

УДК 57.021:57.052:577.29

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДНК-ИНСЕКТИЦИДА ERIOLA-11 ДЛЯ
КОНТРОЛЯ ЧИСЛЕННОСТИ КРОВЯНОЙ ТЛИ ERIOSOMA LANIGERUM
HAUSMANN, 1802**

**Оксана Андреевна Андреева¹, Анастасия Павловна Дмитриенко¹,
Татьяна Сергеевна Рыбарева², Александр Константинович Шармагий²,
Владимир Владимирович Оберемок^{1,2}**

¹ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского»,
295007, Республика Крым, г. Симферополь, проспект Академика Вернадского, 4
² Никитский ботанический сад – Национальный научный центр
298648, Республика Крым, г. Ялта, пгт. Никита, спуск Никитский, 52
E-mail: genepcr@mail.ru

Eriosoma lanigerum (Hausmann, 1802) (кровяная тля) – один из самых распространённых вредителей плодовых культур по всему миру родом из Северной Америки. Поражает преимущественно представителей семейства Розоцветные, нанося им значительный урон: ослабляет жизненные функции, провоцирует развитие деформаций и способствует распространению плесневых грибов, в том числе увеличивает риск проникновения гнилостных бактерий в ткани растений. Для борьбы с насекомыми-вредителями на сегодняшний день до сих пор применяют химические инсектициды, а также используют естественных врагов кровяной тли. Однако, если первые наносят значительный вред окружающей среде в целом, отрицательно влияя на биоразнообразие, то вторые – слабо справляются с уменьшением численности *Eriosoma lanigerum* (Hausmann, 1802). Целью нашего исследования выступает разработка ДНК-инсектицида на основе митохондриальной рРНК для контроля численности кровяной тли *Eriosoma lanigerum* (Hausmann, 1802). В данной статье рассматривается эффективность действия, разработанного ДНК-инсектицида Eriola-11, основанного на разрушении целевой 16S рибосомальной РНК. Данный метод «генетической застёжки-молнии» имеет много положительных факторов, таких как безопасность для нецелевых организмов, биоразлагаемость и высокая эффективность. В ходе исследования проводились однократная и двукратная обработка кровяной тли ДНК-инсектицидом Eriola-11, а также произведён учёт численности погибших особей (личинок и крылатых полonoсок). Обработка ДНК-инсектицидом против взрослых особей *Eriosoma lanigerum* (Hausmann, 1802) показала положительный результат. Биологическая эффективность препарата составила при однократной обработке $68,0 \pm 0,85\%$, а при двукратной – $85,3 \pm 1,52\%$ на 14-е сутки.

Ключевые слова: кровяная тля *Eriosoma lanigerum*; ДНК-инсектицид; контроль численности; насекомое-вредитель; биологические средства борьбы; вредители плодовых культур

Введение

На сегодняшний день в области питания важным и значащим аспектом выступает высокий урожай сельскохозяйственных культур, включая плодовые. Важной задачей в решении данной проблемы выступают защита от насекомых-вредителей и контроль их численности.

В связи с отсутствием эффективных защитных мероприятий кровяная тля *Eriosoma lanigerum* (Hausmann, 1802) способна привести к серьёзному ущербу среди плодовых культур семейства Розоцветные, преимущественно яблоням (*Malus domestica*). Данное насекомое представляет фитосанитарный риск (признана в Китае, Тайване и Норвегии карантинным вредителем) [33]. Питается насекомое соком корней и веток деревьев, тем самым ослабляя жизненные функции растения и вызывая деформации, сформированные гипертрофическими галлами [1, 21, 35], расщепление и ракообразные вздутия коры [20]. Позже их поверхность начинает покрываться трещинами, из которых

выходит жидкость, что ухудшает качество плодовых деревьев и служит благоприятным фактором для распространения плесневых грибов и проникновению гнилостных бактерий в ткани растений [15, 25]. *E. lanigerum* способна образовывать плотные колонии в виде белого налёта на стволах, ветвях и корнях деревьев [28].

Кровяная тля размножается на деревьях яблони по всему миру круглый год без смены хозяев. Её колонии способны выживать зимой на корнях или в расщелинах коры деревьев [3, 7, 12, 30]. Поражение растений кровяной тлёй приводит к постепенному замедлению роста, снижению качества плодов и урожайности яблоневых культур.

E. lanigerum относится к семейству настоящие тли (Aphididae). Кровяная тля встречается повсеместно, но её родиной считается Северная Америка. Первые упоминания на территории России датируются 1862 г. [15]. Тело кровяной тли длиной 2-2,5 мм покрыто белым пушистым налётом, форма яйцевидная, окраска красно-коричневая. При раздавливании *E. lanigerum* из неё вытекает жидкость, напоминающая по цвету кровь (оправдывая своё название) [11].

