



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

В Е С Т Н И К ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

PLANT PROTECTION NEWS

2023 TOM 106 ВЫПУСК 4
 VOLUME ISSUE



Санкт-Петербург
St. Petersburg, Russia

**ТОКСИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ α -ТОМАТИНА НА КАРТОФЕЛЬНУЮ КОРОВКУ
HENOSEPILOACHNA VIGINTIOCTOMACULATA (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE)****М.В. Ермак*, Н.В. Мацишина, О.А. Собко, П.В. Фисенко**

Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки, Уссурийск

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

Гликоалкалоиды растительного происхождения служат тератогенами, вызывающими различные уродства и аномалии развития насекомых. Ранее в наших исследованиях была обнаружена зависимость развития уродств у картофельной коровки от сорта. Настоящее исследование было предпринято для изучения токсического действия α -томатина против *Henosepilachna vigintioctomaculata*. В качестве модельного гликоалкалоида нами был выбран томатын. Листья картофеля обрабатывали растворами томатина разной концентрации. Контрольные листья обрабатывали дистиллированной водой. Обработанные листья и личинок первого возраста помещали по 10 на чашку Петри с обработанными листьями. Действие томатина на *Henosepilachna vigintioctomaculata* оценивали по наличию морфологических аномалий у имаго. В результате эксперимента была установлена прямая, достоверная зависимость между концентрацией томатина и частотой морфологических аномалий. Брахеэлитрия и цистэлитрия были наиболее частыми типами аномалий. При обработке корма маточным раствором с 6%-ным содержанием томатина смертность насекомых максимальна и составляет более 70%. Наибольшее количество тератозов (60%) среди выживших особей и относительно высокие показатели смертности (27%) наблюдали при обработке 0.6%-ным раствором томатина. При постепенном уменьшении концентрации томатина происходило закономерное снижение смертности и нарушений развития: при обработке 0.06%-ным раствором смертность составила 17%, доля тератозов 47%; при 0.006% – 17 и 7%; при 0.0006% – 3.3% и 3.4%, соответственно. Таким образом, томатын может быть использован в качестве инсектицидного вещества при возделывании картофеля.

Ключевые слова: гликоалкалоиды, инсектицидное вещество, смертность, тератоз, картофель, Приморский край

Поступила в редакцию: 01.08.2023

Принята к печати: 30.11.2023

Введение

В течение многих десятилетий в мероприятиях по защите сельскохозяйственных растений от вредителей и болезней в качестве радикального и универсального средства преобладал химический метод. Однако массовое применение пестицидов показало не только их преимущества и перспективность, но и серьезные недостатки. По мере стремительной интенсификации сельскохозяйственного производства и расширения ассортимента применяемых химических средств защиты растений все чаще отмечается резистентность вредных организмов к ним (Морозов и др., 2019). Использование синтетических инсектицидов в качестве метода борьбы с вредителями, несомненно, увеличивает урожайность и защищает хранящуюся продукцию, но их чрезмерное или избирательное использование влечет за собой серьезную опасность для здоровья, токсическое воздействие на нецелевые организмы, прямую токсичность для пользователей и увеличение затрат (Nenaah, 2011).

Современные стратегии защиты сельскохозяйственных культур включают использование естественных врагов вредителей, севооборот, механический контроль вредителей и применение новых средств, включая растительные и животные токсины, что приводит к снижению использования синтетических пестицидов. В настоящее время против вредителей все чаще используются

натуральные вещества. Эти соединения, проявляют противомикробную, фунгицидную и зооцидную активность, более того, они препятствуют поеданию растений фитофагами (Adamski et al., 2016; Nenaah, 2011).

Фитотоксины относятся к различным химическим классам: пептиды, терпеноиды, дикетопиперазины, макролиды, фенольные соединения, гликоалкалоиды. Понимание механизма действия токсина, специфичного для растения, может дать представление об аллелохимических взаимодействиях в системе «вредный организм-растение-хозяин». Хотя фитотоксины могут и не вызывать гибели вредителей, ряд исследователей отмечает снижение плодовитости и успешности отрождения личинок, а также различные морфологические аномалии (Zhang et al., 2022). Эти воздействия снижают численность вредителей, населяющих агроценозы. В результате, количество насекомых-фитофагов снижается, что приводит к употреблению меньшего количества инсектицидов, вносимых в окружающую среду. Следовательно, использование натуральных веществ является одной из наиболее важных стратегий комплексной борьбы с вредителями (Adamski et al., 2016). Природные вещества также играют важную роль в борьбе с инвазивными видами насекомых. В отличие от нативных, инвазивные виды, находясь в нехарактерной для себя среде обитания, могут не развить устойчивость

к фитотоксинам растений, которые не встречались в естественных ареалах обитания (Adamski et al., 2016).

