

УДК 632.937.3

СКРИНИНГ ЭНТОМОФАГОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ СЕМЕННОГО КАРТОФЕЛЯ ОТ ТЛЕЙ-ПЕРЕНОСЧИКОВ ВИРУСОВ В СОВРЕМЕННЫХ ТЕПЛИЦАХ

Н.А. Белякова, Ю.Б. Поликарпова

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

На основе анализа особенностей возделывания безвирусного картофеля в современных теплицах определены основные качества энтомофагов, определяющие их эффективность в борьбе с тлями-переносчиками вирусов. Исходя из пищевых связей и морфологических особенностей для защиты семенного картофеля пригодны следующие кокциnellиды из коллекции ВИЗР: *Harmonia dimidiata* Fabr. и *H. axyridis* Pall. для использования на стадии личинки, *Cheilomenes sexmaculatus* Fabr., *Adalia bipunctata* L., *Cycloneda sanguinea limbifer* Casey и *Propylea 14-punctata* L. для использования на стадии имаго.

Ключевые слова: биологический контроль вредителей, Coccinellidae, гидропонные технологии растениеводства, превентивная колонизация, репродуктивный потенциал.

Защищенный грунт широко используется при крупномасштабном круглогодичном производстве элитного безвирусного картофеля, а также в маркер-ориентированной селекции. Поэтому разработка системы биологической защиты посадок картофеля в теплицах является весьма актуальной.

В настоящее время на территории РФ происходит расширение площади посадок картофеля в защищенном грунте с использованием в основном современных технологий гидропонного растениеводства. Крупнейшие отечественные производители семенного картофеля вводят в строй индустриальные теплицы для круглогодичного выращивания картофеля. Например, новый тепличный гидропонный комплекс ООО «Дока-Генные Технологии» позволил повысить мощность производства миниклубней до 400 тыс. штук в 2016 г.

Семенные миниклубни получают от пробирочных растений меристемного картофеля (6–8 полностью развернутых листьев) высаженных в гидропонную установку «Картофельное дерево» (КД). Производственный цикл получения миниклубней составляет 3–4 месяца. Это нулевая репродукция, которую используют в дальнейшем для получения семенного материала категории элита. Продуктивность растений картофеля на гидропонной установке достаточно велика: за один период вегетации с 300 пробирочных растений можно собрать до 10000 мини-клубней весом 5–7 грамм. При круглогодичном производстве на одной установке выращивают до четырех поколений растений.

В современных теплицах изоляцию от внешней среды

нередко рассматривают, как основной способ избежать потерь от вредителей. Для экранирования системы вентиляции широко используют сетки, на которых идет накопление статического электричества. Форточки, система вентиляции экранированы, вход снабжен тамбурами. Все эти приемы и приспособления снижают вероятность проникновения насекомых извне. Изоляция оттягивает время появления вредителей в новых теплицах, минимизирует частоту их проникновения, однако заселение фитофагами неизбежно, особенно в летний период, когда активизируются их природные популяции. Основным переносчиком вредителей является обслуживающий персонал. Кроме того, использование в качестве источника освещения ламп мощностью 400–600 Вт приводит к сильному перегреву растений картофеля. Необходимо постоянное вентилирование для охлаждения помещения, что повышает риск проникновения вредителей через вентиляционные каналы.

Исключить человека из производственного процесса или отказаться от вентиляции теплиц невозможно, поэтому в защите тепличных культур, в том числе картофеля рассчитывать только на изоляцию и карантинные меры нецелесообразно. Многолетний опыт тепличного растениеводства свидетельствует о том, что индустриальные теплицы заселяются вредителями в течение первых 5–12 месяцев после ввода в эксплуатацию, несмотря на изоляцию и регулярные мероприятия по дезинфекции в период между оборотами. Усложняет ситуацию крайняя нестабильность тепличных агроценозов. При попадании даже единичных особей вредителей существует угроза вспы-

шек их размножения на фоне оптимальных климатических условий, искусственно поддерживаемых в теплицах [Павлюшин и др., 2001; Яркулов, Белякова, 2007].

Перенос большинства вредоносных вирусов картофеля происходит с помощью тлей. Основную долю в суммарной векторной активности составляет персиковая тля *Myzus persicae* Sulzer. Менее значимыми являются крушинная *Aphis nasturtii* Kaltен., крушинниковая *Aphis frangulae* Kaltен., обыкновенная картофельная *Aulacorthum solani* Kaltен., большая картофельная *Macrosiphum euphorbiae* Thomas и бобовая *Aphis fabae* Scopoli тли [Анисимов и др., 2009]. Кроме того вирусы на картофеле способны переносить гороховая *Acyrtosiphon pisum* Haгг., гелихризовая *Brachycaudus helichrysi* Kalt., хмелевая *Phorodon humuli* Schrk. и черемухово-злаковая *Rhopalosiphum padi* L. тли [Дьяконов, 2000].

Тли хорошо переносятся воздушными потоками, поэтому даже при значительном удалении семеноводческих теплиц от посадок продовольственного картофеля или иных овощных культур остается высокой вероятностью заноса переносчиков вирусов, особенно в период миграций тлей. Поэтому наряду с системой тщательной изоляции от окружающей среды, карантинными мерами необходимо превентивное применение биоцидных средств защиты для уничтожения единичных особей вредителей, занос которых в теплицы неизбежен.