Трудность в борьбе с насекомым-вредителем объясняется тем, что у него имеется восковой налёт на поверхности тела. При благоприятных условиях *E. lanigerum* способна размножаться с высокой скоростью, вследствие чего образуются популяции, которые будут значительно устойчивы к применяемым химическим инсектицидам.

Применение популярных химических средств борьбы (пиретроиды, неоникотиноиды и др.) против кровяной тли влечёт за собой негативные последствия, как для человека, так и для окружающей среды в целом [22, 36, 37]. Пиретроиды являются нейротоксичными инсектицидами, влияя на нейромедиаторы живых организмов, включая человека, практически не растворимы в воде и имеют длительное остаточное действие, находясь в почве [8, 14]. Неоникотиноиды имеют самый высокий период полураспада (от 1200 до 6900 дней), при этом пагубно влияя на других насекомых, включая полезных, привели к огромным потерям в численности пчёл по всему миру [13, 19].

К естественным биологическим врагам кровяной тли чаще всего относят уховёрток *Forficula auricularia* (Linnaeus, 1758) [10, 16, 17, 23], *Periplaneta australasiae* (Fabricius, 1775), *Heringia calcarata* (Loew, 1866) [31], *Harmonia confinis* (Boisduval, 1835) [4] и *Aphelinus mali* (Haldeman, 1851) [5, 23, 27, 34]. Исходя из данных одного научного исследования, было доказано, что в тех местах, где уховёртки отсутствовали, кровяная тля поражала 30–35% новых побегов деревьев, а при наличии *F. auricularia* было заражено менее 10% побегов [26]. Таким образом, уховёртки являются потенциально важными природными агентами биологической борьбы с этим вредителем. Однако, этого недостаточно, чтобы эффективно снижать численность кровяной тли с целью сохранения урожая [32]. Климатические условия регионов с низкой температурой выступают одним из фактора обесценивания естественных вредителей в борьбе с кровяной тлёй [2, 18]. Единственным энтомопатогенным грибом, способным инфицировать кровяную тлю, является *Lecanicillium lecanii* (Zimm.) Zare & W. Gams [6].

Причины роста вспышек кровяной тли связывают с изменениями программы по мерам борьбы с насекомыми-вредителями, а также нарушением биологического контроля [16]. Ранее для сдерживания вредителя использовались фосфорорганические инсектициды, однако они постепенно были вытеснены средствами с низкой токсичностью для млекопитающих [9, 29].

Существующая ситуация с контролем численности *E. lanigerum* подталкивает к применению и разработке менее агрессивных средств борьбы с насекомыми-вредителями (естественных врагов кровяной тли, микоинсектициды, ДНК-инсектициды). ДНК-инсектициды (олигонуклеотидные инсектициды) являются новым

классом инсектицидов, разрабатываемым на кафедре молекулярной генетики и биотехнологий ИБТЭФ КФУ им. В.И. Вернадского, руководитель – д.б.н. Оберемок В.В. ДНК-инсектициды являются инновационной ветвью создания безопасных препаратов для регуляции численности насекомых-вредителей. Эта идея является новой, и в научной литературе отсутствуют данные об аналогичных экспериментах. ДНК-инсектициды приводят к гибели целевых насекомых-вредителей, проявляя свой высокий потенциал в биodeградируемости и избирательное действие, тем самым демонстрируя достаточно высокую экологичность используемого подхода.

Объекты и методы исследования

Исследования проводились с июля по октябрь 2023 года в лабораторных условиях ФГБУН «НБС–НИЦ». Объектом исследований являлась *Eriosoma lanigerum* (Hausmann, 1802). Степень вредоносности кровяной тли определяли при обследовании коры, веток, черешков, основания почек и стеблей яблони. В опыте исследовали разработанный нами ДНК-инсектицид для борьбы с кровяной тлёй Eriola-11 (5'-AAT-ACT-GCA-GC-3'), мишенью для которой является последовательность митохондриальной 16S рРНК (AF275225.1. GenBank).

Олигонуклеотиды синтезировали на автоматическом ДНК-синтезаторе ASM-800 (БИОССЕТ, Россия), используя фосфорамидитный метод синтеза на универсальном твердом носителе UniLinker 500Å (ChemGenes, США). Удаление с твердофазного носителя синтезированных олигонуклеотидов и снятие защитных групп было проведено при температуре 55°C в течение ночи с использованием концентрированного раствора аммиака. Затем фильтровали и упаривали раствор в вакууме на ротационном испарителе (Heidolph, Германия). После этого вещество растворяли в деионизированной воде до концентрации 100 нг/мкл, измеряя её на спектрофотометре NanoDrop Lite (Thermo Fisher Scientific, США).

