

УДК 632.951.025.8

КРОСС-РЕЗИСТЕНТНОСТЬ УСТОЙЧИВЫХ К БИТОКСИБАЦИЛЛИНУ ЛИНИЙ КОМНАТНОЙ МУХИ *MUSCA DOMESTICA*

М.П. Соколянская

Институт биохимии и генетики Уфимского научного центра РАН, Уфа

Проведена оценка возможной кросс-резистентности двух селектированных в течение 30 поколений битоксибациллином линий комнатной мухи к инсектицидам разных классов – фосфорорганическим соединениям, пиретроидам, неоникотиноидам, авермектинам, фенилпиразолам, микробиологическим препаратам. Показано, что кросс-резистентность либо невелика, либо отсутствует, а к ряду инсектицидов отмечена негативная кросс-резистентность.

Ключевые слова: комнатная муха, перекрестная устойчивость, *Bacillus thuringiensis*, битоксибациллин, инсектициды.

Для борьбы с вредными насекомыми в сельском хозяйстве в настоящее время используется широкий спектр инсектицидов. Несмотря на то, что они имеют различную структуру, большинство из них является нервнопаралитическими ядами. Хлорорганические, фосфорорганические соединения (ФОС), карбаматы, пиретроиды, авермектины, неоникотиноиды, фенилпиразолы блокируют передачу нервного сигнала, что влечет за собой необратимый паралич вредителей и последующую их гибель.

Поэтому неудивительно, что у насекомых при обработке одним из классов инсектицидов часто возникает кросс-резистентность к препаратам других классов, даже к тем, действию которых ранее они не подвергались. Широко известна кросс-резистентность между ДДТ и пиретроидами, обусловленная геном *kdr* [Funaki, Motoyama, 1986, Yoon et al., 2004]. Отмечены случаи перекрестной устойчивости и между другими классами инсектицидов – пиретроидами и авермектинами [Scott, 1989], пиретроидами и ФОС [Rodríguez et al., 2002], неоникотиноидами и пиретроидами и ФОС [Liu et al., 2002; Chen et al., 2005]. Более раннее последовательное применение двух различных групп инсектицидов способствует быстрой потере эффективности третьей группы соединений вследствие общих механизмов резистентности. Например, примене-

ние хлор- и фосфорорганических соединений в течение нескольких лет в какой-то мере способствовало быстрому формированию резистентности к пиретроидам.

В связи с этим повышенное внимание привлекают к себе микробиологические препараты, которые обладают совершенно другим механизмом действия. Они селективны, быстро деградируют в окружающей среде, малоопасны для человека, позвоночных животных и полезных насекомых. Большинство бактериальных препаратов, выпускаемых в промышленных количествах в России и за рубежом, производится на основе бактерии *Bacillus thuringiensis*, имеющей более 30 разновидностей и штаммов с разной патогенностью. Она характеризуется способностью синтезировать кристаллические включения при споруляции. Эти кристаллические включения состоят из относительно большого количества одного или нескольких гликопротеинов, известных как δ -эндотоксины, или Сгу-токсины. Они действуют на кишечник, вызывая образование в нем пор и препятствуя, таким образом, питанию насекомых.

Цель работы – определить уровень кросс-резистентности у селектированных микробиологическим препаратом битоксибациллином (БТБ) личинок комнатной мухи к инсектицидам разных классов.

Методика исследования

Исследования проводили на личинках III возраста комнатной мухи *Musca domestica* (L.) двух селектированных БТБ линий. Было использовано два режима селекции: низкими летальными концентрациями на уровне ЭК₁₀ (линия R-БТБ₁₀), и дробной селекцией (линия R-БТБ_{др}). Селекцию препаратом и определение показателей резистентности проводили, как описано ранее [Соколянская, 2014а]. В 30-м поколении определяли возможную кросс-резистентность к инсектицидам нескольких классов: из класса фосфорорганических соединений – малатиону (карбофос, 10% СП), хлорпирифосу (абсолют, 0.5% СП), пирифосметилу (актеллик, 50% КЭ); из класса пиретроидов – циперме-

трину (инта-вир, 3.75% КЭ), дельтаметрину (ФАС, 1% ВРТ), эс-фенвалерату (сэмпай, 5% КЭ); из класса неоникотиноидов – имidakлоприду (искра золотая, 20% КЭ), тиаметоксаму (актара, 25% ВДГ); из класса авермектинов – аверсектину С (фитоверм, 0.2% КЭ); из класса фенилпиразолов – фипронилу (регент, 80% ВДГ); из класса микробиологических препаратов – лепидодиду (СК, БА-2000 ЕА/мг). Статистический анализ полученных данных проводили с использованием среднеарифметического значения и ошибки среднего, достоверность различия средних значений определяли по параметрическому критерию – t-критерию Стьюдента [Лакин, 1990].

