

## Критерии оценки адаптации *Aphidoletes aphidimyza* Rond. (Diptera: Cecidomyiidae) в условиях биодинамического земледелия

Н. С. Мороз, кандидат биологических наук

Национальный университет биоресурсов и природопользования, Украина

(Дата поступления статьи в редакцию 26.09.2018 г.)

Приведены результаты исследований влияния наноаквацитрат микроэлементов (Se + Ge) с биологически активными компонентами на совокупные изменения в организме *Aphidoletes aphidimyza* Rond. При использовании дополнительного питания в оптимальной концентрации из наноаквацитрат микроэлементов (Se – 0,0005 + Ge – 0,0003) – 0,0008 мг/дм<sup>3</sup> с биологически активными компонентами – 65 мг/дм<sup>3</sup> выявлены увеличения выживаемости до 89 %, фертильности – до 98 %, репродуктивного потенциала (P<sub>п</sub>) самок – на 64,5 %. Установлено, что при модификации трофики возможно улучшение конкурентной возможности афидофага, увеличение экономической эффективности.

### Введение

Известно, что интенсификация производства растительной продукции порождает комплекс негативных последствий, приводит к загрязнению окружающей среды пестицидами, синтетическими удобрениями и другими экологически опасными веществами. В связи с этим во второй половине прошлого века в странах с высоким уровнем химизации земледелия, где обнаружены негативные экологические трансформации, приобрело популярность так называемое альтернативное земледелие, которое называют органическим, биологическим или биодинамическим. При биодинамическом земледелии предусматривается ограничение вредоносности фитофагов благодаря управлению взаимосвязанными формами жизни биоценозов, использованию биологических энергосберегающих технологий, сохранение природного разнообразия полезных насекомых.

В управлении агробиоценозами биодинамического земледелия возможно использование локально-специфических полезных насекомых. Примером такого использования является эффективный автохтонный афидофаг *Aphidoletes aphidimyza* Rond. В условиях защищённого грунта хищная галлица афидимиза отличается высокой поисковой способностью [1, 10]. Важно отметить и то, что личинка *A. aphidimyza* в агробиоценозах питается исключительно представителями с надсемейства Aphidoidea – более 65 видами. Во-вторых, *A. aphidimyza* способна в агробиоценозах контролировать численность тлей на очень низком уровне и быстро увеличивать количество своей популяции вслед за увеличением численности фитофага. Имаго *A. aphidimyza* неплохо летают и при отсутствии сильного ветра могут преодолевать расстояние более 100 метров в поисках колоний тлей. Установлено, что при выпусках в центр опытного участка они в равной степени хорошо откладывали яйца в местах выпуска и по всей площади до периметров, где находилась тля. Самки *A. aphidimyza* откладывают яйца пропорционально количеству тлей в колонии. И, наконец, что очень важно, афидофаг относительно легко размножа-

*The results of studies of the effect of nano aqua citrate of microelements (Se + Ge) on the combined changes in the body of *Aphidoletes aphidimyza* Rond are made with the biologically active components. When supplemental nutrition is used, the optimum concentration nanoaquacitrate of microelements (Se – 0,0005 + Ge – 0,0003) – 0,0008 mg/dm<sup>3</sup> with the biologically active components – 65 mg/dm<sup>3</sup> the survival increases to 89 %, the fertility – to 98 %, reproductive capacity (P<sub>п</sub>) females – at 64,5 %. It is found that with the modification of trophics it is possible to improve the competitive ability of the aphidophagus, increase economic efficiency.*

ется в искусственных условиях, а также воспроизводится в агробиоценозах [9].

Установлено, что взаимоотношение со средой обитания и выполнение общих популяционных функций *A. aphidimyza* – опосредованное через физиологические реакции отдельных особей. Практическое использование выращенной галлицы афидимизы сопровождается ограничением генетической изменчивости популяции и сужением гарантии ее выживания [11]. От степени сбалансированности взаимоотношений совокупности особей популяции со средой зависит её стабильность в агробиоценозе [2]. При оптимизации трофики актуальным является пересмотр и уточнение норм микроэлементного обеспечения организма автохтонного афидофага в процессе промышленного выращивания. Известно, что при выращивании *A. aphidimyza* в лабораторных и производственных условиях недостаток минерального компонента в питательных средах компенсируют наноаквацитратами микроэлементов. Экспериментально доказано, что компоненты минеральных смесей усваиваются не хуже, а в некоторых случаях лучше, чем элементы, содержащиеся в искусственных питательных средах для выращивания полезных насекомых [5, 6, 7]. Приоритетность использования наноаквацитратов обусловлена их уникальными химическими характеристиками и широким спектром действия [4, 7, 12].

