

УДК 632.937.3

СЕТЧАТОКРЫЛЫЕ НАСЕКОМЫЕ-ЭНТОМОФАГИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ СЕМЕННОГО КАРТОФЕЛЯ ОТ ТЛЕЙ-ПЕРЕНОСЧИКОВ ВИРУСОВ

Н.А. Белякова, Ю.Б. Поликарпова, Е.Г. Козлова, Л.П. Красавина

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Проведен отбор энтомофагов в пределах двух семейств сетчатокрылых – Chrysopidae и Hemerobiidae. Для превентивной колонизации в теплицах на семенном картофеле потенциально пригодны микрокус угольчатый *Micromus angulatus*, златоглазка красивая – *Chrysopa formosa* и жемчужная – *Chrysopa perla*. Применение златоглазок лимитировано из-за существенных потерь биоматериала при массовом разведении, причиной которого является каннибализм самок в отношении яиц. Проведена оценка выживаемости личинок и веса имаго микрокуса при питании 5 видами тлей, в том числе опасными переносчиками вирусов – *Myzus persicae* и *Aphis fabae*. В теплицы рекомендовано выпускать микрокуса на стадии имаго и использовать углеводно-белковые подкормки для поддержания жизнеспособности энтомофага в ходе долгосрочной колонизации в теплице. Самки микрокуса более чувствительны к снижению качества корма. При выкармливании личинок на неблагоприятных кормах их вес ниже, чем у самцов, на оптимальных кормах – выше в 1.2–1.7 раза. Показано, что особенности проявления размерного полового диморфизма при питании на неоптимальных кормах могут быть использованы для скрининга перспективных видов энтомофагов среди сетчатокрылых насекомых.

Ключевые слова: семенной картофель, Chrysopidae, Hemerobiidae, аллометрия, размерный половой диморфизм, превентивная колонизация.

Система защиты безвирусного картофеля в теплицах базируется исключительно на профилактической колонизации энтомофагов в течение всего технологического цик-

ла выращивания данной культуры (2.5–3 месяца). Этим защита безвирусных растений принципиально отличается от большинства уже существующих технологий применения

энтомофагов в теплицах. Обычно целью биологического контроля вредителей является создание и долгосрочное поддержание в агроценозе биоценотического равновесия, при котором численность фитофагов и их естественных врагов, находится в соотношении, обеспечивающем саморегуляцию на уровне не выше экономического порога вредоносности [Павлюшин и др., 2001]. Поскольку наличие тлей и других переносчиков вирусов на семенном картофеле недопустимо, следовательно, при построении системы биозащиты этой культуры необходимо заменить в классическом триотрофе центральный элемент (фитофага) суррогатным кормом.

Исходя из особенностей возделывания безвирусного картофеля, нами определены следующие ключевые критерии отбора энтомофагов для долгосрочного превентивного биологического контроля вредителей в теплицах [Белякова, Поликарпова, 2017]. Предпочтительны энтомофаги, отличающиеся широкой пищевой специализацией. Поскольку основными переносчиками вирусов картофеля являются тли, список жертв должен включать максимальное число видов данного фитофага, отмечаемых на посадках картофеля. Помимо борьбы с тлями необходим контроль белокрылок, трипсов, совок, минеров и других вредителей, часто выявляемых в теплицах и поэтому потенциально вредоносных для посадок безвирусного картофеля. В связи с чем, для получения стабильного защитного эффекта, применение хищников-полифагов может усиливаться выпусками энтомофагов с узкой специализацией.

Энтомофаги должны быть максимально устойчивы к пищевому стрессу (голодание или питание суррогатным кормом). Предпочтительны виды, которые могут длительно сохранять жизнеспособность и репродуктивную функцию в отсутствии целевых жертв. При выявлении единичных особей тли энтомофаг должен уничтожать вредителя сразу, не давая ему возможности оставить потомство или продолжить распространение по теплице. Это условие проще выполнить, если имаго и личинки энтомофага являются хищниками. Биологические агенты должны обладать

высокой расселительной способностью на стадии имаго и хорошо удерживаться на растении на стадии личинки.

Очевидно, что энтомофаги не должны оказывать негативного влияния на меристемные растения картофеля, особенно на первых этапах вегетации после их высадки из пробирок в гидропонную установку или горшки.

Перечисленным выше критериям в целом хорошо соответствуют насекомые из отряда сетчатокрылых – златоглазки и гемеробииды, которых используют в биологическом контроле вредителей на овощных культурах защищенного грунта.

Для энтомофагов этой систематической группы разработаны технологии массового разведения и применения в теплицах, в том числе с широким использованием углеводно-белковых подкормок и адаптогенов [Макаренко и др., 1991]. Наличие уже разработанной рецептуры суррогатных кормов, отсутствие факультативной фитофагии, высокая прожорливость, значительная продолжительность жизни имаго и высокий репродуктивный потенциал – все это создает предпосылки для успешного использования сетчатокрылых насекомых в защите семенного картофеля.

Целью нашего исследования является отбор наиболее перспективных видов в пределах двух семейств сетчатокрылых – Chrysopidae и Hemerobiidae для превентивной колонизации в теплицах на картофеле.

