

УДК 619: 638.1 : 615.9

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-369-4-21-26

**Г.С. Мишуковская,
Д.В. Шелехов,
М.Г. Гиниятуллин,
А.В. Андреева** ✉

Башкирский государственный аграрный университет, Уфа, Россия

✉ alfia_andreeva@mail.ru

Поступила в редакцию:
02.02.2023

Одобрена после рецензирования:
01.03.2023

Принята к публикации:
15.03.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-369-4-21-26

**Galina S. Mishukovskaya,
Dmitry V. Shelekhov,
Marat G. Giniyatullin,
Alfiya V. Andreeva** ✉

Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia

✉ alfia_andreeva@mail.ru

Received by the editorial office:
02.02.2023

Accepted in revised:
01.03.2023

Accepted for publication:
15.03.2023

Оценка острой токсичности биоинсектицида Туринбаш-Ж для пчелы медоносной *Apis mellifera mellifera* L.

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Отравление пестицидами является одной из основных причин массовой гибели пчелиных семей, наблюдаемой в разных странах мира. Однако в настоящее время отказ от использования средств защиты растений невозможен, поскольку насекомые и сорняки сельскохозяйственных культур являются причиной потери не менее половины мировых запасов продовольствия. Биоинсектициды на основе энтомопатогенов могут стать альтернативой химических препаратов, обладающих выраженным токсическим действием на нецелевые организмы.

Методика. Объект исследования — медоносные пчелы *Apis mellifera mellifera* L. карпатской породы, подвергнутые пероральному и контактному воздействию препарата Туринбаш-Ж, действующим веществом которого является бактерия *Bacillus thuringiensis subsp. aizawai*, штамм 12K и *Bacillus thuringiensis subsp. thuringiensis*, штамм ВНИИВЭА-177. Для постановки экспериментов в работе использованы «Методические рекомендации по оценке действия и потенциальной опасности пестицидов для медоносных пчел», утвержденные РАСХН и Департаментом ветеринарии Минсельхоза РФ, а также ГОСТ 33038-2014 и ГОСТ 33039-2014 «Методы испытаний химической продукции, представляющей опасность для окружающей среды». В ходе исследований провели оценку острой оральной токсичности и острой контактной токсичности действующего вещества препарата Туринбаш-Ж.

Результаты. Исследования не выявили признаков острой токсичности биоинсектицида Туринбаш-Ж для медоносных пчел как при пероральном, так и при контактном воздействии препарата. Максимальный показатель смертности пчел в опытных группах через 96 часов после окончания воздействия изучаемым препаратом — 16,7%. LD₅₀ при определении острой оральной токсичности действующего вещества препарата Туринбаш-Ж — выше значения 1·10⁶ КОЕ/пчелу, LK₅₀ — выше 100 мл/л; при определении острой контактной токсичности LD₅₀ выше значения 1·10⁵ КОЕ/пчелу, LK₅₀ — выше 100 мл/л.

Ключевые слова: биопестициды, медоносные пчелы, инсектицид Туринбаш-Ж, острая оральная токсичность, острая контактная токсичность

Для цитирования: Мишуковская Г.С. и др. Оценка острой токсичности биоинсектицида Туринбаш-Ж для пчелы медоносной *Apis mellifera mellifera* L. *Аграрная наука*. 2023; 369(4): 21–26. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-369-4-21-26>

© Мишуковская Г.С., Шелехов Д.В., Гиниятуллин М.Г., Андреева А.В.

Estimation of acute toxicity of bioinsecticide Turinbash-G for honey bee *Apis mellifera mellifera* L.

ABSTRACT

Introduction. Pesticide poisoning is one of the main causes of mass death of bee colonies observed in different countries of the world. However, at present, abandoning the use of plant protection products is not possible, since insects and crop weeds are responsible for the loss of at least half of the world's food supply. An increase in insect pest activity due to global warming will lead to even greater losses. All this dictates the need for a wider introduction of biological methods of plant protection. Bioinsecticides based on entomopathogens can become an alternative to chemicals that have a pronounced toxic effect on non-target organisms.

