



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

ВЕСТНИК ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

PLANT PROTECTION NEWS

2024 TOM VOLUME 107 ВЫПУСК ISSUE 2



Санкт-Петербург
St. Petersburg, Russia

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ПЛОТНОСТИ СОДЕРЖАНИЯ ЛИЧИНОК *MACROLOPHUS PYGMAEUS* (HETEROPTERA, MIRIDAE) НА ИХ ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ ПРИ МАССОВОМ СОДЕРЖАНИИ

Т.Д. Перова¹, Е.Г. Козлова^{2*}

¹НПП Институт прикладной энтомологии (ИНАППЕН), Санкт-Петербург

²Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург

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

При массовом содержании нимф *Macrolophus pygmaeus* в условиях избыточного кормления яйцами *Sitotroga cerealella*, наличия воды и листа растения их выживаемость достоверно ниже при более низкой температуре 20–22 °С, в сравнении с температурами 24–25 °С и 27–28 °С во всех вариантах плотности личинок. Развития достоверно более продолжительное в варианте с температурой 20–22 °С. При этом дружность выхода имаго достоверно больше также при 20–22 °С. Вес имаго определяется только полом и не зависит ни от температуры, ни от плотности содержания нимф. Снижение выживаемости при 20–22 °С мы связываем с проявлением каннибализма при нарушении потребления воды и пищи, снижением прибавки веса (в 1.3 раза при наличии воды и 1.5 раза при наличии воды и корма) и десинхронизации возрастного состава личинок в первоначально одновозрастной группе. В результате разной скорости развития личинок в группе более крупные личинки уничтожают отстающих в развитии, что приводит к выравниванию возрастного состава и дружному выходу имаго, но снижению доли полученных имаго. Плотность содержания личинок достоверно влияет только на их выживаемость и проявляется при более низких температурах 20–22 °С и 24–25 °С. Однако несмотря на то, что между низкой и высокими плотностями содержания личинок различия выживаемости достоверны, они не велики и при массовом разведении ими можно пренебречь в пользу более высокой плотности содержания, позволяющей интенсифицировать производство *M. pygmaeus*.

Ключевые слова: хищные клопы, температура, плотность содержания, выживаемость нимф, вес имаго, продолжительность развития, каннибализм

Поступила в редакцию: 21.07.2024

Принята к печати: 09.09.2024

Введение

По литературным данным влияние температуры на жизнеспособность нимф клопа *Macrolophus pygmaeus* изучалось при их индивидуальном содержании (Perdikis, Lykouressis, 1999, 2002; Martínez-García et al, 2017; Pérez-Hedo et al, 2023). Исследования влияния температуры на выживаемость и продолжительность развития личинок при массовом содержании и разной плотности не изучалось. Однако при высоких плотностях, неизбежных при массовом разведении, состояние насекомых может быть близко к стрессовому (Замотайлов, Бедловская, 2015). Это в свою очередь может трансформировать действие факторов температуры и плотности насекомых на показатели жизнеспособности клопов. Кроме того, при содержании хищных насекомых в больших группах и при высокой плотности может возникать конкуренция за пищу и увеличивается опасность каннибализма. Так, у клопов в больших группах плотность жертвы влияет на степень

каннибализма (Megha, Phillips, 1995). Также известно, что при увеличении температуры уровень каннибализма у насекомых увеличивается (Start et al, 2017). У клопов семейства мирид (Miridae) наблюдается каннибализм у нимф старших возрастов и имаго, интенсивность которого выше по отношению к более ранним возрастам нимф (Fernandez et al, 2020). В связи с вышесказанным, оценка влияния температуры и плотности содержания личинок при выращивании в больших группах актуальна и имеет важное значение для массового производства. В наших экспериментах оценивали варианты температуры от 20 до 27 °С, находящиеся в пределах благоприятного температурного диапазона для разведения клопа *M. pygmaeus*, при которых выживаемость личинок при их индивидуальном содержании составляет от 80 до 100% (Perdikis, Lykouressis, 2000; Pérez-Hedo et al, 2023).

Материалы и методы

Исследования проводились в течение 2023–2024 гг. на базе научно-производственного предприятия «ИНАППЕН».

Условия проведения эксперимента: относительная влажность воздуха 60±10%, длина светового дня 16 ч, три

диапазона температур: 20–22 °С, 24–25 °С и 27–28 °С. При этих условиях оценивали 5 вариантов плотности содержания личинок: 0.05, 0.1, 0.15, 0.2 и 0.25 личинок (L1) на 1 см³. Личинок помещали в прямоугольные контейнеры с вентиляционным отверстием в крышке, затянутым мельничным

газом, объемом 1000 см³. В каждый контейнер помещали личинок клопа одного дня отрождения первого возраста в количестве, соответствующем варианту плотности. В качестве наполнителя использовали фатин-сетку одинакового размера для всех вариантов, лист табака и воду на ватном фильтре в маленькой чашке Петри (диаметром 60 мм, высотой 12 мм). Личинок выкармливали с избытком яйцами *S. cerealella*. Кормление осуществляли 3 раза в неделю, при этом меняли воду и лист табака.

Появляющихся имаго ежедневно собирали с помощью эксгаустера (в специальном боксе при пониженной температуре +12 °С для снижения активности клопа) и подсчитывали в каждом контейнере. Затем оценивали выживаемость личинок по доле полученных имаго и продолжительность их развития. Эксперимент проводили на протяжении нескольких месяцев, в 19-ти разновременных повторностях. После окончания рассчитывали среднюю выживаемость и продолжительность развития личинок для каждого варианта. Также оценивали вес полученных имаго (самцов и самок отдельно). Для этого взвешивали по 10 особей в чашке Петри (диаметром 100 мм, высотой 15 мм), затем рассчитывали вес одной особи, деля общий вес на 10. В каждом варианте проводили 5 взвешиваний для каждой из 19 повторностей (итого для каждого варианта 95 взвешиваний). На основании полученных данных рассчитывали средний вес самок и самцов.

