мии. – 2019. – № 4. – С. 67–72.

8. Карнизенко М. А. Современное состояние скотоводства Саратовской области / М. А. Карнизенко, М. В. Муравьева // Агрофорсайт. – 2022. – № 1. – Саратов : ООО «ЦеСАин», 2022. – 1 электронный оптический диск (CD-ROM). – Заглавие с этикетки диска.

9. Писаренко А. В. Популяционный мониторинг генофондных пород крупного рогатого скота как основа сохранения биоразнообразия / А. В. Писаренко // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. – 2024. – № 1. – С. 261–270.

DOI: 10.48612/sbornik-2026-1-53
УДК 638.145.43

КРИОКОНСЕРВАЦИЯ СПЕРМЫ ТРУТНЕЙ

Гулов Алексей Николаевич, канд. с.-х. наук
ФГБНУ «Федеральный научный центр пчеловодства»,
г. Рыбное, Рязанская обл., Российская Федерация

Цель работы – сравнительная оценка криосоломин и криовиал при программируемом замораживании спермы трутней. В криосоломине воздействие жидкого азота на образец сильнее в силу увеличения площади поверхности образца. В ходе сравнительного анализа исследуемых форм криохранения выявлено достоверное превосходство криовиал перед криосоломинами при программируемом замораживании со скоростью 1–3°/мин по общей подвижности (U = 3166,5– 3637, при $p < 0,05$) и жизнеспособности сперматозоидов (U = 2786,5, при $p < 0,05$). Общая подвижность сперматозоидов, замороженных в криовиалах и криосоломинах со скоростью 1°/мин, оказалось достоверно выше в сравнении с образцами, замороженными со скоростью 3°/мин (t= 2,3 и t = 2,9, при $p < 0,05$).

Ключевые слова: программируемое замораживание; сперма трутней; криовиалы; криосоломины

CRYOPRESERVATION OF DRONE SEMEN

Gulov Alexey Nikolaevich, PhD Agr. Sci.
Federal Beekeeping Research Center,
Rybnoye, Ryazan region, Russian Federation

The purpose of this study is to comparatively assess of both cryosolomin and cryovial in programmed freezing of drone sperm in the programmable freezing of drone semen. In a cryosolomin, the effect of liquid nitrogen on the sample is stronger due to the increased surface area of the sample. A comparative analysis of the studied cryostorage forms revealed a reliable superiority of cryovials over cryosolomins with programmed freezing at a rate of 1–3°/min in terms of total motility (U = 3166.5–3637, at $p \leq 0.05$) and sperm viability (U = 2786.5, at $p \leq 0.05$). Total motility of sperm frozen in cryovials and cryosolomins at a rate of 1°/min was significantly higher compared to samples frozen at a rate of 3°/min (t = 2.3 and t = 2.9, at $p \leq 0.05$).

Keywords: programmable freezing; drone sperm; cryovials; cryosolomins

Криоконсервация спермы различных животных довольно широко применяется в практике их разведения, воспроизводства и сохранения. Главная цель низкотемпературного хранения спермы трутней - сделать возможным использование ее для искусственного осеменения пчелиных маток с сохранением воспроизводительной способности на уровне осемененных свежеотобранной спермой или полученных в условиях естественного спари-

вания [2]. Результатом многолетних исследований в области криобиологии медоносной пчелы, стало создание криобанков спермы трутней в России [2], США [7], Германии [10]. В методических рекомендациях FAO по криоконсервации генетических ресурсов животных [4] опубликованы протоколы замораживания и оттаивания спермы трутней медоносной пчелы [7, 8] с использованием программируемого замораживателя. Наиболее распространенными методами криоконсервации спермы трутней, обеспечивающими сохранение оплодотворяющей способности сперматозоидов на достаточно высоком уровне, являются замораживание в парах жидкого азота [2,3,5,6] и с помощью программируемого замораживателя [7-9]. Наиболее практикуемой формой криохранения спермы медоносной пчелы являются криосоломины 0,25 мл (250 мкл). В силу того, что объем разбавленной спермы для замораживания составляет, как правило, 5 – 10 мкл, то криосоломины подрезают до 6,5 см в длину [7] или до 4 см [9]. Отличительной особенностью криосоломины является большая площадь наружной поверхности контейнера, отнесенная к единице объема препарата. Соответственно, в криосоломине воздействие жидкого азота на образец будет сильнее, так как в ней увеличивается площадь поверхности образца.

Таким образом, целью настоящего исследования является – сравнительная оценка криосоломин и криовиал при программируемом замораживании спермы трутней.

