



Морфогенетические маркеры медоносных пчел, продуцирующих маточное молочко с высоким содержанием 10-ОДК

© 2019. А.З. Брандорф, М.М. Ивойлова ✉

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация

В статье представлены результаты изучения морфогенетических маркеров у медоносных пчел, продуцирующих маточное молочко с разным содержанием 10-окси-2-деценной кислоты (10-ОДК) в период 2016...2018 гг. Материалом для исследований послужили рабочие пчелы и маточное молочко из Кировской и Томской областей, Краснодарского края. Оценку происхождения медоносных пчел проводили по морфометрическим и фенотипическим признакам с использованием популяционно-генетического анализа методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) с оценкой межгенного локуса COI-COII мтДНК, микросателлитного локуса *mrj3*. Установлено, что медоносные пчелы с большими размерами брюшка (при ширине третьего тергита и стернита 4,8 и 4,7 мм соответственно) продуцировали маточное молочко с высокими показателями содержания 10-ОДК (более 3,0%), выше в 1,2...1,4 раза ($P \leq 0,05$). Рабочие пчелы с наличием желтизны на тергитах выделяли молочко с концентрацией 10-ОДК ниже на 13,7% отн. ($P \leq 0,05$) по сравнению с особями, в фенотипе которых отсутствовала желтизна. Медоносные пчелы, в генотипе которых регистрировался локус мтДНК-PQQ или PQQQ, продуцировали маточное молочко с концентрацией кислоты в среднем больше на 38% ($P \leq 0,01$), чем пчелы в генотипе которых регистрировался локус мтДНК-Q. Установлено изменение концентрации 10-ОДК в маточном молочке у медоносных пчел с разной регистрацией частоты аллеля в локусе *mrj3*. У медоносных пчел, в локусе *mrj3* которых преобладал аллель 392 с частотой $P \geq 0,38$, отмечена максимальная концентрация 10-ОДК (3,45%). Минимальное содержание 10-ОДК отмечено у особей с преобладанием частоты регистрации аллеля размером 406 в локусе *mrj3* (2,39%). Медоносные пчелы, у которых в локусе *mrj3* зарегистрировано преобладание аллелей размером 485 и 518, не имели достоверных отличий по содержанию 10-ОДК в маточном молочке при показателях 3,0 и 2,8% соответственно.

Ключевые слова: *Apis mellifera* L., 10-окси-2-деценная кислота, маркеры, морфологические признаки, локус *mrj3*

Благодарности: научное исследование выполнено в рамках Государственного задания ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (тема №АААА-А16-116021950048-3).

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Брандорф А.З., Ивойлова М.М. Морфогенетические маркеры медоносных пчел, продуцирующих маточное молочко с высоким содержанием 10-ОДК. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20(3):283-289. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.3.283-289>

Поступила: 06.03.2019

Принята к публикации: 06.05.2019

Опубликована онлайн: 18.06.2019

Morphogenetic markers of honey bees producing royal jelly with a high content of 10-HDA

