

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРЕХ ВИДОВ ТЛЕЙ ПРИ РАЗВЕДЕНИИ ХИЩНОГО КЛОПА ПОДИЗУСА

Е.Г. Козлова¹, А.Э.С. Касем², А.И. Анисимов^{2*}

* ответственный за переписку, e-mail: anisimov_anatoly@mail.ru

¹Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург

²Санкт-Петербургский аграрный университет, Санкт-Петербург

Одним из перспективных для использования в биологической защите растений энтомофагов является хищный клоп *Podisus maculiventris* (Say.), завезенный с Северо-Американского континента для борьбы с колорадским жуком. Для его разведения чаще всего используются гусеницы большой вошинной моли, способ разведения которой является достаточно дорогостоящим и не всегда надежным. С целью разработки технологий разведения подизуса на видах насекомых, способы и методы разведения которых в лабораторных условиях более экономически выгодны, провели сравнительное испытание 3-х видов тлей (злаковой – *Schizaphis graminum* Rond., виковой – *Megoura viciae* Buck. и персиковой – *Myzus persicae* Suls.) в качестве корма для нимф подизуса на ранних стадиях их развития. Сравнение проводили по выживаемости и продолжительности развития нимф, весу окрылившихся клопов, которых выкармливали тлями до 3-его или 4-го возраста, а также продолжительности преовипозиционного периода, плодовитости и продолжительности жизни имаго, объему и количеству яйцекладок, жизнеспособности яиц. Результаты показали, что в большинстве случаев показатели развития и репродуктивного потенциала подизуса ухудшаются. Тем не менее, удалось найти вариант использования тлей в технологии его разведения – кормление нимф хищного клопа злаковой тлей до 3-его возраста включительно. При таком использовании тлей выживаемость нимф снижается на 20.6%, а продолжительности развития увеличивается на 20–25% (их можно улучшить путем адаптации подизуса к «тлевой» диете селекционно-генетическим методом). Остальные важные для массового разведения хищника показатели развития и репродуктивного потенциала существенно не меняются. Небольшое снижение жизнеспособности яиц практического значения не имеет, т.к. основные затраты при массовом разведении подизуса приходятся на выкармливание нимф и кормление взрослых клопов. Несомненно, положительным фактом является снижение интервала времени от момента появления имаго подизуса до начала откладки яиц.

Ключевые слова: биологическая защита растений, *Podisus maculiventris*, массовое разведение, тля

Поступила в редакцию: 06.04.2019

Принята к печати: 13.09.2019

Введение

В современных условиях биологический метод становится одним из обязательных элементов защиты растений, выращиваемых в защищенном грунте (Белякова, 2013), и все шире начинает использоваться в открытом грунте (Агасьева и др., 2013).

Одним из перспективных для использования в биологической защите растений энтомофагов является хищный клоп подизус – *Podisus maculiventris* (Say.), завезенный на территорию бывшего СССР еще в 70-х годах XX века с Северо-Американского континента для борьбы с колорадским жуком. Практический интерес к подизусу, в этом отношении, за рубежом не прекращается уже много лет (Warren, Wallis, 1971; Orr et al., 1986; De Clercq et al., 1998; 2003; 2013), а в последнее время возобновился и в нашей стране (Агасьева, Исмаилов, 2012; 2016; Анисимов и др., 2016; Kasem, Anisimov, 2016; Нефедова, 2018).

В частности, к подизусу проявляется большой интерес в связи с возможностью его использования в теплицах для борьбы с вредными чешуекрылыми, в частности некоторыми совками, вредящими на томатах, что требует простой и экономически выгодной методики разведения в лабораторных условиях. Для этого чаще всего используются гусеницы большой вошинной моли – *Galleria mellonella* L. (галлерии),

способ разведения которой является достаточно дорогостоящим и не всегда надежным (Гусев и др., 1989), или личинок большого мучного хрущака – *Tenebrio molitor* L. По нашим наблюдениям крупные гусеницы галлерии и имеющие жесткие покровы личинки хрущака не очень подходят для питания нимф подизуса ранних возрастов, в частности, и по размерным причинам.

Кроме того, многие авторы считают, что массовое разведение подизуса, как полифага, лучше проводить на комплексных диетах, состоящих из нескольких жертв (Richman, Whitcomb, 1978; Li et al., 1997; Evans et al., 1999; Zaniccio et al., 2001; Lundgren, 2011; Pascual-Ruiz et al., 2009).

Цель данного исследования является разработка технологий выкармливания подизуса на видах насекомых, способы и методы разведения которых в искусственных условиях являются технологичными и экономически выгодными. Так в биологических лабораториях, где разводят энтомофагов для борьбы с тлями в теплицах, разводят и тлей, для выкармливания их хищников и паразитов. В задачи данной работы входило сравнительное испытание 3-х видов тлей в качестве корма для нимф подизуса на ранних стадиях его развития.

Материал и методы исследования

Эксперименты проводили в лаборатории Биологической защиты растений ВИЗР.

Основным объектом исследований служил хищный клоп подизус, лабораторная культура которого поддерживается в

ВИЗР на протяжении многих лет, при использовании в качестве корма гусениц большой вошинной моли – *G. mellonella* по методике, описанной Г.В. Гусевым с соавторами (1982).

В качестве элементов испытываемых диет для выкармливания нимф подизуса на 2-ой и 3-ей или 2-ой – 4-ой стадиях развития использовали три вида тлей: злаковую *Schizaphis graminum* Rond., виковую *Megoura viciae* Burc. или персиковую *Myzus persicae* Suls. В качестве корма для последних стадий развития нимф и взрослых клопов использовали гусениц галлерии. В контрольных вариантах все стадии развития подизуса выкармливали только гусеницами галлерии.

Злаковую тлю разводили по методике, разработанной Б.П. Асякиным с соавторами (2001), на проростках пшеницы, а виковую и персиковую тлю разводили по методике, описанной Н.В. Бондаренко и О.В. Вороновой (1989), на пророщенных бобах.