Methods. The object of the study was honey bee *Apis mellifera mellifera* L. of the Carpathian breed, subjected to oral and contact exposure to Turinbash-G, the active ingredient of which is the bacterium *Bacillus thuringiensis subsp. aizawai* strain 12K and *Bacillus thuringiensis subsp. thuringiensis*, strain VNIIVEA-177. As a guide, the work used «Methodological recommendations for assessing the effect and potential hazard of pesticides for honeybees», approved by the Russian Academy of Agricultural Sciences and the Department of Veterinary Medicine of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation, as well as GOST 33038-2014 and GOST 33039-2014 «Methods for testing chemical products posing a danger to the environment.» In the course of the studies, the acute oral toxicity and acute contact toxicity of the active substance of Turinbash-G.

Results. Studies have not revealed signs of acute toxicity of the Turinbash-Zh bioinsecticide for honey bees both with oral and with contact exposure to the drug. The maximum mortality rate of bees in the experimental groups 96 hours after the end of exposure to the studied drug is 16.7%. LD₅₀ in determining the acute oral toxicity of the active substance of the drug Turinbash-Zh — above the value of 1·10⁶ CFU/bee, LK₅₀ — above 100 ml/l; in determining the acute contact toxicity LD₅₀ above the value of 1·10⁵ CFU/bee, LK₅₀ — above 100 ml/l.

Key words: biopesticides, honey bees, insecticide Turinbash-G, acute oral toxicity; acute contact toxicity

For citation: Mishukovskaya G.S. et al. Estimation of acute toxicity of bioinsecticide Turinbash-G for honey bee *Apis mellifera mellifera* L. *Agrarian science*. 2023; 369(4): 21–26. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-369-4-21-26> (In Russian).

© Mishukovskaya G.S., Shelekhov D.V., Giniyatullin M.G., Andreeva A.V.

Введение / (Introduction)

В решении проблемы продовольственной безопасности и дальнейшего развития сельского хозяйства особое значение приобретает повышение продуктивности агробиотозов. Немаловажную роль в этом играют насекомые — опылители растений, так как 75% видов сельскохозяйственных культур в системах сельскохозяйственного и садоводческого производства являются энтомофильными [1]. Энтомофильными культурами в мире занято больше половины обрабатываемых площадей, и они дают более одной трети продуктов питания. В Российской Федерации около 190 видов растений (без учета лекарственных и декоративных) нуждаются в опылении насекомыми [2].

Однако в результате антропогенного воздействия в последние десятилетия во всем мире наблюдается сокращение биомассы и биоразнообразия энтомофауны. Недавнее исследование, проведенное на охраняемых территориях в Германии, показало, что за последнюю четверть века биомасса летающих насекомых сократилась более чем на 75% [3]. Еще большее сокращение наблюдается на неохраняемых территориях, особенно на землях сельскохозяйственного назначения, где применяются пестициды. В этих условиях роль медоносных пчел как основных опылителей растений продолжает возрастать. Преимущество использования пчел по сравнению с другими естественными опылителями состоит еще и в том, что пчелиная семья — это нескольких десятков тысяч особей, которых можно перевезти в нужное время к опыляемому участку.

Собирая нектар и пыльцу на посевах сельскохозяйственных культур, медоносные пчелы, так же как и другие представители энтомофауны, подвергаются воздействию широко используемых в растениеводстве агрохимикатов. Применение различных химических веществ для борьбы с сорняками, насекомыми-вредителями и патогенами растений ориентировано в основном на минимизацию потерь урожая, однако они наносят существенный вред и популяциям нецелевых организмов, включая медоносных пчел. Различные виды пестицидов могут представлять собой остатки фунгицидов, остающихся в растении после обработки семян, гербицидов, распыляемых непосредственно на сорняки, и, что особенно опасно, инсектицидов, которые могут воздействовать на пчел в результате прямого распыления либо могут быть занесены в улей с воздушным потоком. Пчелы-фуражиры, собирая нектар и пыльцу с обработанных химикатами растений, несут их в улей, где они попадают в организм внутриульевых пчел и личинок. Отравление пестицидами является одной из основных причин массовой гибели пчелиных семей, наблюдаемой в разных странах мира [4].

Среди большого спектра пестицидов, применяемых в растениеводстве в настоящее время, наиболее опасными для пчел являются инсектициды, поскольку мишени их действия — представители класса насекомых. В настоящее время для борьбы с насекомыми-вредителями доступны инсектициды, принадлежащие к разным классам, в том числе пиретроиды, фосфоорганические соединения, карбаматы, неоникотиноиды, а также инсектициды растительного происхождения, которые специфически воздействуют на метаболизм насекомых, рост и воспроизведение [5].