Перспективными оказались цитраты переходных и биогенных металлов. Согласно нанотехнологии, на первом этапе методом электроимпульсной абляции получают аквакомплексы металлов, а на втором – прямым влиянием этих высокоактивных веществ с лимонной кислотой – их цитраты [5]. Технология получения наноаквацитратов позволяет достичь их высокой чистоты без каких-либо вторичных примесей, поскольку не используются традиционные химические реакции. Использование деионизированной воды и особо чистых металлов является гарантией их экологической и биологической безопасности [6].

Целью данных исследований было изучение возможности использования наноаквацитрат микроэлементов (Se + Ge) с биологически активными компонен-

тами для коррекции жизненного цикла *A. aphidimyza*. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- провести ретроспективный анализ совместного действия наноаквацитрат микроэлементов (Se + Ge) с биологически активными компонентами на жизненный цикл *A. aphidimyza*;
- на основе трофических связей в системе фитофаг–хозяин–афидофаг осуществить анализ функционирования устойчивых адаптивных систем галлицы афидимизы в условиях агробиоценоза.

При применении наноаквацитрат микроэлементов (Se + Ge) с биологически активными компонентами учитывали следующие физико-химические особенности их действия на организм *A. aphidimyza*:

- увеличение химического потенциала наноаквацитрат микроэлементов (Se + Ge) за счет их высокой очистки и отсутствия примесей;
- участие наноаквацитрат микроэлементов (Se + Ge) в реакциях цикла Кребса;
- способность наноаквацитрат микроэлементов (Se + Ge) усиливать обменные процессы, соединяться с нуклеиновыми кислотами, белками, проникать в клеточные органеллы и, таким образом, изменять функции биологических структур *A. aphidimyza*;
- способность наноаквацитрат микроэлементов (Se + Ge) с одной стороны увеличивать адсорбционную способность биологических структур, а с другой – осуществлять микробицидную активность [8].

Объект исследований – биологические и экологические особенности *A. aphidimyza* в искусственной системе энтомологических технологий, мотивация и оптимизация лабораторного и промышленного применения афидофага на основе коррекции общего метаболизма, оптимизации выживаемости, фертильности, репродуктивного потенциала *A. aphidimyza*.

Предмет исследований – *Aphidoletes aphidimyza* Rond., наноаквацитрат микроэлементов (Se + Ge) с биологически активными компонентами, полученными с помощью нанотехнологий.

#### Материал и методика исследований

Афидофага *A. aphidimyza* вскармливали в энтомологических садках. Для массового его размножения использовали бобовую тлю, которую выращивали на кормовых бобах. Каждые три дня в энтомологические садки размещали по  $1500 \pm 200$  коконов в бумажных стаканах с увлажненным песком и ежедневно ставили два–три вазона с кормовыми бобами, заселенными тлей. На кормовых бобах выращивали личинок *A. aphidimyza* первого возраста. Через  $72 \pm 6$  часов после линьки личинок их со срезанными растениями переносили в энтомологические садки, на дне которых насыпали двухсантиметровый слой песка. После окуливания *A. aphidimyza* песок просеивали и отбирали куколки. *A. aphidimyza* заблаговременно накапливали на заселенных бобовой тлей кормовых растениях.

