

УДК 638.12

ВЛИЯНИЕ ФУЛЬВОКИСЛОТЫ НА УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЖИЗНИ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПЧЕЛ

© 2023 г. Академик РАН В. А. Румянцев^{1,*,**}, Г. С. Ярошевич², Г. С. Мазина²,
А. С. Митюков³, Я. В. Пухальский⁴, С. И. Лоскутов⁵

Поступило 02.05.2023 г.

После доработки 03.05.2023 г.

Принято к публикации 04.05.2023 г.

В статье представлены результаты исследований за 2020–2021 гг. Даны результаты влияния разных доз фульвокислоты на увеличение продолжительности жизни пчел, содержащихся в энтомологических садках, и улучшения их физиологического состояния. Исследования проводились в лабораторных условиях при температуре воздуха $+27 \pm 2^\circ\text{C}$, на пчелах весенне-летней генерации. Опыт включал три группы пчел в трехкратной повторности. Первая группа — контроль, в этой группе в качестве подкормки пчелы потребляли 60% раствор сахарозы. Во второй группе пчелы потребляли 60% раствор сахарозы, в который добавляли фульвокислоту, из расчета 0.1 на 200 мл раствора. Третьей группе скармливали 60% раствор сахарозы, в который добавляли фульвокислоту, из расчета 0.2 на 200 мл раствора. По результатам исследований было установлено, что фульвокислота в дозе 0.1 на 200 мл раствора способствовала продлению жизни пчел. В этом варианте опыта 30–40% гибель пчел наступила на пять, а 50 и 60% на четыре дня позже, чем на контроле. Фульвокислота, где применяли повышенную дозу, не оказала достоверного влияния на продолжительность жизни пчел. По мере старения пчел фульвокислота в обоих вариантах опыта снижала нагрузку на ректум и токсичность на организм, тем самым улучшала их физиологическое состояние.

Ключевые слова: фульвокислота, пчелы, жизнеспособность, БАД, доза, масса

DOI: 10.31857/S2686739723600844, **EDN:** ILKBVO

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы во всем мире отмечается массовая гибель семей медоносной пчелы [1–3], что во многом связано с техногенным загрязне-

нием кормовых участков пчел. Во многих случаях гибель пчелиных семей происходит в результате внешне немотивированного осенне-зимнего слета пчел, стимулируемого отравлением тяжелыми металлами [4].

Большой витаминно-минеральный комплекс, а также гормональные вещества, аминокислоты, фосфолипиды и биофлавоноиды содержит цветочная пыльца, потребляемая пчелами в качестве белкового корма. Но наряду с полезными компонентами мед и, особенно пыльца, аккумулируют токсические вещества. Их содержание в продуктах пчеловодства неуклонно возрастает, что связано с возрастающим техногенным загрязнением природной среды. По этой причине повышаются вероятность снижения жизнеспособности пчел и отмечаемая в последние годы массовая гибель пчелиных семей [4].

Биотический перенос токсикантов осуществляется по трофическим цепям, в нашем случае — от пыльцы и нектара цветка к пчеле. Поступившие извне вредные вещества частично выводятся из организма животных и пчел с экскрементами, частично аккумулируются в тканях тела. Их био-

¹Санкт-Петербургский научный центр Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

²Федеральный научный центр лубяных культур, Тверь, Россия

³Институт озерадения Российской академии наук — обособленное структурное подразделение Санкт-Петербургского Федерального исследовательского центра Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

⁴Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

⁵Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок — филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова, Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: info@spcras.ru

**E-mail: info@fncl.ru

аккумуляция становится причиной нарушения обменных процессов в организме пчелы и снижении ее иммунитета [5].

На снижение жизнеспособности пчел, как и других сельскохозяйственных животных, влияет техногенное загрязнение окружающей среды. Наибольшему загрязнению тяжелыми металлами подвергаются кормовые участки пчел, находящиеся вблизи автомагистралей и предприятий тяжелой промышленности. Тяжелые металлы накапливаются в цветочной пыльце и нектаре, которые перерабатываются в пергу и мед [6, 7]. Поллютанты, потребляемые с кормом, усиливают процессы свободно радикального окисления. Этим обусловливается целесообразность применения препаратов, содержащих антиоксиданты. Их эффективность доказана экспериментально и подтверждается применением в производственных условиях на разных видах животных [8].