Также был проведен эксперимент по оценке влияния разных температур (20–21 °С и 27–28 °С) на потребление

воды и корма личинками клопа. Потребление корма и воды оценивали по изменению веса личинок в течение 24 часов. Для этого в чашку Петри, диаметром 35 мм помещали кусочек ваты, смоченный водой, и/или корм – яйца *S. cerealella*. Чашку Петри взвешивали и помещали в нее личинок *M. pygmaeus*. После этого взвешивали чашку Петри с личинками. Затем рассчитывали вес группы личинок. Использовали личинок среднего – 3-го возраста по 10 штук, поскольку вес одной личинки очень мал и не поддается взвешиванию на используемых в эксперименте весах. Через сутки проводили взвешивание в обратной последовательности: сначала чашку Петри с личинками и затем без них и рассчитывали вес группы личинок. Для расчета веса одной личинки вес группы делили на 10. Затем рассчитывали среднюю по повторностям прибавку или убыль веса одной личинки в мг за сутки. Эксперимент провели в 19 повторностях. Также оценивали выживаемость личинок во всех вариантах группового содержания и дополнительно (для исключения каннибализма) при индивидуальном содержании в вариантах, где отсутствовали вода и корм (20 экземпляров в каждом варианте). Для взвешивания использовали аналитические электронные весы ViBRA HTR-80CE, производитель: Shinco Denshi Co. Ltd., Япония.

Статистическая обработка проводилась в программе Статистика 6.0 и среде научных вычислений R с использованием пакетов ggplot2 и tidyverse.

Результаты и обсуждение

Двухфакторный дисперсионный анализ подтвердил влияние на выживаемость личинок как плотности их содержания ($F=7.35$, $p=0.001$), так и температуры ($F=47.67$, $p=0.000$). Влияние температуры оказалось более значительным в сравнении с влиянием исследуемых плотностей содержания. Взаимосвязи факторов температуры и плотности содержания нам выявить не удалось ($F=0.71$, $p=0.687$). Тест Тьюки показал очень высокий уровень значимости отличий между опытом при температуре 20–22 °С и опытами при двух более высоких диапазонах температур ($p.adj. = 0.000$) при отсутствии разницы между последними ($p.adj.=0.831$). Влияние на выживаемость плотности содержания менее выражено и оказалось достоверным только для трех комбинаций: 0.05 vs. 0.15 ($p.adj.=0.003$); 0.05 vs. 0.20 ($p.adj.=0.000$) и 0.05 vs. 0.25 ($p.adj.=0.000$), то есть варианты с самой низкой плотностью содержания нимф клопа продемонстрировали достоверно более высокую выживаемость по сравнению с тремя высокими плотностями. Промежуточная плотность 0.01 не показала достоверных отличий с другими вариантами.

Более детальное изучение всех вариантов было проведено с использованием попарного критерия Стьюдента, с поправкой на множественное тестирование (holm). Данные показаны на рис. 1. Основные результаты совпали с изложенными выше, при этом отличия, связанные с температурой, оказались значимыми для всех вариантов и следовали единому, уже описанному паттерну (рис. 2). Влияние плотностей достоверно проявилось только в нескольких вариантах и оказалось более значимым при средних температурах 24–25 °С. При самом высоком диапазоне температур достоверных отличий в выживаемости

личинок между вариантами с разными плотностями выделить не удалось. При низких температурах достоверная разница была обнаружена только между плотностями 0.05 vs. 0.2. При отсутствии поправки на множественное тестирование (то есть, в условиях нарастания вероятности ошибки первого рода) попарный критерий Стьюдента (рис. 3) позволяет выявить еще несколько достоверных отличий между индивидуальными вариантами, которые, впрочем, укладываются в описанные закономерности и, таким образом, подчеркивают выявленные тенденции.

Можно также отметить более выраженное проявление влияния плотности ближе к середине оптимальных температур, что хорошо согласуется с концепцией лимитирующих факторов. При перегруппировке исходных данных по принципу середина оптимального диапазона – края, разница достоверна при плотностях 0.05 и 0.1 ($p.adj.=0.008$ и 0.049 соответственно). Однако биологическая правомерность объединения нижнего и верхнего края оптимальных температур не бесспорна. Вопрос требует дальнейшего изучения.

Продолжительность развития личинок в вариантах с температурами 24–25 °С (от 9.8 до 10.5 суток) и 27–28 °С (от 10.1 до 10.8 суток), достоверно не различается как при разных плотностях в условиях одной температуры, так и при одной плотности в условиях разных температур (рис. 4). В условия самой низкой температуры (20–22 °С) для каждого варианта плотности личинок продолжительность их развития достоверно увеличивается (в среднем на 3–4 суток), по сравнению с обоими вариантами более высоких температур. При этом между вариантами плотности в условиях этой температуры также нет достоверных