Первичный отбор златоглазок и гемеробиид, потенциально пригодных для защиты безвирусного картофеля, проводили на основе анализа их видового состава в агроценозах картофеля. Среди обитающих на картофеле сетчатокрылых выделяли виды, для которых уже разработаны высокопроизводительные технологии массового разведения. Затем оценивали степень пригодности отобранных энтомофагов для долгосрочной превентивной колонизации и определяли оптимальную фазу выпуска энтомофагов. Последним этапом скрининга была лабораторная оценка устойчивости видов к пищевому стрессу в фазе личинок при питании различными видами тлей-переносчиков вирусов картофеля, а также заменителем природного корма – яйцами зерновой моли *Sitotroga cerealella* Oliv.

Материалы и методы

Лабораторные эксперименты проводили на двух видах: микромус угольчатый – *Micromus angulatus* Steph. (Приморский край, 2005 г.) и златоглазка – *Chrysopa perplexa* McLach (Корейский п-ов, 2007).

Оценивали стрессоустойчивость вида по выживаемости преимагинальных стадий, коэффициенту размерного полового диморфизма и аллометрии (непропорциональное изменение размеров тела у самцов и самок) при питании личинок разными видами тлей: персиковая (*Myzus persicae* Sulzer), бобовая (*Aphis fabae* Scopoli), виковая (*Megoura viciae* Buckt.), обыкновенная злаковая (*Schizaphis graminum* Rondani), большая злаковая (*Sitobion avenae* F.) и яйцами *S. cerealella*.

Коэффициент размерного полового диморфизма (Sexual Size Dimorphism – SSD) оценивали по соотношению веса самок и самцов. Использовали весы Vibra HT-80CE с точностью ± 0.0001 г. Имаго взвешивали в течение суток после выхода из куколки. До

взвешивания насекомым не давали воды и пищи. При соблюдении вышеперечисленных условий вес имаго строго коррелирует с линейными размерами. Использование веса для оценки SSD позволяет сравнивать разные виды, отличающиеся формой тела.

Для статистического анализа изменений веса имаго использовалась модель регрессии II типа, которая была выбрана потому, что требовалось оценить параметры уравнения регрессии ($y = x \times b + b_0$), описывающего функциональные отношения между двумя неуправляемыми переменными X (вес самок) и Y (вес самцов), каждая из которых варьирует независимо друг от друга. Регрессионный анализ проводили редуцированным методом главных осей (Reduced Major Axis – RMA) в программе Statistica 10. RMA ранее был использован для анализа SSD у насекомых, в том числе у коровок [Teder, Tammaru, 2005]. Ошибку тестированных показателей рассчитывали с помощью пакета статистических программ Statistica v.10.

Результаты и обсуждение

Проведен анализ частоты встречаемости златоглазок и гемеробиид в агроценозах картофеля (табл. 1). Выявлено, что повсеместно встречается златоглазка обыкновенная – *Chrysoperla carnea* Steph. Но не всегда этот вид самый

многочисленный. Так, в некоторые годы в Бельгии преобладающей была *Chrysoperla kolthoffi* Navas, а во Франции – *Ch. kolthoffi* и *Chrysopa phyllochroma* Wesmael [Jansen, Warnier, 2004; Trouve et al., 2002].

Таблица 1. Виды златоглазок и гемеробиид, выявленные в агроценозах картофеля

| Виды | Австралия | Новая Зеландия | Перу | США | Англия | Бельгия | Франция | Италия | Румыния | Молдова | Турция | Казахстан | Иран | Пакистан | Индия | Краснодарский край РФ | Северо-запад РФ |
|--|-----------|----------------|------|-----|--------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|-----------|------|----------|-------|-----------------------|-----------------|
| Chrysopidae | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Chrysopa flava</i> Scopoli | | | | | | | | | | × | | | | | | | |
| <i>Chrysopa formosa</i> Brauer | | | | | | | | × | | × | | × | | | | | |
| <i>Chrysopa oculata</i> Say | | | | × | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Chrysopa orestes</i> Banks | | | | | | | | | | | | | | | × | | |
| <i>Chrysopa pallens</i> Rambur | | | | | × | | | | | | | | | | | | |
| <i>Chrysopa perla</i> L. | | | | | | × | | | | × | | × | | | | | |
| <i>Chrysopa phyllochroma</i> Wesmael | | | | | | | × | | | | | | | | | | |
| <i>Chrysopa scelestes</i> Banks | | | | | | | | | | | | | | | × | | |
| <i>Chrysoperla carnea</i> Stephens | | | | × | × | × | × | × | × | × | × | | × | × | × | × | × |
| <i>Chrysoperla kolthoffi</i> Navas | | | | | | × | × | | | | | | | | | | |
| <i>Cunctochrysa albolineata</i> Killington | | | | | × | | | | | | | | | | | | |
| <i>Pseudomallada flavifrons</i> Brauer | | | | | × | | | | | | | | | | | | |
| Hemerobiidae | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Hemerobius bolivari</i> Banks | | | × | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Hemerobius montanus</i> Kimmins | | | | | | | | | | | | | | | × | | |
| <i>Hemerobius tolimensis</i> Banks | | | × | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Micromus angulatus</i> Stephens | | | | | × | | | | | | | | | | | | |
| <i>Micromus nilghiricus</i> Navas | | | | | | | | | | | | | | | × | | |
| <i>Micromus tasmaniae</i> Walker | × | × | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Micromus variegatus</i> F. | | | | | × | | × | | | | | | | | | | |
| <i>Wesmaelius subnebulosus</i> Stephens | | | | | × | | | | | | | | | | | | |
| Ссылка на литературный источник | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |

