

Алина Райханжановна Нурисламова¹, Анна Григорьевна Кинарейкина²,
Лиана Януровна Янгирова³, Ксения Сергеевна Крестоношина⁴, Ксения Юрьевна Маслакова⁵,
Анастасия Дмитриевна Мельничук⁶, Елена Анатольевна Силиванова⁷✉

1,2,3,4,5,6,7Всероссийский НИИ ветеринарной энтомологии и арахнологии – филиал ФИЦ Тюменского
научного центра СО РАН, Тюмень, Россия

¹lfeltnvbh@mail.ru

²kinareickina@yandex.ru

³lianayangirova137@gmail.com

⁴krutko.k.s@hotmail.com

⁵k.y.maslakova@gmail.com

⁶melnichukad1999@gmail.com

⁷syivanovaea@mail.ru

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ТОКСИЧНОСТЬ ХЛОРФЕНАПИРА ДЛЯ ИМАГО *MUSCA DOMESTICA* РАЗНЫХ ЛИНИЙ

Цель исследования – сравнение токсичности хлорфенапира для *M. domestica* разных линий, в т. ч. и природной популяции, обитающей в Тюменской области. Задачи: установление чувствительности к хлорфенапиру данных линий путем расчета летальных концентраций и показателя резистентности. Объекты исследования – особи двух лабораторных линий (Lab TY и Lab UF), ранее не подвергавшихся воздействию инсектицидами, и природная популяция Nik. Линия Lab TY была получена из Новосибирского аграрного университета в 2009 г., линия Lab UF – из Института биохимии и генетики УФИЦ РАН в 2023 г. Особи природной популяции Nik были отловлены в мае – сентябре 2023 г. в животноводческих помещениях Сладковского района Тюменской области. Оценку контактно-кишечного действия инсектицида («Пирафен», КЭ, д. в. хлорфенапир, 360 г/л) для *M. domestica* осуществляли методом группового кормления мух. Эксперимент проводился в лабораторных условиях, где насекомые были подвергнуты воздействию хлорфенапира различных концентраций. Учет гибели насекомых проводили через 24; 48 и 72 ч после воздействия инсектицидом. Насекомых, неспособных к передвижению и полету, относили к погибшим. Результаты токсикологических опытов анализировали методом пробит-анализа для расчета летальных концентраций (ЛК5, ЛК50, ЛК95 – концентрации, при которых погибает соответственно 5; 50; 95 % подопытных насекомых) с использованием бесплатной версии программы. Отличия двух величин ЛК считали статистически значимыми, если соответствующие 95 %-е доверительные интервалы не перекрывались. Имаго обеих лабораторных линий были близки по чувствительности к инсектициду хлорфенапиру. Особи природной популяции оказались высокочувствительны к хлорфенапиру, что свидетельствует о перспективности применения препаратов на его основе в сфере ветеринарной дезинсекции.

Ключевые слова: инсектицид, токсическое воздействие, хлорфенапир, природная популяция *Musca domestica*, имаго, *Musca domestica*

Для цитирования: Сравнительная токсичность хлорфенапира для имаго *Musca domestica* разных линий / А.Р. Нурисламова [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2024. № 12. С. 113–120. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-12-113-120.

Благодарности: работа выполнена Всероссийским научно-исследовательским институтом ветеринарной энтомологии и арахнологии ТюмНЦ СО РАН в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № FWRZ-2022-0022).

