

77–82. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2009.06.008.

13. Effects of over-expression of TLR2 in transgenic goats on pathogen clearance and role of 386 up-regulation of lysozyme secretion and infiltration of inflammatory cells / S. Deng [et al.] // BMC Vet. Res. – 2012. – Vol. 196. DOI: 10.1186/1746-6148-8-196.

14. Effects of the 389 TLR4 transgene on reproductive traits and DNA methylation pattern of oocytes in ewes / Y. Fang [et al.] // Front. Agr. Sci – 2014. – Vol. 1(4). – P. 314–320. DOI: 10.15302/J-FASE-2014038/

15. Spermatozoa quality of the transgenic rabbit offspring / P. Chrenek [et al.] // Slovak J. Anim. Sci. – 2011. – Vol. 44. – P. 124–128.

16. Evaluating the fitness of human lysozyme transgenic dairy goats: growth and reproductive traits / A. K. Jackson [et al.] // Transgenic Res. – 2010. – Vol. 19(6). – P. 977–986. DOI: 10.1007/s11248-010-9371-z.

17. Growth and reproductive traits of F1-generation transgenic goats for human granulocyte-colony stimulating factor / R. Batista [et al.] // Animal Production Science. – 2018. – Vol. 7. – P. 1218. DOI: 10.1071/AN16582.

18. Objective sperm motion analysis to assess dairy bull fertility using computer-aided system- a review / P. Kathiravan [et al.] // Reprod Domest Anim. – 2011. – Vol. 46. – P. 165–172. DOI: 10.1111/j.1439-0531.2010.01603.x.

19. Testing Usability of Butylated Hydroxytoluene in Conservation of Goat Semen / T. A. A. Khalifa [et al.] // Reprod. Domest. Anim. – 2008. – Vol. 43. – P. 525–530. DOI: 10.1111/j.1439-0531.2007.00947.x.

20. Effect of temperature and time after collection on buck sperm quality / H. Kirsten [et al.] // BMC Veterinary Research. – 2019. – Vol. 15. – P. 1-7. DOI: 10.1186/s12917-019-2135-y.

21. Are there differences between methods used for the objective estimation of boar sperm concentration and motility? / F. Sevil [et al.] // Animals. – 2023. – Vol. 13. – P. 1622. DOI: 10.3390/ani13101622

Поступила 4.04.2024 г.

УДК 636.4.082.453.52:544.538

Д.М. БОГДАНОВИЧ¹, В.Ю. ПЛАВСКИЙ², А.И. БУДЕВИЧ¹,
Н.В. ЯНУТЬ¹, С.А. САПСАЛЁВ¹

ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРА КРАСНОЙ ОБЛАСТИ СПЕКТРА НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СПЕРМЫ ХРЯКОВ

¹*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по животноводству, г. Жодино, Республика Беларусь*

²*Институт физики Национальной академии наук Беларуси,
г. Минск, Республика Беларусь*

Одним из биобезопасных методов повышения оплодотворяющей способности спермы считается воздействие на половые гаметы оптического излучения низкой интенсивности. Нами изучалось влияние лазерного излучения красной

области спектра на физико-химические показатели (рН и осмос) спермы хряков-производителей. Исследования проводились на четырёх группах (контрольная и три опытные) животных различных пород возрастом 18-24 месяца. Установлено, что при воздействии полупроводникового низкоинтенсивного лазера красного цвета длиной волны 620-760 нм и плотностью мощности 3 мВт/см² продолжительностью 10-30 минут на разбавленную сперму хряков-производителей уровень рН составлял от 7,14 до 7,40 спустя трое суток хранения, что соответствовало норме для использования эякулятов при искусственном осеменении. Показатель осмотического давления повышался в процессе увеличения сроков хранения разбавленных эякулятов и через 72 часа находился в пределах допустимых значений в диапазоне от 314,76 до 316,85 мОсм/л.

Ключевые слова: хряки, сперма, капацитация, биофизическое воздействие, лазерное излучение, светодиоды, обработка, рН, осмос, ионы водорода, область спектра.