Ссылки: 1 – Horne et al., 2001; 2 – Davidson et al., 2006; 3 - Kroschel, Canedo, 2009; 4 - Obrycki, Tauber, 1984; 5 - Banks, 1952; 6 – Jansen, Warnier, 2004; Vandereycken et al., 2013; 7 – Trouve et al., 2002; 8 - Pantaleoni, 2001; 9 - Paulian, 2001; 10 - Елисаветская, Ка-лестру, 2015; 11 – Satar et al., 2017; 12 – Оспанова и др., 2014; 13 - Jafari, 2015; 14 – Saljoqi et al., 2016; 15 – Saxen, Singh, 1982; Thakur, Chandra, 2013; 16 – Агасьева и др., 2016; 17 – Калинина, 2007.

Обыкновенная златоглазка, несмотря на то, что она чаще других представителей своего семейства встречается на картофеле, отвечает не всем нашим требованиям, предъявляемым к энтомофагам для превентивной колонизации. Имаго данного вида питается нектаром и пыльцой [Макаренко и др., 1991]. Следовательно биоцидный эффект ее колонизации на стадии имаго будет отложенным: поедать тлю смогут только личинки – потомки выпущенных имаго, при условии, что самка отложит яйца, встретив единичных особей тлей.

Среди выявленных на картофеле видов можно отметить златоглазок: красивую – *Ch. formosa* и жемчужную – *Ch. perla*, которые регулярно залетают в овощные теплицы, особенно в Приморском крае. Они являются хищниками, как на личиночной, так и на имагинальной стадиях развития [Яркулов, Белякова, 2007]. Методики лабораторного разведения указанных видов златоглазок разработаны [Макаренко и др., 1991]. Однако массовое производство этих хищников сопряжено с целым рядом проблем, основной из которых является их каннибализм. Самки активно поедают отложенные яйца. Без решения проблемы каннибализма разведение златоглазок, хищничающих на имагинальной стадии, пока проблематично. В настоящее время налажено массовое производство только обыкновенной и китайской (*Chrysopa sinica* Tjeder) златоглазок,

которые не являются хищниками на стадии имаго.

Среди гемеробиид из приведенного в таблице 1 списка могут быть выделены три вида относящиеся к роду *Micromus*: *M. angulatus*, *M. tasmaniae*, *M. variegates*. Эти энтомофаги используются для борьбы с тлями в теплицах. Выпускают как имаго, так и личинок хищников [Бровко, 2006; Козлова, 2009; Pilkington, 2011; Rocca, Messelink, 2017]. В литературе также есть сведения об успешном применении на полях картофеля *M. tasmaniae* в фазе яйца [Hussein, 1982]. Однако такой способ внесения не пригоден для долгосрочной колонизации при отсутствии целевых жертв. Личинки младших возрастов быстро погибают без корма.

На основе проведенного анализа литературных данных, нами отобран вид *M. angulatus*. Для этого энтомофага разработана технология массового разведения на виковой и большой злаковой тле, что в значительной степени облегчает дальнейшее его тестирование в условиях производственных теплиц на картофеле. У микромуса каннибализм развит слабо, что позволяет разводить его групповым методом.

Важным аспектом технологии массового разведения *M. angulatus* является использование адаптогенов (экстракты аралии маньчжурской и элеутерококка), которые добавляют в жидкую питательную среду (0.1 г адаптоге-

нов на 100 мл сахарозы и автолизата пивных дрожжей) для подкормки имаго, что увеличивает продолжительность их жизни до 2 месяцев и соответственно плодовитость в 2 раза. Ранее этот прием с успехом использовали при разведении китайской златоглазки [Красавина, Козлова, 2011]. Если имаго получали только раствор сахарозы и автолизат пивных дрожжей, то они жили более 3 месяцев, но яиц не откладывали или редко откладывали небольшое количество стерильных. При добавлении к этой диете тлей самки начинали откладывать яйца на 2–3 день. Углеводно-белковые подкормки можно использовать не только при разведении микромуса, но и для поддержания жизнедеятельности имаго в теплице, в том числе и на картофеле.

На следующем этапе исследований мы тестировали устойчивость личинок микромуса к пищевому стрессу при питании различными видами тлей, включая виды-переносчики вирусов картофеля. В списке наиболее опасных векторов значатся персиковая и бобовая тли, менее опасными считаются обыкновенная злаковая и большая злаковая тли [Wagren et al., 2005; Пазюк и др., 2017]. Виковая тля, которую используют для массового разведения микромуса, была контролем.