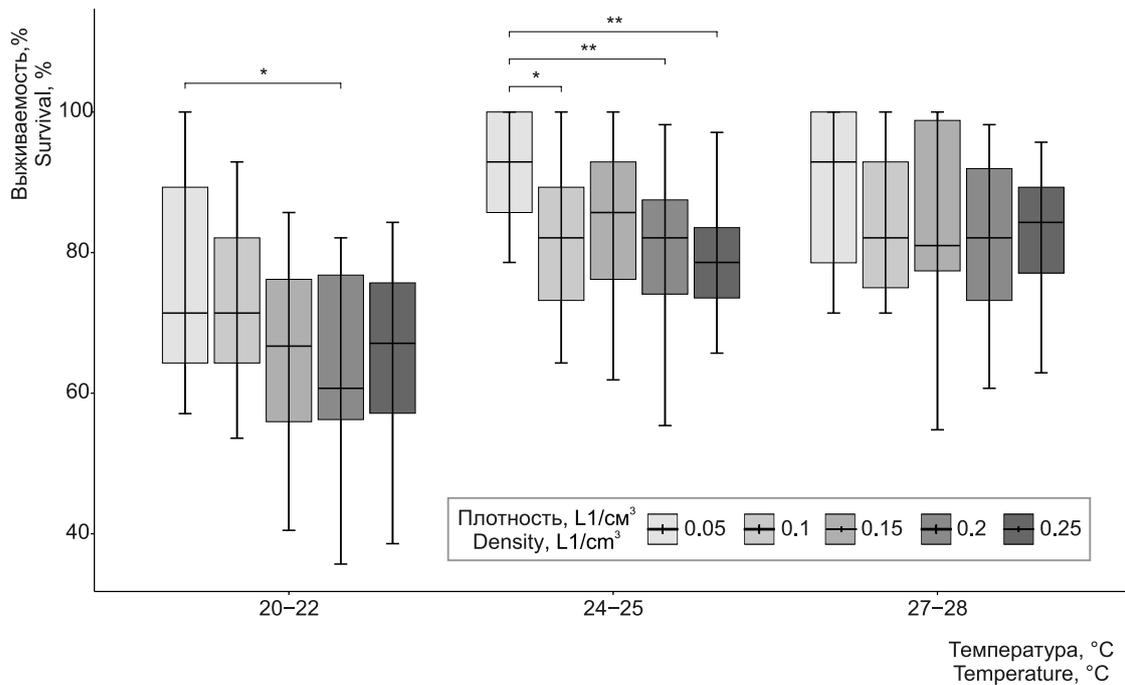


Рисунок 1. Влияние плотности содержания личинок *Macrolophus pygmaeus* на их выживаемость при группировке по трем различным диапазонам температур.

Примечание: n=19 для каждого варианта. Статистически достоверно различающиеся варианты соединены поперечной линией и обозначены: p.adj. 0.05 ‘*’, 0.01 ‘**’ (парный критерий Стьюдента с поправкой *holm* на множественное тестирование)

Figure 1. Effect of density of *Macrolophus pygmaeus* nymphs on their survival, densities grouped by three different temperature ranges.

Note: n=19 for each experimental group. Statistically significant differences are joined by bars and designated as follows: p.adj. 0.05 ‘*’, 0.01 ‘**’. Pairwise t-test with Holm adjustment for multiple testing)

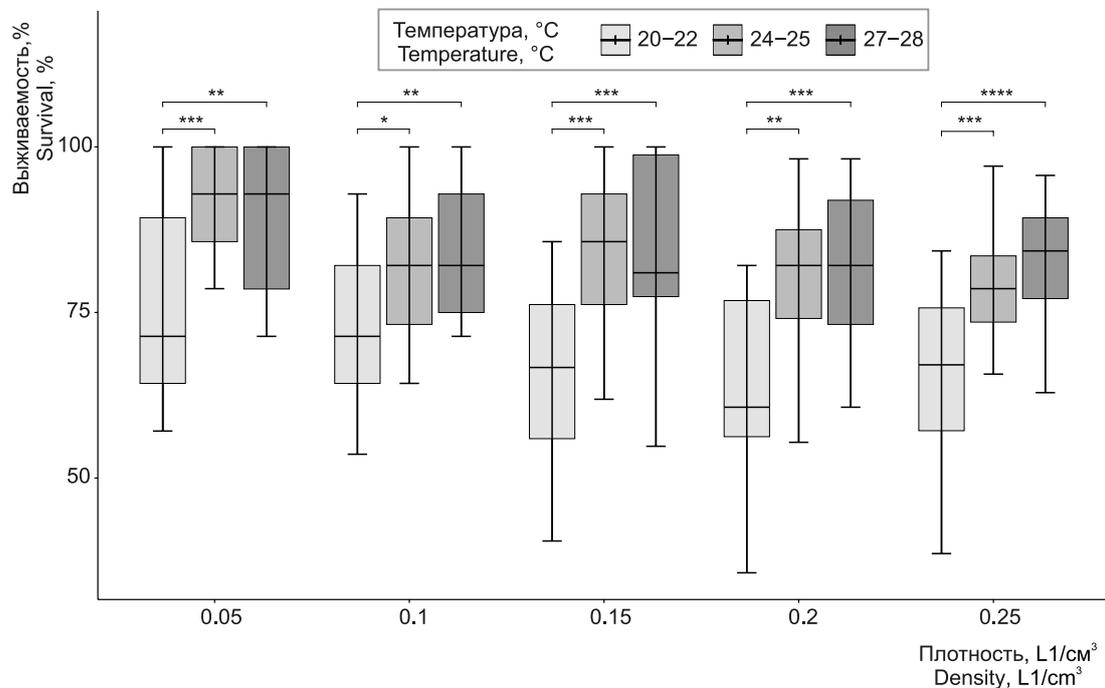


Рисунок 2. Влияние температуры на выживаемость личинок *Macrolophus pygmaeus* при группировке по пяти различным плотностям.

Примечание: n=19 для каждого варианта. Статистически достоверно различающиеся варианты соединены поперечной линией и обозначены: p.adj. 0.05 ‘*’, 0.01 ‘**’ (парный критерий Стьюдента с поправкой *holm* на множественное тестирование)

Figure 2. Effect of temperature on the survival of *Macrolophus pygmaeus* nymphs grouped by five different densities.

Note: n=19 for each experimental group. Statistically significant differences are joined by bars and designated as follows: p.adj. 0.05 ‘*’, 0.01 ‘**’. Pairwise t-test with Holm adjustment for multiple testing)

