

Н.В. МАЦИШИНА, П.В. ФИСЕНКО, О.А. СОБКО

## Морфологические аномалии в онтогенезе картофельной коровки *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Motschulsky, 1857) (Coleoptera: Coccinellidae)

*Морфологические признаки насекомых обусловлены как внешними, так и генетическими факторами. Внешние факторы (механические, термические, химические, радиационные), особенно при отклонении от средних значений, зачастую вызывают нарушения морфологии насекомых. До настоящего времени нет общепринятой терминологии для обозначения ряда морфологических аномалий, вызванных экзогенными факторами. Морфологические аномалии в онтогенезе *Henosepilachna vigintioctomaculata* приведены впервые. Определены частоты проявления, комплексный характер выявленных аномалий и сделаны предположения о механизмах и причинах их возникновения.*

*Ключевые слова:* двадцативосьмиточечная картофельная коровка, *Henosepilachna vigintioctomaculata*, онтогенез, аномалии развития, уродства, Coccinellidae.

**Morphological anomalies in the ontogenesis of potato ladybug *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Motschulsky, 1857) (Coleoptera: Coccinellidae).** N.V. MATSISHINA, P.V. FISENKO, O.A. SOBKO (Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A.K. Chaika, Ussuriysk, Timiryazevsky village).

*The morphological characters of insects are defined by both external and genetic factors. The external factors (mechanical, thermal, chemical, radiation), especially when deviating from the average values, often cause insect morphology violations. To date, there is no generally accepted terminology for several morphological anomalies caused by exogenous factors. The morphological anomalies of *Henosepilachna vigintioctomaculata* in the ontogenesis are given for the first time. The occurrence frequencies and the complexity of the detected anomalies are determined, and assumptions about the mechanisms and causes of their occurrence are made.*

*Key words:* 28-punctata potato ladybug, *Henosepilachna vigintioctomaculata*, ontogenesis, developmental abnormalities, deformities, Coccinellidae.

Морфологические признаки насекомых обусловлены как внешними, так и генетическими факторами. Внешние факторы (механические, термические, химические, радиационные), особенно при отклонении от средних значений, зачастую вызывают нарушения морфологии насекомых, именуемые аномалиями [2]. Терминологию для жуков предложил еще в 1948 г. J. Balazuc и детализировал А.В. Присный [4]. Предложенная ими классификация тератозов основана на признаках, характерных в той или иной степени для данной аномалии, на разделении всех отклонений в морфологии жуков на деформации, травмы, анатомофизиологические нарушения. Вопросу изучения аномалий посвящено большое количество работ [1, 5, 7], однако для *Henosepilachna vigintioctomaculata* (картофельной, или 28-точечной, божьей коровки), опасного вредителя сельского хозяйства,

\*МАЦИШИНА Наталия Валериевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ФИСЕНКО Петр Викторович – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, СОБКО Ольга Абдулалиевна – младший научный сотрудник (Федеральный научный центр агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки, Уссурийск, пос. Тимирязевский). \*E-mail: mnathalie134@gmail.com

подобные исследования ранее не проводились. Целью данного исследования было описание морфологических аномалий у представителей этого вида.

## Материалы и методы

Объект – имаго и личинки *Henosepilachna vigintioctomaculata*.

Основная часть материала, использованного для написания данной работы, была взята из полевых сборов 2019–2020 гг. Сбор насекомых проводился с мая по сентябрь на картофеле энтомофитопатологического участка естественного заселения вредителем, принадлежащего отделу картофелеводства и овощеводства ФГБНУ «ФНЦ агроботехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки», пос. Тимирязевский, Приморский край. Всего собрано 6043 экз. – с аномалиями и без них.

Классифицировали морфологические аномалии по Ю.А. Присному [6].

Для проведения измерений коровку, обработанную в кипящей воде, помещали на предметное стекло, удерживая головной и спинной отделы, после чего расчленили брюшко острым пинцетом на уровне третьего тергита. После отделения участков тела их раскладывали на предметное стекло, помещали в каплю глицерина и с помощью бинокля МБС-10 проводили соответствующие измерения.

Аномалии развития учитывались как у имаго, так и у личинок. Затем рассчитывали частоту встречаемости аномалий. Исследования внешней морфологии проводили с помощью биноклярного микроскопа МБС-10 и налобной лупы Levenhuk ZenoVizor H4. Фотофиксацию проводили с помощью Olympus SZX16 и цифровой камеры Olympus DP74, изображения обрабатывали в программе Helicon Focus. Статистически обрабатывали результаты с помощью программы PAST 4.03.