© 2019. Anna Z. Brandorf, Mariya M. Ivoilova ✉

Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Kirov, Russian Federation

The article provides the results of 2016-2018 study of morphogenetic markers in honey bees producing royal jelly with different content of 10-hydroxy-2-decenoic acid (10-HDA). Working bees and royal jelly from Kirov region, Tomsk region, and Krasnodar Krai were used as the material for the research. Evaluation of honey bee origin was carried out according to morphometric and phenotypic characteristics with population and genetic analysis using PCR method with assessment of the intergenic locus COI-COII mtDNA, microsatellite locus *mrj3*. It has been established that honey bees having larger size of the abdomen (with the width of the third tergite and sternite of 4.8 and 4.7 mm, respectively) produced royal jelly with a higher content of 10-HDA (more than 3.0%), that is 1.2-1.4 times higher ($P \leq 0.05$). Working bees having yellowness on tergites produced royal jelly with 13.7% lower concentration of 10-HDA ($P \leq 0.05$) compared to the bees with no yellowness in the phenotype. Honey bees with locus mtDNA – PQQ or PQQQ in the genotype produced royal jelly with 10-HDA concentration on the average 38% higher ($p \leq 0.01$) than bees in genotype of which mtDNA – Q locus had been recorded. The change of 10-HDA concentration in royal jelly of honey bees having different allele registration frequency in the *mrj3* locus has been established. Maximum concentrated 10-HDA (3.45%) was recorded in the bees with domination of allele 392 with frequency $R \geq 0,38$ in the *mrj3* locus. Minimum 10-HDA content (2.39%) was observed in bees with domination of allele 406 registration frequency in the *mrj3* locus. Honey bees with domination of alleles 485 and 518 in the *mrj3* locus had no significant differences of 10-HDA content in royal jelly at 3.0% and 2.8% indexes respectively.

Keywords: *Apis mellifera* L., 10-hydroxy-2-decenoic acid, markers, morphological characteristics, *mrj3* locus

Acknowledgement: scientific work was performed in the framework of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky (theme АААА-А16-116021950048-3).

Conflict of interest: the authors stated that there was no conflict of interest.

For citation: Brandorf A.Z., Ivoilova M.M. Morpho-genetic markers of honeybees producing Royal jelly with a high content of 10- HDA. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2019;20(3);283-289. (In Russ.) <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.3.283-289>

Received: 06.03.2019

Accepted for publication: 06.05.2019

Published online: 18.06.2019

Проблема получения высококачественной апипродукции в современном пчеловодстве выделяется особенно. Важным направлением в повышении эффективности пчеловодства является использование медоносных пчел, отвечающих требованиям технологии получения того или иного вида продукции.

Современная селекционно-племенная работа в пчеловодстве предусматривает определение критериев высокопродуктивных медоносных пчел, позволяющих проводить отбор пчелиных семей по определенным биологическим признакам. Наиболее практичны в качестве критериев отбора у медоносных пчел – морфологические признаки, но современные методы предусматривают выявление генетических маркеров, которые в совокупности позволяют повысить эффективность отбора [1, 2].

Одним из востребованных на рынке биологически активных продуктов является маточное молочко, потребление которого требует увеличения его производства. Основной производитель маточного молочка – Китай, большая часть произведенного им продукта не всегда соответствует современным требованиям и нормам [3, 4]. Существует множество стандартов на маточное молочко, разработанных разными странами, но все предусматривают определение следующих критериев: протеины, 10-ОДК (10-окси-2-деценивая кислота), сахара. Значение 10-ОДК – это важный биоиндикатор качества маточного молочка, предусмотренный стандартами многих стран (Япония, Бразилия, Болгария, Швейцария и другие) [5].

Около 90% от всего количества протеинов маточного молочка составляет главный протеин (MRJPs), который в настоящее время рассматривается как один из маркеров для проведения селекционно-племенной работы с медоносными пчелами. Субсемейство *mrjp* генов активно изучается у медоносных пчел разного происхождения в ассоциации с продуктивностью и качеством маточного молочка [6, 7, 8, 9].

Качественные критерии маточного молочка существенно изменяются в зависимости от паратипических факторов, в том числе у разных по происхождению медоносных пчел. С увеличением спроса на маточное молочко высокого качества многие зарубежные и российские ученые изучают изменение критериев его качества у пчел разного происхождения под воздействием экологических факторов [10, 11, 12, 13, 14]. В связи с этим является актуальным выявление морфо-фенотипических и генетических критериев у медоносных пчел, продуцирующих маточное молочко с высоким содержанием 10-ОДК, для разработки селекционных программ по разведению высокопродуктивных пчелиных семей.

Цель исследований – изучить закономерности и выявить морфогенетические маркеры медоносных пчел, продуцирующих маточное молочко с высоким содержанием 10-ОДК.

