

<https://www.doi.org/10.33910/2686-9519-2024-16-1-97-102><http://zoobank.org/References/BE32BD8D-CDAC-4428-83B7-17F19E49E9FA>

УДК 595.763.79:591.393:591.147.6.

Изменение уровня гормонов стресса в теле личинок картофельной коровки *Henosepilachna vigintioctomaculata* Motschulsky, 1858 (Coleoptera: Coccinellidae) в ответ на стрессоры различного генеза

М. В. Ермак, Н. В. Мацишина[✉], О. А. Собко, П. В. Фисенко

ФНЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А. К. Чайки, ул. Воложенина, д. 30б, пос. Тимирязевский, 692539, г. Уссурийск, Россия

Сведения об авторах

Ермак Марина Владимировна

E-mail: ermackmarine@yandex.ru

SPIN-код: 1508-8155

Scopus Author ID: 57488489200

ORCID: 0000-0002-3727-8634

Мацишина Наталия Валериевна

E-mail: mnathalie134@gmail.com

SPIN-код: 7734-6656

Scopus Author ID: 57218616526

ORCID: 0000-0002-0165-1716

Собко Ольга Абдулалиевна

E-mail: o.eyvazova@gmail.com

SPIN-код: 8082-5318

Scopus Author ID: 57218617568

ORCID: 0000-0002-4383-3390

Фисенко Пётр Викторович

E-mail: phisenko@bk.ru

SPIN-код: 9916-1382

Scopus Author ID: 26532574300

ORCID: 0000-0003-1727-4641

Аннотация. Стрессор — любое достаточно сильное воздействие на организм: жара, холод, голод, интоксикация и т. д. Гормоны стресса оказывают определенный физиологический эффект на организм насекомого. Выявлено, что воздействие стрессоров приводит к повышению уровня гормонов стресса (мг% адреналина) у личинок *Henosepilachna vigintioctomaculata*. При питании на сорте картофеля Belmonda, а также термическом воздействии (укол раскаленной иглой) выявлено резкое повышение уровня гормонов стресса у фитофага (мг% адреналина) относительно контроля, составившего $14,9 \pm 1,21$ и $14,53 \pm 1,25$ соответственно. При развитии микозов (*Beauveria bassiana*) и бактериозов (*Bacillus thuringiensis*) у картофельной коровки уровень гормонов стресса (мг% адреналина) в теле личинок плавно нарастает и поддерживается на стабильно высоком уровне по мере протекания патогенеза.

Права: © Авторы (2024). Опубликовано Российским государственным педагогическим университетом им. А. И. Герцена. Открытый доступ на условиях лицензии CC BY-NC 4.0.

Ключевые слова: гормоны стресса, двадцативосьмипятнистая картофельная коровка, стресс, микозы, Приморский край

Changes in stress hormones in potato ladybird larvae *Henosepilachna vigintioctomaculata* Motschulsky, 1858 (Coleoptera: Coccinellidae) depending on the type of stress

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. Chaiki, 30b Vologenin Str., Timiryazevsky stl., 692539 Ussuriysk, Russia

Authors

Marina V. Ermak

E-mail: ermackmarine@yandex.ru

SPIN: 1508-8155

Scopus Author ID: 57488489200

ORCID: 0000-0002-3727-8634

Nataliya V. Matsishina

E-mail: mnathalie134@gmail.com

SPIN: 7734-6656

Scopus Author ID: 57218616526

ORCID: 0000-0002-0165-1716

Ol'ga A. Sobko

E-mail: o.eyvazova@gmail.com

SPIN: 8082-5318

Scopus Author ID: 57218617568

ORCID: 0000-0002-4383-3390

Petr V. Fisenko

E-mail: phisenko@bk.ru

SPIN: 9916-1382

Scopus Author ID: 26532574300

ORCID: 0000-0003-1727-4641

Copyright: © The Authors (2024).

