

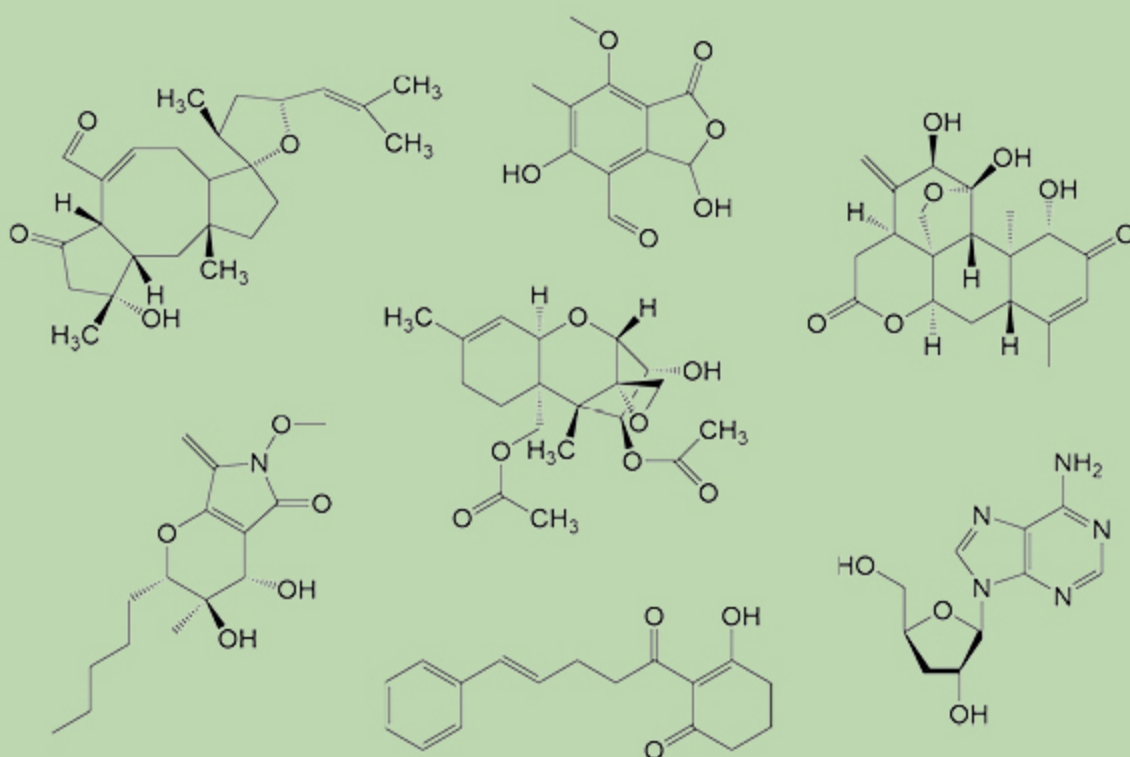


ISSN 1727-1320 (Print),
ISSN 2308-6459 (Online)

ВЕСТНИК ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

PLANT PROTECTION NEWS

2023 TOM 106 ВЫПУСК 1
VOLUME ISSUE



Санкт-Петербург
St. Petersburg, Russia

**ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ РАЗВЕДЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ХИЩНОГО КЛОПА
PODISUS MACULIVENTRIS В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ****И.В. Андреева^{1,2*}, В.П. Цветкова², Н.И. Агриколянская¹, В.С. Масленникова²,
Е.И. Шаталова^{1,2}, А.А. Зенкова²**¹Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук,
п. Краснообск, Новосибирская обл.²Новосибирский государственный аграрный университет, г. Новосибирск

* ответственный за переписку, e-mail: iva2008@ngs.ru

Хищный клоп подизус *Podisus maculiventris* – многоядный энтомофаг, перспективный для использования в мероприятиях по биологической защите картофеля от колорадского жука в Западной Сибири. Совершенствование и адаптация к условиям региона технологий разведения и применения подизуса целесообразны для сокращения экономических затрат на его перевозку и массовую наработку. В лабораторных условиях выявлена эффективность использования разных видов жертв (личинок большой вошинной огневки, капустной моли, большого мучного хрущака и виковой тли) для поддержания высоких показателей производительности маточной культуры хищного клопа. При смешанном питании наблюдалась высокая выживаемость личинок энтомофага, количество имаго следующего поколения составляло в среднем 78% от первоначальной численности, увеличивались масса самок и самцов до 75 и 56 мг, соответственно, плодовитость составила 540 яиц на 1 самку. В лабораторных условиях прожорливость хищника варьировала от 1.8 до 8.4 особей колорадского жука в зависимости от стадии развития энтомофага и возраста личинок вредителя. В результате трехлетних полевых испытаний (2018–2020 гг.) на картофеле сорта Юна биологическая эффективность энтомофага против колорадского жука составляла от 66 до 85%, а при совместном использовании хищного клопа и биопрепарата Битоксибациллин увеличивалась до 98.5%. В 2020 г. эффективность энтомофага при выпуске в соотношении хищник-жертва – 1:5.0–6.5 на разных сортах картофеля составляла 63–75%.

Ключевые слова: колорадский жук, хищный клоп, энтомофаг, лабораторная культура, биотический потенциал, смешанный корм, прожорливость, биологическая эффективность

Поступила в редакцию: 10.01.2023

Принята к печати: 10.03.2023

Введение

Использование энтомофагов для контроля численности вредителей в России становится все более популярным мероприятием защиты сельскохозяйственных растений не только в условиях теплиц, но и в агроценозах открытого грунта (Коваленков, 2015; Агасьева и др., 2017а; Комарова и др., 2021). В Сибири, не смотря на климатические особенности зоны, оказывающие значительное влияние на эффективность биологических средств, интерес к изучению и практическому применению энтомофагов постоянно возрастает, они становятся все более востребованными (Андреева и др., 2016). С одной стороны, потенциал местных видов насекомых-энтомофагов недостаточно изучен и практически не реализован, что предполагает необходимость проведения исследования в данном направлении. С другой стороны, перспективным представляется изучение возможности использования интродуцированных видов биологических агентов для регуляции численности таких же, завезенных и обосновавшихся в регионе фитофагов.

