

Обзорная статья/Review Article

УДК 619:616.935.7334:636

DOI: 10.36718/1819-4036-2023-11-180-189

Татьяна Юрьевна Дольникова<sup>1</sup>, Зимфира Якубовна Зинатуллина<sup>2✉</sup>

ВНИИ ветеринарной этномологии и арахнологии – филиал ФИЦ Тюменского научного центра СО РАН, Тюмень, Россия

<sup>1</sup>dolnikowa.tanya@yandex.ru

<sup>2</sup>nosema4@mail.ru

## ВЕТЕРИНАРНЫЕ ПРЕПАРАТЫ НА ОСНОВЕ МУРАВЬИНОЙ КИСЛОТЫ И ИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИ ВАРРОАТОЗЕ

Цель исследования – провести обзор методов борьбы с клещом *Varroa destructor*, основанных на применении в качестве действующего вещества муравьиной кислоты в России и за рубежом. Проведен анализ литературных источников на предмет показателей препаративных форм муравьиной кислоты для борьбы с паразитом. Приведены данные о влиянии периодов развития пчел, климатических условий и безопасного использования препаратов. В 1980-х гг. в России использовали муравьиную кислоту для борьбы с клещом методом испарения из плотных полиэтиленовых пакетов с отверстиями 2,0 и 4,5 см<sup>2</sup> для концентрирования и направления паров. Срок воздействия – до полного испарения кислоты. При наличии расплода обработку повторяют через 12 дней. Для продления срока действия разработана форма с использованием полимера. Позже за рубежом испытаны два гелевых состава с муравьиной кислотой: MAQS (Германия) и Varteminator (Италия). Максимальная эффективность в условиях пчел достигла 81,2 ± 16,0 %. Улучшение показателей происходило с применением испарителя Nassenheider Professional (NP) с использованием 60 % муравьиной кислоты при температурах среды не выше 35 °С. Смертность пчел при применении NP, как и в контрольной группе, отсутствовала. Результатами исследования явилось установление следующих параметров обработки: концентрация муравьиной кислоты 60–85 % при оптимальной температуре среды 17,5 ± 1,5 °С. Наибольшую скорость распространения и эффективность обработки получили использованием испарителя NP. Обработка парами концентрированной муравьиной кислоты освобождает пчел от клеща и положительно влияет на запечатанный расплод.

**Ключевые слова:** медоносные пчелы, варроатоз, *Varroa destructor*, муравьиная кислота, препаративные формы муравьиной кислоты

**Для цитирования:** Дольникова Т.Ю., Зинатуллина З.Я. Ветеринарные препараты на основе муравьиной кислоты и их эффективность при варроатозе // Вестник КрасГАУ. 2023. № 11. С. 180–189. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-11-180-189.

**Благодарности:** исследование проведено в рамках выполнения Государственного задания по проекту № 121042000066-6 (регистрационный номер 1021061810 287-7-4.3.1) «Изучение и анализ эпизоотического состояния по болезням инвазионной этиологии сельскохозяйственных и непродуктивных животных, пчел и птиц, изменения видового состава и биоэкологических закономерностей цикла развития паразитов в условиях смещения их ареалов».

Tatyana Yurievna Dolnikova<sup>1</sup>, Zimfira Yakubovna Zinatullina<sup>2✉</sup>

All-Russia Research Institute of Veterinary Ethnomology and Arachnology – branch of the Federal Research Center of the Tyumen Scientific Center SB RAS, Tyumen, Russia

<sup>1</sup>dolnikowa.tanya@yandex.ru

<sup>2</sup>nosema4@mail.ru

## VETERINARY PREPARATIONS BASED ON FORMIC ACID AND THEIR EFFECTIVENESS AGAINST VARROA DESTRUCTOR

The purpose of the study is to review methods of combating the *Varroa destructor* mite based on the use of formic acid as an active ingredient in Russia and abroad. An analysis of literary sources was carried out regarding the indicators of preparative forms of formic acid to combat the parasite. The influence of periods of bee development, climatic conditions and safe use of drugs is given. In the 1980s in Russia, formic acid was used to combat mites by evaporation from dense plastic bags with holes of 2.0 and 4.5 cm<sup>2</sup> to concentrate and direct the vapors. The period of exposure is until the acid evaporates completely. If there is brood, the treatment is repeated after 12 days. To extend the validity period, a form using polymer has been developed. Later, two gel compositions with formic acid were tested abroad: MAQS (Germany) and Varteminator (Italy). The maximum efficiency in apiary conditions reached 81.2 ± 16.0 %. Improved performance occurred with the use of a Nassenheider Professional (NP) evaporator using 60 % formic acid at ambient temperatures not exceeding 35 °C. There was no mortality among bees when using NP, as in the control group. The results of the study were the establishment of the following processing parameters: formic acid concentration 60–85 % at an optimal environmental temperature of 17.5 ± 1.5 °C. The highest propagation speed and processing efficiency were obtained using an NP evaporator. Treatment with concentrated formic acid vapor frees the bees from mites and has a positive effect on the sealed brood.

**Keywords:** honey bees, varroatosis, *Varroa destructor*, formic acid, preparative forms of formic acid

**For citation:** Dolnikova T. Yu., Zinatullina Z. Ya. Veterinary preparations based on formic acid and their effectiveness against varroa destructor // Bulliten KrasSAU. 2023;(11): 180–189. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-11-180-189.

