

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОКЦИНЕЛЛИД ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ТЛЕЙ — ПЕРЕНОСЧИКОВ ВИРУСОВ НА ПОСАДКАХ СЕМЕННОГО КАРТОФЕЛЯ В ТЕПЛИЦАХ*

Н.А. БЕЛЯКОВА, Ю.Б. ПОЛИКАРПОВА

Для производства мини-клубней семенного картофеля во многих регионах Российской Федерации используют летние теплицы. Разработка технологий эффективной и экологически безопасной защиты семенного картофеля от насекомых — переносчиков вирусов в теплицах актуальна для отечественного картофелеводства. Хищные кокцинеллиды (*Coleoptera*, *Coccinellidae*) успешно используются в борьбе с тлями в условиях защищенного грунта. Однако на семенном картофеле эти агенты биологического контроля пока не применялись. Целью нашей работы была разработка способов применения кокцинеллид-афидофагов в системе превентивной защиты семенного картофеля в теплицах. Объектами исследований стали два вида хищных коровок — *Harmonia axyridis* Pall. и *Cheilomenes sexmaculatus* Fabr. Устойчивость личинок кокцинеллид к голоданию оценивали в лабораторных условиях при температуре 24 °С и влажности 60-70 %. Для превентивных выпусков личинок в теплицы определяли оптимальную массу особей. Личинок IV возраста в течение 1-2 сут после линьки содержали при избытке корма, ежесуточно отбирая особей для опыта. Отобранных личинок взвешивали и распределяли по группам в зависимости от массы. В каждом из выделенных размерных классов рассчитывали среднюю продолжительность голодания и долю окуклившихся особей. Мониторинг местных энтомофагов и выпуск кокцинеллид проводили в семеноводческом хозяйстве ЗАО «Октябрьское» (Волосовский р-н, Ленинградская обл.). Личинок *H. axyridis* выпускали в пленочной теплице площадью 600 м² на картофель сорта Ред Скарлетт. Выпуск осуществляли в период с 12 июня по 10 июля 2017 года. Ежедневно оценивали численность кокцинеллид (личинок, куколок и имаго) в теплице. Показано, что у личинок *H. axyridis* II-III возраста даже краткосрочный (2 сут) дефицит корма приводил к снижению выживаемости до 8-12 %. Поэтому для профилактической колонизации на картофеле использовать их нецелесообразно. К оптимальному эффекту приведет выпуск личинок IV возраста такого размерного класса, в котором вероятность окукливания особей составляет около 50 %. Для *H. axyridis* мы рекомендуем выпускать личинок массой 20-29 мг, для *Ch. sexmaculatus* — < 9 мг. В ЗАО «Октябрьское» через 7 сут после выпуска личинок *H. axyridis* IV возраста на растениях выявляли 22 % от исходного числа внесенных особей. Через 14 сут наблюдали снижение численности личинок *H. axyridis* и массовое окукливание (на растениях доля окуклившихся особей составила 9,3 % от начальной численности личинок). Вылет имаго *H. axyridis* отмечали через 21 сут после выпуска личинок. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности применения *H. axyridis* на стадии личинки IV возраста в теплицах на семенном картофеле. С целью отбора местных видов кокцинеллид, перспективных для защиты картофеля в теплицах, проводили мониторинг афидофагов, обитающих в естественных стациях рядом с тепличным комплексом ЗАО «Октябрьское». В июне-июле 2017 года на растениях крапивы (*Urtica dioica* L.) была обнаружена большая картофельная тля (*Macrosiphum euphorbiae* Thomas). В очагах вредителя отмечали двухточечную коровку *Adalia bipunctata* L. (имаго и личинки) и семиточечную коровку *Coccinella septempunctata* L. (личинки). Вид *A. bipunctata* был оценен как перспективный для выпусков в теплицы в фазе имаго, поскольку откладывает яйца при низкой плотности жертвы и питается основными видами тлей, выявляемых на картофеле.

Ключевые слова: биологический контроль, *Coccinellidae*, *Harmonia axyridis*, *Cheilomenes sexmaculatus*, превентивная колонизация, устойчивость к пищевому стрессу, каннибализм.

Разработка новых экологически безопасных методов защиты семенного картофеля составляет важное направление в картофелеводстве. Получение мини-клубней от пробирочных растений — один из этапов оригинального семеноводства. Для их производства в летний период во многих регионах Российской Федерации используют необогреваемые теплицы, например в Краснодарском крае (1), Северной Осетии (2), Татарстане (3), Свердловской области (4), Сахалинской области (5), а также в Ленинградской области. Выращивание мини-клубней картофеля летом значительно повышает риск заселения посадок насекомыми — переносчиками вирусов.

* Исследование выполнено за счет гранта РНФ (проект № 16-16-04079).

Разработка системы эффективной и экологически безопасной защиты семенного картофеля от таких насекомых в теплицах этого типа актуальна для отечественного картофелеводства.

Основная стратегия защиты семенного картофеля — превентивное использование пестицидов (3, 6). Оно необходимо, поскольку опасность представляет не повреждение, которое наносят векторы вирусов (в основном тли), а передаваемая ими вирусная инфекция. Даже пробные уколы единичных особей неспециализированных видов тлей могут привести к инфицированию растений картофеля вирусами (7). При выращивании мини-клубней заражение растений вирусами недопустимо (8). Следовательно, система биологической защиты семенного картофеля также должна базироваться на профилактической колонизации посадок энтомофагами.

