 1,0	14,5 ± 1,0	26,5 ± 1,0	17,0 ± 1,0	26,5 ± 1,0
270	19,5 ± 1,5	21,0 ± 0,5	19,0 ± 1,0	26,5 ± 1,0	21,0 ± 0,5	26,5 ± 1,0
333	22,0 ± 1,5	24,0 ± 0,5	25,0 ± 1,0	23,0 ± 1,0	21,0 ± 0,5	23,0 ± 1,0
380	13,0 ± 1,5	13,0 ± 1,5	16,5 ± 0,5	26,5 ± 1,0	16,0 ± 1,0	26,5 ± 1,0
390	22,0 ± 1,5	24,0 ± 0,5	25,0 ± 1,0	23,0 ± 1,0	21,0 ± 0,5	23,0 ± 1,0
415	21,0 ± 1,0	15,0 ± 1,0	17,0 ± 1,5	23,5 ± 0,5	17,0 ± 1,0	23,5 ± 0,5
426	20,5 ± 1,0	19,5 ± 1,0	18,0 ± 1,0	21,5 ± 0,5	19,5 ± 1,5	21,5 ± 0,5
516	24,5 ± 1,0	22,0 ± 1,5	21,5 ± 1,0	23,5 ± 1,0	23,5 ± 1,5	23,5 ± 1,0
560	11,0 ± 1,0	21,5 ± 1,5	15,0 ± 1,0	23,0 ± 0,5	11,0 ± 0,5	23,0 ± 0,5
584	14,0 ± 1,5	20,0 ± 0,5	18,0 ± 1,0	21,0 ± 1,0	23,0 ± 0,5	21,0 ± 1,0
590	25,5 ± 1,0	24,0 ± 1,5	24,5 ± 1,0	29,5 ± 1,0	23,5 ± 1,5	29,5 ± 1,0
596	26,0 ± 1,0	26,0 ± 1,0	17,5 ± 1,5	32,5 ± 0,5	16,0 ± 1,0	32,5 ± 0,5
626	24,5 ± 1,0	22,0 ± 1,5	21,5 ± 1,0	23,5 ± 1,0	23,5 ± 1,5	23,5 ± 1,0
634	14,0 ± 1,0	21,5 ± 1,5	15,0 ± 1,0	23,0 ± 0,5	11,0 ± 0,5	23,0 ± 0,5
645	14,0 ± 1,5	20,0 ± 0,5	18,0 ± 1,0	21,0 ± 1,0	23,0 ± 0,5	21,0 ± 1,0
648	20,5 ± 1,0	19,5 ± 1,0	18,0 ± 1,0	21,5 ± 0,5	19,5 ± 1,5	21,5 ± 0,5

культур были проведены эксперименты по изучению культурально-морфологических и физиолого-биохимических свойств этих культур. Анализ дифференцирующих признаков бактерий изолята 245 позволил идентифицировать их как *Bacillus subtilis*.

По результатам ветеринарно-токсикологических испытаний, проведенных в РУП «Институт экспериментальной ветеринарии им. С. Н. Вышелесского», штаммы бактерий *B. thuringiensis* 2 и *B. subtilis* 245 не являются патогенными, токсичными и токсигенными и могут быть использованы в качестве основы биопрепарата Ксантрел для комплексной защиты картофеля и овощных культур. Штаммы депонированы в Белорусской коллекции непатогенных микроорганизмов Института микробиологии НАН Беларуси под регистрационными номерами *B. thuringiensis* БИМ В-711 Д и *B. subtilis* БИМ В-712 Д.

РАЗДЕЛ 3. ИММУНИТЕТ И ЗАЩИТА КАРТОФЕЛЯ

С целью определения биологической и хозяйственной эффективности применения биопрепарата Ксантрел проведены полевые испытания. Установлено, что при использовании препарата в 1 и 2 % концентрации эффективность против фитофтороза через 10 дней после обработки растений картофеля была практически одинаковой и составила 97,5 и 99,5 % соответственно. Высокий ингибирующий эффект наблюдался в течение 30–35 дней и только перед уборкой снизился до 35,8 (1 % концентрации) и 50,8 % (2 % концентрации). Таким образом, биопрепарат в 2 % концентрации обладает большей пролонгированностью действия, чем в 1 % концентрации (табл. 2).