**Acknowledgments:** research has been conducted within the framework of the State task under the project № 121042000066-6 (registration number 1021061810 287-7-4.3.1) "Epizootic status research and analysis of diseases of invasive etiology of agricultural and non-productive animals, bees and birds, changes in species composition and bio-ecological regularities of parasites development cycle in conditions of shifting their ranges".

**Введение.** Самыми высокоэффективными и быстродействующими акарицидами против клеща *Varroa destructor* являются фторсодержащие пиретроиды. Но наряду с положительными свойствами этого химического класса веществ за десятилетия его интенсивного использования накопились и отрицательные качества, такие как рост выживания и приспособление клеща, снижение эффективности и повышение дозировок, накопление остатков пестицидов в продуктах пчеловодства [1, 2]. Самым оптимальным решением этой проблемы является чередование обработок акарицидами разных химических классов. Они не позволяют клещам быстро вырабатывать устойчивость из-за смены механизма воздействия [3–5]. Большой интерес и внимание проявили исследователи к органическим кислотам. Эти соединения наиболее близки к природным и проявили акарицидный эффект в сочетании с невысоким уровнем токсичности для пчел. Кислоты муравьиная, щавелевая, молочная, лимонная и винная близки по

химическому строению друг другу и проявляют акарицидную активность против клещей *Varroa destructor*. Первое соединение этого ряда – муравьиная кислота – исследовано на проявление акарицидного эффекта российскими учеными в 1980-е гг. [6–8]. В производственных условиях была испытана муравьиная кислота концентрации 86,5–99,7 % [8]. В то же время появилось сообщение [9], что муравьиная кислота и целый ряд кислот: уксусная, фосфорная, пропионовая, азотная, соляная кислоты – в 10 % концентрации являются токсичными для пчел и безвредными для клещей. В качестве носителей были выбраны пластины пористого картона, пропитанные муравьиной кислотой, которые помещали в ульи на 12–21-й день. С целью ограничить скорость испарения муравьиной кислоты российскими учеными разработана и предложена гелевая форма препарата. Гель упаковывали в кислотонепроницаемые полиэтиленовые пакеты по 30 г действующего состава. Каждого пакета в условиях пасек хватало на 3–5 дней до полного

испарения. Экспериментальным путем установлен температурный режим 12–25 °С, достаточный для повышенной эффективности и безопасный для пчел и пчеловодов. Поскольку максимальную гибель клещей от воздействия паров муравьиной кислоты наблюдали в первые трое суток нахождения их в улье, необходимо было менять пакеты для поддержания продолжительного эффекта. В настоящее время в западных странах используют восковые пластины MAQS и Formic Pro, содержащие муравьиную кислоту, абсорбированную в гелевой матрице [10], а также Varteminator, который состоит из двух гелевых таблеток с муравьиной кислотой. Применяют также 60 % раствор муравьиной кислоты, который распределяют в улье с помощью испарителя Nassenheider Professional (NP). Отмеченная эффективность колеблется в пределах 35–75 % гибели клещей *Varroa destructor*. На эффективность лечения влияют температура окружающей среды, присутствие расплода и расстояние от источника паров муравьиной кислоты до медоносных пчел – носителей клеща. Муравьиная кислота является также единственным проверенным и действенным средством борьбы с заболеванием расплода медоносных пчел, вызванным паразитированием клеща рода *Tropilaelaps* [11, 12]. Этот клещ и заболевание распространено в азиатских странах, но отмечено появление и распространение его в южных регионах России.

**Цель исследования** – провести обзор методов борьбы с клещом *V. destructor*, основанных на применении муравьиной кислоты в России и за рубежом.

**Объекты и методы.** Объект исследования – варроатоз медоносных пчел. Методы исследования – сравнительно-аналитический и системный.

**Результаты и их обсуждение.** В последние три десятилетия и по настоящее время вектор интереса исследователей оказался направленным в сторону наиболее близких к природным соединениям. Так, оказались на волне интереса соединения, проявившие акарицидную активность, из класса органических кислородных кислот. Первым веществом в этом ряду является муравьиная кислота. Ее акарицидные свойства изучены российскими учеными еще в 1980-х гг. [6–9]. Проведение экспериментов в лабораториях и на пасаках показало, что муравьиная кислота проявляет акарицидную эффективность в