## Результаты и обсуждение

В собранном материале из 6043 экз. 179 имели различные морфологические аномалии, разделяемые на две группы – механические повреждения и тератозы (рис. 1).

Первую группу составляют надломы, проколы, трещины и обрывы – 4,58 %. Наиболее часто встречаемые деформации при этом – надломы, проколы и трещины, зафиксированные у 2,73 % особей. Механические повреждения в данном случае можно объяснить только естественными причинами в связи с отсутствием какого бы то ни было регулярного антропогенного прессинга в месте сбора материала.

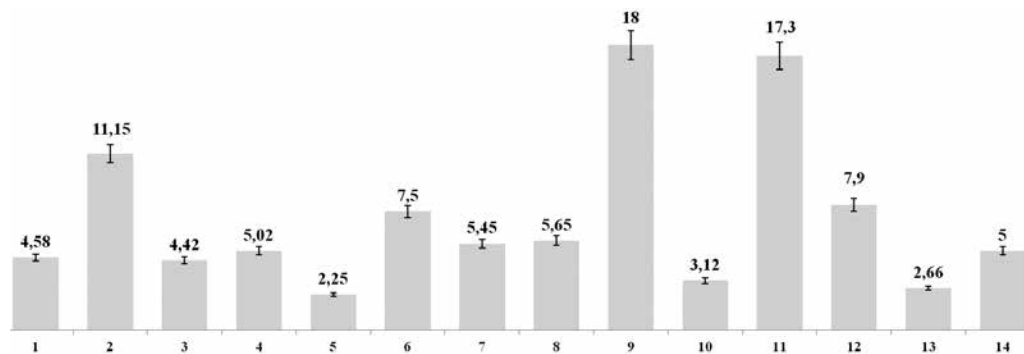


Рис. 1. Встречаемость морфологических аномалий (n = 179) в онтогенезе 28-точечной картофельной коровки, %: 1 – механические повреждения, 2 – трематэлитрия, 3 – схистомелия, 4 – брахэлитрия, 5 – кукловидность, 6 – кукловидная деформация надкрылий, 7 – аномалии межкубитальной жилки правого крыла, 8 – аномалии межкубитальной жилки левого крыла, 9 – гематома надкрылий, 10 – зияющая щель надкрылий I степени, 11 – зияющая щель надкрылий II степени, 12 – редукция правой задней ноги, 13 – аномалии развития личинок и куколок, 14 – шестичленные усики

Дефекты второй группы, тератозы, формируются на преимагинальном этапе онтогенеза и являются следствием как механического воздействия на куколку, так и влияния химически активных веществ и генетических изменений. В нашем исследовании наиболее распространенными были кукловидная деформация надкрылий (7,5 %), трематэлитрия (11,15 %), гематомы надкрылий (19 %), а также зияющая щель надкрылий II степени (17,3 %), когда передний край крыла загнут кверху, а на вершинах отмечается вздутие, ограниченное гематомами. При зияющей щели надкрылий I степени (4,12 %) они симметрично расходились в стороны, вблизи вершин были отогнуты кверху и сильно приподняты. Наличник был асимметричен, короче, чем у нормальных особей, со сглаженными и сильно закругленными внешними углами. Редукция правой задней ноги с сохранением основания бедра (7,9 %) характеризовалась укороченным левым задним бедром и искривленной голенью с небольшим бугровидным образованием сбоку, при этом лапка была нормального строения и длины. В случае схистомелии (4,42 %) вблизи середины внутреннего края правой передней голени находился искривленный отросток, направленный внутрь и вперед под углом к продольной оси голени. Лапка, ункус и мукро на вершине отростка не были обнаружены, длина конечности оставалась нормальной.

У 2,25 % особей выявлена кукловидность – общее недоразвитие имаго. Их онтогенез не был успешно завершен, и при выходе из куколки получалась особь с неразвитыми крыльями, плохо функционирующими конечностями и ротовым аппаратом, с блестящими, гиперпигментированными, малощетинистыми покровами. Такие имаго оказались неспособными питаться и быстро погибали. Для данной аномалии нами были описаны несколько степеней тяжести (рис. 2). I степень характеризовалась наличием частично сформированных крыльев и атрофией остальных частей тела при сохранении нормальных размеров груди и головы. Для II степени отмечены неотхождение экзuvia и редукция размеров надкрылий и крыльев. Такие особи некоторое непродолжительное время питались и передвигались. При III и IV степенях имаго имели ларвальный вид и погибали почти сразу после отрождения.