К эффективным средствам стимуляции роста и развития животных, повышающих их устойчивость к неблагоприятным внешним воздействиям, относятся естественные метаболиты — витамины, ферменты, незаменимые аминокислоты, микроэлементы, гормоны и другие препараты, обладающие стимулирующей эффективностью [9]. Их применение приводит к ускорению развития животных, повышению их жизнеспособности и продуктивности [10—13]. Однако витамины не относятся к лечебным средствам.

В последние годы в пчеловодстве для увеличения жизнеспособности пчел и стимуляции репродуктивной активности маток применяли мелакрил, полизин (смесь незаменимых аминокислот) и сукцината хитозана (хитин с янтарной кислотой). Применение хитозана обуславливалось его высокоэффективным росторегулирующим свойством, связанным со спецификой разложения, при котором образуется легко усваиваемый азот, находящийся в непосредственной близости от объекта воздействия [14]. Хитозан обладает также сорбционными и бактерицидными свойствами [15, 16]. В последние годы стали испытывать дигидрокверцетин (ДКВ) и арабиногалатан, получившие применение в медицине и ветеринарии.

Среди указанных препаратов наибольшая эффективность выявлена у полизина [17, 18], а в скотоводстве высокая эффективность обнаружена у дигидрокверцетина (ДКВ) и арабиногалатана. Их применение способствует повышению продуктивности и устойчивости животных к различным заболеваниям [8]. Этим обуславливалось испытание ДКВ в углеводных подкормках пчелиных семей.

В последнее десятилетие в животноводстве и птицеводстве большое внимание уделяется фульвокислоте, использование которой способствует

улучшению качества получаемой продукции и оздоровлению организма животных и птицы [19—21].

Одним из продуктов микробного обмена в почве является фульвокислота как естественное природное соединение, образующееся в процессе расщепления гуминовых веществ почвенными микроорганизмами, и обладает широким спектром действия [19, 20]. Она способна улучшать поглощение клетками таких веществ, как антиоксиданты и электролиты, и стала популярным средством для замедления старения, улучшения здоровья желудочно-кишечного тракта. Фульвокислота способствует организму бороться с повреждениями организма, вызванными свободными радикалами, которые способствуют старению и связаны практически с каждым хроническим заболеванием [19, 22].

В современном птицеводстве уделяется особое внимание кормовым добавкам на основе содержания гуминовых кислот для профилактики негативного влияния на организм птицы антибактериальных препаратов и вызванных на их фоне дисбактериозов, предлагается широкое разнообразие различных кормовых добавок. Пре- и пробиотики, органические кислоты и подкислители, а также другие кормовые средства могут в той или иной степени повысить неспецифический иммунитет птицы и профилактировать дисбактериозы [21—24].

Способность гуминовых веществ формировать хелатные комплексы с тяжелыми металлами (такими как кадмий) позволяет использовать их для выведения тяжелых металлов из организмов животных, для улучшения биохимического состава мяса птицы и качества мясомолочной продукции. Предполагается, что полифенольные композиции на основе гуминовых веществ обладают антимутагенным и противовирусным действием [25].

Считается возможным использование фульвокислоты в качестве средства, повышающего сопротивляемость организма к действию различных неблагоприятных факторов окружающей среды [23, 25].

Целью настоящего исследования являлось изучение влияния фульвокислоты в углеводном корме, потребляемом пчелами, на их жизнеспособность и физиологическое состояние.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Для изучения влияния фульвокислот на продолжительность жизни пчел в лабораторных условиях были сформированы контрольные и опытные группы пчел по 292 ± 38 особей. Содержались пчелы в энтомологических садках при средней температуре воздуха $+27 \pm 2^\circ\text{C}$.