Существующие рекомендации по борьбе с вредителями на семенном картофеле предписывают проведение ре-

гулярных профилактических обработок системными пестицидами против тлей в течение всего периода вегетации культуры [Сухорученко и др., 2013]. Однако применение химического метода защиты от переносчиков вирусов в промышленных теплицах имеет серьезные негативные последствия. При круглогодичном выращивании картофеля в стабильном искусственном климате регулярные обработки инсектицидами значительно повышают риск формирования резистентности у насекомых-переносчиков по сравнению открытым грунтом, где вегетационный период ограничен, а погодные условия не столь благоприятны для тлей. Кроме того, высокая пестицидная нагрузка негативно влияет как на растения, так и на обслуживающий персонал, работающий в теплицах.

Очевидна необходимость создания экологически безопасной системы биологической защиты картофеля от насекомых-переносчиков вирусов в теплицах. Построение системы защиты невозможно без анализа механизмов биоценотической регуляции в искусственных экосистемах и оценки адаптаций насекомых-энтомофагов к современным технологиям тепличного растениеводства. Критерии отбора видов и популяций, а также отработка технологий их совместного применения с препаратами разного фитосанитарного назначения в составе системы защиты растений должны основываться на анализе жизненных стратегий энтомофагов, реализующихся в условиях промышленных теплиц, и выявлении адаптивных механизмов, за счет которых эти стратегии осуществляются.

Материалы и методы

При выработке критериев отбора энтомофагов для защиты безвирусного картофеля учитывали технологические особенности производства миниклубней на гидропонных установках «Картофельное Дерево» (КД-10 и КД-130).

Отбор энтомофагов потенциально пригодных для защиты безвирусного картофеля в теплицах проводили из коллекции лабораторных культур ВИЗР, адаптированных к массовому разведе-

дению, в том числе на заменителях природного корма. Для видов из сем. Coccinellidae проводили анализ пищевых связей с тлями, наиболее часто встречающимися в агроценозах картофеля.

В опытах по оценке репродуктивного потенциала перспективных видов коровок использовали лабораторные культуры из коллекции ВИЗР (табл. 1).

Таблица 1. Лабораторные культуры энтомофагов сем. Coccinellidae из коллекции ВИЗР

| Вид | Происхождение лабораторной популяции | Лабораторная жертва для личинок |
|-------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| <i>Harmonia dimidiata</i> | Ю-Вост. Китай, 1990; Непал, 2013 | злаковая тля, зерновая моль |
| <i>Harmonia axyridis</i> | Приморский край, 2012 | злаковая тля, зерновая моль |
| <i>Cheilomenes sexmaculata</i> | Непал, 2013 | злаковая тля, зерновая моль |
| <i>Cycloneda sanguinea limbifer</i> | Куба, 1972 | злаковая тля |
| <i>Propylea 14-punctata</i> | Приморский край, 2012 | злаковая тля |

В качестве корма для жуков и личинок использовали обыкновенную злаковую тлю *Schizaphis graminum* Rond. и яйца зерновой моли *Sitotroga cerealella* Oliv., которые приклеивали при помощи меда на карточки из плотной бумаги.

Интегральный показатель репродукции коровок рассчитывали как произведение объема яйца на число овариол, деленное на массу самки.

Имаго взвешивали в течение суток после выхода из куколки. Использовали весы Vibra HT-80CE с точностью ±0.0001 г. До взвешивания жукам не давали воды и пищи. Объемы выборок по каждому из видов не менее 50 самок.

Объем яйца определяли по формуле эллипсоида вращения $LW^2\pi/6$, где L – длина яйца (мм), W – ширина яйца (мм). Измерения яиц проводили под микроскопом Zeiss Axiostar Plus. Объемы выборок по каждому из видов не менее 200 яиц.

Для определения числа овариол самок вскрывали под бинокляром МБИ-11 в физиологическом растворе. Подсчитывали число яйцевых трубок в правом и левом яичниках в проходящем свете. Объемы выборок по каждому из видов не менее 20 вскрытых самок.

Ошибку тестированных показателей рассчитывали с помощью пакета статистических программ Statistica v.9.

Результаты и обсуждение

На культуре картофеля в теплицах необходимо создать систему долгосрочного превентивного биологического контроля, который обеспечит полное отсутствие вредителей. Стратегической задачей биологической защиты является стабилизация межвидовых взаимодействий в системе

триотрофа «растение-фитофаг-энтомофаг» [Павлюшин и др., 2001]. В тепличных агроценозах семенного картофеля наличие тлей и других переносчиков вирусов недопустимо. Следовательно, при построении системы биозащиты нам необходимо заменить в классическом триотрофе цен-

тральный элемент – фитофага. Вместо вредителей основным пищевым ресурсом для энтомофагов должны стать заменители природного корма, безвредные для растений картофеля. Подбор суррогатных кормов является важнейшим аспектом при создании системы защиты картофеля в теплицах.

Высокие требования к системе защиты картофеля в теплицах и анализ особенностей его возделывания по гидропонной технологии позволяет выделить ключевые характеристики агентов биологического контроля. Энтомофаги должны быть рентабельны при профилактической колонизации, так как превентивное использование средств защиты является единственным приемлемым вариантом контроля вредителей-переносчиков вирусов на картофеле. Пресс хищников и паразитов при отсутствии вредителей должен быть стабильным в течение всего производственного цикла (3–4 месяца) до получения семенных мини-клубней от пробирочных растений.

1. Специализированные хищники и паразиты (олиго и монофаги)

Наиболее эффективными агентами биологического контроля считаются специализированные энтомофаги – тлевые наездники (чаще всего используется *Aphidius colemani* Vier.) и галлица *Aphidoletes aphidimyza* Rond. Рассмотрим перспективы их превентивного использования в системе защиты безвирусного картофеля.