С помощью анализатора BactoSCREEN на базе масс-спектрометра MALDI-TOF (Литех, Россия) определяли соответствие синтезированных ДНК-инсектицидов. Соотношение массы (m) к заряду (z) полученных олигонуклеотидов измеряли в виде положительных ионов с 3-гидроксипиколиновой кислотой в качестве матрицы на приборе LaserToFLT2 Plus (Великобритания) в соотношении 2:1.

Контролем в качестве сравнения действия препарата служил олигонуклеотид Rica-11 (5'-GGT-CGC-GAC-GT-3'). Обработку кровяной тли проводили с помощью ручного пульверизатора раствором олигонуклеотидного ДНК-инсектицида в деионизированной воде в концентрации 100 нг/мкл в четырёхкратной повторности. Учёт численности особей *E. lanigerum* проводился с помощью микроскопа Микромед МС-4-ZOOM LED. Подсчёт особей кровяной тли проводился до обработки, далее после обработки ДНК-инсектицидами Eriola-11 и Rica-11. Подсчёт гибели *E. lanigerum* проводился на 3, 7 и 14-е сутки эксперимента. Подсчитывали количество личинок 1-го возраста на ветках яблони (*Malus domestica*).

Для ПЦР-анализа выделяли тотальную РНК из особей *E. lanigerum* после обработки ДНК-инсектицидом (реактив ExtractRNA, Евrogen, Россия). На этапе синтеза кДНК использовали набор для обратной транскрипции (Синтол, Россия) согласно протоколу производителя. ПЦР в реальном времени для оценки содержания целевой РНК-мишени был проведён с использованием набора SYBR Green Master Mix (Roche, Швейцария) в соответствии с указанными рекомендациями производителя на амплификаторе LightCycler 96® (Roche, Швейцария).

В реакции ПЦР использовали праймеры: прямой Eriola-F (5'-TATAGGATCTGCTCAATG-3') и обратный Eriola-R (5'-TCTTTCATTCAAGTCTCC-3').

Температура для отжига праймеров была рассчитана по общепринятой формуле [24]. При расчёте статистического анализа использовали t-критерий Стьюдента.

Был проведён анализ нуклеазной активности гомогената тканей кровяной тли. Нуклеазную активность оценивали согласно следующей методике: образцы с гомогенатом *E. lanigerum* включают в себя смеси по 10 мкл гомогената тканей кровяной тли и 10 мкл Eriola-11 в концентрации 400 нг/мкл инкубированных при 27°C в течение 0,5 часа, 0,75 часа; 1 часа; 3 часов. Для исследования олигонуклеотида Risa-11 в образцах с гомогенатом кровяной тли содержались смеси в таких же соотношениях и интервалах времени.

Для контрольных образцов Eriola-11 и Risa-11 использовали по 10 мкл ДНК-инсектицида в концентрации 400 нг/мкл и 10 мкл высокоочищенной воды Milli-Q.

Результаты и обсуждение

Измерения соответствия синтезированных ДНК-инсектицидов было определено с помощью метода MALDI-TOF, которое показало, что оба олигонуклеотида соответствуют своей структуре (табл. 1).

Таблица 1

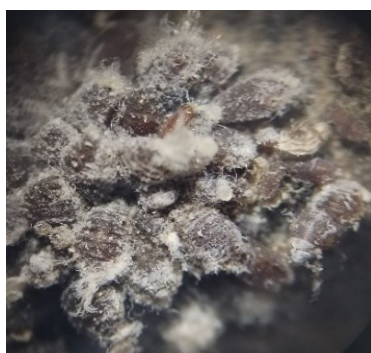
Результаты анализа синтезированных олигонуклеотидов методом MALDI-TOF

Название ДНК-инсектицида	Теоретическое соотношение m/z	Практическое соотношение m/z
Eriola-11	3323,61	3329,56
Risa-11	3372,60	3372,56

Проведена сравнительная оценка эффективности препарата после применения однократной и двукратной обработок (вторая обработка проводилась через сутки после первой).

Численность особей *E. lanigerum* (личинок и крылатых полоносок) на побегах яблони перед проведением однократной обработки составляла $41,6 \pm 2,8$ особей/побег 10 см² (рис. 1А). В группе контроля с обработкой олигонуклеотидного инсектицида Risa-11 численность кровяной тли составляла $37,7 \pm 5,5$ особей/побег 10 см² (табл. 1).

