МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ
И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ
НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
И ОБРАЗОВАНИЯ
В ОБЛАСТИ ЗООЛОГИИ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ**

**Сборник статей
V Международной конференции**

*26–28 октября 2020 г.
г. Томск, Россия*

Томск
Издательство Томского государственного университета
2020

СЕКЦИЯ 2. ПРОБЛЕМЫ ПАРАЗИТОЛОГИИ SECTION 2. PROBLEMS OF PARASITOLOGY

УДК 57.014

DOI: 10.17223/978-5-94621-931-0-2020-61

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ПОПУЛЯЦИЙ НАСЕКОМЫХ К АВЕРМЕКТИНАМ

Алексеев М.А.

*Научно-исследовательский институт дезинфектологии Федеральной службы
в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Москва, Россия
aversect@mail.ru*

Аннотация. Приведён краткий обзор по резистентности насекомых, имеющих санитарно-гигиеническое и медицинское значение, к авермектинам. В нашей стране эти инсектициды при разумном применении могут стать важным компонентом системы мероприятий по неспецифической профилактике инфекционных болезней человека.

Ключевые слова: Авермектины, насекомые, имеющие медицинское и санитарно-гигиеническое значение, резистентность к инсектицидам

SUSCEPTIBILITY OF INSECT POPULATIONS TO AVERMECTINS

Alekseev M.A.

*Scientific Research Disinfectology Institute of the Federal Service for Surveillance on
Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Moscow, Russia
aversect@mail.ru*

Abstract. Brief review on avermectin resistance in insects of sanitary and hygienic and medical value is given. In our country, avermectins upon their rational use will be an important component in the system of measures of non-specific prevention of human infectious diseases.

Keywords: Avermectins, insects of sanitary and hygienic and medical value, insecticide resistance.

Авермектины – природные продукты ферментации почвенного актиномицета *Streptomyces avermitilis*, открытые в США в 1976 г. [1].

Образующийся при ферментации авермектиновый комплекс состоит из 8 индивидуальных соединений [2].

Резистентность насекомых к пестицидам в настоящее время является общемировой проблемой, представляющей серьёзное препятствие для осуществления мероприятий по неспецифической профилактике инфекционных болезней человека. Одним из способов преодоления этой проблемы считается применение для борьбы с насекомыми соединений, обладающих механизмом действия, принципиально отличающимся от механизма действия ранее применяемых пестицидов. Авермектины благодаря своему уникальному механизму действия являются достойными кандидатами на включение в схемы ротации инсектицидов. Мишенью их действия является нервно-мышечный синапс, где они взаимодействуют с хлор-ионными каналами, активируемыми различными лигандами, прежде всего глутаматом и гамма-аминомасляной кислотой (ГАМК). В результате повышается проницаемость мембран мышечных клеток для ионов хлора и развивается необратимый паралич, который приводит к гибели целевых объектов [3].

К сожалению, авермектины со временем стали недостаточно эффективными в отношении некоторых групп насекомых, имеющих санитарно-гигиеническое и медицинское значение. Так, за рубежом у рыжих тараканов *Blattella germanica* из мультирезистентных популяций в лабораторных условиях была выявлена толерантность [4, 5] или резистентность [6] к абамектину при кишечном пути его поступления в организм и толерантность [7] или резистентность [8] к абамектину при его нанесении непосредственно на насекомых. Обнаружены популяции головных вшей *Pediculus humanus capitis* с низким уровнем толерантности к абамектину [9]. Выявлена резистентность к бензоату эмамектинина у природных популяций кровососущего комара *Aedes albopictus*, возникающая, предположительно, из-за массового применения этих инсектицидов в сфере сельского хозяйства [10]. Также в природных условиях обнаружены толерантные к ивермектину комары *Aedes aegypti*. Уровень толерантности к ивермектину у комаров этого вида в лабораторных условиях удалось повысить в два раза у рас, предварительно подвергнутых селекции перметрином [11]. Личинки комаров *Culex quinquefasciatus* из лабораторных рас, селектированные спиносадом, обладали достаточно высоким уровнем перекрёстной резистентности к абамектину [12]. Показано, что при лабораторной селекции перметрином мультирезистентная раса комнатной мухи *Musca domestica* стала толерантной к абамектину (7,6×) при его нанесении непосредственно на насекомых [13]. При скормливании абамектина мухи этой расы оказались слабо толерантными (2,5×) к данному веществу [14].