Для оценки адаптации галлицы афидимизы к наноаквацитрат микроэлементов (Se + Ge) с биологически активными компонентами предложены элементы технологии. Они предусматривают разведение галлицы афидимизы по общепринятой методике на насекомых-хозяевах [9]. Содержание имаго *A. aphidimyza* в первые 12 часов жизни происходило на углеводно-белковой диете с добавлением в опытных вариантах

водного раствора наноаквацитрат микроэлементов (Se + Ge) с биологически активными компонентами. Концентрация внесенных в диету наноаквацитрат микроэлементов с биологически активными компонентами была следующей: А – наноаквацитрат микроэлементов (Se – 0,0003 + Ge – 0,0001) – 0,0004 мг/дм<sup>3</sup> с биологически активными компонентами – 45 мг/дм<sup>3</sup>; В – наноаквацитрат микроэлементов (Se – 0,0004 + Ge – 0,0002) – 0,0006 мг/дм<sup>3</sup> с биологически активными компонентами – 55 мг/дм<sup>3</sup>; С – наноаквацитрат микроэлементов (Se – 0,0005 + Ge – 0,0003) – 0,0008 мг/дм<sup>3</sup> с биологически активными компонентами – 65 мг/дм<sup>3</sup>; D – наноаквацитрат микроэлементов (Se – 0,0006 + Ge – 0,0004) – 0,001 мг/дм<sup>3</sup> с биологически активными компонентами – 70 мг/дм<sup>3</sup>; E – наноаквацитрат микроэлементов (Se – 0,0007 + Ge – 0,0005) – 0,0011 мг/дм<sup>3</sup> с биологически активными компонентами – 80 мг/дм<sup>3</sup>.

В качестве дополнительного питания галлицы афидимизы в контрольных вариантах использовали 5 % водный раствор сахара. Эксперименты проводили в шести вариантах и шестикратной повторности.

Репродуктивный потенциал ( $P_{\pi}$ ) определяли по формуле:

$$P_{\pi} = (\Sigma_p \times \delta) v,$$

где  $\Sigma_p$  – соотношение полов,  $\delta$  – численность потомства,  $v$  – число поколений.

Во время исследований среднесуточная температура находилась в пределах  $24 \pm 1$  °С, относительная влажность воздуха – 80–85 % и фотопериод – 18 часов. В теплице опытных особей *A. aphidimyza* выпускали на стадии личинок 1–2-го возраста непосредственно в обнаруженные очаги тлей, а затем по всей площади в соотношении афидофаг : фитофаг 1 : 5. На остальной площади опытного участка раскладывали ложные коконы хищника из расчета одна особь на м<sup>2</sup>. Повторные выпуски проводили с интервалом 5–7 дней в том же количестве.

#### Результаты исследований и их обсуждение

Установлено, что при использовании наноаквацитрат микроэлементов (Se + Ge) с биологически активными компонентами в имаго *A. aphidimyza* вероятно присутствие двух стратегий реализации защитных систем. На начальном этапе действия биогенных химических элементов, при активации общего метаболизма, оптимальные концентрации наноаквацитрат микроэлементов (Se + Ge) с биологически активными компонентами формируют защитные реакции, направленные на уменьшение последствий негативного влияния факторов среды. Результаты воздействия биогенных химических элементов с биологически активными компонентами на степень сохранения автохтонной лабораторной популяции *A. aphidimyza* в условиях экспериментальной среды (выживаемость) и долю оплодотворенных яиц, произведенных особью, которые развиваются в живое потомство (фертильность), представлены на рисунке 1. Согласно полученным результатам, углеводно-белковая диета с добавлением в опытных вариантах водного раствора наноаквацитрат микроэлементов (Se + Ge) с биологически активными компонентами способствует повышению выживаемости и фертильности *A. aphidimyza*. Наилучшие показатели выживаемости обеспечиваются в опытных вариантах при культивировании имаго *A. aphidimyza* на углеводно-белковой диете с добавлением наноаквацитрат микроэлементов (Se – 0,0005 + Ge – 0,0003) –

0,0008 мг/дм<sup>3</sup> с биологически активными компонентами – 65 мг/дм<sup>3</sup>. В ходе эксперимента обнаружено, что прикормка имаго *A. aphidimyza* опытного варианта С обеспечила наилучшие показатели выживаемости – 89 %, что на 22 % больше, чем в контрольном варианте, где для дополнительного питания использовали 5 % водный раствор сахара.