Растения рода *Solanum* (L., 1753) производят вещества, которые можно использовать в целях защиты растений против грибных, бактериальных инфекций и фитофагов (Adamski et al., 2016). Основными гликоалкалоидами томата являются α -томатин и дегидротоматин. Эти вещества принадлежат к группе соединений стероидных гликоалкалоидов (Iijima et al., 2013). Концентрация α -томатина (до 5% сырого вещества) выше всего в стеблях, листьях и зеленых плодах (Koh et al., 2013). Листья томата не имеют агрономической ценности, не используются в пищу. Поэтому они являются дешевым источником веществ, которые можно использовать в качестве природных пестицидов (Adamski et al., 2016; Gomes et al., 2014). Так, например, α -томатин ингибировал рост *Monilophthora perniciosa* ((Stahel) Aime & Phillips-Mora, 2005) (Gomes et al., 2014). Содержание α -томатина в плодах влияло на

онтогенез личинок *Phthorimaea operculella* (Zeller, 1873) в плодах культивируемых томатов. Альфа-томатин достоверно отрицательно воздействовал на скорость развития и размер головной капсулы личинок (Mulatu, 2006).

Настоящее исследование было предпринято для изучения токсического действия α -томатина против двадцативосьмипятнистой картофельной коровки. Картофельная коровка *Henosepilachna vigintioctomaculata* Motschulsky, 1858 (Coleoptera: Coccinellidae) является серьезным вредителем картофеля на юге Дальнего Востока. Кроме картофеля, коровка сильно повреждает томаты, огурцы, тыкву, арбузы, кабачки, баклажаны. Жуки и личинки выгрызают паренхимную ткань, скелетируют листья (Ермак, Мацишина, 2022). Даже при низкой численности вредителя (0.2–0.5 особей на растение) в период появления всходов к концу июля – началу августа все листья сплошь оказываются скелетированными, и урожай снижается в 1.5–3 раза (Ермак, Мацишина, 2022).

Материалы и методы

В качестве модельного гликоалкалоида нами был выбран томатин (Шапиро, 1985). В эксперименте использовался Томатин ХЧ, $C_{50}H_{83}NO_{21}$ – М 1034.22 г/моль (ROTICHRON-CHR, Германия).

Томатин (ликоперсидин) – алкалоид группы соединений стероидных гликоалкалоидов. Химически чистый томатин представляет собой белое кристаллическое твердое вещество (Jones et al., 2005).

Для изучения действия томатина на *H. vigintioctomaculata* в качестве контрольного растения был выбран сорт картофеля «Смак», который по своим биологическим характеристикам оптимален для развития фитофага (Мацишина и др., 2019; Matsishina et al., 2021). Была проведена обработка листьев картофеля растворами томатина различной концентрации в трёх повторностях по 1600 мкл на лист. Контрольные листья обрабатывали дистиллированной водой (Воронкова, 2020). Листья помещали в чашки

Петри, в каждую чашку подсаживали по 10 личинок I возраста. Листья картофеля меняли каждый день, предварительно нанеся на них исходный маточный раствор, рабочие растворы или дистиллированную воду. Визуальную оценку действия томатина на *H. vigintioctomaculata* оценивали по наличию морфологических аномалий у имаго. Морфологические аномалии описывали по Ю.А. Присному (Присный, 2009).

Для приготовления маточного 6% раствора томатина на 1 мл дистиллированной воды брали 6 мг томатина (Koh et al., 2013). Из готового маточного раствора готовили рабочие растворы нужной концентрации: 10-кратный, 100-кратный, 1000-кратный и 10 тыс. - кратный раствор. Фотофиксацию осуществляли с помощью стереомикроскопа Nikon SMZ 25 (Япония), а также программы Helicon Focus. Статистическую обработку проводили в программе PAST v. 3.17.

Результаты

В результате эксперимента была установлена прямая, достоверная зависимость между концентрацией томатина и частотой возникновения морфологических аномалий (рис. 1, табл. 1). Наибольшее количество тератозов и высокую смертность наблюдали при обработке 10 и 100-кратными растворами томатина и составили 60.0% / 16.6% и 46.7% / 26.6% соответственно.

Это объясняется аллобиотическим состоянием, которое развивается в результате острых и подострых воздействий

токсичного вещества на личинок, что приводит к увеличению количества аномалий вследствие хронической интоксикации, но к небольшому уменьшению смертности. Меньшие концентрации приводят к возникновению соматогенного отравления, проявляющегося в виде следового поражения структур и функций различных органов, приводящих к гибели организма (Тарасов и др., 2015). При уменьшении содержания томатина происходило закономерное снижение смертности и частоты возникновения

Таблица 1. Статистические показатели к данным, представленным на рисунке 1

Статистические критерии	Норма	Нарушения онтогенеза	Тератозы	Смертность
Критерий Шапиро-Уилка W	0.894	0.664	0.823	0.858
Критерий Лиллиефорса L	0.245	0.375	0.253	0.232
Распределение Гаусса p (normal)	0.311	0.010	0.270	0.398
Стандартная ошибка	1.609	0.1655	1.064	1.135
Дисперсия случайной величины $D_{[X]}$	15.524	0.163	6.792	7.723
Стандартное отклонение	3.940	0.404	2.606	2.779
Коэффициент вариации	74.764	182.033	123.516	115.872

