

ГЕНЕТИКА, РАЗВЕДЕНИЕ, СЕЛЕКЦИЯ, БИОТЕХНОЛОГИЯ РАЗМНОЖЕНИЯ И ВОСПРОИЗВОДСТВО

УДК 636.4.082.453.53

Д.М. БОГДАНОВИЧ

ВЛИЯНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СОСТАВА СИНТЕТИЧЕСКОЙ СРЕДЫ, ПРИМЕНЯЕМОЙ ДЛЯ КРИОКОНСЕРВАЦИИ, НА КАЧЕСТВО СПЕРМЫ

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

В составе разбавителей спермы хряков-производителей используются различные компоненты и режимы заморозки, поэтому важно установить влияние их состава и применяемых доз криоконсервации на качество спермы. В статье представлен материал исследований, в результате которых разработан метод оценки криоустойчивости спермы и прогнозирования её оплодотворяющей способности после криоконсервации и дефростации, основанный на взаимосвязи установленных допустимых границ изменения концентрации ионов водорода, осмотического давления, подвижности и целостности мембран спермиев после оттаивания с оплодотворяющей способностью. Установлено, что использование экспериментальной среды для предварительного разбавления и замораживания эякулята позволяет получить величины концентрации ионов водорода 6,7-6,9 и осмотического давления 310-315 мОсм, минимизировать снижение двигательной активности эякулятов после дефростации до 4,5 баллов, сохранить интактными до 51,1 % акросомных мембран и снизить число патологических форм спермиев до 17-20 %. Комплекс антибактериальных препаратов с использованием рекомбинантного лактоферрина человека в составе разбавителя способствует высоким результатам санации спермы.

Ключевые слова: акросома, искусственное осеменение, криоконсервация, многоплодие, оплодотворяемость, осмотическое давление, подвижность, разбавитель, репродуктивные показатели, pH, свиноматки, сперма, хряки.

D.M. BOGDANOVICH

EFFECT OF EXPERIMENTAL COMPOSITION OF SYNTHETIC MEDIUM USED FOR CRYOPRESERVATION ON SEMEN QUALITY

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

Various components and freezing modes are used for boar semen diluents, so it is

important to determine the effect of their composition and applied cryopreservation doses on semen quality. The paper contains the materials of research, which resulted in the development of a method for assessing the cryoresistance of semen and predicting its fertilizing ability after cryopreservation and defrosting, based on the relationship between the established acceptable limits of changes in the concentration of hydrogen ions, osmotic pressure, motility, integrity of sperm membranes after thawing and fertilizing ability. It has been found that the use of the experimental medium for pre-dilution and freezing of ejaculate allows obtaining values of hydrogen ion concentration of 6.7-6.9 and osmotic pressure of 310-315 mOsm, minimizing the reduction of ejaculate motility after defrosting to 4.5 points, preserving intact up to 51.1% of acrosome membranes and reducing the number of pathological forms of sperm cells to 17-20%. A complex of antibacterial drugs using recombinant human lactoferrin as part of the diluent contributes to high sperm sanitation results.

Keywords: acrosome, artificial insemination, cryopreservation, prolificacy, rate of fertilization, osmotic pressure, motility, diluent, reproductive indicators, pH, sows, semen, boars.

Введение. В свиноводстве метод замораживания спермы для дальнейшего её использования в искусственном осеменении ещё не получил такого же распространения как в скотоводстве. Это связано с низкой криоустойчивостью эякулятов хряков, необходимостью замораживания значительно больших объёмов биоматериала, технологическими и методическими трудностями, нестабильностью результатов осеменения. Поэтому проблема совершенствования метода криоконсервации спермы хряков, а также поиск подходов и способов повышения криоустойчивости спермиев остаётся актуальной.

В составе разбавителей спермы хряков используются различные компоненты и режимы заморозки [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12]. Так, в исследованиях J. Santiago-Moreno et al. в качестве компонентов среды для замораживания спермы использовались куриный и перепелиный желтки с разбавителем трис-цитрат-глюкозой (3,8 % трис-буфер, 2,2 % лимонная кислота, 0,6 % глюкоза, 5 % глицерин и 6 % яичный желток). Оплодотворяемость спермы, разбавленной куриным желтком, оказалась выше в сравнении с использованием перепелиного желтка (63,3 против 36,4 %) [13]. Исследование влияния криоконсервации в трёх различных средах (трис-желточная, желток-цитрат-глюкозная, молочно-желточная) на жизненные показатели спермиев показало разрушение акросом у 38-43 % из них [14, 15].