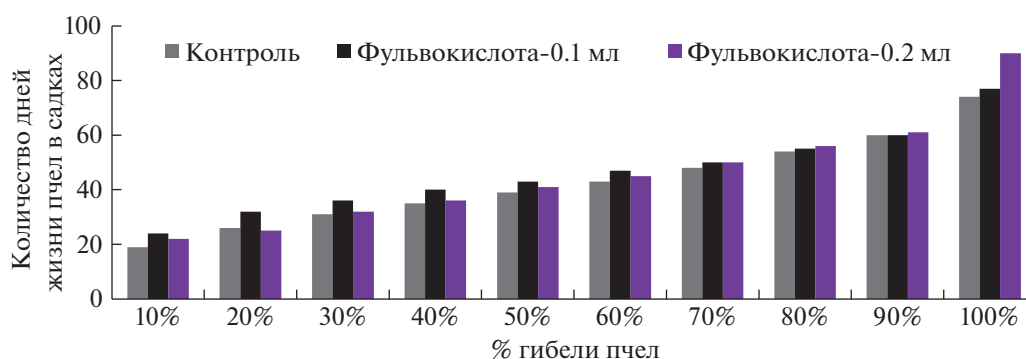


Рис. 1. Средняя динамика гибели пчел в энтомологических садках при использовании в подкормках фульвокислоты за 2020–2021 гг.

Жизнеспособность пчел оценивали по динамике их гибели ежедневно.

При изучении физиологического состояния пчел в динамике проводили препарирование пчел в первый день жизни в садках, затем через 20–21 и 40–41 день по 90 особей из каждого варианта.

Массу головных, грудных, брюшных отделов и ректумов после препарирования определяли на весах ВК – 150 (ГОСТ 24104-2001) с точностью 0.05 мг, затем высушивали при температуре 102°C до постоянной величины для определения содержания воды. Анализ данных проводили в сыром и высушенном виде, обработку данных проводили в статистической программе.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Исследования показали, что фульвокислота в дозе 0.1 мл на 200 мл 60% раствора сахарозы положительно влияла на продление жизни пчел в энтомологических садках. На рис. 1 видно, что в этом варианте опыта 10% гибель пчел наступила на 5 дней, а 20%, на 7 дней позже, чем в контрольном варианте.

Что касается 30–40% гибели, здесь она наступила на 5 дней позже, т.е. на 36 и 40 день жизни. Такая тенденция наблюдалась и при 50–60% гибели рабочих особей, здесь она наступила на 4 дня позже, чем на контроле. По мере старения пчел, это влияние снижалось, 70–80% гибель пчел была на 2–1 день позже соответственно, чем на контроле. В этом варианте опыта 100% гибель пчел наступила на 3 дня позже, чем в контрольном варианте.

В варианте опыта, где применяли повышенную дозу, фульвокислота не оказала достоверного влияния на продолжительность жизни пчел. Здесь гибель пчел наблюдалась всего на 1–2 дня позже, чем на контроле.

Параллельно изучали влияние разных доз фульвокислоты на изменение массы и содержание воды в динамике, в разных отделах тела пчел.

По результатам первого препарирования была установлена исходная средняя масса голов, грудного, брюшного отделов и ректума, что отражено в табл. 1.

По мере старения пчел масса головы снижается, а вот масса ректума, наоборот, увеличивается. Чем выше нагрузка на ректум, тем больше увеличивается токсичность на организм пчел.

Из табл. 1 видно, что масса голов пчел в опытных вариантах незначительно, но выше, чем на контроле при первом и втором препарировании. Это говорит о том, что старение пчел в опытных вариантах замедлялось, но незначительно.

По мере старения пчел увеличивалась масса ректумов, однако после второго препарирования было установлено достоверное влияние фульвокислоты, в обоих вариантах опыта, на снижении нагрузки на ректум в сравнении с контролем. Масса ректумов в варианте с пониженной дозой фульвокислоты была на 5.4% и с повышенной на 7.2% ниже, чем на контроле. Это говорит о том, что фульвокислота по мере старения пчел снижала токсичность организма и улучшала их физиологическое состояние.

Что касается грудных и брюшных отделов, масса их снижается по мере старения пчел во всех вариантах опыта. Однако достоверного влияния фульвокислота на замедление снижения массы этих отделов не оказала.