При питании персиковой, бобовой и злаковыми тлями отмечена пониженная (43–48%) выживаемость личинок микромуса, при 73% в контроле (виковая тля). Отличия от контроля высоко достоверны ($p < 0.01$). Можно предположить, что перечисленные выше тли являются неоптимальными видами жертв для *M. angulatus*. Снижение качества корма личинок способно отрицательно отразиться на весе имаго. В случае с персиковой и обыкновенной злаковой тлями так и происходит. Но в варианте с бобовой тлей вес имаго превышает контрольный уровень в 1.5–1.8 раза у особей обоих полов (рис. 1). Сходная ситуация отмечена на большой злаковой тле: низкая выживаемость преимагинальных стадий сочетается с высоким весом самок, достоверно превышающим контроль ($p < 0.05$). При этом вес самцов остается таким же низким, как в варианте с персиковой и обыкновенной злаковой тлями (рис. 1).

Очевидно, что самцы и самки микромуса по-разному реагируют на пищевой стресс. У ряда насекомых самки более чувствительны к обеднению пищевого ресурса. При снижении качества корма личинок, размер имаго самок снижается быстрее, чем у самцов [Teder, Tammaru, 2005]. Для долгосрочной превентивной колонизации личинок хищника на неблагоприятных видах жертв, а также суррогатных кормах предпочтительны виды, которые отличаются стабильностью размерного полового диморфизма (SSD). Поэтому нами была проведена оценка аллометрии (не пропорциональное изменение размеров тела у самцов и самок) микромуса при питании разными по пищевой ценности видами тлей.

Прежде чем перейти непосредственно к результатам анализа SSD у микромуса хотелось бы обсудить используемый нами «аллометрический» подход, а также связанные с ним термины более детально. В частности, устойчивость к пищевому стрессу в контексте наших исследований – это комплекс физиологических и поведенческих реакций (например, каннибализм), позволяющих организму выжить в отсутствие полноценного питания и сохранить способность к размножению в случае восстановления пищевого ресурса [Hoffmann, Parsons, 1991].

Существует предположение, что устойчивость к пищевому стрессу выше у крупных видов. Эта гипотеза объясняется тем, что энергетические запасы организма прямо пропорциональны его весу, а скорость расходования энергии несколько ниже (вес тела умножить на коэффициент 0.75) [Peters, 1983; Cushman et al., 1993]. Данная гипотеза хорошо согласуется с нашими данными, полученными при долгосрочном голодании имаго кокцинеллид: чем крупнее вид коровки, тем дольше имаго сохраняет жизнеспособность при отсутствии полноценного корма (тлей). Исходя из выдвинутой гипотезы можно предположить, что размер имаго у сетчатокрылых оказывает влияние на их устойчивость к пищевому стрессу. Для проверки этого предположения мы провели сравнительную оценку аллометрии веса имаго у *M. angulatus* и златоглазки *Ch. perplexa*, которая в 2 раза крупнее микромуса.

В опытах по выкармливанию личинок *M. angulatus* на 5 видах тлей выявлено, что при снижении качества корма вес самок уменьшается сильнее, чем у самцов, что подтверждает уравнение регрессии $y = 0.4728x + 1.937$ ($R^2 = 0.53$), в котором коэффициент $b_0 > 0$. При этом SSD уменьшается пропорционально снижению веса самок от 1.72 на большой злаковой тле до 0.84 на персиковой тле, когда вес самцов превышает вес самок, т.е. происходит смена типа полового диморфизма (рис. 1).

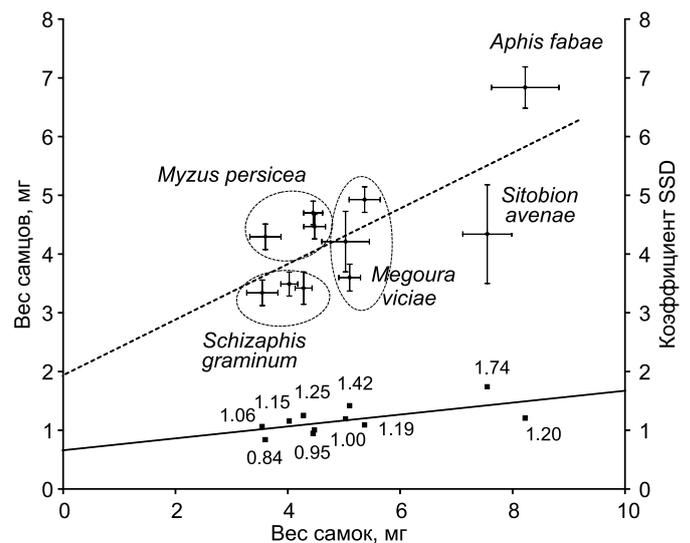


Рисунок 1. Вес имаго и размерный половой диморфизм (SSD) у *Micromus angulatus* при выкармливании личинок на разных видах тлей.

Сходные тенденции мы наблюдаем при анализе веса имаго *Ch. perplexa*, выкармливаемых на разных кормах, включая вариант с яйцами ситотроги (рис. 2). На рисунке 1 этот вариант опыта отсутствует, т.к. личинки микромуса не выживают на данном виде корма.