Установлено, что на 3, 7 и 14 сутки гибель особей вредителя после применения Eriola-11 составила $63,3 \pm 1,21\%$, $67,2 \pm 0,27\%$ и $68 \pm 0,85\%$ соответственно ($p < 0,05$) по сравнению с группой применения Risa-11 (0%, $1,33 \pm 1,31$ и $3,22 \pm 1,22$) соответственно. Опушение, характерное для данного вида, вследствие проведения обработки ДНК-инсектицидом Eriola-11 исчезло, что является интересной находкой (рис. 1Б).



А



Б

Рис. 1 Личинки *Eriosoma lanigerum* (Hausmann, 1802) на побеге яблони перед проведением обработки (А) и после обработки (Б)

Численность особей *E. lanigerum* (личинок и крылатых полоносок) перед проведением двукратной обработки Eriola-11 в среднем составляла $132,3 \pm 5,5$ особи/побег (10 см^2), в группе контроля – $134,0 \pm 11,8\%$. После проведения обработки отмечены погибшие особи с измененной окраской тела (стали темно-серого и чёрного цвета, в норме – бурого, красно-коричневого цвета) и полностью лишённые опушения. Эффективность первой обработки составила в среднем $67,6 \pm 3,7\%$ ($p < 0,05$). После двукратной обработки, в последнем учете, жизнеспособные особи *E. lanigerum* были выявлены в участках растрескивания коры, а также под слоем погибших особей.

Общая эффективность двух последовательных обработок ДНК-инсектицидом Eriola-11 на 3, 7 и 14 сутки составила $80,5 \pm 2,01\%$, $83,3 \pm 1,41\%$ и $85,3 \pm 1,52\%$ по сравнению с группой контроля (Rica-11), где на 3, 7 и 14-е сутки эффективность составила $11,5 \pm 4,1\%$, $11,9 \pm 3,9\%$, $12,4 \pm 3,9\%$ (рис. 2).

Установлено, что проведение двух последовательных обработок ДНК-инсектицидом Eriola-11 эффективнее, чем однократное, сравнительная эффективность составила $68,0 \pm 0,85\%$ против $85,3 \pm 1,52\%$ на 14-е сутки соответственно.

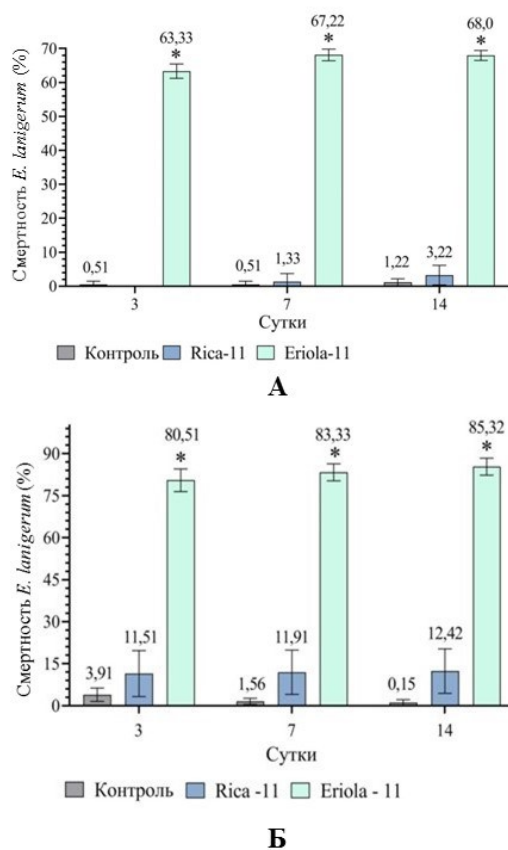


Рис. 2 Динамика гибели личинок 1-го возраста и крылатых полоносок *Eriosoma lanigerum* (Hausmann, 1802) в группах эксперимента: А- однократная обработка; Б- двукратная обработка; * – достоверность различий по сравнению с контролем при $p < 0,01$

Был проведён анализ экспрессии генов митохондриальной рРНК *E. lanigerum* на 14-е сутки после обработки ДНК-инсектицидом Eriola-11 и Rica-11. На графике представлены средние значения и стандартные ошибки для 3-х повторностей по сравнению с контрольной группой, обработанной водой (рис. 3).

Экспрессия целевой митохондриальной рРНК кровяной тли. После обработки ДНК-инсектицидом Eriola-11 была значительно ниже (в 1,5 раза), чем у контроля (вода).

