

УДК 595.754 (591.6)

О ПЕРСПЕКТИВАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИСТ РАЧКА *ARTEMIA SALINA* LEACH (CRUSTACEA, ANOSTRACA) ДЛЯ РАЗВЕДЕНИЯ ХИЩНОГО КЛОПА *ORIUS LAEVIGATUS* (FIEBER) (HETEROPTERA, ANTHOCORIDAE)

© 2023 г. И. М. Пазюк,^{1*} С. Я. Резник^{1,2**}

¹ Всероссийский институт защиты растений РАН
шоссе Подбельского, 3, С.-Петербург–Пушкин, 196608 Россия

² Зоологический институт РАН

Университетская наб., 1, С.-Петербург, 199034 Россия

*e-mail: ipazyuk@gmail.com (автор, ответственный за переписку),

**e-mail: reznik1952@mail.ru

Поступила в редакцию 08.06.2023 г.

После доработки 09.06.2023 г.

Принята к публикации 09.06.2023 г.

Хищный клоп *Orius laevigatus* – перспективный агент биологической борьбы с тлями, трипсами, белокрылками, паутинными клещами и другими вредителями овощных и ягодных культур. Однако его применение в теплицах лимитируется высокой стоимостью разведения, определяемой, в частности, использованием дорогого корма – яиц зерновой моли *Sitotroga cerealella* и других чешуекрылых. Лабораторные опыты показали, что нимфы и имаго *O. laevigatus* могут питаться гораздо более дешевыми цистами рачка *Artemia salina*. Выживаемость нимф и плодовитость самок при чередовании кормления цистами рачка и яйцами зерновой моли были не более чем на 20 % ниже, чем при питании только яйцами зерновой моли. Учитывая гораздо более существенные (в 10–15 раз) различия в стоимости этих видов корма, можно заключить, что чередование цист рачка и яиц зерновой моли – весьма перспективный способ повышения экономической эффективности использования *O. laevigatus* для биологической борьбы с вредителями в теплицах.

Ключевые слова: пищевая специализация, развитие, плодовитость, разведение насекомых, биометод, энтомофаги, *Orius laevigatus*, *Sitotroga cerealella*, *Artemia salina*.

DOI: 10.31857/S0367144523020028, EDN: DRWDFO

Пищевая специализация в той или иной степени свойственна всем насекомым. У монофагов она имеет качественный характер, а у олигофагов и полифагов – также и количественный: приемлемые виды корма обычно различаются как по предпочтению при питании или откладке яиц, так и по пригодности для роста и развития личинок, созревания имаго и по другим параметрам (Gripenberg et al., 2010). Специфичность питания, в частности, весьма важна для разработки методик разведения насекомых. Правильный выбор корма для массового разведения агентов биометода – существенная предпосылка успеха биологической борьбы с вредителями (Чалков, 1986; Van

Lenteren, 2012; Van Lenteren et al., 2020, 2021; Morales-Ramos et al., 2022; Белякова, Павлюшин, 2023). Правильно подобранная диета должна обеспечивать как невысокую стоимость и легкость разведения, так и достаточно высокое «качество» (длительность жизни, плодовитость, эффективность применения в защите растений и т. п.) разводимых насекомых. Хотя в лабораторных исследованиях наиболее предпочитаем и пригоден для питания, как правило, естественный корм насекомого, для массового разведения он обычно слишком дорог. Нередко оптимальным компромиссным решением оказывается смесь разных видов корма (Evans, 2000; Nielsen et al., 2002; Stowe et al., 2021). При этом нередко наблюдается сверхаддитивный (синергетический) эффект: питание смесью разных видов корма обеспечивает более высокое качество разводимых насекомых, чем питание одним (даже и наиболее предпочитаемым и / или пригодным) из компонентов смеси (Evans et al., 1999; Reznik, Vaghina, 2013; Rojas et al., 2016). Помимо смешивания, для разведения энтомофагов успешно применяется и другой способ – чередование разных видов корма (Zanuncio et al., 2001; Lu et al., 2011).

