

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

## СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ТКАНЯХ ОРГАНИЗМА ПЧЕЛ ПРИ СКАРМЛИВАНИИ ЦИТРАТА ГЕРМАНИЯ

И.И. Ковальчук \*

Институт биологии животных Национальной академии аграрных наук Украины, г. Львов

**РЕЗЮМЕ.** Приведены данные о содержании отдельных тяжелых металлов в тканях организма медоносных пчел при подкормке их сиропом с введением цитрата германия. Установлено, что скармливание медоносным пчелам в весенний период цитрата германия приводит к изменениям содержания тяжелых металлов в тканях как всего организма, так и его отдельных анатомических частей — головы, груди и брюшка. Достоверные различия содержания меди, хрома и никеля отмечены в тканях головного и грудного отделов. Однако уровень исследованных элементов в тканях брюшного отдела был немного выше, чем головного и грудного.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** пчелы, ткани, тяжелые металлы, цитрат германия, минеральный состав.

### ВВЕДЕНИЕ

По мнению многих авторов, потребность пчел в отдельных компонентах корма гораздо разнообразнее, чем для других живых существ. Установлены некоторые закономерности влияния вида и количества корма на состояние, общее развитие и продуктивность пчелиной семьи (Таранов, 1986; Лебедев, 1991). Известно, что общая потребность в корме пчелиной семьи связана с содержанием в нем питательных и биологически активных веществ. Определение потребности пчел в белковом корме, витаминах, макро- и микроэлементах, особенно малоизученных, к которым относится германий, важно с точки зрения влияния их на физиологические процессы в организме, а также — на развитие, силу (массу пчел) и продуктивность семьи (Еськов, 1995; Лебедев и др., 2001). Потребление пчелами микро- и макроэлементов с пыльцой растений и водой, как и содержание их в нектаре, предопределяет уровень трансформации этих веществ в ткани организма медоносных пчел, что зависит в значительной степени от синергических или антагонистических связей между этими элементами (Тыщенко, 1986).

Влияние германия на обмен веществ, жизненные функции в организме животных, в том числе пчел, исследованы недостаточно. Не изучены количества этого элемента в компонентах питания пчел и их продукции, которые проявляют положительный эффект на рост и развитие личинок пчел, их воспроизводительные и продуктивные качества. В то же время анализ литературы показывает, что германий способствует выведению из организма токсинов и нивелирует негативное влияние факто-

ров внешней среды, а также обладает широким спектром биологического действия, предотвращает старение и гибель клеток организма. Этот элемент играет важную роль в формировании резистентности организма и способен ее восстанавливать и профилактировать большой спектр его заболеваний (Оберлис и др., 2008).

К настоящему времени разработаны способы (в том числе нанотехнологические) получения органических соединений германия. В результате опытов установлено, что органический Ge способствует индукции *гамма*-интерферонов, которые подавляют процессы размножения быстро делящихся клеток, активируют иммуноспецифические клетки (Т-киллеры). Основными направлениями стимулирующего действия германия через интерфероны на уровне организма являются иммуномодулирующие и радиозащитные функции лимфатической системы. Важным биохимическим свойством органического Ge является взаимодействие его с ионами  $H^+$ , в основе которого лежит реакция дегидратации (Скальный и др., 2004).

В связи с этим научно-практический интерес представляет изучение влияния поступления разного уровня германия в организм пчел на минеральный состав тканей их организма и содержание в них тяжелых металлов, что подтверждается результатами других авторов (Байдашева, 2002; Пашаян и др., 2005).

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проведены на учебной пасеке Львовского национального университета ветеринарной медицины и биотехнологий им. С. З. Гжицкого (г. Львов). Исследовано влияние водного рас-

\* Адрес для переписки:

Ковальчук Ирина Ивановна  
E-mail: irenakovalchuk@ukr.ru

творе цитрата германия, полученного на основе нанотехнологии по методу Косинова В.Н. и Кап-луненко В.Г. (2009) при добавлении его к сахарному сиропу для подкормки пчел в весенний период. Для проведения исследований отобрано три группы пчелиных семей: I группа (контрольная) – с подкормкой 500 мл чистого сахарного сиропа/сутки; II группа – дополнительно к сахарному сиропу включен цитрат германия в количестве 0,2 мг на 500 мл сиропа; III группа – 0,3 мг германия на 500 мл сахарного сиропа.