Published by Herzen State Pedagogical University of Russia. Open access under CC BY-NC License 4.0.

Abstract. A stressor is any sufficiently strong effect on the body: heat, cold, hunger, intoxication, etc. Stress hormones have a certain physiological effect on the insect's body. It was revealed that exposure to stressors leads to an increase in the level of stress hormones (mg% adrenaline) in the larvae of *Henosepilachna vigintioctomaculata*. The stressors included using the Belmonda potato variety, as feed and thermal exposure (pricking with a hot needle). The exposure of *Henosepilachna vigintioctomaculata* larvae to the above stressors resulted in a sharp increase in the level of stress hormones (mg% adrenaline) relative to the control 14.9 ± 1.21 and 14.53 ± 1.25 , respectively. The development of mycoses (*Beauveria bassiana*) and bacteriosis (*Bacillus thuringiensis*) in the potato ladybird leads to a gradual increase in the level of stress hormones (mg% adrenaline) in the larvae body. As the pathogenesis progresses, the level of stress hormones is maintained at a consistently high level.

Keywords: stress hormones, twenty-eight-spotted potato ladybird, stress, mycoses, Primorsky Krai

Введение

Стрессовая реакция, обусловленная нейроэндокринными процессами организма, универсальна и возникает в ответ на стимулы от неблагоприятных воздействий различной природы (Еремина, Грунтенко 2017). В общебиологическом плане стресс-реакция сформировалась в процессе эволюции как необходимое неспецифическое звено более сложного целостного механизма адаптации.

По мнению Г. Селье, стрессор — всякое достаточное сильное (не обязательно экстремальное) воздействие: тепло, холод, эмоциональное воздействие, болевые раздражения, голодание, интоксикация и т. д. (Селье 1979). Автор также отмечал, что в динамике комплекса неспецифических защитно-приспособительных реакций в качестве ответа на стрессовое воздействие

закономерно прослеживаются три стадии («триада Селье»): 1) реакция тревоги, 2) стадия резистентности, 3) стадия истощения (Селье 1979; Еремина, Грунтенко 2017).

Гормоны стресса выделяются в гемолимфу, оказывая определенный физиологический эффект на нервную систему, что способствует смене периода гиперактивности состоянием прострации (Вилкова 1993; Шпирная и др. 2006). Одновременно с этим гормоны стресса насекомых участвуют в регуляции углеводного обмена, контролируя распад гликогена через образование циклического аденозин-3',5'-фосфата в мышцах, жировом теле, а также уровень свободной трегалозы в гемолимфе насекомого (Вилкова 1993; Шпирная и др. 2006; Мацишина и др. 2023). Кроме того, гормоны стресса ингибируют секрецию в гемолимфу проторакотропного гормона, вследствие чего снижается титр гормона

линьки, происходит задержка развития, возникают проблемы при прохождении линек. Исследователи отмечают также резкое снижение активности эстераз ювенильных гормонов, в результате чего увеличивается аллотропная активность мозга, повышается содержание ювенильных гормонов и насекомые не могут пройти личиночно-имагинальную линьку, либо имаго становятся уродливыми, часто бескрылыми и имеющими куколочное строение брюшка (Селезнёв, Раушенбах 2003).

Ранее нами было установлено, что питание на устойчивых сортах приводит к повышению уровня гормонов стресса у картофельной коровки (Matsishina et al. 2023). Однако вызывало сомнение, не влияют ли на физиологическую реакцию организма фитофага стрессы иного генеза (абиотические и биотические). Это определило цель нашего исследования. Данная работа посвящена изучению уровня гормонов стресса в теле личинок картофельной коровки при воздействии стрессоров различного генеза.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились на личинках картофельной коровки *Henosepilachna vigintioctomaculata* Motschulsky, 1858 (Coleoptera: Coccinellidae), воспитываемых в лабораторной колонии. Принципы создания лабораторной колонии описаны в других наших исследованиях (Мацешина и др. 2021).