Результаты и их обсуждение

Несмотря на то, что скорость формирования резистентности в селектированных линиях различалась, показатели резистентности в 30-м поколении в обеих линиях были близки по значению: у линии R-БТБ₁₀ – 28, у линии R-БТБ_{др} – 33.

Для обеих селектированных линий, как и для чувствительной (S), самым токсичным из инсектицидов, взятых для исследования возможной кросс-резистентности, оказался пиретроид дельтаметрин (табл.), который часто яв-

ляется самым токсичным инсектицидом для разных видов насекомых [Shekeban et al., 2008; Kumar et al., 2010; Albeltagy et al., 2012]. Возможно, именно поэтому препараты на его основе до сих пор используются в схемах борьбы с вредителями, несмотря на то, что резистентность к нему вырабатывается очень быстро.

Обе селектированные линии проявили невысокий уровень кросс-резистентности к пиретроидам дельтаметрину и фенвалерату, фенилпиразолу, фипронилу и даже к род-

Таблица. Кросс-резистентность селектированных БТБ линий комнатной мухи к инсектицидам разных классов

Линия	Показатель	Малатион	Хлорпирифос	Актеллик	Дельтаметрин	Фенвалерат	Циперметрин
S	СК ₅₀	0.038±0.0009	0.46±0.03	0.0048±0.0002	0.000026±0.000001	0.00025±0.00002	0.0011±0.0001
R-БТБ ₁₀	СК ₅₀	0.016±0.0013	0.21±0.01	0.0047±0.00015	0.000072±0.000014	0.00018±0.000031	0.0022±0.00016
	ПР	0.42	0.46	0.98	2.77	0.72	2.0
R-БТБ др	СК ₅₀	0.063±0.0063	0.24±0.09	0.004±0.00051	0.00012±0.00006	0.00079±0.000056	0.0045±0.00075
	ПР	1.66	0.52	0.83	4.62	3.16	4.09

Продолжение таблицы.

Линия	Показатель	БТБ	Лепидоцид	Имидаклоприд	Тиаметоксам	Аверсектин С	Фипронил
S	СК ₅₀	0.0039±0.0003	0.094±0.0045	0.00035±0.00003	0.00069±0.00003	0.0006±0.0004	0.00011±0.00008
R-БТБ ₁₀	СК ₅₀	0.107	0.125±0.003	0.00016±0.00001	0.00025±0.000012	0.00018±0.00002	0.00015±0.000014
	ПР	27.44	1.33	0.46	0.36	0.3	1.36
R-БТБ др	СК ₅₀	0.126±0.0051	0.183±0.013	0.00032±0.00005	0.00027±0.000017	0.00031±0.000017	0.00024±0.000018
	ПР	32.31	1.95	0.91	0.39	0.52	2.18

ственному препарату лепидоциду. Линия R-БТБ др также была слабо резистентна к малатиону и фенвалерату. В то же время обе линии были чувствительны к хлорпирифосу и актеллику (ФОС), имидаклоприду и тиаметоксаму (неоникотиноиды), аверсектину С (авермектины).

Насекомые, устойчивые к одному из инсектицидов, чаще всего проявляют кросс-резистентность к родственным препаратам. В наших исследованиях этого не наблюдалось, скорее всего, потому что БТБ изготовлен на основе *B. thuringiensis* var. *thuringiensis*, а лепидоцид – на основе *B. thuringiensis* var. *kurstaki*.