Так, фитосанитарная ситуация в агроценозах картофельного поля осложняется вредоносностью колорадского жука, который, начиная с 2000-х годов перестал быть карантинным вредителем на территории Западной Сибири (Цветкова и др., 2010; Малюга и др., 2011). Для борьбы с фитофагом широко используются химические

инсектициды, преимущественно из группы неоникотиноидов и пиретроидов, а также биологические препараты бактериального происхождения и на основе метаболитов микроорганизмов – Битоксибациллин, П, Инсектобактелин, СП, Фитоверм, КЭ (Каталог пестицидов и агрохимикатов..., 2022). Однако, при разработке систем защиты растений от вредных для растений видов, необходимо учитывать региональный аспект, включающий особенности технологии возделывания сельскохозяйственной культуры, сортовой ассортимент, погодноклиматические условия, популяционный состав вредителей и прочие факторы, способные оказать существенное влияние на результативность проводимых защитных мероприятий, особенно на эффективность биологических средств.

Хищный клоп подизус *Podisus maculiventris* Say, интродуцированный в нашу страну для биологического контроля колорадского жука, является многоядным видом и признан перспективным для использования и против других вредителей (Ахатов, 2016; De Clercq et al., 2002; Desurmont, Weston, 2008). Этот вид хорошо изучен, разработаны технологии его разведения и применения, в частности, в условиях Краснодарского края (Агасьева и др., 2017б; Нефедова, 2017; Нефедова, Агасьева, 2019). Перспективы использования подизуса для регуляции

численности колорадского жука в Сибири предполагают массовое разведение энтомофага на базе региональных биолaborаторий (территориально близко расположенных к месту выпуска), т.к. перевозка живого материала из Европейской части страны экономически не целесообразна. Не менее важен и экологический аспект применения энтомофага, касающийся охраны окружающей среды и здоровья населения в регионе со сложными погодными-климатическими условиями. Следует отметить, что в Сибири, и в Новосибирской области, в частности, ежегодно увеличивается площадь пахотных земель, отводимых под органическое земледелие, поэтому актуальность использования энтомофагов в целях защиты растений от вредителей

будет неуклонно возрастать. В связи с этим, актуальны исследования по адаптации и совершенствованию элементов технологий разведения подизуса, а также изучение эффективности применения хищного клопа против местных популяций колорадского жука и возможности совместного использования с биопрепаратами.

В связи с этим, в задачи исследований входило совершенствование отдельных элементов технологии разведения хищного клопа подизуса для поддержания высоких показателей маточной культуры и первичная оценка принципиальной возможности использования энтомофага против колорадского жука в полевых условиях Западной Сибири.

Материалы и методы

Исследования проводили с лабораторными, лабораторно-полевыми культурами и естественными популяциями насекомых. Лабораторная культура подизуса (*Podisus maculiventris* Say) получена для проведения научных работ из коллекции Всероссийского научно-исследовательского института защиты растений (ВИЗР) и с 2016 года содержится в лабораториях «Разведения энтомоакарифагов» Новосибирского государственного аграрного университета (НГАУ) и «Биологического контроля фитофагов и фитопатогенов» Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий (СФНЦА РАН).

В экспериментах по культивированию энтомофага были использованы лабораторные культуры насекомых-фитофагов, служащих в качестве кормового субстрата для подизуса – большого мучного хрущака *Tenebrio molitor* L., виковой тли *Megaura viciae* Buckt., капустной моли *Plutella xylostella* L., большой вошинной огневки *Galleria melonella* L. (из коллекции СФНЦА). Разведение насекомых осуществляли по общепринятым и адаптированным к условиям лаборатории методикам (Бондаренко, Воронова, 1989; Асякин и др., 2001; Штерншис и др., 2006; Березин и др., 2008; Коновалова, 2009) и оригинальным методам (Андреева и др., 2020). Для определения прожорливости хищного клопа использовали лабораторно-полевыми культуру колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say). В агроценозе картофельного поля биологические средства подизуса и биопрепарат Битоксибациллин (БТБ) испытывали на местной популяции вредителя.

Битоксибациллин, П (ООО ПО «Сиббиофарм»), действующее вещество – *Bacillus thuringiensis*, var. *thuringiensis*, штамм 98 (БА-1500 ЕА/мг, титр не менее 20 млрд спор/г).

Методика лабораторных экспериментов по оценке выживаемости и биотического потенциала подизуса при использовании различных видов насекомых-жертв.

Личинок подизуса второго возраста помещали в пластиковые контейнеры объемом 250 мл, содержащие вату, смоченную водой для поддержания водного баланса клопов, и кормовых насекомых в соответствии с вариантами опыта. Три раза в неделю учитывали живых особей и отмечали возраст личинок, а также проводили смену корма и поилок. Контейнеры с опытными насекомыми содержали при постоянных условиях – температуре +25 °С и 16-ти часовом световом периоде в термостатированном помещении. Повторность опыта 4-х кратная, в повторности – по 10 личинок. Опыты проводили в двукратном повторении с

последующим усреднением полученных значений. Варианты опыта включали следующие виды кормовых насекомых: гусениц большой вошинной огневки (*G. mellonella*) и капустной моли (*P. xylostella*), личинок большого мучного хрущака (*T. molitor*), бобовую тлю (*M. viciae*) и смешанный корм. В варианте со смешанным кормом подизусу давали все виды испытываемых насекомых в избытке, чередуя их при каждом кормлении. Несъеденных насекомых удаляли из контейнера и заменяли их на следующий вид кормового насекомого. Таким образом, создавались условия, при которых у хищных клопов не было возможности выбора наиболее предпочитаемого вида жертвы, и в рацион энтомофага попадали все виды кормовых насекомых.

После линьки на имаго, их разделяли по полу и взвешивали массу тела на электронных весах Ohaus с погрешностью 0.1 мг.