D.M. BOGDANOVICH¹, V.Y. PLAVSKY², A.I. BUDEVICH¹,
N.V. YANUTS¹, S.A. SAPSALEV¹

EFFECT OF RED LASER IRRADIATION ON PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS OF SEMEN OF BOARS

*¹Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences
of Belarus for Animal Breeding, Zhodino, Republic of Belarus*

*²Institute of Physics of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Republic of Belarus*

Exposure of sexual gametes to low-intensity optical radiation is considered to be one of the biosafe methods of increasing the semen fertilizing capacity. We studied the effect of laser irradiation of the red spectrum region on physicochemical parameters (pH and osmosis) of breeding boars' semen. The studies were conducted on four groups (control and three experimental groups) of animals of different breeds aged 18-24 months. It was found that when diluted semen of breeding boars was exposed to a semiconductor low-intensity red laser with a wavelength of 620-760 nm and a power density of 3 mW/cm² for 10-30 minutes, the pH level ranged from 7.14 to 7.40 after three days of storage, which corresponded to the norm for the use of ejaculate in artificial insemination. Osmotic pressure increased with increasing storage time of diluted ejaculates and after 72 hours was within acceptable values ranging from 314.76 to 316.85 mOsm/L.

Keywords: boars, semen, capacitation, biophysical effects, laser irradiation, LEDs, treatment, pH, osmosis, hydrogen ions, spectrum region.

Введение. В настоящее время в условиях интенсивного развития животноводства разработка методов, способствующих повышению эффективности искусственного осеменения, приобретает всё большее

значение. Одним из экологических и биобезопасных направлений улучшения оплодотворяющей способности спермы считается фотомодуляция – воздействие на половые гаметы оптическим излучением низкой интенсивности.

Спермии в процессе своего развития проходят терминальный процесс созревания, происходящий в верхней трети яйцевода – резервуаре и называемый капациацией [1]. При этом первоначально наблюдаются изменения в цитоплазматической мембране половых гамет, которая содержит различные ионные каналы, участвующие в повышении внутреннего pH клетки, способствуя либо входу в неё бикарбоната, либо оттоку протонов водорода. Каналы мембраны – обменники ионов – принадлежат к семейству белков-переносчиков растворённых веществ, непосредственно участвующих в повышении концентрации водородных ионов через электронейтральный обмен внеклеточного натрия на внутриклеточный водород. Исследования Delgado-Bermúdez A. et al. [2] показали, что транспортеры бикарбоната принадлежат к двум семействам переносчиков растворённых веществ SLC4 и SLC26 и в настоящее время сгруппированы в переносчики $\text{Na}^+/\text{HCO}_3^-$ и обменники $\text{Cl}^-/\text{HCO}_3^-$. Сообщается, что переносчики $\text{Na}^+/\text{HCO}_3^-$ необходимы для начального и быстрого поступления HCO_3^- , который запускает капациацию сперматозоидов, тогда как обменники $\text{Cl}^-/\text{HCO}_3^-$ отвечают за устойчивый вход бикарбоната, который управляет последовательностью изменений, связанных с приобретением сперматозоидами способности к проникновению через оболочку в яйцеклетку. Движение катионов Na^+ и анионов HCO_3^- обеспечивает подщелачивание поверхности сперматозоидов и гиперполяризацию мембран [3]. Вторым этапом капациации принято считать открытие кальциевых каналов, реагирующих на изменение концентрации водородных ионов, функционирование которых приводит к притоку ионов Ca^{2+} [2]. Во время третьей ступени ионы бикарбоната и кальция активируют растворимую аденилатциклазу, тем самым повышая уровень аденозинмонофосфата, который в свою очередь активирует протеинкиназу, увеличивающую фосфорилирование нескольких жгутиковых белков, включая аксонемные и периаксонемные, участвующие в метаболизме. Окончательный этап созревания сперматозоидов сопровождается удалением факторов декапациации – цинка и холестерина, окончание действия которых обеспечивает увеличение текучести мембраны, обеспечивает реорганизацию липидного обмена в областях апикального гребня. Это приводит к изменениям физиологии сперматозоидов в ампуле яйцевода – гиперактивация гамет для их движения от эпителия яйцеводов, и ремоделирование акросом при подготовке к акросомной реакции и проникновению через