Большинство инсектицидов обладают нейротоксическим действием, активируя или блокируя ацетилхолиновые рецепторы (например, неоникотиноиды), ингибируя ацетилхолинэстеразы (карбаматы) или нарушая

функцию ионных каналов в мембранах нервных клеток (пиретроиды) [6].

Доказано влияние инсектицидов на иммунитет пчел. Фосфоорганические соединения, а также инсектициды растительного происхождения влияют на дифференцировку гемоцитов, а следовательно, и на процесс фагоцитоза. Некоторые инсектициды воздействуют на процессы меланизации и метаболизма фенолоксидазы. Многие синтетические инсектициды усиливают окислительный стресс — это может серьезно повлиять на выработку ряда антимикробных пептидов у насекомых [7].

Пчелы чувствительны ко всем инсектицидам, но наиболее токсичными для этих нецелевых насекомых являются авермектины ($LD_{50} = 0,04$ мкг/пчелу), неоникотиноиды ($LD_{50} = 0,03-3,6$ мкг/пчелу) и пиретроиды ($LD_{50} = 0,07-1,3$ мкг/пчелу). Ингибиторы ацетилхолинэстеразы и хлорорганические соединения также высокотоксичны для пчел, но их LD_{50} , как правило, на порядок выше — 0,2–1,8 мкг/пчелу и 0,8–5,1 мкг/пчелу соответственно. Хотя некоторые аналоги ювенильного гормона могут быть очень токсичными для медоносных пчел (гидропрен и метопрен), как правило, эти и другие ингибиторы роста лишь умеренно токсичны для перепончатокрылых, имея LD_{50} 30–150 мкг/пчелу [8].

К. Траупор и др. (2016) исследовали наличие пестицидов внутри ульев на трех коммерческих пасеках на восточном побережье США. В отобранных образцах пчел, перги и воска выявлены остаточные количества 93 пестицидов: фунгицидов, гербицидов и инсектицидов. Только в каждом из образцов перги обнаружено от 5 до 20 различных видов пестицидов. Выявлена четкая взаимосвязь между гибелью семей и концентрацией пестицидов в гнезде пчел [9].

Однако в настоящее время отказ от использования средств защиты растений невозможен, поскольку насекомые и сорняки сельскохозяйственных культур являются причиной потери не менее половины мировых запасов продовольствия. Увеличение активности насекомых-вредителей вследствие глобального потепления приведет к еще большим потерям. Ученые подсчитали, что даже при безопасном сценарии ежегодные потери урожая пшеницы достигнут 59 млн т при нынешнем объеме производства в 749,4 млн т. Вместе с рисом и кукурузой потери составят около 213 млн т [10].

Всё это диктует необходимость более широкого внедрения биологических методов защиты растений. Энтомопатогены, в том числе бактерии, грибы и вирусы, могут дополнять или даже заменять использование химических пестицидов, повышая уровень смертности и замедляя развитие и размножение популяций насекомых-вредителей.

Цель исследования — оценка токсического действия на медоносных пчел *A. mellifera mellifera* L. биологического инсектицида Туринбаш-Ж.

Материалы и методы исследования / Materials and methods of research

Исследования проведены в 2021 году в лаборатории пчеловодства ФГБОУ ВО «Башкирский ГАУ». При постановке экспериментов были использованы в качестве руководства «Методические рекомендации по оценке действия и потенциальной опасности пестицидов для медоносных пчел», утвержденные РАСХН и Департаментом ветеринарии Минсельхоза РФ, а также ГОСТ 33038-2014 и ГОСТ 33039-2014 «Методы испытаний химической продукции, представляющей опасность для окружающей среды». В ходе исследований

проводили оценку острой оральной токсичности и острой контактной токсичности действующего вещества препарата Туринбаш-Ж, разработанного ООО НВП «БашИнком» (Уфа, Россия).

Туринбаш-Ж — это инсектицид, действующим веществом которого является *Bacillus thuringiensis subsp. aizawai* (штамм 12K) и *Bacillus thuringiensis subsp. thuringiensis* (штамм ВНИИВЭА-177). Данный инсектицид эффективен против гусениц и личинок младших возрастов. Применяется для борьбы с вредителями овощных культур (колорадский жук, капустная моль), плодовых деревьев (плодовая и яблонная моль), листовых пород деревьев (непарный шелкопряд), хвойных пород деревьев (сосновый шелкопряд, шелкопряд монашенка).