Alina Raikhanzhanovna Nurislamova¹, Anna Grigorievna Kinareikina², Liana Yanurovna Yangirova³, Ksenia Sergeevna Krestonoshina⁴, Ksenia Yuryevna Maslakova⁵, Anastasia Dmitrievna Melnichuk⁶, Elena Anatolyevna Silivanova⁷

^{1,2,3,4,5,6,7}All-Russian Research Institute of Veterinary Entomology and Arachnology – branch of the FRC of the Tyumen Scientific Center of the SB RAS, Tyumen, Russia

¹lfeltnvbh@mail.ru

²kinareickina@yandex.ru

³lianayangirova137@gmail.com

⁴krutko.k.s@hotmail.com

⁵k.y.maslakova@gmail.com

⁶melnichukad1999@gmail.com

⁷silivanovaea@mail.ru

COMPARATIVE TOXICITY OF CHLORPHENAPYR TO *MUSCA DOMESTICA* ADULTS OF DIFFERENT LINES

The aim of the study is to compare the toxicity of chlorfenapyr for M. domestica of different lines, including the natural population living in the Tyumen Region. Objectives: to establish the sensitivity of these lines to chlorfenapyr by calculating lethal concentrations and the resistance index. The objects of the study are individuals of two laboratory lines (Lab TY and Lab UF), previously not exposed to insecticides, and the natural population Nik. The Lab TY line was obtained from the Novosibirsk Agrarian University in 2009, the Lab UF line – from the Institute of Biochemistry and Genetics of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences in 2023. Individuals of the natural population Nik were caught in May – September 2023 in livestock buildings in the Sladkovsky District of the Tyumen Region. The contact-intestinal action of the insecticide (Pirafen, EC, active ingredient chlorfenapyr, 360 g/l) on M. domestica was assessed using the group feeding method. The experiment was conducted in laboratory conditions, where the insects were exposed to chlorfenapyr in various concentrations. The mortality of insects was recorded 24, 48, and 72 hours after exposure to the insecticide. Insects unable to move and fly were considered dead. The results of toxicological tests were analyzed by probit analysis to calculate lethal concentrations (LC5, LC50, LC95 – concentrations at which 5; 50; 95 % of the experimental insects die, respectively) using the free version of the program. Differences in two LC values were considered statistically significant if the corresponding 95 % confidence intervals did not overlap. Imagoes of both laboratory lines were similar in sensitivity to the insecticide chlorfenapyr. Individuals of the natural population were highly sensitive to chlorfenapyr, which indicates the prospects for using preparations based on it in the field of veterinary disinsection.

Keywords: insecticide, toxic effect, chlorfenapyr, natural population of *Musca domestica*, imago, *Musca domestica*

For citation: Comparative toxicity of chlorphenapyr to *Musca domestica* adults of different lines / A.R. Nurislamova [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2024;(12): 113–120 (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2024-12-113-120.

Acknowledgments: research was carried out by the All-Russian Research Institute of Veterinary Entomology and Arachnology of the Tyumen Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (topic № FWRZ-2022-0022).

Введение. Комнатная муха *Musca domestica* (Diptera:Muscidae) относится к насекомым, имеющим большое ветеринарное значение в силу способности механически переносить патогены человека и животных [1]. Дезинсекционные мероприятия против мух в животноводстве и птицеводстве, как правило, проводятся химическим методом, основанным на использовании хи-

мических препаратов [2]. Инсектицидная эффективность препаратов против *M. domestica* может снижаться из-за развития устойчивости у насекомых, что фиксируется в отношении природных популяций в России и во всем мире [3, 4].

Препараты на основе хлорфенапира (особенно в форме приманок) считаются эффективными средствами для снижения численности резистентных популяций насекомых [5–7], однако даже к данному соединению насекомые могут развивать устойчивость [8, 9]. Учитывая сказанное, для обеспечения эффективной дезинсекции важно иметь информацию о восприимчивости популяций *M. domestica*, обитающих на территории птицеводческих и животноводческих хозяйств, не только к традиционным препаратам, но и тем, которые планируются к внедрению.

Цель исследования – сравнение токсичности хлорфенапира для *M. domestica* разных линий, в т. ч. и природной популяции, обитающей в Тюменской области.

Задачи: установление чувствительности к хлорфенапиру данных линий путем расчета летальных концентраций и показателя резистентности.

