

УДК 632.937.12

ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМНОЖЕНИЯ ПАРАЗИТОИДА *ENCARSIA FORMOSA* ГАХАН ПРИ БИОЛОГИЧЕСКОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ

Николай МОРОЗ

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

Abstract. Elements of the technology for optimizing the breeding of *Encarsia formosa* Gahan are proposed for the needs of biological farming. According to the results of the research, the maximal parameters of the lifespan and reproductive capacity of the parasitoid females were noted in the experimental variants. The optimization of trophism provides adaptive plasticity of *Encarsia formosa* Gahan in the period of ontogenesis, contributes to increasing the search capacity and gluttony of the parasitoid. As a result of trophic modification, positive changes occur in the biology of *Encarsia formosa* Gahan, which improves the competitive capabilities of the parasitoid as a biological agent for limiting the harmfulness of phytophages in biological farming. The aim of the research was to study the efficacy of supplementary feeding of *Encarsia formosa* Gahan and to assess the possibility of using biologically active components for correcting the life cycle of the parasitoid. To achieve this goal, the following tasks were accomplished: to carry out an analysis of the possible optimization of the parasitoid rearing system by feeding the imago with biologically active phospholipids and an aqueous solution of Iodine concentrate plus nano aqua citrates of selenium plus nano aqua citrates of germanium obtained by nanotechnology; to analyze the effect of elements of nutrition technology for life expectancy, the reproductive capacity of females, the effectiveness of using *Encarsia formosa* Gahan as a biological agent to limit the harmfulness of the phytophages.

Key words: *Encarsia formosa* Gahan; Life expectancy; Reproductive capacity; Biologically active phospholipids; Nano aqua citrates.

Реферат. Предлагаются элементы технологии оптимизации размножения *Encarsia formosa* Gahan для потребностей биологического земледелия. Согласно результатам исследований, в опытных вариантах отмечены максимальные показатели продолжительности жизни и репродуктивной способности самок паразитоида. Оптимизация трофики обеспечивает адаптивную пластичность *Encarsia formosa* в период онтогенеза, способствует повышению поисковой способности и прожорливости паразитоида. В результате модификации трофики происходят положительные изменения в биологии *Encarsia formosa*, что улучшает конкурентные возможности паразитоида как биологического агента ограничения вредности фитофагов при биологическом земледелии. Целью исследования было изучение эффективности дополнительного питания *Encarsia formosa* и оценка возможности использования биологически активных компонентов для коррекции жизненного цикла паразитоида. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: осуществить анализ возможной оптимизации разведения паразитоида *Encarsia formosa* за счет прикормки имаго биологически активными фосфолипидами и водным раствором Йодис-концентрат плюс наноаквацитрат Se плюс наноаквацитрат Ge полученными с помощью нанотехнологий; провести анализ воздействия элементов технологии питания на продолжительность жизни, репродуктивную способность самок, эффективность использования *Encarsia formosa* как биологического агента ограничения вредности фитофагов.

Ключевые слова: *Encarsia formosa* Gahan; Продолжительность жизни; Репродуктивная способность; Биологически активные фосфолипиды; Наноаквацитраты.

ВВЕДЕНИЕ

При биологическом земледелии использование энтомофагов обеспечивает экологическую чистоту окружающей среды, биологическое равновесие биоценозов (Кисіль, В.І. 2000; Мороз, М.С. 2015а). Вместе с тем, производство энтомофагов требует надлежащих знаний их биологии, умений управления технологическими процессами. Существует надобность селекции культур энтомофагов, адаптированных к меняющимся условиям среды, имеющих стабильные показатели качества и толерантности. (Moroz, M.S. et al. 2015; Moroz, M.S. 2016; Moroz, M.S. 2017). Особое место по специфике паразитизма принадлежит *Encarsia formosa* Gahan, что впервые обнаружена и описана в штате Айдахо (США) (Gahan, A.B. 1924; Netting, J.F. et al. 2000). Наряду с *Encarsia formosa* Gahan существует вид-двойник *Encarsia luteola* Howard., имеющий биологическое и морфологическое сходство, что трудно дифференцируется привычными методами систематики. Для определения видов-двойников разработаны молекулярные маркеры, которые однозначно различают паразитоидов (Babcock, C.S. 2000). Известно, что *E. Formosa* около ста лет используется для биологического контроля фитофага *Trialeurodes vaporariorum* Westw. Наибольшие площади