В качестве вещества сравнения использовали биологический фунгицид BioSleep BW (Казань, Россия). В его состав входят бласто споры гриба *Beauveria bassiana* (штамм OPB-43) (титр не менее $1 \cdot 10^8$ КОЕ/мл). Препарат обладает направленным действием против возбудителей болезней сельскохозяйственных культур (препарат BioSleep BW organic утвержден для использования в органическом сельском хозяйстве согласно Стандарту международных аккредитованных органов сертификации по органическому производству и переработке, эквивалентному регламентам ЕС № 834/2007 и № 889/2008).

В опыте использованы медоносные пчелы *Apis mellifera mellifera* L. карпатской породы. Рамки с расплодом были получены от одной семьи, которая размещалась на пасеке в Уфимском районе Республики Башкортостан. Семья была здоровой, бактериальных и вирусных инфекций не выявлено.

С помощью сетчатого изолятора были получены разновозрастные одно- и двухсуточные пчелы, используемые в эксперименте. Пчел помещали в чистые, хорошо вентилируемые деревянные садки (по 10 пчел в каждый) и содержали при температуре 23–25 °С и относительной влажности 60–70%. Всего в опыте использовали 7 групп пчел (по три садка в каждой группе).

В качестве подкормки пчелы получали сахарный сироп в концентрации 500 г/л (50% вес/объем). Контрольная группа получала чистый сахарный сироп без добавок, опытные группы — сахарный сироп с добавлением инсектицидов в соответствующих концентрациях (табл. 1).

При определении острой оральной токсичности пчел не кормили в течение двух часов перед опытом. Затем в садки опытных групп помещали кормушки, содержащие по 10 мл сахарного сиропа с тестируемой дозой инсектицида, в садки контрольной группы — сироп без добавок. Через четыре часа кормушки с инсектицидом удаляли из садка, строго фиксируя количество потребленного сахарного сиропа в опытных и контрольной группах. После завершения опытного кормления и до конца эксперимента пчелы всех групп получали чистый сахарный сироп в концентрации 500 г/л (50% вес/объем). Корм и воду предоставляли в неограниченном количестве (*ad libitum*). Смертность пчел учитывали спустя 4 часа после начала теста и далее через каждые 24 часа до окончания опыта. В ходе эксперимента фиксировали

Таблица 1. Концентрация изучаемого препарата в сахарном сиропе (пероральный способ введения) и в водном растворе (контактный способ применения)
Table 1. Concentration of study drug in sugar syrup (oral administration) and in aqueous solution (contact administration)

Группа	Препарат	Определение оральной токсичности		Определение контактной токсичности	
		доза в 50%-ном растворе сахарозы		доза в водном растворе	
		мл/л	КОЕ/мл	мл/л	КОЕ/мл
Контрольная	-	-	-	-	-
Опытные группы					
1-я	Туринбаш-Ж	20	$2 \cdot 10^7$	20	$2 \cdot 10^7$
2-я	Туринбаш-Ж	50	$5 \cdot 10^7$	50	$5 \cdot 10^7$
3-я	Туринбаш-Ж	100	$1 \cdot 10^8$	100	$1 \cdot 10^8$
4-я	Bio Sleep BW	10	$1 \cdot 10^6$	10	$1 \cdot 10^6$
5-я	Bio Sleep BW	50	$5 \cdot 10^6$	50	$5 \cdot 10^6$
6-я	Bio Sleep BW	100	$1 \cdot 10^7$	100	$1 \cdot 10^7$

все аномальные поведенческие реакции пчел опытных и контрольной групп.

В качестве статистического метода обработки данных использован пробит-анализ [11]. По итогам эксперимента определена острая пероральная токсичность инсектицида Туринбаш-Ж (LD_{50} , выраженная в КОЕ *Bacillus thuringiensis subsp. aizawai* (штамм 12K) и *Bacillus thuringiensis subsp. thuringiensis* на пчелу).

Для теста на острую контактную токсичность также использовали молодых рабочих пчел одинакового возраста, которых содержали в деревянных садках при температуре воздуха 23–25 °С и относительной влажности 60–70%. В каждый садок заселяли по 10 пчел.

В качестве подкормки пчелы получали 50%-ный сахарный сироп. Корм и воду пчелам предоставляли в неограниченном количестве (*ad libitum*).

Анестезированных пчел опытных групп обрабатывали индивидуально путем нанесения микроаппликатором на верхнюю часть грудки каждой пчелы 1 мкл водного раствора инсектицидов в соответствующей концентрации (табл. 1). Пчелам контрольной группы на грудку наносили воду. После нанесения вещества пчел помещали в садок и обеспечивали сахарным сиропом и водой.