В экспериментах нимф хищного клопа 1-го возраста по 10–12 особей (групповое содержание) сразу после синхронного отрождения из яиц помещали в пластмассовые садки объема 0.7 л. Фиксировали дату закладки опыта и число нимф в садке. Нимфам первого возраста предоставляли только воду. В вариантах с тлями корм (злаковую, виковую или персиковую тлю) на соответствующих растениях помещали в садки сразу после линьки нимф подизуса на 2-ой возраст. Сразу после их линек на 4-ый или 5-ый возраст в качестве корма предоставляли гусениц галлерии. Количество корма, как тлей, так и галлерии предоставляли нимфам и имаго подизуса в избытке, так, чтобы при следующей замене корма, он оставался. Замену корма, воды и необходимые учеты проводили 1 раз в 2 дня.

Оценивали следующие показатели развития и репродуктивного потенциала хищных клопов: выживаемость

нимф (по доле перелинявших на имаго особей от числа взятых для данного варианта личинок первого возраста), в процентах; продолжительность развития самок и самцов (от выхода из яйца до окрыления на имаго), с точностью до 1–2 дней; вес только что перелинявших на имаго самок и самцов, с точностью до 0.1 мг; преовипозиционный период (интервал времени от линьки на имаго до первой яйцекладки), с точностью до 1–2 дней; объем первой яйцекладки (по среднему числу яиц в них); средний объем всех яйцекладок (по среднему числу яиц в яйцекладках всех пар клопов в данном варианте); среднее число яйцекладок, полученных от каждой пары клопов, в данном варианте; плодовитость имаго по числу яиц, отложенных отдельными самками за всю жизнь при попарном содержании; жизнеспособность отложенных яиц (по доле отродившихся из яиц нимф первого возраста следующего поколения), в процентах; продолжительность жизни самок и самцов, с точностью до 2 дней.

Результаты учетов усредняли по вариантам опытов. Рассчитывали ошибки средних и процентов. Значимость наблюдаемых различий отдельных показателей оценивали по t-критерию Стьюдента.

Для количественного сравнения влияния «тлевых» диет (выкармливание нимф подизуса младших возрастов тлями) на отдельные показатели развития и репродуктивного потенциала подизуса рассчитывали их изменения по отношению к контролю по формулам: $I = (O - K) / K \times 100\%$ (где: I – изменение показателя, %; O – значение показателя в опытном варианте; K – значение показателя в контрольном варианте – выкармливание гусеницами галлерии).

Результаты

Всего было проведено по 3 одновременных повторностей экспериментов по оценке возможностей использования 3-х видов тлей в качестве корма для ранних стадий развития нимф подизуса. В каждой повторности закладывали по 3–5 садков. Результаты отдельных повторностей были суммированы по вариантам опытов, что позволило получить приемлемый по объему для количественных оценок отдельных показателей материал и статистически доказать отмеченные закономерности на высоком уровне значимости (табл. 1 и 2).

Так, из таблицы 1 видно, что выживаемость нимф подизуса высоко достоверно ($p < 0.001$) снижается при использовании всех исследованных видов тлей до 3-его возраста, но в разной степени. При использовании виковой и персиковой тлей выживаемость нимф подизуса снижается значительно – на 69% и 43%, соответственно, тогда как при использовании злаковой тли только на 21% по сравнению с контролем (рис. 1А). Наблюдаемые различия высоко достоверны ($p < 0.001$ и 0.01 по отношению к виковой и персиковой тле, соответственно).

Достоверно увеличивается и продолжительность развития на нимфальной стадии как самок, так и самцов подизуса при питании всеми исследованными видами тлей. Для самцов это увеличение примерно одинаково – 18%, 17% и 20% для злаковой, виковой и персиковой тлей, соответственно. Для самок это увеличение одинаково (на 25%) при использовании злаковой и персиковой тлей, тогда как при

использовании виковой тли оно несколько меньше (14.7%), и достоверно отличается от варианта со злаковой тлей.

Достоверно снижается вес окрылившихся самцов (но не сильно – на 7–9%), и самок (на 14.5%, 14.0% и 7.4% злаковой, виковой и персиковой тлей, соответственно). Вес самок, питавшихся персиковой тлей до 3-его нимфального возраста, оказался достоверно выше, чем при их питании злаковой тлей.

В то же время, интервал времени от момента появления имаго подизуса до начала откладки яиц снижается, что наблюдается во всех опытных вариантах, особенно при использовании злаковой тли. Однако, в силу большой вариабельности признака (в контроле от 2-х до 10-ти дней) достоверность различий доказать не удалось.

При выкармливании нимф подизуса до 3-его возраста персиковой и особенно виковой тлей резко снижается плодовитость получающихся имаго хищных клопов – на 51.2% и 29.1%, соответственно (рис. 1Б). В то время, как при использовании злаковой тли она снижается незначительно (на 6.9%) и не достоверно.

Отмеченное снижение плодовитости в основном определяется снижением числа откладываемых имаго подизуса яйцекладок (на 50.7% и 24.4% для вариантов с виковой и персиковой тлями, соответственно), что в свою очередь определяется достоверным снижением продолжительности жизни самок (соответственно, на 54.0% и 30.5%), а в варианте с виковой тлей и самцов (на 33.4%). В варианте с

Таблица 1. Средние значения показателей развития и репродуктивного потенциала подизуса при кормлении нимф до 3-его возраста нимф тремя видами тлей