Объект нашего исследования – хищный клоп *Orius laevigatus* (Fieber) (Heteroptera, Anthocoridae) – энтомофаг трипсов, тлей, паутинных клещей, белокрылок и яиц чешуекрылых, широко и успешно применяющийся для биологической борьбы с вредителями различных овощных и ягодных культур (Миронова и др., 1998; Мокроусова, 2001; Venzon et al., 2002; Weintraub et al., 2011; Pazyuk, Binitskaya, 2020; Zuma et al., 2023). В лабораторных условиях *O. laevigatus* разводят на яйцах чешуекрылых *Ephestia kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera, Pyralidae) и *Sitotroga cerealella* (Oliv.) (Lepidoptera, Gelechiidae) (Blumel, 1996; Миронова и др., 1998). Однако использование этих (относительно дорогих) видов корма увеличивает стоимость энтомофага (Arijs, De Clercq, 2001). Это стимулировало поиск альтернативных кормов, таких как цисты рачков *Artemia franciscana* Kellog, *A. salina* Leach (Crustacea, Anostraca), яйца двукрылых *Musca domestica* L. (Diptera, Muscidae), *Calliphora vicina* Robineau-Desvoidy, *Protophormia terraenovae* (Robineau-Desvoidy), *Lucilia illustris* (Meigen) и *L. sericata* (Meigen) (Diptera, Calliphoridae) (Степаньчева, Щеникова 2002; Мороз, 2010), различные искусственные питательные среды (Arijs, De Clercq, 2004; Bonte, De Clercq, 2011). Возможность использования цист рачков рода *Artemia* в качестве корма для массового разведения энтомофагов ранее была изучена и для ряда других видов хищных клопов – *Macrolophus caliginosus* Wagner, *M. pygmaeus* Rambur, *Nesidiocoris tenuis* Reuter (Heteroptera, Miridae), *Picromerus bidens* L. и *Podisus maculiventris* Say (Heteroptera, Pentatomidae) (Castane et al., 2006; Mahdian et al., 2006; Vandekerkhove et al., 2009; Owashi et al., 2020) – и божьих коровок *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant и *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera, Coccinellidae) (Xie et al., 2017; Seko et al., 2019). Цисты артемии намного дешевле яиц чешуекрылых (Arijs, De Clercq, 2001), но, судя по имеющимся данным, менее пригодны для питания насекомых-энтомофагов. Предшествующие исследования показали, что сравнительная пригодность яиц ситотроги и цист артемии для питания нимф и имаго хищных клопов может существенно различаться (Lu et al., 2011). Учитывая описанный выше успешный опыт смешивания и чередования разных видов корма, мы провели специальное исследование с целью изучить перспективность попеременного использования цист *A. salina* и яиц *S. cerealella* для кормления нимф и имаго *O. laevigatus*

В работе была использована лабораторная популяция *Orius laevigatus*, происходящая от особей, полученных в 1998 г. из Всероссийского центра карантина растений (Москва). Клопов содержали в Лаборатории биологической защиты растений Всероссийского института защиты растений РАН (ВИЗР, С.-Петербург) при температуре 24 ± 1 °C и длине дня 16 ч, кормом служили яйца зерновой моли, в качестве субстрата для откладки яиц самками клопа использовали стебли фасоли *Phaseolus vulgaris* L. или листья каланхоэ *Kalanchoe daigremontiana* (Hamet et Perr. de la Bathie). Опыты были проведены в климатическом боксе Лаборатории биологической защиты растений ВИЗР при температуре 24.7 ± 0.6 °C и длине дня 16 ч. Для опытов использовали три диеты: 1) яйца зерновой моли *S. cerealella* (в дальнейшем «ситотрога»), 2) декапсулированные цисты рачка *A. salina* (в дальнейшем «артемия») и 3) чередование этих видов корма (в дальнейшем «ситотрога/артемия»). Стерилизованные яйца ситотроги приобретали в фирме Инаппен (СПб), перед употреблением хранили при температуре 3–5 °C не более одной недели. Цисты артемии приобретали в фирме Aquamenu (ООО «НеваТропик», СПб), хранили при 3–5 °C, перед употреблением 1–2 часа размачивали в воде. Предыдущие исследования (Arijs, De Clercq, 2001) показали, что декапсуляция увеличивает пригодность цист артемии для питания *O. laevigatus*, поэтому в наших опытах мы использовали только декапсулированные цисты.