борьбе с клещом *Varroa destructor*, и на ее величину влияет ряд факторов. Их можно разделить на качественные и количественные параметры. Качественные включают сезоны обработок весенние (май-июнь) и осенние (август-сентябрь). Весенние обработки в сибирских условиях показывают наличие расплода, осенние показывают отсутствие расплода. В случае присутствия расплода обработку проводят повторно через 12 дней [7, 8]. Количественные параметры включают время экспериментов, температуру окружающего воздуха, количество муравьиной кислоты в пакете, концентрацию кислоты, площадь испарения, количество испарившейся кислоты, эффективность обработки и состояние пчелосемей после обработок. Сочетание этих параметров и дает разные величины эффективности и состояния пчелосемей. Время эксперимента до оценки эффекта в сибирских условиях в весенних обработках составляло 25 дней, в условиях европейских территорий нашей страны колебалось в диапазонах 15–25 и 12–21 день. В осенних обработках, где температура воздуха могла снизиться до 12±2 °С и ночные температуры снижались до 8–6 °С, длительность экспериментов не превышала 12 дней [6]. Количество вносимой в ульи кислоты, ее концентрация и площадь испарения многократно проверялись исследователями. Установили, что кислота 10 % концентрации токсична для пчел и безвредна для клещей [9]. Эффективными являются концентрации кислоты 86,5–99,7 %. При весенних обработках, где температура воздуха колеблется в диапазоне 25 ± 5 °С, а в вечернее и ночное время снижается до 15 °С, испаряемость кислоты зависит от площади испарения, и наибольший эффект получали при площади испарения 4,5 см<sup>2</sup> (испарились 141,7 ± 8,2 г кислоты). Но высокая испаряемость давала не только высокую эффективность (89 %), но и отставание развития пчелосемей, незначительную гибель молодых пчел. После удаления пакетов состояние пчелосемей восстанавливалось. Осенние обработки при температуре в среднем 12 °С и понижении ее в ночные часы до 8–6 °С показали снижение испаряемости до 28,8 ± 1,3 (площадь 2 см<sup>2</sup>) и 31,6 ± 3,3 г (площадь 4,5 см<sup>2</sup>) [6]. В результате полученных данных установлено, что муравьиная кислота, помещенная в весеннее время в ульи в пакетах с площадями испарения 4,5 и 2,0 см<sup>2</sup> при температурах 20±5 °С показала

эффективность  $58,0 \pm 31,0$  %. В осенний период при снижении температуры воздуха площади испарения кислоты перестают иметь значение и эффективность обработок снижается до 23,0–17,6 % [6]. Высокая концентрация паров муравьиной кислоты в гнездах пчел вызывает гибель молодых особей, а длительное пребывание препарата (25 дней) сдерживает развитие пчелиных семей. По данным исследователей [7], пары муравьиной кислоты вызывают максимальную гибель клещей *Varroa destructor* в первые 3 сут после помещения пакетов в улей. Поэтому пребывание пакетов с кислотой более 3–5 дней при нативном испарении не оправдано по эффективности и небезопасно для пчел.

В настоящее время муравьиная кислота используется во многих странах для борьбы с клещом *Varroa destructor*. Официально разрешено ее использование в Аргентине, Италии, Канаде, США, Австрии, Болгарии, на Кипре и в Коста-Рике [13]. Отмечая известные свойства муравьиной кислоты, в материалах Европейского медицинского агентства (ЕМЕА) сообщается о раздражающем воздействии на слизистые оболочки, глаза и кожу. Эти виды воздействия муравьиной кислоты зависят от концентрации и возникают при прямом контакте или вдыхании паров [14]. Имеющиеся данные позволяют предположить, что поражение *Varroa destructor* является результатом местных эффектов, вызванных коррозионным действием паров муравьиной кислоты. Помимо этого поглощенные пары кислоты вызывают ацидоз и нарушают энергообеспечение клеща путем ингибирования митохондриальной дыхательной цепи, что приводит к нейровозбуждающему действию на нейроны членистоногих. Муравьиная кислота в виде пара (испарение 60 % кислоты) активна против взрослых клещей на медоносных пчелах и убивает нимф клещей в закрытых расплодных ячейках. В дополнение к этой информации была показана различная активность против самцов и самок взрослых клещей под крышкой расплода, что имеет последствия для размножения клещей, так как спаривание и оплодотворение происходит внутри ячеек [14]. В лабораторных условиях муравьиная кислота в концентрации 0,5 % не показала акарицидной эффективности в течение первых 24 ч. Но результаты указывают на отсроченную акарицидную активность в течение 144 ч после применения [14]. Результаты исследований механизма воздействия му-

равьиной кислоты на клеща *Varroa destructor* с помощью жидкостной хроматографии/масс-спектрометрии/масс-спектрометрии (ЖХ-МС/МС) показали нарушение синтеза белка клеточного дыхания, повышенный эндоцитоз и индукцию белков теплового шока. Эти данные свидетельствуют о нарушении клеточного дыхания в результате обработки муравьиной кислотой и увеличении механизмов клеточной защиты [15]. Наибольший интерес представляют результаты ученых Центральной Италии, оформленные в виде протокола [16]. Они проверили эффективность акарицидного действия против *Varroa destructor* и токсичность для медоносных пчел в результате летних обработок. Обработки проведены на трех различных пасеках в Центральной Италии с помощью испарителя Nassenheider Professional (NP), заполненного 290 мл 60 % муравьиной кислоты, рабочий интервал температур которого от 8 до 35 °С. Для введения паров использовали U-образный фитиль для 10-дневных обработок. Учитывая эффективность и токсичность при обработке жидкой муравьиной кислотой, этот способ использования муравьиной кислоты для борьбы с клещом *Varroa destructor* может быть применен в зонах с умеренным климатом [16]. Полученные данные согласуются как с результатами экспериментов, проведенных ранее [17–19], так и результатами, полученными позднее [20, 21]. Определение остатков в меде [22] и воске [23, 24] проведено после обработки в полевых условиях муравьиной и щавелевой кислотой исследованиями американских и израильских ученых. Учитывая высокую скорость испарения муравьиной кислоты при летних температурах, исследователи искали возможность продления времени ее действия в полевых условиях. Для этого в составы препаративных форм кислоты введены полимеры, которые обеспечивали пролонгирование акарицидного эффекта. Наибольших успехов в этом направлении достигли два состава: MAQS (Mite Away Quick Strips, NOD Europe Ltd, Germany) и таблетки Varteminator (IZO, Italya). В полосках MAQS муравьиная кислота абсорбирована в гелевой матрице. Каждая полоска содержит 68,2 г муравьиной кислоты. Наблюдения проводили в течение 7 дней. Акарицидная эффективность составила  $49,3 \pm 14,9$  %. Varteminator содержит 2 гелевых таблетки массой по 250 г. Каждая таблетка содержит 90 г муравьиной кислоты, наблюдения продолжали в