Для исследования тканей отбирали по 90–100 пчел из трех ульев – аналогов (30–35 пчел с каждого), которые использовали для приготовления гомогенатов из целого организма и его анатомических отделов (голова, грудь, брюшко). В образцах биологического материала определяли содержание отдельных микроэлементов на атомно-абсорбционном спектрофотометре СФ-115 ПК. Цифровые данные обрабатывали статистически с использованием t-критерия Стьюдента.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Учитывая, что физиологическая роль Ge как биогенного элемента и его связь с другими микроэлементами в организме пчел остаются не изученными, целью исследований было установить влияние цитрата германия на уровень тяжелых металлов в тканях организма и его разных отделов.

Анализ полученных данных показал значительные межгрупповые колебания содержания отдельных тяжелых металлов в тканях пчел как всего организма, так и его анатомических отделов (таблица). По результатам наших исследований содержание Zn в тканях организма медоносных пчел существенно не менялось в течение всего периода исследования, что связано, очевидно, с уровнем этого элемента в пыльце и нектаре медоносных растениях и незначительным влиянием добавки цитрата германия на накопление цинка в тканях пчел. Однако содержание этого элемента было не достоверно выше в тканях головного отдела на фоне снижения его уровня в тканях грудного и брюшного отделов организма пчел опытных групп. Содержание Zn в тканях млекопитающих и растений характеризуется значительной вариабельностью и коррелирует с уровнем данного элемента в объектах окружающей среды. В растениях Zn участвует в окислительно-восстановительных процессах, образовании хлорофилла и ауксина, синтеза аминокислоты триптофана. Содержание Zn в организме медоносных пчел существенно меняется в зависимости от возраста насекомых и характера их питания, в том числе и минерального (Удрис и др., 1981). Следовательно, добавка физиологически активного цитрата германия в рацион пчел влияла и на уровень Zn в их организме, однако из-за минимального количества определений ( $n = 3$ ) межгрупповые различия не достоверны.

Таблица. Содержание отдельных тяжелых металлов в тканях организма медоносных пчел, мг/кг сырого веса ( $M \pm n$ ,  $n = 3$ )

Тяжелые металлы	Группы медоносных пчел		
	I	II	III
Ткани головы			
Zn	7,75 ± 0,23	9,53 ± 1,79	8,15 ± 0,14
Cu	5,18 ± 0,29	6,12 ± 0,60	7,87 ± 0,02***
Co	2,64 ± 0,14	2,41 ± 0,16	2,28 ± 0,49
Cr	1,45 ± 0,03	0,89 ± 0,04***	0,90 ± 0,16*
Ni	1,82 ± 0,08	1,42 ± 0,09*	1,78 ± 0,04
Pb	1,34 ± 0,03	1,26 ± 0,06	1,32 ± 0,09
Cd	0,27 ± 0,01	0,32 ± 0,05	0,31 ± 0,02
Ткани груди			
Zn	11,30 ± 0,23	9,51 ± 0,48	8,17 ± 0,05
Cu	7,74 ± 0,85	7,45 ± 0,15	7,88 ± 1,22
Co	2,78 ± 0,06	2,64 ± 0,08	2,42 ± 0,42
Cr	1,42 ± 0,05	0,92 ± 0,03***	1,12 ± 0,08*
Ni	1,54 ± 0,22	1,50 ± 0,09	1,63 ± 0,14
Pb	0,33 ± 0,02	0,34 ± 0,05	0,31 ± 0,02
Cd	0,33 ± 0,02	0,35 ± 0,02	0,32 ± 0,06