| Показатель | Вид тли | | | Только галлерия (контроль) |
|---|---|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| | злаковая | виковая | персиковая | |
| Выживаемость нимф, % ± SE | 78.2 ± 4.43 <i>b</i> n = 87 | 30.9 ± 5.60 <i>d</i> n = 68 | 56.7 ± 6.05 <i>c</i> n = 67 | 98.7 ± 1.27 <i>a</i> n = 78 |
| Продолжительность развития нимф, суток ± SE | самки 30.4 ± 0.57 <i>g</i> n = 32 | 27.9 ± 0.83 <i>f</i> n = 12 | 30.4 ± 0.90 <i>fg</i> n = 15 | 24.6 ± 0.47 <i>e</i> n = 31 |
| | самцы 28.5 ± 0.37 <i>f</i> n = 36 | 28.4 ± 0.87 <i>fg</i> n = 9 | 29.0 ± 0.50 <i>fg</i> n = 23 | 24.2 ± 0.35 <i>e</i> n = 46 |
| Вес имаго, мг ± SE | самки 61.5 ± 1.13 <i>j</i> n = 32 | 61.8 ± 1.92 <i>ij</i> n = 12 | 66.6 ± 1.70 <i>i</i> n = 15 | 71.9 ± 1.61 <i>h</i> n = 31 |
| | самцы 51.1 ± 0.75 <i>l</i> n = 36 | 49.9 ± 1.35 <i>l</i> n = 9 | 50.8 ± 0.54 <i>l</i> n = 23 | 54.7 ± 1.45 <i>k</i> n = 46 |
| Период до 1-ой яйцекладки, суток ± SE | 6.5 ± 0.29 <i>m</i> n = 19 | 6.8 ± 0.59 <i>m</i> n = 14 | 7.1 ± 0.37 <i>m</i> n = 11 | 8.0 ± 0.71 <i>m</i> n = 13 |
| Плодовитость, яиц ± SE | 433 ± 30.3 <i>n</i> n = 19 | 227 ± 40.1 <i>p</i> n = 14 | 330 ± 23.4 <i>o</i> n = 11 | 465 ± 47.8 <i>n</i> n = 13 |
| Объем 1-ой яйцекладки, яиц ± SE | 21.9 ± 1.45 <i>q</i> n = 22 | 16.9 ± 1.72 <i>r</i> n = 14 | 15.0 ± 1.24 <i>r</i> n = 11 | 19.8 ± 2.12 <i>qr</i> n = 24 |
| Яйцекладок, число ± SE | 13.0 ± 1.01 <i>st</i> n = 19 | 8.0 ± 0.87 <i>v</i> n = 14 | 12.3 ± 0.73 <i>t</i> n = 11 | 16.2 ± 1.70 <i>s</i> n = 13 |
| Объем средней кладки, яиц ± SE | 33.3 ± 0.84 <i>u</i> n = 257 | 28.8 ± 1.21 <i>wx</i> n = 118 | 26.9 ± 1.07 <i>x</i> n = 135 | 30.4 ± 0.98 <i>w</i> n = 249 |
| Жизнеспособность яиц, % ± SE | 87.9 ± 1.69 <i>z</i> n = 371 | 83.0 ± 2.07 <i>z</i> n = 329 | 85.4 ± 1.93 <i>z</i> n = 335 | 92.4 ± 1.54 <i>y</i> n = 291 |
| Продолжительность жизни имаго, суток ± SE | самки 55.9 ± 4.06 <i>α</i> n = 19 | 27.9 ± 3.33 <i>γ</i> n = 13 | 42.2 ± 3.22 <i>b</i> n = 11 | 60.7 ± 6.64 <i>a</i> n = 13 |
| | самцы 57.9 ± 3.96 <i>a</i> n = 20 | 40.9 ± 5.70 <i>бγ</i> n = 14 | 56.3 ± 4.79 <i>a</i> n = 12 | 61.3 ± 5.08 <i>a</i> n = 12 |

Примечания: n – объем выборки; одинаковыми буквами обозначены достоверно не различающиеся значения отдельно-го показателя (p>0.05 по t-критерию Стьюдента).

Таблица 2. Средние значения показателей развития и репродуктивного потенциала подизуса при кормлении нимф до 4-ого возраста тремя видами тлей

| Показатель | Вид тли | | | Только галлерия (контроль) |
|---|---|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| | злаковая | виковая | персиковая | |
| Выживаемость нимф, % ± SE | 32.0 ± 4.60 <i>bc</i> n = 103 | 16.0 ± 3.67 <i>d</i> n = 100 | 21.4 ± 4.04 <i>c</i> n = 103 | 95.7 ± 2.15 <i>a</i> n = 91 |
| Продолжительность развития нимф, суток ± SE | самки 34.6 ± 1.14 <i>f</i> n = 17 | 36.6 ± 2.60 <i>f</i> n = 7 | 32.6 ± 4.19 <i>ef</i> n = 12 | 25.0 ± 0.45 <i>e</i> n = 37 |
| | самцы 35.2 ± 2.00 <i>f</i> n = 16 | 36.9 ± 4.13 <i>f</i> n = 9 | 34.6 ± 2.11 <i>f</i> n = 9 | 24.5 ± 0.33 <i>e</i> n = 50 |
| Вес имаго, мг ± SE | самки 64.6 ± 1.76 <i>h</i> n = 17 | 67.1 ± 1.67 <i>h</i> n = 7 | 64.6 ± 2.23 <i>hi</i> n = 12 | 72.2 ± 0.85 <i>g</i> n = 37 |
| | самцы 52.7 ± 1.69 <i>j</i> n = 16 | 52.5 ± 1.68 <i>j</i> n = 9 | 54.7 ± 2.26 <i>j</i> n = 9 | 60.5 ± 0.72 <i>i</i> n = 50 |
| Период до 1-ой яйцекладки, суток ± SE | 6.4 ± 0.63 <i>kl</i> n = 14 | 5.8 ± 0.42 <i>k</i> n = 10 | 6.0 ± 0.32 <i>k</i> n = 13 | 7.9 ± 0.60 <i>l</i> n = 17 |
| Плодовитость, яиц ± SE | 306 ± 52.1 <i>no</i> n = 14 | 189 ± 50.9 <i>o</i> n = 10 | 371 ± 41.0 <i>mn</i> n = 13 | 467 ± 39.2 <i>m</i> n = 17 |
| Объем 1-ой яйцекладки, яиц ± SE | 18.0 ± 1.87 <i>p</i> n = 14 | 18.2 ± 2.98 <i>p</i> n = 14 | 18.0 ± 2.68 <i>p</i> n = 11 | 16.2 ± 1.50 <i>p</i> n = 17 |
| Яйцекладок, число ± SE | 12.3 ± 1.51 <i>r</i> n = 14 | 8.5 ± 1.51 <i>r</i> n = 10 | 17.3 ± 1.38 <i>q</i> n = 13 | 16.6 ± 1.40 <i>q</i> n = 17 |
| Объем средней яйцекладки, яиц ± SE | 24.9 ± 1.06 <i>t</i> n = 172 | 22.2 ± 1.42 <i>tu</i> n = 85 | 21.4 ± 0.80 <i>u</i> n = 225 | 28.1 ± 0.82 <i>s</i> n = 283 |
| Жизнеспособность яиц, % ± SE | 87.8 ± 1.79 <i>w</i> n = 335 | 80.5 ± 3.05 <i>x</i> n = 169 | 81.7 ± 2.41 <i>x</i> n = 257 | 92.7 ± 1.50 <i>v</i> n = 301 |
| Продолжительность жизни имаго, суток ± SE | самки 45.6 ± 5.70 <i>z</i> n = 14 | 29.4 ± 4.11 <i>α</i> n = 10 | 53.5 ± 4.74 <i>y</i> n = 13 | 58.8 ± 5.34 <i>yz</i> n = 17 |
| | самцы 47.6 ± 4.43 <i>z</i> n = 15 | 29.8 ± 4.01 <i>α</i> n = 9 | 56.8 ± 4.33 <i>y</i> n = 13 | 61.2 ± 4.00 <i>y</i> n = 16 |