течение 10 дней. Дневная температура находилась в пределах 15–35 °С для оптимального эффекта. Акарицидная эффективность составила  $81,2 \pm 16,0$  % [16]. Помимо свободного испарения кислоты из составов гелевых полос и из таблеток использовали испаритель NP раствора 60 % муравьиной кислоты в заданном температурном режиме. Акарицидная эффективность при его работе составила  $73,2 \pm 12,5$  %. Что касается токсичности обработок для медоносных пчел, то только на одной из трех экспериментальных пасек наблюдали снижение количества вышедшего расплода по сравнению с контрольными семьями. Там, где были использованы MAQS и Varteminator, убыль пчел составила 12,5 %. А применение испарителя NP обеспечило отсутствие гибели пчел и маток [25]. Эксперименты по спасению пчелосемей обработкой муравьиной кислотой в пустынном жарком сухом климате Израиля и высокой степени поражения клещом в июне, а затем в августе показали положительные результаты: 8 последовательных обработок муравьиной кислотой в течение месяца в июне, а затем 8 обработок в августе дали снижение в 10 раз количества клещей на пчелах по сравнению с контрольными группами и не причинили вреда пчелам. Июньские обработки показали достаточность для поддержания улья в течение лета до проведения контрольных мероприятий осенью [26]. Румынские ученые подтвердили полезность обработок в весеннее и летнее время парами 65 % муравьиной кислоты в одно- или двукратное применение на запечатанном расплоде [27–29]. Исследователи из Хорватии (Загреб) провели экспериментальную работу по определению акарицидного действия 15 % муравьиной кислоты на пасаках. Эффективность лечения медоносных пчел в этих случаях зависит от формы применения, расположения источника в улье, температуры воздуха. Наибольшую эффективность лечения получили при расположении губок, пропитанных 15 % муравьиной кислотой, расположенных на нижней доске и верхней планке. Количество кислоты для обработки – 1,8 л. Разбавленная муравьиная кислота снижала реакцию пчел на лечение. При таких условиях положительное значение имели более высокие температуры воздуха –  $30,0 \pm 5,0$  °С. Они повышали эффективность обработок до 65–95 % [30–32]. В климатических условиях Индии, Пакистана, Египта проведены сравнитель-

ные испытания эффективности муравьиной кислоты, эфирных масел растений и флуметрина в виде полос Bayvarol [33–38]. Результаты по эффективности 65 % муравьиной кислоты в сравнении с дигидратом щавелевой кислоты и флуметрином оказались на уровне 60 %. Но они положительно повлияли на увеличение медосбора и увеличение площади расплода. Опыты провели весной (март-апрель) 2008 г., используя дозу 20 мл на семью. Кислоту наносили на хлопчатобумажную салфетку, постеленную на поддоне и закрепленную сеткой. Обработку повторяли трижды, используя 60 мл муравьиной кислоты. Полученные в ранних экспериментах более высокие значения эффективности авторы связывают с обработкой в безрасплодный период [35–37]. Эффективность обработок пчелиных семей муравьиной кислотой исследована в разных условиях [38–42]. Исследованы три метода обработок: метод фитиля, метод струйки и метод верхней планки. Трехнедельная обработка показала, что наибольшую эффективность (84,4 %) по сравнению с контролем показал метод верхней планки. Несколько ниже по эффективности оказались методы фитильной (75,9 %) и струйной (75 %) обработок. Обработка муравьиной кислотой (5 мл на улей 85 % кислоты) обеспечила снижение численности клещей на 85,3 % по сравнению с контролем. Площадь расплода увеличилась во всех обработанных семьях, но сила и запасы семей остались сравнимы с контролем. Ученые из Германии [28] 8 лет изучали влияние температуры окружающей среды, размера улья (одно- и двухкорпусные) и типа дозатора на успешность обработки 60 % и 85 % муравьиной кислотой [43–45]. Полученные результаты они объединили в линейную регрессионную модель. Обработка 60 % муравьиной кислотой показала большую изменчивость и сниженную эффективность ( $51,9 \pm 27,8$  %), особенно в двухкорпусных ульях. При обработке 85 % муравьиной кислотой достигается более высокая эффективность –  $65,7 \pm 27,6$  %, низкая изменчивость и при этом снижается зависимость от температуры окружающей среды. Благодаря использованию распылителя NP достигнута более высокая эффективность обработки (+10,5 %) по сравнению с другими типами распылителей [28]. Отмечено, что 85 % муравьиная кислота даже при низких температурах (8–13 °С) окружающей среды более эффективна, чем 60 % кислота. Выявлено, что оп-

тимальной температурой для обработки муравьиной кислотой является интервал  $17,5 \pm 1,5$  °С и использование распылителя NP.

**Заключение.** Как показывает анализ литературных данных, муравьиная кислота используется для обработок пчелиных семей от паразитов *Varroa destructor*. Для достижения максимального эффекта необходим ряд условий:

1. Концентрация муравьиной кислоты должна быть 85 %, но не менее 60 %.