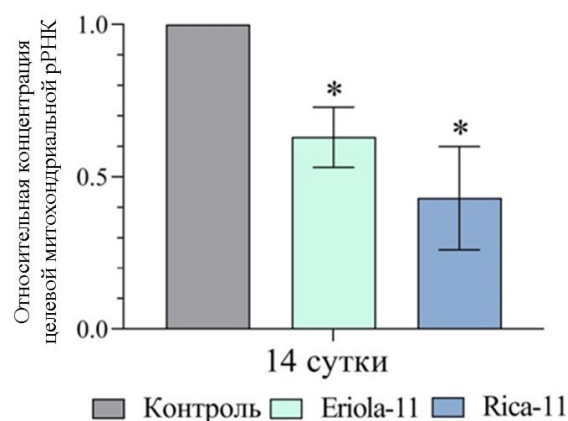


Рис. 3 Достоверность различий между группами Eriola-11 и Risa-11 и контрольной группой (вода) обозначены * при $p < 0,01$, контроль принят за 1 (100%).

Экспериментальная группа с контрольным олигонуклеотидом Risa-11 так же показала снижение экспрессии (в 2,3 раза) по сравнению с контролем. Снижение экспрессии под действием олигонуклеотида Risa-11 объясняется тем, что последовательность данного инсектицида частично комплементарна целевому участку гена рРНК, что может приводить к небольшому проценту гибели особей кровяной тли, а также понижению экспрессии целевого гена рРНК. Тем не менее нужно отметить, что только совершенно комплементарные целевые рРНК олигонуклеотидные инсектициды обладают высоким инсектицидным потенциалом. Таким образом экспрессия гена не всегда отображает потенциал олигонуклеотидов в качестве инсектицидов.

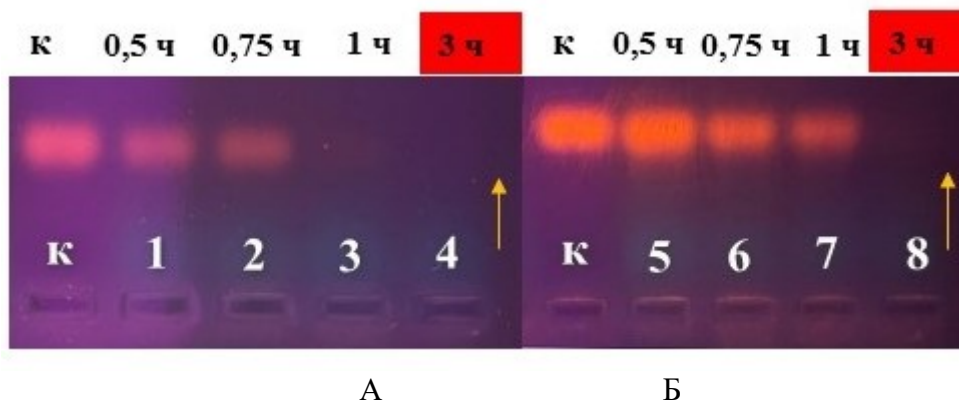


Рис. 4 Нуклеазная активность гомогената тканей *Eriosoma lanigerum* (Hausmann, 1802) в отношении олигонуклеотидов Eriola-11 и Risa-11

Был проведён анализ нуклеазной активности гомогенатов тканей кровяной тли с олигонуклеотидами (рис. 4) Eriola-11 (А): к – 10 мкл Eriola-11 в концентрации 400 нг/мкл и 10 мкл высокоочищенной воды Milli-Q; 1 – смесь 10 мкл гомогената из тканей кровяной тли и 10 мкл Eriola-11 в концентрации 400 нг/мкл инкубированного при 27°C в течение 0,5 часа; 2 – смесь 10 мкл гомогената из тканей кровяной тли и 10 мкл Eriola-11 в концентрации 400 нг/мкл, инкубированного при 27°C в течение 0,75 часа; 3 – смесь 10 мкл гомогената из тканей кровяной тли и 10 мкл Eriola-11 в концентрации 400 нг/мкл, инкубированного при 27°C в течение 1 часа; 4 – смесь 10 мкл гомогената из тканей кровяной тли и 10 мкл Eriola-11 в концентрации 400 нг/мкл, инкубированного при 27°C в течение 3 часов; Risa-11 (Б): к – 10 мкл Risa-11 в концентрации 400 нг/мкл и 10 мкл

высокоочищенной воды Milli-Q; 1 – смесь 10 мкл гомогената из тканей кровяной тли и 10 мкл Risa-11 в концентрации 400 нг/мкл инкубированного при 27°C в течение 0,5 часа; 2 – смесь 10 мкл гомогената из тканей кровяной тли и 10 мкл Risa-11 в концентрации 400 нг/мкл, инкубированного при 27°C в течение 0,75 часа; 3 – смесь 10 мкл гомогената из тканей кровяной тли и 10 мкл Risa-11 в концентрации 400 нг/мкл, инкубированного при 27°C в течение 1 часа; 4 – смесь 10 мкл гомогената из тканей кровяной тли и 10 мкл Risa-11 в концентрации 400 нг/мкл, инкубированного при 27°C в течение 3 часов.