В США природные популяции комнатной мухи, устойчивые к ФОС и пиретроидам, обладали невысокой толерантностью к абамектину [15, 16]. В Венгрии, где ивермектин ранее никогда не применяли для борьбы с комнатными мухами, у ряда мультирезистентных популяций была обнаружена резистентность и к этому соединению [17]. При селекции мух природной популяции в США методом топикального нанесения уже через 7 этапов селекции в течение 24 поколений получили высокорезистентную к абамектину расу [18]. Мухи этой расы оказались перекрёстно резистентными к оксиду абамектина ($> 4000\times$) и эмаектину ($\sim 13\times$) [19]. В Пакистане методом группового кормления установлена высокая устойчивость природных мультирезистентных популяций комнатных мух к абамектину ($38\text{--}94\times$) и бензоату эмаектина ($13\text{--}36\times$) [20].

В нашей стране исследования резистентности объектов медицинской дезинсекции к авермектинам немногочисленны. Мониторинг резистентности рыжих тараканов к инсектицидам показал, что при использовании топикального метода насекомые московской (RM_1) и обнинской (R_{OBN}) популяций толерантны к авермектинам ($3\text{--}10\times$ и $1\text{--}4\times$, соответственно) [21]. К аверсектину С при топикальном нанесении оказались высокочувствительными комнатные мухи из природных популяций, резистентные к ДДТ, ФОС и пиретроидам [22, 23], а при внесении в субстрат для развития личинок – комнатные мухи, резистентные к пиретроидам, толерантны к ФОС, фипронилю и имидаклоприду [24]. Лабораторная селекция чувствительных комнатных мух авермектиновым комплексом (аверсектин С) методом погружения в сочетании с топикальным методом привела к возникновению резистентности ($10\times$) к этому соединению за 15 этапов в течение 33 поколений, тогда как селекция аналогичными методами с использованием составляющих этого комплекса – авермектинов A_1 и A_2 – не привела к изменению чувствительности насекомых. У полученной резистентной расы отмечена групповое изменение чувствительности к авермектинам: резистентность к абамектину ($17,6\times$), низкий уровень толерантности к авермектинам B_1 ($2,8\times$) и B_2 ($2,0\times$), а также изменение чувствительности к авермектину A_1 [25].

Таким образом, в подавляющем большинстве случаев в природных условиях устойчивость к авермектинам возникает у мультирезистентных популяций членистоногих, но её уровень пока сравнительно невысок. В лабораторных условиях можно достичь более высокого уровня резистентности к авермектинам только в результате интенсивной селекции, которая в природных условиях в целом маловероятна из-за токсикологических ограничений при использовании пестицидов. Для успешного использования в нашей стране авермектинов в борьбе с

популяциями членистоногих, имеющих медицинское и санитарно-гигиеническое значение, необходимо проведение периодического мониторинга их устойчивости к соединениям из данного класса.

Литература

1. Burg R.W., Miller B.M., Baker E.E. et al. Avermectins, new family of potent anthelmintic agents: producing organism and fermentation // *Antimicrob. Agents Chemother.* 1979. Vol. 15, № 3. P. 361–367.
2. Miller T.W., Chalet L., Cole D.J. et al. Avermectins, new family of potent anthelmintic agents: isolation and chromatographic properties // *Antimicrob. Agents Chemother.* 1979. Vol. 15, № 3. P. 368–371.
3. Tanaka K., Matsumura F. Action of avermectin B_{1a} on the leg muscles and the nervous system of the American cockroach // *Pestic. Biochem. Physiol.* 1985. Vol. 24, № 1. P. 124–135.
4. Cochran D.G. Efficacy of abamectin fed to German cockroaches (Dictyoptera: Blattellidae) resistant to pyrethroids // *J. Econ. Entomol.* 1990. Vol. 83, № 4. P. 1243–1245.
5. Cochran D.G. Abamectin resistance potential in the German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae) // *J. Econ. Entomol.* 1994. Vol. 87, № 4. P. 899–903.
6. Ross M.H. Behavioral modifications and their implications for cockroach resistance to toxic baits // *Proceedings of the 2nd International conference on insect pests in the urban environment*, Heriot-Watt University, Edinburgh, Scotland, July 7–10, 1996 / Ed. by K.B. Wildey. Exeter, Great Britain: BPC Wheatons Ltd., 1996. P. 393–399.
7. Wang C., Scharf M.E., Bennett G.W. Behavioral and physiological resistance of the German cockroach to gel baits (Blattodea: Blattellidae) // *J. Econ. Entomol.* 2004. Vol. 97, № 6. P. 2067–2072.
8. Scott J.G. Toxicity of abamectin and hydramethylnon to insecticide-susceptible and resistant strains of German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae) // *J. Agric. Entomol.* 1991. Vol. 8, № 2. P. 77–82.
9. Yoon K.S., Gao J.-R., Lee S.H. et al. Resistance and cross-resistance to insecticides in human head lice from Florida and California // *Pestic. Biochem. Physiol.* 2004. Vol. 80, № 3. P. 192–201.
10. Khan H.A.A., Akram W., Shehzad K., Shaalan E.A. First report of field evolved resistance to agrochemicals in dengue mosquito, *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae), from Pakistan // *Parasites & Vectors* [Electronic resource]. 2011. Vol. 4, Article № 146. URL: www.parasiteandvectors.com/content/pdf/1756-3305-4-146.pdf (дата обращения – 15.01.2020).
11. Deus K.M., Saavedra-Rodriguez K., Butters M.P. et al. The effect of ivermectin in seven strains of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) including a genetically diverse laboratory strain and three permethrin-resistant strains // *J. Med. Entomol.* 2012. Vol. 49, № 2. P. 356–363.
12. Su T., Cheng M.-L. Cross resistances in spinosad-resistant *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) // *J. Med. Entomol.* 2014. Vol. 51, № 2. P. 428–435.