использования *E. Formosa* встречаются в странах Западной Европы, Северной Америки, России и Японии (Hoddle, M.S. et al. 1998; Van Lenteren, J.C. et al. 1988; Vis, R.M.J. et al. 2008). Исследователи (Забудская, И.А. 1978; Laska, P. et al. 1980; Pilkington, L.J. et al. 2010; Яркулов, Ф.Я. 2013), отмечают положительные и проблемные стороны применения паразитоида. Установлено, что при оптимальных факторах среды: температуры, влажности, освещения, качества и количества корма, *E. Formosa* характеризуется наилучшими биологическими показателями. Отклонение от оптимума отрицательно влияет на онтогенез, жизнеспособность и репродуктивный потенциал паразитоида (Забудская, И.А. 1978; Hoddle, M.S. et al. 1998; Констанский, Д.К. и др. 1993). Выявлено, что активность *E. formosa* по поиску тепличной белокрылки зависит от физиологического состояния самок, абиотических факторов, морфологических особенностей культурного растения, степени загрязнения листьев выделениями фитофага-хозяина (Guertieri, E. 1997; Hoddle, M.S. et al. 1998; Мороз, М.С. 2018). Целью данного исследования было изучение эффективности дополнительного питания *E. Formosa* и оценка возможности использования биологически активных компонентов для коррекции жизненного цикла паразитоида.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводились на особях лабораторно-полевой культуры *Encarsia formosa* Gahan, что выращивались в течение шести генераций на личинках *Trialeurodes vaporariorum* Westw.. Имаго паразитоида после выхода из куколки в течение 96 часов подкармливали раствором с биологически активными фосфолипидами: лецитин, фосфатидил-этаноламид, сфингомиелин – 125 мг/дм³ и водным раствором Йодис-концентрат плюс наноаквацитрат Se плюс наноаквацитрат Ge, содержащий йод – 0,4 мг/дм³, селен – 0,00025 мг / дм³, германий – 0,5 мг / дм³. Развитие *E. formosa* происходило при температуре 27–28 °С, относительной влажности воздуха 70%, длине светового дня 16 часов, освещении 8000 люкс. При определении влияния подкормки имаго *E. Formosa* на продолжительность жизни и репродуктивную способность самок, их размещали по 10 особей в пластиковые энтомологические микросадки, раствором биологически активных компонентов пропитывали поролоновую пластинку с капроновой сеткой. *E. Formosa* контрольных вариантов выращивали на личинках *T. vaporariorum*. Для повышения репродуктивной способности самок, паразитоида подкармливали углеводно-белковым кормом. В качестве углеводов использовали сахарный сироп, в качестве белкового корма – автолизат пивных дрожжей при аналогичных с опытными особями условиях. Для карантинной проверки исходного биологического материала и проведение соответствующих методов его очистки проводилось выращивание *E. formosa* в условиях карантинной лаборатории в течение двух поколений.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Результаты исследований свидетельствуют, что у лабораторно-полевых культур *E. Formosa* на начальном этапе использования биологически активных компонентов вероятно присутствие на организменном уровне двух стратегий реализации защитных систем (Pilkington, L.J. et al. 2010; Мороз, М.С. 2015). Предыдущими исследованиями установлено, что на фоне активации общего метаболизма оптимальные концентрации наноаквацитрат селена генерируют защитные реакции, направленные на уменьшение последствий негативного влияния абиотических факторов. Высокие концентрации – наоборот, вызывают активацию защитных реакций, направленных на локализацию и элиминацию агрессивного воздействия биологически активного комплекса. Подтверждением адаптивного ответа популяции на положительное действие наноаквацитрат селена является синхронный рост фенолоксидазной активности гемолимфы и репродуктивного потенциала энтомофага (Мороз, М.С. 2015б). Согласно результатам исследований (табл.1), положительный эффект от подкормки самок *E. Formosa* раствором Йодис-концентрат плюс наноаквацитрат Se плюс наноаквацитрат Ge в оптимальных концентрациях и соотношении, приводит к увеличению продолжительности жизни и репродуктивной способности самок. Например, подкормка самок *E. Formosa* после выхода из куколки раствором Йодис-концентрат плюс наноаквацитрат Se плюс наноаквацитрат Ge, содержащего йод – 0,4 мг/дм³, селен – 0,00025 мг/дм³, гер-