В отсутствие вредителя специализированные энтомофаги лишены своего основного преимущества — способности размножаться в теплице, что делает их столь эффективными в защите овощных культур [Красавина и др., 1999]. Поэтому при профилактической колонизации специализированных афидофагов для их сохранения в теплице используют растения-накопители – это пшеница, заселенная злаковой тлей, которая безвредна для защищаемых культур.

Широко используют растения-накопители на салатных линиях, которые технологически схожи с установкой «Картофельное дерево». Пшеницу высаживают непосредственно на гидропонную линию между защищаемыми растениями или в вегетационные сосуды по краю теплицы [Козлова, 2009]. Однако для использования этого высокоэффективного приема на культуре картофеля необходимо предварительно оценить риск переноса вирусов злаковой тлей.

По литературным данным в единичных случаях (5%) обыкновенная злаковая тля переносит Y-вирус картофеля [Halbert et al., 2003]. Если эти сведения подтвердятся, растения-накопители придется полностью исключить из технологии биологической защиты картофеля, и, как следствие, необходимо будет в 2–3 раза повысить нормы и кратность внесения галлицы и наездников для стабильного поддержания необходимой плотности имаго энтомофагов в теплице.

На этом сложности применения специализированных афидофагов на картофеле не ограничиваются. Следует отметить, что галлица и наездники отличаются значительной инерционностью биоцидного действия. В случае с галлицей – между моментом, когда самка, обнаружив тлю, отложит яйца, и моментом, когда вылупившиеся личики уничтожат тлю, должно пройти 2–3 дня в зависимости от температуры. Личинки галлицы с гарантией уничтожают

потомство тли-основательницы, но сама крылатая самка имеет возможность перелететь на другое растение и продолжить перенос вирусов.

Аналогично, паразитированная наездником тля погибает только через 5–7 дней. Хозяин продолжает питаться, при этом у него отмечается повышение двигательной активности. Считается, что миграцию тли из колонии может индуцировать сам паразит для того, чтобы избежать перезаражения другими наездниками [Chow, MacKauer, 1999]. В результате возрастает риск распространения вирусов по теплице зараженными тлями, что было выявлено при математическом моделировании процессов в системе «растение-вирус-переносчик-паразит» [Jeger et al., 2011]. Однако следует учитывать, что авторы проводили расчеты для соотношения паразит-хозяин 2:100. В теплицах на семенном картофеле ситуация предполагается совершенно иная: в соотношении паразит-хозяин наездники существенно преобладают над тлями, плотность которых стремится к нулю. Будут ли паразиты в данных условиях способствовать распространению вирусов – неизвестно.

Следует подчеркнуть основные качества наездников и галлицы, благодаря которым их следует считать весьма перспективными для применения в защите картофеля:

1) Массовые культуры этих энтомофагов высокотехнологичны в разведении. Поэтому их применение методом наводнения (массовые выпуски каждые 5–7 дней), вполне приемлемо с экономической точки зрения.

2) Имаго отличаются высокой поисковой и расселительной способностью, откладывают яйца при наличии единичных особей тли.

Эти качества весьма актуальны при использовании энтомофагов в системе защиты картофеля так как при его выращивании по гидропонной технологии доступ к растениям возможен только по периметру стеллажных установок, особенно при использовании КД-130 со значительной площадью рабочей зоны, не разделенной проходами. В этих условиях затруднен мониторинг и равномерное внесение энтомофагов по всей площади посадок. Высокая поисковая активность энтомофагов-специалистов может отчасти скомпенсировать низкую разрешающую способность методов фитосанитарного мониторинга на тепличных посадках картофеля.

2. Многоядные хищники (полифаги)

Учитывая все слабые стороны наездников и галлицы, очевидна необходимость усиления системы защиты картофеля энтомофагами, которые способны без промедления уничтожить первичный очаг заселения, не давая возможности тле оставить потомство или продолжить расселение по теплице. Данному требованию соответствуют такие хищники как кокцинеллиды, клопы-мириды, клопы-антокориды, златоглазки и др.

Многоядных хищников в отсутствие целевого вредителя можно подкармливать заменителями природного корма (яйца чешуекрылых, веслоногих раков, углеводные подкормки и другие адаптогены), что позволит энтомофагам сохраняться длительное время в теплицах и даже в некоторых случаях давать потомство [Белякова, Поликарпова, 2014].

Учитывая специфику поставленной задачи – защита меристемного картофеля – необходимо выяснить: 1) каковы будут взаимодействия многоядных хищников с безви-

русными растениями; 2) будет ли влиять присутствие данных энтомофагов в теплице на распространение вируса.

Известно, что клопы из сем. Miridae и Anthocoridae откладывают яйца в ткань растения. Слепняки помимо этого еще питаются растительным соком. Необходимо оценить возможность переноса вирусов картофеля хищными клопами. Пока ответа на данный вопрос у нас нет. Поэтому обсуждать перспективы применения клопов в защите картофеля преждевременно.

Коровки-афидофаги растения не повреждают, яйца откладывают на поверхность растений. Поэтому риск переноса вирусов самими энтомофагами близок к нулю. В отличие от наездников, коровка убивает тлю сразу, что исключает дальнейшее распространение вирусов. Однако, с нашей точки зрения, необходима оценка опосредованного воздействия хищников на миграционную активность тли. Есть сведения о том, что коровки выделяют вещества, отпугивающие крылатых самок. Тля избегает заселять растения со следами пребывания коровок [Ninkovic et al., 2013]. Это явление может иметь как положительный, так и негативный эффект на распространение вирусов тлями в теплице. Предварительные данные были получены в опытах на *Coccinella septempunctata* L., присутствие которой не оказало существенного влияния на распространение в теплице вируса скручивания листьев картофеля, переносимого персиковой тлей [Sewell et al., 1990].