Дизайн многофакторного эксперимента использован по Е. А. Чертковой и соавторам в нашей модификации: в схему эксперимента добавлены контроль 1 (обработка дистиллированной водой) и контроль 2 (питание на устойчивом сорте картофеля Belmonda) (Черткова и др. 2016). Опытные образцы содержались на листьях сорта картофеля Смак, который в наших исследованиях показал отсутствие какого-либо негативного воздействия на картофельную коровку (Matsishina et al. 2023).

Для количественного определения содержания адреналина у картофельной ко-

ровки пользовались методом Б. С. Ронина (Ронин, Старобинец 1989), модифицированным для работы с личинками и имаго насекомых (Вилкова 1993; Шпирная и др. 2006; Matsishina et al. 2023; Мацешина и др. 2023), выборка — 350 шт.

Данные в тексте представлены как среднее арифметическое \pm SD. Для анализа использована программа PAST v.3.17 (Караказьян, Уразаева 2020).

Результаты и их обсуждение

Экстремальное повышение уровня гормонов стресса ($\text{мг}\%$ адреналина) зафиксировано в варианте с ожогом раскаленной иглой. В первые сутки после ожога показатель уровня гормонов стресса превысил в 12,7 раза контроль 1 (обработка водой) и был достоверно равен показателю контроля 2 (питание на листьях сорта Belmonda), составив $14,53 \pm 1,25$ и $14,9 \pm 1,21$ соответственно. Перегрев и переохлаждение приводили к повышению уровня гормонов стресса ($\text{мг}\%$ адреналина), однако адаптация картофельной коровки к колебаниям муссонного климата Приморского края нивелировала данные воздействия, вследствие чего уровень гормонов стресса на третьи сутки даже незначительно снижался (рис. 1) (Ermak et al. 2022).

При инфицировании личинок картофельной коровки бактериями *Bacillus thuringiensis* было отмечено увеличение уровня гормонов стресса по отношению к контролю 1 (обработка водой), однако в сравнении с контролем 2 (питание на устойчивом сорте Belmonda) этот стрессор оказался самым слабым. Заражение *Beauveria bassiana* также приводило к увеличению уровня гормонов стресса относительно контроля 1 (обработка водой), причем воздействие стрессора оставалось стабильным, что указывает на развитие патогенеза микоза. На третьи сутки коровки, зараженные спорами *B. Bassiana*, теряли подвижность и прекращали питаться. При этом уровень гормонов стресса в данном варианте эксперимента был ниже, чем в контроле 2 (питание на устойчивом сорте Belmonda), в 1,62 раза.