Исследование показало, что за короткий промежуток времени (менее трех часов) клеточные ДНКазы полностью способны разрушать ДНК. Полученные данные указывают на высокий уровень биodeградируемости таких препаратов в экосистемах после того, как они действуют. Очевидно, что в интактных клетках насекомого быстрый контакт ДНК-инсектицидов с нуклеазами не происходит, что даёт возможность им проявить свой инсектицидный потенциал.

Заключение

В ходе исследования был успешно разработан и апробирован инновационный ДНК-инсектицид Eriola-11 для контроля численности кровяной тли (*Eriosoma lanigerum* Hausmann, 1802.), нарушающий экспрессию 16S рРНК насекомого-вредителя (личинки и крылатых полоносок). В этой статье мы впервые показали эффективность ДНК-инсектицида против кровяной тли, а также впервые в качестве мишени использовали митохондриальную рРНК. Разработанный препарат показывает высокую активность на четырнадцатый день эксперимента после двухкратной обработки в концентрации 100 нг/мкл. Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что двукратная обработка эффективнее в 1,25 раз, чем однократная. Можно рекомендовать двукратное использование ДНК-инсектицида для борьбы с *E. lanigerum*.

По мнению нашей исследовательской группы, ДНК-инсектициды являются тем ключом, который откроет дверь в борьбу с насекомыми-вредителями подотряда Sternorrhyncha и займёт свою нишу на рынке инсектицидов, постепенно расширяя своё влияние на другие группы насекомых-вредителей.

Список литературы

1. Мухамедиев А.А. Тли Ферганской долины. – Т.: Фан. 1979. – 80 с.
2. Asante S.K., Danthanarayana W. Development of *Aphelinus mali* an endoparasitoid of woolly apple aphid, *Eriosoma lanigerum* at different temperatures // *Entomologia Experimentalis et Applicata* 65. – 1992. – P. 31-37
3. Asante S.K., Danthanarayana W., Cairns S.C. Spatial and temporal distribution of the *Eriosoma lanigerum* on apple // *Environmental Entomology* 22. – 1993. – P. 1060-1065.
4. Asante S.K. Functional responses of the European earwig and 2 species of coccinellids to densities of *Eriosoma lanigerum* (Hausmann) (Hemiptera: Aphididae) // *Journal of the Australian Entomological Society* 34. – 1995. – P. 105-109
5. Asante S.K. Natural enemies of the woolly apple aphid, *Eriosoma lanigerum* (Hausmann) (Hemiptera: Aphididae): a review of the world literature // *Plant Protection Quarterly* 12. – 1997. – P. 166-172
6. Asante S.K. Seasonal abundance of woolly apple aphid, *Eriosoma lanigerum* (Hausmann) and its important natural enemies in Armidale, northern New South Wales // *Plant Protection Quarterly* 14. – 1999. – P. 16-23.
7. Asante S.K. Seasonal occurrence, development and reproductive biology of the different morphs of *Eriosoma lanigerum* (Hausmann) (Hemiptera: Aphididae) in northern Tablelands of New South Wales // *Journal of the Australian Entomological Society*, 1994. – No. 33(4). – P. 337-344.