На следующем этапе опыта взрослых особей содержали в пластиковых контейнерах из расчета 3 самки и 3 самца на повторность и кормили теми же видами насекомых, которыми питались личинки подизуса. Учет живых особей, подкормку, сбор и подсчет яиц проводили 3 раза в неделю. Плодовитость определяли с пересчетом на 1 самку. Повторность этого этапа опыта – 3-х кратная.

Вторую серию опытов (в 2-х кратном повторении) проводили по той же методике, но с использованием в качестве жертв для энтомофага личинок колорадского жука (*L. decemlineata*), зеленой падальной мухи (*Lucilia caesar* L.) в сравнении с эталоном (*G. mellonella*).

Прожорливость подизуса изучали по следующей методике. В чашку Петри помещали кормовое растение для колорадского жука – лист картофеля и помещали по 10 личинок (L₂ или L₃) вредителя из расчета на 1 повторность. Затем подсаживали хищного клопа в разных фазах развития. Для оценки прожорливости имаго в чашку подсаживали 1 самку, для изучения прожорливости личинок энтомофага – подсаживали по 2 особи одинакового возраста. Через 1 сутки учитывали количество оставшихся в живых особей колорадского жука и проводили пересчет съеденных особей вредителя из расчета на 1 особь хищника.

Полевые эксперименты проводили на опытном поле УПХ «Сад Мичуринцев» НГАУ, территориально расположенном в лесостепи Приобья (Новосибирская область, Западная Сибирь – 55.029534, 82.985946), в 2018–2020 гг. Климат зоны характеризуется как континентальный, с относительно коротким и умеренно-теплым летом и продолжительно-холодной зимой. Длительность безморозного

периода составляет в среднем 120 дней. Гидротермический коэффициент с температурами воздуха выше +10°C равен 1.0.

Погодно-климатические условия вегетационных периодов 2018–2020 гг. по данным ГМС «Огурцово» Новосибирской области отличались от нормы, как по температурному режиму, так и по количеству осадков. Два сезона (2019 и 2020 гг.) были отмечены как теплые, превышение среднесуточной температуры в отдельные месяцы достигало 4.6–4.8°C. При этом отклонение от нормы наблюдалось преимущественно в весенние (апрель, май) и осенние (сентябрь) месяцы, что проявлялось в удлинении периода вегетации. Вегетационный сезон 2018 года характеризовался холодной затяжной весной, в связи с чем, сроки посадки картофеля были существенно сдвинуты. В целом 2018–2020 гг. отличались избыточным увлажнением, за исключением отдельных месяцев, когда количество осадков было ниже среднесуточных значений.

Полевые опыты в садах по изучению эффективности хищного клопа подизуса против колорадского жука проводили на посадках картофеля сорта Юна. На модельные растения с находящимися на них личинками колорадского жука выпускали личинок 3-го возраста энтомофага в количестве 10 шт. (соотношение хищник-жертва составляло 1:3.0–3.5). Модельные растения закрывали садами из

прочной прозрачной ткани (мельничный газ) для исключения миграции насекомых и точного учета численности вредителя и энтомофага (Půža et al., 2021). Биологическую эффективность подизуса сравнивали с обработкой биопрепаратом Битоксикациллин в 0.7%-й концентрации (эталон) и контрольным вариантом (без защитных мероприятий). В варианте с совместным применением биопрепарата и подизуса первоначально на растения выпускали хищника, а затем проводили опрыскивание. Повторность опыта 5-ти кратная. Размещение повторностей на опытном участке рендомизированное.

В полевом эксперименте 2020 г. на опытном участке выпуск энтомофага проводили на растения картофеля (без укрытия) на площади 0.1 га исходя из соотношения хищник-жертва – 1:5–6.5, что в пересчете на 1 га составило 216–280 тыс. особей.

Биологическую эффективность (БЭ, %) определяли по формуле Аббота.

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили, используя пакет программ Microsoft Excel с вычислением средних значений и стандартных отклонений ($\pm SD$). Достоверность различий средних значений между вариантами опытов оценивали методом дисперсионного анализа (Snedecor), при $p \leq 0.05$.

Результаты

Результаты лабораторных экспериментов свидетельствуют том, что качество корма, которым питается подизус, является одним из основных факторов, оказывающим существенное влияние не только на выживаемость личинок и выход имаго (табл. 1), но и на следующее поколение энтомофага (табл. 2).

Выживаемость личинок младших возрастов хищного клопа была высокой (92.5–100%) и существенно не различалась при использовании разных видов жертв, за исключением варианта с виковой тлей, где до 3-го возраста доживало лишь 17.5% особей. В дальнейшем питание различными видами насекомых отразилось в показателях по выходу имаго и массе перелинявших особей самок и

Таблица 1. Выживаемость личинок хищного клопа *Podisus maculiventris* в зависимости от вида жертвы

Показатель	Виды жертв				
	личинки <i>Galleria melonella</i>	личинки <i>Plutella xylostella</i>	личинки <i>Tenebrio molitor</i>	<i>Megaura viciae</i>	смешанный корм*
Длительность развития личинок со II возраста до имаго, сутки	13÷19	21÷24	12÷19	–	15÷19
Выживаемость личинок II-III возрастов, %	100	100	92.5	17.5	95.0
Выход имаго, %	80.0	7.5	55.0	0	78.3
Масса самок, мг, среднее±ст.ош.	64.4±3.1	37.7±8.8	59.2±2.6	–	74.8±7.4
Масса самцов, мг, среднее±ст.ош.	51.6±1.7	32.6**	48.1±3.0	–	56.0±2.6

* – смена вида жертвы при каждом кормлении

** – в варианте был получен только 1 самец

Table 1. Survival of larvae of predatory bug *Podisus maculiventris* depending on the species of prey