Объекты и методы. Объектом исследования служили взрослые особи 3–5-дневного возраста комнатной мухи *Musca domestica* L. двух лабораторных линий Lab TY и Lab UF, не подвергавшихся воздействию инсектицидами, и природной популяции Nik. Линия Lab TY была получена из Новосибирского аграрного университета в 2009 г., линия Lab UF – из Института биохимии и генетики УФИЦ РАН в 2023 г. Особи природной популяции Nik были отловлены в мае-сентябре 2023 г. в животноводческих помещениях Сладковского района Тюменской области. Оценку контактно-кишечного действия инсектицида (Пирафен КЭ, д.в. хлорфенапир, 360 г/л) для *M. domestica* осуществляли методом группового кормления мух [10]. Учет гибели насекомых проводили через 24; 48 ч и 72 ч после воздействия инсектицидом. Насекомых, неспособных к передвижению и полету, относили к погибшим. Результаты токсикологических опытов анализировали методом пробит-анализа для расчета летальных концентраций (ЛК5, ЛК50, ЛК95 – концентрации, при которых погибает соответственно 5; 50; 95 % подопытных насекомых) с использованием бесплатной вер-

сии программы [11]. Отличия двух величин ЛК считали статистически значимыми, если соответствующие 95 %-е доверительные интервалы не перекрывались.

Результаты и их обсуждение. На рисунке 1 представлены данные по гибели насекомых после инсектицидного воздействия. Видно, что смертность насекомых зависела от концентрации инсектицида для всех трех линий. Особи природной популяции Nik оказались более чувствительны к инсектициду в сравнении с особями лабораторных линий. Так, при учете через 72 ч все самки и самцы природной популяции погибли при использовании концентрации хлорфенапира 6 мкг/г сахара, а в случае особей лабораторных линий 100 %-я смертность самок достигалась при использовании концентраций 12 мкг/г сахара (Lab TY) и 48 мкг/г сахара (Lab UF). Расчеты летальных концентраций и показателя резистентности (ПР) также подтверждают более высокую чувствительность к хлорфенапиру насекомых природной популяций (табл.).

Как видно из данных в таблице, величины полулетальных концентраций (ЛК50) хлорфенапира для обеих лабораторных линий при учете через 48 ч и 72 ч статистически значимо не отличались. Вместе с тем, ЛК95 для имаго обеих полов линии Lab UF оказалась в 3–10 раз статистически значимо выше, чем для особей линии TY. Ожидаемо токсичность хлорфенапира для самцов была выше, чем для самок. Значения полулетальной концентрации при учете через 72 ч после воздействия были статистически значимо ниже в 2,4 и в 2,8 раза для самцов, чем для самок линий Lab TY и UF соответственно, однако в случае природной популяции таких отличий обнаружить не удалось (табл.).

Известно, что токсический эффект инсектицидов на насекомых может зависеть от их массы. Например, снижение чувствительности к пиретроидам у комнатной мухи может сопровождаться увеличением массы тела [12]. В нашем исследовании средняя масса одного самца была меньше средней массы самки (рис. 2) и возможно поэтому хлорфенапир был более токсичен для самцов. Однако, в случае природной популяции токсичность хлорфенапира для имаго разного пола (если судить по величине ЛК50 через 72 ч) была одинакова несмотря на отличия средней массы самок и самцов.