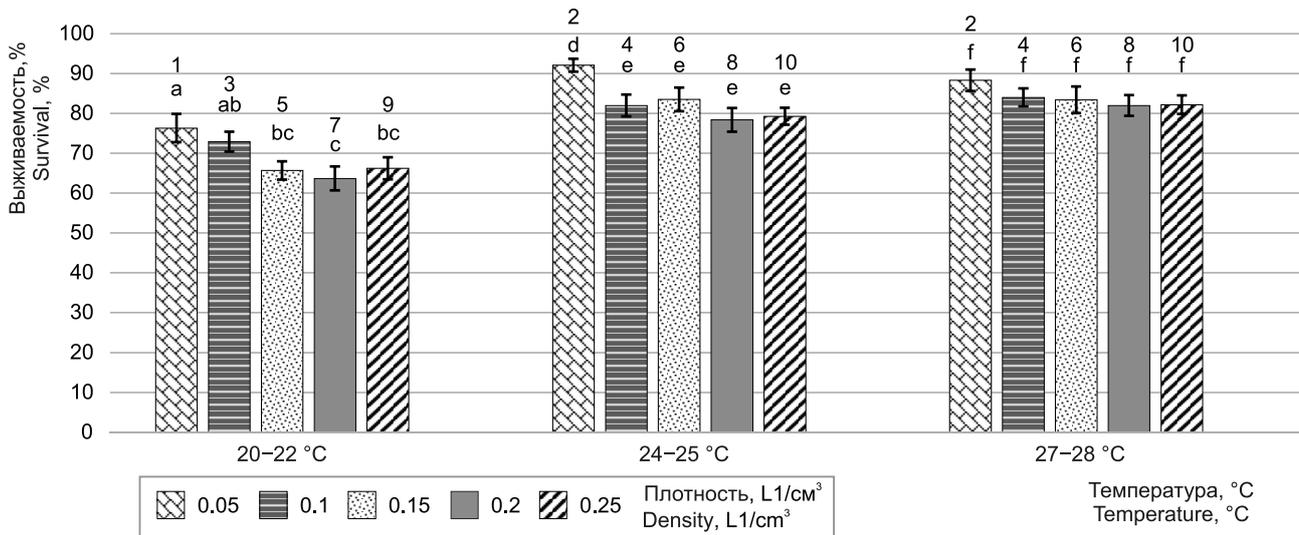


Рисунок 3. Влияние плотности содержания личинок *Macrolophus pygmaeus* на их выживаемость при трёх различных диапазонах температур.

Примечание: n=19 для каждого варианта. Одинаковыми буквами обозначены варианты для различных температур, одинаковыми цифрами – для различных плотностей, статистически не различающиеся при P=0.05 (t-критерий Стьюдента)

Figure 3. Effect of density of *Macrolophus pygmaeus* nymphs on their survival at three different temperature ranges. *Note:* n=19 for each experimental group. The same letters denote groups for different temperatures, the same numbers denote groups for different densities, statistically not different at P=0.05 (Pairwise t-test, not adjusted for multiple testing)

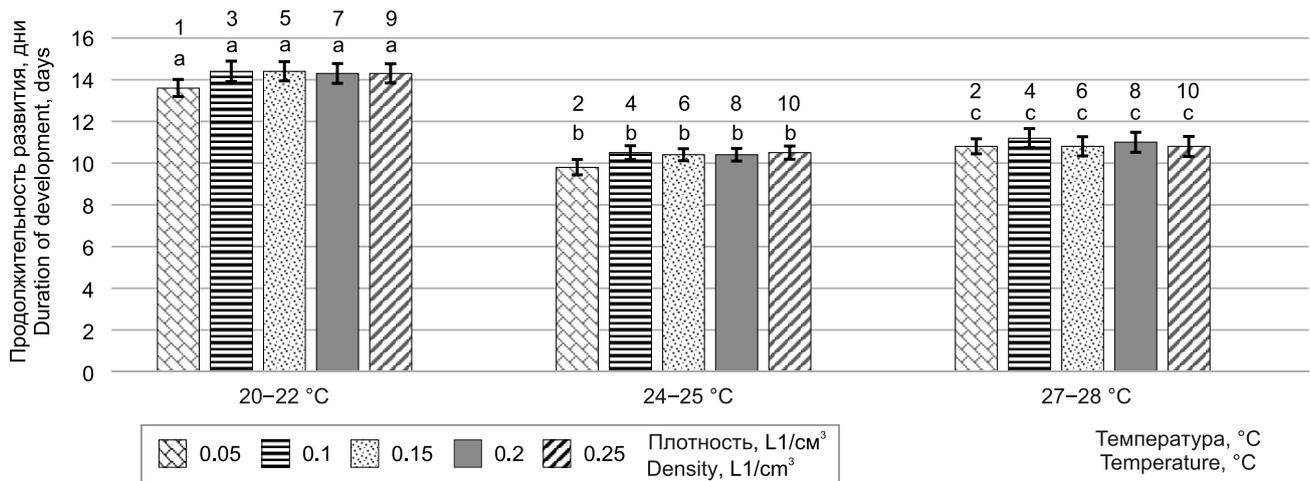


Рисунок 4. Влияние плотности содержания личинок *Macrolophus pygmaeus* на продолжительность их развития при трёх различных диапазонах температур.

Примечание: n=19 для каждого варианта. Одинаковыми буквами обозначены варианты для различных температур, одинаковыми цифрами – для различных плотностей, статистически не различающиеся при P=0.05 (t-критерий Стьюдента)

Figure 4. Effect of the density of *Macrolophus pygmaeus* nymphs on the duration of their development at three different temperature ranges.

Note: n=19 for each experimental group. The same letters denote groups for different temperatures, the same numbers denote groups for different densities, statistically not different at P=0.05 (Pairwise t-test)

различий. Таким образом, плотность содержания не оказывает влияния на продолжительность развития клопа, что также подтверждается результатом двухфакторного дисперсионного анализа ($F=0.2$, $p=0.459$). На продолжительность развития при исследуемых плотностях содержания влияет только температура ($F=118$, $p=0.000$).

Вес полученных имаго имеет достоверные различия только между самками и самцами. Как видно из рисунка 5, средняя масса самок при всех вариантах температуры и плотности колебалась от 1.16 до 1.2 мг, средняя масса

самцов – от 0.58 до 0.65 мг. Достоверных различий между вариантами плотности и вариантами температуры не отмечено.