Index	Prey species				
	Larvae of <i>Galleria melonella</i>	Larvae of <i>Plutella xylostella</i>	Larvae of <i>Tenebrio molitor</i>	<i>Megaura viciae</i>	Mixed feed*
Duration of development from second instar larvae to adult, days	13÷19	21÷24	12÷19	–	15÷19
Survival of II-III instars, %	100	100	92.5	17.5	95.0
Adult outcome, %	80.0	7.5	55.0	0	78.3
Weight of females, mg, mean±SE	64.4±3.1	37.7±8.8	59.2±2.6	–	74.8±7.4
Weight of males, mg, mean±SE	51.6±1.7	32.6**	48.1±3.0	–	56.0±2.6

* – change of prey species at each feeding

** – only one male specimen molted to adult

самцов. При этом количество вышедших имаго нового поколения в варианте, где личинки питались смешанным кормом, практически не отличалось от эталонного варианта (с использованием галлерии), а масса самцов и самок была наибольшей. Поскольку в варианте с использованием в качестве корма для подизуса гусениц капустной моли на имаго смогли перелинять только 3 особи, которые в дальнейшем погибли, а в варианте с виковой тлей до имаго не дожило ни одной особи, то эти варианты были исключены из дальнейших исследований.

Питание хищника на личиночной стадии смешанным кормом приводило не только к увеличению массы тела имаго, но и повышению плодовитости самок следующего поколения (табл. 2). После отрождения имаго их продолжали кормить тем же кормом, которым питались личинки. Максимальный период жизни имаго наблюдался в варианте со смешанным кормом, где и самки и самцы смогли прожить до 75 суток. Самый короткий период жизни имаго наблюдался у самцов, питавшихся галлерией (54 суток) и у самок, питавшихся личинками хрущака (64 суток).

Таблица 2. Длительность жизни имаго и плодовитость самок *Podisus maculiventris* нового поколения в зависимости от вида жертвы

Вариант	Максимальный период жизни имаго, сутки		Плодовитость за весь период жизни, яиц/самку, среднее±ст.ош.	Относительная плодовитость, % от общей плодовитости	
	самок	самцов		Первый месяц	Второй месяц
Гусеницы <i>Galleria melonella</i>	71	54	504.7±39.4	61.5	38.5
Личинки <i>Tenebrio molitor</i>	64	71	345.0±63.5	64.3	35.7
Смешанный корм	75	75	539.6±63.9	51.2	48.8
НСП ₀₅	-	-	203.49	-	-

Table 2. Adult life span and fertility of *Podisus maculiventris* females of the new generation depending on the species of prey

Вариант	Maximal longevity, days		Total fertility, eggs/female, mean±SE	Relative fertility, % of total fertility	
	females	males		First month	Second month
Larvae of <i>Galleria melonella</i>	71	54	504.7±39.4	61.5	38.5
Larvae of <i>Tenebrio molitor</i>	64	71	345.0±63.5	64.3	35.7
Mixed feed	75	75	539.6±63.9	51.2	48.8
LSD ₀₅	-	-	203.49	-	-

Откладка яиц самками продолжалась на протяжении всего периода их жизни (около 2-х месяцев). При этом в вариантах, где личинок и имаго кормили гусеницами галлерии и личинками большого мучного хрущака, больше яиц самки откладывали в первую половину жизни (первый месяц), что составляло 61.5% (личинки галлерии) и 64.3% (личинки хрущака). В варианте, где подизус питался смешанным кормом, распределение яиц по периоду жизни было более равномерным – в первый месяц самками было

отложено 51.2% яиц, во второй месяц – 48.8%, а плодовитость была наибольшей.

Существенное влияние вида жертвы на выживаемость и другие показатели жизнедеятельности хищного клопа подизуса было доказано и в другой серии экспериментов, в которых в качестве корма для хищника использовали гусениц галлерии (эталонный вариант), личинок колорадского жука и зеленой падальной мухи (табл. 3).

Таблица 3. Влияние вида жертвы на жизнеспособность и биотический потенциал хищного клопа *Podisus maculiventris* в лабораторных условиях

Показатель	Виды жертв		
	<i>Galleria melonella</i>	<i>Leptinotarsa decemlineata</i>	<i>Lucilia caesar</i>
Длительность развития личинок со II возраста до имаго, сутки	10÷14	14÷20	12÷20
Выход имаго, % ± ст.ош.	80.0±8.7	58.0±4.2	28.0±8.9
Масса самок, мг, среднее ± ст.ош.	72.2±2.1	63.2±2.3	71.0±4.9
Масса самцов, среднее ± ст.ош.	55.4±1.6	45.6±2.9	47.8±2.1
Плодовитость за первый месяц жизни имаго, яиц на 1 самку, среднее ± ст.ош.	441.3±57.0	450.8±54.3	154.0±65.9*

* – не все самки в варианте доживали до одного месяца

Table 3. The impact of the prey species on the viability and biotic potential of the predatory bug *Podisus maculiventris* under laboratory conditions

Variant	Prey species		
	<i>Galleria melonella</i>	<i>Leptinotarsa decemlineata</i>	<i>Lucilia caesar</i>
Duration of development from second instar larvae to adult, days	10÷14	14÷20	12÷20
Adult outcome, % ± SE	80.0±8.7	58.0±4.2	28.0±8.9
Weight of females, mg, mean ± SE	72.2±2.1	63.2±2.3	71.0±4.9
Weight of females, mg, mean ± SE	55.4±1.6	45.6±2.9	47.8±2.1
Female fertility during the first month of adulthood, eggs/female, mean ± SE	441.3±57.0	450.8±54.3	154.0±65.9*

* – not all females survived for one month

Несмотря на то, что подизус рекомендован для регуляции численности колорадского жука, питание личинок энтомофага личинками этого вредителя приводило к удлинению периода преимагинальной фазы, гибели значительной части особей (до 42%) и снижению массы тела самцов и самок следующего поколения по сравнению с эталонным вариантом. Однако выкармливание подизуса колорадским жуком не отразилось на плодовитости самок, которая в этом варианте была достаточно высокой и составляла 450.8 ± 54.3 яиц. Наименее пригодным кормом

для подизуса оказались личинки зеленой падальной мухи, питание которыми вызывало существенную гибель личинок и взрослых особей хищного клопа и снижение плодовитости, несмотря на то, что масса тела самок в этом варианте была на уровне эталона.