Обозначения как в таблице 1.

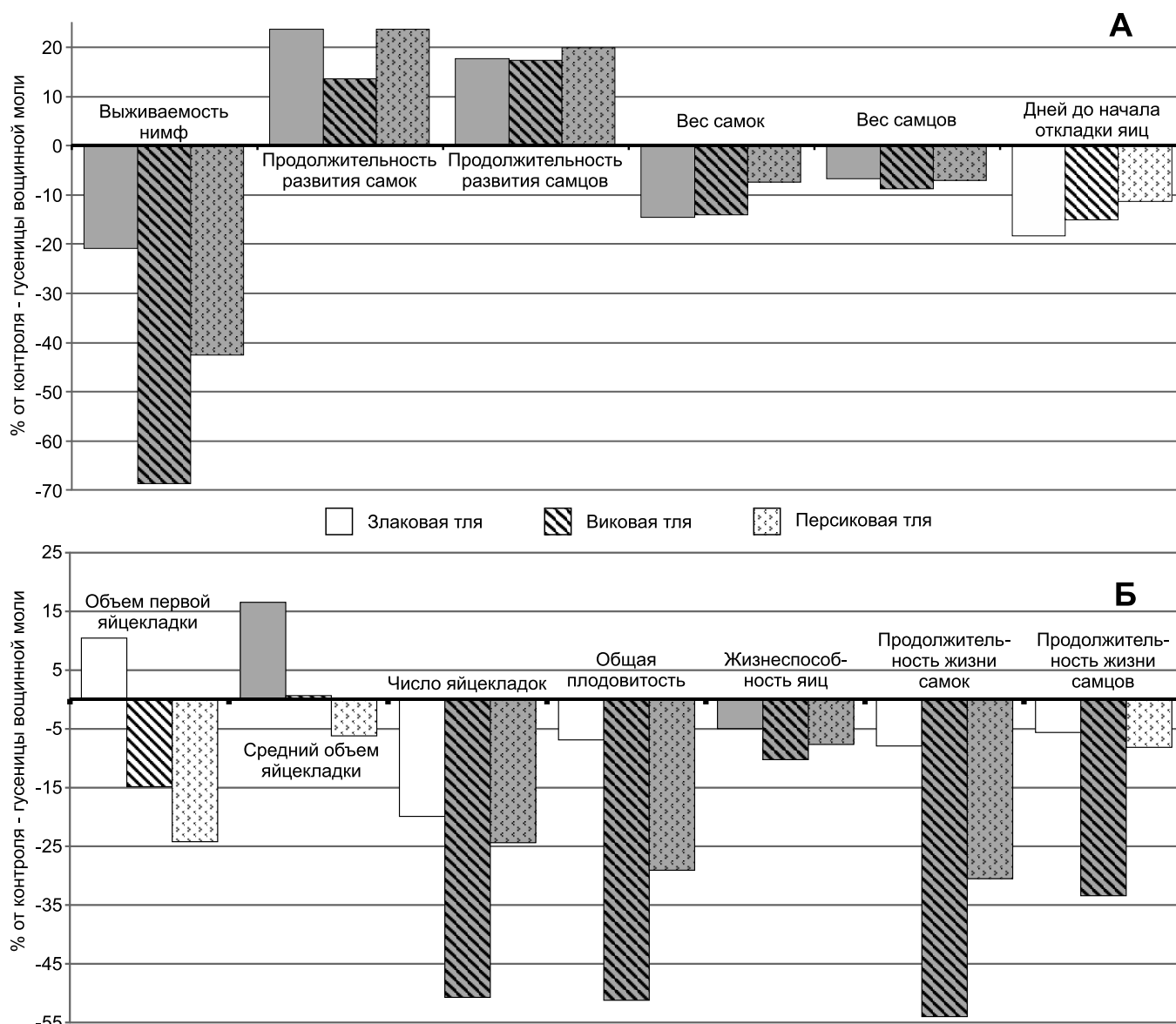


Рисунок 1. Изменение показателей развития и репродуктивного потенциала (% от контроля) подизуса при кормлении нимф 3-мя видами тлей до 3-его возраста включительно (заливкой обозначено достоверное отличие от контроля, $p < 0.05$ по t-критерию Стьюдента)

персиковой тлей (на 11.5%) достоверно снижается и средний объем кладки яиц.

При использовании злаковой тли число яйцекладок тоже снижается (на 20%) по отношению к контролю, но не достоверно. Это снижение (если оно есть) компенсируется большим средним объемом яйцекладок, который в варианте со злаковой тлей достоверно выше, чем в контроле (на 9.7%). Преимущества использования злаковой тли, над вариантами с виковой и персиковой тлей по этому показателю еще больше (на 14.7% и 21.2%, соответственно) и высоко достоверно ($p < 0.01$ и 0.001 , соответственно).

Жизнеспособность яиц достоверно снижается во всех опытных вариантах, но это снижение не значительно: 4.9%, 10.2% и 7.6% для вариантов с злаковой, виковой и персиковой тлями, соответственно.