Table 1. Statistical indicators to the data presented in Figure 1

Statistical criteria	Norm	Ontogenetic disorder	Teratoses	Mortality
Shapiro-Wilk test W	0.894	0.664	0.823	0.858
Lilliefors test L	0.245	0.375	0.253	0.232
Gaussian distribution p (normal)	0.311	0.010	0.270	0.398
Standard error	1.609	0.1655	1.064	1.135
Variance D _[X]	15.524	0.163	6.792	7.723
Standard deviation	3.940	0.404	2.606	2.779
Coefficient of variation	74.764	182.033	123.516	115.872

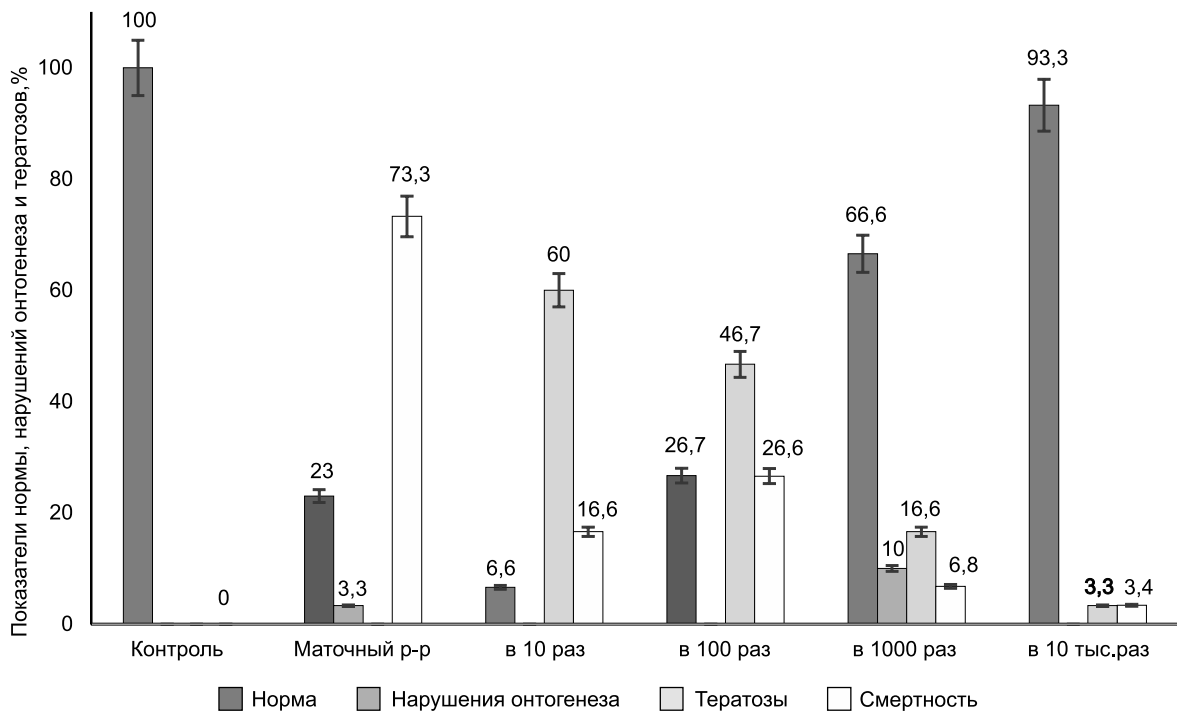


Рисунок 1. Частота возникновения морфологических аномалий и уровни смертности *Henosepilachna vigintioctomaculata* в зависимости от концентрации томатина