Методы превентивного применения энтомофагов в теплицах разработаны для овощных культур (9-11). Однако для использования на семенном картофеле они требуют значительной корректировки. Выращивание безвирусного картофеля исключает или серьезно ограничивает реализацию ряда стандартных приемов, которые обычно применяют при профилактической колонизации афидофагами (например, внесение в теплицы растений-накопителей с тлей). Виды тлей для растений-накопителей подбирают, исходя из пищевой специализации насекомых. Главное требование — фитофаг не должен развиваться на выращиваемой культуре. Часто используют злаковых тлей (*Metopolophium dirhodum* Walker, *Rhopalosiphum padi* L., *Schizaphis graminum* Rond., *Sitobion avenae* Fabr.) или капустную тлю (*Brevicoryne brassicae* L.) (9, 11). Однако названные виды переносят Y-вирус картофеля (12-14), в связи с чем категорически недопустимы в случае семенных посадок.

Учитывая ограничения, обусловленные особенностями возделывания семенного картофеля, необходимо скомпенсировать потери и увеличить запас прочности разрабатываемой системы защиты, например за счет включения новых видов энтомофагов. Кроме того, требуется корректировка способов применения тех энтомофагов, которые уже используются против тлей в защищенном грунте, но еще не апробированы на культуре картофеля.

Перспективная группа многоядных энтомофагов — кокцинеллиды (*Coleoptera*, *Coccinellidae*). Коровок широко используют для защиты овощных и декоративных культур от тлей в теплицах. Практикуют выпуски личинок младших возрастов (или внесение яиц), а также выпуски имаго (9, 15-17). Перенос вирусов хищными коровками практически невозможен. Они не питаются растительным соком, яйца откладывают на поверхность листьев или стеблей, не повреждая ткани. Кроме того, у кокцинеллид в отличие от афидофагов-специалистов (афидиид и галлиц) защитный эффект проявляется быстрее. После выпуска в теплицы коровки способны сразу убивать жертву (в том числе тлей — переносчиков вирусов), что предотвращает возможность дальнейшего распространения инфекции.

Мы впервые оценили возможность превентивной колонизации личинками кокцинеллид *Harmonia axyridis* Pall. и *Cheilomenes sexmaculatus* Fabr. посадок семенного картофеля. Основным критерием скрининга видов была стрессоустойчивость, которая определялась как время, в течение которого личинки сохраняли жизнеспособность при голодании или отсутствии оптимального корма. Предложенный нами подход позволил отобрать физиологически лабильные виды, способные быстрее других снижать интенсивность метаболизма в отсутствии корма. Были протестированы виды из разных размерных классов на разных стадиях развития, что позволило получить оригинальные данные по влиянию массы тела и возраста личинок

на их способность выживать на культуре картофеля в отсутствие вредителя.

Целью исследования стала разработка новых способов применения кокцинеллид-афидофагов в системе превентивной защиты семенного картофеля от тлей в теплицах.

Методика. Объектами исследования были два вида хищных коронок — *Harmonia axyridis* Pall. и *Cheilomenes sexmaculatus* Fabr. Устойчивость личинок кокцинеллид к голоданию оценивали в лабораторных условиях при температуре 24 °С и влажности 60-70 %. Личинок II и III возрастов содержали индивидуально в чашках Петри и группами по 5 особей в пластиковых контейнерах объемом 300 мл без корма до окукливания или гибели. В контроле личинок кормили злаковой тлей на срезанных растениях пшеницы. Ежедневно оценивали число выживших особей, перелинявших на следующий возраст и окуклившихся.

Для превентивных выпусков личинок в теплицы определяли оптимальную массу особей. Личинок IV возраста в течение 1-2 сут после линьки содержали при избытке корма (злаковой тли или персиковой тли), затем ежедневно отбирали особей для опыта. Отобранных личинок взвешивали на весах HTR-80CE («Shinko Denshi Co., Ltd», Япония), распределяли по группам в зависимости от массы. Особей в опыте содержали индивидуально без корма до вылета имаго или гибели. В каждом из выделенных размерных классов личинок рассчитывали среднюю продолжительность голодания и долю окуклившихся особей.

Мониторинг местных энтомофагов и выпуск кокцинеллид проводили в семеноводческом хозяйстве ЗАО «Октябрьское» (Волосовский р-н, Ленинградская обл.). Личинок кокцинеллиды *H. axyridis* выпускали в пленочной теплице площадью 600 м² на картофель сорта Red Scarlett. Пробирочные растения высаживали 17 мая 2017 года в вегетационные сосуды объемом 5 л (всего 8000 шт.). Предпосадочную обработку корневой системы растений инсектицидами не проводили. Для выпуска использовали одновозрастных личинок *H. axyridis*, которых выкармливали из яиц, собранных в течение суток. Отмечали дату массовой линьки на IV возраст и через 1 сут отбирали личинок для выпуска в теплицу. Выпуск осуществляли в период с 12 июня по 10 июля 2017 года.

Еженедельно оценивали численность кокцинеллид (личинок, куколок и имаго) в теплице. Учеты проводили посредством визуального осмотра случайно выбранных 1000 растений картофеля. Параллельно учитывали тлей и других вредителей.

Среднюю взвешенную (M) и ошибку средневзвешенной (\pm SEM) рассчитывали с помощью пакета статистических программ Statistica 10.0 («StatSoft Inc.», США). Оценку достоверности различий осуществляли с использованием t -критерия Стьюдента. Различия считали достоверными при ($p < 0,05$).