Из табл. 2 видно, как менялось содержание воды в отделах пчел и ректуме. Изначально содержание воды в головных отделах в среднем составило 68.9%, через 20–21 день жизни в садках содержание ее снизилось во всех вариантах опыта. Такая тенденция наблюдалась в грудных отделах и ректумах, в брюшных отделах содержание воды было также ниже в опытных вариантах, а вот в контрольном варианте содержание воды было да-

Таблица 1. Динамика изменения массы разных отделов тела пчел при использовании фульвокислоты (2020–21 гг.)

Дни от начала опыта	Масса отделов тела пчелы, мг							
	головной		грудной		брюшной (без ректума)		ректум	
	M ± m	Cv, %	M ± m	Cv, %	M ± m	Cv, %	M ± m	Cv, %
60% сахара (контроль)								
Исходно	12.9 ± 0.1	10.0	39.2 ± 0.2	6.5	12.2 ± 0.2	20.4	12.1 ± 0.6	47.5
20	10.5 ± 0.1	11.5	37.9 ± 0.2	7.4	10.8 ± 0.2	20.0	21.2 ± 0.7	38.5
41	9.4 ± 0.1	12.1	38.0 ± 0.2	6.1	10.1 ± 0.1	17.7	37.3 ± 0.9	34.3
60% сахара + фульвокислота (0.1 мл)								
21	10.6 ± 0.1	11.5	38.7 ± 0.2	7.1	11.2 ± 0.2	21.6	23.3 ± 0.6	39.8
42	9.5 ± 0.1	9.7	38.2 ± 0.2	6.8	10.2 ± 0.1	16.9	35.3 ± 0.8*	31.8
60% сахара + фульвокислота (0.2 мл)								
21	10.6 ± 0.1	11.4	38.5 ± 0.2	6.8	11.1 ± 0.2	19.5	22.8 ± 0.6	34.3
42	9.5 ± 0.1	10.4	38.0 ± 0.2	7.6	10.1 ± 0.1	16.0	34.6 ± 0.8**	29.9

* — величина достоверности разницы показателей с контролем, *P ≥ 0.95, ** P > 0.99.

Таблица 2. Динамика содержания воды в разных отделах тела пчел при использовании БАД (2020–21 гг.)

Дни от начала опыта	Содержание воды в, %							
	головной		грудной		брюшной (без ректума)		ректум	
	M ± m	Cv, %	M ± m	Cv, %	M ± m	Cv, %	M ± m	Cv, %
60% сахара (контроль)								
Исходно	68.9 ± 0.17	3.4	66.8 ± 0.15	3.0	57.8 ± 0.57	13.2	83.1 ± 0.55	8.8
20	66.7 ± 0.14	2.8	64.7 ± 0.10	2.2	57.9 ± 0.61	12.4	72.7 ± 0.68	12.5
41	69.1 ± 0.17	3.3	66.4 ± 0.10	1.9	66.0 ± 0.39	7.9	77.3 ± 1.1	13.2
60% сахара + фульвокислота (0.1 мл)								
21	66.0 ± 0.16	3.3	65.0 ± 0.11	2.2	57.6 ± 0.59	13.7	74.6 ± 0.65	11.8
42	68.6 ± 0.14	2.8	66.7 ± 0.07	1.4	65.8 ± 0.36	7.5	76.8 ± 0.66	11.6
60% сахара + фульвокислота (0.2 мл)								
21	65.7 ± 0.15	3.0	64.5 ± 0.07	1.6	58.8 ± 0.54	12.3	73.2 ± 0.67	12.3
42	67.3 ± 0.19	3.9	66.2 ± 0.07	1.4	65.2 ± 0.32	6.6	74.5 ± 0.64	11.5

же выше исходных данных на 0.1%. Содержание воды в отделах пчел служит индикатором определения снижения минеральных веществ в организме. Чем выше процент воды в отделах, тем меньше сухого вещества.

Через 40–41 день жизни в садках масса отделов снижалась кроме ректумов, что видно из табл. 1,

а вот содержание воды увеличивалось по отношению к массе, что видно из табл. 2.