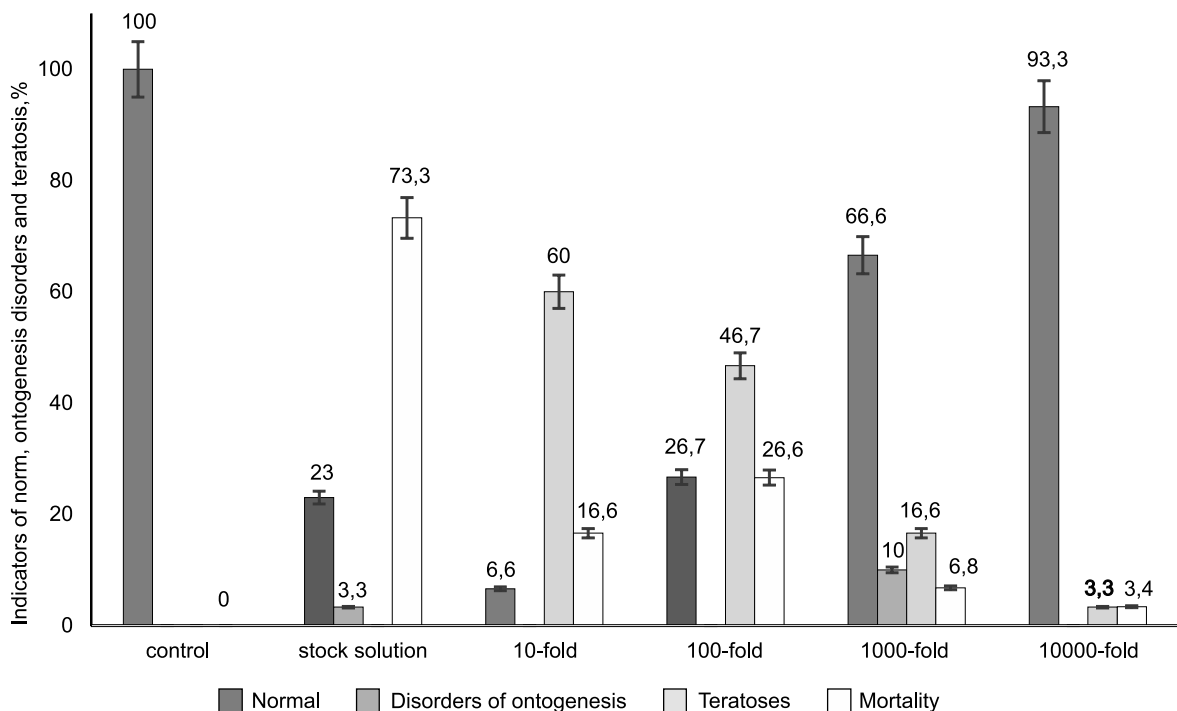


Figure 1. Morphological anomalies and the mortality levels of *Henosepilachna vigintioctomaculata* in response to the tomatine concentration

нарушений развития: 1000-кратный раствор – уродств 16.6%, смертность – 6.8%; 10 тыс.- кратный раствор – 3.3% и 3.4% соответственно. При воспитании личинок на маточном растворе с 6% содержанием томатина смертность максимальна и составляет более 70%.

Наблюдаемое отклонение выборочной функции распределения результатов исследования от теоретической является статистически значимым. Установлена прямая достоверная зависимость между концентрацией томатина

и частотой возникновения морфологических аномалий ($df=0.82$, $p \leq 0.01$). По распределению Гаусса, результаты образуют три чётких кластера, причем показатели, полученные при меньших концентрациях, кластеризуются с контролем (обработка водой). Отрицательные значения коэффициента эксцесса указывают на сглаженное распределение показателей, что косвенно свидетельствует о слабой корреляционной связи между типом аномалий и томатином (рис 1).

Обсуждение

Ранее мы показали, что при питании сортами картофеля у картофельной коровки зафиксировано 17 типов уродств (Matsishina et al., 2022). При обработках растворами томатина отмечена только одна категория тератозов – аномалии крыльев и надкрыльев (рис. 2, 3, 4). В ходе эксперимента были выделены 2 основных типа аномалий элитр, сочетанные с другими. К первому типу отнесена брахэлитрия (рис. 2), т.е. укорочение или редукция дистальной части, или уменьшение размеров надкрылий (Присный, 2009). Брахэлитрия сопровождалась также недоразвитостью сегментов брюшка, закруглением вершин, жухлостью надкрыльев и деформацией крыльев. Второй тип аномалий – цистэлитрия (рис. 3), т.е. полное или локальное пузыревидное вздутие надкрылий или крыльев при отсутствии или недоразвитии кутикулярных столбиков, соединяющих мембраны крыловых зачатков (Присный, 2009). Были отмечены случаи возникновения этих двух аномалий развития одновременно (рис. 4).

Причину морфологических аномалий следует искать в физиологии насекомых. Известно, что структуру покровов

определяют эпидермальные клетки. Они выделяют ферменты, разрушающие старую кутикулу, всасывают продукты, возникающие в ходе её разрушения, и синтезируют химические вещества новой кутикулы (Мацшина и др., 2021). Важно отметить, что изменения гиподермы насекомых при метаморфозе носит характер передифференцировки ткани, и во время этого процесса гиподерма более чувствительна к внешним воздействиям (Присный, 2009; Barbosa et al., 2014; Кауа, Vega, 2012). Под воздействием экзогенных и эндогенных факторов этот процесс нарушается. Одним из экзогенных факторов является наличие гликоалколоидов в пищевом субстрате насекомых-фитофагов. Известно, что гликоалкалоиды картофеля способны ингибировать ацетилхолинэстеразу, что затрудняет проведение нервного импульса и блокирует координирующую деятельность центральной нервной системы (McGehee et al., 2000; Krasowski et al., 1997). Гликоалкалоиды изменяют проницаемость клеточных мембран, встраиваясь в них в виде специфичных стероидных соединений (Roddick et al., 1988). Использование картофельной коровкой некоторых