Были поставлены два опыта, различающиеся только диетами нимф и имаго клопа. Каждый опыт включал два этапа. На первом этапе исследовали влияние корма на выживаемость нимф при массовом содержании. Для получения яиц клопа два пучка по 5 стеблей фасоли, корни которых обертывали во влажную вату и фольгу, клали в пластиковый контейнер объемом 3.3 л, в который выпускали около 1000 особей из лабораторной популяции *O. laevigatus*. В течение 2–3 суток самки откладывали яйца в стебли фасоли, питаясь яйцами зерновой моли. Затем имаго стряхивали со стеблей, а два пучка стеблей фасоли с яйцами клопа помещали в два пластиковых контейнера объемом 500 мл, в которых впоследствии выращивали нимф на разных диетах. На первом этапе опыта во все диеты для получения клопами влаги и для снижения уровня каннибализма (увеличения пространства для перемещения нимф внутри контейнеров) была включена также злаковая тля *Schizaphis graminum* Rond. (Hemiptera, Aphididae), выращиваемая на проростках пшеницы *Triticum aestivum* L. (Бондаренко, Воронова, 1989; Пазюк, Васильев, 2017). Корм нимфам давали на кусочках бумажных полотенец, к которым водой прикрепляли цисты артемии или яйца зерновой моли (по 0.6 г на одно кормление). Нимф кормили три раза в неделю, всего за время преимагинального развития семь раз. После выхода имаго их собирали при помощи электрического эксгаустера. Поскольку распределение стеблей фасоли с яйцами клопа по контейнерам было случайным, среднее число отложенных яиц не должно было достоверно различаться в разных вариантах опыта. Следовательно, различия в числе вышедших имаго можно было использовать для оценки различий в выживаемости нимф при питании разными видами корма.

В начале второго этапа опыта часть имаго *O. laevigatus*, вышедших в конце первого этапа, попарно (самец и самка) рассаживали в чашки Петри диаметром 4 см. На этом этапе клопов кормили каждые 2 дня. Корм давали на бумажных карточках в избытке. Подкормки (злаковой тли на пшенице) на этом этапе опыта не было, в качестве субстрата для откладки яиц самкам предоставляли листья бобов *Vicia faba* L. Смертность клопов и количество отложенных яиц учитывали ежедневно, заменяя листья бобов с яйцами ориусов свежими листьями.

В каждом опыте использовали 2 типа корма: контрольный и экспериментальный (сочетание двух типов корма на двух этапах опыта давало 4 варианта). В качестве контроля в обоих опытах использовали ситотрогу. В первом опыте в качестве экспериментальной диеты использовали цисты артемии. Во втором опыте чередовали кормление цистами артемии и яйцами ситотроги (на первом этапе, во время массового разведения нимф, было три кормления артемией и четыре кормления ситотрогой).

Всего было проведено 47 несинхронных повторностей первого этапа первого опыта и 36 несинхронных повторностей первого этапа второго опыта. Вторые этапы обоих опытов были проведены в семи повторностях, каждая повторность включала по пять пар клопов на каждый из четырех вариантов опыта. При статистической обработке результатов первого этапа опытов (массовое разведение) единицей анализа была повторность. Поскольку различия в числе вышедших имаго между контрольными вариантами разных повторностей одного опыта были весьма велики, для сравнения опыта и контроля каждой повторности применялся один из методов парных сравнений: критерий знаков. Кроме того, для каждой повторности определяли процентное отношение опыта к контролю, для сравнения двух опытов по этому показателю применяли непараметрический критерий Краскела–Уоллиса. Единицей обработки результатов второго этапа опытов (разведение парами) была особь. Поскольку различия между повторностями и в данном случае были существенны, данные (продолжительность жизни самцов и самок и плодовитость самок) были ранжированы в пределах каждой повторности, а затем объединены для совместной обработки с помощью дисперсионного анализа и теста Тьюки. Все эти вычисления производили с помощью программы SYSTAT 10.2.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Выживаемость нимф *Orius laevigatus* (судя по количеству отрождающихся имаго) и при питании артемией, и при чередовании двух видов корма была существенно ниже, чем в контроле, при питании ситотрогой. Однако при чередовании кормов это снижение было не таким резким, как при питании артемией (табл. 1).