В соответствии с результатами исследований, положительный эффект от прикормки имаго хищных *A. aphidimyza* водным раствором наноаквацитрат микроэлементов (Se – 0,0005 + Ge – 0,0003) – 0,0008 мг/дм<sup>3</sup> с биологически активными компонентами – 65 мг/дм<sup>3</sup> приводит к максимальному увеличению доли оплодотворенных яиц. Так, лучшие показатели фертильности самок *A. aphidimyza* обеспечиваются в опытных вариантах. Доля оплодотворенных яиц, развивающихся в живые личинки, в опытном варианте С составила 98 %, что на 19 % больше по сравнению с контрольным вариантом.

По результатам исследований можно предположить, что наличие в подкормке водного раствора

наноаквацитрат микроэлементов (Se + Ge) с биологически активными компонентами способствует оптимизации процессов оогенеза и вителлогенеза в организме самок *A. aphidimyza*. Вероятно, в растущий ооцит самки поступает достаточное количество органических компонентов (нуклеиновых кислот, аминокислот, углеводов), которые используются им для синтеза и накопления желтка. Одним из важнейших показателей, определяющих качество популяции *A. aphidimyza*, является репродуктивный потенциал, который характеризует быстроту размножения особей афидофага. Подкормка имаго *A. aphidimyza* в первые 12 часов жизни в оптимальной концентрации (вариант С) водным раствором наноаквацитрат микроэлементов (Se – 0,0005 + Ge – 0,0003) – 0,0008 мг/дм<sup>3</sup> с биологически активными компонентами – 65 мг/дм<sup>3</sup> способствовала максимальному увеличению репродуктивного потенциала самок ( $P_{\pi}$  – 1418), что в процентном соотношении больше на 64,5 % по сравнению с контрольным вариантом (рисунок 2). Оптимизация трофики опытных вариантов обеспечивает адаптив-

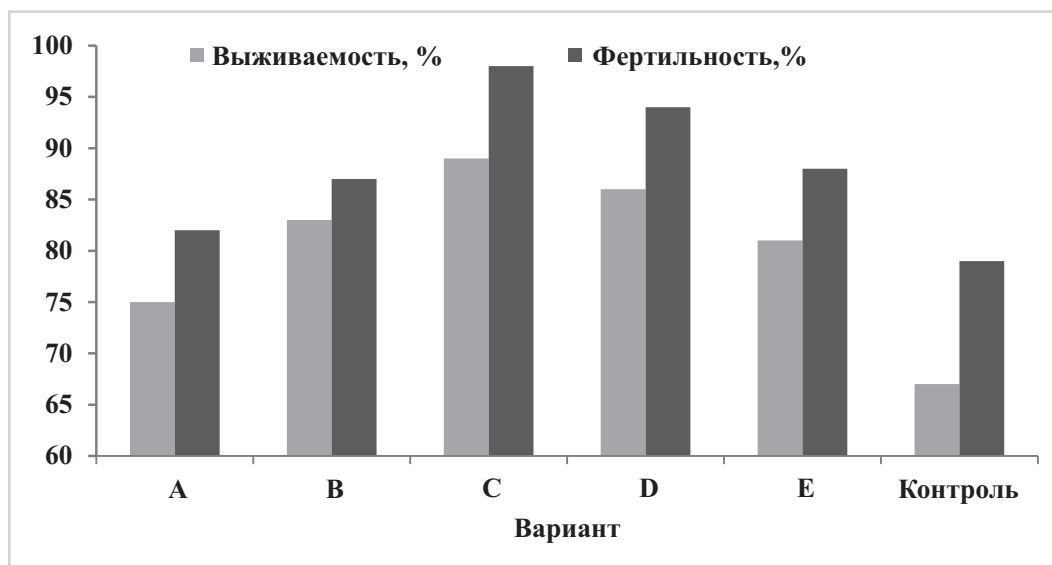


Рисунок 1 – Влияние наноаквацитрат микроэлементов (Se + Ge) с биологически активными компонентами на выживаемость и фертильность *Aphidoletes aphidimyza* Rond. (среднее, 2012–2017 гг.)