2. Оптимальная температура окружающей среды  $17,5 \pm 1,5$  °С. Температура не должна превышать 35 °С.

3. Использование испарителя Nassenheider Professional (NP) обеспечивает наибольшую скорость и равномерность распространения паров муравьиной кислоты, снижает токсичность обработки и не приводит к гибели рабочих пчел и маток. Применение нативного испарения кислоты приводит к высокой скорости испарения и неравному распределению паров, что требует замены пакетов через трое суток и показывает частичную гибель пчел на уровне 12,5 %.

4. Гелевые формы-полоски MAQS (NOD Europe Ltd, Germany) и таблетки Varteminator (IZO, Italya) благодаря высокому содержанию кислоты и замедленной скорости действия позволяют продлить время обработки от 7 до 10 дней, при этом гибель пчел не превышает 12,5 %.

5. Обработка парами муравьиной кислоты обеспечивает освобождение пчелосемей от клеща *Varroa destructor* и положительно влияет на запечатанный расплод.

#### Список источников

1. Carreck N.L., Ball B.V., Martin S.J. Honey bee colony collapse and changes in viral prevalence associated with *Varroa destructor* // Journal of Apicultural Research. 2010. V. 49, № 1. P. 93–94.
2. Resistance to amitraz and flumethrin in *Varroa destructor* populations from Veracruz, Mexico / S.R. Rodríguez-Dehaibes [et al.] // Journal of apicultural research. 2005. V. 44, № 3. P. 124–125.
3. Optimal management strategy of insecticide resistance under various insect life histories: Heterogeneous timing of selection and interpatch dispersal / M. Sudo [et al.] // Evolutionary applications. 2018. V. 11, № 2. P. 271–283.
4. Acaricide rotation plan for control of *Varroa* / P.J. Eizen [et al.] // American Bee Journal. 2001. V. 141, № 6. P. 412–414.
5. Rosenkranz P., Aumeier P., Ziegelmann B. Biology and control of *Varroa destructor* // Journal of invertebrate pathology. 2010. V. 103. P. S96–S119.
6. Васильков Н.А., Домацкая Т.Ф. Муравьиная кислота в борьбе с варроатозом пчел // Вопросы ветеринарной арахно-энтомологии. 1986. Вып. 30. С. 40–43.
7. Новое в применении муравьиной кислоты / А.М. Смирнов [и др.] // Пчеловодство. 1984. № 9. С. 16–18.
8. Муравьиная кислота при варроатозе / Г.Н. Котова [и др.] // Пчеловодство. 1981. № 11. С. 20–22.
9. Кенигер Н. Применение кислот и других натуральных веществ для борьбы с варроатозом // Апиакта. 1984. № 2. С. 33.
10. Milbrath M. Keeping your bees safe from the varroa mite. Michigan, 2018. P. 1–20.
11. Management of ecto-parasitic mite, *Tropilaelaps mercedesae* Anderson and Morgan in honeybee, *Apis mellifera* Lin. colonies in the mid-hill areas of Nepal / S. Bista [et al.] // Journal of Bioscience and Agriculture Research. V. 23, № 2. P. 1944–1956.
12. Effect of thymol and formic acid against ectoparasitic brood mite *Tropilaelaps clareae* in *Apis mellifera* colonies / M. Rashid [et al.] // Pakistan Journal of Zoology. 2011. V. 43, № 1. P. 91–95.
13. Jack C.J., Ellis J.D. Integrated pest management control of *Varroa destructor* (Acari: Varroidae), the most damaging pest of (*Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae)) colonies // Journal of Insect Science. 2021. V. 21, № 5. P. 6.
14. CVMP assessment report for VarroMed (EMA/V/C/002723/0000) common name: oxalic acid (as dihydrate) / formic acid. EMA / 664782 / 2016. Veterinary Medicines Division. Formic acid. part 4.
15. Influence of formic acid treatment on the proteome of the ectoparasite *Varroa destructor* / A. Genath [et al.] // PloS one. 2021. V. 16, № 10. P. e0258845.
16. Pietropaoli M., Formato G. Liquid formic acid 60 % to control varroa mites (*Varroa destructor*) in honey bee colonies (*Apis mellifera*): pro-