Уравнение регрессии для *Ch. perplexa* сходно с таковым для *M. angulatus*: $y = 0.6257x + 3.5356$ ($R^2 = 0.73$). Коэффициенты двух уравнений варьируют в пределах их ошибок. Самки златоглазки, также как и самки микромуса, более чувствительны к снижению качества пищи. На неоптимальных кормах их вес снижается сильнее, чем у самцов.

Однако есть и отличия: SSD златоглазки стабильнее. Различия между минимальной и максимальной величиной коэффициента недостоверны (рис. 2). Средний SSD злато-

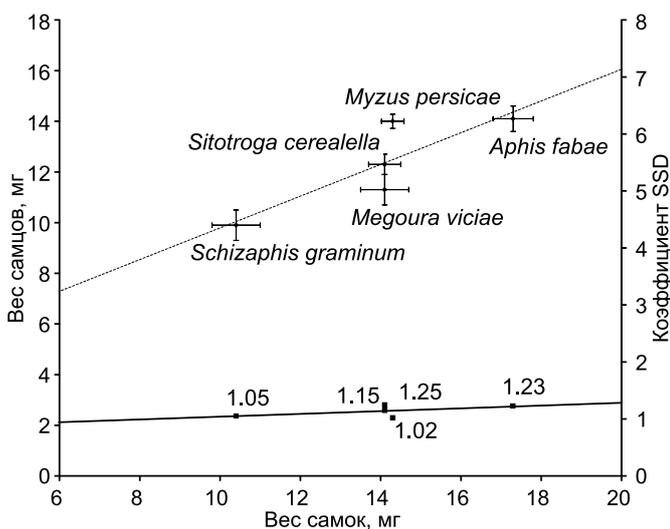


Рис. 2. Вес имаго и размерный половой диморфизм (SSD) у *Chrysopa perplexa* при выкармливании личинок на разных видах тлей и яйцах зерновой моли

глазки близок к единице, т.е. вес самок лишь на 10–15% превышает вес самцов, независимо от качества корма.

Проводя сравнение с аналогичными расчетами, проведенными на кокцинелидах, можно отметить следующее: стабильность SSD свойственна таким высоко пластичным видам как *Harmonia axyridis* Pall. и *Cheilomemes sexmaculata* F. Их вес отличается широчайшей нормой реакции (пределы колебаний составляют 300–400% от среднего). Кроме того, данные виды отличаются широкой пищевой специализацией, т.е. помимо тлей могут выживать на обширном спектре кормов. Очевидно, что от размера тела данные качества не зависят, так как *H. axyridis* существенно крупнее *Ch. sexmaculata*.

Смена характера полового диморфизма (самцы крупнее самок) при усилении стресса, отмеченная у микромуса, ранее наблюдалась нами у *Harmonia yedoensis* Takizawa, вида близкородственного *H. axyridis*, но отличающегося более узкой пищевой специализацией. При этом *H. yedoensis* и *H. axyridis* принадлежат к одному размерному классу.

Исходя из приведенных выше примеров, можно сделать вывод о том, что устойчивость к пищевому стрессу у личинок тестированных видов жуков и сетчатокрылых не зависит от их размера. Основными факторами являются пределы варьирования морфометрических показателей и

широта пищевой специализации. Менее устойчивы афидофаги *M. angulatus* и *H. yedoensis*, более устойчивы полифаги *Ch. perplexa*, *H. axyridis* и *Ch. sexmaculata*.

Вероятнее всего размер (вес тела) влияет на устойчивость к пищевому стрессу не у личинок, а у имаго. Стрессоустойчивость имаго определяется как время, в течение которого особь сохраняет жизнеспособность при голодании или отсутствии оптимального корма. Особь тратит накопленные ранее ресурсы, объемы которых пропорциональны размеру тела. Чем больше накоплено, тем дольше расходуется, тем, соответственно, выше стрессоустойчивость (= период сохранения жизнеспособности).

Но из данного правила есть исключения. Это – физиологически лабильные виды, способные быстрее других снижать уровень метаболизма в отсутствии нормального корма. Они получают адаптивное преимущество благодаря высокой скорости переключения с режима репродукции на режим экономии внутренних ресурсов и обратно. В системе жизненных стратегий Романовского-Грайма эти виды сочетают свойства «шакалов и верблюдов» или «рудералов и пациентов» [Романовский, 1985, Grime, 1977]. Данные качества могут проявляться независимо от размера тела, как это было отмечено нами у коровок *H. axyridis* и *Ch. sexmaculata*. С нашей точки зрения, есть вероятность найти подобные виды и среди сетчатокрылых. Это будет весьма актуально для тепличных агроценозов картофеля, где на фоне долгого недоедания хищник должен сохранить способность быстро среагировать на появление вредителя, причем не только функционально (уничтожить), но и численно (начать репродукцию).

Подводя итоги скрининга энтомофагов из отряда сетчатокрылых, можно предложить для производственных испытаний один вид – микромус угольчатый, которого мы рекомендуем выпускать на стадии имаго, но не сразу после выхода из куколки, а после достижения половой зрелости. Для этого имаго *M. angulatus* перед выпуском кормят тлей, сахарозой, автолизатом пивных дрожжей с адаптогенами в течение 3–4 дней. Такая предварительная обработка энтомофага повышает продолжительность его жизни в теплице.