Смертность пчел учитывали спустя 4 часа после начала теста и далее через каждые 24 часа до окончания опыта. В ходе эксперимента фиксировали все аномальные поведенческие реакции пчел опытных и контрольной групп.

По итогам эксперимента определена острая контактная токсичность инсектицида Туринбаш-Ж LD_{50} , выраженная в КОЕ *Bacillus thuringiensis subsp. aizawai* (штамм 12K) и *Bacillus thuringiensis subsp. thuringiensis* на пчелу.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

При определении острой оральной токсичности через четыре часа, после того как корм с инсектицидом был удален из кормушки, гибели пчел в контрольной и опытных группах, получавших с кормом Туринбаш-Ж, не выявлено (табл. 2).

Не отмечено гибели также и через 24 часа. Через 48 часов в одном из садков 3-й группы погибла одна пчела, отход в этой группе составил 3,3%.

Через 72 часа регистрировали гибель пчел в двух садках в контроле (6,7%) и в одном садке в 3-й опытной группе, в 1-й и 2-й опытных группах отхода пчел не наблюдали. На 4-е сутки опыта (через 96 часов) отмечена гибель пчел практически во всех садках. Отход в контроле, а также в 1-й и 2-й опытных группах составил 13,3%, в 3-й — 16,7%.

По окончании эксперимента через 96 часов после подкормки сахарным сиропом с добавлением инсектицида Туринбаш-Ж смертность пчел в опытных группах не достигла уровня 50%. Максимальный показатель (16,7%) получен в 3-й опытной группе. Статистический анализ не выявил достоверных различий в показателях летальности пчел опытных и контрольной групп.

Оценка действия вещества сравнения на медоносных пчел показала, что при добавлении в корм инсектицида BioSleep BW смертность к концу эксперимента составила при минимальной и средней концентрации 6,7%, при максимальной — 13,3%. Достоверных различий с контролем и группами, получавшими Туринбаш-Ж, не выявлено.

Расход корма в контрольной и опытных группах находился на уровне 0,09–0,1 мл на группу пчел, или 0,009–0,01 мл/пчелу. Таким образом, в 1-й опытной группе каждая пчела получила с кормом дозу Туринбаш-Ж $2 \cdot 10^5$ КОЕ в перерасчете на действующее вещество, во 2-й — $5 \cdot 10^5$ КОЕ, в 3-й — $1 \cdot 10^6$ КОЕ.

Анализ полученных данных позволяет сделать вывод о том, что острая оральная токсичность действующего вещества пестицида Туринбаш-Ж составляет: $LD_{50} > 1 \cdot 10^6$ КОЕ/пчелу; $LK_{50} > 100$ мл/л.

Аномальных поведенческих реакций пчел в контрольной и опытных группах не выявлено.

При контактном внесении препарата Туринбаш-Ж не выявлено его негативного влияния на медоносных пчел. Смертность в садках 1–3-й групп при обработке препаратом к концу эксперимента находилась в пределах 13–16,7% (табл. 3).

Достоверных различий с контролем по показателю летальности в этих группах не выявлено. Также не выявлена зависимость показателя летальности пчел от дозы препарата. Не отмечено и достоверных различий в смертности пчел при сравнительном изучении препарата Туринбаш-Ж и вещества сравнения (препарат BioSleep BW).

Каждая пчела в процессе обработки получила 0,001 мл препарата Туринбаш-Ж, в перерасчете на действующее вещество в 1-й опытной группе — $2 \cdot 10^4$ КОЕ/пчелу, во 2-й — $5 \cdot 10^4$ КОЕ/пчелу, в 3-й — $1 \cdot 10^5$ КОЕ/пчелу.