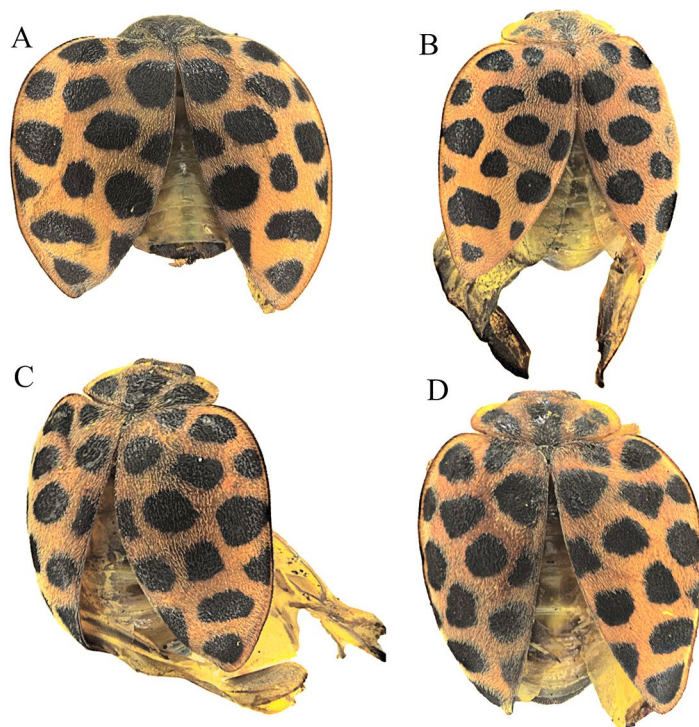


Рисунок 2. Брахэлитрия надкрыльев картофельной коровки. А – Брахэлитрия (укорочение надкрылий при недоразвитости сегментов брюшка); В – Брахэлитрия с жухлостью; С – Брахэлитрия с закруглением вершин надкрылий; D – Правосторонняя брахэлитрия

Figure 2. Brachelytry of the elytra of the potato ladybird beetle. A – Brachelytry (shorted elytra combined with underdeveloped abdominal segments); B – Brachelytry with withered wings; C – Brachelytry with rounded elytral apices; D – Right-lateral brachelytry



Рисунок 3. Цистэлитрия надкрыльев картофельной коровки. А – Левосторонняя цистэлитрия с брахэлитрией и измятостью надкрылий; В – Брахэлитрия с цистэлитрией и меломелией крыла; С – Брахэлитрия с цистэлитрией

Figure 3. Cystelytry of the elytra of the potato ladybird beetle. A – Left-lateral cystelytry with brachelytry and crumpled elytra; B – Brachelytry with cystelytry and wings melomely; C – Brachelytry with cystelytry

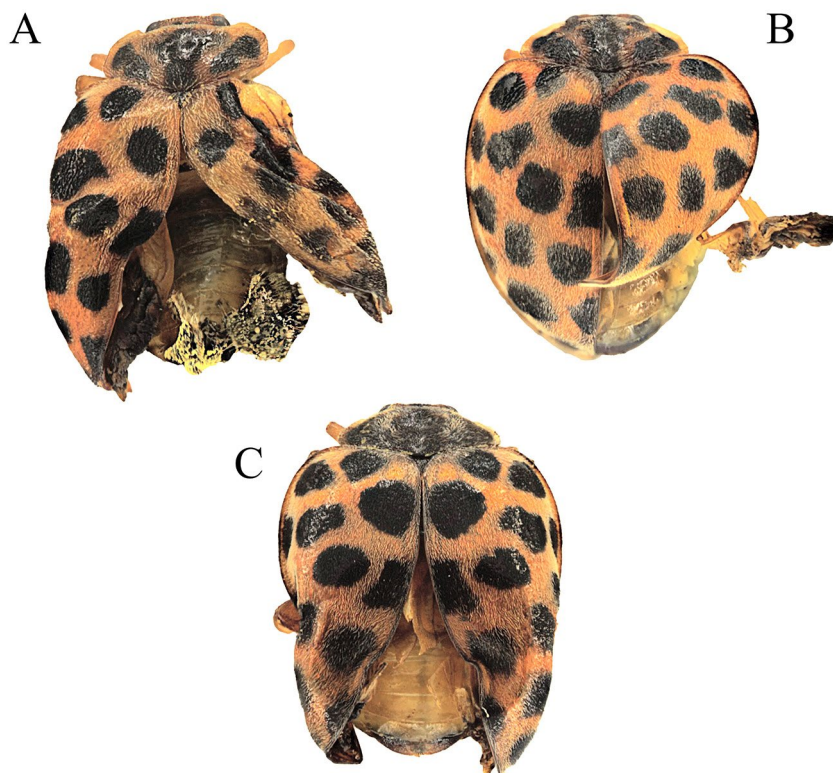


Рисунок 4. Комплексные поражения надкрыльев. А – Двусторонняя цистэлитрия с неотшедшим кукольным экзuviем; В – Правосторонняя цистэлитрия; С – Двусторонняя цистэлитрия с измятостью