Применение златоглазок (жемчужной и красивой) возможно, если будет найдено технологическое решение, которое позволит сократить потери от каннибализма самок в отношении яиц при массовом разведении.

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

Библиографический список

- Агасьева И.С. Видовой состав и биорегуляторная активность энтомофагов в системе управления численностью вредителей картофеля (*Solanum tuberosum* L.) / И.С. Агасьева, В.Я. Исмаилов, М.В. Нефедова, Е.В. Федоренко // Сельскохозяйственная биология. 2016. 51(3). С. 401–410.
- Белякова Н.А. Критерии отбора энтомофагов для защиты безвирусного семенного картофеля от вредителей в теплицах / Н.А. Белякова, Ю.Б. Поликарпова // Материалы XV съезда Русского Энтомологического Общества, Новосибирск, 31 июля – 07 августа 2017. Издательство: Грамонд. 2017. С. 59–60.
- Бровко Г.А. Агробиологическое обоснование ресурсосберегающей технологии выращивания огурца и томата в зимних теплицах Дальнего Востока / Г.А. Бровко: автореф. ... докт. дис. Москва, 2006. 47 с.
- Елисовецкая Д. Видовой состав вредителей и энтомофагов на картофеле в Республике Молдова / Д. Елисовецкая, Л. Калестру // Buletin Ştiinţific. Revistă de Etnografie, Ştiinţele Naturii şi Muzeologie. 2015. 22(35). P. 81–90.
- Калинина К.В. Биоэкологическое обоснование защиты картофеля от колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae) в условиях южной части Северо-Западного региона России / К.В. Калинина: автореф. ... канд. дис. Великие Луки, 2007. 22 с.
- Козлова Е.Г. Энтомофаги в защите зеленных культур при возделывании на салатных линиях / Е.Г. Козлова // Защита и карантин растений. 2009. N 5. С. 23–25.
- Козлова Е.Г. Совершенствование методов массового разведения и применения хищного афидофага *Micromus angulatus* Steph. (Neuroptera, Hemerobiidae) / Е.Г. Козлова, Л.П. Красавина // Защита и карантин растений. 2011. N 12. С. 23–26.
- Кузнецова Ю.И. Разработка методики выкармливания личинок при массовом разведении златоглазки *Chrysopa carnea* Steph. / Ю.И. Кузнецова