блестящую оболочку. Природой предусмотрено асинхронное капацирование сперматозоидов в организме, чтобы в любое время овуляции ооциты встречали на своём пути компетентных к оплодотворению спермиев. Необходимо отметить, что капациация сперматозоидов является терминальным событием, приводящим либо к оплодотворению, либо к гибели сперматозоидов. Поэтому биохимические и биофизические трансформации, связанные с капациацией сперматозоидов, включающих изменения концентрации рН цитоплазмы спермиев, свойств плазматической мембраны, особенностей движения половых гамет самцов, их клеточного метаболизма и моделей фосфорилирования белков имеют важнейшее значение в оплодотворяющей способности клеток. Общепризнано, что взаимное перемещение ионов необходимо для капациации сперматозоидов и что нарушения активности ионных каналов, зависимых от концентрации водородных ионов, могут привести к снижению фертильности гамет [4, 5, 6, 7, 8]. В свою очередь, действие фотоизлучения, по мнению Desmet K. et al. [9], связано с его биостимулирующим влиянием на активность тканевых ферментов, синтез белков, РНК и ДНК, в результате чего ускоряется метаболизм в тканях, повышается проницаемость цитоплазматических мембран и интенсивность пролиферации клеток.

Таким образом, изучение влияния полупроводникового лазера на показатели рН и осмотического давления, характеризующие изменения, происходящие в процессе нахождения спермы хряков вне организма, представляет интерес с точки зрения сохранения половыми клетками их высокой оплодотворяющей способности.

Материал и методика исследований. Исследования проводились в СК «Рассошное» ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» Минской области и в лаборатории воспроизводства, трансплантации эмбрионов и трансгенеза животных РУП «Научно-практический центр Национальных наук Беларуси по животноводству». Использовались хряки-производители различных пород в возрасте 18-24 месяца. Кормление и содержание животных осуществлялось по технологиям, принятым в хозяйстве, с учётом существующих норм. Получение эякулятов осуществлялось мануальным способом при режиме однократного взятия спермы с промежутком 4-5 дней, оценка и их разбавление – согласно инструкции [10]. В качестве разбавителя применялась улучшенная ГХЦС-среда производства РУП «Научно-практический центр Национальных наук Беларуси по животноводству». Разбавленные эякуляты хранились при температуре 16-18 °С в течение 72 часов. Для измерения уровня рН и осмотического давления образца отбиралась проба объемом 1 мл, которая перед тестированием нагревалась до температуры около 38 °С.

От разбавленного эякулята одного хряка отбиралось 150-200 мл, которые делились на 8 проб по 5-10 мл для осуществления исследований в каждом из трех опытов. Всего было исследовано по 2 образца от 20 хряков (40 проб). Результаты по всем исследованиям суммировались в каждом опыте.

Воздействие на сперму проводилось с помощью полупроводникового лазера «СНАГ-СЭНС-К» (Институт физики НАН Беларуси, Республика Беларусь). Измерение оптической мощности лазера осуществлялось с использованием прибора PM100D (Thorlabs, Германия) и фотодиодным датчиком S121c (Thorlabs, Германия). Плотность мощности потока составляла 3 мВт/см², длина волны соответствовала красному спектру (620-760 нм). В трёх опытных группах использовались следующие режимы обработки спермы лазерным излучением красной области спектра: I опытная группа – воздействие 10 мин., II опытная группа – 20 мин., III опытная группа – 30 мин. Контрольная группа биофизической обработке не подвергалась [11].

В хранящихся эякулятах определялись физико-химические показатели сразу после разбавления спермы и спустя 24, 48 и 72 часов нахождения вне организма. Концентрация водородных ионов измерялась с использованием прибора Eutech pH 6+ (Thermo Scientific Eutech Instruments, США) по следующей методике: электрод промывался дистиллированной водой перед и после каждого измерения для удаления загрязнений. Датчик опускался в образец эякулята и измерение проводилось до тех пор, пока показание прибора не стабилизировалось.

Определение осмотического давления проводилось с использованием осмометра для микропроб «Fiske-210» (Advanced Instruments, США). Измерения осуществлялись в следующей последовательности: после включения прибора проводилась его калибровка согласно инструкции, при этом подача звукового сигнала означала готовность осмометра к работе. Дозатором набиралось 20 мкл пробы (синтетическая среда со спермой) в одноразовую микропробирку таким образом, чтобы исключалось попадание в жидкость пузырьков воздуха. Пробирка помещалась в осмометр, после чего через 60 с на дисплей выводился показатель осмотического давления исследуемой пробы. После каждого измерения анализатор очищался специальным фильтром для подготовки к следующему тесту.