Результаты. Ранее *H. axyridis* и *Ch. sexmaculatus* были отобраны в качестве перспективных энтомофагов для защиты в теплицах, исходя из высокого репродуктивного потенциала и пищевых связей с тлями, регулярно встречающимися в агроценозах картофеля (18). Кроме того, они обнаруживаются на картофеле в открытом грунте (19, 20). Для защиты овощных и цветочных культур от тлей в теплицах также применяют личинок *Harmonia dimidiata* Fabr., *Coleomegilla maculata* Degeer, *Coccinella septempunctata* L., *Cycloneda limbifer* Casey, *Adalia bipunctata* L., *Propylea quatuordecimpunctata* L., *P. japonica* Thunb. Рекомендовано выпускать в основном личинок I-II возраста в очаги вредителя. При наличии пищи личинки завершают развитие и окукливаются в теплицах. Продолжитель-

ность защитного эффекта от выпуска составляет 7-14 сут в зависимости от температуры и вида коровки (9, 16, 21-23). На посадках семенного картофеля защитные мероприятия должны обеспечить полное отсутствие тлей в теплицах. Поэтому стратегия выпуска личинок младших возрастов в расчете на дальнейшее развитие коровок за счет питания фитофагами не может быть реализована. В отсутствие вредителя личинки *H. axyridis* II-III возраста гибнут без пищи в течение 2 сут. Даже если личинка найдет жертву после 2-суточного голодания, это не может компенсировать ей потери в массе и жизнеспособности. Компенсаторный рост личинок после краткосрочного голодания возможен только в IV возрасте (24).

По нашим данным, полученным в результате массового и индивидуального разведения *H. axyridis*, 2-суточный дефицит корма для личинок II-III возраста приводил к необратимым негативным последствиям, что выражалось в снижении доли перелинявших на IV возраст личинок до 8-12 % при индивидуальном разведении. При массовом разведении этот показатель поднимался до 20-23 %, по-видимому, за счет каннибализма (табл.).

Выживаемость личинок *Harmonia axyridis* Pall. после 2-суточного голодания (лабораторный опыт)

Возраст	Содержание	Вариант	Число, шт.	Перелиняло на IV возраст		Окуклилось	
				всего, шт.	$M \pm SEM$, %	всего, шт.	$M \pm SEM$, %
II	Индивидуальное	О	50	4	$8 \pm 1,0^*$	1	$2 \pm 0,3^*$
		К	50	35	$70 \pm 3,0$	32	$64 \pm 3,3$
II	Массовое	О	100	20	$20 \pm 1,6^{**}$	6	$6 \pm 0,6^*$
		К	100	65	$65 \pm 2,3$	58	$58 \pm 2,4$
III	Индивидуальное	О	60	7	$12 \pm 1,3^{**}$	0	0*
		К	50	39	$78 \pm 2,4$	27	$54 \pm 3,5$
III	Массовое	О	100	23	$23 \pm 1,8^{**}$	11	$11 \pm 1,0^{**}$
		К	120	84	$70 \pm 1,9$	58	$48 \pm 2,3$

Примечание. О и К — соответственно опыт и контроль (корм в контроле — злаковая тля).
*, ** Различия с контролем статистически значимы соответственно при $p < 0,001$ и $p < 0,01$.

Следовательно, на картофеле выпускать личинок кокцинеллид II-III возраста для профилактической колонизации нецелесообразно. Необходимо искать иные подходы в их использовании. Одно из возможных решений — выпуск личинок IV возраста, которые обладают способностью компенсировать потери при временной лимитации пищевого ресурса. Необходимо отметить, что именно в IV возрасте личинки коровок отличаются очень высокой прожорливостью. Они съедают около 70 % от суммарного количества тли, употребляемого в течение личиночного развития. Поэтому их потенциал как энтомофагов в IV возрасте гораздо выше, чем во всех предыдущих возрастах, вместе взятых (15, 21-23). При профилактической колонизации эффективность выпуска личинок IV возраста будет зависеть от их устойчивости к пищевому стрессу (отсутствию корма), которая определяется по продолжительности голодания перед окукливанием или гибелью.

По результатам лабораторного тестирования оптимальным оказался выпуск личинок *H. axyridis* массой 20-29 мг и личинок *Ch. sexmaculatus* массой < 9 мг, поскольку в этих вариантах опыта продолжительность голодания личинок была максимальной ($p < 0,05$). В частности, на 4-е сут в этих размерных классах у 30-40 % личинок отмечали задержку метаморфоза и сохранение двигательной активности. В остальных вариантах опыта на 4-е сут голодания большая часть личинок уже окукливалась (рис. 1). В отобранных размерных классах окукливалось 42 % личинок *C. sexmaculatus* и 60 % *H. axyridis*. Следовательно, потенциально около половины из выпущенных особей смогли достичь стадии имаго и с определенной долей вероятности дать потомство. В условиях синхронизированной по возрасту культуры личинки достигали оптимальной массы через 1-2 сут после

линьки на IV возраст в зависимости от вида.