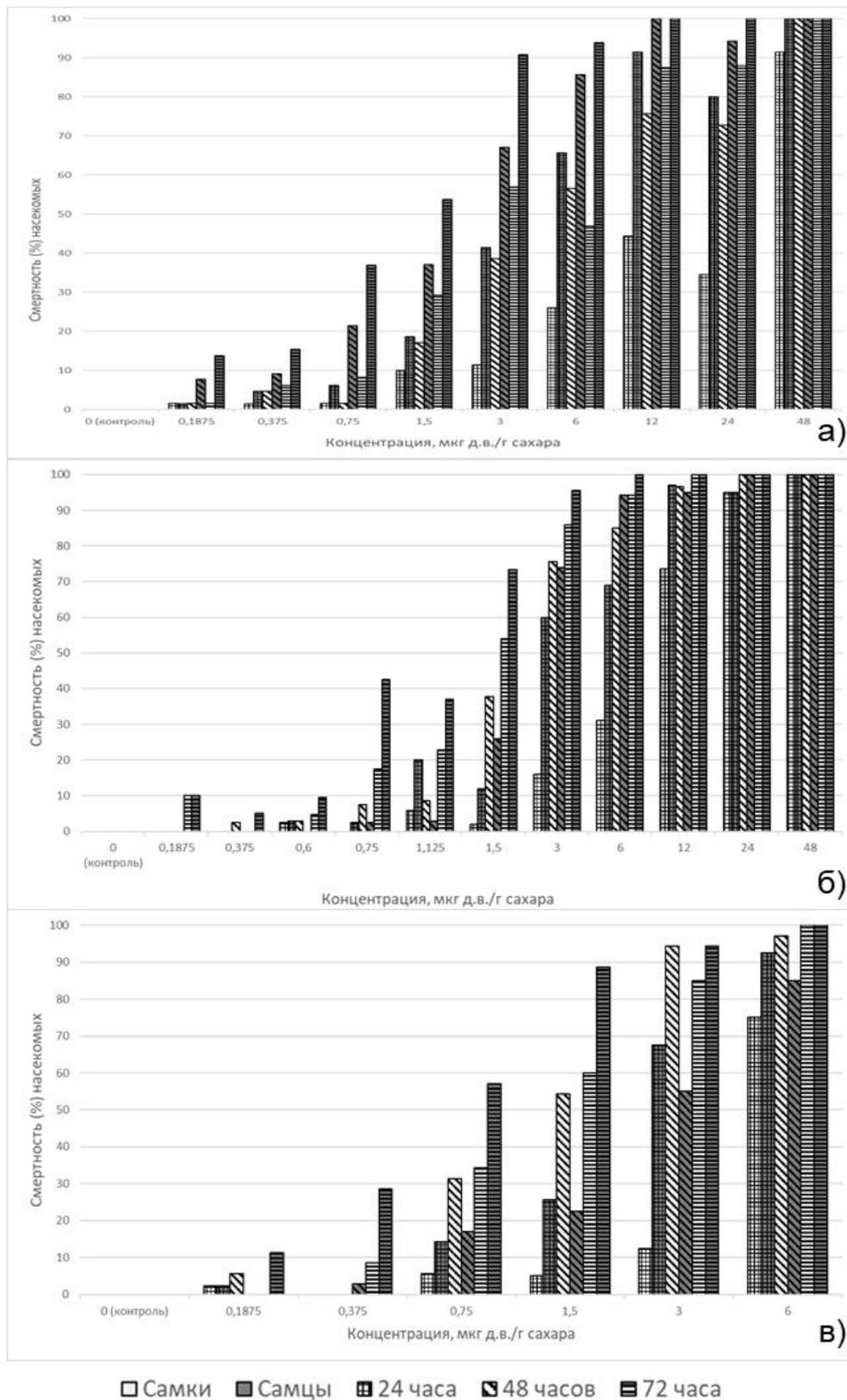


Рис. 1. Смертность насекомых после инсектицидного воздействия в зависимости от концентрации хлорфенапира (Пирафен КЭ, 360 г/л) и времени наблюдения для имаго *Musca domestica* лабораторных линий Lab UF (а) и Lab TY (б) и природной популяции Nik (в), %

Параметры токсичности хлорфенапира (Пирафен КЭ, 360 г/л) для имаго *Musca domestica* разных линий