Результаты лабораторного опыта по изучению эффективности хищного клопа подизуса в отношении колорадского жука показали, что прожорливость хищника зависит от фазы его развития, а также от возраста личинок энтомофага и жертвы (табл. 4).

Таблица 4. Прожорливость хищного клопа *Podisus maculiventris* при питании личинками колорадского жука

Фаза развития хищного клопа	Возраст личинок колорадского жука	Количество личинок колорадского жука, съеденных подизусом за 1 сутки, среднее \pm SE
Личинки второго возраста	III	1.8 \pm 0.5
Личинки третьего возраста	III	2.8 \pm 0.5
Личинки четвертого возраста	III	2.9 \pm 0.5
Имаго	II	8.4 \pm 0.7
Имаго	III	6.0 \pm 1.1

Table 4. The voracity of the predatory bug *Podisus maculiventris* feeding with Colorado potato beetle

Predatory bug developmental stage	Larval instar of Colorado potato beetle	Number of larvae consumed per day, mean \pm SE
Second instar	III	1.8 \pm 0.5
Third instar	III	2.8 \pm 0.5
Fourth instar	III	2.9 \pm 0.5
Adult	II	8.4 \pm 0.7
Adult	III	6.0 \pm 1.1

С увеличением возраста личинок хищного клопа возрастало и количество съеденных ими за сутки особей вредителя, однако большее количество жертв потребляли взрослые особи – в среднем от 6.0 до 8.4 в зависимости от возраста личинок колорадского жука.

Кроме перечисленных выше видов насекомых-жертв личинки и взрослые особи подизуса в лабораторных условиях активно питались личинками калинового листоеда, капустной совки, лугового мотылька, боярышницы, особи которых были собраны в природных условиях сибирского региона.

В условиях юга европейской части России отработана технология применения и доказана эффективность хищного клопа подизуса для защиты картофеля от колорадского жука (Саулич, Мусолин, 2011; Нефедова, 2018; Нефедова, Агасьева, 2019). В условиях Сибири подобные исследования были проведены впервые. Трехлетние полевые испытания энтомофага и биопрепарата Битоксибациллин были выполнены на сорте картофеля Юна и выявили достаточно высокую эффективность биологических средств против основного вредителя этой культуры (табл. 5).

Таблица 5. Биологическая эффективность хищного клопа *Podisus maculiventris* и биопрепарата Битоксибациллин (БТВ) против колорадского жука в полевых условиях, УПХ «Сад Мичуринцев» НГАУ

Вариант	Биологическая эффективность, % на 5-е сутки			Поврежденность растений, % на 5-е сутки		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020
Контроль	–	–	–	15.0	69.0	43.0
Выпуск подизуса	66.2	75.1	85.4	5.4	1.0	7.0
Обработка БТВ	64.6	64.4	62.0	3.0	6.4	8.0
Выпуск подизуса и обработка БТВ	87.7	97.9	98.5	1.0	0	0
HCP ₀₅		17.14		3.02	15.27	12.71

Table 5. Biological efficacy of the predatory bug *Podisus maculiventris* and the biological preparation Bitoksibatsillin (BTB) against the Colorado beetle under the field conditions, Novosibirsk State Agrarian University

Variant	Biological efficiency, % on day 5			Plant damage, % on day 5		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020
Control	–	–	–	15.0	69.0	43.0
<i>Podisus</i> release	66.2	75.1	85.4	5.4	1.0	7.0
BTB treatment	64.6	64.4	62.0	3.0	6.4	8.0
<i>Podisus</i> release & BTB treatment	87.7	97.9	98.5	1.0	0	0
LSD ₀₅		17.14		3.02	15.27	12.71

Биологическая эффективность хищного клопа несколько варьировала по годам исследования от 66.2 до 85.4%, но в целом была выше этого показателя в варианте с обработкой картофеля биопрепаратом Битоксибациллин в рекомендованной норме расхода. При совместном использовании энтомофага и биопрепарата эффективность защитных мероприятий существенно увеличивалась и достигала 98.5% (2020 г.). Поврежденность растений личинками колорадского жука при использовании биологических средств значительно уменьшалась, а в варианте

с совместным использованием биопрепарата и подизуса практически отсутствовала, по сравнению с контролем, где обработку и выпуск хищного клопа не проводили.

В полевом эксперименте 2020 года при выпуске подизуса на разные сорта картофеля (Розара, Свитанок Киевский, Хозяюшка, Кемеровчанин) при первичном соотношении хищник-жертва – 1:5.0–6.5 биологическая эффективность энтомофага на 5-е сутки опыта составляла от 62.9 до 75.0% в зависимости от сорта культуры и заселенности растений вредителем.

Обсуждение

Полученные в результате проведенных лабораторных экспериментов данные, свидетельствуют о повышении основных показателей жизнеспособности и биотического потенциала хищного клопа подизуса при кормлении их смешанным кормом, включающим несколько видов фитофагов. Вероятно, это связано с тем, что подизус является широким полифагом и в природных условиях поедает разные виды насекомых. Подобные исследования, проведенные другими экспериментаторами, привели к сходным заключениям. Так, при питании нимф *P. maculiventris* по отдельности колорадским жуком (*L. decemlineata*), личинками египетской хлопковой совки (*Spodoptera littoralis* (Boisduval) и личинками и куколками падальных мух (Diptera: Calliphoridae) не наблюдалось различий между этими вариантами, а при использовании смеси трех перечисленных видов жертв увеличивалась масса энтомофага и сокращался период развития его личиночной стадии (Pascual-Ruiz et al., 2009). Zanuncio et al. (2001) предлагают совместное использование куколок *T. molitor* и личинок *Musca domestica* в качестве жертвы для разведения *Podisus nigrispinus*. Аналогичные сведения по смешанному питанию приводят Гусев Г.В. с соавторами (1982) – при кормлении личинок подизуса двумя видами насекомых (большой вошинной огневкой и эфестией *Ephestia kuehniella* Zll.) процент выхода имаго нового поколения увеличивался до 85%.