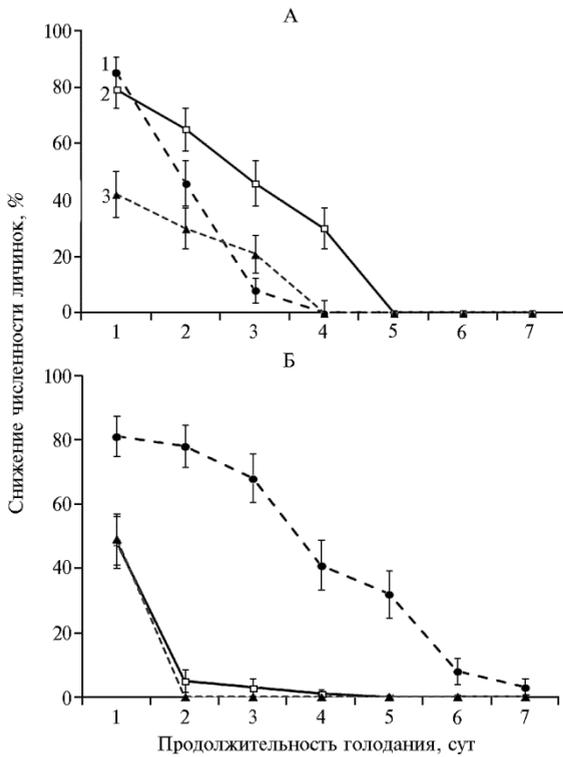


Рис. 1. Динамика снижения численности личинок *Harnontia axyridis* (А) и *Cheilomenes sexmaculatus* (Б) IV возраста (в результате окукливания или гибели) относительно исходного числа при голодании: 1 — масса личинок < 19 мг (А: $n = 39$; Б: $n = 73$), 2 — 20–29 мг (А: $n = 105$; Б: $n = 328$), 3 — 30–39 мг (А: $n = 121$; Б: $n = 97$) (лабораторный опыт).

способности личинок должны увеличиться. Это предположение подтверждали в производственных опытах. В условиях теплиц при среднесуточных температурах 18–21 °С выпускали личинок IV возраста *H. axyridis*. В период с 12 по 10 июля 2017 года было выпущено 680 личинок на 3400 растений.

На картофеле выявляли единичных особей большой картофельной тли, преимущественно крылатых самок-расселительниц. Доля заселенных тлями растений не превышала 0,1 % (7–8 растений на теплицу). Несмотря на почти полное отсутствие вредителя, 30,4 % от выпущенных особей *H. axyridis* выявляли на растениях через 7 сут после выпуска. Доля личинок составила 21,8 % от начального числа (рис. 2). Через 14 сут наблюдали достоверное ($p < 0,05$) снижение численности личинок *H. axyridis* и массовое окукливание. На растениях обнаруживали 9,3 % окуклившихся особей от начальной численности личинок. Вылет имаго *H. axyridis* был отмечен через 21 сут после выпуска личинок.

Доля личинок, которые оставались на растениях в наших опытах, в среднем была сопоставима или выше, чем при традиционном способе колонизации (выпуск личинок младших возрастов в очаги вредителя). Например, при выпусках личинок I возраста *H. axyridis* в теплицы на культуру ананасной земляники спустя 7 сут на растениях обнаруживали 22,0 % от начальной численности коровок (25). На зеленных культурах спустя 4 сут после выпуска личинок *H. axyridis* I–II возраста выявляли 7,5–12,5 % осо-

Результаты, полученные при лабораторном тестировании *H. axyridis*, свидетельствуют о перспективности использования личинок IV возраста в теплицах с целью защиты семенного картофеля от тли. Для оценки *Ch. sexmaculatus* требуются дальнейшие исследования его пищевых связей. Пока нет данных, питается ли хищник большой картофельной тлей (*Macrosiphum euphorbiae* Thomas) — переносчиком Y-вируса картофеля (18). Необходимы прямые доказательства того, что этот энтомофаг способен уничтожать *M. euphorbiae*, особенно учитывая сравнительно небольшой размер личинок из оптимального для выпуска размерного класса (менее 9 мг).

Лабораторные опыты по оценке устойчивости личинок кокциnellид к пищевому стрессу проводили при температуре 24 °С, которая была оптимальной для развития личинок. При понижении температуры сроки сохранения жизне-

бей (26). Аналогичные результаты получены при выпуске личинок других видов кокцинеллид. Так, на культуре хризантемы в теплице через 8 сут после выпуска личинок I возраста *A. bipunctata* и *C. septempunctata* было выявлено соответственно 19,0 % и 1,3 % от начальной численности коровок (27). То есть после выпуска личинок младших возрастов уже через 4-8 сут наблюдается существенное (на 80-90 %) снижение их численности, несмотря на наличие в агроценозе тлей. Очевидно, что в отсутствие жертвы падение численности выпущенных личинок будет еще стремительнее.

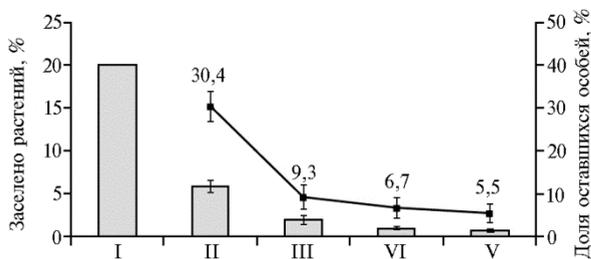


Рис. 2. Доля заселенных растений (диаграмма) и оставшихся на них особей (график) *Harmonia axyridis* после выпуска личинок IV возраста: I — выпуск (личинки), II — 7-е сут (71 % личинок, 29 % куколок), III — 14-е сут (куколки), IV — 21-е сут (имаго), V — 28-е сут (имаго) (ЗАО «Октябрьское», Ленинградская обл., июнь-июль 2017 года).

на то, что количество накопленных питательных веществ позволяло им окуклиться. Можно предположить, что эти личинки оставались на растениях и вносили свой вклад в защитный эффект превентивной колонизации.

Однако основную роль при превентивном выпуске *H. axyridis* играли, по-видимому, личинки IV возраста, не набравшие пороговую массу, необходимую для метаморфоза. В лабораторных опытах при индивидуальном содержании без корма личинки с дефицитом массы сохраняли двигательную активность в 3-4 раза дольше, чем особи, уже достигшие порога окукливания. Среди выпущенных нами в теплицу личинок (20-29 мг) доля особей с допороговой массой была значительной (около 50 %). Чтобы выжить в теплице, они должны были найти пищу. Ею могла служить тля или особи своего вида (личинка, куколка, молодое имаго).