По итогу, через 41–42 дня жизни пчел в садках, % содержания воды в головных, брюшных отделах и ректуме, был самым высоким в контрольном варианте. Это говорит о том, что хоть и незначительно, но в опытных вариантах, где применяли фульвокислоту % содержания минеральных

веществ выше, чем на контроле. В ректумах наблюдался более концентрированный состав и с меньшей массой экскрементов, чем на контроле. Это доказывает положительное воздействие фульвокислоты на пищеварительную систему пчел.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

Работа не содержит исследований с использованием людей или животных в качестве объектов исследования.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (тема № FGSS-2019-0009), а также в рамках научной темы FMNG-2019-0002 «Инновационные подходы к использованию и регулированию ресурсов водных экосистем».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильясов Р.А., Поскряков А.В., Николенко А.Г. Семь причин смертности семей пчелы *Apis mellifera* в России // Пчеловодство. 2017. № 9. С. 10–14.
2. Dainat B., Vanengelsdorp D., Neumann P. Colony collapse disorder in Europe // Environmental Microbiology Reports. 2012. V. 4. P. 123–125.
3. Reed M.J., Jay D.E., Gene E.R. Changes in transcript abundance relating to colony collapse disorder in honey bees (*Apis mellifera*) // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2009. V. 106 (35). P. 14790–14795.
4. Еськов Е.К., Еськова М.Д. Критические уровни накопления свинца и кадмия в теле пчел (*Apis mellifera* L.), модифицирующие их поведение // Успехи современной биологии. 2019. № 139 (2). С. 178–183.
5. Фомичев Ю.П. Сорбционно-детоксикационные технологии в животноводстве и ветеринарной медицине // Аграрная Россия. 2004. № 5. С. 3–7.
6. Roman A., Popiela-Pleban E., Migdal P. As, Cr, Cd, and Pb in Bee Products from a Polish Industrialized Region // Open Chemistry. 2016. V. 14 (1). P. 33–36.
7. Temizer K., Güder A., Temel F.A., Avcı E. A comparison of the antioxidant activities and biomonitoring of heavy metals by pollen in the urban environments // Environmental Monitoring and Assessment. 2018. V. 190 (8). 462.
8. Фомичев Ю.П., Никонова Л.А., Дорожкин В.И., Торшков А.А., Романенко А.А., Еськов Е.К., Семенова А.А., Гоноцкий В.А., Дунаев А.В., Ярошевич Г.С., Лашин С.А., Стольная Н.И. Дигидрокверцетин и арабиногалактан – природные биорегуляторы в жизнедеятельности человека и животных, применение в сельском хозяйстве и пищевой промышленности. М.: Научная библиотека, 2017. 702 с.
9. Zhang Z.W. Gastric alpha-tocopherol and beta-carotene concentrations in association with *Helicobacter pylori* infection // European Journal of Gastroenterology & Hepatology. 2000. V. 12 (5). P. 497–503.
10. Свечин Ю.К., Михеева Н.Н. Влияние ПАБК на рост и мясные качества свиней // Зоотехния. 1990. № 1. С. 53–56.
11. Бледнов Б.А. Откорм валушков с использованием цеолитов // Зоотехния. 1995. № 3. С. 25–26.
12. Мороз К.Г., Лесков А.А. Влияние микроэлементов на многоплодие и молочность свиноматок // Ветеринария. 1995. № 7. С. 47–48.
13. Анисова Н.И. Применение кормовых концентратов лизина и метионина в комбикормах для телят // Зоотехния. 2000. № 9. С. 13–15.
14. Kong M., Chen X.G., Xing K., Park H.J. Antimicrobial properties of chitosan and mode of action: a state of the art review // International Journal of Food Microbiology. 2010. № 144. P. 51–63.
15. Fernandes J.C., Eaton P., Gomes A.M., Pimado M.E., Xavier M.F. Study of the antibacterial effects of chitosans on *Bacillus cereus* (and its spores) by atomic force microscopy imaging and nanoindentation // Ultramicroscopy. 2009. V. 109(8). P. 854–860.
16. Singburadom N., Piasai O., Dethaub T., Kasetsart J. Antimicrobial Activity of Different Molecular Weight Chitosans to Inhibit Some Important Plant Pathogenic Fungi // Kasetsart Journal - Natural Science. 2011. № 45. P. 644–655.
17. Еськов Е.К., Ярошевич Г.С. Полизин, хитозан и мелакрил – стимуляторы развития и продуктивности пчел // Пчеловодство. 2006. № 5. С. 16–17.
18. Еськов Е.К., Ярошевич Г.С. Репродуктивная активность у пчелиных маток разной плодовитости при стимуляции хитозаном // Сельскохозяйственная биология. 2007. № 2. С. 115–118.
19. Гласкович М.А. Роль биологически активных веществ в повышении эффективности полноценного кормления птицы. // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: Материалы XII Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию образования кафедры зоогигиены, экологии и микробиологии УО БГСХА. Горки, 2009. С. 59–65.
20. Аржанкова Ю.В., Скопцова Т.И., Васина А.Ю., Ибраимова Р.М. Биохимический состав грудной мышцы цыплят-бройлеров при применении фульвокислоты // Известия Великолукской ГСХА. 2019. № 1. С. 2–8.
21. Капитонова Е.А. Профилактика заболеваний птиц путем введения в рацион цыплят-бройлеров биологически активных веществ // Труды Всероссийского НИИ экспериментальной ветеринарии им. Я.Р. Коваленко. 2009. Т. 75. С. 329–331.
22. Голушко В.М., Капитонова Е.А. Сравнительный анализ применения биологически активных препаратов и их влияние на качество животноводческой продукции // Ученые Записки учреждения образования Витебская ордена Знак Почета государственная академия ветеринарной медицины. 2008. Т. 44. № 2 (1). С. 174–177.
23. Капитонова Е.А., Пчельникова Ю.М., Чирвинский А.Ю. Эффективность использования гуминовых кислот при выращивании сельскохозяйственной птицы //