Таблица 2. Летальность пчел и расход корма в садках при пероральном введении инсектицида Туринбаш-Ж, %

Table 2. Lethality of bees and feed consumption in cages after oral administration of insecticide Turinbash-G, %

Группа, препарат	Доза		Расход корма на одну пчелу, мл	Летальность пчел, %				
	мл/л	КОЕ/мл		через 4 часа	через 24 часа	через 48 часов	через 72 часа	через 96 часов
Контрольная	0	0	0,009	0	0	0	6,7	13,3
1-я опытная, Туринбаш-Ж	20	$2 \cdot 10^7$	0,01	0	0	0	0	13,3
2-я опытная, Туринбаш-Ж	50	$5 \cdot 10^7$	0,01	0	0	0	0	13,3
3-я опытная, Туринбаш-Ж	100	$1 \cdot 10^8$	0,009	0	0	3,3	3,3	16,7
4-я опытная, BioSleep BW	10	$1 \cdot 10^6$	0,009	0	3,3	3,3	3,3	6,7
5-я опытная, BioSleep BW	50	$5 \cdot 10^6$	0,009	0	6,7	6,7	6,7	6,7
6-я опытная, BioSleep BW	100	$1 \cdot 10^7$	0,01	3,3	3,3	3,3	10	13,3

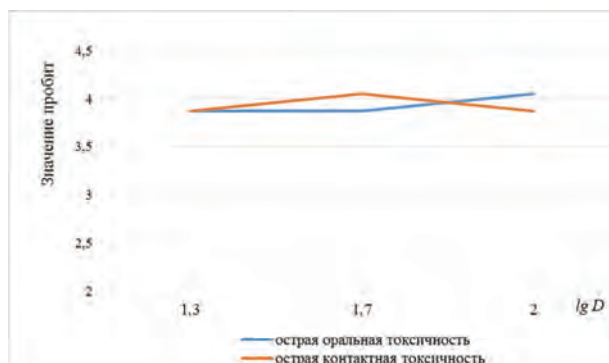
Таблица 3. Летальность пчел в зависимости от дозы препарата при контактном способе внесения, %

Table 3. Lethality of bees depending on the dose of the drug at contact method of application, %

Группа, препарат	Доза		Летальность пчел, %				
	мл/л	КОЕ/мл	через 4 часа	через 24 часа	через 48 часов	через 72 часа	через 96 часов
Контрольная	0	0	0	0	6,7	10,0	16,7
1-я опытная, Туринбаш-Ж	20	$2 \cdot 10^7$	0	3,3	6,7	6,7	13,3
2-я опытная, Туринбаш-Ж	50	$5 \cdot 10^7$	3,3	3,3	10,0	13,3	16,7
3-я опытная, Туринбаш-Ж	100	$1 \cdot 10^8$	0	0	3,3	6,7	13,3
7-я опытная, BioSleep BW	10	$1 \cdot 10^6$	0,0	6,7	6,7	10,0	13,3
8-я опытная, BioSleep BW	50	$5 \cdot 10^6$	0,0	0,0	3,3	10,0	16,7
9-я опытная, BioSleep BW	100	$1 \cdot 10^7$	0,0	0,0	3,3	13,3	13,3

Рис. 1. График зависимости «доза — эффект» через 96 часов после воздействия инсектицидом Туринбаш-Ж

Fig. 1. Dose-effect curve 96 hours after exposure to insecticide Turinbash-G



Таким образом, анализ результатов исследований свидетельствует о том, что при определении острой контактной токсичности действующего вещества препарата Туринбаш-Ж: LD₅₀ > 1x10⁵ КОЕ/пчелу; LK₅₀ > 100 мл/л.

Графически показатели летальности пчел по итогам пробит-анализа в опытных группах через 96 часов после начала эксперимента отражены на рисунке 1.

Аномальных поведенческих реакций пчел в контрольной и опытных группах не выявлено.

Полученные в ходе эксперимента данные согласуются с данными других исследователей. Так, Libardoni et al. (2021), добавляя препараты по основе *Bacillus thuringiensis* в разных концентрациях в канди для подкормки африканизированных пчел, не выявили снижения выживаемости, изменения поведения и длины ворсинок кишечника пчел, подвергнутых обработке по сравнению

с контролем [12]. Итальянские пчелы *A. mellifera*, которых кормили пыльцой, содержащей белки Cry-токсины, продуцируемые *Bacillus thuringiensis*, также не показали существенных отклонений в выживаемости, потреблении пыльцы, весе, активности ферментов детоксикации [13].