Личинкам хармонии свойствен каннибализм. Поедание особей своего вида — неотъемлемая часть поведенческого стереотипа *H. axyridis* (28). Возможно, именно каннибализм давал шанс выжить в теплице личинкам с допороговой массой. При использовании личинок из рекомендованного нами размерного класса (20-29 мг) предполагаемые потери от каннибализма будут частично компенсироваться сокращением смертности среди личинок с допороговой массой.

Выпуская личинок IV возраста *H. axyridis*, мы отмечали накопление энтомофага в агроценозе на стадии куколки. Если использовать личинок младших возрастов, их окукливание в теплице без корма маловероятно. Например, при низкой численности тли на хризантемах в теплице окуклилось 0,6 % от числа выпущенных личинок I возраста *A. bipunctata*, а при выпуске личинок *C. septempunctata* куколок не обнаруживали (27). Относительно количества выявленных нами в теплице куколок *H. axyridis* необходимо сделать поправку на то, что учеты делались только на растениях. Возможно, определенная часть выпущенных личинок окукливалась вне растений: на стенках вегетационных сосудов, на пленке, покрывающей

Возможным эколого-генетическим механизмом, обеспечивающим эффективность предложенного нами варианта превентивной колонизации *H. axyridis*, была гетерогенность физиологических реакций этого вида на пищевой стресс (отсутствие тлей). В популяции присутствовала определенная доля личинок IV возраста, которые в условиях пищевого стресса задерживали метаморфоз, несмотря

пол теплицы и т.п. Высока вероятность того, что часть куколок была съедена личинками своего вида.

Кроме сильно развитого каннибализма, *H. axyridis* имеет еще одну видовую особенность, которая теоретически должна препятствовать накоплению энтомофага в теплице. В жизненном цикле *H. axyridis* есть обязательный период миграционного состояния, который следует сразу за выходом из куколки и обеспечивает расселение жуков новой генерации с мест вытлада (15). При колонизации в теплице можно прогнозировать миграцию части молодых имаго на притепличные территории. Однако применительно к условиям ЗАО «Октябрьское» мы оцениваем миграцию *H. axyridis* как позитивное явление, поскольку улетевшие коровки могли контролировать вредителя на посадках картофеля в открытом грунте непосредственно рядом с теплицами. Кроме того, имаго коровок, мигрировавших на притепличные территории, усилят природные популяции энтомофагов, которые сдерживают развитие тлей в естественных стациях вокруг теплиц.

В целом можно заключить, что тепличные посадки безвирусного картофеля представляют собой агроценоз, условия в котором способствуют сезонной колонизации кокцинеллид. Благодаря продолжительным срокам вегетации культуры (3-4 мес), наличию безопасных мест для окукливания и отсутствию активных манипуляций с растениями, появляется возможность накапливать выпущенных коровок.

Для сравнения можно привести данные о том, что на салатных линиях при использовании личинок кокцинеллид не удавалось добиться сезонной колонизации, несмотря на высокие нормы выпуска (9). Культура салата отличается сжатыми сроками вегетации (в среднем 30 сут). Вместе с готовой продукцией из теплицы выносят энтомофагов. Освободившиеся гидропонные стеллажные установки дезинфицируют по мере уборки растений, уничтожая окуклившихся на них хищников. Из-за постоянных перемещений кассет с растениями личинки коровок могут падать под стеллажи. Поскольку посадки картофеля в грунтовых теплицах лишены перечисленных выше недостатков, применение личинок кокцинеллид в этих агроценозах мы считаем весьма перспективным.

Подводя итоги нашим производственным испытаниям, можно дать предварительные рекомендации относительно кратности выпусков *H. axyridis* для защиты семенного картофеля в теплицах. Поскольку через 1 нед после выпуска только 22 % особей *H. axyridis* оставались на личиночной стадии, выпуски следует осуществлять не реже 1 раза в 7 сут, чтобы на растениях постоянно присутствовали личинки, обеспечивающие защитный эффект. Для определения оптимальных норм выпусков необходимы дальнейшие исследования. При этом следует учитывать, что чрезмерно увеличивать плотность коровок на растениях нецелесообразно из-за высокого риска личиночного каннибализма в отсутствие тлей, как это отмечалось в экспериментах с *H. dimidiata* на культуре огурца в теплице (22). В то же время существует опасность, что недостаточные нормы выпуска личинок кокцинеллид приведут к ослаблению системы защиты, поскольку не все растения будут обследованы личинками. Для повышения надежности защитного эффекта целесообразно рассмотреть вариант совместного применения личинок коровок с другими афидофагами. Получены данные о том, что имаго наездников афидиид в течение 24 ч избегают растений со следами личинок и имаго кокцинеллид (29). Следовательно, репеллентное действие, которое оказывают коровки на наездников, вынуждает паразитов обследовать преимущественно те растения, которые не посещались

хищниками. Можно предположить, что совместное использование хищника и паразита будет способствовать непрерывной защите максимально большого числа растений. Имаго коровок проявляют высокую поисковую активность и характеризуются значительной продолжительностью жизни (не менее 20-30 сут для мелких видов и 2-3 мес для крупных). Благодаря этим качествам имаго коровок перспективны для защиты картофеля в теплицах и на притепличной территории.