Результаты эксперимента по выживаемости личинок, полученные при массовом содержании, противоречат литературным данным, где личинки содержались индивидуально. При массовом содержании выживаемость личинок клопа достоверно ниже при более низкой температуре 20–22 °C. Различия по выживаемости, как отмечалось ранее, невысоки, но достоверны. В то же время, по результатам

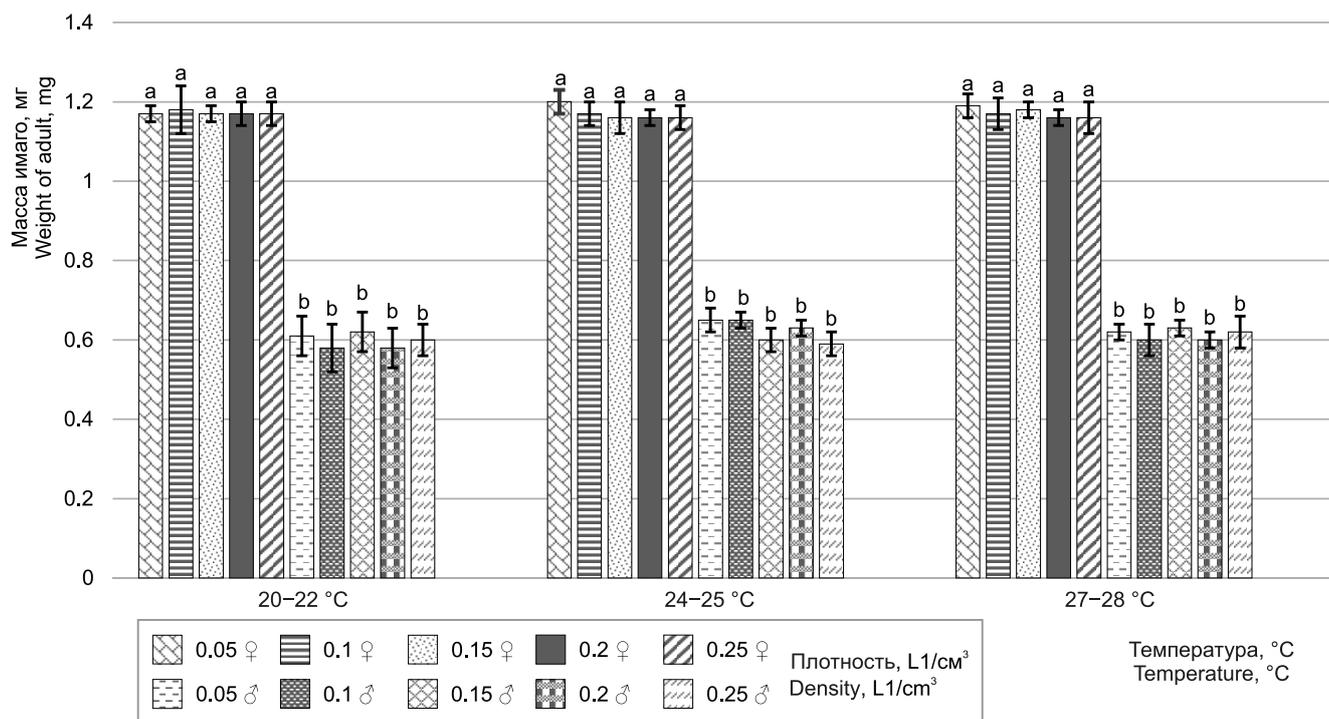


Рисунок 5. Влияние плотности содержания личинок *Macrolophus pygmaeus* на массу имаго при трёх различных диапазонах температур.

Примечание: n=19 для каждого варианта. Одинаковыми буквами обозначены варианты, статистически не различающиеся при P=0.05 (попарный t-критерий Стьюдента с поправкой *holm* на множественное тестирование)

Figure 5. Effect of density of *Macrolophus pygmaeus* nymphs on the weight of adults at three different temperature ranges.

Note: n=19 for each variant. The same letters denote experimental groups that are not statistically different at P=0.05 (Pairwise t-test with Holm adjustment for multiple testing)

исследований D. Perdakis и D. Lykouressis (2000), при индивидуальном содержании выживаемость нимф ниже при более высокой температуре 27°C и 30°C по сравнению с 20°C, как при наличии, так и в отсутствии жертвы (Perdakis, Lykouressis, 2000). По данным Perez-Hedo с соавторами (2023), выживаемость личинок достоверно (на 15%) ниже при температуре 24°C, чем при температуре 18°C (Perez-Hedo et al, 2023). Причина такого противоречия не совсем понятна, поскольку при высокой плотности и сравнительно более высокой температуре предполагается повышение уровня каннибализма – фактора в значительной степени ответственного за снижение выживаемости при массовом содержании насекомых. Так, у хищного клопа слепняка – *Dicyphus errans* – был изучен каннибализм среди личинок 1-го возраста при их различной плотности (Arganiti et al, 2018). Выживаемость уменьшалась от 100 до 84% по мере увеличения плотности от 2 до 16 личинок на контейнер, что автор связывает с каннибализмом. Повышение температуры также увеличивает степень каннибализма, что показано для других хищников. У златоглазки *Mallada basalis* каннибализм достигает 60% при 35°C (Ye, Li, 2020), у кокцинеллиды *Harmonia axyridis* при низкой температуре каннибализм также был значительно ниже, чем при высокой (Wang et al, 2010). Известно, что каннибализм у *M. pygmaeus* значительно проявляется у старших возрастов относительно младших и усиливается при недостатке пищи (Hamdi, Bonato, 2013; Dumont et al, 2020). Исследования о влиянии температуры на каннибализм у этого вида нам неизвестны.

В целом температура 20–22°C лежит в диапазоне благоприятных температур (20–30°C) (Lykouressis et al, 2001;

Martínez-García et al, 2017; Perez-Hedo et al, 2023) для *M. pygmaeus*. что делает его пригодным для применения в зонах с умеренным климатом (Perez-Hedo et al, 2023, Ingegno et al, 2021). Однако, изменение температуры в этих пределах оказывает влияние на количество потребляемой пищи, хищническое поведение, а также на потребность в использовании растительного сока или/и свободной воды, которые важны для жизнедеятельности клопа.