Окончание таблицы

Ткани брюшка			
Zn	11,49 ± 1,48	10,07 ± 0,36	9,48 ± 0,05
Cu	10,51 ± 0,58	7,50 ± 0,37*	7,84 ± 0,36*
Co	2,99 ± 0,17	2,97 ± 0,07	2,61 ± 0,32
Cr	1,33 ± 0,38	1,24 ± 0,23	1,31 ± 0,16
Ni	1,54 ± 0,22	1,53 ± 0,03	1,63 ± 0,02
Pb	1,42 ± 0,21	1,00 ± 0,08	1,34 ± 0,03
Cd	0,67 ± 0,05	0,62 ± 0,08	0,63 ± 0,03
Ткани целого организма			
Zn	10,11 ± 2,28	10,51 ± 2,57	9,90 ± 0,56
Cu	8,25 ± 0,62	7,66 ± 0,25	7,86 ± 0,53
Co	2,45 ± 0,02	2,47 ± 0,17	2,68 ± 0,79
Cr	1,67 ± 0,28	1,43 ± 0,13	1,07 ± 0,27
Ni	1,68 ± 0,11	1,42 ± 0,18	1,63 ± 0,14
Pb	1,15 ± 0,05	1,05 ± 0,15	1,06 ± 0,02
Cd	0,51 ± 0,01	0,41 ± 0,01**	0,31 ± 0,03**

Примечание: статистически достоверные различия в отношении к животным контрольной группы: \* –  $p < 0,05$ ; \*\* –  $p < 0,01$ ; \*\*\* –  $p < 0,001$ .

Не менее важным микроэлементом, необходимым для нормального течения физиолого-биохимических процессов в организме пчел, является медь. По результатам наших исследований содержание Cu в тканях головы медоносных пчел II группы было выше в 1,2 раза, а в III – в 1,5 раза ( $p < 0,001$ ) по сравнению с контролем. Установленные изменения могут свидетельствовать о межгрупповых различиях поступления Cu из трофической цепи и накопления ее в тканях разных отделов под влиянием Ge, поскольку медь принимает участие в различных процессах метаболизма. В частности, от ее уровня в организме зависит интенсивность синтеза аминокислот (Тыщенко, 1986). Основное количество Cu в организме пчел содержится в кутикуле – внешнем скелете, покрывающим тело пчелы, и хитиновых образованиях, формирующих внутренний скелет. Значительное количество Cu выделяется особым секретом заглочных желез молодых рабочих пчел – маточным молочком (Ковальчук, 2012).

Существенно не изменялся уровень Cu в тканях грудной части медоносных пчел в II и III группах. Однако более низкое содержание этого элемента отмечено при исследовании тканей брюшка и целого организма пчел в опытных группах. В частности, в тканях брюшка пчел II и III групп концентрация Cu была в 1,2 и 1,3 раза соответственно ниже ( $p < 0,05$ ) уровня ее в контроле. Установленные межгрупповые различия содержания Cu могут определяться физиологическими осо-

бенностями функционирования брюшного отдела организма медоносных пчел опытных групп под воздействием Ge. Так, исследователями отмечены различия интенсивности обменных процессов, протекающих в тканях брюшка, которые локально обеспечивают физиологические процессы основного обмена и накопления энергетических и пластических компонентов, а также выделение токсичных веществ (Бондарева, 2004). Наряду с этим медь нужна для образования секрета восковых желез и апитоксина, она также входит в состав белка мышц миоглобина. Установленные различия уровня меди в тканях головного и брюшного отделов, а также целого организма могут быть связаны с синергическим или антагонистическим действием введенного цитрата германия на усвоение из корма, накопление и обмен исследуемых минеральных элементов (в том числе Cu) в организме пчел.

Уровень кобальта и никеля в тканях целого организма пчел и отдельных его анатомических отделов достоверно не изменялся.