С целью отбора кокцинеллид, пригодных для защиты картофеля в теплицах, проводили мониторинг местных видов энтомофагов, которые обитают в естественных стациях рядом с тепличным комплексом ЗАО «Октябрьское». В июне-июле 2017 года на растениях крапивы (*Urtica dioica* L.) была обнаружена большая картофельная тля. В очагах вредителя отмечались наездники-афидииды (мумии тли), двухточечная коровка *A. bipunctata* (имаго и личинки) и семиточечная коровка *C. septempunctata* (личинки). Следует отметить, что картофельные тли образуют разреженные колонии, это необходимо учитывать при скрининге энтомофагов, пригодных для контроля вредителей. Целесообразно отбирать те виды коровок, самкам которых достаточно присутствия единичных особей тлей для откладки яиц. Один из таких видов — адалия (30).

Способность откладывать яйца на фоне низкой численности тли у коровок отрицательно коррелирует с массой имаго (31). *A. bipunctata* относится к мелкому размерному классу масса имаго (10-18 мг). При этом среди жертв двухточечной коровки были отмечены виды тлей, которые регулярно встречаются в агроценозах картофеля: *Acyrtosiphon pisum* Harris, *Aphis fabae* Scopoli, *Aphis gossypii* Glover, *Aphis nasturtii* Kalt., *Aulacorthum solani* Kalt., *Brachycaudus helichrysi* Kalt., *M. euphorbiae*, *Myzus persicae* Sulzer, *Rh. padi* (18).

Помимо разнообразия жертв и низкого порога индукции яйцекладки, есть еще один аргумент в пользу использования на картофеле адалии или близких к ней по размеру видов. В процессе профилактической колонизации от хищника не требуется высокой прожорливости (которая свойственна крупным коровкам), а только способность найти и уничтожить первичный очаг вредителя. При этом себестоимость разведения одной особи мелких видов кокцинеллид в 2-3 раза ниже, чем при выкармливании крупных коровок. Поэтому с экономической точки зрения целесообразней выпускать имаго мелких видов кокцинеллид. К тому же в случае миграции из теплицы такие коровки с большей долей вероятности будут задерживаться на притепличных территориях, уничтожая вредителей, которых регулярно заносит ветер из естественных стадий и личных подсобных хозяйств.

Относительно перспектив применения *C. septempunctata* следует принять во внимание крупный размер коровки (масса имаго 25-50 мг), из-за чего для развития потомства она нуждается в высокой плотности тлей. Индукцию откладки яиц у семиточечной коровки вызывают колонии тлей, насчитывающие десятки особей, а для развития следующего поколения необходимо более 100 особей (32). Возникновение столь неблагоприятной фитосанитарной ситуации маловероятно на притепличных территориях вблизи посадок семенного картофеля. Очевидно, что при риске массового размножения против тлей будут применены инсектициды. Поэтому, с нашей точки зрения, нецелесообразно включать имаго *C. septempunctata* в комплекс энтомофагов для превентивных выпусков. Однако необходимо учитывать, что названный вид — один из доминирующих хищников в агроценозах картофеля в открытом грунте (19, 33, 34). При этом семито-

чечная коровка известна как широкий полифаг и в отсутствие тлей способна питаться другими членистоногими, а также пыльцой растений и спорами грибов (35). Доминирующее положение *C. septempunctata* среди природных хищников на картофеле и наличие широкой пищевой специализации позволяет рекомендовать мероприятия по сохранению мест ее зимовки вблизи тепличных комплексов по производству семенного картофеля. Высокая численность природных популяций этого энтомофага будет способствовать оздоровлению фитосанитарной ситуации в целом.

Таким образом, по итогам проведенного скрининга кокцинеллид-афидофагов для защиты семенного картофеля нами был отобран вид *Harmonia axyridis* Pall., который мы рекомендуем выпускать на стадии личинки через 1-2 сут после линьки на IV возраст. Для гарантированного защитного эффекта выпуски личинок *H. axyridis* следует осуществлять не реже 1 раза в 7 сут. Возможно применение природных популяций семиточечной и двухточечной коровок для защиты семенного картофеля, если будет найдено технологическое решение, которое позволит целенаправленно привлекать этих энтомофагов на притепличные территории, например посредством посадки растений-нектароносов. В целом технология возделывания безвирусного картофеля позволяет накапливать выпущенных коровок, поэтому применение личинок кокцинеллид в таких агроцепнозах весьма перспективно.

ФГБНУ Всероссийский НИИ защиты растений,
196608 Россия, г. Санкт-Петербург—Пушкин, ш. Подбельского, 3,
e-mail: biocontrol@vizr.spb.ru ✉, julia.polika@gmail.com

Поступила в редакцию
24 июля 2017 года

Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology], 2018, V. 53, № 1, pp. 140-150

LADY BEETLES FOR BIOCONTROL OF APHIDS, THE VECTORS OF VIRUSES, ON SEED POTATO PLANTS IN GREENHOUSES

N.A. Belyakova, Yu.B. Polikarpova

All-Russian Research Institute of Plant Protection, Federal Agency for Scientific Organizations, 3, sh. Podbel'skogo, St. Petersburg, 196608 Russia, e-mail biocontrol@vizr.spb.ru (✉ corresponding author), julia.polika@gmail.com

ORCID:

Belyakova N.A. orcid.org/0000-0002-9192-5871

Polikarpova Yu.B. orcid.org/0000-0002-9808-7962

The authors declare no conflict of interests

Acknowledgements:

Supported financially by Russian Science Foundation (grant № 16-16-04079)