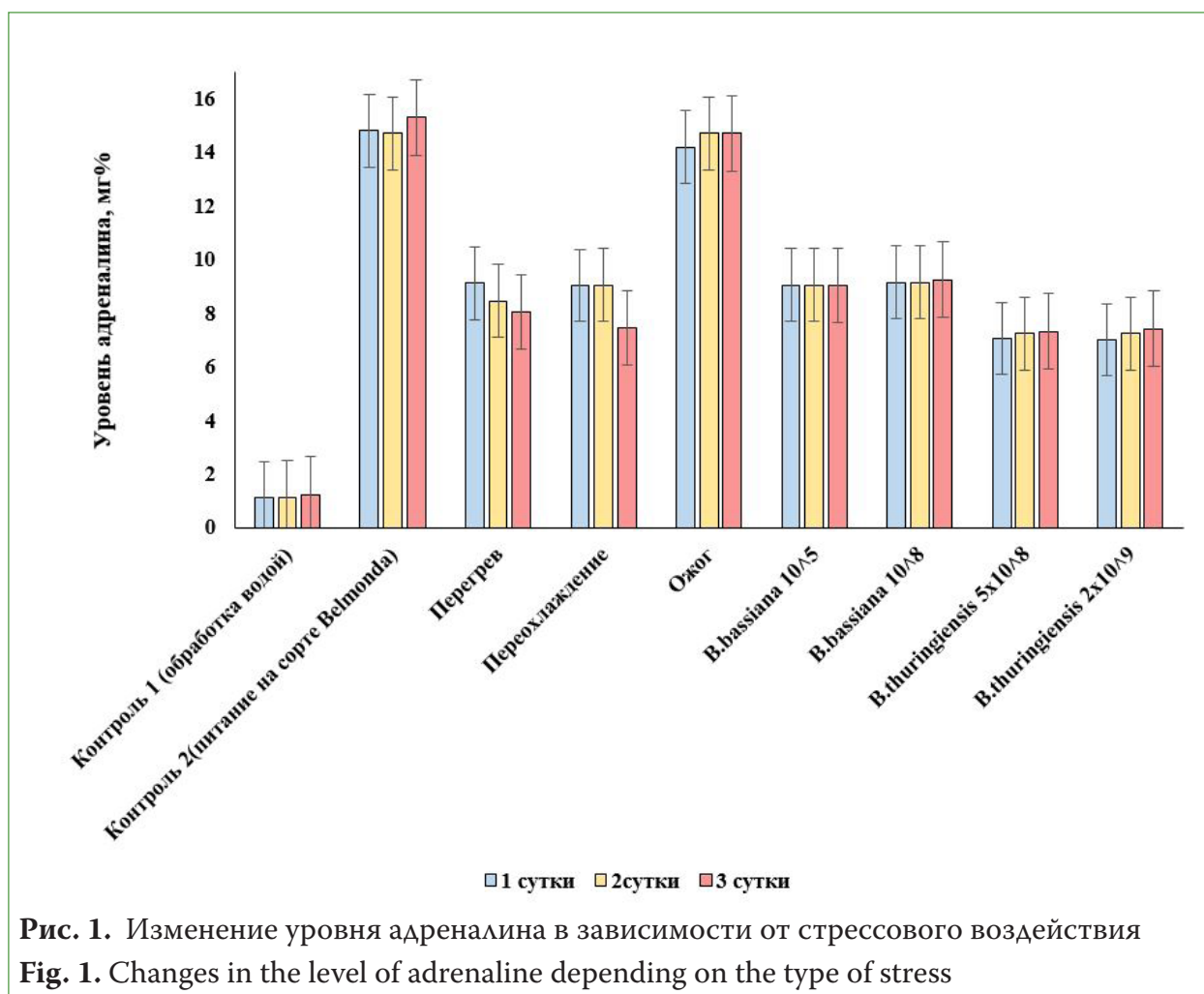


Рис. 1. Изменение уровня адреналина в зависимости от стрессового воздействия
Fig. 1. Changes in the level of adrenaline depending on the type of stress

Сопоставимые результаты были получены в работе Е. А. Чертковой для колорадского жука (Черткова и др. 2016). Однако в работе коллег не указано, на листьях какого сорта картофеля содержались личинки в процессе эксперимента, и в результатах нет поправки на стрессовое воздействие кормового растения. Тем не менее, при заражении личинок колорадского жука энтомопатогенным грибом *B. bassiana* отмечалось достоверное повышение титра дофамина в гемолимфе. Поскольку дофамин является предшественником норадреналина в метаболических путях, это напрямую свидетельствует о стрессовом воздействии энтомопатогенов на организм насекомого и отчасти подтверждает наши результаты (Замощина 2006).