Материал и методы. Материалом для исследования послужили рабочие пчелы медоносных пчел и маточное молочко. Для проведения анализа происхождения медоносных пчел в осенний период 2016...2018 гг. были отобраны пробы рабочих пчел в Кировской области (n = 750 шт. из 25 пчелиных семей), Краснодарском крае (n = 210 шт. из 7 пчелиных семей), Томской области (n = 350 шт. из 12 пчелиных семей). Концентрацию 10-ОДК в маточном молочке изучали в образцах (по 10 мг маточного молочка каждый), полученных в Кировской области (n = 30), Краснодарском крае (n = 10), Томской области (n = 5).

Исследования проводили на базе ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока. Происхождение медоносных пчел устанавливали морфо-фенотипическим методом и ПЦР-анализом. Отбор проб (по 25 рабочих пчел от семьи) и изучение морфометрических признаков медоносных пчел проводили общепринятыми методами^{1,2}. С помощью микроскопа МБС-10, оборудованного видеокамерой DCM 300, измеряли отпрепарированные части тела медоносных пчел, размещенных на листе белой бумаги и зафиксированных прозрачным скотчем.

¹Алпатов В.В. Породы медоносной пчелы и их использование в сельском хозяйстве. М.: Детгиз, 1948. 183 с.

²Билаш Г.Д., Кривцов Н.И. Селекция пчел. М.: Агропромиздат, 1991. 304 с.

На листе бумаги указывали: номер пчелиной семьи, дату отбора пробы, месторасположение пасеки. Изучено 13 основных экстерьерных признаков пчел методами, разработанными В.В. Алпатовым³ и НИИ пчеловодства⁴. При изучении медоносных пчел рассмотрены фенотипические особенности кутикулы и волосяного покрова по методике, описанной Ф. Руттнером⁵.

При изучении генетической принадлежности пчелиных семей применяли популяционно-генетический анализ методом ПЦР на предмет структурного полиморфизма межгенного локуса COI-COII мтДНК. Электрофоретическое разделение продуктов ПЦР межгенного локуса COI -COII мтДНК проводили в 1,5% агарозном геле. Одновременно проведен анализ медоносных пчел по микросателлитному локусу *trjр3*.

Маточное молочко для исследований отбирали в весенне-летний период 2016...2018 гг. через 72 часа после прививки личинок (при искусственном способе с переносом личинок в восковые мисочки) или закладки маточников (при естественном способе). Полученное молочко помещали в пенициллиновые бутылочки, в качестве консерванта использовали этиловый спирт (40%) в количестве 1/10 от общего объема молочка, с последующим хранением в холодильнике при температуре минус 17...20°C.

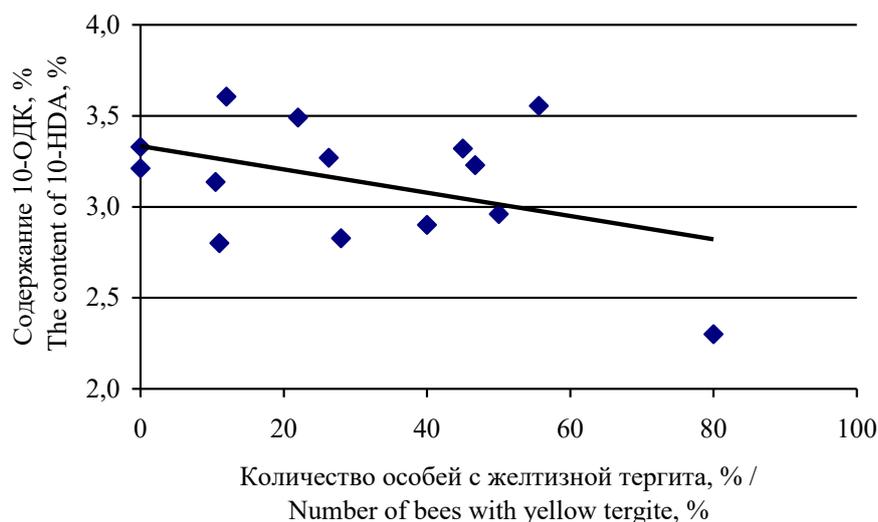
Процентное содержание 10-ОДК определяли методом жидкостной хроматографии на оборудовании Shumadzu Corporation (SPD-20-AD) по методике, описанной J. Kim, J. Lee [15].