Из представленных материалов также видно, что средняя продолжительность жизни имаго хищных клопов, которые на стадии нимф выкармливались до 3-его возраста злаковой тлей, снижается по сравнению с контролем мало (на 7.9% у самок и 5.6% у самцов) и не достоверно. При использовании виковой тли продолжительность жизни

самок подизуса снижается высоко достоверно ($p < 0.001$) на 59.6%, как по сравнению с контролем, так и с вариантами, где использовали злаковую и даже персиковую тлю (-30.5%). Для самцов наблюдаются, в целом, сходные закономерности, но менее выраженные, особенно при использовании персиковой тли.

Результаты аналогичных экспериментов, но при выкармливании нимф подизуса тлями до 4-ого возраста включительно, представлены в таблице 2, а выраженные в процентах отклонения от контроля иллюстрируются рисунком 2.

Как видно из представленных материалов, при более длительном кормлении нимф подизуса тлями показатели развития и репродуктивного потенциала хищных клопов изменяются еще больше, но не по всем показателям и в разной степени. Так выживаемость нимф снижается по сравнению с контролем уже на 66.5%, 83.3% и 77.7% при использовании злаковой, виковой и персиковой тлей, соответственно (различия высоко достоверны; $p < 0.001$ для всех вариантов), а относительно соответствующих вариантов, где нимф подизуса кормили тлями до 3-его возраста

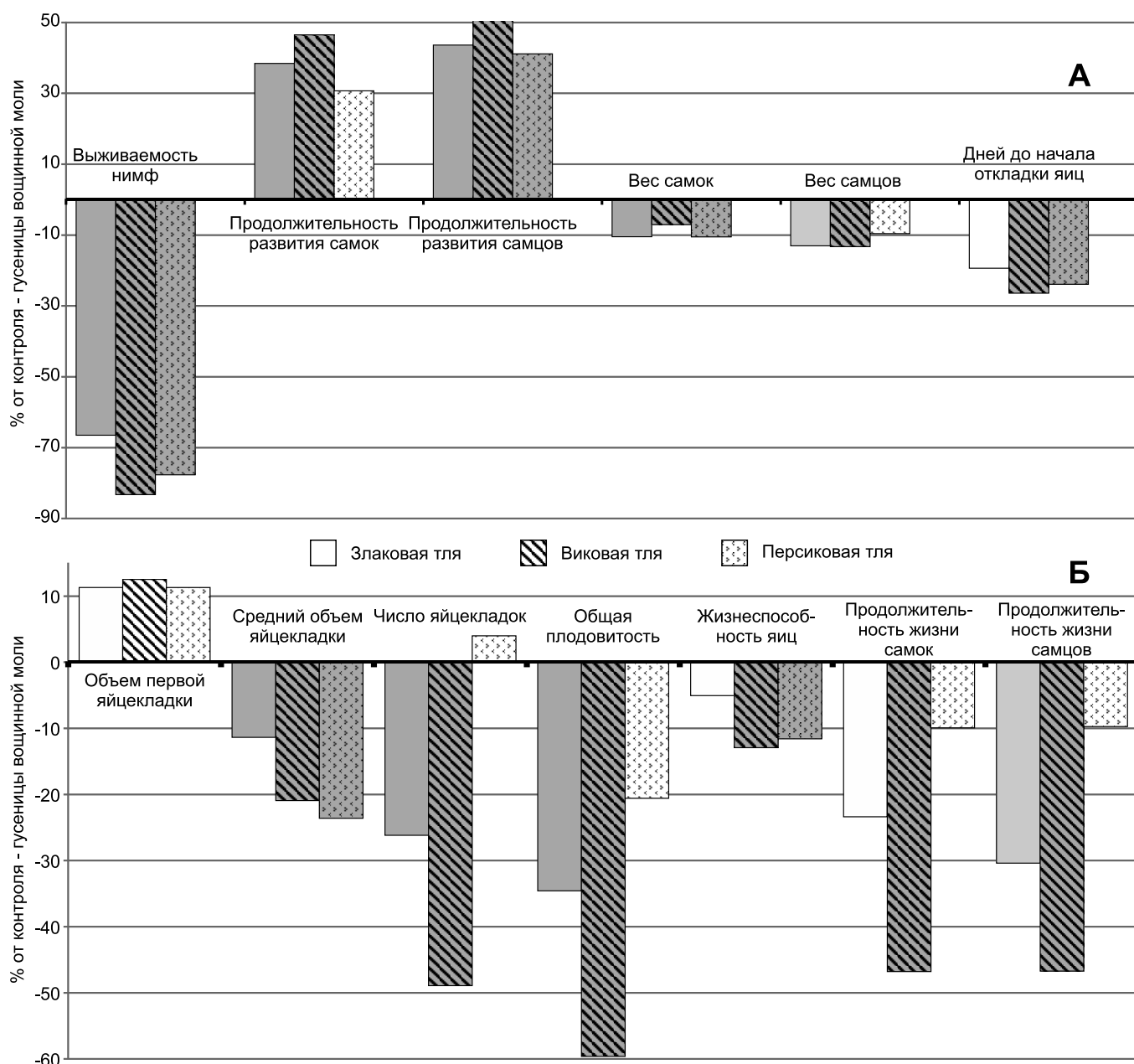


Рисунок 2. Изменение показателей развития и репродуктивного потенциала (% от контроля) подизуса при кормлении нимф 3-мя видами тлей до 4-ого возраста включительно (обозначения как на рисунке 1)

включительно, на 59.0%, 63.7% и 62.3%, соответственно ($p < 0.001$ для всех вариантов).

При кормлении нимф подизуса до 4-ого возраста включительно продолжительность развития самок клопов увеличивается на 38.4%, 46.5% и 30.7%, а самцов на 43.6%, 50.9% и 41.2% по сравнению с контролем для вариантов со злаковой, виковой и персиковой тлей, соответственно (для всех вариантов различия высоко достоверны, кроме самок питавшихся персиковой тлей). По сравнению с питанием тлей менее продолжительный период, достоверное увеличение продолжительности развития нимф подизуса отмечается для самок в вариантах со злаковой и виковой тлями (на 13.6% и 31.0%, соответственно), а для самцов со злаковой и персиковой тлями (на 23.4% и 19.1%, соответственно).

По сравнению с контролем достоверно снижается вес самок (на 7–10%) и самцов (на 9–13%). Вес самок, питавшихся персиковой тлей до 4-го нимфального возраста, достоверно не отличается от контрольных (рис. 2А).