Received July 24, 2017

doi: 10.15389/agrobiol.2018.1.140eng

Abstract

Summer greenhouses are used for the production of seed-potato mini-tubers in many Russian regions, so developing technologies for the effective and environmentally friendly protection of seed potatoes against insects that are vectors of viruses in greenhouses is relevant for domestic potato growing. Predatory coccinellids (*Coleoptera*, *Coccinellidae*) are successfully used for aphids' control in greenhouses. However, these natural enemies have not yet been applied to protect seed-potato plants. This research is aimed at developing new approaches for applying *Harmonia axyridis* Pall. and *Cheilomenes sexmaculatus* Fabr. in the preventive biological control of aphids on seed-potato plants in greenhouses. Coccinellid larvae tolerance to fasting was evaluated in laboratory conditions at 24 °C and 60-70 % humidity. The optimal weight of the larvae to be preventively released into the greenhouses was determined. The IV instar larvae were kept with food in abundance for 1-2 days after molting. The larvae selected daily were grouped depending on their weight. The average time of starvation and the percentage of the individuals pupated were calculated for each size class of the larvae. To select indigenous coccinellids that can be used for aphid control on potatoes in greenhouses we monitored insects in natural habitats nearby the seed potato farm (Volosovskii Region, Leningrad Province). Monitoring of local entomophages and release of coccinellids were carried out in the seed potato farm. *H. axyridis* larvae were released in a film greenhouse (600 m²) on the potato plants of cultivar Red Scarlett. The experiment continued from June 12 to July 10, 2017. The number of coccinellids (larvae, pupae, and adults) was estimated weekly. It was shown that even a 2-day starvation of the *H. axyridis* II-III instar larvae caused an 8-12 % decrease in the survival rate. Therefore, their use unfits

for preventive colonization of potato plants. It is optimal to use the IV instar larvae if they weigh enough for pupation with the likelihood about 50 %. We recommend releasing *H. axyridis* larvae weighted 20–29 mg and *Ch. sexmaculatus* larvae weighted less than 9 mg. *H. axyridis* IV instar larvae found on the plants at the seed farm 7 days after releasing averaged 22 % of the total released number. A decrease in the number of *H. axyridis* larvae and mass pupation occurred 14 days after when pupated individuals were 9.3 % of the initial larvae number. The emergence of the *H. axyridis* imago was observed 21 days after the release. The obtained results prove there are some good reasons for application of the *H. axyridis* IV instar larva in greenhouses on seed potatoes. Monitoring of aphidophages in their natural habitats near the greenhouses allowed us to select local species of coccinellids which are promising for potato plant protection in greenhouses. In June–July 2017, potato aphids (*Macrosiphum euphorbiae* Thomas) appeared on nettle plants (*Urtica dioica* L.). *Adalia bipunctata* L. (imago and larvae) and *Coccinella septempunctata* L. (larvae) were found in the pest hotspots. *A. bipunctata* imagoes may be used in greenhouses because this species needs lower prey abundance for egg laying and consumes most aphids colonizing potato plants.

Keywords: biological control, *Coccinellidae*, *Harmonia axyridis*, *Cheilomenes sexmaculatus*, preventive colonization, resistance to food stress, cannibalism.

REFERENCES

1. Mashchenko M.N., Bratkova L.G. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2012, 7: 58–61 (in Russ.).
2. Basiev S.S., Gerieva F.T., Tedeeva A.A. *Vestnik APK Stavropol'ya*, 2016, 1(21): 163–166 (in Russ.).
3. Izmailov F.Kh., Pikulev A.N. *Zashchita i karantin rastenii*, 2009, 3: 19–24 (in Russ.).
4. Koksharova M.K. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2011, 6: 46–48 (in Russ.).
5. Buldakov S.A., Plekhanova L.P., Shchegorets O.V. *Zashchita i karantin rastenii*, 2013, 11: 40 (in Russ.).
6. Sukhoruchenko G.I., Ivanova G.P., Volgarev S.A., Vilkovala N.A., Fasulati S.R., Vereshchagina A.B., Berim M.N., Khyutti A.V., Fominykh T.S., Gannibal F.B., Pavlyushin V.A., Danilov L.G., Lazarev A.M., Burkova L.A., Dolzhenko O.V., Grishchikina L.D., Makhan'kova T.A., Golubev A.S., Lysov A.K., Kornilov T.V., Goncharov N.R., Naumova N.I. *Sistema integrirovannoi zashchity reproduktivnogo semennogo kartofelya ot kompleksa vrednykh organizmov v Severo-zapadnom regione Rossiiskoi Federatsii* [Integrated protection of reproductive seed potatoes from a complex of pests in the North-West region of the Russian Federation]. St. Petersburg, 2016 (in Russ.).
7. Shpaar D., Kyurtsinger B., Kyurtsinger V. *Zashchita i karantin rastenii*, 2007, 6: 47–49 (in Russ.).
8. Simakov E.A., Anisimov B.V., Yurlova S.M., Uskov A.I., Oves E.V., Zeiruk V.N., Chugunov V.S., Mityushkin A.V., Khutinaev O.S. *Tekhnologicheskii reglament proizvodstva original'nogo, elitnogo i reproduktivnogo semennogo kartofelya* [Technological regulations for the production of original, elite and reproductive seed potatoes]. Moscow, 2010 (in Russ.).
9. Kozlova E.G. *Zashchita i karantin rastenii*, 2009, 5: 23–25 (in Russ.).
10. Trusevich A.V., Kleimenova V.A., Kononova O.M. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, 2012, 3: 68–70 (in Russ.).
11. Huang N., Enkegaard A., Osborne L.S., Ramakers P.M.J., Messelink G.J. The banker plant method in biological control. *Crit. Rev. Plant Sci.*, 2011, 30: 259–278 (doi: 10.1080/07352689.2011.572055).
12. Pazyuk I.M., Fominykh T.S., Medvedeva K.D. *Vestnik zashchity rastenii*, 2017, 1: 26–33 (in Russ.).
13. Boquel S., Ameline A., Giordanengo P. Assessing aphids potato virus Y-transmission efficiency: A new approach. *J. Virol. Methods*, 2011, 178, 63–67 (doi: 10.1016/j.jviromet.2011.08.013).
14. Warren M., Krüger K., Schoeman A.S. *Potato virus Y (PVY) and potato leafroll virus (PLRV): Literature review for potatoes South Africa*. Pretoria, University of Pretoria, 2005.
15. Yarkulov F.Ya., Belyakova N.A., Lednev G.R., Novikova I.I. *Ekologicheskie osnovy biologicheskoi zashchity ovoshchnykh kul'tur v teplitsakh Primorskogo kraia* /Pod redaktsiei F.Ya. Yarkulova, V.A. Pavlyushina [Ecological bases of biological protection of vegetable crops in greenhouses of Primorsky Krai. F.Ya. Yarkulov, V.A. Pavlyushin (eds.)]. St. Petersburg, 2006 (in Russ.).
16. Riddick E.W. Identification of conditions for successful aphid control by ladybirds in greenhouses. *Insects*, 2017, 8(38): 1–17 (doi: 10.3390/insects8020038).
17. Yang N.-W., Zang L.-Sh., Wang S., Guo J.-Y., Xu H.-X., Zhang F., Wan F.-H. Biological pest management by predators and parasitoids in the greenhouse vegetables in China. *Biol. Control*, 2014, 68: 92–102 (doi: 10.1016/j.biocontrol.2013.06.012).
18. Belyakova N.A., Polikarpova Yu.B. *Vestnik zashchity rastenii*, 2016, 4: 44–50 (in Russ.).
19. Agas'eva I.S., Ismailov V.Ya., Nefedova M.V., Fedorenko E.V. The species composition and bioregulatory activity of entomophages in potato pest control system. *Agricultural Biology*, 2016, 51(3): 401–410 (doi: 10.15389/agrobiology.2016.3.401eng).