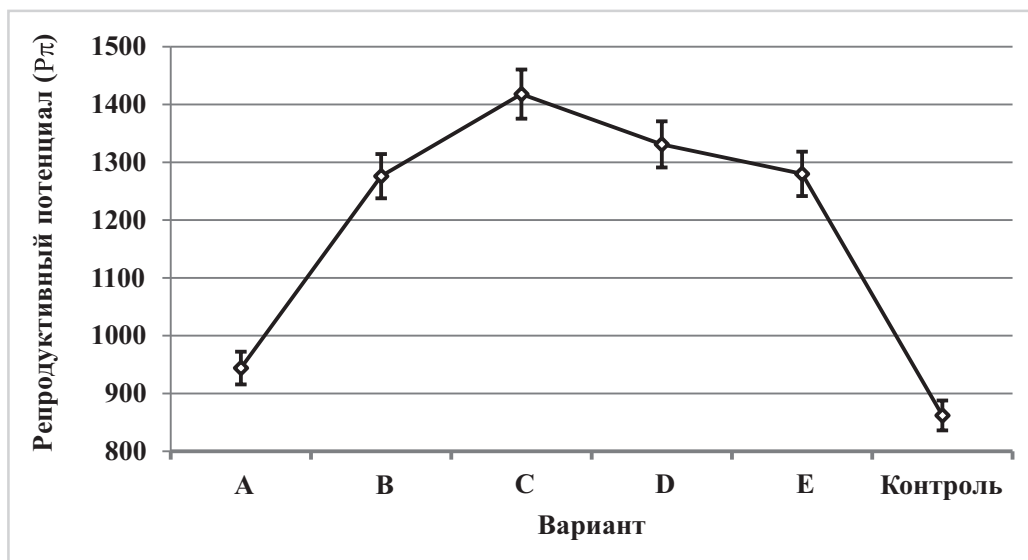


Рисунок 2 – Влияние наноаквацитрат микроэлементов (Se + Ge) с биологически активными компонентами на репродуктивный потенциал *Aphidoletes aphidimyza* Rond. (среднее, 2012–2017 гг.)

ную пластичность искусственной популяции в период онтогенеза в результате увеличения репродуктивного потенциала:  $P_{\pi}$  самок – от 9,5 % (вариант А) до 64,5 % (вариант С). Согласно полученным данным, на фоне активации общего метаболизма биологически активными компонентами опытных вариантов допустима генерация желаемых физиологических процессов, направленных на уменьшение последствий негативного воздействия факторов среды. И, наоборот, без дополнительной прикормки биологически активными компонентами имаго *A. aphidimyza* контрольной группы происходит недостаточная активация процессов метаболизма в организме афидофага.

Визуальные наблюдения показали, что особи *A. aphidimyza* опытного и контрольного вариантов наиболее эффективны в периоды с влажностью воздуха 80–85 % и продолжительностью светового дня 18 часов. Так, например, довольно эффективным был афидофаг в весенний период. На огурце раскладка ложных коконов *A. aphidimyza* в соотношении афидофаг : жертва 1 : 5 обеспечила полное уничтожение тлей в течение десяти суток, что на двое суток быстрее по сравнению с контрольным вариантом. При температуре  $24 \pm 1$  °С самки опытного и контрольного вариантов начали откладывать яйца на вторые сутки. Самки разыскивали колонии тлей и откладывали яйца на поверхность листа или непосредственно на спинку фитофага. Интенсивное отложение происходило в сумрачное время. В течение вторых суток жизни самки опытного варианта откладывали  $23 \pm 2$  яйца, контрольного варианта –  $19 \pm 3$ . На четвертые сутки количество яиц уменьшилось до  $5 \pm 1$  шт. На шестые сутки количество отложенных яиц в опытном варианте увеличилось до 16 шт., чем превысило контрольный вариант на 23,08 %. При использовании *A. aphidimyza* заселенность растений тлями в опытном варианте за трое суток снизилась с 62 до 4 %, в контрольном – до 11 %.

В результате исследований установлено, что предлагаемые элементы технологии размножения и практического применения *A. aphidimyza* экономически выгодны. Показатель экономической эффективности использования хищной галлицы афидимизы в условиях защищенного грунта составил 25 %.

### Выводы

1. Как ингредиент дополнительного питания в оптимальной концентрации наноаквацитрат микроэлементов (Se – 0,0005 + Ge – 0,0003) – 0,0008 мг/дм<sup>3</sup> с биологически активными компонентами – 65 мг/дм<sup>3</sup> максимально влияет на жизненный цикл *Aphidoletes aphidimyza* Rond.: выживаемость увеличивается до 89 %, фертильность – до 98 %.
2. Оптимизация трофики обеспечивает адаптивную пластичность искусственной популяции в период онтогенеза, увеличивается репродуктивный потенциал самок – от 9,5 % (вариант А) до 64,5 % (вариант С).