Достоверных различий по весу у клопов, питавшихся тлями до 4-го или до 3-его возраста нимф, не происходит ни в одном варианте.

Наблюдается снижение интервала времени от момента появления имаго подизуса до начала откладки ими яиц, причем во всех опытных вариантах при кормлении нимф тлями до 4-ого возраста включительно. Для вариантов с виковой и персиковой тлями сокращение на 26.4% и 23.9%, соответственно, высоко достоверно ($p < 0.01$). В варианте с персиковой тлей, достоверное ($p < 0.05$) сокращение преовипозиционного периода (на 15.4%) наблюдается и по отношению к варианту с питанием нимф подизуса тлями до 3-его возраста включительно.

При выкармливании нимф подизуса тлями до 4-ого возраста плодовитость также снижается по отношению к контролю в вариантах со злаковой тлей на 34.6% ($p < 0.05$), виковой на 59.6% ($p < 0.001$) и персиковой на 20.6% (не достоверно). Относительно соответствующих вариантов, где нимф подизуса кормили тлями до 3-его возраста

включительно, в вариантах с виковой и персиковой тлей достоверных изменений не проявляется, а в варианте со злаковой тлей наблюдается достоверное ($p < 0.05$) снижение общей плодовитости на 29.4% (рис. 2Б).

Отмеченное снижение плодовитости имаго подизуса, при питании нимф тлями до 4-го возраста, определяется снижением среднего объема яйцекладок и их числа в вариантах: со злаковой тлей на 11.4% и 26.2% ($p < 0.05$), соответственно, с виковой – на 20.9% и 48.9% ($p < 0.001$), а с персиковой только за счет снижения объема яйцекладок на 23.6% ($p < 0.001$), т.к. их среднее число в этом варианте даже немного превышает контрольный уровень (на 4.0%; не достоверно).

Относительно соответствующих вариантов, где нимф подизуса кормили тлями до 3-го возраста включительно, по числу яйцекладок в вариантах со злаковой и виковой тлями достоверных изменений не проявляется (–5.5% и +6.3%), а в варианте с персиковой тлей наблюдается достоверное ($p < 0.01$) увеличение на 41.0%. По среднему объему яйцекладок во всех вариантах отмечается высоко достоверное ($p < 0.001$) снижение: на 25.3%, 23.0% и 20.2%, соответственно.

Жизнеспособность яиц достоверно снижается во всех опытных вариантах, но это снижение не значительно:

5.1%, 12.9% и 11.6% для вариантов с злаковой, виковой и персиковой тлями, соответственно. Относительно соответствующих вариантов, где нимф подизуса кормили тлями до 3-го возраста различия не достоверны.

Что касается средней продолжительности жизни имаго хищных клопов, которые на стадии нимф выкармливались тлями до 4-ого возраста, то ее резкое падение по сравнению с контролем наблюдается только при использовании виковой тли на 50.0% и 51.2% для самок и самцов, соответственно. Это снижение высоко достоверно ($p < 0.001$) больше, чем в вариантах с персиковой тлей (8.9% и 7.2% для самок и самцов, соответственно) и чем в вариантах со злаковой тлей (22.3% и 22.2%, $p < 0.05$ и < 0.01 , для самок и самцов, соответственно).

Относительно соответствующих вариантов, где нимф подизуса кормили тлями до 3-го возраста включительно, при продолжении использования «тлевой» диеты до 4-ого возраста продолжительность жизни самок и самцов подизуса достоверно не изменяет, хотя в вариантах со злаковой тлей она снижается на 18.3% и 17.7% для самок и самцов, в вариантах с виковой тлей для самок увеличивается на 5.2%, а для самцов снижается на 21.1%, а в вариантах с персиковой тлей увеличивается у самок на 26.9% и у самцов на 0.8% (рис. 2Б).

Обсуждение

До начала наших экспериментов было известно, что при выкармливании нимф подизуса только тлей (персиковой) они не могут полностью закончить развитие до стадии имаго (De Clercq et al., 2003), поэтому мы ограничились их использованием на ранних стадиях развития хищного клопа.

Проведенные нами эксперименты показали, что использование тлей в процессе разведения подизуса, ухудшает большинство показателей развития (продолжительность развития нимф, вес и продолжительность жизни имаго) и репродуктивного потенциала (выживаемость нимф, плодовитость имаго, жизнеспособность яиц) хищного клопа, по сравнению с гусеницами галлерии, но в разной степени в зависимости от вида тли и продолжительности их использования в качестве единственного корма.

При выкармливании тлями нимф подизуса до 4-ого возраста включительно, снижение репродуктивного потенциала составило неприемлемо (для массового производства хищника) высокие величины: 79%, 84% и 94% для злаковой, персиковой и виковой тлей, соответственно. При выкармливании нимф подизуса тлей до 3-ого возраста включительно, репродуктивный потенциал также снижается, но менее сильно.

Хуже всего в качестве корма для нимф подизуса ранних возрастов подходит виковая тля. При ее использовании для кормления нимф 2-ого и 3-его возрастов репродуктивный потенциал снижается на 80%, в основном за счет низкой выживаемости нимф и плодовитости имаго. Кроме того, такая диета сильнее снижала продолжительность жизни имаго подизуса по сравнению с другими исследованными нами видами тлей. Негативное влияние виковой тли отмечается и на более специализированных к питанию тлей хищных кокциеллид (Dixon, 1958; Blackman, 1967; Tsaganou et al., 2004). Это объясняется присутствием

токсических для хищника компонентов в растении-хозяине, защитных веществ, вырабатываемых самой тлей, или толщиной кутикулярного воска (Blackman, 1967; De Clercq et al. 1998; Dixon, 2000), хотя попытка выделить токсические вещества из *M. viciae* успехом не увенчалась (Dixon, 1958).

На второе место следует поставить персиковую тлю. Ее использование при кормлении нимф подизуса 2-ого и 3-его возрастов приводит к снижению репродуктивного потенциала хищного клопа на 62%, также за счет низкой выживаемости нимф и плодовитости имаго, но в меньшей степени, чем при использовании виковой тли. Продолжительность жизни имаго снижается уже не так значительно, а продолжительность развития нимф увеличивается сравнимо с использованием злаковой тли. Сходные результаты получены Де Клерком с соавторами (De Clercq et al., 2003), отметившие замедление развития нимф подизуса при питании персиковой тлей и снижение их выживаемости, которое объясняют возрастанием каннибализма среди нимф старших возрастов, не получающих достаточно качественной пищи. Они считают, что в экстренных случаях персиковую тлю можно использовать в качестве жертвы для *P. maculiventris*.