Для выявления генетических закономерностей проведен корреляционный анализ по морфо-фенотипическим и генетическим признакам с выявлением отличительных параметров у медоносных пчел, продуцирующих маточное молочко с разной концентрацией 10-ОДК.

Полученные результаты статистически обработаны на персональном компьютере с проверкой достоверности по критерию Стьюдента с использованием пакета прикладных программ MS OFFICE (Microsoft Excel. 2007).

Результаты и их обсуждение. Маточное молочко вырабатывают рабочие пчелы для кормления пчелиных маток. Его качество изменяется не только в зависимости от условий содержания и кормовой базы, но и от происхождения медоносных пчел.

При сравнительном анализе маточного молочка по содержанию 10-ОДК, полученного от пчел с разными морфо-фенотипическими признаками, выявлено, что пчелы с наличием желтизны на тергитах продуцировали молочко с низкой концентрацией 10-ОДК – меньше на 13,7% отн. ($P \leq 0,05$) по сравнению с особями, в фенотипе которых отсутствовала желтизна (рис. 1).



**Рис. 1. Концентрация 10-ОДК в маточном молочке у пчел с разным фенотипом /
Fig. 1. Concentration of 10-HDA in royal jelly of bees with different phenotype**

³Алпатов В.В. Породы медоносной пчелы и их использование в сельском хозяйстве. М.: Детгиз, 1948. 183 с.

⁴Методы проведения научно-исследовательских работ в пчеловодстве. Рыбное: НИИП, 2006. 154 с.

⁵Руттнер Ф. Техника разведения и селекционный отбор пчел. М.: АСТ: Астрель, 2006. 166 с.

Установлена средняя отрицательная зависимость между наличием желтизны в фенотипе пчел и содержанием 10-ОДК в маточном молочке ($r = -0,42$, при $P \leq 0,05$).

Результаты комплексного анализа по 13 морфологическим признакам показали, что рабочие пчелы с максимальными размерами брюшка продуцировали маточное молочко с высоким содержанием 10-ОДК (рис. 2).

Медоносные пчелы с шириной третьего стернита более 4,8 мм вырабатывали маточное молочко с концентрацией 10-ОДК на 20%

выше по сравнению с пчелами с наименьшей шириной стернитов ($P \leq 0,01$). Установлено, что рабочие особи с шириной третьего стернита до 4,5 мм продуцировали маточное молочко с содержанием 10-ОДК не более 2,6%, у пчел с шириной третьего стернита более 4,8 мм этот показатель составил 3,1% ($r = 0,54$ при $P \leq 0,05$). У медоносных пчел при ширине третьего тергита более 4,8 мм концентрация 10-ОДК в маточном молочке также увеличилась в среднем с 2,5 до 3,1%, что достоверно больше в среднем на 30% отн. ($P \leq 0,001$).



Рис. 2. Корреляционная зависимость между морфологическими признаками рабочих особей и концентрацией 10-ОДК в маточном молочке (r) /

Fig. 2. Correlation dependence between morphological characteristics of working bees and 10-HDA concentration in royal jelly (r)

По результатам генетического анализа рабочих особей по материнской линии локуса митохондриальной ДНК (СОI-СОII) установлено, что пчелы со специфичными для средне-русской породы локусами PQQ или PQQQ продуцировали в среднем маточное молочко с

большей концентрацией 10-ОДК на 38% ($P \leq 0,01$) по сравнению с особями, в локусе которых регистрировали элемент Q. Результаты качества маточного молочка от пчелиных семей разного происхождения по митохондриальной ДНК представлены в таблице.