Кросс-резистентность к токсинам *B. thuringiensis* и физиологические механизмы, лежащие в ее основе, сложны и подчас непредсказуемы. В литературе данные по кросс-резистентности к δ-эндотоксинам разноречивы. Спектр перекрестной резистентности может варьировать для разных Bt токсинов, видов насекомых, и даже среди линий одного и того же вида насекомых. Есть данные, что насекомые, устойчивые к одному из эндотоксинов *B. thuringiensis*, проявляют кросс-резистентность к токсинам различных разновидностей этой бактерии. Например, личинки комаров *Culex quinquefasciatus* (Say), устойчивые к токсину CryIIA, проявили устойчивость к токсинам разновидностей *B. thuringiensis* subsp. *israelensis*, subsp. *fukuokaensis*, subsp. *jegathesan* и subsp. *kyushuensis* [Cheong et al., 1997]. Популяция капустной моли с одной из ферм Таиланда показала высокие уровни резистентности к препаратам на основе *B. thuringiensis* subsp. *kurstaki* (турицид, тоароу, дипел, ПР=731, 688 и 161 соответственно), и среднюю устойчивость к препаратам на основе *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* и комбинации обеих разновидностей (45–66x) [Imai, and Mori.1999]. Личинки *Plutella xylostella* (L.) из природной популяции Малайзии проявили высокую кросс-резистентность (164–5700x) к очищенным токсинам семейства CryIA, CryIFa и препарату дипел, и среднюю (59 и 27x) – к CryICa и CryIJa [Sayed et al., 2007]. Селектированные токсином CryIAc личинки *Helicoverpa zea* (Boddie) были высокорезистентны к CryIAb [Anilkumar et al., 2008].

В то же время две линии хлопковой моли *Pectinophora gossypiella* (Saunders), селектированные в лабораторных условиях токсином CryIAc были чувствительны к токсинам CryIBb, CryICa, CryIDa, CryIEa, CryIJa, Cry2Aa, Cry9Ca, H04 и H205 [Tabashnik et al., 2000]. Лабораторная популяция капустной моли, устойчивая к препарату дель-

фин (x90), была чувствительна к дипелу и центари (1,5 и 1,1) [Sarnthoy et al., 1997]. Полевые популяции *P. xylostella* из Филиппин, резистентные к CryIA(b) (236x), не показали устойчивости к *Bt kurstaki*, CryIA(a), CryIA(c), CryIB, и CryIIC и дипелу [Ferre et al., 1991, Ballester et al., 1994]. Селекция *B. thuringiensis* subsp. *kurstaki*, которая содержит токсины CryIA и CryII, вызвала у капустной моли высокую (>200-кратную) кросс-резистентность к CryIF и CryIE, но токсин CryIB был высоко токсичен для этих личинок [Tabashnik et al., 1994]. Не было кросс-резистентности к токсину Cry9C у селектированных CryIAb кукурузной огневки *Ostrinia nubilalis* [Siqueira et al., 2004] и CryIC моли *P. xylostella* [Zhao et al., 2001]. Устойчивые к CryIAc личинки трех линий табачной совки *Heliothis virescens* (Fabricius), (215–316x) [Jackson et al., 2007] и личинки *H. zea* (>100x) [Anilkumar et al., 2008] были чувствительны к Vip3A токсину.

Значительно меньше литературных данных о кросс-резистентности Bt-устойчивых насекомых к инсектицидам других классов. Показано, что личинки капустной моли с овощных ферм Китая, развившие резистентность к микробиологическим препаратам динамек и дипел за 7 лет применения этих препаратов (20–40-х), проявили кросс-резистентность к ряду инсектицидов – каптару (3–5x), хлорфлуазурону (40–45x), фенвалерату (40–60x), дихлофосу (13–16x), метомилу (7–10x), абамектину (15–20x) [Feng and al.2001]. Напротив, лабораторные исследования не показали кросс-резистентности к фентоату, бенфуракарбу, фенвалерату, хлорфлуазурону, каптару и абамектину (ПР=0.3–2.2) у популяции капустной моли, резистентной к дельфину [Sarnthoy et al., 1997]. Также не проявили перекрестной устойчивости к циперметрину личинки *H. zea*, устойчивые к CryIAc (>100x) [Anilkumar et al., 2008].