Необходимо обратить внимание на то, что питание на устойчивом сорте картофеля по силе стрессового воздействия оказалось сопоставимо с ожогом. Это указыва-

ет на важное значение пищевого фактора для популяции двадцативосьмипятнистой картофельной коровки. Пища служит не только единственным источником энергии, но также и единственным источником пластического обеспечения, поэтому нельзя забывать, что возможность самой жизни отдельных организмов, процветание вида и нормы его реакций в первую очередь зависят от суммы энергетического и пластического обеспечения. Всё указывает на доминирующее положение пищевых связей (Bala et al. 2018; Маццишина и др. 2023; Matsishina et al. 2023). У фитофагов при питании на устойчивых сортах сельскохозяйственных культур наблюдается нарушение пищевого поведения, увеличиваются энергозатраты на поиски мест питания, захвата и утилизации пищи, снижаются выживаемость, масса особей и их плодовитость, меняются фракционный состав липидов и соотношение жирных кислот, динамика

накопления гликогена, активность окислительных и пищеварительных ферментов (Wilson et al. 2019). Всё это делает сорта картофеля удобным модельным объектом для изучения влияния пищевого фактора на популяцию фитофагов в целом и картофельной коровки в частности.

Заключение

При термическом воздействии на картофельную коровку выявлено резкое повышение уровня гормонов стресса. Воздействия низкими и высокими температурами вызывали сравнимо низкую

стрессовую реакцию. Таким образом, на примере картофельной коровки показано, что пищевой ресурс выступает как стресс-фактор, по силе воздействия на организм насекомого сравнимый с термическим ожогом.

Финансирование

Исследование выполнено в рамках государственного задания FNGW-2022-0007.

Funding

The research was carried out within the framework of the State Task FNGW-2022-0007.

Литература

- Вилкова, Н. А. (ред.). (1993) *Методические рекомендации по изучению и оценке форм картофеля на устойчивость к колорадскому жуку*. М.: ВИЗР, 47 с.
- Еремина, М. А., Грунтенко, Н. Е. (2017) Нейроэндокринная стресс-реакция насекомых: история развития концепции. *Вавиловский журнал генетики и селекции*, т. 21, № 7, с. 825–832. <https://doi.org/10.18699/VJ17.302>
- Замощина, Т. А. (2006) *Основы межклеточной сигнализации. Простаноиды и регуляторные пептиды*. Томск: Изд-во Томского государственного университета, 163 с.
- Караказьян, С. А., Уразаева, Л. Ю. (2020) Возможности обработки данных с помощью программного продукта RAST. *Наукосфера*, № 11–2, с. 185–191.
- Мацшина, Н. В., Ермак, М. В., Фисенко, П. В. и др. (2023) Роль факторов иммунитета картофеля в формировании трофических реакций *Henosepilachna vigintioctomaculata* Motschulsky, 1858. *Амурский зоологический журнал*, т. 15, № 3, с. 623–636. <https://doi.org/10.33910/2686-9519-2023-15-3-623-636>
- Мацшина, Н. В., Фисенко, П. В., Ермак, М. В. и др. (2021) Пища как фактор плодовитости, продолжительности развития и изменения морфометрических показателей у *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Motschulsky). *Овощи России*, № 5, с. 81–88. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-5-81-88>
- Ронин, Б. С., Старобинец, Г. М. (1989) *Руководство к практическим занятиям по методам клинических лабораторных исследований*. М.: Медицина, 320 с.
- Селезнёв, К. В., Раушенбах, И. Ю. (2003) Гипотеза паразитарного стресса при заражении насекомых микроспоридиями. *Паразитология*, т. 37, № 4, с. 316–322.
- Селье, Г. (1979) *Стресс без дистресса*. М.: Прогресс, 128 с.
- Черткова, Е. А., Дубовский, И. М., Ярославцева, О. Н. и др. (2016) Изменение уровня дофамина в гемолимфе личинок капустной совки *Mamestra brassicae* L. (Lepidoptera: Noctuidae) и колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae) при различных патогенезах. *Евразийский энтомологический журнал*, т. 15, № 1, с. 60–67.
- Шпирная, И. А., Ибрагимов, Р. И., Шевченко, Н. Д. (2006) Протеолитическая активность экстракта личинок колорадского жука. В кн.: *Биология — наука XXI века. 10-я Пушчинская школа-конференция молодых ученых (Пушино, 17–21 апреля 2006 г.)*. Пушино: Экспресс, с. 103.
- Bala, K, Sood, A. K., Pathania, V. S., Thakur, S. (2018) Effect of plant nutrition in insect pest management: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, vol. 7, no. 4, pp. 2737–2742.
- Ermak, M. V., Matsishina, N. V., Fisenko, P. V. (2022) Phenology of the 28-spotted potato ladybird beetle *Henosepilachna vigintioctomaculata* in the south of the Russian Far East. *Vegetable Crops of Russia*, no. 3, pp. 62–70. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-3-62-70>
- Matsishina, N. V., Ermak, M. V., Kim, I. V., Fisenko, P. V., Sobko, O. A., Klykov, A. G., Emelyanov, A. N. (2023) Allelochemical interactions in the trophic system “*Henosepilachna vigintioctomaculata* Motschulsky-*Solanum tuberosum* Linneus”. *Insects*, vol. 14, no. 5, p. 459. <http://dx.doi.org/10.3390/insects14050459>
- Wilson, J. K., Ruiz, L., Duarte, J., Davidowitz, G. (2019) The nutritional landscape of host plants for a specialist insect herbivore. *Ecology and Evolution*, vol. 9, no. 23, pp. 13104–13113. <https://doi.org/10.1002/ece3.5730>