Лучшим, из трех исследованных видов, следует считать злаковую тлю. Кормление нимф подизуса злаковой тлей до 3-ого возраста включительно. При таком использовании тлей снижается выживаемость нимф на 20.6%, а продолжительности их развития увеличивается на 20–25%. Остальные, важные для массового разведения хищного клопа показатели развития (продолжительность жизни имаго) и репродуктивного потенциала (плодовитость) существенно не меняются, или меняются незначительно. Так, небольшое снижение жизнеспособности яиц практического значения не имеет, т.к. основные затраты на компоненты корма при массовом разведении подизуса,

приходятся на выкармливание нимф и кормление взрослых клопов. Несомненно, положительным фактом является снижение интервала времени от момента появления имаго подизуса до начала откладки яиц следующего поколения, который позволит ускорить процесс массового разведения хищных клопов и компенсировать увеличение продолжительности развития нимф.

Таким образом, можно считать, что нам удалось найти вариант использования тлей в технологии массового

разведения хищного клопа подизуса. Конечно, этот прием имеет смысл использовать в тех биологических лабораториях, где достаточно масштабно культивируется злаковая тля. Показатели выживаемости и продолжительности развития хищных клопов можно улучшить путем адаптации подизуса к «тлевой» диете селекционно-генетическим методом. Определенные успехи в этом направлении нами уже достигнуты (Козлова и др., 2018).

Библиографический список (References)

- Агасьева ИС, Исмаилов ВЯ (2012) Хищные насекомые и их роль в биологической защите растений. Мат. междунар. научно-практ. конф. «Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем». Краснодар: ВНИИБЗР. 68–71
- Агасьева ИС, Исмаилов ВЯ (2016) Роль биотехнологии в биологической защите растений. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 58:67–74
- Агасьева ИС, Исмаилов ВЯ, Федоренко ЕВ, Нефедова МВ (2013) Разведение и применение хищных клопов пентатомид против колорадского жука. *Защита растений* 11:21–23
- Анисимов АИ, Касем АЭС, Козлова ЕГ (2016) Использование трех видов тлей для выкармливания нимф подизуса до 3-его возраста. Мат. междунар. научно-практ. конф. «Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем». Краснодар: ВНИИБЗР. 204–207
- Асякин БП, Красавина ЛП, Козлова ЕГ, Белякова НА и др (2001) Технологический регламент на производство галлицы афидимизы. СПб: ВИЗР. 12 с.
- Белякова НА (2013) Производство энтомофагов для тепличного растениеводства. *Защита и карантин растений* 5:9–12
- Бондаренко НВ, Воронова ОВ (1989) Галлица афидимиза: методика массового разведения и применения против тлей на тепличных овощных культурах. Биологический метод борьбы с вредителями овощных культур. Сборник научных статей. М.: Агропромиздат. 8–19
- Гусев ГВ, Заяц ЮВ, Перепелица ЛВ, Шметцер НВ (1982) Методические указания по разведению и хранению хищного клопа подизуса. Л.: ВИЗР. 18 с.
- Козлова ЕГ, Анисимов АИ, Ходжаш АА (2018) Адаптация хищного клопа подизуса *Podisus maculiventris* к питанию тлей *Schizaphis graminum* на ранних стадиях развития. Мат. междунар. научно-практ. конф. «Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем». Краснодар: ВНИИБЗР. 233–236
- Нефедова МВ (2018) Разработка методов разведения и применения хищных клопов *Perillus bioculatus* Fabr. и *Podisus maculiventris* Say для биологического контроля колорадского жука с учетом эффективности природных популяций энтомофагов: *Автореф. дисс. ... к.б.н.* М. 24с.
- Blackman RL (1967) Selection of aphid prey by *Adalia bipunctata* L. and *Coccinella 7-punctata* L. *Ann Appl Biol* 59(3):331–338. <http://www.doi.org/10.1111/j.1744-7348.1967.tb04449.x>
- De Clercq P, Merlevede F, Tirry L (1998) Unnatural prey and artificial diets for rearing *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae). *Biol Control* 12(2):137–142. <http://www.doi.org/10.1006/bcon.1998.0611>
- De Clercq P, Peeters I, Vergauwe G, Thas O (2003) Interaction between *Podisus maculiventris* and *Harmonia axyridis* two predators used in augmentative biological control in greenhouse crops. *J Biol Control* 48(1):39–55
- De Clercq P, Coudron TA, Riddick EW (2013) Heteropteran predator production: status and contributions to mass production of insects. Conference: Entomological Society of America Annual Meeting 1:57–100
- Evans EW, Stevenson AT, Richards DR (1999) Essential versus alternative foods of insect predators: benefits of a mixed diet. *Oecologia* 121:107–112
- Dixon AFG. (2000) *Insect Predator-Prey Dynamics*. Ladybird Beetles & Biological Control. Cambridge. University Press. 257 p.
- Dixon AFG (1958) The escape responses shown by certain aphids to the presence of the coccinellid *Adalia decempunctata* (Linnaeus). *Trans R Entomol Soc Lond* 110(11):319–334. <http://www.doi.org/10.1111/j.1365-2311.1958.tb00786.x>
- Kasem AES, Anisimov AI (2016) Development and reproductive potential of a generalist predator, *Podisus maculiventris* (Hemiptera: Aspionae) feeding adult of grain moth. Abstracts and Program of the 14th International Symposium on Biocontrol and Biotechnology. Saint-Petersburg. p. 35
- Li LY, Zhu DF, Zhang ML, Guo MF (1997) Biology and rearing methods of *Eocanthecona furcellata* (Wolff) (Hemiptera: Pentatomidae). In: Li LY (ed.) *Parasitoids and Predators (Insecta) of Agricultural and Forestry Arthropod Pests*. Guangzhou. Guangdong High Education Press. 234–240.
- Lundgren JG (2011) Reproductive ecology of predaceous *Heteroptera*. *Biol Control* 59(1):37–52. <http://www.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2011.02.009>
- Orr DB, Russin JS, Boethel DJ (1986) Reproductive biology and behavior of *Telenomus calvus* (Hymenoptera: Scelionidae), a phoretic egg parasitoid of *Podisus maculiventris* (Hemiptera: Pentatomidae). *Can Entomol* 118:1063–1072. <http://www.doi.org/10.4039/Ent1181063-10>
- Pascual-Ruiz S, Carrillo LIV, Álvarez-Alfageme F, Ruíz MF et al (2009) The effects of different prey regimes on the proteolytic digestion of nymphs of the spined soldier bug, *Podisus maculiventris* (Hemiptera: Pentatomidae). *Bull Entomol Res* 99(5):487–491. <http://www.doi.org/10.1017/S0007485308006561>
- Richman DB, Whitcomb WY (1978) Comparative life cycles of four species of predatory stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae). *Florida Entomologist* 61(3):113–119
- Warren LO, Wallis G (1971) Biology of the spined soldier bug, *Podisus maculiventris* (Hemiptera: Pentatomidae). *J Georgia Entomol Soc* 6:109–116