Исследованиями отмечено снижение уровня хрома в 1,6 раза ( $p < 0,05$ ; 0,001) в тканях головы и в 1,5 раза ( $p < 0,05$ ; 0,001) в тканях грудной части организма медоносных пчел опытных групп по сравнению с контролем. Достоверное уменьшение содержания Cr в указанных тканях, возможно, связано с антагонистическим действием германия на усвоение и кумуляцию хрома в этих анатомических отделах, а также с конкурирующим мета-

болическим влиянием этого элемента в организме пчел. Мы не исключаем и взаимодействие  $Cr$  с другими элементами, поступающими с кормом и водой в организм пчел, поскольку минеральный состав пыльцы различных растений (в том числе медоносных) существенно отличается. Исследованиями других авторов показано, что пыльца и нектар отличаются низким содержанием  $Cr$ , поскольку основная масса его задерживается в корнях растений, и лишь незначительное количество этого элемента транспортируется к наземным органам, например соцветиям медоносов (Пашаян, 2005; Vincent, 2007). Как известно, физиологическая концентрация  $Cr$  в тканях и жидкостях животных интенсифицирует обменные процессы (в том числе минеральный обмен) в организме (Тыщенко, 1986). Однако при избыточном его поступлении в организм животных стимулирующий эффект хрома отсутствует.

По данным литературы (Pogini et al., 2003; Terzic et al., 1984), свинец и кадмий в наибольших количествах аккумулируются в ректальных железах медоносных пчел. Снижение жизнеспособности пчел под влиянием поллютантов, которые насекомые получают с кормом, очевидно, связано с уменьшением интенсивности выделения из организма пчел воды через покровы тела и дыхательную систему. По результатам исследований отмечено недостоверное снижение уровня  $Pb$  в образцах тканей брюшного отдела и целого организма медоносных пчел опытных групп по сравнению с контролем. Такие незначительные изменения могут быть связаны с конкурирующим метаболическим взаимодействием германия с другими элементами, поступающими в организм пчел, в частности  $Pb$ , что более выражено в тканях брюшного отдела, где больше содержится железистой ткани, а также в меньшей степени и целого организма.

Аналогичные изменения наблюдались при исследовании кадмия. Известно, что  $Cd$  неравномерно аккумулируется различными частями тела медоносных пчел. Такие колебания отмечены и в наших исследованиях, а именно: наблюдали существенно низшее ( $p < 0,01$ ) по сравнению с контролем содержание  $Cd$  в тканях целого организма, а также в образцах брюшного отдела. Однако межгрупповые различия были достоверными только в образцах целого организма ( $p < 0,01$ ), что не находит подтверждения в распределении  $Cd$  в тканях отдельных анатомических отделов пчел и требует проведения дополнительных исследований.

Таким образом, скормливание пчелам в весенний период цитрата германия привело к изменениям содержания отдельных тяжелых металлов в тканях как всего организма ( $Cd$ ) медоносных пчел, так и их отдельных анатомических частей — головы ( $Cu$ ,  $Cr$ ), груди ( $Cr$ ) и брюшка ( $Cu$ ). Достоверные различия содержания  $Cu$  и  $Cr$  отмечены в тканях головного и грудного отделов. Однако уровень исследованных элементов в тканях брюшного отдела был немного выше, чем голов-

ного и грудного. Характерно, что содержание отдельных элементов в тканях медоносных пчел значительно колеблется от 0,27 мг/кг для  $Cd$  до 11,49 мг/кг для  $Zn$  и составляет такую последовательность снижения:  $Zn$ ,  $Cu$ ,  $Co$ ,  $Ni$ ,  $Cr$ ,  $Pb$  и  $Cd$ . Это может определяться разным их уровнем в нектаре и пыльце растений, а также воде, однако более выраженная зависимость будет обуславливаться физиологическим значением отдельных минеральных элементов в организме пчел. Известно, что медоносные пчелы способны накапливать  $Zn$  и  $Fe$  в тканях организма в высоких концентрациях, тогда как другие элементы ( $Cu$ ,  $Ni$ ,  $Cd$  и  $Pb$ ) — в значительно меньших количествах независимо от экологических условий содержания пчел (Ковальчук, Федорук, 2013). Введение цитрата германия с компонентами подкормки корректирует содержание микроэлементов и тяжелых металлов в тканях отдельных анатомических отделов и целого организма медоносных пчел. Однако выяснение механизмов синергического и антагонистического действия и связей германия с другими микроэлементами, относящимся к тяжелым металлам, требует дополнительных исследований.