Биологическая эффективность Ксантрела (1 % концентрации) против колорадского жука была на 20,3 % выше, чем при применении эталонного биоинсектицида Бацитурин (1 % концентрация), а при использовании Ксантрела в 2 % концентрации – на 22,6 % выше по сравнению с эталоном (табл. 3).

Урожай картофеля при применении Ксантрела в 2 % концентрации был выше на 16,7 %, чем при применении Ксантрела в 1 % концентрации, и составил 367,5 ц/га, сохраненный урожай – 168,0 ц/га, или 84,2 % по отношению к контролю. В эталонном варианте (баковая смесь: 1 % Бацитурин, ж. + 2 % Бактофит, СК) урожай клубней картофеля составил 336,0 ц/га, сохраненный урожай – 136,5 ц/га, или 68,0 % к контролю (табл. 4).

Таким образом, биологическая и хозяйственная эффективность биопрепарата Ксантрел выше, чем при применении эталонных биопрепаратов Бацитурин и Бактофита. При применении Ксантрела на посадках капусты в 1 % концентрации получен урожай 319,2 ц/га, сохраненный урожай за счет снижения развития вредных организмов составил 79,8 ц/га, или 33,3 % к контролю; в 2 % концентрации – 323,4 ц/га, 84,0 ц/га и 35,0 % соответственно. В эталонном варианте (баковая смесь: 1 % Бацитурин, ж. + 2 % Фитопротектин, ж.) урожай капусты составил 315,0 ц/га, сохраненный урожай – 75,6 ц/га, или 31,6 % к контролю. Таким образом, при использовании Ксантрела в 1 % концентрации урожай капусты

Таблица 2 – Биологическая эффективность биопрепарата Ксантрел против фитофтороза картофеля сорта Скарб

Вариант	Развитие перед уборкой, %	Биологическая эффективность, %	
		на 10 день	перед уборкой
Контроль	41,3	–	–
1 % Бацитурин + 2 % Бактофит	31,8	97,5	23,0
1 % Ксантрел	26,5	97,5	35,8
2 % Ксантрел	20,3	99,5	50,8

Таблица 3 – Биологическая эффективность биопрепарата Ксантрел против колорадского жука на картофеле сорта Скарб

Вариант	Численность перед уборкой, особей/куст	Биологическая эффективность, %		Повреждено растений, %	Степень повреждения растения, %	Биологическая эффективность, %
		на 10 день	перед уборкой			
Контроль	4,2	–	–	40	11,5	–
1 % Бацитурин + 2 % Бактофит	2,5	36,4	41,7	32	7,4	35,7
1 % Ксантрел	1,6	42,7	62,0	24	3,7	67,8
2 % Ксантрел	1,5	42,3	64,3	20	2,7	76,5

РАЗДЕЛ 3. ИММУНИТЕТ И ЗАЩИТА КАРТОФЕЛЯ

Таблица 4 – Хозяйственная эффективность биопрепарата Ксантрел против колорадского жука и фитофтороза на картофеле сорта Скарб

Вариант	Урожай, кг/растение	Прибавка к контролю, кг/растение	Урожай, ц/га	Сохраненный урожай	
				ц/га	%
Контроль	0,57	–	199,5	–	–
1 % Бацитурин + 2 % Бактофит	0,96	0,39	336,0	136,5	68,0
1 % Ксантрел	0,90	0,43	315,0	115,5	57,9
2 % Ксантрел	1,05	0,48	367,5	168,0	84,2
НСР _{0,5}	0,23		32,5		

увеличивается на 4,2 ц/га, а в 2 % концентрации – на 8,4 ц/га по сравнению с урожаем, полученным при использовании смеси эталонных биопрепаратов (табл. 5).

Анализ полученных результатов показал, что для защиты овощных культур и картофеля от комплекса вредных организмов во время вегетации целесообразнее использовать биопрепарат Ксантрел в 2 % концентрации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время весьма актуальными являются исследования, направленные на комплексную биологическую защиту растений. Достижения в биотехнологической отрасли стимулируют все больший интерес к рынку биопрепаратов для защиты растений. С целью разработки биопрепарата отобраны бактериальные культуры с энтомоцидными и антимикробными свойствами – *B. thuringiensis* БИМ В-711 Д и *B. Subtilis* БИМ В-712 Д. Штаммы бактерий не являются патогенными, токсичными и токсигенными и использованы в качестве основы биопрепарата Ксантрел для комплексной защиты картофеля и овощных культур.