Zanuncio J, Molina-Rugama AJ, Serrão JE, Pratisoli D (2001) Nymphal development and reproduction of *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) fed with combinations of *Tenebrio molitor* (Coleoptera:

Tenebrionidae) pupae and *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) larvae. *Biocontrol Sci Technol* 11(3):331–337. <http://www.doi.org/10.1080/09583150120055736>

Translation of Russian References

Agasyeva IS, Ismailov VYa (2012) [Predatory insects and their role in the biological plant protections.]. In: *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Biologicheskaya zashchita rasteniy – osnova stabilizatsii agroekosistem»*. Krasnodar: VNIIBZR. 68–71 (In Russian)

Agasyeva IS, Ismailov VYa (2016) [The role of biotechnology in the biological plant protection] *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 58:67–74 (In Russian)

Agasyeva IS, Ismailov VYa, Fedorenko EV, Nefedova MV (2013) [Breeding and use of predatory bugs of pentatomids against the Colorado potato beetle] *Zashchita rasteniy* 11:21–23 (In Russian)

Anisimov AI, Kasem AES, Kozlova EG (2016) [The use of three species of aphids for feeding nymphs of the podysus up to the 3rd instar stage] In: *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Biologicheskaya zashchita rasteniy – osnova stabilizatsii agroekosistem»*. Krasnodar: VNIIBZR. 204–207 (In Russian)

Asyakin BP, Krasavina LP, Kozlova EG, Belyakova NA i dr. (2001) [Technological regulations for the production of gall midges of aphidymysis]. SPb.: VIZR. 12 s. (In Russian)

Belyakova NA (2013) [Production of entomophages for greenhouse crop production] *Zashchita i karantin rasteniy* 5:9–12 (In Russian)

Bondarenko NV, Voronova OV (1989) [*Gallica aphidimysis*: a method of mass breeding and use against aphids in greenhouse vegetable crops]. *Biologicheskii metod borby s vreditelyami ovoshchnykh kultur*. Sbornik nauchnykh statey. M.: Agropromizdat. 8–19 (In Russian)

Gusev GV, Zayats YuV, Perepelitsa LV, Shmettser NV (1982) [Guidelines for the breeding and storage of a predatory bug *Podysus*]. L.: VIZR. 18 s. (In Russian)

Kozlova EG, Anisimov AI, Hodzhash AA (2018) [Adaptation of the predatory bug of the *Podisus maculiventris* to the nutrition of *Schizaphis graminum* aphids in the early stages of development]. In: *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Biologicheskaya zashchita rasteniy – osnova stabilizatsii agroekosistem»*. Krasnodar: VNIIBZR. 233–236 (In Russian)

Nefedova MV (2018) [Development of methods for breeding and use of predatory bugs *Perillus bioculatus* Fabr. and *Podisus maculiventris* Say for biological control of the Colorado potato beetle considering the efficiency of natural entomophage populations] 24s. (In Russian)

Plant Protection News, 2019, 3(101), p. 50–57

OECD+WoS: 4.01+AM (Agronomy)

[http://doi.org/10.31993/2308-6459-2019-3\(101\)-50-57](http://doi.org/10.31993/2308-6459-2019-3(101)-50-57)

Full-text article

THE USE OF THREE APHID SPECIES FOR THE PREDATORY BUG PODISUS BREEDING

E.G. Kozlova¹, A.E.S. Kassem², A.I. Anisimov^{2*}

¹All-Russian institute of plant protection, St. Petersburg, Russia

²St. Petersburg Agrarian University, St. Petersburg, Russia

*corresponding author, e-mail: anisimov_anatoly@mail.ru

Podisus maculiventris, the spined soldier bug, is one of the most promising entomophages for agricultural plants protection. Most often the larvae of *Galleria mellonella* are used for *Podisus maculiventris* rearing, but this method is rather expensive and sometimes not reliable. The comparative tests of 3 aphid species (*Schizaphis graminum*, *Megoura viciae* and *Myzus persicae*) as food for predatory bug nymphs have been conducted. The study used the following criteria: nymphs survival and developmental time; emerging bugs weight; preoviposition period duration; adult bugs fecundity and longevity; egg batches volume and number; egg viability. It is shown that the development and reproductive potential of predatory bug are decreasing in the majority of cases. However, an option to use aphids for spined soldier bug rearing has been found, namely feeding the nymphs until the 3rd instar, inclusively. The survival rate of nymphs was reduced by 20.6% and the nymph development time was increased by 20–25% but can be improved by predatory bug adaptation to the aphid diet during artificial selection. The other indicators of development and reproductive potential important for mass rearing of predator did not change significantly. A slight decrease in the viability of eggs is not practically important since the nymphs and adults feeding are most costly. in spined soldier bug mass rearing. Undoubtedly, a positive effect of predator nymphs feeding with aphids is the decrease of preoviposition period.

Keywords. Plant protection, *Podisus maculiventris*, mass rearing, aphid

Received: 06.04.2019

Accepted: 13.09.2019