## ВЫВОДЫ

Полученные результаты исследований свидетельствуют о неравномерном распределении изученных тяжелых металлов в тканях как отдельных анатомических отделов, так и целого организма пчел, которое характеризуется следующей зависимостью снижения их содержания:  $Zn$ ,  $Cu$ ,  $Co$ ,  $Ni$ ,  $Cr$ ,  $Pb$  и  $Cd$ . Введение цитрата германия с компонентами подкормки влияет как на уровень, так и на распределение исследуемых элементов в тканях отдельных анатомических отделов.

## ЛИТЕРАТУРА

- Байдашева М.В. Влияние антропогенных факторов на пчел // Новый взгляд на проблемы АПК: Сб. науч. тр. Тюмень, 2002. С. 67–69.
- Бондарева Н.В. О метаболизме тяжелых металлов в организме пчел // Современные технологии в пчеловодстве. Рыбное, 2004. С. 126–130.
- Еськов Е.К. Экология медоносной пчелы. Рязань: Русское слово, 1995. 392 с.
- Ковальчук И.И. Содержание тяжелых металлов в организме пчел и их продукции с разных экологических зон Прикарпатья // Пчеловодство. 2012. № 2. С. 6–7.
- Ковальчук И.И., Федорук Р.С. Содержание тяжелых металлов в тканях пчел и их продукции в зависимости от агроэкологических условий Карпатского региона // Биология животных. 2013. Т. 15. № 4. С. 54–65.
- Косінов М.В., Каплуненко В.Г. Спосіб отримання карбоксилатів металів // Патент України № 38391.
- Лебедев В.И., Биляш Н.Г. Биология медоносной пчелы. М.: Агропромиздат, 1991. 239 с.

*Лебедев В.П., Иренкова Н.В., Лебедев В.И.* Поведение пчел при сборе и использовании корма // Пчеловодство. 2001. № 7. С. 22–24.

*Оберлис Д., Харланд Б., Скальный А.* Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных. СПб.: Наука, 2008. 544 с.

*Пахаян С.А., Сидорова К.А., Калашикова М.В.* Тяжелые металлы в трофической цепи: почва-растение-пчелы-пчелопродукты // Материалы V Междунар. биогехим. школы. Семипалатинск, 2005. С. 301–302.

*Скальный А.В., Рудаков И.А.* Биоэлементы в медицине. М.: Издательский дом «ОНИКС 21 век»: Мир, 2004. 272 с.

*Таранов Г.Ф.* Корма и кормление пчел. М.:

Россельхозиздат, 1986. 160 с.

*Тыщенко В.П.* Физиология насекомых. М.: Высшая школа, 1986. 303 с.

*Удрис Г.А., Нейланд Я.А.* Биологическая роль цинка. Рига: Зинатне, 1981. 177с.

*Porrini C., Sabatini A. G., Girotti S., et al.* Honey bees and bee products as monitors of the environmental contamination // *Apiacta*. 2003, 38:63–70.

*Terzic L., Terzic V.* Honey bee poisoning caused by arsenic from copper smelter smoke // *Acta Vet.* 1984, 34(1): 54–62.

*Vincent J.B.* The nutritional biochemistry of chromium (III). Department of Chemistry the University of Alabama Tuscaloosa USA. 2007: 279 p.

## HEAVY METALS CONTENT IN BEES' BODY TISSUES AT FEEDING BY GERMANIUM CITRATE

*I.I. Kovalchuk*

Institute of Animal Biology National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine,  
Vasyl' Stus street 38, Lviv, 79034, Ukraine; e-mail: irenakovalchuk@ukr.ru

**ABSTRACT.** The effect of germanium citrate aqueous solution obtained via nanotechnology using the Kosinov–Kaplunenko method (2009) at adding it to sugar syrup for feeding bees at summer period was studied. Three groups of bee families were selected for conducting the researches. Group I (control) got 500 ml of pure sugar syrup per day, Group II – sugar syrup with added germanium citrate in amount 0.2 mg Ge per 500 ml of syrup, Group III – 0.3 mg Ge per 500 ml of syrup. Then 90–100 bees from three defined hives (30–35 bees from each) were selected and used for homogenate preparation from the whole organism and separate anatomical sections – head, chest, and abdomen. Content of separate chemical elements content was determined in the biological samples by atomic absorption spectrophotometry.