маний – 0,5 мг/дм³, обеспечило лучшие показатели продолжительности жизни имаго – 480±18,25 часов, репродуктивную способность – 116±5,06 штук яиц, что в процентном соотношении, соответственно, больше на: 33,33 % и 22,11 % по сравнению с контрольным вариантом. Подкормка паразитоида после выхода из куколки раствором с биологически активными фосфолипидами: лецитин, фосфатидил-этаноламид, сфингомиелин в оптимальной концентрации – 125 мг/дм³, так же способствовало увеличению продолжительности жизни самок до 516±11,88 часов и репродуктивной способности до 114±5,21 штук яиц, в процентном соотношении, соответственно, больше на: 43,33 % и 20% по сравнению с контрольным вариантом. Лучшие показатели по продолжительности жизни и репродуктивной способности самок специализированного паразитоида *E. Formosa* обеспечиваются в результате подкормки имаго после выхода из куколки в течение 96 часов раствором с биологически активными фосфолипидами: лецитин, фосфатидил-этаноламид, сфингомиелин – 125 мг/дм³ и водным раствором Йодис-концентрат плюс наноаквацитрат Se плюс наноаквацитрат Ge, содержащий йод – 0,4 мг/дм³, селен – 0,00025 мг/дм³, германий – 0,5 мг/дм³. В частности, подкормки самок паразитоида после выхода из куколки в течение 96 часов обеспечило лучшие показатели продолжительности жизни – 504±14,93 часа и репродуктивную способность самок – 115±5,06 штук, что, соответственно, на 40% и 21,05% больше по сравнению с контрольным вариантом.

Таблица 1. Влияние технологических параметров питания на продолжительность жизни и репродуктивную способность самок *E. formosa*

Показатели	<i>Encarsia formosa</i> Gahan	
	Продолжительность жизни, ч.	Репродуктивная способность самок, шт.
Концентрация внесенного в диету для <i>E. formosa</i> после выхода из куколки раствора Йодис-концентрат плюс наноаквацитрат Se плюс наноаквацитрат Ge, мг/дм ³		
I 0,2 + Se 0,000125 + Ge 0,25	432±14,03	104±3,84
I – 0,4 + Se – 0,00025 + Ge – 0,5	480±18,25	116±5,06
I – 0,8 + Se – 0,0005 + Ge – 1	456±16,72	111±5,71
Концентрация внесенного в диету для <i>E. formosa</i> после выхода из куколки биологически активных фосфолипидов: лецитин, фосфатидил-этаноламид, сфингомиелин, мг/дм ³		
62,5	432±9,22	102±4,84
125	516±11,88	114±5,21
250	492±7,57	110±6,02
Срок прикормки самок <i>E. formosa</i> после выхода из куколки, ч.		
72	480±18,56	100±4,32
96	504±14,93	115±5,06
120	492±15,11	111±3,44
Контроль	360±16,87	95±3,15