Представители семейства Coccinellidae являются одними из наиболее подходящих кандидатов на усиление системы защиты семенного картофеля в теплицах. Поэтому мы начали скрининг коллекции энтомофагов ВИЗР с ревизии именно этой группы.

Из состава коллекции ВИЗР были выбраны 6 видов коровок-афидофагов: *Adalia bipunctata* L., *Ceilonenes sexmaculata* Fabr., *Cycloneda sanguinea limbifer* Casey, *H. axyridis* Pall., *Harmonia dimidiata* Fabr., *Propylea 14-punctata* L.

В качестве целевых жертв мы рассматривали наиболее распространенные и вредоносные виды тлей, которые встречаются во всех основных регионах возделывания семенного меристемного картофеля, а именно на Северо-Западе, в Татарстане, Северном Кавказе и Центральном регионе России, где расположены теплицы основных производителей миниклубней (табл.2).

Был проведен анализ пищевых связей коровок-афидофагов из коллекции ВИЗР, с тлями, которые наиболее часто встречаются в агроценозах картофеля. Были выделены виды, у которых в списках жертв отмечено наибольшее количество целевых видов тлей (табл. 3).

По пищевым связям, известным из литературных источников, мы выделили 6 видов, которые потенциально пригодны для защиты картофеля от тлей в теплицах:

- 1) *H. dimidiata* – субтропический вид из крупного размерного класса (вес имаго 50–80 мг);
- 2) *H. axyridis* – палеарктический вид из среднего размерного класса (вес имаго 20–30 мг);
- 3) *Ch. sexmaculata* и *C. sanguinea limbifer* – субтропические виды, *A. bipunctata* – палеарктический вид из мелкого размерного класса (вес имаго 10–18 мг)
- 4) *P. 14-punctata* – палеарктический вид из мелкого размерного класса (вес имаго 5–10 мг).

Все отобранные нами коровки питаются персиковой

Таблица 2. Виды тлей, наиболее часто встречающиеся в агроценозах картофеля

| Вид тли | Регион | | | | | | | | |
|--|--------------------|-----------------|------------------|--------------------|-------------------|--------------|-----------|---------------------|-----------------|
| | Краснодарский край | Северный Кавказ | Брянская область | Смоленская область | Калужская область | Северо-запад | Татарстан | Кемеровская область | Приморский край |
| <i>Acyrtosiphon pisum</i> Harris | | | | | | × | | | |
| <i>Aphis fabae</i> Scopoli | × | | × | × | × | × | × | | × |
| <i>Aphis frangulae</i> Kalten. | | × | | × | × | × | × | | × |
| <i>Aphis gossypii</i> Glover | × | | | | | | | | × |
| <i>Aphis nasturtii</i> Kalten. | × | × | × | × | × | × | × | × | |
| <i>Aulacorthum solani</i> Kalten. | × | × | × | | × | | × | × | |
| <i>Brachycaudus helichrysi</i> Kalten. | | | | | | × | | | |
| <i>Macrosiphum euphorbiae</i> Thomas | × | | × | | | × | × | | × |
| <i>Myzus persicae</i> Sulzer | × | × | × | × | | × | | × | × |
| <i>Rhopalosiphum padi</i> L. | | | | | | × | | | |
| Ссылка на литературный источник | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

Примечание: Серым цветом выделены виды, отмеченные авторами как отличающиеся высокой численностью.

Ссылки: 1 – Отчет ВНИИБЗР, 2014; 2 - Гериева и др., 2014; 3 - Молякко и др., 2012; 4 - Чехалкова, Новиков, 2011; 5 - Ульяненко, 2015; 6 - Берим, 2015; Мартынушкин, Зенькевич, 2006; Kozlov et al., 2003; 7 - Прищепко, 2013; 8 - Лапшинов, 2011; 9 - Плешакова, Козловская, 2015.

Таблица 3. Список целевых жертв коровок-афидофагов из коллекции ВИЗР

| Вид тли | Вид коровки | | | | | |
|---------------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| | <i>Harmonia dimidiata</i> | <i>Harmonia axyridis</i> | <i>Cycloneda sanguinea</i> | <i>Ceilonenes sexmaculata</i> | <i>Adalia bipunctata</i> | <i>Propylea 14-punctata</i> |
| <i>Acyrtosiphon pisum</i> | × | × | × | × | × | × |
| <i>Aphis fabae</i> | × | × | × | × | × | × |
| <i>Aphis frangulae</i> * | | × | | | | |
| <i>Aphis gossypii</i> | × | × | × | × | × | × |
| <i>Aphis nasturtii</i> | × | × | | × | × | × |
| <i>Aulacorthum solani</i> | | | | × | × | |
| <i>Brachycaudus helichrysi</i> | | × | | × | × | × |
| <i>Macrosiphum euphorbiae</i> | × | × | × | | × | × |
| <i>Myzus persicae</i> | × | × | × | × | × | × |
| <i>Rhopalosiphum padi</i> | | × | × | × | × | |
| Ссылка на литературный источник | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |

Примечание: * - *A. frangulae* является близкородственным видом *A. gossypii*. Многие авторы считают второй вид – подвидом *A. frangulae* (Cocuzza et al., 2008).