Таблица Продуктивность пчелиных семей разного генетического происхождения по мтДНК /
Table The productivity of bee families of different genetic origin on mtDNA

Показатель / Indicator	Локус митохондриальной ДНК / The locus of the mitochondrial DNA	
	Q	PQQ-PQQQ
Концентрация 10-ОДК, % / The concentration of 10-HDA, %	2,65±0,24	3,26±0,14
Lim, %	2,2...3,3	2,9...3,5

Примечание: значения достоверны при $P \leq 0,05$ / Note: values are valid at $P \leq 0,05$

Полученные данные по митохондриальной ДНК полностью подтверждают результаты оценки фенотипа пчел, так как желтизна в окрасе кутикулы медоносных пчел отмечается у особей, в мтДНК которых регистрируется локус Q.

Локус *mrjp3* рассматривается как кандидатный маркер для оценки продуктивности медоносных пчел по маточному молочку.

Установлено, что у томской популяции преобладала аллель 529 с частотой $P_{529} \geq 0,62$, Кировской – аллель 518 с частотой $P_{518} \geq 0,26$, краснодарской популяции – аллель 485 с частотой $P_{485} \geq 0,313$ (рис. 3).

Максимальная концентрация 10-ОДК (3,45%) зарегистрирована у пчел, в локусе *mrjp3* которых преобладала аллель 392 с частотой регистрации $P_{392} \geq 0,38$ (рис. 4).

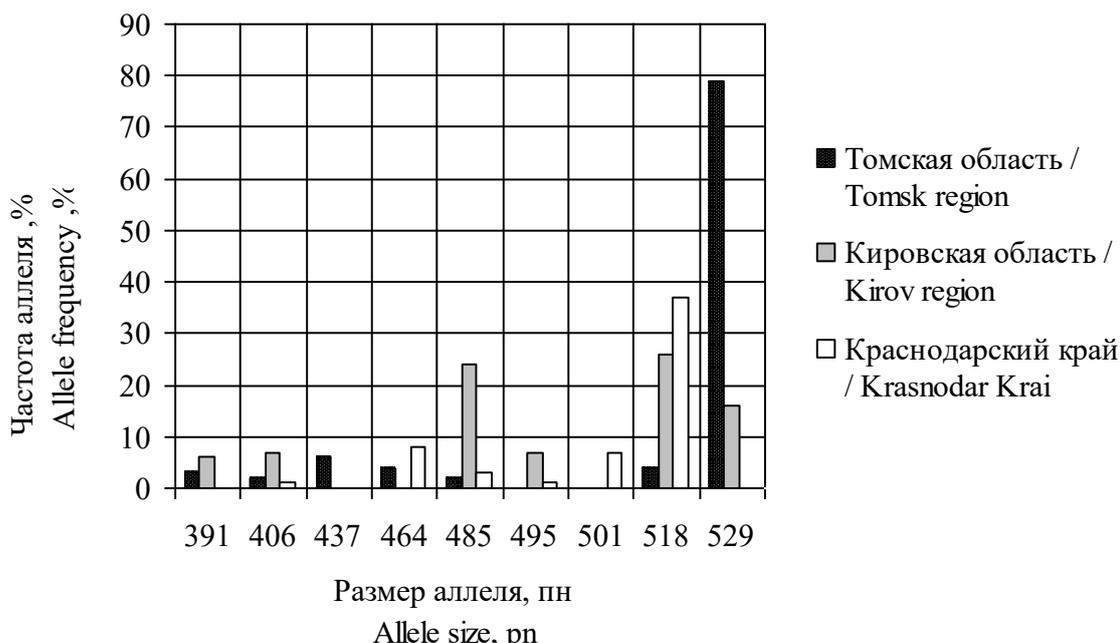


Рис. 3. Генетическое разнообразие микросателлитного локуса *mrjp3* у медоносных пчел разного происхождения

Fig. 3. Genetic diversity of the microsatellite locus *mrjp3* in honeybees of different origin