8. Aydın R., Köprücü K., Dörücü M., Köprücü S.Ş., Pala M. Acute Toxicity of Synthetic Pyrethroid Cypermethrin on the Common Carp (*Cyprinus carpio* L.) Embryos and Larvae // *Aquac. Int.* – 2005. – No. 13. – P. 451-458.
9. Beers E.H., Cockfield S.D. & Gontijo L.M. Seasonal phenology of woolly apple aphid (Hemiptera: Aphididae) in Central Washington // *Environmental Entomology* 39. – 2010. – P. 286-294
10. Berkvens N., Vaerenbergh J. van, Maes M., Beliën T., Viaene N. Entomopathogenic nematodes fail to parasitize the woolly apple aphid *Eriosoma lanigerum* as their symbiotic bacteria are suppressed // *Journal of applied Entomology*, 2014. – No. 138(9). – P. 644-655.
11. Blackman R.L., Eastop V.F. Aphids on the world's trees: an identification and information guide // Wallingford, UK: CAB International. – 1994. – 987 p.
12. Brown M.W., Glen D.M. & Wisniewski M.E. Functional and anatomical disruption of apple roots by the woolly apple aphid (Homoptera: Aphididae) // *Journal of Economic Entomology* 84. – 1991. – P. 1823-1826.
13. El-Dean AMK, Abd-Ella AA, Hassanien R, El-Sayed MEA, Zaki RM, Abdel-Raheem SAA. Chemical design and toxicity evaluation of new pyrimidothienotetrahydroisoquinolines as potential insecticidal agents // *Toxicol Rep.* – 2018. – No. 6. – P.100-104.
14. Farag M.R., Alagawany M., Bilal R.M., Gewida A.G.A., Dhama K., Abdel-Latif H.M.R., Amer M.S., Rivero-Perez N., Zaragoza-Bastida A., Binnaser Y.S., Batiha G.E., Naiel M.A.E. An Overview on the Potential Hazards of Pyrethroid Insecticides in Fish, with Special Emphasis on Cypermethrin Toxicity // *Animals (Basel)*. – 2021. – No. 11(7). – P. 1880.
15. Ganiev K.X., Mirzaliev A.M. Bioecological Properties of Sucking Pests of Apple Orchards // *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering, and Technology*. – 2021. – Vol. 10. – P. 7141-7143.
16. Gontijo L.M., Cockfield S.D. & Beers E.H. Natural enemies of woolly apple aphid (Hemiptera: Aphididae) in Washington State // *Environmental Entomology* 41. – 2012. – P. 1364-1371.
17. Helsen H., Trapman M., Polfliet M., Simonse J., Presence of the common earwig *Forficula auricularia* L. in apple orchards and its impact on the woolly apple aphid *Eriosoma lanigerum* (Hausmann). In: International Organization for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants West Palaearctic Regional Section: Working Group, "Integrated Plant Protection in Orchards", Sub Group, "Pome Fruit Arthropods", Proceedings of the meeting, International Workshop on Arthropod Pest Problems in Pome Fruit Production, Lleida, Spain, 4-6 September 2006, 30(4) [ed. by Avilla, J., Cross, J., Ioriatti, C.]. Dijon, France: International Organization for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants (OIBC/OILB), West Palaearctic Regional Section (WPRS/SROP). – 2007. – P. 31-35.
18. Heunis J.M. & Pringle K.L. Field biology of woolly apple aphid, *Eriosoma lanigerum* (Hausmann), and its natural enemy, *Aphelinus mali* (Haldeman), in apple orchards in the Western Cape Province // *African Entomology* 14. – 2006. – P. 77-86.
19. Ihara M., Matsuda K. Neonicotinoids: Molecular mechanisms of action, insights into resistance and impact on pollinators // *Current Opinion in Insect Science*. – 2018. – Vol. 30. – P. 86-92. DOI: 10.1016/j.cois.2018.09.009.
20. Jovičić Ivana. *Eriosoma lanigerum* (woolly aphid), CABI Compendium. DOI: <https://doi.org/10.1079/cabicompendium.21805>
21. Khalilovich G.K., Mamatyusufugli M.A., Abdulazizovna K.B. *Eriosoma Lanigerum* Hausm Juice Damage Properties And Effects Of Entomophagy Against It // *Texas Journal of Multidisciplinary Studies*. – 2022. – Vol. 7. – P. 78-84.
22. Li D., Zhang H., Chang M., Shen K., Zhang W., et al. Neonicotinoid insecticide and their metabolite residues in fruit juices: Implications for dietary intake in China // *Chemosphere*. – 2020. – P. 261. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2020.127682.