20. Thakur M., Chandla V.K. Species composition and abundance of natural enemies of *Myzus persicae* (Sulzer) in potato agro-ecosystem in Shimla hills. *J. Eco-friendly Agric.*, 2013, 8(1): 56-60.
21. Agas'eva I.S., Fedorenko E.V., Mirzoeva R.K. *Informatsionnyi byulleten' VPRS MOBB*, 2011, 42: 18-21 (in Russ.).
22. Sem'yanov V.P. *Entomologicheskoe obozrenie*, 1997, 76(2): 467-472 (in Russ.).
23. Kuznetsov V.N., Hong P. Employment of Chinese *Coccinellidae* in biological control of aphids in greenhouse in Primorye. *Far Eastern Entomologist*, 2002, 119: 1-5.
24. Dmitriew S., Rowe L. Effects of early resource limitation and compensatory growth on lifetime fitness in the ladybird beetle (*Harmonia axyridis*). *J. Evolution Biol.*, 2007, 20: 1298-1310 (doi: 10.1111/j.1420-9101.2007.01349.x).
25. Kitagami T., Ohkubo N. Release of larvae of *Coccinella septempunctata* and *Harmonia axyridis* in greenhouse for controlling *Aphis gossypii* on strawberry. *Annual Report of the Kansai Plant Protection Society*, 1998, 40: 151-152.
26. Adachi-Hagimori T., Shibao M., Tanaka H., Seko T., Miura K. Control of *Myzus persicae* and *Lipaphis erysimi* (Hemiptera: Aphididae) by adults and larvae of a flightless strain of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) on non-heading *Brassica* cultivars in the greenhouse. *Bio-Control*, 2011, 56(2): 207-213 (doi: 10.1007/s10526-010-9327-5).
27. Hamalainen M. Control of aphids on sweet peppers, chrysanthemums and roses in small greenhouses using the ladybeetles *Coccinella septempunctata* and *Adalia bipunctata* (Col., Coccinellidae). *Ann. Agr. Fenn.*, 1977, 16(3): 117-131.
28. Osawa N. Effect of pupation site on pupal cannibalism and parasitism of the ladybird beetle *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae). *Japanese Journal of Entomology*, 1992, 60: 131-135.
29. Nakashima Y., Birkett M.A., Pye B.J., Pickett J.A., Powell W. The role of semiochemicals in the avoidance of the seven-spot ladybird, *Coccinella septempunctata*, by the aphid parasitoid, *Aphidius ervi*. *J. Chem. Ecol.*, 2004, 30(6): 1103-1116.
30. Hemptinne J.-L., Dixon A.F.G., Coffin J. Attack strategy of ladybird beetles (Coccinellidae): factors shaping their numerical response. *Oecologia*, 1992, 90: 238-245 (doi: 10.1007/BF00317181).
31. Dixon A.F.G. Body size and resource partitioning in ladybirds. *Popul. Ecol.*, 2007, 49: 45-50. (doi: 10.1007/s10144-006-0019-z).
32. Hasanova S.Sh., Ahmadov B.A. Factors influencing the reproduction of the seven-spot Ladybird (*Coccinella septempunctata*, Coleoptera: Coccinellidae). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 2017, 5(2): 394-397.
33. Kitaev K.A., Udalov M.B., Benkovskaya G.V. Shoosing predators for biocontrol of Colorado potato beetle in the South Ural. *Resistant Pest Management Newsletter*, 2011, 21(1): 2-3.
34. Novozhilov K.V., Volgarev S.A. *Zashchita i karantin rastenii*, 2007, 4: 23-25 (in Russ.).
35. Davidson L.N., Evans E.W. Frass analysis of diets of aphidophagous lady beetles (Coleoptera: Coccinellidae) in Utah alfalfa fields. *Environ. Entomol.*, 2010, 39(2): 576-582 (doi: 10.1603/EN08308).