Проведенное комплексное исследование эффективности применения биологического препарата Ксантрел позволило установить высокую эффективность в отношении вредителей и возбудителей болезней картофеля и овощных культур. Установлено, что применение Ксантрела в 2 % концентрации позволяет снизить развитие фитофтороза картофеля на 65 %, альтернариоза и фомоза капусты – на 41–53 %; биологическая эффективность против колорадского жука составила 64–76 %, против комплекса листогрызущих вредителей капусты – до 86 %. Применение биопрепарата Ксантрел позволяет сохранить до 87 ц/га картофеля и 135 ц/га капусты. Таким образом, микробиологический препарат Ксантрел является эффективным средством улучшения фитосанитарного состояния в агробиоценозах картофеля и овощных культур, его применение позволит в значительной степени сократить потери урожая и увеличить выход экологически чистой продукции.

Таблица 5 – Хозяйственная эффективность биопрепарата Ксантрел против комплекса вредителей и болезней капусты сорта Новатор

Вариант	Вес 1 растения, кг	Прибавка к контролю, кг	Урожай, ц/га	Сохраненный урожай	
				ц/га	%
Контроль	1,14	–	239,4	–	–
1 % Бацитурин + 2 % Фитопротектин	1,50	0,36	315,0	75,6	31,6
1 % Ксантрел	1,52	0,38	319,2	79,8	33,3
2 % Ксантрел	1,54	0,40	323,4	84,0	35,0

Список литературы

1. Анисимов, Б. В. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков / Б. В. Анисимов [и др.] // Картофелевод. – 2009. – № 3. – С. 209–214.
2. Штерншис, М. В. Биопрепараты в защите растений : учеб. пособие / М. В. Штерншис, Ф. В. Джалилов ; под ред. М. В. Штерншис. – Новосибирск : Новосиб. гос. аграр. ун-т, 2003. – 141 с.
3. Шестеперов, А. А. Вопросы защиты картофеля от вредных организмов в хозяйствах разного типа / А. А. Шестеперов, А. А. Кузьмичев // Главный агроном. – 2005. – № 9. – С. 54–57.
4. Курдиш, И. К. Перспективы применения бактериальных препаратов комплексного действия в растениеводстве / И. К. Курдиш, А. А. Рой // Микробиология и биотехнология XXI столетия : материалы Междунар. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения С. А. Самцевича, Минск, 22–24 мая 2002 г. / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т микробиологии. – Минск, 2002. – С. 239–240.
5. Koiodziejczyk, M. Yield-protective efficiency of biological and chemical potato protection against Phytophthora infestans (Mont.) de Bary / M. Koiodziejczyk // Acta Agroph. – 2018. – Vol. 25 (1). – P. 59–71.
6. Сэги, Й. Методы почвенной микробиологии / Й. Сэги. – М. : Колос, 1983. – 253 с.
7. Методы общей бактериологии : в 3 т. / под ред. Ф. Герхарда. – М. : Мир, 1984. – Т. 3. – 264 с.
8. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Минск : Выш. шк., 1973. – 320 с.

Поступила в редакцию 01.11.2019 г.

E. I. KOLOMIETS, L. I. TREPASHKO, I. N. ANANYEVA,
M. N. MANDRIK-LITVINKOVICH, N. I. GIRILOVICH

**BIOPREPARATION FOR INTEGRATED PROTECTION
OF POTATOES AND VEGETABLE CROPS****SUMMARY**

Ecological aspects of microorganisms use in technologies of potatoes and vegetable crops cultivation for effective control of pests and plant pathogens were shown. The results of effectiveness evaluation of biological preparation Xantrel, intended to protect potatoes and vegetable crops from pests and diseases are presented.

Key words: biopreparation, antagonistic activity, entomocidal activity, *Bacillus subtilis*, *Bacillus thuringiensis*, phytopathogenic microorganisms, potatoes, cabbage.