Отдельно следует отметить аномалию «шести-члениковые усики» (5,00 %). В целом усики были нормального строения, но сильно уменьшены, отсутствовали членики с седьмого по одиннадцатый. Отсутствие видимых повреждений, а также нормальное строение и сегментация члеников антенны позволили сделать вывод о нетравматическом происхождении аномалии.

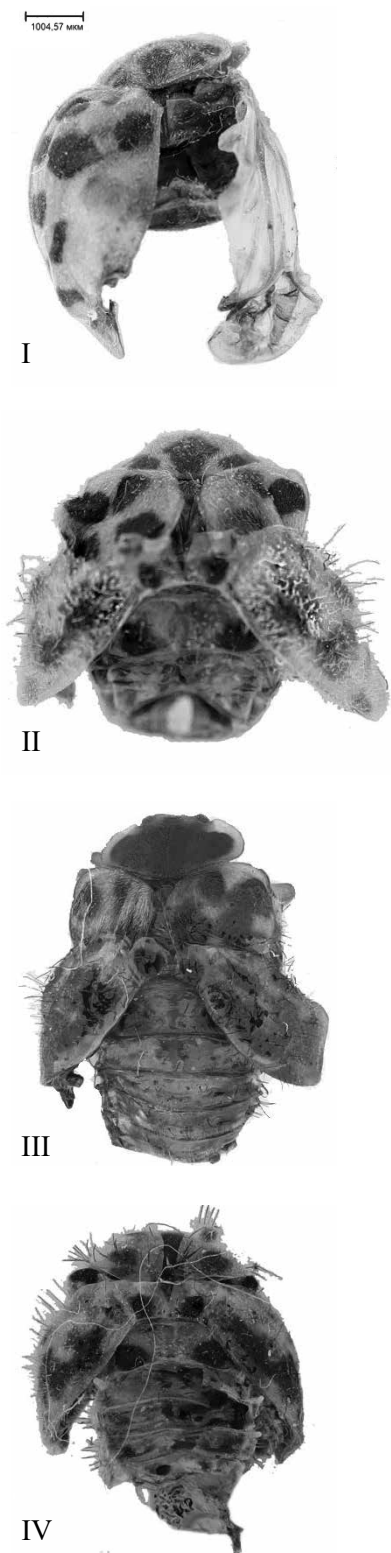


Рис. 2. Степени кукловидности имаго. Фото авторов



Рис. 3. Брахэлитрия с шагреневостью при недоразвитии сегментов брюшка у 28-точечной картофельной коровки. Фото авторов

Выявлены также коровки с брахэлитрией (5,02 %, рис. 3), которая характеризовалась укорочением дистальной части, что приводило к уменьшению надкрылий, в некоторых случаях из-за неполного их расправления при выходе имаго из куколки.

Кроме того, нами отмечены аномалии жилкования крыла (11,1 %), проявляющиеся в слиянии жилковых промежутков. При этом аномалии межкубитальной жилки располагались симметрично на правом (5,45 %) и левом (5,65 %) крыльях.