В то же время, к микробиологическим препаратам проявляют чувствительность насекомые, развившие резистентность к препаратам других классов вследствие их частого применения. Так, три линии комаров *C. quinquefasciatus* из природных популяций США, высокоустойчивые к ряду пиретроидов и ФОС, среднеустойчивые к фипронилю и имидаклоприду сохранили чувствительность к *B. thuringiensis* var. *israelensis*, несмотря на обработки этим микроорганизмом [Liu et al., 2004]. Капустная моль, собранная в окрестностях одного из городов Индии и устойчивая к фенвалерату, флуфеноксурону, монокрото-

фосу, каптару и фипронилю (ПР=3–505) была чувствительна к биобиту – препарату на основе *B.t. var. kurstaki* НД1 и эндотоксину Cry1Ab [Mohan, Gujar, 2003]. В Тайване этот же вид насекомых, устойчивый к бензилфенилмочевинам, был чувствителен к микробиологическому препарату туррициду [Као, Cheng, 1999]. Личинки капустной моли с полей капусты во Флориде проявили широкий спектр устойчивости к инсектицидам разных классов (пиретроиды, ФОС, карбаматы, ПР=20–2132), но не к *B. thuringiensis var. kurstaki* [Yu, Nguyen, 1992]. Бразильские популяции комаров *Aedes aegypti* (L.), ставшие устойчивыми к темефосу в результате 10 лет обработок этим инсектицидом, были

чувствительны к *B.t. israelensis* [Araújo and al., 2013]. Аналогичный результат был получен и в наших лабораторных исследованиях: личинки комнатной мухи, устойчивые к дельтаметрину (x57.7) и фенвалерату (x60) проявили негативную резистентность к БТБ [Соколянская, 2014б].

Таким образом, кросс-резистентность у обеих устойчивых к БТБ линий комнатной мухи к химическим инсектицидам разных классов либо невелика, либо отсутствует. Несмотря на возможность формирования резистентности, битоксибациллин является перспективным препаратом и в ближайшие десятилетия его следует включать в схемы борьбы с насекомыми-вредителями.