- ва, Г.А. Бегляров // Массовое разведение насекомых. Кишинев. 1984. С. 47–60.
- Макаренко Г.Н. Методические рекомендации по массовому разведению и применению златоглазок в защищенном грунте / Г.Н. Макаренко, М.С. Лузгин, Т.М. Парамохина, Л.П. Красавина // Л.: ВИЗР. 1991. 42 с.
- Оспанова Г.С. Результаты изучения энтомофауны картофеля в Южно-Казахстанской области / Г.С. Оспанова, Г.Т. Бозшатаева, Г.К. Турабаева, Г.А. Кемелбекова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. 3. С. 58–61.
- 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.
- Пазюк И. М. Оценка возможности переноса Y вируса картофеля хищным клопом *Orius majusculus* Reuter (Hemiptera, Anthocoridae) и обыкновенной злаковой тлей *Schizaphis graminum* Rondani (Homoptera: Aphididae) / И.М. Пазюк, Т.С. Фоминых, К.Д. Медведева // Вестник защиты растений. 2017. 1. С. 26–33.
- 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.
- Banks C.J. An analysis of captures of Hemerobiidae and Chrysopidae in suction traps at Rothamsted, July, 1949 / C.J. Banks // Proceedings of the Royal Entomological Society of London. 1952. 27. P. 45–53.
- Cushman J.H. Latitudinal patterns in ant assemblages: variation in species richness and body size / J.H. Cushman, J.H. Lawton, B.F.J. Manly // Oecologia (Berl.). 1993. 95. P. 30–37.
- Davidson M.M. Impacts of insect-resistant transgenic potatoes on the survival and fecundity of a parasitoid and an insect predator / M.M. Davidson, R.C. Butler, S.D. Wratten, A.J. Conner // Biol. Control. 2006. 37. P. 224–230.
- Grime J.P. Evidence for the Existence of Three Primary Strategies in Plants and Its Relevance to Ecological and Evolutionary Theory / J.P. Grime // The American Naturalist. 1977. 111(982). P. 1169–1194.
- Hoffmann A.A. Evolutionary genetics and environmental stress / A.A. Hoffmann, P.A. Parsons // Oxford University Press, Oxford, United Kingdom. 1991. 284 pp.
- Horne P.A. *Micromus tasmaniae*: a key predator on aphids on field crops on Australasia? / P.A. Horne, P.M. Ridland, T.R. New // Lacewings in the crop environment (edited by Peter McEwen, Tim New). Cambridge University Press. 2001. P. 388–394.
- Hussein M.Y. The Effect of Natural Enemies of *Myzus persicae* Sulzer upon its population trends in potato crops in South Australia / M.Y. Hussein // PhD thesis. 1982. University of Adelaide. Australia. 231 pp.
- Jafari R. Biological control of aphids (Hemiptera: Aphididae) in potato farms / R. Jafari // International Journal of Chemical, Environmental & Biological Sciences (IJCEBS). 2015. 3(5). P. 366–367.
- Jansen J.P. Aphid specific predators in potato in Belgium / J.P. Jansen, A.M. Warnier // Commun. Agric. Appl. Biol. Sci. 2004. 69. P. 151–156.
- Kroschel J. Tropical roots and tubers in a changing climate: a convenient opportunity for the world / J. Kroschel, V. Canedo // Fifteenth Triennial Symposium of the International Society for Tropical Root Crops (Lima, Peru, 2–6 November 2009). Proceedings. Lima, 2009, P. 9–22.
- Obyrcki J.J. Natural enemy activity on glandular pubescent potato plants in the greenhouse: an unreliable predictor of effects in the field. / J.J. Obyrcki, M.J. Tauber // Environmental Entomology. 1984. 13. P. 679–683.
- Pantaleoni R.A. Lacewing occurrence in the agricultural landscape of Pianura Padana / R.A. Pantaleoni // Lacewings in the crop environment (edited by P. McEwen, T. New). Cambridge University Press. 2001. P. 447–470.
- Paulian M. The green lacewings of Romania, their ecological patterns and occurrence in some agricultural crops / M. Paulian // Lacewings in the crop environment (edited by Peter McEwen, Tim New). Cambridge University Press. 2001. P. 498–512.
- Peters R.H. Ecological implications of body size / R.H. Peters // Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom. 1983. 329 pp.
- Pilkington L. Development of *Hippodamia* and *Micromus* biocontrol agents for use in Brassica and other vegetable crops / L. Pilkington // Horticulture Australia Ltd. 2011. 63 p.
- Rocca M. Combining lacewings and parasitoids for biological control of foxglove aphids in sweet pepper / M. Rocca, G.J. Messelink // J. of Applied Entomol. 2017. 141(5). P. 402–410.
- Romanovsky Y. Food limitation and life-history strategies in cladoceran crustaceans / Y. Romanovsky // Archiv fur Hydrobiologie Beiheftungen der ergebnissen Limnologie. 1985. 21. P. 363–372.
- 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.
- Satar G. Adana'da (Balcali) farklı patates (*Solanum tuberosum* L.) çeşitleri üzerindeki yaprakbiti türleri ve *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) popülasyonları üzerine bir değerlendirme / G. Satar, A. Deveci, M. Ulusoy // Türkiye Entomoloji Bülteni. 2017. 7 (1). P. 81–87.
- Saxen A.A.P. Natural enemies of potato pests in India / A.A.P. Saxen, V. Singh // In Potato in Developing Countries (B.B. Nagaich ed.). CPRI, Shimla. 1982. P. 349–355.
- Teder T. Sexual size dimorphism within species increases with body size in insects / T. Teder, T. Tammaru // Oikos. 2005. 108. P. 321–334.
- Thakur M. Species composition and abundance of natural enemies of *Myzus persicae* (Sulzer) in potato agroecosystem in Shimla hills / M. Thakur, V.K. Chandla // J. Eco-friendly Agric. 2013. 8(1). P. 56–60.
- Trouve C. Preliminary survey of the lacewings (Neuroptera: Chrysopidae, Hemerobiidae) naturally occurring in agroecosystems in northern France, with phenological notes / C. Trouve, D. Thierry, M. Canard // Acta Zool. Acad. Sci. Hung. 2002. 47(2). P. 359–369.
- Vandereycken A. Is the multicolored Asian ladybeetle, *Harmonia axyridis*, the most abundant natural enemy to aphids in agroecosystems? / A. Vandereycken, D. Durieux, E. Joie, J.J. Sloggett, E. Haubruge, F.J. Verheggen // Journal of Insect Science. 2013. 13(158). P. 1–14.
- Warren M. Potato Virus Y (PVY) and Potato Leafroll Virus (PLRV): Literature Review for Potatoes South Africa / M. Warren, K. Kruger, A.S. Schoeman // Univ. of Pretoria, Faculty of Nat. and Agricult. Sci., Department of Zool. and Entomol. 2005. 32 p.