Так по данным Perdakis с соавторами (1999), уровень хищничества при использовании в качестве жертвы *Myzus persicae* возрастает при увеличении температуры от 20°C до 25°C и 30°C в среднем в 1.5 и 2 раза, соответственно (Perdakis et al, 1999). Perez-Hedo с соавторами (2023) выявил увеличение прожорливости *M. pygmaeus* при увеличении температуры от 18°C до 24 и 30°C, количество потребляемой пищи (так же персиковая тля) при этом увеличивается более, чем вдвое (Perez-Hedo et al, 2023).

Что касается потребления воды, известно, что клопы-зоофитофаги из семейства Miridae нуждаются в ее значительном количестве для успешного процесса питания (Hatherly et al, 2009; Castane et al, 2011). При питании клопы вводят в жертву или растение пищеварительные ферменты слюнных желез, растворенные в воде, и всасывают раствор питательных веществ (Castane et al, 2011). Сок растений, за счет которого слепняки-зоофитофаги в значительной степени удовлетворяют потребность в воде, необходим клопам для поддержания физиологических процессов (Hatherly et al, 2009), в том числе для метаболизма и синтеза гидролитических ферментов (Cohen 1995; Sinia et al, 2004). Поскольку потребление воды необходимо для нормального процесса питания, то увеличение

прожорливости при повышении температуры должно приводить и к увеличению потребления воды. Возможно, при снижении температуры, помимо замедления развития личинок, уменьшается уровень потребления воды. Это может отражаться на процессе питания и, как следствие, приводить к растягиванию линьки на следующий возраст в изначально одновозрастных группах и ситуации, когда часть личинок уже перелиняла, а часть – еще нет, что способствует проявлению каннибализма старших возрастов в отношении младших при массовом содержании.

Литературных данных по потреблению воды при разных температурах у клопов-зоофитофагов из сем. Miridae мы не обнаружили. Поэтому для подтверждения нашего предположения о том, что даже при оптимальной, но более низкой температуре, значительно сокращается потребление воды у *M. pygmaeus*, что может повлиять на общую выживаемость нимф, был проведен эксперимент по оценке потребления свободной воды (в отсутствии растения) при двух диапазонах температур (20–21 °C и 27–28 °C) в течение 24 ч. Результат эксперимента (табл. 1) показал, что средняя суточная прибавка массы личинок *M. pygmaeus* при потреблении только свободной воды достоверно (в 1.3 раза) ниже при температуре 20–21 °C, чем при 27–28 °C. Выживаемость личинок в этом эксперименте 100% в обоих вариантах температур. При наличии свободной воды и корма (яиц зерновой моли) средняя суточная прибавка массы личинок при температуре 20–21 °C значительно ниже (в 1.5 раза), чем при 27–28 °C. В условиях наличия корма, но в отсутствии свободной воды, напротив происходит снижение массы личинок и среднесуточная убыль массы личинок больше при более низкой температуре. Это подтверждает факт нарушения процесса потребления пищи в отсутствии воды или при ее недостатке. Кроме того, по нашему мнению, при питании яйцами зерновой

моли потребность в воде у нимф клопа увеличивается, поскольку этот вид корма содержит малое количество жидкости и без воды не происходит его нормального усвоения. В таких условиях содержания наблюдается гибель личинок в обоих вариантах температуры, при температуре 20–21 °C смертность составляет 22%, а при 27–28 °C – 76% (табл. 1). Мы связываем существенное различие в смертности личинок с увеличением каннибализма в результате недостатка воды при повышении температуры до 27–28 °C. Эксперимент проходил в течение суток и такая значительная смертность за столь короткий промежуток времени, скорее всего, связана именно с интенсивностью каннибализма. Это подтверждается результатом, полученным в варианте с индивидуальным содержанием насекомых, так же без свободной воды, но с кормом, где выживаемость личинок высокая и составляет 85% (табл. 1).

Таким образом, среднесуточная прибавка веса определяется не только потреблением корма, но и потреблением свободной воды и зависит от температуры. Снижение среднесуточной прибавки веса из-за снижения потребления воды и нарушения потребления пищи также может провоцировать замедление развития, как и снижение температуры воздуха. Это, кроме того, увеличивает изменчивость продолжительности развития личинок. В нашем эксперименте, где использовались одновозрастные личинки, увеличение изменчивости продолжительности развития могло привести к десинхронизации возрастного состава, что в большой группе вероятно спровоцировало проявление каннибализма. По нашему мнению, именно это и произошло в варианте самой низкой температуры 20–22 °C. Наличие каннибализма, в условиях этой температуры, так же косвенно подтверждается фактом более дружного выхода имаго (продолжительность вылета имаго от 2.14 до 2.24 суток) в сравнении с более растянутым (от 2.55 до 2.75

Таблица 1. Влияние температуры, наличия корма и воды на суточное изменение массы и выживаемость личинок хищного клопа *Macrolophus pygmaeus*

Вариант содержания личинок		N	Среднесуточное изменение массы одной личинки, мг		Доля живых личинок, %	
			20–21 °C	27–28 °C	20–21 °C	27–28 °C
Группы по 10 особей	Только вода	190	+0.173 ± 0.007 a	+0.231 ± 0.015 b	100	100
	Вода и яйца зерновой моли	190	+0.263 ± 0.013 c	+0.384 ± 0.01 d	100	100
	Только яйца зерновой моли (без воды)	50	-0.023 ± 0.0002 e	-0.017 ± 0.0001 f	78±5.86	24±6.04
Только яйца зерновой моли (без воды), индивидуальное содержание		20	-	-	100	85 ± 7.98

Примечание: одинаковыми буквами обозначены варианты, статистически не различающиеся при P=0.05 (попарный t-критерий Стьюдента с поправкой holm на множественное тестирование).