Влияние диеты нимф на продолжительность жизни самцов и самок, судя по результатам дисперсионного анализа всей совокупности данных (табл. 2), было достоверным только во втором опыте, причем достоверным было и взаимодействие всех трех факторов этого опыта (корм нимф, корм имаго и пол особи). Из табл. 3 видно, что различия в продолжительности жизни между опытным и контрольным вариантами питания нимф были достоверны только у самцов и только при питании имаго ситотрогой: питание нимф смешанным кормом приводило к увеличению продолжительности жизни имаго. В первом опыте продолжительность жизни имаго, питающихся ситотрогой (при прочих равных условиях), была выше, чем имаго, питающихся артемией, но эти различия были статистически недостоверными (см. табл. 2). Недостоверным в обоих

Таблица 1. Влияние корма на выживаемость нимф *Orius laevigatus* (Fieber) (оценка по числу отродившихся имаго)

Опыт и число повторностей (<i>n</i>)	Корм нимф	Число отродившихся имаго (медиана и квартили) ¹	Соотношение опыт / контроль (%; медиана и квартили) ²
Первый, <i>n</i> = 47	Ситотрога	1118 (737–1671) а	58.6 (34.2–75.7) а
	Артемия	507 (340–871) б	
Второй, <i>n</i> = 36	Ситотрога	1224 (924–1600) а	80.8 (70.4–99.6) б
	Ситотрога / артемия	925 (741–1248) б	

Примечание. ¹ Данные одного опыта, отмеченные разными буквами, достоверно различаются ($p < 0.01$, критерий знаков). ² Данные в одном и том же столбце, отмеченные разными буквами, достоверно различаются ($p < 0.001$, критерий Краскела–Уоллиса)

Таблица 2. Достоверность влияния вида корма нимф и имаго и пола особи на продолжительность жизни имаго *Orius laevigatus* (Fieber)

Фактор или взаимодействие факторов, степень свободы <i>df</i>	Результаты дисперсионного анализа ранжированных данных: коэффициент Фишера <i>F</i> и достоверность влияния <i>p</i>	
	Первый опыт (<i>n</i> = 265)	Второй опыт (<i>n</i> = 274)
Корм нимф, <i>df</i> = 1	<i>F</i> = 0.03, <i>p</i> = 0.855	<i>F</i> = 9.43, <i>p</i> = 0.002
Корм имаго, <i>df</i> = 1	<i>F</i> = 1.82, <i>p</i> = 0.178	<i>F</i> = 0.12, <i>p</i> = 0.730
Пол, <i>df</i> = 1	<i>F</i> = 1.22, <i>p</i> = 0.271	<i>F</i> = 1.20, <i>p</i> = 0.273
Корм нимф × корм имаго, <i>df</i> = 1	<i>F</i> = 1.73, <i>p</i> = 0.190	<i>F</i> = 0.15, <i>p</i> = 0.696
Корм нимф × пол, <i>df</i> = 1	<i>F</i> = 0.01, <i>p</i> = 0.908	<i>F</i> = 2.79, <i>p</i> = 0.096
Корм имаго × пол, <i>df</i> = 1	<i>F</i> = 1.05, <i>p</i> = 0.307	<i>F</i> = 0.59, <i>p</i> = 0.444
Корм нимф × корм имаго × пол, <i>df</i> = 1	<i>F</i> = 0.15, <i>p</i> = 0.698	<i>F</i> = 6.48, <i>p</i> = 0.012