- tol evaluation // Journal of Apicultural Research. 2018. V. 57, № 2. P. 300–307.
17. Formic acid-based treatments for control of Varroa destructor in a Mediterranean area / A. Satta [et al.] // Journal of economic entomology. 2005. V. 98. № 2. P. 267–273.
  18. A new product with formic acid for Varroa jacobsoni Oud. control in Argentina. I. Efficacy / M. Eguaras [et al.] // Journal of Veterinary Medicine, Series B. 2001. T. 48, № 1. C. 11–14.
  19. Efficacy of formic acid in gel for Varroa control in Apis mellifera L.: importance of the dispenser position inside the hive / M. Eguaras [et al.] // Veterinary Parasitology. 2003. V. 111, № 2-3. P. 241–245.
  20. Valutazione dell'efficacia acaricida dell'acido formico in gel (MAQSTM) / A. Giacomelli [et al.] // Apitalia. 2012. № 5. P. 27–33.
  21. Efficacy and safety of Varterminator, a new formic acid medicine against the varroa mite / M. Giusti [et al.] // Journal of Apicultural Research. 2017. V. 56, № 2. P. 162–167.
  22. Determination of residues in honey after treatments with formic and oxalic acid under field conditions / S. Bogdanov [et al.] // Apidologie. 2002. V. 33, № 4. P. 399–409.
  23. Bernardini M., Gardi T. Influence of acaricide treatments for varroa control on the quality of honey and beeswax // Apitalia. 2001. V. 28, № 7-8. P. 21–24.
  24. Bogdanov S., Kilchenmann V., Bütikofer U. Determination of acaricide residues in beeswax: Collaborative study // Apiacta. 2003. V. 38, № 3. P. 235–245.
  25. Pietropaoli M., Formato G. Acaricide efficacy and honey bee toxicity of three new formic acid-based products to control Varroa destructor // Journal of Apicultural Research. 2019. V. 58, № 5. P. 824–830.
  26. Lupo A., Gerling D. A comparison between the efficiency of summer treatments using formic acid and Taktic® against Varroa jacobsoni in beehives // Apidologie. 1990. V. 21, № 3. P. 261–267.
  27. Căuia E., Căuia D. Improving the Varroa (Varroa destructor) Control Strategy by Brood Treatment with Formic Acid – A Pilot Study on Spring Applications // Insects. 2022. V. 13, № 2. P. 149.
  28. Steube X., Beinert P., Kirchner W.H. Efficacy and temperature dependence of 60 % and 85 % formic acid treatment against Varroa destructor // Apidologie. 2021. V. 52, № 3. P. 720–729.
  29. Preliminary researches regarding the effectiveness of the formic acid treatment on varroa (Varroa destructor) found in the artificially decapped bee brood / A. Siceanu [et al.] // Journal of Agricultural Science and Technology A & B. 2019. V. 9. P. 248–261.
  30. Djelotvornost razrijeđene mravlje kiseline na varoosu u pčelinjim zajednicama pri različitim oblicima primjene / M. Muža [et al.] // Journal of Central European Agriculture. 2001. V. 2, № 3-4. P. 293–301.
  31. Calderone N.W., Nasr M.E. Evaluation of a formic acid formulation for the fall control of Varroa jacobsoni (Acari: Varroidae) in colonies of the honey bee Apis mellifera (Hymenoptera: Apidae) in a temperate climate // Journal of Economic Entomology. 1999. V. 92, № 3. P. 526–533.
  32. A gel formulation of formic acid for the control of parasitic mites of honey bees / M.F. Feldlaufer [et al.] // American bee journal (USA). 1997. V. 137, № 9. P. 661–663.
  33. Management of varroa mite, Varroa destructor by essential oil and formic acid in Apis mellifera Linn. colonies / G. Vimla [et al.] // Journal of Natural Products (India). 2013. V. 6. P. 206–210.
  34. Continuous management of Varroa mite in honey bee, Apis mellifera, colonies / H.F. Abou-Shaara [et al.] // Acarina. 2014. V. 22, № 2. P. 149–156.
  35. Abd El-Wahab T.E., Ebadah I.M.A., Zidan E.W. Control of Varroa mite by essential oils and formic acid with their effects on grooming behaviour of honey bee colonies // J. Basic. Appl. Sci. Res. 2012. V. 2, № 8. P. 7674–7680.
  36. The comparison efficacy of fluvalinate and formic acid 65 % against honey bee parasitic mite Varroa jacobsoni oud / R. Bahreini [et al.] // Proceedings of the 37th International Apicultural Congress. 2001. V. 28.
  37. Control of Varroa destructor using oxalic acid, formic acid and bayvarol strip in Apis mellifera (Hymenoptera: Apidae) colonies / R. Mahmood [et al.] // Pakistan Journal of Zoology. 2012. V. 44, № 6. P. 1473–1477.
  38. Asha R.G., Sharma S.K. Comparative evaluation of oxalic acid and formic acid against Varroa destructor Anderson and Trueman in