Методика исследований. Сбор свежей спермы проводился в ФГБНУ «Федеральный научный центр пчеловодства (г. Рыбное, Рязанская область, Россия) от трутней породного типа «Приокский» среднерусской породы пчел (*A. mellifera* L.). Образцы спермы были исследованы в лаборатории селекции и молекулярно-генетических исследований медоносных пчел ФНЦ пчеловодства в 2023 г. Всего было заготовлено 200 мкл свежеотобранной спермы – 100 мкл для замораживания в криосоломинах и 100 мкл для криоконсервации в криовиалах. Качество спермы оценивали по методике [1]. Подготовку образцов для криоконсервации осуществляли по методике [1]. Замораживание образцов осуществляли на программируемом замораживателе BioFreeze BV-65 (Consarctic, Germany). Сравнительную оценку криовиал и криосоломин проводили по двум протоколам замораживания спермы трутней: со скоростью 3°/мин и 1°/мин. Оттаивание образцов проводили через сутки после криохраненияна по методике [1].

Статистические различия между выборками были проверены с помощью дисперсионного анализа (ANOVA) с использованием раздельного построения графиков (STATISTICA версии 13.0; StatSof Россия, Москва). Групповые различия сравнивались с использованием t-критерия Стьюдента. Сравнительную оценку криовиал с криосоломинами проводили с помощью *U*-критерия Манна-Уитни. Эффекты считались значимыми при $p \leq 0,05$.

Результаты исследований и их обсуждение. В период окончания активного сезона пчеловодства (август)в условиях Рязанской области прошлого года трутни отличались достаточно высокой половой потенцией, а сперма имела насыщенный кремовый цвет. При этом, была отмечена достаточно высокая вязкость эякулята и снижение активности сперматозоидов. Так, средний показатель общей подвижности составил 62,4 ± 2,35%, жизнеспособности 93,1 ± 1,11% и концентрации сперматозоидов 3,3 ± 0,13 млн/мкл. По качественным характеристикам такая сперма подходила для экспериментальных исследований. Через сутки после криоконсервации со скоростью 3°/мин подвижность сперматозоидов, замороженных в криовиалах сократилась в 4,7 раза, а в криосоломинах в 15 раз (таблица 1).

Тогда как мембраны спермиев, замороженных в криовиалах, незначительно подверглись воздействию агрессивных условий жидкого азота (снижение на 0,6 %). Средний показатель жизнеспособности замороженооттаянной спермы из криосоломин снизился на 16,4 %. В ходе сравнительного анализа исследуемых форм криохранения для спермы трутней с помощью критерия Манна-Уитни выявлено достоверное превосходство криовиал перед криосоломинами при программируемом замораживании со скоростью 3°/мин.

Через сутки после криоконсервации со скоростью 1°/мин подвижность сперматозоидов, замороженных в криовиалах сократилась в 3,3 раза, а в криосоломинах в 6,4 раза (таблица 2).

Таблица 1 – Качество спермы трутней *A. mellifera* L, после замораживания со скоростью 3°/мин

Статистические показатели	Качество заморожено-оттаянной спермы			
	в криовиалах, n = 100		в криосоломинах, n = 101	
	общая подвижность, %	жизнеспособность %	общая подвижность, %	жизнеспособность, %
M ± m	13,1 ± 1,9 (0 – 100)	92,5 ± 1,5 (50 – 100)	4,1 ± 1,3 (0 – 100)	76,7 ± 1,9 (33,4 – 100)
σ	19,9	14,8	12,9	19,8
Cv, %	151,8	16,0	315,5	25,8
U- критерий	3637,0	2786,5	–	–
Z	3,42	5,49	–	–
p	0,000613	0,000000	–	–

Таблица 2 – Качество спермы трутней *A. mellifera* L, после замораживания со скоростью 1°/мин

Статистические показатели	Качество заморожено-оттаянной спермы			
	в криовиалах, n = 100		в криосоломинах, n = 101	
	общая подвижность, %	жизнеспособность, %	общая подвижность, %	жизнеспособность, %
M ± m	18,8 ± 1,5 (0 – 66,7)	93,0 ± 1,2 (33,4 – 100)	9,7 ± 1,4 (0 – 66,7)	89,7 ± 1,6 (25 – 100)
σ	15,3	11,9	13,8	16,7
Cv, %	81,4	12,7	141,9	18,6
U- критерий	3166,5	4499,5	–	–
Z	4,48	1,22	–	–
p	0,000008	0,221824	–	–

Показатель целостности мембран спермиев, замороженных в криовиалах снизился на 0,1 %, а в криосоломинах на 3,4 %.

Выводы. По результатам сравнительного анализа исследуемых форм криохранения установлено достоверное превосходство криовиал перед криосоломинами только по показателю общей подвижности при программируемом замораживании со скоростью 1°/мин. Выбранные нами режимы замораживания оказали влияние на качественные характеристики сперматозоидов во время криоконсервации в исследуемых формах хранения. Так, замораживание спермы в криовиалах со скоростью 1°/мин оказалось достоверно эффективней в сравнении со скоростью 3°/мин по показателю общей подвижности сперматозоидов (t = 2,3 при p < 0,05). Исследуемые режимы замораживания не оказали достоверного влияния на жизнеспособность спермиев (t = 0,6 при p> 0,05). Криоконсервация спермы в криосоломинах со скоростью 1°/мин оказалась достоверно эффективней в сравнении со скоростью 3°/мин по показателю общей подвижности сперматозоидов (t = 2,9 при p < 0,05) и жизнеспособности (t = 5,0 при p < 0,05).