- Зоотехническая наука Беларуси. 2008. Т. 53. № 2. С. 151–158.
24. Подобед Л.И., Кочиш И.И., Сурай П.Ф., Никонов И.Н., Кузнецов Ю.Е., Дмитриева М.Е., Капитонова Е.А. Оперативный контроль и коррекция кормления высокопродуктивной птицы. СПб.: ФГБОУ ВО СПбГУВМ. 2020. 419 с.
25. Смирнова Ю.В., Виноградова В.С. Механизм действия и функции гуминовых препаратов // Агрохимический вестник. 2004. № 1. С. 22–23.

INFLUENCE OF FULVIC ACID ON INCREASING LIFE AND PHYSIOLOGICAL STATE OF BEEES

Academician of the RAS V. A. Rumyantsev^{a, #}, G. S. Yaroshevich^b, G. S. Mazina^b, A. S. Mityukov^c, J. V. Puhalsky^d, and S. I. Loskutov^e

^a*Saint-Petersburg Research Center of the Russian Academy of Science, St. Petersburg, Russian Federation*

^b*Federal Scientific Center of Bast Cultures, Tver, Russian Federation*

^c*St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Institute of Limnology of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russian Federation*

^d*St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russian Federation*

^e*VNIIPD – a branch of Gorbatov Research Center for Food Systems, St. Petersburg, Russian Federation*

[#]*E-mail: info@spcras.ru*

^{##}*E-mail: info@fncll.ru*

The article presents the results of research for (2020–2021). The results of the influence of different doses of fulvic acid on increasing the life span of bees kept in entomological cages and improving their physiological state are given. The studies were carried out in laboratory conditions at an air temperature of $+27 \pm 2^\circ\text{C}$, on bees of spring-summer generation. The experiment included three groups of bees in triplicate. The first group – control, in this group, the bees consumed 60% sucrose solution as top dressing. In the second group, the bees consumed a 60% sucrose solution, to which fulvic acid was added, at the rate of 0.1 ml per 200 ml of solution. The third group was fed a 60% sucrose solution, to which fulvic acid was added, at the rate of 0.2 ml per 200 ml of solution. According to the results of the research, it was found that fulvic acid at a dose of 0.1 ml per 200 ml of solution contributed to the prolongation of the life of bees. In this variant of the experiment, 30–40% death of bees occurred five, and 50% and 60% four days later than in the control. Fulvic acid, where an increased dose was used, did not have a significant effect on the lifespan of bees. As the bees aged, fulvic acid in both variants of the experiment reduced the load on the rectum and toxicity to the body, thereby improving their physiological state.

Keywords: fulvic acid, bees, viability, dietary supplement, dose, weight