Ссылки: 1 - Семьянов, 2006; Chaudhary, Singh, 2012; www.nbaii.res; 2 – Vandereycken et al., 2012; Vandereycken et al., 2013; 3 - Gordon, 1985; Isikber, Copland, 2002; Valencia, Cardenas, 1973; 4 - Chaudhary, Singh, 2012; www.nbaii.res.in; 5 - Тюмасаева, 2013; Gordon, 1985; Hodek, Honěk, 1996; 6 - Тюмасаева, 2013; Gordon, 1985.

тлей – основным переносчиком вирусов. У 4-х видов в списке жертв отмечается 70–90% целевых видов тли (табл. 2). У *C. sanguinea* и *H. dimidiata* показатель ниже (60%). Следует отметить, что оба вида встречаются в агроценозах картофеля [Azeredo, 2000; Saljoqi et al., 2016]. Поэтому

мы считаем нецелесообразным исключать данные виды из числа перспективных энтомофагов для использования на картофеле в теплицах. В целом все отобранные виды коровок пригодны для дальнейшего тестирования.

Есть два основных способа применения коровок в биологической защите растений: 1) выпуск личинок II–III возраста; 2) выпуск половозрелых имаго. При профилактической колонизации оптимально использовать имаго коровок, так как для уничтожения единичных особей тли (как правило, это – крылатые самки расселительницы) необходима, прежде всего, высокая поисковая активность, в том числе способность к полету. Прожорливость энтомофага при профилактической колонизации вторична. Поэтому с экономической точки зрения рентабельнее выпускать имаго мелких коровок, массовое разведение которых требует меньше затрат материалов и времени [Белякова, Поликарпова, 2014].

Частота профилактических выпусков определяется продолжительностью жизни энтомофагов. Мелкие виды коровок, такие как *C. sanguinea limbifer* и *Ch. sexmaculata* на имагинальной стадии живут среднем 1–1.5 месяца, что в 5–10 раз дольше, чем галлица афидимиза и наездники.

Крупные и средние виды коровок оптимально использовать на стадии личинки, подобно тому, как это практикуют при выращивании салата. При дополнительных подкормках яйцами зерновой моли личинки окукливаются через 15–20 дней в зависимости от температуры. Этот срок определяет интервал между выпусками личинок коровок.

Личинки *H. dimidiata* и *H. axyridis* хорошо удерживаются на субстрате, что особенно важно для выживания на гидропонных стеллажных установках, где растения размещаются на высоте 1–1.2 м от бетонного пола теплицы. При падении на пол личинки, как правило, не могут вернуться на растения и гибнут. Наличие специальных волосков на лапках, присоска на абдоминальном сегменте и отсутствие dropping-эффекта (в случае опасности энтомофаг не падает с растения), все это обеспечивает личинкам *H. dimidiata* и *H. axyridis* надежное сцепление с субстратом. Данные морфоэкологические особенности обуславливают высокую эффективность коровок рода *Harmonia* в биологической защите зеленных культур на салатных линиях, которые, как уже отмечалось, сходны с гидропонными установками «Картофельное дерево».

На следующем этапе отбора оценивали биотехнологический потенциал перспективных видов коровок-афидофагов. Для первичной оценки отобрали 4 вида из разных

размерных классов. Поскольку плодовитость является чрезвычайно изменчивым показателем, виды сравнивали по интегральному показателю, который отражает производительность репродуктивной системы самки (см. Материалы и методы).

Как видно из рисунка, один из мелких видов – *Ch. sexmaculatus* по уровню репродукции весьма близок к наиболее крупному виду *H. dimidiata*, несмотря на существенную разницу (в 6 раз) по массе тела. Этот пример показывает, что по биотехнологическому потенциалу некоторые мелкие коровки не уступают крупным. Высокая способность к репродукции *Ch. sexmaculatus* является важнейшей предпосылкой для масштабирования его производства в объемах, необходимых для профилактической колонизации в теплицах.

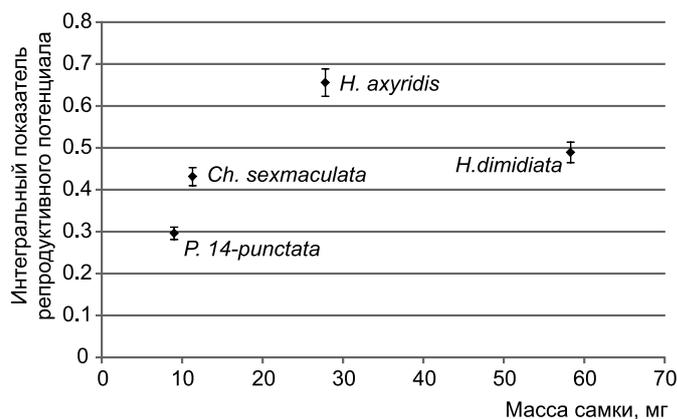


Рисунок. Репродуктивный потенциал коровок-афидофагов из разных размерных классов

Наибольшим репродуктивным потенциалом отличается *H. axyridis* (рис.). Однако, учитывая неоднозначное отношение экологов к акклиматизации данного энтомофага на европейской части РФ, мы рекомендуем использовать *H. axyridis* в пределах ее нативного ареала, прежде всего в Сибири, где располагаются крупные производители семенного картофеля и ведутся работы по маркер-ориентированной селекции.