Результаты эксперимента и их обсуждение. На первом этапе проводились исследования по определению значений показателя концентрации водородных ионов в процессе хранения разбавленных эякулятов вне организма после стимуляции полупроводниковым лазером с различной продолжительностью воздействия (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние различной продолжительности воздействия лазерным излучением красной области спектра на изменение рН разбавленной спермы хряков при её хранении в течение 72 часов

Группа	рН				
	Количество проб, n	0 ч.	24 ч.	48 ч.	72 ч.
Контрольная (без обработки)	40	6,82 ±0,01	6,98 ±0,02	7,12 ±0,01	7,20 ±0,02
I опытная (10 минут)	40	6,75 ±0,01	6,95 ±0,02	7,35 ±0,01	7,40 ±0,02
II опытная (20 минут)	40	6,80 ±0,02	7,17 ±0,01	7,14 ±0,01	7,14 ±0,02
III опытная (30 минут)	40	6,93 ±0,02	7,15 ±0,01	7,19 ±0,01	7,19 ±0,02

Анализ таблицы 1 показал, что за трое суток хранения рН разбавленной спермы изменялся в сторону большей щелочности. Согласно инструкции, допускаются к использованию эякуляты с рН 6,8-7,2 [11]. Во II опытной группе спустя 48-72 часа хранения наблюдалось незначительное превышение значения указанного показателя на 0,15-0,20 ед. по сравнению с нормативными параметрами. В то же время эякуляты II опытной группы характеризовались более стабильными значениями рН после 72 часов хранения.

В таблице 2 представлены данные по изменению показателя осмотического давления спермы хряков-производителей после её обработки светом лазера различной продолжительностью воздействия.

Таблица 2 – Влияние обработки лазерным излучением красной области спектра различной продолжительности на динамику значений показателя осмотического давления спермы при хранении разбавленных эякулятов в течение 3-х суток

Группа	Осмотическое давление, мОсм/л				
	Количество проб, n	0 ч.	24 ч.	48 ч.	72 ч.
Контрольная (без обработки)	40	305,76 ±0,36	310,90 ±0,51	314,34 ±0,41	319,61 ±0,72
I опытная (10 минут)	40	304,61 ±0,45	308,85 ±0,60	311,93 ±0,46	316,85 ±0,69
II опытная (20 минут)	40	303,20 ±0,58	306,05 ±0,39	310,95 ±0,61	314,76 ±0,93
III опытная (30 минут)	40	304,56 ±0,40	307,05 ±0,51	310,26 ±0,58	315,20 ±0,78

Данные таблицы 2 свидетельствуют о том, что во всех экспериментальных группах значение показателя осмотического давления повышалось в процессе хранения разбавленных эякулятов хряков-производителей вне организма и оставалось в пределах допустимых значений с отсутствием видимых изменений в структуре раствора, касающихся его расслоения, органолептической оценки и выпадения осадка.

Заключение.

1. Установлено, что воздействие полупроводниковым низкоинтенсивным лазером красного цвета длиной волны 620-760 нм и плотностью мощности 3 мВт/см² продолжительностью 10-30 минут на разбавленную сперму хряков-производителей не повлияло на pH спустя трое суток её хранения: значение данного показателя находилось в диапазоне 7,14-7,40, что соответствовало допустимым пределам кислотности среды.

2. Изучение влияния воздействия лазерного излучения на динамику показателя осмотического давления не выявило существенных изменений в значениях указанного параметра, который находился в пределах от 314,76 до 316,85 мОсм/л через 72 часа нахождения разбавленной спермы хряков в условиях *in vitro*.