Таблица 3. Влияние вида корма нимф и имаго и пола особи на продолжительность жизни имаго *Orius laevigatus* (Fieber)

Опыт	Пол	Корм нимф	Корм имаго	Длительность жизни имаго (дни, медиана и квартили) ¹
Первый	Самцы	Ситотрога	Ситотрога	8 (5–12)
			Артемия	7 (4–11)
		Артемия	Ситотрога	9 (5–13)
			Артемия	7 (4–9)
	Самки	Ситотрога	Ситотрога	9 (6–11)
			Артемия	8 (5–12)
Второй	Самцы	Ситотрога	Ситотрога	7 (5–9) a
			Ситотрога/артемия	7 (5–10) ab
		Ситотрога/артемия	Ситотрога	9 (7–12) b
			Ситотрога/артемия	8 (6–11) ab
	Самки	Ситотрога	Ситотрога	8 (6–10)
			Ситотрога/артемия	9 (6–10)
		Ситотрога/артемия	Ситотрога	8 (6–10)
			Ситотрога/артемия	9 (7–11)

Примечание. ¹ Данные одного и того же опыта для особей одного и того же пола, отмеченные разными буквами, достоверно различаются (*p* < 0.05, тест Тьюки, перед тестом данные ранжированы).

опытах было и влияние корма нимф и имаго на плодовитость самок (табл. 4), хотя и по этому показателю ситотрога в качестве корма нимф и имаго приводила к более высоким результатам (табл. 5).

ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что цисты артемии менее пригодны для питания личинок и имаго *O. laevigatus*, чем яйца зерновой моли. Выживаемость нимф и плодовитость самок при питании артемией были немного ниже (не более чем на 20 %), чем при питании ситотрогой, а чередование двух видов корма приводило к промежуточным результатам. Поэтому, учитывая тот факт, что, судя по текущим ценам отечественных поставщиков, цисты артемии в 10–15 раз дешевле яиц зерновой моли, можно заключить, что чередование двух видов корма – весьма перспективный способ повышения экономической эффективности массового разведения *O. laevigatus* для биологической борьбы с вредителями в условиях теплиц.

Предшествующее исследование, проведенное с другим видом артемии, также показало, что питание цистами приводит лишь к незначительному снижению основных параметров качества *O. laevigatus* (Arijs, De Clercq, 2004). Другие альтернативные ди-

Таблица 4. Достоверность влияния вида корма нимф и имаго на плодовитость самок *Orius laevigatus* (Fieber)

Фактор или взаимодействие факторов, степень свободы <i>df</i>	Результаты дисперсионного анализа ранжированных данных: коэффициент Фишера <i>F</i> и достоверность влияния <i>p</i>	
	Первый опыт (<i>n</i> = 132)	Второй опыт (<i>n</i> = 140)
Корм нимф, <i>df</i> = 1	<i>F</i> = 3.69, <i>p</i> = 0.057	<i>F</i> = 0.00, <i>p</i> = 0.965
Корм имаго, <i>df</i> = 1	<i>F</i> = 1.23, <i>p</i> = 0.270	<i>F</i> = 0.65, <i>p</i> = 0.423
Корм нимф × корм имаго, <i>df</i> = 1	<i>F</i> = 0.24, <i>p</i> = 0.628	<i>F</i> = 1.58, <i>p</i> = 0.211

Таблица 5. Влияние вида корма нимф и имаго на плодовитость самок *Orius laevigatus* (Fieber)

Опыт	Корм нимф	Корм имаго	Плодовитость самок (медиана и квантили)
Первый	Ситотрога	Ситотрога	37 (21–50)
		Артемия	34 (14–40)
	Артемия	Ситотрога	27 (16–45)
		Артемия	25 (14–32)
Второй	Ситотрога	Ситотрога	25 (19–44)
		Ситотрога / артемия	21 (11–37)
	Ситотрога / артемия	Ситотрога	24 (12–44)
		Ситотрога / артемия	24 (14–45)