Известно, что структуру покровов насекомых определяют эпидермальные клетки. Они выделяют ферменты, разрушающие старую кутикулу, всасывают продукты, возникающие в ходе ее разрушения, и синтезируют химические вещества для новой кутикулы. Перед началом линьки эпидермальные клетки увеличиваются в размерах и приступают к митотическому делению. Признаками скорого наступления линьки служат отслаивание кутикулы от эпидермальных клеток и появление свободного пространства между клетками и кутикулой [13]. Это пространство заполняется экзувиальной жидкостью, которая выделяется кожными железами. В ней содержатся ферменты, растворяющие белки и хитин старой кутикулы. Полагают, что ферменты первоначально выделяются в неактивном состоянии и активируются после образования протеинового слоя новой кутикулы [9]. Экзувиальная жидкость не содержит ферментов, способных растворять липиды и липопротеины эпикутикулы. Во время линьки разрушается лишь прокутикула, а эпикутикула, иногда вместе с поверхностным слоем экзокутикулы, формирует экзувиальную шкурку, которая сбрасывается насекомыми [12]. Под воздействием экзогенных и эндогенных факторов этот процесс нарушается. Так, причиной возникновения аномалий антенн являются наследственные травмы имагинальных дисков, полученных в последнем личиночном возрасте [1]. Изменяемость надкрылий носит невосстановимый характер и обычно сопровождается деформацией других частей тела. Прободения и краевые выемки возникают вследствие отторжения вещества надкрылия до окончания его формирования [4]. Возникновение отклонений ног вызвано деформацией зачатков бедра и голени на стадии куколки под воздействием экзогенных факторов. Так, атрофия зубцов может возникать в результате сильного пересыхания того участка тела, каким куколка прикрепляется к листу, в результате чего нарушается процесс высвобождения жука из экзувия. Увеличение влажности при уже сформированной куколке приводит либо к ее гибели, либо к возникновению на пораженных участках различного рода гематом [3]. Каждый раз во время линьки членистоногих кутикула сбрасывается и образуется заново. Только что сформировавшаяся, она мягкая и бесцветная, процесс склеротизации тесно связан с пигментацией, в результате чего гибкая и податливая кутикула затвердевает, образуя прочный панцирь, одевающий все тело насекомого. Пигментация обусловлена синтезом меланина и других пигментов, откладываемых в экзокутикуле. Прочность покровам насекомых придают белки, тесно связанные с хитином. В полностью затвердевшей кутикуле они утрачивают гибкость и способность к растяжению, превращаясь в особо прочные склеротины [14]. Исходные продукты для склеротизации поступают из придаточных желез, расположенных на конце брюшка самок. Правая придаточная железа вырабатывает фермент  $\beta$ -глюкозидазу; секрет левой железы содержит  $\beta$ -глюкозид дифенилпротокатеховой кислоты, фермент фенолазу и кутикулярный белок. Когда формируется опотека, секреты обеих желез смешиваются, и  $\beta$ -глюкозидаза разрушает связь между  $\beta$ -глюкозидом

и дифенилпротокатеховой кислотой, освобождая фенол, который в присутствии кислорода воздуха окисляется фенолазой до соответствующего хинона. Процесс затвердевания оотеки начинается с поверхности и распространяется вглубь, захватывая протеиновую эпикутикулу и ту часть прокутикулы, которая потом становится экзокутикулой [3]. Нарушения любого из этих процессов провоцируют образование трематэлитрий, брахэлитрий и гипопигментации. Последняя чаще всего связана с асклеротизацией покровов, из-за чего насекомое уязвимо для травм и маложизнеспособно.

Согласно взглядам Э. Штейнхауза (1952), приводимая здесь категория нарушений нормальной морфологии экзоскелета относится к неинфекционным заболеваниям организма насекомого, а именно к повреждениям – любому вреду или нарушению, вызванному другими факторами [8]. Несколько аномалий, возможно, связанных именно с этими нарушениями, были обнаружены нами у личинок. Части старой кутикулы остались на новых покровах, были утрачены щетинки, а также структуры, расположенные на концах ног и ротовой части. Цвет кутикулы стал однородным, темно-серым, а несколько грудных сегментов были дорсально раздуты. Вскрытие не показало патогенеза, присущего развитию паразита или микоза, что позволило сделать вывод о неинвазивном характере аномалии. Некоторые куколки имели участки с аномально тонкой кутикулой. При этом наблюдалось изменение пигментации и появление черных пятен в результате гипермеланизации. По литературным данным, подобные черные пятна также наблюдались у личинок *Bombux mori* (L.), получавших азадирахтин [11], и были связаны с низким уровнем экдистероидов и ювенильного гормона [10]. Смертность среди таких куколок составляла 85,7 %, причем в 25,6 % они поражались микозами. Отродившиеся из них имаго демонстрировали признаки куколовидности. В целом аномалии развития личинок и куколок встречались у 3,66 % от общей выборки.