Библиографический список

- Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.
- Соколянская М.П. Особенности формирования резистентности у насекомых к битоксибациллину в зависимости от дозы селектанта // Вестник защиты растений. С-Пб. 2014а. N 1. С. 43 N – 47.
- Соколянская М.П. Формирование резистентности к пиретроидам у личинок комнатной мухи *Musca domestica* // Агрехимия. 2014б. N 3. С. 54–59.
- Albeltagy A.M., Shekeban M.M.K., Abo El Amaym M.M., Kassem S.M.I., Mancee A.H., El-Arami S.A. Efficacy of Pyrethroids against Pink Bollworm Male Moth Field Strains Using the Attractant Efficacy Monitoring Technique // Resis. Pest Manag. Newsletter. 2012. V. 21. N 2. P.13–20.
- Anilkumar K.J., Rodrigo-Simon A., Ferre J., Puzstai-Carey M., Sivasupramaniam S., Moar W.J. Production and characterization of Bt Cry1Ac resistance in cotton bollworm, *Helicoverpa zea* (Boddie) // Appl. Environ. Microbiol. 2008. V. 74, N 2, P. 462–469.
- Araújo A. P., Diniz D. F. A., Helvecio E., Arruda de Barros R., Fontes de Oliveira C., Ayres C. F. J., Varjal de Melo-Santos M. A., Regis L. N., Silva-Filha M.H.N.L. The susceptibility of *Aedes aegypti* populations displaying temephos resistance to *Bacillus thuringiensis israelensis*: a basis for management // Parasites & Vectors. 2013. V. 6: P. 297 doi:10.1186/1756-3305-6-297.
- Ballester V., Escriche B., Mensua J., Riethmacher G., Ferré J. Lack of cross-resistance to other *Bacillus thuringiensis* crystal proteins in a Population of *Plutella xylostella* Highly Resistant to CryIA(b) // Biocontrol Science and Technology. 1994. V. 4. P. 437–443.
- Bouvier J.-C., Boivin T., Besiay D., Sauphanor B. Age-dependent response to insecticides and enzymatic variation in susceptible and resistant coding moth larvae // Arch. Insect Biochem. and Physiol. 2002. V. 51. N 2, P. 5–566.
- Chen L., Wu X., Deng J.-I., Ye G.-y. Отбор *Myzus persicae* на резистентность к имидаклоприду и кросс-резистентность к другим инсектицидам // Nongyaoxue xuehao= Chin. J. Pest. Sci. 2005. V. 7. N 3. P. 289–292.
- Cheong H., Dhesi R. K., Gill S.S. Marginal cross-resistance to mosquitocidal *Bacillus thuringiensis* strains in Cry11A-resistant larvae: presence of Cry11A-like toxins in these strains // FEMS Microbiology Letters. 1997. V. 153. N 2, P. 419–424.
- Feng X., Chen H.-Y., Li-hua L. Diamondback moth resistance to insecticides in Guangdong Province // Proceedings of the 4th International Workshop, 330 Nov. 2001, Melbourne, Australia. P. 327–331.
- Ferre J., Real M. D., Van Rie J., Jansens S., Perferoen M. Resistance to the *Bacillus thuringiensis* bioinsecticide in a field population of *Plutella xylostella* is due to a change in a midgut membrane receptor // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1991. V. 88, P. 5119–5123.
- Funaki E., Motoyama N. Cross resistance to various insecticides of the housefly selected with a pyrethroid // Нухон нояку гаккайси, J. Pestic. Sci. 1986. V. 11 N 2. P. 219–222.
- Imai, K., and Y. Mori. Levels, Inheritance and stability of resistance to *Bacillus thuringiensis* formulation in a field population of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) from Thailand // Appl. Entomol. Zool. 1999. V. 34. P. 23–29.
- Jackson R.E., Marcus M.A., Gould F., Bradley J. R. Jr., Van Duyn J.W. Cross-resistance responses of cry1Ac-selected *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) to the *Bacillus thuringiensis* protein Vip3a // J. Econ. Entomol. 2007. V. 100. P. 180–186.
- Janmaat A.F., Myers J.H. Rapid evolution and the cost of resistance to *Bacillus thuringiensis* in greenhouse populations of cabbage loopers, *Trichoplusia ni* // Proc. R. Soc. Lond. 2003. p. 2263–2270.
- Kao C.-H., Cheng E.Y. ‘Study on Cross-resistance between BPU-type IGRs and Other Insecticides Including *Bacillus thuringiensis* and Abamectin in the Diamondback Moth, *Plutella xylostella* L. // Jour, Agric. Res, China. 1999. V. 48. N 4. P. 84–95.
- Kumar S., Ahmed S. B., Parray G.A., Kumar S. Relative Toxicity of Three Synthetic Pyrethroids and Endosulfan to Cabbage Butterfly, *Pieris Brassicae* Linn. // Resist. Pest Manag. Newsletter. 2010. V. 19. N 2. P. 42–43.
- Liu H., Cupp E.W., Micher K.M., Guo A., Liu N. Insecticide resistance and cross-resistance in Alabama and Florida strains of *Culex quinquefasciatus*. // J. Med. Entomol. 2004. V. 41. N 3. P.408–413.
- Liu Z.-W., Han Z.-j., Zhang L.-C. Кросс-резистентность линии *Nilaparvata lugens*, резистентной к метамифофосу, и обуславливающие ее биохимические механизмы // Kunchong xuebao=Acta entomol. sin. 2002. V. 45. N 4. P. 447–452.
- Mohan M., Gujar G.T. Characterization and comparison of midgut proteases of *Bacillus thuringiensis* susceptible and resistant diamondback moth (Plutellidae: Lepidoptera). // J. Invertebr Pathol. 2003. V. 82. N 1. P.1–11.
- Paul A., Harrington L.C., Zhang L., Scott J.G. Insecticide resistance in *Culex pipiens* from New York // J. Am. Mosq. Control. Assoc. 2005. V. 21. P. 305–309.
- Rodríguez M.M., Bisset J., Ruiz M., Soca A. Cross-Resistance to Pyrethroid and Organophosphorus Insecticides Induced by Selection with Temephos in *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) from Cuba // J. Med. Entomol. 2002. V. 39. N 6. P.882–888.
- Sarnthoy O., Li T., Keinmeesuke P., Sinchaisri N., Miyata T., Saito T. Cross-resistance of *Bacillus thuringiensis* resistant population of diamondback moth *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae) // Resis. Pest Manag. Newsletter. 1997. V. 9. N 2, P. 11–14.
- Sayed A.H., Raymond B., Ibiza-Palacios M.S., Escriche B., Wright D.J. Genetic and Biochemical Characterization of Field-Evolved Resistance to *Bacillus thuringiensis* Toxin Cry1Ac in the Diamondback Moth, *Plutella xylostella* // Appl. Environ. Microbiol. 2004. V. 70. N 12. P. 7010–7017.
- Scott J.G. Cross-resistance to the biological insecticide abamectin in pyrethroid-resistant house flies // Pestic. Biochem. Physiol. 1989. V. 34. N 1. P. 27–31.
- Shekeban M.M.K. Situation of Pyrethroid Resistance in Spiny Bollworm, *Earias insulana* (Boisd), and Carbaryl Joint Toxic Effect // Resist. Pest Manag. Newsletter. 2008. V. 17. N 2. P. 38–43.
- Siqueira H.A., Moellenbeck D., Spencer T., Siegfried B.D. Cross-Resistance of Cry1Ab-Selected *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Crambidae) to *Bacillus thuringiensis* δ -Endotoxins // J. Econ. Entomol. 2004. V. 97. N 3. P. 1049.1057.
- Tabashnik B.E., Liu Y.-B., De Maagd R.A., Dennehy T.J. Cross-Resistance of Pink Bollworm (*Pectinophora gossypiella*) to *Bacillus thuringiensis* Toxins // Applied and environmental microbiology.2000. V. 66. N 10. P. 4582–4584.
- Tabashnik B.E., Finson N., Johnson M.W., Heckel D.G. Cross-Resistance to *Bacillus thuringiensis* Toxin CryIF in the Diamondback