ты (пчелиная перга и смеси на основе говядины, говяжьей печени и яичного желтка) также оказались немного менее пригодным кормом для нимф и имаго, чем яйца мельничной огневки *E. kuehniella* (Arijs, De Clercq, 2001; Bonte, De Clercq, 2011). Опыты с другим видом того же рода, *Orius strigicollis* (Porrius), тоже показали, что, хотя питание цистами артемии приводит к замедлению развития и увеличению смертности нимф и уменьшению продолжительности жизни и плодовитости самок, кормление нимф цистами, а имаго – яйцами огневки *Ephestia cautella* (Walker) экономически вполне целесообразно (Lu et al., 2011). Примерно тот же результат получен и в исследованиях, проведенных с тремя другими видами хищных клопов, используемыми для борьбы с вредителями в теплицах: *Macrolophus caliginosus*, *M. pygmaeus* и *Nesidiocoris tenuis* (Castane et al., 2006; Vandekerckhove et al., 2008; Owashi et al., 2019). Однако также используемые для биологической борьбы с вредителями хищники – полифаги из семейства пентатомид (Heteroptera, Pentatomidae) – при питании цистами артемии либо не способны развиваться, как *Picromerus bidens*, либо не откладывают яйца, как *Podisus maculiventris* (Mahdian et al., 2005).

БЛАГОДАРНОСТИ

Мы глубоко признательны агроному А. В. Размышляевой (ВИЗР) за помощь в проведении эксперимента.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках гранта Российского научного фонда № 20-66-47010 «Эколого-генетические основы скрининга биоресурсов насекомых и клещей для биологического контроля вредителей».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Белякова Н. А., Павлюшин В. А. 2023. Скрининг биоресурсов насекомых и клещей для биологического контроля вредителей в защищенном грунте. Вестник защиты растений **1** (106): 49–70. <https://doi.org/10.31993/2308-6459-2023-106-1-15533>
- Бондаренко Н. В., Воронова О. В. 1989. Галлица афидимиза: методика массового разведения и применения против тлей на тепличных овощных культурах. В кн.: Н. А. Филиппов (ред.). Биологический метод борьбы с вредителями овощных культур. М.: Агропромиздат, с. 8–19.
- Миронова М. К., Ижевский С. С., Ахатов А. К. 1998. Перспективы использования *Orius laevigatus* (Fieb.) (Heteroptera, Anthosoridae) против трипса *Frankliniella occidentalis* (Perg.) (Thysanoptera, Thripidae). В кн.: Г. С. Медведев (ред.). Проблемы энтомологии в России. СПб.: Зоологический институт РАН, т. 2, с. 34–35.
- Мокроусова Е. П. 2001. Возможность использования в борьбе с оранжерейной белокрылкой *Trialeurodes vaporariorum* Westw. хищного клопа *Orius laevigatus* Fieb. Вестник защиты растений **1**: 76.
- Мороз М. С. 2010. Оптимізація розведення зоофагів із родини Anthosoridae за рахунок розширення видового складу їх господарів. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України **145**: 168–180.
- Пазюк И. М., Васильев А. Л. 2017. Оценка применения диапаузирующей трихограммы *Trichogramma telengae* (Hymenoptera, Trichogrammatidae) в яйцах зерновой моли *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera, Gelechiidae) в качестве корма при разведении хищного клопа *Orius laevigatus* (Hemiptera, Anthosoridae). Вестник защиты растений **2** (92): 45–49.
- Степанычева Е. А., Щеникова А. В. 2002. Возможность использования альтернативного корма для лабораторного разведения хищного клопа *Orius laevigatus*. Информационный бюллетень ВПРС МОББ **33**: 49–52.
- Чалков А. А. 1986. Биологическая борьба с вредителями овощных культур защищенного грунта. М.: Россельхозиздат, 95 с.