References

- Bala, K., Sood, A. K., Pathania, V. S., Thakur, S. (2018) Effect of plant nutrition in insect pest management: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, vol. 7, no. 4, pp. 2737–2742. (In English)
- Chertkova, E. A., Dubovskiy, I. M., Yaroslavtseva, O. N. et al. (2016) Changes in the dopamine levels of hemolymph of cabbage armyworm *Mamestra brassicae* L. (Lepidoptera: Noctuidae) and Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae) at various pathogenesis. *Eurasian Entomological Journal*, vol. 15, no. 1. pp. 60–67. (In Russian)
- Eremina, M. A., Gruntenko, N. E. (2017) Nejroendokrinnaya stress-reaktsiya nasekomykh: istoriya razvitiya kontseptsii [The neuroendocrine stress-response in insects: The history of the development of the concept]. *Vavilovskij zhurnal genetiki i seleksii — Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, vol. 21, no. 7, pp. 825–832. <https://doi.org/10.18699/VJ17.302> (In Russian)
- Ermak, M. V., Matsishina, N. V., Fisenko, P. V. (2022) Phenology of the 28-spotted potato ladybird beetle *Henosepilachna vigintioctomaculata* in the south of the Russian Far East. *Vegetable Crops of Russia*, no. 3, pp. 62–70. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-3-62-70> (In English)
- Karakazyan, S. A., Urazaeva, L. Yu. (2020) Vozmozhnosti obrabotki dannykh s pomoshch'yu programmogo produkta PAST [Data processing by using PAST]. *Naukosfera — Naukosphere*, no. 11-2, pp. 185–191. (In Russian).
- Matsishina, N. V., Ermak, M. V., Fisenko, P. V. et al. (2023) Rol' faktorov immuniteta kartofelya v formirovanii troficheskikh reaksij *Henosepilachna vigintioctomaculata* Motschulsky, 1858 [The role of potato immunity factors in the formation of trophic reactions of *Henosepilachna vigintioctomaculata* Motschulsky, 1858]. *Amurskij zoologicheskij zhurnal — Amurian Zoological Journal*, vol. 15, no. 3, pp. 623–636. <https://doi.org/10.33910/2686-9519-2023-15-3-623-636> (In Russian)
- Matsishina, N. V., Ermak, M. V., Kim, I. V., Fisenko, P. V., Sobko, O. A., Klykov, A. G., Emelyanov, A. N. (2023) Allelochemical interactions in the trophic system “*Henosepilachna vigintioctomaculata* Motschulsky-*Solanum tuberosum* Linneus”. *Insects*, vol. 14, no. 5, p. 459. <http://dx.doi.org/10.3390/insects14050459> (In English)
- Matsishina, N. V., Fisenko, P. V., Ermak, M. V. et al. (2021) Pishcha kak faktor plodovitosti, prodolzhitel'nosti razvitiya i izmeneniya morfometricheskikh pokazatelej u *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Motschulsky) [Food as a factor of fertility, development duration, and changes in morphometric parameters in *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Motschulsky)]. *Ovoshchi Rossii — Vegetables Crops of Russia*, no. 5. pp. 81–88. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-5-81-88> (In Russian)