Литература

1. Zinc is a master-regulator of sperm function associated with binding, motility, and metabolic modulation during porcine sperm capacitation / M. Zigo [et al.] // Commun. Biol. – 2022. – Vol. 5(1):538. – DOI: 10.1038/s42003-022-03485-8
2. A review on the role of bicarbonate and proton transporters during sperm capacitation in mammals / A. Delgado-Bermúdez [et al.] // Int. J. Mol. Sci. – 2022. – Vol. 23(11): 6333. – DOI: 10.3390/ijms23116333
3. pH and male fertility: Making sense on pH homeodynamics throughout the male reproductive tract / R. L. Bernardino [et al.] // Cell. Mol. Life Sci. – 2019. – Vol. 76. – P. 3783–3800. – DOI: 10.1007/s00018-019-03170-w.
4. Touré, A. Importance of SLC26 transmembrane anion exchangers in sperm post-testicular maturation and fertilization potential / A. Touré // Front. Cell Dev. Biol. – 2019. – Vol. 7: 230. – DOI: 10.3389/fcell.2019.00230.
5. Ion channel gene expressions in infertile men: A case control study / S. Carcki [et al.] // Int. J. Reprod. BioMed. – 2017. – Vol. 15, No 12. – P. 749–756.
6. Onion (Allium cepa L.) peel extract (OPE) regulates human sperm motility via protein kinase C-mediated activation of the human voltage-gated proton channel / M. R. Chae [et al.] // Andrology. – 2017. – Vol. 5. – P. 979–989. – DOI: 10.1111/andr.12406.
7. Human sperm ion channel (dys)function: Implications for fertilization / S. G. Brown [et al.] // Hum. Reprod. Update. – 2019. – Vol. 25. – P. 758–776. – DOI: 10.1093/humupd/dmz032.
8. Na⁺/H⁺ Exchangers Involve in Regulating the pH-Sensitive Ion Channels in Mouse Sperm / H. Kang [et al.] // Int. J. Mol. Sci. – 2021. – Vol. 22: 1612. – DOI: 10.3390/ijms22041612.
9. Clinical and experimental applications of NIR-LED photobiomodulation / K. Desmet [et al.] // Photomed Laser Surg. – 2006. Vol. 24(2). – P. 121-128. DOI: 10.1089/pho.2006.24.121.
10. Инструкция по искусственному осеменению свиней / Е. В. Раковец [и др.]. –

Минск, 1998. – 38 с.

11/ Роль наномолярных концентраций эндогенных порфиринов в реализации регуляторного действия низкоинтенсивного лазерного излучения на сперму животных / В. Ю. Плавский, А. И. Третьякова, А. В. Микулич [и др.] // Фотон-экспресс. – 2023. – № 6(190). – С. 29-30. – DOI 10.24412/2308-6920-2023-6-29-30.

Поступила 12.03.2024 г.

УДК 636.4.082.251

О.Я. ВАСИЛЮК, И.Ф. ГРИДЮШКО, И.П. ШЕЙКО,
А.А. БАЛЬНИКОВ

ВЗАИМОСВЯЗИ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ПРОДУКТИВНОСТИ СВИНЕЙ МАТЕРИНСКИХ ПОРОД И ИХ ЛИНИЙ

*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по животноводству, г. Жодино, Республика Беларусь*

В настоящее время появилась возможность идентификации генов, напрямую или косвенно связанных с хозяйственно-полезными признаками. Выявление предпочтительных с точки зрения селекции вариантов таких генов у свиней позволяет проводить селекцию непосредственно на уровне ДНК. Целью научной работы было установить взаимосвязи количественных признаков продуктивности свиней материнских пород и их линий, определённых по микросателлитам и генам-маркерам продуктивных качеств. В ходе исследований установлено, что генетические расстояния между отцовскими и материнскими линиями хряков материнских пород существенно отличаются. Так, у хряков отцовских генотипов генетические расстояния между линиями короче на 0,09. Животные отцовских генотипов характеризуются генетическим сходством. Проводимая с этими генотипами селекционная работа по повышению мясо-откормочных качеств повлияла на частоту встречаемости желательного аллеля А гена IGF-2, определяющего откормочные качества, которая у них значительно выше (на 0,33 доли от единицы), чем у животных материнских генотипов.

Ключевые слова: селекция, индексы, продуктивные качества, заводская линия, белорусская крупная белая, белорусская черно-пестрая породы свиней, белорусский заводской тип породы йоркшир, гены-маркеры продуктивных качеств, микросателлиты.