Significant inter-group fluctuations of some heavy metals content in honeybees' whole bodies and separate anatomic sections were marked while analyzing the obtained data. According to the research results, zink content did not significantly change in the honeybees' tissues during the research period. This is evidently connected with this element's level in melliferous plants and influence of citrate addition for bees. Probable differences of copper, chromium and nickel content were marked in the head and chest sections of bees. Yet the level of elements in the abdominal section was slightly higher in comparison to head and chest. Characteristically that separate elements' content in honeybees' tissues fluctuates significantly. A decrease of lead content in the samples of abdominal section and whole body was marked in research groups as compared to control. Such insufficient differences may be connected with metabolic interaction of germanium with other chemical elements in bees' organism. It is known that cadmium is irregularly accumulated by different body parts of the honeybees. Cadmium fluctuation in the abdominal section and whole body was marked in our research. The obtained research results indicate positive changes connected with dynamics of separate elements content confirming the appropriateness of mineral additions for improving honeybees' nutrition.

Introduction of germanium citrate with feed can favor an increase of their living activity and productivity.

**KEYWORDS:** bees, heavy metals, germanium citrate, mineral composition.

### REFERENCES

- Baydasheva M.V.* // [A new sight on problems of agroindustrial complex]. Tyumen, 2002, 67–69 (in Russ.).
- Bondareva N.V.* // [Modern technology in apiculture]. Rybnoe, 2004, 126–130 (in Russ.).
- Es'kov E.K.* [Ecology of the honeybee]. Ryazan, 1995 (in Russ.).
- Kovalchuk I.I.* // *Pchelovodstvo*. 2012, 2:6–7 (in Russ.).
- Kovalchuk I.I., Fedoruk R.S.* // *Biologiya zhivotnykh*. 2013, 15(4):54–65 (in Russ.).
- Kosinov M.V., Kaplunenko V.G.* [A method of producing metal carboxylates]. Patent of Ukraine № 38391 (in Ukr.).
- Lebedev V.I., Bilash N.G.* [Biology of the honeybee]. Moscow: Agropromizdat, 1991 (in Russ.).

- Lebedev V.P., Irenkova N.V., Lebedev V.I.* // Pchelovodstvo. 2001, 7:22–24 (in Russ.).
- Oberleas D., Harland B., Skalny A.* [Biological role of macro and trace elements in humans and animals]. Saint Petersburg: Nauka, 2008 (in Russ.).
- Pashayan S.A., Sidorova K.A., Kalashnikova M.V.* // Proc. V Int. Biogeochem. School. Semipalatinsk, 2005, 301–302 (in Russ.).
- Skalny A.V., Rudakov I.A.* [Bioelements in medicine]. Moscow, 2004 (in Russ.).
- Taranov G.F.* [Feeds and feeding of bees]. Moscow: Rossel'khozizdat, 1986 (in Russ.).
- Tyshchenko V.P.* [Insect physiology]. Moscow: Vysshaya shkola, 1986 (in Russ.).
- Udris G.A., Neyland Ya.A.* [Biological role of zinc]. Riga: Zinatne, 1981 (in Russ.).
- Porrini C., Sabatini A.G., Girotti S., Ghini S., Medrzycki P., Grillenzoni F., Bortolotti L., Gattavecchia E., Celli G.* // Апиаста. 2003, 38:63–70.
- Terzic L., Terzic V.* // Acta Vet. 1984, 34(1):54–62.
- Vincent J.B.* The nutritional biochemistry of chromium (III). University of Alabama Tuscaloosa USA. 2007.