По результатам первичного скрининга энтомофагов для защиты семенного картофеля можно рекомендовать следующий комплекс афидофагов: галлица *A. aphidimyza*, наездник *Aphidius colemani*, коровки *H. dimidiata* и *H. axyridis* для использования на стадии личинки, коровки *Ch. sexmaculatus*, *A. bipunctata*, *C. sanguinea limbifer*; *P. 14-punctata* для использования на стадии имаго.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 16-16-04079).

Библиографический список (References)

- Анисимов Б.В. / Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков / Б.В. Анисимов, Г.Л. Белов, Ю.А. Варичев, С.Н. Еланский, Г.К. Журомский, С.К. Завриев, В.Н. Зейрук, В.Г. Иванов, М.А. Кузнецова, М.П. Пляхневич, К.А. Пшеченков, Е.А. Симаков, Н.П. Скларова, З. Сташевски, А.И. Усков, И.М. Яшина. М.: Картофелевод, 2009. 272 с.
- Белякова Н.А. Энтомофаги в защищенном грунте: новые критерии отбора видов и особенности современных агротехнологий / Н.А. Белякова, Ю.Б. Поликарпова // Вестник защиты растений. 2014. № 3. С. 3–10.
- Берим М.Н. Тли на картофеле / М.Н. Берим // Защита картофеля 2015. № 2. С. 13–15.
- Гериева Ф.Т. Тли – переносчики вирусной инфекции семенного картофеля на Северном Кавказе / Ф.Т. Гериева, З.А. Болиева, С.С. Басиев // Защита и карантин растений. 2014. № 12. С. 18–19.
- Красавина Л.П. Вредители и энтомофаги защищенного грунта / Г.И. Дорохова, В.С. Великань, Н.А. Белякова, Е.Г. Козлова. — Иллюстрированное пособие под редакцией В.А. Павлюшина. Санкт-Петербург, ВИЗР, 1999. 54 с.
- Дьяконов К.П. Насекомые как фактор распространения фитопатогенных вирусов на Дальнем Востоке России / К.П. Дьяконов // Чтения памяти А.И. Куренцова. 2000. вып. 11. С. 15–26.
- Козлова Е.Г. Энтомофаги в защите зеленных культур при возделывании на салатных линиях / Козлова Е.Г. // Защита и карантин растений. 2009. № 5. С. 23–25.
- Лапшинов Н.А. Распространение вирусной инфекции картофеля в зоне подтайги предгорий кемеровской области / Н.А. Лапшинов // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 01. С. 32–34.
- Мартынушкин А.Н. Влияние обработок препаратами тиаметоксама на полезную энтомофауну и почвенную микрофауну картофельного агробиоценоза / А.Н. Мартынушкин, С.В. Зенькевич // Вестник защиты растений. 2006. № 3. С. 3–542.