Линия	Пол	Время, ч	ЛК5 (СІ, 95 %), мкг д.в./г сахара	ЛК50 (СІ, 95%), мкг д.в./г сахара	ЛК95 (СІ, 95%), мкг д.в./г сахара	Slope ± SE	χ^2	df	ПР
Lab TY	Самки	24	1,082 (0,740–1,581)	6,633 (4,538–9,694)	40,66 (27,82–59,43)	2,305±0,084	0,337	5	–
		48	0,811 (0,582–1,129)	3,897 (2,798–5,428)	18,73 (13,45–26,09)	2,613±0,073	0,712	6	–
		72	0,580 (0,426–0,788)	2,362 (1,738–3,210)	9,630 (7,087–13,08)	2,755±0,068	0,716	6	–
	Самцы	24	0,808 (0,607–1,075)	2,848 (2,141–3,789)#	16,93 (12,73–22,52)#	3,358±0,063	0,460	4	–
		48	0,146 (0,105–0,203)#	1,330 (0,957–1,848)#	12,12 (8,725–16,85)	2,264±0,073	0,011	5	–
		72	0,162 (0,121–0,215)#	0,974 (0,732–1,298)#	5,878 (4,415–7,826)	2,719±0,063	0,047	5	–
Lab UF	Самки	24	0,789 (0,443–1,405)	18,191 (10,21–32,41)*	419,6 (235,5–747,6)*	1,329±0,128	0,536	7	2,7
		48	0,464 (0,284–0,758)	6,152 (3,763–10,058)	81,64 (49,93–133,48)*	1,532±0,109	0,539	6	1,6
		72	0,363 (0,228–0,578)	3,776 (2,371–6,013)	39,25 (24,65–62,51)*	1,638±0,103	0,719	6	1,6
	Самцы	24	0,421 (0,263–0,672)	4,394 (2,748–7,024)#	45,90 (28,71–73,39)#	1,692±0,104	0,921	6	1,5
		48	0,216 (0,136–0,345)	2,426 (0,521–3,870)	27,19 (17,04–43,37)#	1,666±0,103	0,953	6	1,8
		72	0,094 (0,056–0,158)#	1,363 (0,812–2,289)#	19,72 (11,75–33,13)*	1,534±0,115	0,759	5	1,4
Nik	Самки	24	0,419 (0,211–0,832)	8,177 (4,119–16,23)	159,6 (80,38–316,9)*	1,428±0,152	0,007	3	1,2
		48	0,308 (0,203–0,467)	1,908 (1,257–2,896)	11,84 (7,801–17,97)	2,186±0,092	0,187	3	0,5
		72	0,172 (0,109–0,274)	1,373 (0,865–2,180)	10,94 (6,893–17,37)	1,840±0,102	0,192	3	0,6
	Самцы	24	0,494 (0,325–0,750)	2,649 (1,745–4,019)#	14,19 (9,351–21,53)#	2,296±0,092	0,004	2	0,9
		48	0,276 (0,192–0,398)	1,178 (0,818–1,698)	5,028 (3,489–7,246)*	2,614±0,081	0,671	2	0,9
		72	0,065 (0,038–0,111)	0,810 (0,476–1,377)	10,02 (5,892–17,04)	1,535±0,118	0,096	2	0,8

Примечание: ЛК5, ЛК50, ЛК95 – концентрации инсектицида, при которых погибает соответственно 5; 50; 95 % насекомых; СІ, 95 % – 95 % доверительный интервал; Slope – характеристика линии регрессии, характеризующая угол наклона; SE – стандартная ошибка; χ^2 – критерий хи-квадрат; df – число степеней свободы; ПР – показатель резистентности, рассчитан как отношение ЛК50 исследуемой линии к ЛК50 чувствительной линии (Lab TY); (*) – отличия статистически значимы по сравнению с аналогичным показателем линии Lab TY, p < 0,05; # – отличия статистически значимы по сравнению с аналогичным показателем самок той же линии, p < 0,05.