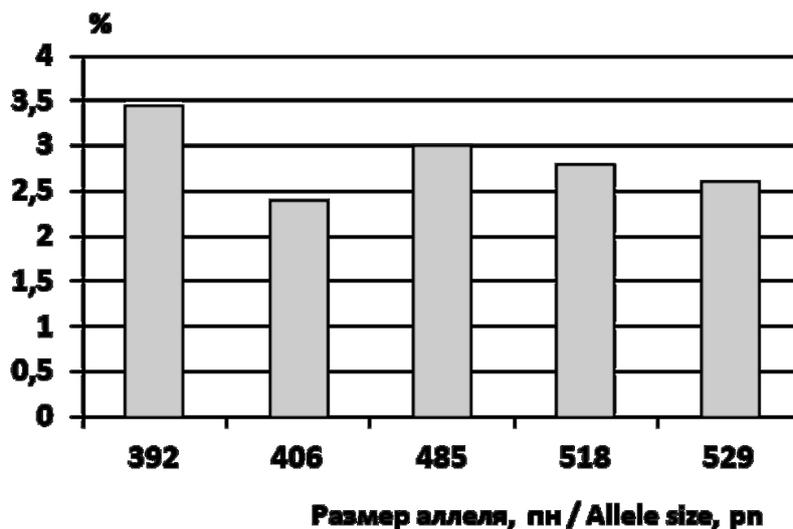


Рис. 4. Концентрация 10-ОДК в маточном молочке у медоносных пчел с разными размерами аллеля (пн) микросателлитного локуса *mrjp3*

Fig. 4. Concentration of 10-HDA in royal jelly of honeybees with different allele sizes (pn) of microsatellite locus *mrjp3*

Минимальные значения отмечены у особей с преобладанием частоты регистрации аллеля размером 406 (2,39%). Особи с размером аллелей 485 и 518 не имели достоверных отличий в концентрациях 10-ОДК: 3,0 и 2,8%

соответственно.

На рисунке 5 показана зависимость концентрации 10-ОДК у медоносных пчел с разным количеством аллелей в локусе *mrjр3* ($r = 0,66$ при $P \leq 0,05$).

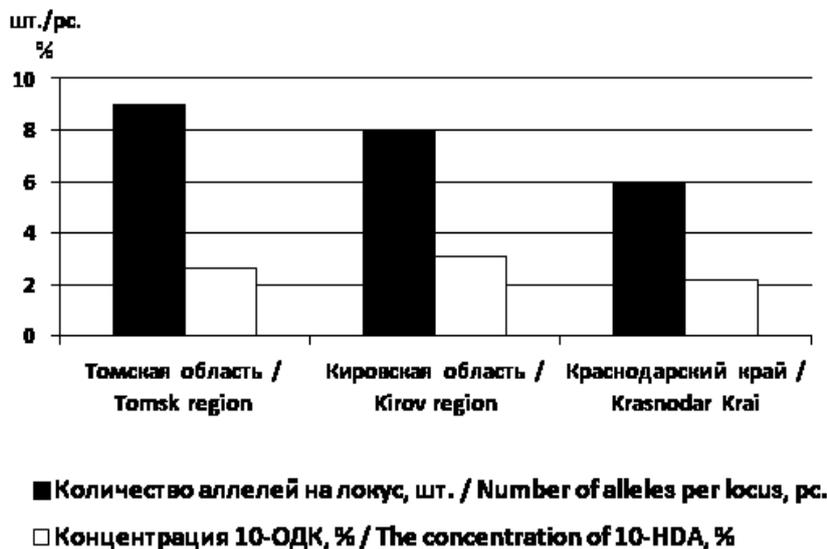


Рис. 5. Концентрация 10-ОДК в маточном молочке у пчел разного происхождения с разным количеством аллелей в локусе *mrjр3* /

Fig. 5. Concentration of 10-HDA in royal jelly in bees of different origin with different number of alleles in *mrjр3* locus

Установлено, что медоносные пчелы с большим вариантом генотипов характеризовались высокими значениями 10-ОДК в пределах 2,8...3,1%. При сокращении частоты встречаемости аллелей на локус у медоносных пчел в маточном молочке отмечали низкую концентрацию 10-ОДК при значениях 1,8...2,2%.