Figure 4. Complex anomalies of the elytra. A – Bilateral cystelytry with pupal exuviae; B – Right-lateral cystelytry; C – Bilateral cystelytry with crumpled elytra and wings

чужеродных стероидов, поступающих с пищей, для создания собственных клеточных элементов является нормой из-за неспособности синтезировать холестерин самостоятельно (Roddick et al., 1988; Morris, Lee, 1984). Включение в качестве стероидных структур гликоалкалоидов может иметь фатальные последствия для метаболизма и онтогенеза, проявляющиеся в виде морфологических аномалий. Томатин, как и ряд других гликоалкалоидов, может нарушать работу гормональных систем, отвечающих за развитие насекомых и служить причиной тератозов (Chowański et al, 2016). Исследователи отмечают также резкое снижение активности эстераз ювенильных гормонов, отчего увеличивается аллатотропная активность мозга, в результате чего повышается содержание ювенильных гормонов и по этой причине насекомые не могут пройти личиночно-имагинальную линьку, на имаго выходят особи с тератозами, часто бескрылые, имеющие куколочное строение брюшка (Barbour, Kennedy, 1991).

Одним из первых метаболитов, который начали использовать в качестве инсектицида, был алкалоид никотин, экстрагированный из табака (*Nicotiana tabacum*), который воздействует на холинергический ацетилхолин-никотиновый рецептор ацетилхолина в нервных клетках насекомых, что приводит к непрерывному срабатыванию нейронального рецептора и вызывает деполяризацию нервных клеток, что приводит к нейротоксическому эффекту (Pavela, 2016). Другими примерами использования

алкалоидов в борьбе с насекомыми являются капсаицин из экстракта острого перца (*Capsicum annuum*) и азадирахтин, выделенный из семян нима (*Azadirachta indica*). Азадирахтин выступает регулятором роста насекомых, который изменяет поведение и рост насекомых. Он также может действовать как сдерживающий фактор для самок насекомых, что приводит к уменьшению размера яиц и, таким образом, ухудшает размножение насекомых (Pavela, 2007; Qu et al., 2022).

Исходя из полученных данных, мы полагаем, что томатин влияет на формирование конкретной группы морфологических аномалий: нарушает развитие крыльев. По результатам исследования получен патент на изобретение (Ермак и др., 2023). Данные свидетельствуют о глубоком воздействии α -томатина на жизнеспособность картофельной коровки. Особи с морфологическими аномалиями имеют ограниченную подвижность вследствие поражения локомоторного аппарата. Снижение подвижности имаго приводят к гибели от воздействия абиотических и биотических факторов среды (переувлажнение, перегрев, хищники, антибиотические воздействия сорта). Это элиминирует часть генотипов из популяции и снижает генетическое разнообразие. В комплексе с повышением уровня смертности, это указывает на перспективность применения α -томатина в качестве инсектицидного средства в рамках концепции фитосанитарной оптимизации агроэкосистем.

Заключение

В результате исследования установлена прямая достоверная зависимость между концентрацией томатина, частотой возникновения морфологических аномалий и смертностью картофельной коровки. Томатин может быть

использован в качестве инсектицидного вещества для защиты картофеля от таких вредителей, как 28-точечная божья коровка.

Библиографический список (References)

- Воронкова МВ (2020) Разработка новых средств защиты для повышения продуктивности органического растениеводства. *Вестник аграрной науки* 1(82):30–33. <https://doi.org/10.15217/issn2587-666X.2020.1.30>
- Ермак МВ, Мацишина НВ (2022) Картофельная коровка *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Motsch.): систематика, морфология и её вредоносность (литературный обзор). *Овощи России* 6:97–103. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-97-103>
- Мацишина НВ, Фисенко ПВ, Собко ОА (2021) Морфологические аномалии в онтогенезе картофельной коровки *Henosepilachna Vigintioctomaculata* (Motschulsky, 1857) (Coleoptera: Coccinellidae). *Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук* 3(217):57–62. https://doi.org/10.37102/0869-7698_2021_217_03_09
- Мацишина НВ, Шайбекова АС, Богинская НГ, Собко ОА и др (2019) Предварительная оценка сортов картофеля отечественной и зарубежной селекции на устойчивость к картофельной двадцативосьмиточечной коровке *Henosepilachna vigintioctomaculata* Motch. (Fabricius, 1775) в Приморском крае. *Овощи России* 6(50):116–119. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-6-116-119>
- Морозов ДО, Коршунов СА, Любовецкая АА, Мишунов НП и др (2019) Современные системы интегрированной защиты сельскохозяйственных растений. М.: Росинформагротех. 92 с.
- Ермак МВ, Мацишина НВ, Собко ОА, Фисенко ПВ, Боровая СА (2023) Способ определения устойчивости картофеля к листогрызущим вредителям. Патент на изобретение RUS 2802375
- Присный ЮА (2009) Классификация морфологических аномалий жесткокрылых насекомых (Coleoptera). *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки* 11(66):72–81.
- Тарасов АЮ, Белогоров СБ, Марченко ДВ (2015) Основы токсикологии. Иркутск: ИГМУ. 57с.
- Шапиро ИД (1985) Иммуниет полевых культур к насекомым и клещам. Л. 320 с.
- Adamski Z, Kabzńska M, Pruskaya A, Konwerski S et al (2016) Sublethal Effects of *Solanum tuberosum* and *Lycopersicon esculentum* Leaf Extracts on *Tenebrio molitor* and *Harmonia axyridi*. *Karaelmas Fen ve Müh Derg* 6(1):59–66.
- Barbosa P, Berry DL, Kary CS (2014) *Insect Histology: Practical laboratory techniques*. Chichester, West Sussex: John Wiley&Sons. 386 p.
- Barbour JD, Kennedy GG (1991) Role of steroidal glycoalkaloid α -tomatine in host plant resistance to Colorado potato beetle. *J Chem Ecol* 17(5): 988–1005. <https://doi.org/10.1007/bf01395604>
- Chowański S, Adamski Z, Marciniak P, Rosiński G et al (2016) A review of bioinsecticidal activity of Solanaceae alkaloids. *Toxins* 8(3):60. <https://doi.org/10.3390/toxins8030060>.