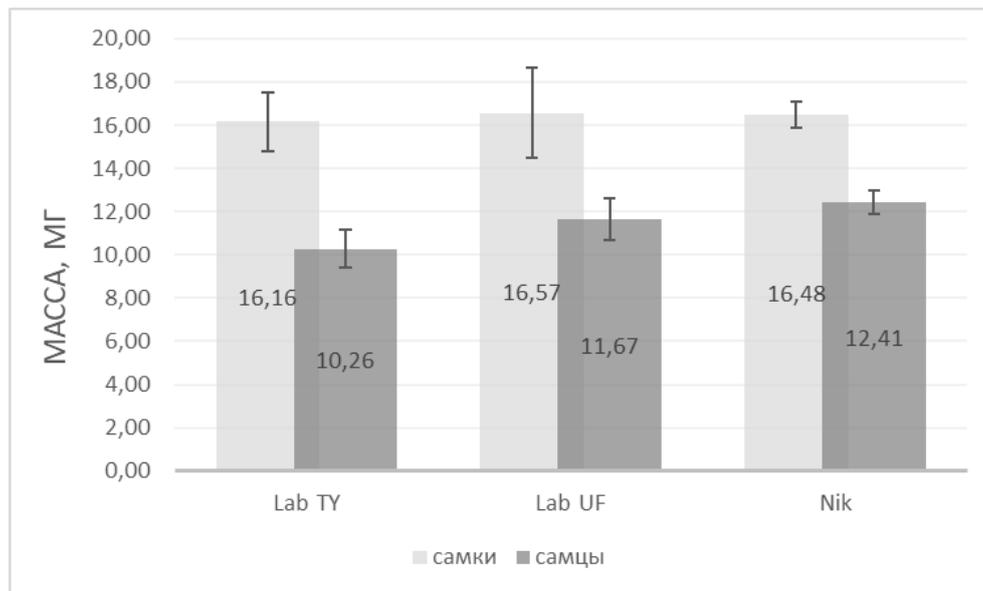


Рис. 2. Средняя масса одной особи имаго *Musca domestica* лабораторных линий и природной популяции ($m \pm SD$, мг)

В целом изученную природную популяцию *Musca domestica* можно считать не имеющей толерантности к препаратам на основе хлорфенапира, поскольку значения показателя резистентности при учете через 72 ч составили 0,6 и 0,8 для самок и самцов соответственно. Согласно шкале уровней резистентности при ПР ≤ 1 и ПР = 1–2 насекомые считаются высокочувствительными и чувствительными к инсектициду [10]. Полученные результаты сопоставимы с данными других исследований. Так, ПР для имаго природной популяции *M. domestica*, собранной в Тюменском районе Тюменской области составил 0,8 и 1,1 через 24 и 48 ч соответственно [13]. Комнатные мухи из Московской (Красногорск) и Калужской (Калуга) областей также были высокочувствительны к хлорфенапиру: ПР при учете через 72 ч составил 0,25 и 0,33 соответственно [3].

Заключение. По результатам токсикологических опытов было установлено, что имаго исследованных лабораторных линий *Musca domestica* близки по чувствительности к инсектициду хлорфенапиру. Учитывая собственные результаты и литературные данные можно заключить, что комнатные мухи природных популяций чувствительны к хлорфенапиру, в связи с чем в ветеринарной дезинсекции против *Musca domestica* целесообразно применение препаратов на его основе.

Список источников

1. A systematic review of human pathogens carried by the housefly (*Musca domestica* L.) / F. Khamesipour [et al.] // BMC Public Health. 2018. № 18 (1):1049.
2. Методические рекомендации по дезинсекции и деакаризации животноводческих объектов ветеринарно-санитарного надзора / Г.С. Сивков [и др.]. Тюмень, 2010. 45 с.
3. Давлианидзе Т.А., Еремина О.Ю., Олифер В.В. Резистентность к инсектицидам комнатной мухи *Musca domestica* в центре европейской части России // Вестник защиты растений. 2022. Т. 105, № 3. С. 114–121.
4. Freeman J.C., Ross D.H., Scott J.G. Insecticide resistance monitoring of house fly populations from the United States // Pesticide Biochemistry and Physiology. 2019. Vol. 158. P. 61–68.
5. Еремина О.Ю. Хлорфенапир – перспективный инсектицид из группы пирролов для борьбы с резистентными синантропными насекомыми // Пест-менеджмент. 2017. Т. 1. № 101. С. 41–49.
6. Attractive targeted sugar bait: the pyrrole insecticide chlorfenapyr and the anti-malarial pharmaceutical artemether-lumefantrine arrest *Plasmodium falciparum* development inside wild pyrethroid-resistant *Anopheles gambiae*