- Apis mellifera* L. colonies // J. Entomol. Zool. Stud. 2014. V. 2. P. 119–124.
39. *Underwood R.M., Currie R.W.* Effect of concentration and exposure time on treatment efficacy against varroa mites (Acari: Varroidae) during indoor winter fumigation of honey bees (Hymenoptera: Apidae) with formic acid // Journal of economic entomology. 2005. V. 98, № 6. P. 1802–1809.
  40. Effectiveness of formic acid on varroa mortality in capped brood cells of Africanized honey bees / *R.A. Calderon* [et al.] // Journal of Apicultural Research. 2000. V. 39, № 3-4. P. 177–179.
  41. *Calderone N.W.* Effective fall treatment of *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) with a new formulation of formic acid in colonies of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) in a temperate climate // Journal of economic Entomology. 2000. V. 92. P. 526–533.
  42. *Underwood R.M.* The use of formic acid for control of *Varroa destructor* Anderson and Trueman and other pests in overwintering honey bee, *Apis mellifera* L., colonies. 2005.
  43. Efficacies of formic, oxalic and lactic acids against *Varroa destructor* in naturally infested honeybee (*Apis mellifera* L.) colonies in Turkey / *A.O. Girişgin* [et al.] // Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi. 2010. V. 16, № 6. P. 941–945.
  44. *Marinelli E., De Santis L., De Pace F.M.* Impiego del timolo e dell'acido formico per il controllo della varroatosi nel Lazio // Apitalia. 2007. V. 1. P. 1–4.
  45. *Van Engelsdorp D., Underwood R.M., Cox-Foster D.L.* Short-term fumigation of honey bee (Hymenoptera: Apidae) colonies with formic and acetic acids for the control of *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) // Journal of economic entomology. 2008. V. 101, № 2. P. 256–264.
  - apicultural research. 2005. V. 44, № 3. P. 124–125.
  3. Optimal management strategy of insecticide resistance under various insect life histories: Heterogeneous timing of selection and interpatch dispersal / *M. Sudo* [et al.] // Evolutionary applications. 2018. V. 11, № 2. P. 271–283.
  4. Acaricide rotation plan for control of *Varroa* / *P.J. Eizen* [et al.] // American Bee Journal. 2001. V. 141, № 6. P. 412–414.
  5. *Rosenkranz P., Aumeier P., Ziegelmann B.* Biology and control of *Varroa destructor* // Journal of invertebrate pathology. 2010. V. 103. P. S96–S119.
  6. *Vas'kov N.A., Domackaya T.F.* Murav'inaya kislota v bor'be s varroatozom pchel // Voprosy veterinarnoj arahno-entomologii. 1986. Vyp. 30. S. 40–43.
  7. Novoe v primenenii murav'inoj kisloty / *A.M. Smirnov* [i dr.] // Pchelovodstvo. 1984. № 9. S. 16–18.
  8. Murav'inaya kislota pri varroatoze / *G.N. Kotova* [i dr.] // Pchelovodstvo. 1981. № 11. S. 20–22.
  9. *Keniger N.* Primenenie kislot i drugih natural'nyh veschestv dlya bor'by s varroatozom // Apiakta. 1984. № 2. S. 33.
  10. *Milbrath M.* Keeping your bees safe from the varroa mite. Michigan, 2018. P. 1–20.
  11. Management of ecto-parasitic mite, *Tropilaelaps mercedesae* Anderson and Morgan in honeybee, *Apis mellifera* Lin. colonies in the mid-hill areas of Nepal / *S. Bista* [et al.] // Journal of Bioscience and Agriculture Research. V. 23, № 2. P. 1944–1956.
  12. Effect of thymol and formic acid against ectoparasitic brood mite *Tropilaelaps clareae* in *Apis mellifera* colonies / *M. Rashid* [et al.] // Pakistan Journal of Zoology. 2011. V. 43, № 1. P. 91–95.
  13. *Jack C.J., Ellis J.D.* Integrated pest management control of *Varroa destructor* (Acari: Varroidae), the most damaging pest of (*Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae)) colonies // Journal of Insect Science. 2021. V. 21, № 5. P. 6.
  14. CVMP assessment report for VarroMed (EMA/V/C/002723/0000) common name: oxalic acid (as dihydrate) / formic acid. EMA / 664782 / 2016. Veterinary Medicines Division. Formic acid. part 4.

### References

1. *Carreck N.L., Ball B.V., Martin S.J.* Honey bee colony collapse and changes in viral prevalence associated with *Varroa destructor* // Journal of Apicultural Research. 2010. V. 49, № 1. P. 93–94.
2. Resistance to amitraz and flumethrin in *Varroa destructor* populations from Veracruz, Mexico / *S.R. Rodríguez-Dehaibes* [et al.] // Journal of