- Moth (*Plutella xylostella*) // Appl. Environ. Microbiol. 1994. V. 60. P. 4627–4629.
- Yoon K.S., Gao J.-R., Lee S.H., Coles G.C., Meinking T.L., Edman D., Takano-Lee M., Clark J.M. Resistance and cross-resistance to insecticides in human head lice from Florida and California // Pesticide Biochemistry and Physiology. 2004. V. 80. N 3. P. 192–201.
- Yu S.J., Nguyen S.N. Detection and biochemical characterization of insecticide resistance in the diamondback moth // Pest. Biochem. and Phys. 1992. V. 44. N 1. P. 74–81.
- Zhao J.Z., Li Y.X., Collins H.L., Cao J., Earle E.D., Shelton A.M. Different cross-resistance patterns in the diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) resistant to *Bacillus thuringiensis* toxin Cry1C. // J. Econ. Entomol. 2001. V. 94. P. 1547.1552.

Translation of Russian References

- Lakin G.F. Biometrics. Moscow: Vysshaja shkola, 1990. 352 p. (In Russian).
- Sokolyanskaya M.P. Features of formation of resistance of insects to bitoxibacillin depending on the dose of the selectorio. // Vestnik zashchity rastenij. 2014a. N 1. P. 43–47. (In Russian).
- Sokolyanskaya M.P. The development of resistance to pyrethroids in larvae of the housefly *Musca domestica*. Agrokhimija. 2014b. N 3. P. 54–59. (In Russian).

Plant Protection News, 2018, 1(95), p. 57–60

CROSS-RESISTANCE OF BITOXIBACILLIN-RESISTANT STRAINS OF THE HOUSEFLY *MUSCA DOMESTICA*

M.P. Sokolyanskaya

Institute of Biochemistry and Genetics, Ufa Scientific Centre RAS, Ufa, Russia

The evaluation of possible cross-resistance of two housefly strains selected for 30 generations by bitoxibacillin to insecticides of different classes, i.e. organophosphorous compounds, pyrethroids, neonicotinoids, avermectins, phenylpyrazoles, microbiological preparations, is provided. It is shown that the cross-resistance is low or absent, and the negative cross resistance is marked to a number of insecticides.

Keywords: housefly, cross-resistance, *Bacillus thuringiensis*, bitoxibacillin.

Сведения об авторе

Институт биохимии и генетики Уфимского научного центра РАН,
450054, Уфа, пр. Октября, 71, Российская Федерация
Соколянская Марина Павловна. Кандидат биологических наук,
e-mail: sokolyanskaya-m@yandex.ru

Information about the author

Institute of Biochemistry and Genetics Ufa Scientific Centre RAS,
450054, Ufa, PR. Oktyabrya, 71, Russian Federation
Sokolyanskaya Marina Pavlovna. PhD in Biology
e-mail: sokolyanskaya-m@yandex.ru