Translation of Russian References

- Agaseva I.S. Species composition and bioregulatory activity of entomophages in the control system of potato pests (*Solanum tuberosum* L.) / I.S. Agaseva, V.Ya. Ismailov, M.V. Nefedova, E.V. Fedorenko // Selskoxozyajstvennaya biologiya. 2016. 51(3). P. 401–410. (In Russian).
- Belyakova N.A. Criteria for selection of entomophages for protection of virus-free seed potatoes from pests in greenhouses / N.A. Belyakova, Yu.B. Polikarpova // Materialy XV sezda ruskogo entomologicheskogo obshhestva, Novosibirsk, 31 iyulya-07 avgusta 2017. Izdatelstvo: Gramond. 2017. P. 59–60. (In Russian).
- Brovko G.A. Agrobiological substantiation of resource-saving technology of cultivation of cucumber and tomato in winter greenhouses of the Far East: avtoref. dis. ... doct. selskoxozyajstvennyx nauk: 06.01.06 / G.A. Brovko. Moskva, 2006. 47 p. (In Russian).
- Elisoveckaya D. Species composition of pests and entomophages on a card-fel in the Republic of Moldova / D. Elisoveckaya, L. Kalestru // Buletin științific. revistă de etnografie, științele naturii și muzeologie. 2015. 22(35). P. 81–90. (In Russian).
- Kalinina K.V. Bioecological basis for potato protection from the Colorado beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae) in the southern part of the North-West Region Of Russia: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk: 06.01.11 / K.V. Kalinina. Velikie Luki, 2007. 22 p. (In Russian).
- Kozlova E.G. Entomophages in the protection of green crops during cultivation on salad lines / E.G. Kozlova // Zashhita i karantin rastenij. 2009. N 5. P. 23–25. (In Russian).
- Kozlova E.G. Perfection of methods of mass breeding and application of the predatory aphidophage *Micromus angulatus* Steph. (Neuroptera, Hemerobiidae) / E.G. Kozlova, L.P. Krasavina // Zashhita i karantin rastenij. 2011. N 12. P. 23–26. (In Russian).
- Kuznecova Yu.I. Development of a technique for feeding larvae at the mass dilution of *Chrysopa carnea* Steph lacewort / Yu.I. Kuznecova, G.A. Beglyarov // Massovoe razvedenie nasekomyx. Kishinev. 1984. P.47–60. (In Russian).
- Makarenko G.N. Methodological recommendations for mass breeding and the application of lacewings in protected ground / G.N. Makarenko, M.S. Luzgin, T.M. Paramoxina, L.P. Krasavina // L. Vizr. 1991. 42 p. (In Russian).
- Ospanova G.S. Results of studying potato entomofauna in the South-Kazakhstan region / G.S. Ospanova, G.T. Boshataeva, G.K. Turabaeva, G.A. Kемelbekova // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyx i fundamentalnyx issledovanij. 2014. 3. P. 58–61. (In Russian).
- Pavlyushin V.A. The use of entomophages in biological protection plants in greenhouses of Russia / V.A. Pavlyushin, K.E. Voronin, L.P. Krasavina, B.P. Asyakin, V.A. Razdoburдин // Trudy Russkogo entomologicheskogo obshhestva. 2001. 72. p. 16. (In Russian).

Pazyuk I.M. Assessment of the possibility of transferring the Y of the potato virus with the predatory bug of *Orius majusculus* Reuter (Hemiptera, Anthocoridae) and common cereal aphid *Schizaphis graminum* Rondani (Homoptera: Aphididae) / I.M. Pazyuk, T.S. Fominykh, K.D. Medvedeva // Vestnik zashhity rastenij. 2017. 1. P. 26–33. (In Russian).

Yarkulov F.Ya. Ecological basis of biological protection of greenhouse crops / F.YA. Yarkulov, N.A. Belyakova // Zashhita i karantin rastenij. 2007. 1. P. 19–22. (In Russian).

Plant Protection News, 2017, 4(94), p. 57–63

NEUROPTERAN ENTOMOPHAGES FOR PROTECTION OF SEED POTATO FROM APHIDS – VIRUS VECTORS

N.A. Belyakova, Yu.B. Polikarpova, E.G. Kozlova, L.P. Krasavina

All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

Micromus angulatus, *Chrysopa formosa* and *Ch. perla* are potentially suitable for preventive colonization in greenhouses on seed potatoes. The use of lacewings is limited by significant losses from their female cannibalism on eggs at mass rearing. *M. angulatus* can be used against dangerous species of aphids vectoring viruses (*Myzus persicae* and *Aphis fabae*). For field tests, the adults of *M. angulatus* have been selected with using the carbohydrate-protein supplementary diet. *Micromus* females are more sensitive to the diet quality. If the nutrition is not optimal, then females weigh less than males. On optimal feed, the weight of females is 1.2–1.7 times higher than that of males. The results have indicated that the sex differences in size, intraspecific variation in weight at the food-stress condition could be used to screen prospective species among Neuroptera insects.

Keywords: seed potato; Chrysopidae; Hemerobiidae; allometry; size sexual dimorphism; preventive colonization.

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: biocontrol@vizr.spb.ru

Поликарпова Юлия Борисовна. Научный сотрудник,

e-mail: julia.polika@gmail.com

Козлова Екатерина Геннадьевна. Ведущий научный сотрудник,

кандидат биологических наук, e-mail: kategen_vizr@mail.ru

Красавина Лидия Павловна. Ведущий научный сотрудник,

кандидат биологических наук

Information about the authors

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

St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation

*Belyakova Natalia Aleksandrovna. Head of Laboratory, PhD in Biology, e-mail: biocontrol@vizr.spb.ru

Polikarpova Yulia Borisovna. Researcher,

e-mail: julia.polika@gmail.com

Kozlova Ekaterina Gennadyevna. Leading researcher, PhD in Biology,

e-mail: kategen_vizr@mail.ru

Krasavina Lidia Pavlovna. Leading researcher,

PhD in Biology

* Ответственный за переписку

* Responsible for correspondence