- Молявко А.А. Вирусная инфекция при различных сроках удаления ботвы / А.А. Молявко, Ф.Е. Антощенко, В.Н. Свист, Л.И. Старко // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. N 2. С. 15–19.
- Отчет о результатах деятельности ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений за 2014 год, Краснодар, 2014, 110 с.
- Плешакова Т.И. Природные растительные комплексы как резервуары вирусов картофеля / Т.И. Плешакова, З.Н. Козловская // Конференция с международным участием «Регионы нового освоения: Современное состояние природных комплексов и вопросы их охраны», 11–14 октября 2015 г., Хабаровск: сб. материалов. Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 2015. С. 79–81.
- Павлюшин В.А. Использование энтомофагов в биологической защите растений в теплицах России / В.А. Павлюшин, К.Е. Воронин, Л.П. Красавина, Б.П. Асякин, В.А. Раздобурдин // Труды Русского энтомологического общества. 2001. Т. 72. С. 16.
- Прищепенко, Е.А. Влияние химических средств защиты и биологически активных веществ на снижение вирусной реинфекции семенного картофеля: автореф. дис. ... канд. сельскохозяйственных наук: 06.01.07 / Е.А. Прищепенко. Йошкар-Ола, 2013. 20 с.
- Семьянов В.П. Разведение, длительное хранение и применение тропических видов кокцинелл для борьбы с тлями в теплицах // В.П. Семьянов — Товарищество научных изданий КМК. Москва. 2006. 29 с.
- Сухорученко Г.И. Эффективность использования современных пестицидов для защиты семенных посадок картофеля от вредителей в Северо-Западном регионе РФ / Г.И. Сухорученко, Г.П. Иванова, Н.Р. Гончаров, О.В. Долженко, Н.И. Наумова // В сборнике: Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. СПб, 2013. С. 125–127.
- Тюмасева З.И. Кокцинеллы Урала и сопредельных территорий [Текст]: монография / З.И. Тюмасева. Челябинск: Изд-во Челяб. гос. пед. ун-та, 2013. 248 с.
- Ульяненко Л.Н. Интегрированная система защиты семенных посадок картофеля в Калужской области / Л.Н. Ульяненко, А.С. Филипас, Н.Р. Гончаров, П.С. Семешкина, Т.А. Амелюшкина, В.Н. Мазуров // Защита и карантин растений. 2015. N 1. С. 23–25.
- Чехалкова Л.К. Влияние пространственной изоляции и сроков удаления ботвы на выход и качество семенных клубней сортов картофеля разных групп спелости / Л.К. Чехалкова, С.В. Новиков // Достижения науки и техники АПК. 2011. N 3. С. 28–30.
- Яркулов Ф.Я. Экологические основы биологической защиты тепличных культур / Ф.Я. Яркулов, Н.А. Белякова // Защита и карантин растений. 2007. N 1. С. 19–22.
- Anonymous. 2014. *Cheilomenes sexmaculata* URL: <http://www.nbaii.res.in/Featured%20insects/Cheilomenes.htm> (14.07.2014).
- Anonymous. 2014. *Harmonia dimidiata* URL: http://www.nbaii.res.in/Featured%20insects/Harmonia_dimidiata.htm (14.07.2014).
- Azeredo E.H. Ocorrência de *Cycloneda sanguinea* L. (Coleoptera: Coccinellidae) como Predadores de “Insetos-pragas”, associados a Batatinha (*Solanum tuberosum* L.), no Município de Pinheiral-RJ / E.H.
- Azeredo, P.C.R. Cassino, A.G. Carvalho, E. Lima // Floresta e Ambiente. 2000. 7(1). P. 198–207.
- Chaudhary H.C. Records of the predators of aphids (Homoptera: Aphididae) in eastern Uttar Pradesh / H.C. Chaudhary, R. Singh // Journal of Aphidology. 2012. 25 & 26. P. 13–30.
- Chow A. Altered dispersal behaviour in parasitized aphids: parasitoid-mediated or pathology / A. Chow, M. MacKauer // Ecol. Entomol. 1999. 24. P. 276–283.
- Cocuzza G.E. Preliminary results in the taxonomy of the cryptic group *Aphis frangulae/gossypii* obtained from mitochondrial DNA sequence. / G.E. Cocuzza, V. Cavalieri, S. Barbagallo // Bulletin of Insectology. 2008. 61. P. 125–126.
- Gordon R.D. The Coccinellidae (Coleoptera) of America north of Mexico / R.D. Gordon // Journal of the New York Entomological Society. 1985. 83. P. 1–912.
- Halbert S.E. Potato virus Y transmission efficiency for some common aphids in Idaho / S.E. Halbert, D.L. Corsini, M.A. Wiebe // Amer J of Potato Res. 2003. 80. P. 87–91.
- Hodek I. / I. Hodek, A. Honek Ecology of Coccinellidae. Kluwer, Dordrecht, 1996, XVI, 464 p.
- Isikber A.A. Effects of various aphid foods on *Cycloneda sanguinea* / A.A. Isikber, M.J.W. Copland // Entomologia Experimentalis et Applicata, 2002, 102, P. 93–97.
- Jeger M.J. Interactions in a host plant-virus-vector-parasitoid system: Modelling the consequences for virus transmission and disease dynamics / M.J. Jeger, Z. Chen, G. Powell, S. Hodge, F. van den Bosch // Virus Research. 2011. 159(2). P.183–93.
- Kozlov L.P. The occurrence and strain structure of potato virus Y in NW Russia / L.P. Kozlov, T.A. Yakutkina, A.N. Sozonov // Crop Protection Workshop – Pests, diseases and weeds (St.Petersburg – Pushkin, October 28–29, 2003). Abstracts. – St.Petersbur– Pushkin, 2003, P. 26–27.
- Ninkovic V. Ladybird footprints induce aphid avoidance behavior / V.Ninkovic, Y. Feng, U. Olsson, J. Pettersson // Biological Control. 2013. 65. P. 63–71.
- Saljoqi A.U.R. Field evaluation of the varietal response towards *Myzus persicae* (Sulzer) and its associated natural enemies in potato crop / A.U.R. Saljoqi, I. Khurshid, A. Ali, K. Tariq, G. Naz // American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci. 2016. 16 (6). P. 1058–1065.
- Sewell G.H. The relationship between coccinellids and aphids in the spread of potato leafroll virus in a greenhouse / G.H. Sewell, R.H. Storch, F.E. Manzer, H.Y. Jr. Forsythe // American Potato Journal. 1990. 67. P. 865–868.
- Valencia L.V. Los afidos (Homoptera :Aphididae) del valle de Ica, sus plantas hospederas y enemigos naturales / L.V. Valencia, N. Cardenas // Rev. Per. Ent. 1973. 16(1). P. 6–14.
- Vandereycken A. Habitat diversity of the Multicolored Asian ladybeetle *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae) in agricultural and arboreal ecosystems: a review / A. Vandereycken, D. Durieux, É. Joie, É. Haubruge, F. J. Verheggen // Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 2012. 16(4). P. 553–563.
- Vandereycken A. Occurrence of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) in field crops / A. Vandereycken, Y. Brostaux, E. Joie, E. Haubruge, F. J. Verheggen // Eur. J. Entomol. 2013. 110(2). P. 285–292.