13. Scott J.G., Georgiou G.P. Mechanisms responsible for high levels of permethrin resistance in the house fly // Pestic. Sci. 1986. Vol. 17, № 3. P. 195–206.
14. Scott J.G. Cross-resistance to the biological insecticide abamectin in pyrethroid-resistant house flies // Pestic. Biochem. Physiol. 1989. Vol. 34, № 1. P. 27–31.
15. Geden C.J., Steinkraus D.C., Long S.J. et al. Susceptibility of insecticide-susceptible and wild house flies (Diptera: Muscidae) to abamectin on whitewashed and unpainted wood // J. Econ. Entomol. 1990. Vol. 83, № 5. P. 1935–1939.
16. Geden C.J., Rutz D.A., Scott J.G., Long S.J. Susceptibility of house flies (Diptera: Muscidae) and five pupal parasitoids (Hymenoptera: Pteromalidae) to abamectin and seven commercial insecticides // J. Econ. Entomol. 1992. Vol. 85, № 2. P. 435–440.
17. Pap L., Farkas R. Monitoring of resistance of insecticides in house fly (*Musca domestica*) populations in Hungary // Pestic. Sci. 1994. Vol. 40, № 4. P. 245–258.
18. Scott J.G., Roush R.T., Liu N. Selection of high-level abamectin resistance from field-collected house flies, *Musca domestica* // Experientia. 1991. Vol. 47, № 3. P. 288–291.
19. Konno Y., Scott J.G. Biochemistry and genetics of abamectin resistance in the house fly // Pestic. Biochem. Physiol. 1991. Vol. 41, № 1. P. 21–28.
20. Khan H.A.A., Shad S.A., Akram W. Resistance to new chemical insecticides in the house fly, *Musca domestica* L., from dairies in Punjab, Pakistan // Parasitol. Res. 2013. Vol. 112, № 5. P. 2049–2054.
21. Ермина О.Ю., Алексеев М.А., Рославцева С.А. Резистентность к инсектицидам рыжих тараканов *Blattella germanica* (L.) (Blattoptera: Blattellidae) // Современные вопросы дезинфектологии. Медицинская дезинсекция: объекты, средства, резистентность членистоногих к инсектоакарицидам / под общ. ред. Н.В. Шестопалова и С.А. Рославцевой. М.: ФБУН «НИИ дезинфектологии» Роспотребнадзора, 2017. С. 72–89.
22. Вавилова В.В. Эколого-физиологические параметры популяций комнатных мух как индикатор различных уровней техногенного загрязнения: дис. ... канд. с.-х. наук. М., 1999. С. 62–63.
23. Рославцева С.А. Исследование чувствительности природных популяций комнатных мух в г. Москве // РЭТ-инфо. 2001. № 2. С. 12.
24. Соколянская М.П. Формирование резистентности к пиретроидам у личинок комнатной мухи *Musca domestica* // Агрохимия. 2014. № 3. С. 54–59.
25. Алексеев М.А. Исследование скорости развития резистентности к авермектинам в лабораторных условиях на примере комнатной мухи, *Musca domestica* L. (Diptera, Muscidae): дис. ... канд. биол. наук. М., 2009. 143 с.