Совершенствование технологии заморозки [16] предполагает двукратное удаление плазмы спермы путем её разбавления в растворе Рингера температурой 37 °С в соотношении 10:1 и центрифугировании 816хg. Среда для заморозки в опыте состояла из трис-буфера (4,319 %), лимонной кислоты (1,821 %), декстрозы (1,0 %), яичного желтка (20 %), pH раствора было доведено до 7,2, осмотическое давление составило

323 мОсм/кг.

В экспериментах Ritar, Ball и O'May [17] по 3-, 6- и 24-кратному разбавлению спермы не выявлены различий в её последующей оплодотворяющей способности, достигшей 63,9 % при искусственном осеменении.

Основным технологическим приёмом при любом методе криоконсервации спермы является использование многокомпонентных криозащитных сред, состав и свойства в значительной степени определяют эффективность процесса замораживания. В связи с этим, дальнейшее совершенствование технологии приготовления сред для спермы хряков и повышение их криозащитных свойств, которых имеет очень важное значение, а разработка отечественных синтетических сред для криоконсервации спермы, не уступающих разбавителям иностранного производства по технологическим параметрам, но имеющих конкурентное преимущество по стоимости, позволит обеспечить потребность в этом продукте свиноводческой отрасли страны при существенном снижении валютных затрат.

Цель исследований – установить влияние экспериментального состава синтетической среды и применяемых доз криоконсервации на качество спермы хряков-производителей.

Материал и методика исследований. Исследования проводились в СК «Рассошное» ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» Минской области и лаборатории воспроизводства, трансплантации эмбрионов и трансгенеза животных РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству». Использовались производители породы йоркшир в возрасте 16-20 мес. Получение и оценка эякулятов осуществлялась согласно Инструкции [18].

При разработке методики подготовки спермы хряков к криоконсервации и дефростации учитывались следующие показатели: подвижность спермиев (баллы), концентрация водородных ионов (рН), осмотическое давление (мОсм), скорость центрифугирования (об./мин.), продолжительность центрифугирования (мин). На первом этапе исследований проводилось комбинирование экспериментальных компонентов синтетической среды и последующее установление физико-химических параметров. Все компоненты, кроме антибиотиков, взвешивались и переносились в стерильные плоскодонные колбы на 500 мл. Вода стерилизовалась в водяной бане, затем охлаждалась до 35 °С, отмеривалась мерной стерильной колбой ёмкостью 250 мл и затем выливалась в колбы с компонентами разбавителя.

Для предварительного разбавления использовались следующие растворы: I опытная – ТСГ (трис-сахароза-глюкозный), II опытная – ГЦ (глюкозо-цитратный) и III опытная – ТГХЦС-К (трис-глюкозо-хелато-

цитратно-сульфатная с крезацином).

Свежеполученные эякуляты разбавлялись экспериментальной средой и разделялись на четыре части (контроль, I опыт, II опыт, III опыт). В контрольную среду в качестве санирующего препарата вводили гентамицин (40 мг/1 л среды), в I опытную – неомидин (6,0 тыс. ЕД) + пенициллин (60 тыс. ЕД) + стрептомицин (10 мг) + линкоспектин (85 мг), во II опытную – неомидин (4,5 тыс. ЕД) + пенициллин (45 тыс. ЕД) + стрептомицин (6 мг) + линкоспектин (60 мг) + 10 мг/доза рекомбинантного ЛФ человека, в III опытную – неомидин (3,0 тыс. ЕД) + пенициллин (30 тыс. ЕД) + стрептомицин (3 мг) + линкоспектин (40 мг) + 15 мг/доза рекомбинантного ЛФ человека.

На втором этапе исследований содержание в эякуляте патологических форм спермиев изучали при просмотре под микроскопом специально приготовленных для этой цели мазков. Отобранные с помощью дозатора пипеточного образцы спермы хряка разбавляли 2,9%-ным раствором натрия цитрата, затем небольшую каплю разбавленной спермы наносили на каждое предметное стекло, а другим стеклом осторожно размазывали её. Высушенные мазки в течение 2 минут окрашивали анилиновым генцианвиолетом, затем быстро промывали водой из-под крана и дистиллированной водой. После высыхания мазков дополнительно окрашивали их карболовым фуксином Циля в течение 10-15 секунд. В каждом мазке просматривали 100 спермиев и брали средний показатель, если различия не превышали 10 %.

Для опытов сформировали 3 группы свиноматок по 15 голов в каждой. Животных контрольной группы осеменяли свежеполученными эякулятами, разбавленными ГХЦС-средой, первой опытной – замороженно-оттаянной спермой с использованием разработанной нами среды, второй опытной – замороженно-оттаянной спермой с использованием среды AndroMed (Minitube, Германия) согласно инструкции [18]. Учитывались такие показатели, как оплодотворяемость, многоплодие (всего и на 1 опорос), крупноплодность.