15. Influence of formic acid treatment on the proteome of the ectoparasite *Varroa destructor* / A. Genath [et al.] // PLoS one. 2021. V. 16, № 10. P. e0258845.
16. Pietropaoli M., Formato G. Liquid formic acid 60 % to control varroa mites (*Varroa destructor*) in honey bee colonies (*Apis mellifera*): protocol evaluation // Journal of Apicultural Research. 2018. V. 57, № 2. P. 300–307.
17. Formic acid-based treatments for control of *Varroa destructor* in a Mediterranean area / A. Satta [et al.] // Journal of economic entomology. 2005. V. 98, № 2. P. 267–273.
18. A new product with formic acid for *Varroa jacobsoni* Oud. control in Argentina. I. Efficacy / M. Eguaras [et al.] // Journal of Veterinary Medicine, Series B. 2001. T. 48, № 1. C. 11–14.
19. Efficacy of formic acid in gel for *Varroa* control in *Apis mellifera* L.: importance of the dispenser position inside the hive / M. Eguaras [et al.] // Veterinary Parasitology. 2003. V. 111, № 2-3. P. 241–245.
20. Valutazione dell'efficacia acaricida dell'acido formico in gel (MAQSTM) / A. Giacomelli [et al.] // Apitalia. 2012. № 5. P. 27–33.
21. Efficacy and safety of Varterminator, a new formic acid medicine against the varroa mite / M. Giusti [et al.] // Journal of Apicultural Research. 2017. V. 56, № 2. P. 162–167.
22. Determination of residues in honey after treatments with formic and oxalic acid under field conditions / S. Bogdanov [et al.] // Apidologie. 2002. V. 33, № 4. P. 399–409.
23. Bernardini M., Gardi T. Influence of acaricide treatments for varroa control on the quality of honey and beeswax // Apitalia. 2001. V. 28, № 7-8. P. 21–24.
24. Bogdanov S., Kilchenmann V., Bütikofer U. Determination of acaricide residues in beeswax: Collaborative study // Apiacta. 2003. V. 38, № 3. P. 235–245.
25. Pietropaoli M., Formato G. Acaricide efficacy and honey bee toxicity of three new formic acid-based products to control *Varroa destructor* // Journal of Apicultural Research. 2019. V. 58, № 5. P. 824–830.
26. Lupo A., Gerling D. A comparison between the efficiency of summer treatments using formic acid and Taktic® against *Varroa jacobsoni* in beehives // Apidologie. 1990. V. 21, № 3. P. 261–267.
27. Căuia E., Căuia D. Improving the *Varroa destructor* Control Strategy by Brood Treatment with Formic Acid – A Pilot Study on Spring Applications // Insects. 2022. V. 13, № 2. P. 149.
28. Steube X., Beinert P., Kirchner W.H. Efficacy and temperature dependence of 60 % and 85 % formic acid treatment against *Varroa destructor* // Apidologie. 2021. V. 52, № 3. P. 720–729.
29. Preliminary researches regarding the effectiveness of the formic acid treatment on varroa (*Varroa destructor*) found in the artificially decapped bee brood / A. Siceanu [et al.] // Journal of Agricultural Science and Technology A & B. 2019. V. 9. P. 248–261.
30. Djelotvornost razrijeđene mravlje kiseline na varoosu u pčelinjim zajednicama pri različitim oblicima primjene / M. Muža [et al.] // Journal of Central European Agriculture. 2001. V. 2, № 3-4. P. 293–301.
31. Calderone N.W., Nasr M.E. Evaluation of a formic acid formulation for the fall control of *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) in colonies of the honey bee *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) in a temperate climate // Journal of Economic Entomology. 1999. V. 92, № 3. P. 526–533.
32. A gel formulation of formic acid for the control of parasitic mites of honey bees / M.F. Feldlaufer [et al.] // American bee journal (USA). 1997. V. 137, № 9. P. 661–663.
33. Management of varroa mite, *Varroa destructor* by essential oil and formic acid in *Apis mellifera* Linn. colonies / G. Vimla [et al.] // Journal of Natural Products (India). 2013. V. 6. P. 206–210.
34. Continuous management of *Varroa* mite in honey bee, *Apis mellifera*, colonies / H.F. Abou-Shaara [et al.] // Acarina. 2014. V. 22, № 2. P. 149–156.
35. Abd El-Wahab T.E., Ebadah I.M.A., Zidan E.W. Control of *Varroa* mite by essential oils and formic acid with their effects on grooming behaviour of honey bee colonies // J. Basic. Appl. Sci. Res. 2012. V. 2, № 8. P. 7674–7680.
36. The comparison efficacy of fluralinate and formic acid 65 % against honey bee parasitic mite *Varroa jacobsoni* oud / R. Bahreini [et al.] // Proceedings of the 37th International Apicultural Congress. 2001. V. 28.

37. Control of *Varroa destructor* using oxalic acid, formic acid and bayvarol strip in *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) colonies / R. Mahmood [et al.] // Pakistan Journal of Zoology. 2012. V. 44, № 6. P. 1473–1477.
38. Asha R.G., Sharma S.K. Comparative evaluation of oxalic acid and formic acid against *Varroa destructor* Anderson and Trueman in *Apis mellifera* L. colonies // J. Entomol. Zool. Stud. 2014. V. 2. P. 119–124.
39. Underwood R.M., Currie R.W. Effect of concentration and exposure time on treatment efficacy against varroa mites (Acari: Varroidae) during indoor winter fumigation of honey bees (Hymenoptera: Apidae) with formic acid // Journal of economic entomology. 2005. V. 98, № 6. P. 1802–1809.
40. Effectiveness of formic acid on varroa mortality in capped brood cells of Africanized honey bees / R.A. Calderon [et al.] // Journal of Apicultural Research. 2000. V. 39, № 3-4. P. 177–179.
41. Calderone N.W. Effective fall treatment of *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) with a new formulation of formic acid in colonies of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) in a temperate climate // Journal of economic Entomology. 2000. V. 92. P. 526–533.
42. Underwood R.M. The use of formic acid for control of *Varroa destructor* Anderson and Trueman and other pests in overwintering honey bee, *Apis mellifera* L., colonies. 2005.
43. Efficacies of formic, oxalic and lactic acids against *Varroa destructor* in naturally infested honeybee (*Apis mellifera* L.) colonies in Turkey / A.O. Girişgin [et al.] // Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi. 2010. V. 16, № 6. P. 941–945.
44. Marinelli E., De Santis L., De Pace F.M. Impiego del timolo e dell'acido formico per il controllo della varroatosi nel Lazio // Apitalia. 2007. V. 1. P. 1–4.
45. Van Engelsdorp D., Underwood R.M., Cox-Foster D.L. Short-term fumigation of honey bee (Hymenoptera: Apidae) colonies with formic and acetic acids for the control of *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) // Journal of economic entomology. 2008. V. 101, № 2. P. 256–264.

Статья принята к публикации 03.10.2023 / The article accepted for publication 03.10.2023.

Информация об авторах:

**Татьяна Юрьевна Дольникова**<sup>1</sup>, научный сотрудник лаборатории болезней пчел, кандидат химических наук

**Зимфира Якубовна Зинатуллина**<sup>2</sup>, научный сотрудник лаборатории болезней пчел, кандидат биологических наук

Information about the authors:

**Tatyana Yurievna Dolnikova**<sup>1</sup>, Researcher, Laboratory of Bee Diseases, Candidate of Chemical Sciences

**Zimfira Yakubovna Zinatullina**<sup>2</sup>, Researcher, Laboratory of Bee Diseases, Candidate of Biological Sciences