- Ronin, B. S., Starobinets, G. M. (1989) *Rukovodstvo k prakticheskim zanyatiyam po metodikam klinicheskikh laboratornykh issledovanij [Guide to practical exercises on methods clinical laboratory tests]*. Moscow: Meditsina Publ., 320 p. (In Russian)
- Seleznev, K. V., Rauschenbakh, I. Yu. (2003) Gipoteza parazitarnogo stressa pri zarazhenii nasekomykh mikrosporidiyami [Hypothesis of parasitic stress caused by microsporidiosis of insects]. *Parazitologiya*, vol. 37, no. 4, pp. 316–23. (In Russian)
- Selye, H. (1979) *Stress bez distressa [Stress without distress]*. Moscow: Progress Publ., 128 p. (In Russian)
- Shpirnaya, I. A., Ibragimov, R. I., Shevchenko, N. D. (2006) Proteoliticheskaya aktivnost' ekstrakta lichinok koloradskogo zhuka [Proteolytic activity of Colorado potato beetle larvae extract]. In: *Biologiya — nauka XXI veka. 10-ya Pushchinskaya shkola-konferentsiya molodykh uchenykh (Pushchino, 17–21 aprelya 2006 g.) [Biology — science of the XXI century. 10th Pushchino School-Conference of Young Scientists (Pushchino, April 17–21, 2006)]*. Pushchino: ExPress Publ., p. 103. (In Russian)
- Vilkova, N. A. (ed.). (1993) *Metodicheskie rekomendatsii po izucheniyu i otsenke form kartofelya na ustojchivost' k koloradskomu zhuku*. Moscow: VIZR Publ., 47 p. (In Russian)
- Wilson, J. K., Ruiz, L., Duarte, J., Davidowitz, G. (2019) The nutritional landscape of host plants for a specialist insect herbivore. *Ecology and Evolution*, vol. 9, no. 23, pp. 13104–13113. <https://doi.org/10.1002/ece3.5730> (In English)
- Zamoshchina, T. A. (2006) *Osnovy mezhkletchnoj signalizatsii. Prostanoidy i reguljatornye peptidy*. Tomsk: NTL Publ., 163 p. (In Russian)

Для цитирования: Ермак, М. В., Мацишина, Н. В., Собко, О. А., Фисенко, П. В. (2024) Изменение уровня гормонов стресса в теле личинок картофельной коровки *Henosepilachna vigintioctomaculata* Motschulsky, 1858 (Coleoptera: Coccinellidae) в ответ на стрессоры различного генеза. *Амурский зоологический журнал*, т. XVI, № 1, с. 97–102. <https://www.doi.org/10.33910/2686-9519-2024-16-1-97-102>

Получена 19 января 2024; прошла рецензирование 13 февраля 2024; принята 19 февраля 2024.

For citation: Ermak, M. V., Matsishina, N. V., Sobko, O. A., Fisenko, P. V. (2024) Changes in stress hormones in potato ladybird larvae *Henosepilachna vigintioctomaculata* Motschulsky, 1858 (Coleoptera: Coccinellidae) depending on the type of stress. *Amurian Zoological Journal*, vol. XVI, no. 1, pp. 97–102. <https://www.doi.org/10.33910/2686-9519-2024-16-1-97-102>

Received 19 January 2024; reviewed 13 February 2024; accepted 19 February 2024.