- s.s. mosquitoes / R.N. Guesson [et al.] // Malar. 2023. J. 22 (344).
7. Comprehensive Review of the Current Knowledge of Chlorfenapyr: Synthesis, Mode of Action, Resistance, and Environmental Toxicology / P. Huang [et al.] // Molecules. 2023. 28(22):7673.
 8. Хлорфенапир как средство борьбы с резистентными популяциями насекомых / К.С. Крестношина [и др.] // Journal of Agriculture and Environment. 2022. № 8 (28).
 9. Inheritance and Fitness of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) Resistance to Chlorfenapyr / J.E. Lima Neto [et al.] // J Econ Entomol. 2021. Vol. 114 (2). P. 875–884. DOI: 10.1093/jee/toaa299.
 10. Р 4.2.3676-20. Методы лабораторных исследований и испытаний дезинфекционных средств для оценки их эффективности и безопасности. Утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 18.12.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573820733> (дата обращения: 12.01.2024).
 11. Мекарогу А.Р. Finney's probit analysis spreadsheet calculator. 2021. URL: <https://probitanalysis.wordpress.com> (дата обращения: 21.01.24).
 12. Соколянская М.П. Токсикологическая и биохимическая характеристика процесса формирования резистентности у комнатной мухи (*Musca domestica* L.) к современным инсектицидам: автореф. ... канд. биол. наук / Всерос. науч.-исслед. ин-т защиты растений РАСХН. СПб., 2007. 21 с.
 13. Силиванова Е.А., Шуилова П.А., Левченко М.А. Чувствительность к инсектицидам и активность ферментов детоксикации у *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) природной популяции // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2020. № 12 (165). С. 102–109.
 2. Metodicheskie rekomendacii po dezinskcii i dezakarizacii zhivotnovodcheskih ob'ektov veterinarno-sanitarnogo nadzora / G.S. Sivkov [i dr.]. Tyumen', 2010. 45 s.
 3. Davlianidze T.A., Eremina O.Yu., Olifer V.V. Rezistentnost' k insekticidam komnatnoj muhi *Musca domestica* v centre evropejskoj chasti Rossii // Vestnik zaschity rastenij. 2022. T. 105, № 3. S. 114–121.
 4. Freeman J.C., Ross D.H., Scott J.G. Insecticide resistance monitoring of house fly populations from the United States // Pesticide Biochemistry and Physiology. 2019. Vol. 158. P. 61–68.
 5. Eremina O.Yu. Hlorfenapir-perspektivnyj insekticid iz gruppy pirrolov dlya bor'by s rezistentnymi sinantropnymi nasekomymi // Pestmenedzhment. 2017. T. 1. № 101. S. 41–49.
 6. Attractive targeted sugar bait: the pyrrole insecticide chlorfenapyr and the anti-malarial pharmaceutical artemether-lumefantrine arrest *Plasmodium falciparum* development inside wild pyrethroid-resistant *Anopheles gambiae* s.s. mosquitoes / R.N'Guesson [et al.] // Malar. 2023. J. 22 (344).
 7. Comprehensive Review of the Current Knowledge of Chlorfenapyr: Synthesis, Mode of Action, Resistance, and Environmental Toxicology / P. Huang [et al.] // Molecules. 2023. 28(22):7673.
 8. Hlorfenapir kak sredstvo bor'by s rezistentnymi populyაციями nasekomyh / K.S. Krestonoshina [i dr.] // Journal of Agriculture and Environment. 2022. № 8 (28).
 9. Inheritance and Fitness of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) Resistance to Chlorfenapyr / J.E. Lima Neto [et al.] // J Econ Entomol. 2021. Vol. 114 (2). P. 875–884. DOI: 10.1093/jee/toaa299.
 10. R 4.2.3676-20. Metody laboratornyh issledovanij i ispytanij dezinfekcionnyh sredstv dlya ocenki ih `effektivnosti i bezopasnosti. Utv. Federal'noj sluzhboj po nadzoru v sfere zaschity prav potrebitelej i blagopoluchiya cheloveka 18.12.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573820733> (data obrascheniya: 12.01.2024).
 11. Мекарогу А.Р. Finney's probit analysis spreadsheet calculator. 2021. URL: <https://probitanalysis.wordpress.com>