Translation of Russian References

- Anisimov B.V., Belov G.L., Varitsev Yu.A., Elanskii S.N., Zhuromskii G.K., Zavriev S.K., Zeiruk V.N., Ivanyuk V.G., Kuznetsova M.A., Plyakhnevich M.P., Pshechenkov K.A., Simakov E.A., Sklyarova N.P., Stashevski Z., Uskov A.I., Yashina I.M. Protection of potatoes from diseases, pests and weeds. Moscow: Kartofelevod, 2009. 272 p. (In Russian).
- Belyakova N.A., Polikarpova Yu.B. Entomophages in protected soil: new selection criteria of species and features of modern agrotechnologies. Vestnik zashchity rastenii. 2014. N 3. P. 3–10. (In Russian).
- Berim M.N. Aphids on potatoes. Zashchita kartofelya 2015. N 2. P.13–15. (In Russian).
- Chekhal'kova L.K., Novikov S.V. Influence of spatial isolation and terms of removal of vegetable tops on yield and quality of seed tubers of potato grades of different ripeness groups. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2011. N 3. P. 28–30. (In Russian).
- Dyakonov K.P. Insects as a factor of spread of phytopathogenic viruses in the Far East of Russia. In: Chteniya pamyati A.I. Kurentsova. 2000. N 11. P. 15–26. (In Russian).
- Gerieva F.T., Bolieva Z.A., Basiev S.S. Aphids – vectors of viral infection of seed potatoes in the North Caucasus. Zashchita i karantin rastenii. 2014. N12. P. 18–19. (In Russian).
- Kozlova E.G. Entomophages in protection of green cultures at cultivation on salad lines. Zashchita i karantin rastenii. 2009. N 5. P. 23–25. (In Russian).
- Krasavina L.P., Dorokhova G.I., Velikan' V.S., Belyakova N.A., Kozlova E.G. Pests and entomophages of the protected soil. Illustrated manual. St. Petersburg: VIZR, 1999. 54 P. (In Russian).
- Lapshinov N.A. Spread of viral infection of potatoes in zone of sub-taiga of the foothills of Kemerovo region. In: Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2011. N 01. P. 32–34. (In Russian).
- Martynushkin A.N., Zenkevich S.V. Influence of treatments by Tiametoksam on useful entomofauna and soil microfauna of potato agrobiocenosis. Vestnik zashchity rastenii. 2006. N 3. P. 3–542. (In Russian).
- Molyavko A.A., Antoshchenko F.E., Svist V.N., Starko L.I. Viral infection at various terms of removal of vegetable tops. Vestnik Bryanskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii. 2012. N 2. P. 15–19. (In Russian).
- Pavlyushin V.A., Voronin K.E., Krasavina L.P., Asyakin B.P., Razdoburidin V.A. Use of entomophages in biological plant protection n greenhouses of Russia. In: Trudy Russkogo entomologicheskogo obshchestva. 2001. T. 72. P. 16. (In Russian).
- Pleshakova T.I., Kozlovskaya Z.N. Natural vegetable complexes as foci of potato viruses. In: Konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem «Regiony novogo osvoeniya: Sovremennoe sostoyanie prirodnykh kompleksov i voprosy ikh okhrany», 11–14 oktyabrya 2015 g., Khabarovsk: sb. materialov. Khabarovsk: IVEP DVO RAN, 2015. P. 79–81. (In Russian).

- Prishchepenko E.A. Influence of chemical protection means and biologically active agents on decrease in viral re-infection of seed potatoes. Avtoref. dis. ... kand. sel'skokhozyaistvennykh nauk. Ioshkar-Ola, 2013. 20 P. (In Russian).
- Report on results of activity of the All-Russian Institute of Biological Plant Protection for 2014. Krasnodar, 2014, 110 P. (In Russian).
- Semyanov V.P. Cultivation, long-term storage and application of tropical coccinellid species for control aphids in greenhouses. Moscow: KMK. 2006. 29 P. (In Russian).
- Sukhoruchenko G.I., Ivanova G.P., Goncharov N.R., Dolzhenko O.V., Naumova N.I. Efficiency of use of modern pesticides for protection of seed potatoes against pests in the Northwest region of the Russian Federation. In: Nauchnoe obespechenie razvitiya APK v usloviyakh reformirovaniya sbornik nauchnykh trudov Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. St. Petersburg, 2013. P. 125–127. (In Russian).
- Tyumaseva Z.I. Coccinellids of Ural and adjacent territories. Chelyabinsk: Izd-vo Chelyab. gos. ped. un-ta, 2013. 248 P. (In Russian).
- Ulyanenko L.N., Filipas A.S., Goncharov N.R., Semeshkina P.S., Amelyushkina T.A., Mazurov V.N. Integrated pest management of seed potato landings in the Kaluga region. Zashchita i karantin rastenii. 2015. N 1. P. 23–25. (In Russian).
- Yarkulov F.Ya., Belyakova N.A. Ecological bases of biological protection of hothouse cultures. Zashchita i karantin rastenii. 2007. N 1. P. 19–22. (In Russian).

Plant Protection News, 2016, 4(90), p. 44–50

ENTOMOPHAGES FOR BIOLOGICAL CONTROL OF SEED POTATO AGAINST APHID VECTORS OF VIRUSES IN MODERN GREENHOUSES

N.A. Belyakova, Yu.B. Polikarpova

The basic screening criteria of entomophages were identified for improving their effectiveness in conditions of intensive cultivation of the virus-free potato in greenhouses. Based on the food relationships and morphological features, six species of ladybirds were selected from the VIZR collection, i.e. *Harmonia dimidiata* and *H. axyridis* for use on the larval stage, *Cheilomenes sexmaculatus*, *Adalia bipunctata*, *Cycloneda sanguinea limbifer* and *Propylea quatuordecimpunctata* for use on the adult stage.

Keywords: biological control; pest; Coccinellidae; hydroponic technology; plant growing; preventive colonization; reproductive potential.

Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608

Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация

*Белякова Наталья Александровна. Зав. лабораторией, кандидат

биологических наук, e-mail: belyakovana@yandex.ru

Поликарпова Юлия Борисовна. Научный сотрудник,

e-mail: julia.polika@gmail.com

* Ответственный за переписку

Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo shosse, 3, 196608,

St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation

*Belyakova Nataliya Aleksandrovna. Head of Laboratory, PhD in Biology,

e-mail: belyakovana@yandex.ru

Polikarpova Yulia Borisovna. Senior Researcher,

e-mail: julia.polika@gmail.com

* Responsible for correspondence