Несмотря на полифагию жизнеспособность и биотический потенциал подизуса, как и других многоядных видов насекомых, существенно зависит от вида корма, что необходимо учитывать при разведении этого энтомофага. Неравнозначность видов жертв для подизуса доказана результатами проведенных нами исследований и согласуется данными других авторов. Так, по нашим наблюдениям использование в качестве источника питания для личинок хищного клопа гусениц капустной моли и виковой тли целесообразно только в период младших возрастов (II-III), а также как добавку при смешанном питании. В другом исследовании сделаны аналогичные выводы при изучении возможности выкармливания нимф подизуса тремя видами тлей (виковой, злаковой и персиковой), показана возможность их использования в качестве жертв для энтомофага только на ранних стадиях его развития (Козлова и др., 2019).

Разработанные способы разведения хищного клопа на личинках синей мясной мухи *Calliphora uralensis* Villeneuve (Туганова, Волкович, 1988), на большой вошинной огневке (Гусев и др., 1982) и большом мучном хрущаче (Ширинян и др., 2012) имеют как преимущества, так и недостатки. Так, синяя мясная муха является разносчиком

дизентерийных микробов, яиц паразитических гельминтов и других кишечных инфекций и обладает низкой питательной ценностью для подизуса. Использование большой вошинной огневки увеличивает экономические затраты производства клопа подизуса, так как для разведения этого насекомого используются дорогостоящие компоненты корма (мед, воск), что отмечается рядом авторов (Гусев и др., 1982; Козлова и др., 2019). Культивирование подизуса на личинках большого мучного хрущача целесообразно для массового производства этого энтомофага. По данным М. Nefedova (2021), из четырех испытанных видов-жертв (*E. kuehniella*, *G. melonella*, *Zophobas morio* Fabr. и *T. molitor*) наибольшие показатели выживаемости и массы самок были получены в варианте, где личинки подизуса выкармливались куколками большого мучного хрущача. Более того, имеет значение не только вид жертвы, но и стадия его развития и возрастной состав личинок кормового насекомого, что было также выявлено на примере *T. molitor* (Gyawaly, 2011; Morales-Ramos et al., 2016; Nefedova, 2021). Стоит отметить, что сведения по массе имаго и плодовитости самок подизуса, приводимые в как в отечественных, так и зарубежных публикациях, варьируют в достаточно широких пределах. Причинами столь широкой дивергенции могут быть как условия культивирования, в том числе влияние кормового субстрата, так и происхождение культуры энтомофага, либо длительное воспроизводство лабораторной линии при определенных условиях. Также мало изучено влияние микрофлоры кишечника хищного клопа, изменение которой может отражаться на жизненном цикле и биотическом потенциале энтомофага (Ahsaei et al., 2020). Следует добавить, что некоторые исследователи указывают на отсутствие корреляции между массой тела самок подизуса и его плодовитостью (De Clereq et al., 1998; Zanuncio et al., 2001).

В целом, на основании результатов серии лабораторных экспериментов показано, что для поддержания высоких показателей жизнеспособности и плодовитости маточной культуры *P. maculiventris* целесообразно его содержание на смешанном корме, включающем разные виды насекомых-жертв, что возможно в биолaborаториях, где нарабатывается комплекс видов энтомофагов и их кормовых насекомых.

Биологическая эффективность применения хищного клопа подизуса против колорадского жука на уровне 66.2–85.4%, полученная в полевых экспериментах соответственно, позволяет сделать выводы о принципиальной возможности применения энтомофага в условиях Сибирского региона. Использование *P. maculiventris* совместно с биопрепаратом Битоксибациллин приводило к

увеличению эффективности защитных мероприятий до 98.5% и практически полному отсутствию повреждений защищаемой культуры. Исследования в этом направлении продолжаются.

Исследования выполнены при поддержке Российского научного фонда, грант № 23-26-00073.

Библиографический список (References)