References

1. A systematic review of human pathogens carried by the housefly (*Musca domestica* L.) / F. Khamesipour [et al.] // BMC Public Health. 2018. № 18 (1):1049.

- bitanalysis.wordpress.com (data obrascheniya: 21.01.24).
12. *Sokolyanskaya M.P.* Toksikologicheskaya i biokhimičeskaya harakteristika processa formirovaniya rezistentnosti u komnatnoj muhi (*Musca domestica* L.) k sovremennym insekticidam: avtoref. ... kand. biol. nauk / Vseros. nauch.-issled. in-t zaschity rastenij RASHN. SPb., 2007. 21 s.
13. *Silivanova E.A., Shumilova P.A., Levchenko M.A.* Chuvstvitel'nost' k insekticidam i aktivnost' fermentov detoksikacii u *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) prirodnoj populyacii // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2020. № 12 (165). S. 102–109.

Статья принята к публикации 02.12.2024 / The article accepted for publication 02.12.2024.

Информация об авторах:

Алина Райханжановна Нурисламова¹, инженер-исследователь лаборатории молекулярной биологии и биотехнологии насекомых

Анна Григорьевна Кинарейкина², младший научный сотрудник лаборатории молекулярной биологии и биотехнологии насекомых

Лиана Януровна Янгирова³, младший научный сотрудник лаборатории молекулярной биологии и биотехнологии насекомых

Ксения Сергеевна Крестношина⁴, заведующая лабораторией молекулярной биологии и биотехнологии насекомых

Ксения Юрьевна Маслакова⁵, младший научный сотрудник лаборатории молекулярной биологии и биотехнологии насекомых

Анастасия Дмитриевна Мельничук⁶, младший научный сотрудник лаборатории молекулярной биологии и биотехнологии насекомых

Елена Анатольевна Силиванова⁷, ведущий научный сотрудник лаборатории молекулярной биологии и биотехнологии насекомых, кандидат биологических наук

Information about the authors:

Alina Raikhanzhanovna Nurislamova¹, Research Engineer, Laboratory of Molecular Biology and Insect Biotechnology

Anna Grigorievna Kinareikina², Junior Researcher, Laboratory of Molecular Biology and Biotechnology of Insects

Liana Yanurovna Yangirova³, Junior Researcher, Laboratory of Molecular Biology and Biotechnology of Insects

Ksenia Sergeevna Krestonoshina⁴, Head of the Laboratory of Molecular Biology and Biotechnology of Insects

Ksenia Yuryevna Maslakova⁵, Junior Researcher, Laboratory of Molecular Biology and Biotechnology of Insects

Anastasia Dmitrievna Melnichuk⁶, Junior Researcher, Laboratory of Molecular Biology and Biotechnology of Insects

Elena Anatolyevna Silivanova⁷, Leading Researcher at the laboratory Laboratory of Molecular Biology and Biotechnology of Insects, Candidate of Biological Sciences