Из полученных экспериментальных данных по изучению влияния технологических параметров питания на количество отложенных самками паразитоида яиц в личинки третьего возраста насекомого-хозяина *T. Vaporariorum* (рис.1) очевидно, что при прикормке имаго после выхода из куколки в течение 96 часов раствором с биологически активными фосфолипидами: лецитин, фосфатидил-этаноламид, сфингомиелин – 125 мг/дм³ и водным раствором Йодис-концентрат плюс наноаквацитрат Se плюс наноаквацитрат Ge, содержащий йод – 0,4 мг/дм³, селен – 0,00025 мг/дм³, германий – 0,5 мг/дм³ увеличивается количество отложенных паразитоидом яиц внутри тела личинки третьего возраста *T. vaporariorum*. Так, в опытных вариантах количество отложенных самками яиц внутри тела личинки третьего возраста *T. Vaporariorum* через 240 часов составляла в среднем 99 штук, что соответственно на 47,76% больше по сравнению с контрольным вариантом. Согласно полученных экспериментальных данных вероятно, что на фоне активации

общего метаболизма биологически активные компоненты опытных вариантов генерируют желаемые физиологические процессы, направленные на уменьшение последствий негативного воздействия факторов среды. И, наоборот, без дополнительной прикормки самок биологически активными компонентами контрольной группы, происходит снижение активации процессов метаболизма *E. Formosa* (Мороз, М.С. 2018).

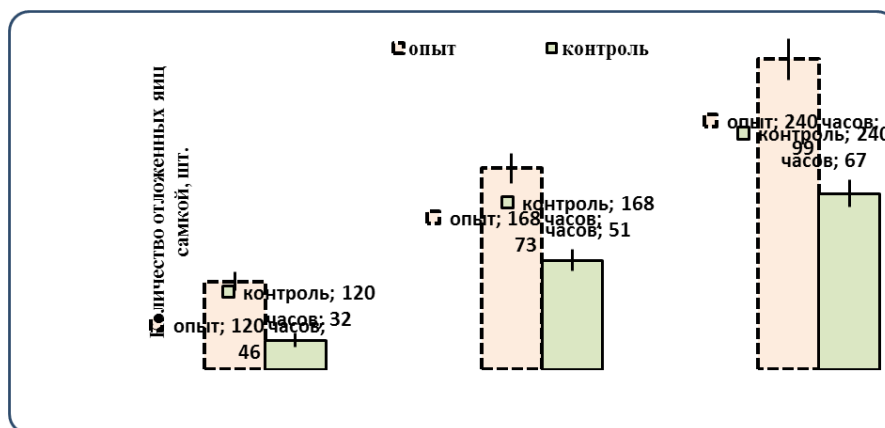


Рисунок 1. Влияние технологических параметров питания на количество отложенных самками яиц в личинки третьего возраста *Trialeurodes vaporariorum* Westw. (среднее, за шесть генераций)

На рисунке 2 представлены данные влияния технологических параметров питания на эффективность использования паразита *E. Formosa* как биологического агента ограничения вредности численности *T. vaporariorum*. Согласно полученным результатам, прикормки имаго после выхода из куколки в течение 96 часов раствором биологически активных компонентов опытных вариантов способствует повышению эффективности использования паразитоида как биологического агента ограничения вредности *T. vaporariorum*. Так, в опытных вариантах эффективность использования *E. formosa* как биологического агента ограничения вредности фитофага на помидорах составляла 84%, огурцах – 82% и перце овощном – 78%, что соответственно на 14, 15,5 и 15 процентов больше по сравнению с контрольным вариантом.