Выводы / Conclusion

Таким образом, исследования не выявили признаков острой токсичности биоинсектицида Туринбаш-Ж для медоносных пчел как при пероральном, так и при контактном воздействии препарата. LD₅₀ при определении острой оральной токсичности действующего вещества препарата Туринбаш-Ж лежит выше значения 1·10⁶ КОЕ/пчелу, LK₅₀ — выше значения 100 мл/л; при определении острой контактной токсичности — выше значения 1·10⁵ КОЕ/пчелу, LK₅₀ — выше значения 100 мл/л.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Cloyd R.A. Effects of Pesticides and Adjuvants on the Honey Bee, *Apis mellifera*: An Updated Bibliographic Review. Ranz R.E.R. (ed.) Modern Beekeeping - Bases for Sustainable Production. *IntechOpen*. 2019; 1. <https://doi.org/10.5772/intechopen.89082>
2. Ченикалова Е.В. Охрана и повышение эффективности природных опылителей в хозяйствах Ставропольского края. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2019; (5): 105–108. eLIBRARY ID: 41288890
3. Hallmann C.A., Sorg M., Jongejans E., Siepel H., Hofland N., Schwan H., Stenmans W., Müller A., Sumser H., Hörren Th., Goulson D., de Kroon H. More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLoS ONE*. 2017; 12(10): e0185809. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>
4. Goulson D., Nicholis E., Botias C., Rotheray E.L. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*. 2015; 347(6229): 1255957. <https://doi.org/10.1126/science.1255957>
5. Калининкова Т.Б., Гатиятуллина А.Ф., Егорова А.В. Токсическое действие пестицидов на пчел: обзор. *Российский журнал прикладной экологии*. 2021; (3): 50–57. <https://doi.org/10.24852/2411-7374.2021.3.50.57>
6. Casida J.E., Durkin K.A. Neuroactive insecticides: targets, selectivity, resistance, and secondary effects. *Annual Review of Entomology*. 2013; 58: 99–117. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120811-153645>
7. James R.R., Xu J. Mechanisms by which pesticides affect insect immunity. *Journal of Invertebrate Pathology*. 2012; 109(2): 175–182. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2011.12.005>
8. Sanchez-Bayo F. Insecticides mode of action in relation to their toxicity to non-target organisms. *Journal of Environmental & Analytical Toxicology*. 2011; S4: e002. <https://doi.org/10.4172/2161-0525.s4-002>
9. Traynor K.S., Pettis J.S., Tarpay D.R., Mullin Ch.A., Frazier J.L., Frazier M., van Engelsdorp D. In-hive Pesticide Exposome: Assessing risks to migratory honey bees from in-hive pesticide contamination in the Eastern United States. *Scientific Reports*. 2016; 6: 33207. <https://doi.org/10.1038/srep33207>
10. Deutsch C.A., Tewksbury J.J., Tigchelaar M., Battisti D.S., Merrill S.C., Huey R.B., Naylor R.L. Increase in crop losses to insect pests in a warming climate. *Science*. 2018; 361(6405): 916–919. <https://doi.org/10.1126/science.aat3466>

REFERENCES

1. Cloyd R.A. Effects of Pesticides and Adjuvants on the Honey Bee, *Apis mellifera*: An Updated Bibliographic Review. Ranz R.E.R. (ed.) Modern Beekeeping - Bases for Sustainable Production. *IntechOpen*. 2019; 1. <https://doi.org/10.5772/intechopen.89082>
2. Chenikalova E.V. Protection and efficiency improvement of natural pollinators on the farm holdings of Stavropol region. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2019; (5): 105–108 (In Russian) eLIBRARY ID: 41288890
3. Hallmann C.A., Sorg M., Jongejans E., Siepel H., Hofland N., Schwan H., Stenmans W., Müller A., Sumser H., Hörren Th., Goulson D., de Kroon H. More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLoS ONE*. 2017; 12(10): e0185809. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>
4. Goulson D., Nicholis E., Botias C., Rotheray E.L. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*. 2015; 347(6229): 1255957. <https://doi.org/10.1126/science.1255957>
5. Kalinnikova T.B., Gatiyatullina A.F., Egorova A.V. Toxic effects of pesticides on honey bees: review. *Russian Journal of Applied Ecology*. 2021; (3): 50–57. (In Russian) <https://doi.org/10.24852/2411-7374.2021.3.50.57>
6. Casida J.E., Durkin K.A. Neuroactive insecticides: targets, selectivity, resistance, and secondary effects. *Annual Review of Entomology*. 2013; 58: 99–117. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120811-153645>
7. James R.R., Xu J. Mechanisms by which pesticides affect insect immunity. *Journal of Invertebrate Pathology*. 2012; 109(2): 175–182. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2011.12.005>
8. Sanchez-Bayo F. Insecticides mode of action in relation to their toxicity to non-target organisms. *Journal of Environmental & Analytical Toxicology*. 2011; S4: e002. <https://doi.org/10.4172/2161-0525.s4-002>
9. Traynor K.S., Pettis J.S., Tarpay D.R., Mullin Ch.A., Frazier J.L., Frazier M., van Engelsdorp D. In-hive Pesticide Exposome: Assessing risks to migratory honey bees from in-hive pesticide contamination in the Eastern United States. *Scientific Reports*. 2016; 6: 33207. <https://doi.org/10.1038/srep33207>
10. Deutsch C.A., Tewksbury J.J., Tigchelaar M., Battisti D.S., Merrill S.C., Huey R.B., Naylor R.L. Increase in crop losses to insect pests in a warming climate. *Science*. 2018; 361(6405): 916–919. <https://doi.org/10.1126/science.aat3466>