- Агасьева ИС, Исмаилов ВЯ, Федоренко ЕВ, Нефедова МВ (2017а) Результаты апробации энтомоакарифагов в системах биологической защиты органических садов. Биологическая защита растений: успехи, проблемы, перспективы. *Информационный бюллетень ВПРС МОББ* 52:24–27
- Агасьева ИС, Нефедова МВ, Федоренко ЕВ, Умарова АО (2017б) Биологические особенности хищных клопов пентатомид и новые методы их культивирования на ИПС. *Биологические науки* 7(61):6–8
- Андреева ИВ, Цветкова ВП, Зенкова АА (2016) Перспективы использования энтомоакарифагов для биологического контроля фитофагов в условиях Сибирского региона. Сборник трудов научно-практической конференции «Актуальные проблемы агропромышленного комплекса». Новосибирск: НГАУ. 3–6
- Андреева ИВ, Шаталова ЕИ, Ульянова ЕГ (2020) Способ разведения капустной моли *Plutella xylostella* L. Патент на изобретение RU 2735251
- Асякин БП, Красавина ЛП, Козлова ЕГ, Белякова НА и др. (2001) Технологический регламент на производство галлицы афидимизы. СПб: ВИЗР. 12 с.
- Ахатов АК (2016) Практическое пособие по идентификации клещей и насекомых в овощных теплицах. М: Товарищество научных изданий КМК. 94 с.
- Березин МВ, Компанцева ТВ, Ткачева ЕЮ, Тюрина ЕС (2008) Методические рекомендации по разведению кормовых насекомых. М: Московский зоопарк. 48 с.
- 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
- Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации за 2022 г. <https://www.agroxxi.ru/goshandbook>
- Гусев ГВ, Заяц ЮВ, Перепелица ЛВ, Шметцер НВ (1982) Методические указания по разведению и хранению хищного клопа подизуса. Л.: ВИЗР. 18 с.
- Коваленков ВГ (2015) Антропогенные факторы и фитосанитарная дестабилизация. *Защита и карантин растений* (9):3–8
- Козлова ЕГ, Касем АЭС, Анисимов АИ (2019) Использование трех видов тлей при разведении хищного клопа подизуса. *Вестник защиты растений* (3)(101):50–57. [https://doi.org/10.31993/2308-6459-2019-3\(101\)-50-57](https://doi.org/10.31993/2308-6459-2019-3(101)-50-57)
- Комарова ОП, Козенко КЮ, Земляничина СВ (2021) Биологическая защита растений – одно из основных направлений снижения пестицидной нагрузки на агроценозы. *Международный научно-исследовательский журнал* 9(111):98–102. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.9.111.016>
- Коновалова ТВ (2009) Лабораторное содержание и разведение большой восковой огневки *Galleria mellonella* L. *Российский ветеринарный журнал* (4):46–48
- Малюга АА, Омельченко НА, Похлебин ЮН (2011) Колорадский жук: по пути на восток. *Защита и карантин растений* 8:20–23.
- 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. дис. ... к.б.н.* М. 23 с.
- Нефедова МС, Агасьева ИС (2019) Защита картофеля от колорадского жука биологическим методом. Материалы X всероссийской конференции молодых ученых и специалистов. ВНИИМК.123–127
- Саулич АХ, Мусолин ДЛ (2011) Биология и экология хищного клопа *Podisus maculiventris* (Say) (Heteroptera, Pentatomidae) и возможности его использования против колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae). Учебно-методическое пособие к курсу «Сезонные циклы насекомых» для студентов магистратуры на кафедре энтомологии. СПб. 84 с.
- Туганова ИА, Волкович ТА (1989) Способ разведения хищного клопа подизуса. Патент на изобретение SU 1531939
- Цветкова ВП, Гербер ОН, Штерншис МВ (2010) Препараты против сибирской популяции колорадского жука. *Защита и карантин растений* 1:34–35.
- Ширинян ЖА, Агасьева ИС, Исмаилов ВЯ, Федоренко ЕВ, Нефедова МВ (2012) Технологический регламент на производство *Podisus maculiventris*. Краснодар. 18 с.
- Штерншис МВ, Томилова ОГ, Андреева ИВ (2006) Биотехнология в защите растений. Учебное пособие. Новосибирск: НГАУ. 200 с.
- Ahsaei SM, Hosseiniaveh V, Talei-Hassanloui R, Zamani M (2020) contribution of bacterial gut symbionts to digestion and development in *Podisus maculiventris* (Hemiptera: Pentatomidae). *Proc Natl Acad Sci Ind Sect B Biol Sci* 90:959–967. <https://doi.org/10.1007/s40011-020-01165-3>
- De Clereq P, Merlevede F, Tirry, L (1998) Unnatural prey and artificial diets for rearing *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae) *Bio Control. Biol Control.* 12(2):137–142.
- De Clercq P, Wyckhuys K, Oliveira H, Klapwijk J (2002) Predation by *Podisus maculiventris* on different life stages of *Nezara viridula*. *Florida Entomologist* 85:197–202. [https://doi.org/10.1653/0015-4040\(2002\)085\[0197:PBPMO D\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2002)085[0197:PBPMO D]2.0.CO;2)
- Desurmont G, Weston PA (2008) Predation by *Podisus maculiventris* (Say) (Hemiptera: Pentatomidae) on viburnum leaf beetle, *Pyrrhalta viburni* (Paykull) (Coleoptera: Chrysomelidae), under laboratory and field conditions. *Environ Entomol* 37(5):1241–1251. <https://doi.org/10.1093/ee/37.5.1241>
- Gyawaly S (2011) Feeding Behavior of *Podisus maculiventris* (Say) (Hemiptera: Pentatomidae): Implications for Mass Rearing and Biological Control. *Graduate Theses, Dissertations, and Problem Reports.* 4727. <https://doi.org/10.33915/etd.4727>

- Morales-Ramos JA, Rojas MG, Shelby KS, Coudron TA (2016) Nutritional Value of Pupae Versus Larvae of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) as Food for Rearing *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae). *J Econ Entomol* 109(2):564–571. <https://doi.org/10.1093/jee/tov338>
- Nefedova M (2021) Breeding the predatory bug *Podisus maculiventris* Say to protect potatoes from *Leptinotarsa decemlineata* Say. *E3S Web Conf* 285:03012. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128503012>
- Pascual-Ruiz S, Carrillo L, Alvarez-Alfageme F, Ruiz M 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. <https://doi.org/10.1017/S0007485308006561>
- Půža V, Nermuť J, Konopická J, Skoková Habuštová O. (2021) Efficacy of the applied natural enemies on the survival of Colorado potato beetle adults. *Insects* 12(11):1030. <https://doi.org/10.3390/insects12111030>
- Zanuncio JC, Molina-Rugama AJ, Serrao J, 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. <https://doi.org/10.1080/09583150120055736>