3. В результате модификации трофики происходят положительные изменения в биологии афидофага, улучшаются конкурентные возможности галлицы афидимизы как биологического агента ограничения вредности представителей надсемейства Aphidoidea.
4. Предлагаемые элементы технологии размножения и практического применения *Aphidoletes aphidimyza* Rond. отличаются высокой экономической эффективностью (25 %) в условиях защищенного грунта.

### Литература

1. Gilkeson, L. A. Release rates for control of green peach aphid (Homoptera: Aphidae) by the predatory midge *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera: Cecidomyiidae) under winter greenhouse conditions / L. A. Gilkeson, S. B. Hill // J. Econ. Entomol. – 1987. – Vol. 80. – P. 147–150.
2. Košťál, V. Diapausing larvae of the midge *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera: Cecidomyiidae) survive at subzero temperatures in a supercooled state but tolerate freezing if inoculated by external ice / V. Košťál, J. Havelka // Eur. J. Entomol. – 2000. – Vol. 97 (3). – P. 433–436.
3. The aphid midge *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera, Cecidomyiidae) and its use in biological control of aphids / M. Markkula [et al.] // Ann. Entomol. Fenn. – 1979. – Vol. 45. – P. 89–98.
4. Moroz, M. Optimization of Artificial Nutrient for Growing Coccinellidae / M. Moroz // Ştiinţa agricolă. – 2018. – № 1. – P. 38–44.
5. Moroz, M. S. Nano aqua citrates as Biogenic Chemical Elements: Optimization of the *Macrolophus nubilus* H.-S. Trophicity in the Artificial Biotechnical System / M. S. Moroz, M. F. Starodub, V. I. Maksin // International J. of Engineering and Applied Sciences. – 2015. – Vol. 2, Is. 7. – P. 89–92.
6. Moroz, M. S. Nanoaquachaelats as biogenic chemical elements during optimization of feeding of zoophags in the artificial biotechnical system / M. Moroz, V. Maksin // Earth Bioresources and Life Quality. – 2013. – № 4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gchera-ejournal.nubip.edu.ua>.
7. Moroz, M. S. Optimization of breeding of predatory stinkbugs from family of Pentatomidae / M. S. Moroz // The scientific heritage. – 2016. – Vol. 4 (4). – P. 4–9.
8. Застосування йодовмісних сполук та їх сумішей з деякими наноаквацитратами в біологічному захисті рослин: науково-методичні рекомендації / М. С. Мороз [та інш.]. – К.: ДДП «Експо-Друк», 2015. – 50 с.
9. Мороз, М. С. *Aphidoletes aphidimyza* Rond. – ефективний афидофаг, що контролює чисельність попелиць / М. С. Мороз, Ю. В. Дмитренко // Ентомологічні читання пам'яті видатного вченого-ентомолога проф. М. П. Дядечка: всеукраїнська наук.-практ. конф. 10–12 грудня 2014 р.: матеріали – К.: НУБіП України, 2014. – С. 96–97.
10. Мороз, М. С. Біологічні основи оптимізації продуктивності корисних комах: монографія / М. С. Мороз. – К.: ЦП «Компринт», 2015. – 480 с.
11. Мороз, М. С. Корекція індивідуального імунітету *Aphidoletes aphidimyza* Rond. (Diptera: Cecidomyiidae) за використання наноаквацитрату селену / М. С. Мороз // Вісник Харківського НАУ ім. В. В. Докучаєва: серія «Фітопатологія та ентомологія». – 2015. – Вип. № 1–2. – С. 112–117.
12. Мороз, Н. С. Наноаквацелаты как биогенные химические элементы; оптимизация трофики *Macrolophus nubilus* H.S. в искусственной биотехнической системе / Н. С. Мороз // Етика нанотехнологій та нанобезпека: третій міжнародний семінар, 10 жовтня 2014 р.: тез. доп. – Київ: НАНУ, 2014. – С. 40–42.