Table 1. Effect of temperature, food and water supply on the daily change of the body weight and survival of nymphs of the predatory bug *Macrolophus pygmaeus*

Maintenance		N	Average daily change in body weight of one nymph, mg		Survival of nymphs, %	
			20–21 °C	27–28 °C	20–21 °C	27–28 °C
groups of 10 individuals	Supply of water	190	+0.173 ± 0.007 a	+0.231 ± 0.015 b	100	100
	Supply of water and grain moth eggs	190	+0.263 ± 0.013 c	+0.384 ± 0.01 d	100	100
	Supply of grain moth eggs (without water)	50	-0.023 ± 0.0002 e	-0.017 ± 0.0001 f	78±5.86	24±6.04
Supply of grain moth eggs (without water), individual maintenance		20	-	-	100	85 ± 7.98

Note: the same letters indicate experimental groups that are not statistically different at P=0.05 (pairwise t-test with 'holm' adjustment for multiple testing).

суток), в условиях 27–28 °С (рис. 4). В то же время общая продолжительность развития при 27–28 °С, достоверно и значительно меньше, чем при 20–22 °С (рис. 2). Необходимо отметить и отсутствие различий по весу полученных имаго между всеми вариантами температуры (рис. 6). Исходя из вышесказанного, температуры 20–22 °С, с одной стороны, привели к десинхронизации возрастного состава личинок в группе и спровоцировали каннибализм старших особей в отношении особей, отстающих в развитии, и, с другой стороны, привели к выравниванию возрастного состава в период завершения развития и дружному выходу имаго (рис. 6) при снижении доли их выхода (рис. 3).

Таким образом, уменьшение выживаемости личинок при массовом содержании у нижней границы

оптимального диапазона температур связано со снижением интенсивности поглощения воды и корма, десинхронизацией возрастного состава группы личинок и, как следствие, более интенсивным каннибализмом. Основываясь на полученных результатах, можно рекомендовать для массового разведения *M. pygmaeus* пренебречь небольшими различиями по выживаемости личинок при изменении плотности их содержания и выбрать вариант с максимальной плотностью (0.25 личинок на 1 см³) в температурном диапазоне от 24 °С до 28 °С. Более узкий температурный режим выбирается в зависимости от производственной необходимости. Следует отметить обязательность соблюдения в технологическом процессе выращивания *M. pygmaeus* режима питания и подачи воды.

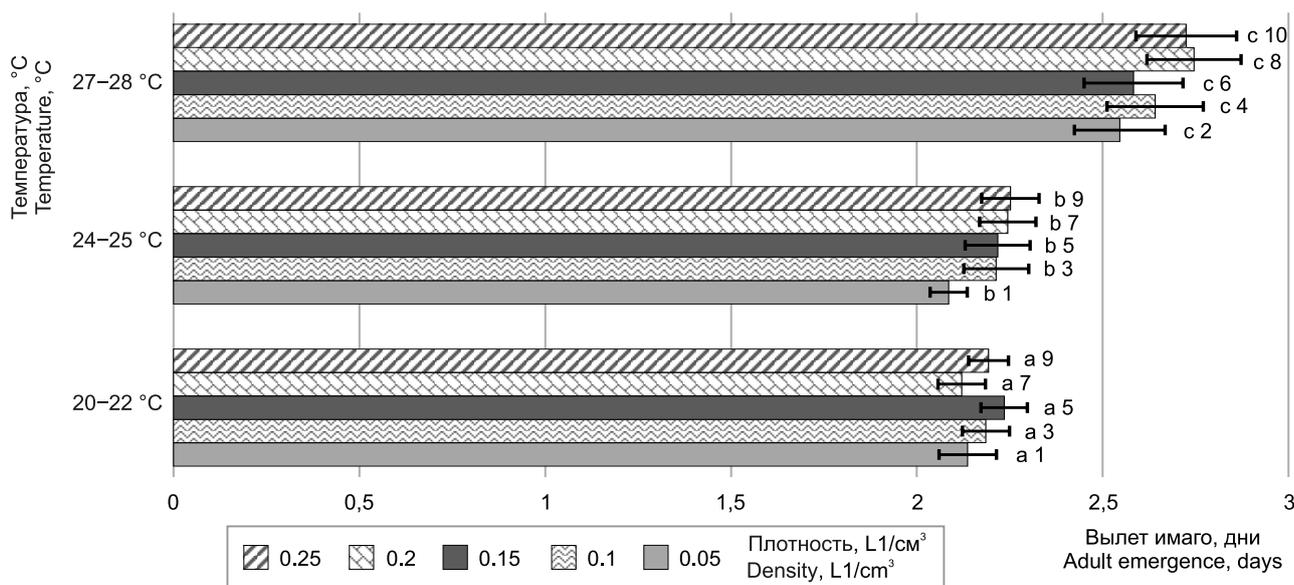


Рисунок 6. Влияние температуры и плотности содержания личинок *Macrolophus pygmaeus* на продолжительность вылета имаго.

Примечание: n=19 для каждого варианта. Одинаковыми буквами обозначены варианты внутри температуры, одинаковыми цифрами – внутри плотности, статистически не различающиеся при P=0.05 (попарный t-критерий Стьюдента с поправкой *holm* на множественное тестирование)

Figure 6. Effect of temperature and density of *Macrolophus pygmaeus* nymphs on timings of adult emergence.

Note: n=19 for each variant. The same letters denote variants within temperature, the same numbers denote variants within density, statistically not different at P=0.05 (Student's t-test with *holm* adjustment for multiple testing)

Благодарности

Исследование выполнено при поддержке проекта Государственного задания лаборатории биологической защиты растений ФГБНУ ВИЗР, номер государственной регистрации 123080400025-9.