Заключение. 1. Для получения маточного молочка с высокой концентрацией 10-ОДК необходимо отбирать рабочих пчел с крупными размерами брюшка (при ширине 3-го тергита и стернита 4,8 и 4,7 мм соответственно), продуцирующими маточное молочко с достоверно большей концентрацией кислоты в 1,2...1,4 раза ($P \leq 0,05$).

2. Медоносные пчелы, в генотипе которых регистрируется локус мтДНК – PQQ или PQQQ, продуцировали маточное молочко с концентрацией 10-ОДК в среднем достоверно больше на 38% ($P \leq 0,01$), чем пчелы, в генотипе которых регистрируется локус – Q.

3. Максимальная концентрация 10-ОДК (3,45%) зарегистрирована в маточном молочке пчел, у которых в локусе *mrjр3* преобладала аллель 392 с частотой $P \geq 0,38$. Минимальные значения отмечены в маточном молочке у пчел, в локусе которых преобладала аллель размером 406 (10-ОДК -2,39%). Особи с размером аллели 485 и 518 не имели достоверных отличий при показателях концентрации 10-ОДК 3,0 и 2,8% соответственно.

References

1. Брандорф А.З., Ивойлова М.М. Влияние экологических факторов на критерии качества маточного молочка *Apis mellifera* L. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2018;(1):19-26. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.62.1.19-26>
1. Brandorf A.Z., Ivoylova M.M. *Vliyanie ekologicheskikh faktorov na kriterii kachestva matochnogo molochka Apis mellifera L.* [Influence of ecological factors on the quality criteria of royal jelly *Apis mellifera* L.]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2018;(1):19-26. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.62.1.19-26>
2. Брандорф А.З., Ивойлова М.М., Новикова Л.В., Устюжанин И.А. Морфогенетические закономерности при репродукции маток и получении маточного молочка. *Пчеловодство*. 2018;(5):12-15.
2. Brandorf A.Z., Ivoylova M.M., Novikova L.V., Ustyuzhanin I.A. *Morfogeneticheskie zakonomernosti pri reprodukcii matok i poluchenii matochnogo molochka*. [Morphogenetic regularities of the reproduction of queen bees and royal jelly receive]. *Pchelovodstvo*. 2018;(5):12-15. (In Russ.).