11. Лошадкин Н.А., Гладких В.Д., Goldenkov V.A., Sinityn A.N., Дарина Л.В., Буланова Л.П. Пробит-метод в оценке эффектов физиологически активных веществ при низких уровнях воздействия. *Российский химический журнал (Журнал Российского химического общества им. Д.И. Менделеева)*. 2002; 46(6): 63–67.
12. Libardoni G., Neves P.M.O.J., Abati R., Sampaio A.R., Costa-Maia F.M., de Souza Vismara E., Lozano E.R., Potrich M. Possible interference of *Bacillus thuringiensis* in the survival and behavior of Africanized honey bees (*Apis mellifera*). *Scientific Reports*. 2021; 11: 3482. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82874-1>
13. Yi D., Fang Z., Yang L. Effects of Bt cabbage pollen on the honeybee *Apis mellifera* L. *Scientific Reports*. 2018; 8: 482. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-18883-w>

ОБ АВТОРАХ:

Галина Сергеевна Мишуковская,
доктор биологических наук, профессор,
Башкирский государственный аграрный университет,
ул. 50-летия Октября, 34, Уфа, 450001, Россия
mishukovskaya@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3892-9969>

Дмитрий Викторович Шелехов,
кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой,
Башкирский государственный аграрный университет,
ул. 50-летия Октября, 34, Уфа, 450001, Россия
shelehov_d_v@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3417-8774>

Марат Гиндуллинович Гиниятуллин,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
Башкирский государственный аграрный университет,
ул. 50-летия Октября, 34, Уфа, 450001, Россия
0803marat@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1337-5931>

Альфья Васильевна Андреева,
доктор биологических наук, профессор,
Башкирский государственный аграрный университет,
ул. 50-летия Октября, 34, Уфа, 450001, Россия
alfia_andreeva@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3947-7087>

11. Loshadkin N.A., Gladkikh V.D., Goldenkov V.A., Sinityn A.N., Darina L.V., Bulanova L.P. Probit-method in assessing the effects of physiologically active substances at low levels of exposure. *Russian Chemistry Journal*. 2002; 46(6): 63–67. (In Russian)

12. Libardoni G., Neves P.M.O.J., Abati R., Sampaio A.R., Costa-Maia F.M., de Souza Vismara E., Lozano E.R., Potrich M. Possible interference of *Bacillus thuringiensis* in the survival and behavior of Africanized honey bees (*Apis mellifera*). *Scientific Reports*. 2021; 11: 3482. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82874-1>

13. Yi D., Fang Z., Yang L. Effects of Bt cabbage pollen on the honeybee *Apis mellifera* L. *Scientific Reports*. 2018; 8: 482. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-18883-w>

ABOUT THE AUTHORS:

Galina Sergeevna Mishukovskaya,
Doctor of Biological Sciences, Professor,
Bashkir State Agrarian University,
34 50-letiya Oktyabrya Str., Ufa, 450001, Russia
mishukovskaya@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3892-9969>

Dmitry Viktorovich Shelekhov,
Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department,
Bashkir State Agrarian University,
34 50-letiya Oktyabrya Str., Ufa, 450001, Russia
shelehov_d_v@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3417-8774>

Marat Gindullinovich Giniyatullin,
Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Bashkir State Agrarian University,
34 50-letiya Oktyabrya Str., 450001 Ufa, Russia
0803marat@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1337-5931>

Alfia Vasilevna Andreeva,
Doctor of Biological Sciences, Professor,
Bashkir State Agrarian University,
34 50-letiya Oktyabrya Str., 450001 Ufa,
Russia
alfia_andreeva@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3947-7087>