Библиографический список (References)

- Замотайлов АС, Бедловская ИВ (2015) Техническая энтомология: курс лекций для обучения по программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре – 06.06.01 Биологические науки, направленность (профиль) Энтомология. Краснодар, КубГАУ, 109 с
- Arvaniti KA, Fantinou AA, Perdiki DC (2018) Plant and supplementary food sources effect the development of *Dicyphus errans* (Hemiptera: Miridae). *Appl Entomol Zoo* 53:493–499. <https://doi.org/10.1007/s13355-018-0579-3>
- Castañe C, Arnó J, Gabarra R, Alomar O (2011) Plant damage to vegetable crops by zoophytophagous mirid predators. *Biol Control* 59(1):22–29
- Cohen AC (1995) Extraoral digestion in predaceous terrestrial Arthropoda. *Annu Rev Entomol* 40:85–103
- Dumont F, Lucas E, Alomar O (2020) Oviposition behavior of the mirid *Macrolophus pygmaeus* under risk of intraguild predation and cannibalism. *Insect Sci* 00:1–7. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12752>
- Fernandez FJ, Gamez M, Garay J, Cabello T (2020) Do development and diet determine the degree of cannibalism in insects? To eat or not to eat conspecifics. *Insects* 11(4):1–21. <http://doi.org/10.3390/insects11040242>
- Hamdi F, Bonato O (2013) Relation entre sources trophiques et capacité de survie chez *Macrolophus pygmaeus* (Hemiptera : Miridae). *Can Entomol* 146(3):285–290. <https://doi.org/10.4039/tce.2013.73>
- Hatherly IS, Pedersen BP, Bale JC (2009) Effect of host plant, prey species and intergenerational changes on the prey

- preferences of the predatory mirid *Macrolophus caliginosus*. *BioControl* 54:35–45
- Ingegno BL, Gerben LM, Leman A et al (2021) Development and thermal activity thresholds of European mirid predatory bugs. *BioControl* 152(1):1–11
- Lykouressis D, Perdikis D, Michalaki M (2001) Nymphal Development and Survival of *Macrolophus pygmaeus* Rambur (Hemiptera: Miridae) on Two Eggplant Varieties as Affected by Temperature and Presence/Absence of Prey. *BioControl* 20(3):222–227
- Martínez-García H, Sáenz-Romo MG, Aragón-Sánchez M et al (2017) Temperature-dependent development of *Macrolophus pygmaeus* and its applicability to biological control. *BioControl* 62:481–493
- Megha NP, Phillips TW (1995) Survivorship and Cannibalism in *Lycotocoris campestris* (Hemiptera: Anthocoridae): Effects of Density, Prey Availability, and Temperature. *J Entomol Sci* 30(1):1–8
- Perdikis D, Lykouressis DP, Economou LP (1999) The influence of temperature, photoperiod and plant type on the predation rate of *Macrolophus pygmaeus* on *Myzus persicae*. *BioControl* 44(3):281–289. <http://doi.org/10.1023/a:1009959325331>
- Perdikis DC, Lykouressis DP (2002) Life table and biological characteristics of *Macrolophus pygmaeus* when feeding on *Myzus persicae* and *Trialeurodes vaporariorum*. *Entomol Exp Applic* 102:261–272
- Perdikis D, Lykouressis D (2000) Effects of various items, host plants, and temperatures on the development and survival of *Macrolophus pygmaeus* Rambur (Hemiptera: Miridae). *BioControl* 17(1):55–60
- Pérez-Hedo M, Pedroche V, Urbaneja A (2023) Temperature-driven selection of predatory mirid bugs for improving aphid control in sweet pepper crops. *Horticulturae* 9(5):572
- Start D, Kirk D, Shea D, Gilbert B (2017) Cannibalism by damselflies increases with rising temperature. *Biol Lett* 13(5):1–4
- Sinia A, Roitberg B, McGregor RR, Gillespie DR (2004) Prey feeding increases water stress in the omnivorous predator *Dicyphus hesperus*. *Entomol Exp et Applic* 110:243–248
- Ye J, Li J (2020) Factors affecting cannibalism by *Mallada basalis*. *Biocontrol Sci Technol* 30(5):442–450
- Wang S, Tan XL, Zhang F (2010) Influence of kin relationship on cannibalism behavior of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) fourth instar larvae in different temperature conditions. *Acta Ecol Sin* 30(19):5396–5403

Translation of Russian References

- Zamotailov AS, Bedlovskaya IV (2015) Technical entomology: a course of lectures for training in programs for the preparation of scientific and pedagogical personnel in graduate school – 06.06.01 Biological sciences, focus (profile) Entomology. Krasnodar, KubSAU, 109 p. (In Russian)

Plant Protection News, 2024, 107(2), p. 75–82

OECD+WoS: 1.06+IY (Entomology), 4.01+AM (Agronomy)

<https://doi.org/10.31993/2308-6459-2024-107-2-16662>

Full-text article

EFFECT OF TEMPERATURE AND DENSITY OF *MACROLOPHUS PYGMAEUS* (HETEROPTERA, MIRIDAE) NYMPHS ON THEIR VIABILITY DURING MASS REARING

T.D. Perova¹, E.G. Kozlova²

¹ Institute of Applied Entomology, St. Petersburg, Russia

² All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

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

When *Macrolophus pygmaeus* nymphs were kept in large numbers while fed ad libitum on *S. cerealella* eggs in the presence of water and plant leaves, their survival was significantly lower at 20–22 °C, in comparison to 24–25 °C and 27–28 °C at all insect densities tested. Development was significantly longer at 20–22 °C. The yield of adults was significantly higher at 20–22 °C as well. The weight of the adults is defined by the sex and wasn't dependent on temperature or nymph density. We associate the decrease in survival at 20–22 °C with cannibalism due to impaired water and food consumption, a decrease in daily weight gain (1.3 times in the case of water supply and 1.5 times in the case of both water and feed supply) and desynchronization of the physiological age of the nymphs. As a result of this desynchronization, the older individuals consumed those lagging behind in development. This resulted in equalized age composition, allowing for simultaneous emergence of adults, but decreased their number. Nymphal density reliably affected their survival at temperatures of 20–22 °C and 24–25 °C. However, despite the differences between the nymphal survival scores at the higher and lower densities were statistically significant, they were quite small. During mass breeding, they can be neglected in favor of a higher density of larvae, which allows for intensification of the production of the *M. pygmaeus*.

Keywords: predatory bugs, temperature, density, nymphal survival, adult weight, duration of development, cannibalism

Submitted: 21.07.2024

Accepted: 09.09.2024