- Gomes LH, Duarte KMR, Andrino FG, Gildemberg AL Jr et al (2014) Alpha-Tomatine against Witches' Broom Disease. *Am J Plant Sci* 05(05):596–604. <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2014.55074>
- Jones NA, Nepogodiev SA, Robert A (2005) Field Efficient synthesis of methyl lycotetraoside, the tetrasaccharide constituent of the tomato defence glycoalkaloid α -tomatine. *Org Biomol Chem* 3(17):3201–3206. <https://doi.org/10.1039/b508752j>
- Iijima Y, Watanabe B, Sasaki R, Takenaka M et al (2013) Steroidal glycoalkaloid profiling and structures of glycoalkaloids in wild tomato fruit. *Phytochemistry* 95:145–157. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2013.07.016>
- Kaya HK, Vega FE (2012) Scope and Basic Principles of Insect Pathology. In: Fernando E. Vega and Harry K. Kaya (eds) *Insect Pathology*. Second Edition. London: Academic Press. 1–12. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384984-7.00001-4>
- Koh E, Kaffka St, Mitchell AIE. (2013) A long-time comparison of the influence of organic and conventional crop management practices on the content of the glycoalkaloid α -tomatine in tomatoes. *J Sci Food Agric* 93(7):1537–1542. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5951>
- Krasowski MD, McGehee DS, Moss J (1997) Natural inhibitors of cholinesterases: implications for adverse drug reactions. *Can J Anaesth* 44(5):525–534. <https://doi.org/10.1007/BF03011943>
- Matsishina NV, Fisenko PV, Sobko OA, Volkov DI et al (2021) Morphological abnormalities of the 28-punctata potato ladybug *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Motschulsky, 1857) when feeding on potato varieties of various origins. AIP Conference Proceedings: 4th International Conference on Modern Synthetic Methodologies for Creating Drugs and Functional Materials. 030022. <https://doi.org/10.1063/5.0068578>
- Matsishina NV, Fisenko PV, Ermak MV, Sobko OA et al (2022) Traditional Selection Potato Varieties and Their Resistance to the 28-punctata Potato Ladybug *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Coleoptera: Coccinellidae) in the Southern Russian Far East. *Ind J Agr Res* 56(4):456–462. <https://doi.org/10.18805/IJARE.AF-694>
- McGehee DS, Krasowski MD, Fung DL, Wilson B et al (2000) Cholinesterase Inhibition by Potato Glycoalkaloids Slows Mivacurium Metabolism. *Anesthesiology* 93(2):510–519. <https://doi.org/10.1097/0000542-200008000-00031>
- Morris SC, Lee TH (1984) Toxicity and teratogenicity of Solanaceae glycoalkaloids particularly those of the potato (*Solanum tuberosum*): a review. *Food Technol Australia* 36:118.
- Mulatu B, Applebaum SW, Kerem Z, Coll M (2006) Tomato fruit size, maturity and alpha-tomatine content influence the performance of larvae of potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Bull Entomol Res* 96(2):173–178. <https://doi.org/10.1079/BER2005412>
- Nenaah GE (2011) Toxic and antifeedant activities of potato glycoalkaloids against *Trogoderma granarium* (Coleoptera: Dermestidae). *J Stored Prod Res* 47(3):185–190. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2010.11.003>
- Pavela R (2007). Possibilities of botanical insecticide exploitation in plant protection. *Pest Technology*, 1(1): 47–52.
- Pavela R (2016) History, presence and perspective of using plant extracts as commercial botanical insecticides and farm products for protection against insects-a review. *Plant Protect Sci* 52(4): 229–241. <http://dx.doi.org/10.17221/31/2016-PPS>
- Qu M, Merzendorfer H, Moussian B, Yang Q (2022) Bioinsecticides as future mainstream pest control agents: opportunities and challenges. *Front Agr Sci Eng* 9(1):82–97. <https://doi.org/10.15302/J-FASE-2021404>
- Roddick JG, Rijnenberg AL, Osman SF (1988) Synergistic interaction between potato glycoalkaloids α -solanine and α -chaconine in relation to destabilization of cell membranes: Ecological implications. *J Chem Ecol* 14(3):889–902. <https://doi.org/10.1007/BF01018781>.
- Zhang M, Yan J, Ali A, Gao Y (2022) Potato plant variety affects the performance and oviposition preference of *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae). *Pest Manag Sci* 78(9):3912–3919. <https://doi.org/10.1002/ps.6625>