Полученные нами данные требуют дальнейшего изучения с целью раскрытия механизмов появления аномалий развития *Henosepilachna vigintioctomaculata* в частности и листогрызущих жуков в целом. Выявленные уродства могут быть естественным фактором регуляции популяционной динамики (например, элиминация нежелательных «дефектных» генотипов). В то же время нельзя исключать их индукцию другими биотическими и абиотическими факторами или комплексом всех перечисленных воздействий. В связи с тем, что *Henosepilachna vigintioctomaculata* является широким полифагом и опасным вредителем сельского хозяйства, одним из центральных факторов, вызывающих нарушения онтогенеза, можно предположить воздействие пестицидов. Однако в нашем двухлетнем эксперименте участвовала лабораторная популяция, для кормления которой использовали листья растений картофеля, не подвергавшегося химическим обработкам, а значит, на первый план выходят биотические факторы, обусловленные инфекциями и чужеродными вторичными метаболитами в системе «фитофаг–растение». Исследование механизмов взаимодействия таких систем и закономерностей коэволюции в них позволяет расширить наши знания об окружающем мире, а также разработать новые, более «экологичные» меры и средства защиты растений.

## Выводы

1. В исследуемой выборке *Henosepilachna vigintioctomaculata* у 2,96 % были выявлены аномалии индивидуального развития. На механические повреждения приходится 4,58 %, на тератозы – 95,42 %.

2. Среди изученных особей, как правило, не наблюдалось пораженных отдельными аномалиями, а уродства проявлялись комплексно, затрагивая различные ткани и органы жуков одновременно.

3. Наиболее вероятным фактором возникновения наблюдаемых аномалий можно рассматривать инфекции и состав корма, а именно качественные и количественные отличия

содержания вторичных метаболитов у отдельных сортов картофеля, используемых для питания.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Васько Б.Н. Случай тератоза и гинандроморфизма у некоторых видов хрущей рода *Polyphylla* (Coleoptera, Melolonthidae) // Вестн. зоологии. 2008. Т. 42, № 3. С. 221–227.
2. Короткова А.А., Дубинин М.С. О морфологических аномалиях журилиц на территориях ЛЭП в Тульской области // Изв. ТулГУ. Естеств. науки. 2018. Вып. 3. С. 124–128.
3. Мартынов В.В. Редкий случай симметричной патологии у *Aphodius erraticus* (L.) (Coleoptera, Scarabaeidae) // Изв. Харьков. энтомол. о-ва. 2000. Т. 8, вып.1. С. 80.
4. Присный А.В. Морфологические аномалии колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say (Col., Chrysomelidae) // Энтотол. обозр. 1983. Т. 62, вып. 4. С. 690–701.
5. Присный Ю.А. Гомологические ряды аномалий надкрылий и уточнение номенклатуры жилкования крыльев жесткокрылых насекомых (Coleoptera) семейств Carabidae и Silphidae // Науч. ведомости БелГУ. Серия: Естеств. науки. 2010.
6. Присный Ю.А. Классификация морфологических аномалий жесткокрылых // Науч. ведомости БелГУ. Серия: Естеств. науки. 2009. № 11 (66), вып. 9. С. 72–81.
7. Присный Ю.А. Онтогенетическая модель возникновения экзогенных аномалий у имаго жесткокрылых насекомых // Науч. ведомости БелГУ. Серия: Естеств. науки. 2015. № 15 (212), вып. 32. С. 109–134.
8. Штейнхауз Э. Патология насекомых. М.: Изд-во иностр. лит., 1952. 840 с.
9. Burand J.P., Hunter W.B. RNAi: Future in insect management // J. Invertebr. Pathol. 2013. Vol. 112, suppl. 1. P. S68–S74.
10. Hori M., Hiruma K., Riddiford L.M. Cuticular melanization in the tobacco hornworm larva // Insect Biochem. 1984. Vol. 14. P. 267–274.
11. Koul O. Antifeedant and growth inhibitory effects of calamus oil and neem oil on *Spodoptera litura* under laboratory conditions // Phytoparasitica. 1987. Vol. 15. P. 169–180.
12. Madhavi M, Babu R.G, Srinivas V. Morphological abnormalities of betulinic acid from *Ziziphus jujuba* against the *Callisobruchus chinensis* (Coleoptera: Bruchidae) // Biosci. Biotech. Res. Asia. 2019. Vol. 16 (2). P. 411–416.
13. Miranda M.P., Yamamoto P.T., Garcia R.B., Lopes J.P., Lopes J.R. Thiamethoxam and imidacloprid drench applications on sweet orange nursery trees disrupt the feeding and settling behaviour of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) // Pest. Manag. Sci. 2016. Vol. 72. P. 1785–1793. DOI: 10.1002/ps.4213.
14. Telang A., Buck N.A., Wheeler D.E. Response of storage protein levels to variation in dietary protein levels // J. Insect Physiol. 2002. Vol. 48, iss. 11. P. 1021–1029.