- Arijs Y., De Clercq P. 2001. Rearing *Orius laevigatus* on cysts of the brine shrimp *Artemia franciscana*. *Biological Control* **21** (1): 79–83.
<https://doi.org/10.1006/bcon.2000.0910>
- Arijs Y., De Clercq P. 2004. Liver-based artificial diets for the production of *Orius laevigatus*. *BioControl* **49**: 505–516.
<https://doi.org/10.1023/B:BICO.0000036440.02590.fa>
- Blumel S. 1996. Effect of selected mass-rearing parameters on *Orius majusculus* (Reuter) and *O. laevigatus* (Fieber). *IOBC WPRS Bulletin* **19** (1): 15–18.
- Bonte M., De Clercq P. 2011. Influence of predator density, diet and living substrate on developmental fitness of *Orius laevigatus*. *Journal of Applied Entomology* **135** (5): 343–350.
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2010.01554.x>
- Castane C., Quero R., Riudavets J. 2006. The brine shrimp *Artemia* sp. as alternative prey for rearing the predatory bug *Macrolophus caliginosus*. *Biological Control* **38** (3): 405–412.
<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2006.04.011>
- Evans E. W. 2000. Egg production in response to combined alternative foods by the predator *Coccinella transversalis*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **94** (2): 141–147.
<https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.2000.00614.x>
- Evans E. W., Stevenson A. T., Richards D. R. 1999. Essential versus alternative foods of insect predators: benefits of a mixed diet. *Oecologia* **121**: 107–112.
<https://doi.org/10.1007/s004420050911>
- Gripenberg S., Mayhew P. J., Parnell M., Roslin T. 2010. A meta-analysis of preference–performance relationships in phytophagous insects. *Ecology Letters* **13** (3): 383–393.
<https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01433.x>
- Lu C.-T., Chiu Y.-C., Hsu M.-Y., Wang C.-L., Lin F.-C. 2011. Using cysts of brine shrimp, *Artemia franciscana*, as an alternative source of food for *Orius strigicollis* (Poppius) (Hemiptera: Anthocoridae). *Journal of Taiwan Agricultural Research* **60** (4): 300–308.
- Mahdian K., Kerckhove J., Tirry L., De Clercq P. 2006. Effects of diet on development and reproduction of the predatory pentatomids *Picromerus bidens* and *Podisus maculiventris*. *BioControl* **51**: 725–739.
<https://doi.org/10.1007/s10526-005-5253-3>
- Morales-Ramos J. A., Rojas M. G., Shapiro-Ilan D. I. (eds). 2022. *Mass Production of Beneficial Organisms: Invertebrates and Entomopathogens*. London: Academic Press, 620 p.
- Nielsen F. H., Hauge M. S., Toft S. 2002. The influence of mixed aphid diets on larval performance of *Coccinella septempunctata* (Col., Coccinellidae). *Journal of Applied Entomology* **126** (4): 194–197.
<https://doi.org/10.1046/j.1439-0418.2002.00629.x>
- Owashi Y., Hayashi M., Abe J., Miura K. 2020. Effects of an alternative diet of *Artemia* cysts on the development and reproduction of *Nesidiocoris tenuis* (Hemiptera: Miridae). *Applied Entomology and Zoology* **55**: 121–127.
<https://doi.org/10.1007/s13355-019-00660-y>
- Pazyuk I. M., Binitskaya N. V. 2020. Laboratory assessment of the suitability of predatory bugs *Orius laevigatus* and *Orius majusculus* as natural enemies of seed potato pests in greenhouses. *Plant Protection News* **103** (4): 274–276.
<https://doi.org/10.31993/2308-6459-2020-103-4-13984>
- Reznik S. Ya., Vaghina N. P. 2013. Effects of photoperiod and diet on diapause tendency, maturation and fecundity in *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). *Journal of Applied Entomology* **137** (6): 452–461.
<https://doi.org/10.1111/jen.12016>
- Rojas M. G., Morales-Ramos J. A., Riddick E. W. 2016. Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) powder to enhance artificial diet formulations for *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Biological Control* **100**: 70–78.
<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2016.05.018>
- Stowe H. E., Michaud J. P., Kim T. 2021. The benefits of omnivory for reproduction and life history of a specialized aphid predator, *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae). *Environmental Entomology* **50** (1): 69–75.
<https://doi.org/10.1093/ee/nvaa154>
- Seko T., Abe J., Miura K. 2019. Effect of supplementary food containing *Artemia salina* on the development and survival of flightless *Harmonia axyridis* in greenhouses. *BioControl* **64**: 333–341.
<https://doi.org/10.1007/s10526-019-09935-3>
- Vandekerckhove B., Parmentier L., Van Stappen G., Grenier S., Febvay G., Rey M., De Clercq P. 2009. *Artemia* cysts as an alternative food for the predatory bug *Macrolophus pygmaeus*. *Journal of Applied Entomology* **33** (2): 133–142.
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2008.01332.x>