3. Kanelis D., Tananaki C., Liolios V., Dimou M., Goras G., Rodopoulou M.A., Karazafiris E., Thrasylvoulou A.A suggestion for royal jelly specifications. *Arh Hig Rada Toksikol.* 2015;(66):275-284. DOI: <https://doi.org/10.1515/aiht-2015-66-2651>
4. Sabatini A.G., Marcazzan G.L., Caboni M.F., Bogdanov S. Quality and standardization of Royal Jelly. *Journal of ApiProduct and ApiMedical Science.* 2009;(1):16-21.
5. Schmidt E.M., Silva Cunha I.B., Eberlin M.N., Frankland A.C. Saway Characterization of Royal Jelly by electrospray ionization mass spectrometry fingerprinting. *Mass spectrometry and Purification techniques.* 2015;1(1). DOI: <https://doi.org/10.4172/2469-9861.1000105>
6. Buttstedt A., Moritz R.F., Erler S. Origin and function of the major royal jelly proteins of the honeybee (*Apis mellifera*) as members of the yellow gene family. *Biol. Reviews.* 2014;89(2):255-269. DOI: <https://doi.org/10.1111/brv.12052>
7. Albert S., Bhattacharya D., Klaudiny J., Schmitzová J., Simúth J. The family of major royal jelly proteins and its evolution. *J. Mol. Evol.* 1999;49(2):290-297.
8. Schmitzová J., Klaudiny J., Albert S. et al. A family of major royal jelly proteins of the honeybee *Apis mellifera* L. *Cellular and Molecular Life Sciences.* 1998;54(9):1020-1030.
9. Albert S., Simúth J. Characterization of major royal jelly protein-like DNA sequences in *Apis dorsata*. *J. Apicult. Res.* 2002;41(3-4):75-82. DOI: <https://doi.org/10.1080/00218839.2002.11101072>
10. Ying Wang, Lanting Ma, Weixing Zhang, Xu-pei Cui, Hongfang Wang, Baohua Xu Comparison of the nutrient composition of royal jelly and worker jelly of honey bees (*Apis mellifera*). *Apodologie.* 2016;47(1):48-56. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13592-015-0374-x>
11. Mureşan C.I., Mărghitaş L.A., Dezmirean D.S., Bobiş O., Bonta V., Zacharias I., Mărgăoan R., Paşca C. Quality Parameters for commercialized Royal Jelly. *Bulletin UASVM Animal Science and Biotechnologies.* 2016; 73(1):37-44. DOI: <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-asb:11630>
12. Flanjak I., Jakovljević M., Kenjerić D., Stokanović M.C., Primorac L., Rajs B.B. Determination of (2E)-10-hydroxydec-2-enoic acid in Croatian royal jelly by high-performance liquid chromatography. *Croat. J. Food Sci. Technol.* 2017;9 (2):152-157. URL: https://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=20&ved=2ahUKewjFgeiHufXhAhWB_CoKHSfBf44ChAWMA16BAglEAI&url=https%3A%2F%2Fhrca.hr%2Ffile%2F281971&usq=AOvVaw2OkpawmPMaNHNNIIX4qQtB
13. Крылов В.Н., Сокольский С.С. Белки, аминокислоты и углеводы маточного молочка. *Пчеловодство.* 2017;(2):53-54. Режим доступа: <http://ylejbees.com/index.php/produktsiya-pchelovodstva/matochkino-molochko/1924-belkimatmol>
- Krylov V.N., Sokol'skiy S.S. *Belki, aminokisloty i uglevody matochnogo molochka.* [Proteins, amino acids and carbohydrates of royal jelly]. *Pchelovodstvo.* 2017;(2):53-54. (In Russ.). URL: <http://ylejbees.com/index.php/produktsiya-pchelovodstva/matochkino-molochko/1924-belkimatmol>
14. Praetinee Pattamayutanon Chi-Chung Peng Chainarong Sinpoo Panuwan Chantawannakul Effects of Pollen Feeding on Quality of Royal Jelly. *Journal of Economic Entomology.* 2018;111(6):2974-2978. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/toy251>
15. Kim J., Lee J. Quantitative analysis of trans-10-hydroxy-2-decenoic acid in royal jelly products purchased in USA by high performance liquid chromatography. *Journal of Apicultural Science.* 2010;4 (1):77-85. URL: https://www.researchgate.net/publication/287691898_Quantitative_analysis_of_trans-10-hydroxy-2-decenoic_acid_in_royal_jelly_products_purchased_in_usa_by_high_performance_liquid_chromatography

Сведения об авторах:

Брандорф Анна Зиновьевна, доктор с.-х. наук, ст. научный сотрудник лаборатории пчеловодства ФГБНУ "Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого", ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0535-6578>**, e-mail: Apis_mellifera_mellifera_L@mail.ru,

✉ **Ивойлова Мария Михайловна**, кандидат биол. наук, научный сотрудник лаборатории пчеловодства ФГБНУ "Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого", ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0163-1969>**.

Information about the authors:

Anna Z. Brandorf, DSc in Agriculture, senior researcher, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V.Rudnitsky, Lenina str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0535-6578>**, e-mail: Apis_mellifera_mellifera_L@mail.ru,

✉ **Mariya M. Ivoilova**, PhD in Biology, researcher, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V.Rudnitsky, Lenina str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0163-1969>**.

✉ - Для контактов / Corresponding autor