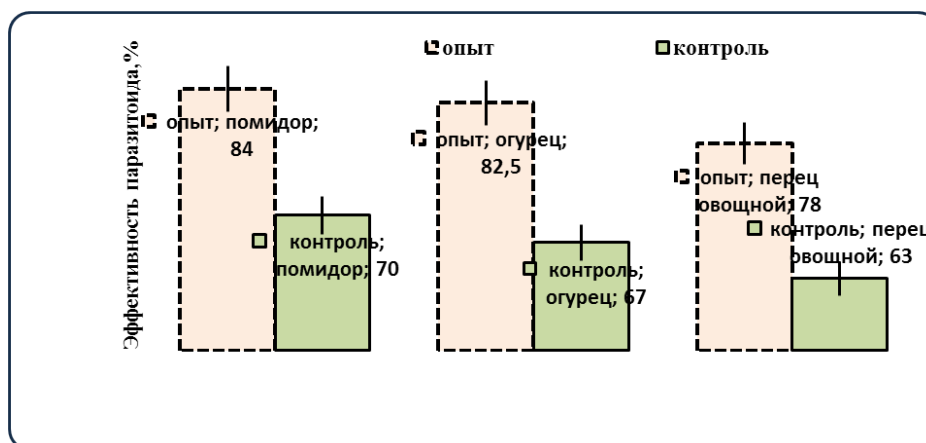


Рисунок 2. Влияние технологических параметров питания на эффективность использования паразита *Encarsia formosa* Gah. как биологического агента ограничения вредности *Trialeurodes vaporariorum* Westw. (среднее, за шесть генераций)

Таким образом, результаты исследований показывают, что оптимизация трофики *E. formosa* обеспечивает адаптивную пластичность паразитоида в период онтогенеза. Важными показателями *E. formosa* являются продолжительность жизни и репродуктивная способность самок, которые ха-

характеризуют способность вида выживать и успешно размножаться. В более широком понимании жизнеспособность *E. formosa* включает анатомо-морфологические, физиолого-биохимические, генетические нормы функционирования и рефлекторно-поведенческие нормативы ответных реакций на изменение окружающей среды. Предшествующими исследованиями выявлено, что при оптимальном действии биологически активных компонентов трофики в энтомологической культуре полезных насекомых образуется ядро адаптивной микро популяции, которое в последующих поколениях способствует формированию искусственной, экологически изолированной популяции и заданными устойчивыми свойствами (Morož, M.S. et al. 2015). Дальнейшее исследование этих процессов может изменить общее представление о механизмах устойчивости *E. formosa* к меняющимся факторам среды при их разведении и использовании в условиях биологического земледелия.

ВЫВОДЫ

Качественные и количественные ингредиенты дополнительного питания *E. formosa* влияют на продолжительность жизни и репродуктивную способность самок.

Оптимизация трофики обеспечивает адаптивную пластичность *E. Formosa* в период онтогенеза, способствует повышению поисковой способности и эффективности паразитоида.

В результате модификации трофики происходят положительные изменения в биологии *E. formosa*, что улучшает конкурентные возможности паразитоида как биологического агента ограничения вредности фитофагов при биологическом земледелии.