- Van Lenteren J. C. [Интернет-документ] 2012. IOBC internet book of biological control [URL: https://www.iobc-global.org/publications_iobc_internet_book_of_biological_control.html]
- Van Lenteren J. C., Alomar O., Ravensberg W. J., Urbaneja A. 2020. Biological control agents for control of pests in greenhouses. In: M. L. Gullino, R. Albajes, P. C. Nicot (eds). *Integrated Pest and Disease Management in Greenhouse Crops*. Cham, Switzerland: Springer, p. 409–439.
- Van Lenteren J. C., Bueno V. H., Klapwijk J. N. 2021. Augmentative biological control. In: P. G. Mason (ed.). *Biological Control: Global Impacts, Challenges and Future Directions of Pest Management*. Clayton, Australia: CSIRO Publishing, p. 90–109.
- Venzon M., Janssen A., Sabelis M. W. 2002. Prey preference and reproductive success of the generalist predator *Orius laevigatus*. *Oikos* **97** (1): 116–24.
<https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2002.970112.x>
- Weintraub P. G., Pivonia S., Steinberg S. 2011. How many *Orius laevigatus* are needed for effective western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*, management in sweet pepper? *Crop Protection* **30** (11): 1443–1448.
<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2011.07.015>
- Xie J., Wu H., Pang H., De Clercq P. 2017. An artificial diet containing plant pollen for the mealybug predator *Cryptolaemus montrouzieri*. *Pest Management Science* **73** (3): 541–545.
<https://doi.org/10.1002/ps.4309>
- Zanuncio J. C., Molina-Rugama A. J., 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 Science and Technology* **11** (3): 331–337.
<https://doi.org/10.1080/09583150120055736>
- Zuma M., Njekete C., Konan K. A. J., Bearez P., Amiens-Desneux E., Desneux N., Lavoie A.-V. 2023. Companion plants and alternative prey improve biological control by *Orius laevigatus* on strawberry. *Journal of Pest Science* **96** (2):711–721.
<https://doi.org/10.1007/s10340-022-01570-9>

PERSPECTIVES OF USING *ARTEMIA SALINA* LEACH (CRUSTACEA, ANOSTRACA) CYSTS FOR THE REARING OF A PREDATORY BUG *ORIOUS LAEVIGATUS* (FIEBER) (HETEROPTERA, ANTHOCORIDAE)

I. M. Pazyuk, S. Ya. Reznik

Key words: food specificity, development, fecundity, insect rearing, biocontrol, entomophages, *Orius laevigatus*, *Sitotroga cerealella*, *Artemia salina*.

SUMMARY

Predatory bug *Orius laevigatus* is a promising agent for biological control of aphids, thrips, whiteflies, spider mites, and other pests of vegetables and berries. Its application in greenhouses is limited by high rearing cost which is particularly determined by using of such an expensive food as eggs of the grain moth *Sitotroga cerealella* and other moths. Laboratory experiments showed that *O. laevigatus* nymphs and adults can feed on much cheaper cysts of a brine shrimp, *Artemia salina*. Nymph survival and female fecundity with the alternation of feeding with *A. salina* cysts and *S. cerealella* eggs were less than 20% lower than those with feeding on the grain moth eggs. Considering much more substantial (10–15 times) difference in the cost of these foods we conclude that alternation of *A. salina* cysts and *S. cerealella* eggs is promising to increase the economic feasibility of *O. laevigatus* use for biological control of pests in greenhouses.