Translation of Russian References

- Voronkova MV (2020) [Development of new protective means for increasing productivity of organic crop]. *Vestnik agrarnoi nauki* 1(82):30–33 (In Russian) <https://doi.org/10.15217/issn2587-666X.2020.1.30>
- Ermak MV, Macishina NV (2022) [Kartofel'naya korovka *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Motsch.): sistematika, morfologiya i eyo vreditel'stvo (literaturnyj obzor)]. *Ovoshchi Rossii* 6:97–103 (In Russian) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-97-103>
- Macishina NV, Fisenko PV, Sobko OA (2021) [Morphological anomalies in the ontogenesis of potato ladybug *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Motschulsky, 1857) (Coleoptera: Coccinellidae)]. *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossijskoj akademii nauk* 3(217):57–62 (In Russian) https://doi.org/10.37102/0869-7698_2021_217_03_09
- Matsishina NV, Shaibekova AS, Boginskaya NG, Sobko OA et al (2019) [Preliminary study of traditional selection potato varieties resistance for potatoes ladybug *Henosepilachna vigintioctopunctata* Motch. (Fabricius, 1775) in the Primorsky territory]. *Ovoshchi Rossii* 6(50):116–119 (In Russian) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-6-116-119>
- Morozov DO, Korshunov SA, Lyubovedskaya AA, Mishurov NP et al (2019) [Modern systems of integrated pest management of agricultural crops]. M.: Rosinformagrotekh. 92p. (In Russian)
- Ermak MV, Macishina NV, Sobko OA, Fisenko PV, Borovaya SA [Methods of determination of potato resistance to phyllophagous pests]. Patent for invention RUS 2802375 (In Russian)
- Prisnyi YuA (2009) [Classification of morphological anomalies in beetles (Coleoptera)]. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki* 11(66):72–81. (In Russian)
- Tarasov AYu, Belogorov SB, Marchenko DV (2015) [Basics of toxicology: course book for student]. Irkutsk: IGMU. 57 p. (In Russian)
- Shapiro ID (1985) [Immunity of field crops to insects and mites]. Leningrad. 320 p. (In Russian)

THE TOXIC EFFECT OF α -TOMATINE ON THE 28-SPOTTED POTATO LADYBEETLE
HENOSEPILOCHNA VIGINTIOCTOMACULATA (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE)

M.V. Ermak*, N.V. Matsishina, O.A. Sobko, P.V. Fisenko

*Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East
named after A.K. Chaika, Ussuriysk, Russia*

*corresponding author, e-mail: ermackmarine@yandex.ru

Glycoalkaloids of plant origin serve as teratogens, causing various teratoses and abnormalities of insect development. Our previous studies discovered dependence of developmental defects in the 28-spotted potato ladybeetle *Henosepilachna vigintioctomaculata* upon its feeding on certain potato varieties. The present study was undertaken to study the toxic effect of α -tomatine against the 28-spotted potato ladybeetle. Tomatine was chosen as a model glycoalkaloid. Potato leaves were treated with tomatine solutions in different concentrations. Control leaves were treated with distilled water. Ten first-instar larvae were placed in a Petri dish with treated leaves. The effect of tomatine on *H. vigintioctomaculata* was assessed by appearance of morphological abnormalities in the adults. As a result, a confident direct correlation between the tomatine concentration and the developmental defect frequency was found. Brachelytry and cystelytry were the main anomaly types. When the stock 6% solution was used, insect mortality was the highest, reaching 70%. The highest level of teratoses (60%) among survived insects and relatively high mortality (27%) were observed in insects treated with 0.6% solutions of tomatine. As the tomatine concentration decreased, so did the mortality level and developmental defect frequency. At 0.06% solution treatment, mortality was 17% and quote of teratoses – 47%, at 0.006% – 16.6% and 6.8%; at 0.0006% – 3.3% and 3.4%, respectively. Thus, tomatine can be used as an insecticidal compound for potato cultivation.

Keywords: glycoalkaloids, insecticidal compound, mortality, teratosis, potato, Primorskiy Krai

Submitted: 01.08.2023

Accepted: 30.11.2023