Таким образом, замораживание спермы трутней в криовиалах имеет явное преимущество перед криосоломинами по показателю общей подвижности в особенности при более медленном программируемом замораживании со скоростью 1°/мин. Подвижность спермиев в нашем опыте оказалась наиболее уязвимой при воздействии предельно низких температур.

Список литературы

1. Гулов А.Н. Влияние синтетических сред, яичного желтка и пчелиного меда на криоустойчивость спермы трутней / А. Н. Гулов, З. Н. Сайфутдинова, Д. В. Митрофанов [и др.] // Генетика и разведение животных. – 2020. – № 1. – С. 27–36. – DOI: 10.31043/2410-2733-2020-1-27-36.

2. Какпаков В. Т. Криобанк спермы трутней

медоносной пчелы / В.Т. Какпаков, О.В. Кабашова, А.В. Бородачев [и др.] // Пчеловодство. – 1993. – № 8. – С. 4–6.

3. Auth C. A. Nitrogen vapor immersion: An accessible alternative for honey bee (Apis mellifera L.) semen cryopreservation / C. A. Auth, B. K. Hopkins // Cryobiology Journal. – 2021. – Vol. 100. – P. 12–18. – DOI: 10.1016/j.cryobiol.2021.04.006.

4. Boes J. Innovations in cryoconservation of animal genetic resources / J. Boes, P. Boettcher, M. Honkatukia // FAO Animal Production and Health Guidelines. – 2023. – No. 33. – Rome : FAO. – 78 p. – DOI: 10.4060/cc3078en. – URL: https://doi.org/10.4060/cc3078en (дата обращения: 01.04.2026).

5. Castillo A. Efecto de dos crioprotectores sobre la viabilidad espermática de zánganos de abejas melíferas (Apis mellifera L.) / A. Castillo, J.L. Emesto. – Lima : Universidad Nacional Agraria la Molina, 2020. – 45 p. – URL: https://hdl.handle.net/20.500.12996/4353 (дата обращения: 01.04.2026).

6. Henry L. Effect of egg yolk on sperm cryopreservation of drone (Apis mellifera) / L. Henry, D.R. Álvaro, C.M. Karen [et al.] // Abanico Veterinario. – 2019. – Vol. 9, No. 1. – P. 1–11. – DOI: 10.21929/abavet2019.921.

7. Hopkins B. K. Sequential generations of honey bee (Apis mellifera) queens produced using cryopreserved semen / B. K. Hopkins, C. Herr, W. S. Sheppard // Reproduction, Fertility and Development. – 2012. – Vol. 24. – P. 1079–1083. – URL: https://www.researchgate.net/publication/ (дата обращения: 01.04.2026).

8. Rajamohan A. A non-activating diluents to prolong in vitro viability of Apis mellifera spermatozoa: Effects on cryopreservation and on egg fertilization / A. Rajamohan, R. G. Danka, B. K. Hopkins [et al.] // Cryobiology. – 2020. – Vol. 92. – P. 124–129. – DOI: 10.1016/j.cryobiol.2019.11.045.

9. Wegener J. In vivo validation of in vitro quality tests for cryopreserved honey bee semen / J. Wegener, T. May, U. Knollman [et al.] // Cryobiology Journal. – 2012. – Vol. 65. – P. 126–131. – DOI: 10.1016/j.cryobiol.2012.04.010.

10. Wegener J. Zwei Bieneninstitute legen in Deutschland eine neue Kryobank für Honigbienen an / J. Wegener, V. Viert, M. Meixner [et al.] // Deutsches Bienen Journal. – 2019. – Vol. 8. – P. 62.

DOI: 10.48612/sbornik-2026-1-54
УДК 575.17:636.32/.38.034

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГЕНОВ FASN И CSN3 КАК МАРКЕРОВ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ОВЕЦ

Евлагина Дарья Дмитриевна, канд. биол. наук
Карпова Екатерина Дмитриевна, канд. биол. наук
Синякина Елена Владимировна, аспирант
ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», г. Михайловск, Российская Федерация

Проведён анализ полиморфизма генов FASN и CSN3 у овец пород лакон, дагестанская горная и их помесей (½ дагестанская горная × лакон). По гену FASN установлено доминирование С аллеля во всех группах при полной мономорфности у породы лакон, при этом редкий аллель Т встречается с низкой частотой и не оказывает достоверного влияния на удой. По гену CSN3 во всех выборках преобладает аллель А (частота 0,87–0,91), а различия по величине удоя между разными генотипами статистически незначимы. Следовательно, целесообразным проведение аналогичных исследований на более многочисленных популяциях, включая другие породы овец разного направления продуктивности.

Ключевые слова: аллельные варианты; гены; FASN; CSN3; овцы; продуктивность