Translation of Russian References

- Agasyeva IS, Ismailov VYa, Fedorenko YeV, Nefedova MV (2017a) [Results of testing of entomoacariphagous agents in biological protection systems of organic gardens]. *Biologicheskaya zashchita rasteniy: uspekhi, problemy, perspektivy. Informatsionnyy byulleten VPRS MOBB (52)24–27.a* (In Russian)
- Agasyeva IS, Nefedova MV, Fedorenko YEV, Umarova AO (2017b) [Biological features of predatory pentatomid bugs and new methods of their cultivation on IPS]. *Biologicheskaya nauka* 7(61): 6–8 (In Russian)
- Andreeva IV, Tsvetkova VP, Zenkova AA (2016) [Prospects for the use of entomoacariphages for biological control of phytophages in the conditions of the Siberian region]. *Proceedings of the scientific and practical conference “Actual problems of the agro-industrial complex”*. Novosibirsk: NGAU. 3–6 (In Russian)
- Andreeva IV, Shatalova EI, Ulyanova EG (2020) Method of breeding diamondback moth *Plutella xylostella* L. Patent RU 2735251. (In Russian)
- Asyakin BP, Krasavina LP, Kozlova EG, Belyakova NA and al (2001) [Technological regulations for the production of gallica afidimiza]. St. Petersburg. VIZR. 12 p. (In Russian)
- Akhatov AK (2016) [Practical guide to the identification of mites and insects in vegetable greenhouses]. Moscow: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK. 94 p. (In Russian)
- Berezin MV, Kompantseva TV, Tkacheva EYu, Tyurina ES (2008) [Methodological recommendations for breeding forage insects]. Moscow: Moskovskiy zoopark. 48 p. (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*. Moscow: Agropromizdat. 8–19 (In Russian)
- State catalog of pesticides and agrochemicals approved for use in the territory of the Russian Federation for 2022. <https://www.agroxxi.ru/goshandbook> (In Russian)
- Gusev GV, Zayats YuV, Perepelitsa LV, Shmettser NV (1982) [Guidelines for the breeding and storage of a predatory bug Podisus]. L.: VIZR. 18 s. (In Russian)
- Kovalenkov VG (2015) [Anthropogenic factors and phytosanitary destabilization]. *Zashchita i karantin rasteniy* 9:3–8 (In Russian)
- Kozlova YEG, Kasem AES, Anisimov AI (2019) [The use of three species of aphids in breeding predatory bug Podisus]. *Vestnik zashchity rasteniy* 3(101):50–57 [https://doi.org/10.31993/2308-6459-2019-3\(101\)-50-57](https://doi.org/10.31993/2308-6459-2019-3(101)-50-57) (In Russian)
- Komarova OP, Kozenko KYu, Zemlyanitsyna SV (2021) [Biological protection of plants is one of the main directions of reducing the pesticide load on agrocenoses]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal* 9(111):98–102. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.9.111.016> (In Russian)
- Konovalova TV (2009) [Laboratory maintenance and breeding of the greater wax moth Galleria mellonella L.]. *Rossiyskiy veterinarnyy zhurnal* (4):46–48 (In Russian)
- Malyuga AA, Omelchenko NA, Pohlebin YuN (2011) Colorado Beetle: on the way to the east. *Zashchita i karantin rasteniy* 8:20–23. (In Russian)
- Nefedova MV (2017) [Development of methods of breeding and application of predatory bugs *Perillus bioculatus* Fabr. and *Podisus maculiventris* Say. for biological control of the Colorado potato beetle, taking into account the effectiveness of natural populations of entomophages]. *Abstr. PhD Thesis*. Moscow. 23 p. (In Russian)
- Nefedova MS, Agasyeva IS (2019) [Protection of potatoes from the Colorado potato beetle by biological method]. *Proc. X All-Russ. Conf. VNIIMK*. 123–127 (In Russian)
- Saulich AKH, Musolin DL (2011) [Biology and ecology of the predatory bug *Podisus maculiventris* (Say) (Heteroptera, Pentatomidae) and the possibility of its use against the Colorado beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae)]. *Educational and methodical manual for the course “Seasonal cycles of insects” for master’s students at the Department of Entomology*. St. Petersburg. 84 p. (In Russian)
- Tuganova IA, Volkovich TA (1989) [Method of breeding predatory bug Podisus]. Patent SU 1531939 (In Russian)
- Tsvetkova VP, Gerber ON, Shternshis MV (2010) [Pesticides against the Siberian population of the Colorado potato beetle]. *Zashchita i karantin rasteniy* 1:34–35. (In Russian)
- Shirinyan ZHA, Agasyeva IS, Ismailov VYA, Fedorenko EV, Nefedova MV (2012) [Technological regulations for the production of *Podisus maculiventris*]. Krasnodar. 18 p. (In Russian)
- Shternshis MV, Tomilova OG, Andreeva IV (2006) [Biotechnology in plant protection]. Study guide. Novosibirsk: NGAU. 200 p. (In Russian)

PRACTICAL EXPERIENCE OF BREEDING AND USE OF PREDATORY BUG
PODISUS MACULIVENTRIS IN WESTERN SIBERIA

I.V. Andreeva^{1,2*}, V.P. Tsvetkova², N.I. Agrikolyanskaya¹, V.S. Maslennikova², E.I. Shatalova^{1,2}, A.A. Zenkova²

¹*Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences,
Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russia*

²*Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia*

**corresponding author, e-mail: iva2008@ngs.ru*

The predatory bug *Podisus maculiventris* is a polyphagous entomophagous insect, considered as a promising agent of biological protection of potato against the Colorado potato beetle in Western Siberia. In order to reduce the economic costs of its transportation and mass production, it is advisable to improve and adapt the technology of its breeding and application to the conditions of the region. Under laboratory conditions, the effectiveness of different prey species (larvae of the greater wax moth, diamondback moth, yellow mealworm beetle and vetch aphid) to maintain high indicators of the stock culture of the predatory bug was revealed. With a mixed diet, a high survival rate of entomophagous larvae was observed, the number of adults of the next generation averaged 78 % of the initial number, the weight of females and males increased to 75 and 56 mg, respectively, and fertility reached 540 eggs per female. In laboratory conditions, the voracity of the predator varied from 1.8 to 8.4 individuals of the Colorado potato beetle, depending on the stage of development of the entomophagous agent and the age of the pest larvae. As a result of three-year field trials (2018–2020) on potatoes of the Yuna variety, the biological effectiveness of the predator against the Colorado potato beetle ranged from 66 to 85 %, and with the combined use of the predatory bug and the biological preparation Bitoksibatsillin increased to 98.5 %. In 2020, the efficiency of the entomophagous agent released at the predator-prey ratio of 1: 5.0–6.5 ranged between 63 and 75 % on different varieties of potato.

Keywords: Colorado potato beetle, predatory bug, entomophagous agents, laboratory culture, biotic potential, mixed feed, voracity, biological efficiency

Submitted: 10.01.2023

Accepted: 10.03.2023