23. *Lordan J, Alegre S, Gatiús F, Sarasúa MJ, Alins G.* Woolly apple aphid *Eriosoma lanigerum* Hausmann ecology and its relationship with climatic variables and natural enemies in Mediterranean areas // *Bull Entomol Res.* – 2015. – Vol. 105(1). – P. 60-9. DOI: 10.1017/S0007485314000753.
24. *Marmur J., Doty P.* Determination of the base composition of deoxyribonucleic acid from its thermal denaturation temperature // *Journal of molecular biology.* – 1962. – Vol. 5. – P. 109-118
25. *Molinari F.* Woolly apple aphid (*Eriosoma lanigerum* Hausm.) // *Informatore Fitopatologico*, 1986. – Vol. 36(11). – P. 35-37.
26. *Mueller T.F., Blommers L.H.M. & Mols P.J.M.* (1988) Earwig (*Forficula auricularia*) predation on the woolly apple aphid, *Eriosoma lanigerum*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 47. – P. 145–152.
27. *Ortiz-Martínez, S.A., Ramírez, C.C., Lavandero, B.* Host acceptance behavior of the parasitoid *Aphelinus mali* and its aphid-host *Eriosoma lanigerum* on two Rosaceae plant species // *Journal of Pest Science*, 2013. – Vol. 86(4). – P. 659-667. <http://rd.springer.com/article/10.1007/s10340-013-0518-6> DOI: 10.1007/s10340-013-0518-6
28. *Palmer M.A.* Aphids of the Rocky Mountain Region // *Thomas Say Foundn*, 1952. – P. 452.
29. *Penman, D. R., and R. B. Chapman.* Woolly apple aphid outbreak following use of fenvalerate in apples in Canterbury, New Zealand. *J // Econ. Entomol.* – 1980. – Vol. 73.
30. *Sandanayaka W.R.M., Bus V.G.M.* Evidence of sexual reproduction of woolly apple aphid, *Eriosoma lanigerum*, in New Zealand. *Journal of Insect Science*, 2005. – Vol. 5(1). – P. 27
31. *Short B.D. Bergh J.C.* Feeding and egg distribution studies of *Heringiaca lcarata* (Diptera: Syrphidae), a specialized predator of woolly apple aphid (Homoptera: Eriosomatidae) in Virginia apple orchards. *J. Econ. Entomol.* – 2004. – Vol. 97. – P. 813-819.
32. *Walker J.T.S.* The influence of temperature and natural enemies on population development of woolly apple aphid, *Eriosoma lanigerum* (Hausmann). Ph.D. dissertation. Washington State University, Pullman. – 1985.
33. *Warner G.* Woolly apple aphid treated as quarantine pest // *Good Fruit Grower.* – 2006. – Vol. 57. – P. 10-11.
34. *Wearing C.H., Attfield B.A., Colhoun K.* Biological control of woolly apple aphid, *Eriosoma lanigerum* (Hausmann), during transition to integrated fruit production for pipfruit in Central Otago, New Zealand. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 2010. – Vol. 38(4). – P. 255-273. DOI: 10.1080/01140671.2010.524189
35. *Weber D.C. Brown M.W.* Impact of woolly aphid (Homoptera: Aphididae) on the growth of potted apple trees. *J // Econ. Entomol.* – 1988. – Vol. 81. – P. 1170-1177.
36. *Yi X., Zhang C., Liu H., Wu R., Tian D., et al.* Occurrence and distribution of neonicotinoid insecticides in surface water and sediment of the Guangzhou section of the Pearl River, South China. *Environmental Pollution.* – 2019. – Vol. 251. – P. 892-900. DOI: 10.1016/j.envpol.2019.05.062.
37. *Zhou Y., Lu X., Fu X., Yu B., Wang D., et al.* Development of a fast and sensitive method for measuring multiple neonicotinoid insecticide residues in soil and the application in parks and residential areas. *Analytica Chimica Acta.* – 2018. – Vol. 1016. – P. 19-28.

Статья поступила в редакцию 23.07.2024 г.

Andreeva O.A., Dmitrienko A.P., Rybareva T.S., Sharmagiy A.K., Oberemok V.V. Prospects of using DNA insecticide eriola-11 to control the number of woolly apple aphids *Eriosoma lanigerum* Hausmann, 1802 // Bull. of the State Nikita Botan. Gard. – 2024. – №153. – P. 43-52

Eriosoma lanigerum (Hausmann, 1802) (woolly apple aphid) is one of the most common pests of fruit crops around the world, native to North America. It primarily affects representatives of the Rosaceae family, causing significant damage to them: it weakens vital functions, provokes the development of deformations and a greater likelihood of the spread of mold fungi, including increasing the risk of penetration of putrefactive bacteria into plant tissue. To combat insect pests, chemical insecticides are still used today, and natural enemies of woolly apple aphids are also used. However, if the former cause significant harm to the environment as a whole, negatively affecting biodiversity, then the latter do little to cope with the decrease in the number of *E. lanigerum*. The goal of our research was to develop a DNA insecticide based on mitochondrial rRNA to control the number of woolly apple aphids *Eriosoma lanigerum* (Hausmann, 1802). This article examines the effectiveness of the developed DNA insecticide Eriola-11 based on the degradation of the target 16S ribosomal RNA. This “genetic zipper” method has many positive features, such as safety for non-target organisms, biodegradability and high efficiency. During the study, single and double treatment of woolly apple aphid with the DNA insecticide Eriola-11 was carried out, as well as recording the number of dead individuals. Treatment with DNA insecticide against adult *E. lanigerum* showed positive results. The biological effectiveness of the insecticide was $68.0 \pm 0.85\%$ after a single treatment, and $85.3 \pm 1.52\%$ after a double treatment on the 14th day.

Key words: woolly apple aphid *Eriosoma lanigerum*, DNA insecticide, population control, insect pest, biological control agents, pests of fruit crops