Эффективность использования *E. formosa* как биологического агента ограничения вредности тепличной белокрылки на помидорах составляла 84%, огурцах – 82% и перце овощном – 78%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. BABCOCK, C.S., HERATY, J.M. (2000). Molecular Markers Distinguishing *Encarsia formosa* and *Encarsialuteola* (Hymenoptera: Aphelinidae). In: Annals of the Entomological Society of America, vol. 93(4), pp. 738–744.
2. GAHAN, A.B. (1924). Some new parasitic Hymenoptera with notes on several described forms. In: Proceedings of the United States National Museum, vol. 65, pp. 1–23.
3. GUERRIERI, E. (1997). Flight behavior of *Encarsia formosa* in response to plant and host stimuli. In: Entomologia Experimentalis et Applicata, vol. 82, pp. 129–133.
4. HODDLE, M.S., VANDRIESCHE, R.G., SANDERSON, J.P. (1998). Biology and use of the Whitefly parasitoid *Encarsia formosa*. In: Annual Review of Entomology, vol. 43, pp. 645–669.
5. LASKA, P., SLOVALOVA, I., BICIK, V. (1980). Life cycle of *Trialeurodes vaporariorum* Westw. (Homoptera: Aleyrodidae) and its parasite *Encarsia formosa* Gah. (Hymenoptera, Aphelinidae) at constant temperature. In: Acta Univ. Palack. Olomuc. Fac. Rerum Natur., vol. 67, pp. 95–106.
6. MOROZ, M.S., STARODUB, M.F., MAKSIN, V.I. (2015). Nanoaquacitratases Biogenic Chemical Elements: Optimization of the *Macrolophus nubilus* H.-S. Trophicity in the Artificial Biotechnical System. In: International Journal of Engineering and Applied Sciences, vol. 2, Issue 7, pp. 89–92.
7. MOROZ, M. S. (2016). Optimization of breeding of predatory stinkbugs from family of *Pentatomidae*. In: **The scientific heritage**, vol. 4(4), pp. 4–9.
8. MOROZ, M.S. (2017). Adaptive selection and ecology of wildsilkworms: Monograph. K.: Open Joint-Stock Company “Comprint”, 614 p. ISBN 978-966-929-582-8.
9. NETTING, J.F., HUNTER, M.S. (2000). Ovicide in the whitefly parasitoid, *Encarsia formosa*. In: Animal Behaviour, vol. 60, pp. 217–226.
10. PILKINGTON, L.J., MESSELINK, G.J., Van LENTEREN, J.C., MOTTEE, K. (2010). Protected biological control – Biological pest management in the greenhouse industry. In: Biological Control, vol. 52, pp. 216–220.
11. Van LENTEREN, J.C., WOETS, J. (1988). Biological and integrated control in greenhouses. In: Annual Review of Entomology, vol. 33, pp. 239–269.
12. VIS, R.M.J., Van LENTEREN, J.C. (2008). Biological control of *Trialeurodes vaporariorum* by *Encarsia formosa* on tomato in unheated greenhouses in the high altitude tropics. In: Bulletin of Insectology, vol. 61, pp. 43–57.
13. ЗАБУДСКАЯ, И.А. (1978). Биологические особенности энкарзии – паразита оранжерейной белокрылки. В: Биологическая борьба с вредителями и болезнями овощных культур. Кишинев. с. 18–22.
14. КИСІЛЬ, В.І. (2000). Біологічне землеробство в Україні: проблеми і перспективи.: Монографія. Харків: Вид-во „Штрих”. 161 с.

15. КОНСТАНСКИЙ, Д.К., ЭРК, Е.Э. (1993). Влияние относительной влажности воздуха на продолжительность хранения и последующую плодовитость энкарзии. В: Сб. Оптимизация защиты сельскохозяйственных культур от вредителей и болезней. С.Пб., с. 31–39.

16. МОРОЗ, М.С. (2015а). Біологічні основи оптимізації продуктивності корисних комах: Монографія. Київ: ЦП «Компринт». 480 с. ISBN 978-966-929-054-0.

17. МОРОЗ, М.С. (2015б). Корекція індивідуального імунітету *Aphidoletes aphidimyza* Rond. (Diptera: Cecidomyiidae) за використання наноаквацитрат селену. В: Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва: серія «Фітопатологія та ентомологія», вип. № 1–2, с. 112–117.

18. МОРОЗ, М.С. (2018). Оптимізація онтогенезу *Encarsia formosa* Gah. за умов органічного землеробства. В: Інновації у виробництві, зберіганні та переробці рослинної сировини: міжнар. наук.-практ. конф.: м. Київ, 26–27 червня 2018 р.: тези доповіді. Київ: НУБіП, с. 104–105.

19. ЯРКУЛОВ, Ф.Я. (2013). Энкарзия (*Encarsia formosa* Gah.) как регулятор численности тепличной белокрылки в защищенном грунте. В: Вестник НГАУ, вып. 4(29), с. 7–14.

Data prezentării articolului: 15.08.2018

Data acceptării articolului: 05.10.2018