Полученные данные обработаны биометрически с помощью программы Excel.

Результаты эксперимента и их обсуждение. Установлено, что использование экспериментальных составов синтетических сред при разбавлении эякулятов не оказывает существенного влияния на гомеостаз половых гамет: по показателям концентрации водородных ионов и осмотическому давлению произошло выравнивание величин между свежеполученной спермой и разбавителями (таблица 1).

Разработанный состав среды обеспечивает поддержание в норме физических параметров сперматозоидов при их кратковременном культивировании в условиях *in vitro*.

Таблица 1 – Физико-химические показатели спермы хряков-производителей при разбавлении различными экстендерами

Группа	Показатель	
	pH	осмос, мОсм
Свежеполученная сперма (n=47)	7,03±0,16	309,25±1,75
Синтетическая среда		
I опытная	6,85±0,12	313,5±2,77
II опытная	6,87±0,14	312,1±2,84
III опытная	6,87±0,14	312,0±2,95
Разбавленная сперма (n=47)		
I опытная	6,88±0,14	305,61±2,21
II опытная	6,92±0,14	307,7±1,81
III опытная	6,97±0,17	310,8±2,24

При сравнении полученных результатов физико-химического анализа растворов ТСГ, ГЦ и ТГХЦС-К установлено, что предлагаемая для предварительного разбавления спермы синтетическая среда (III опытная) является изотоническим раствором, так как осмотическое давление данного разбавителя сходно с таковым у свежеполученных эякулятов (таблица 2).

Таблица 2 – Состав предлагаемых опытных синтетических сред для кратковременного хранения эякулятов вне организма и их физико-химические показатели

Компонент	AndroMed (контроль)	ТСГ (I опыт)	ГЦ (II опыт)	ТГХЦС-К (III опыт)
Количество проб	47	47	47	47
Глюкоза, г		6	30	40
Трис (оксиметил)-аминометан, г		2,8	–	1,0
Сахароза, г		80	–	–
Цитрат натрия, г		–	29	–
Лимоннокислый натрий		–	–	3,8
Трилон Б (ЭДТА)		–	–	2,6
Натрия бикарбонат		–	–	0,65
Аммоний сульфат		–	–	1,8
Куриный желток, г		120	200	–
Крезацин, г		–	–	6
Вода дистиллированная, мл		1000	1000	1000
Осмотическое давление, мОсм	309,25±1,75	313,5±2,77	312,1±2,84	312,0±2,95
pH	7,03±0,16	6,85±0,12	6,87±0,14	6,87±0,14

При дефростации замороженных эякулятов происходят изменения

физико-химических показателей (таблица 3).

Таблица 3 – Динамика физико-химических показателей спермы хряков-производителей при замораживании-оттаивании

Сперма	I опытная		II опытная		III опытная	
	pH	осмос, мОсм	pH	осмос, мОсм	pH	осмос, мОсм
Свежеполученная разбавленная сперма (n=47)	6,88 ±0,14	305,61 ±2,21	6,92 ±0,14	307,7 ±1,81	6,97 ±0,17	310,8 ±2,24
Замороженно-оттаянная (n=47)	7,27 ±0,15	328,48 ±3,28	7,31 ±0,18	329,22 ±3,14	7,19 ±0,21	322,29 ±3,44

Анализируя данные таблицы 4, можно отметить, что наилучшие результаты получены в III опытной группе в комплексе антибактериальных препаратов с использованием 15 мг/доза рекомбинантного ЛФ человека – отсутствовали условно-патогенные и патогенные микроорганизмы и ОМЧ, низкий коли-титр.

Таблица 4 – Уровень санации при разных концентрациях рЛФ

Группа	ОМЧ, в 1 мл спермы	Коли-титр, см ³	Наличие патогенных грибов
Контроль	$6,5 \times 10^2$	0,1	–
I опытная	$4,2 \times 10^2$	0,01	–
II опытная	$3,0 \times 10^2$	0,01	–
III опытная	–	0,001	–

Результаты исследований по установлению оптимального сочетания экспериментальных компонентов синтетической среды для длительного хранения разбавленных эякулятов отражены в таблице 5.

Таблица 5 – Характеристика двигательной активности спермы хряков при использовании экспериментальных сред для предварительного разбавления

Группы	Количество эякулятов	Подвижность, балл	
		до разбавления	после разбавления
Контроль	47	6,9±0,15	6,7±0,18
I опытная	47	6,9±0,15	6,7±0,16
II опытная	47	6,9±0,15	6,8±0,18
III опытная	47	6,9±0,15	6,9±0,18

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что в большей степени подвержены снижению подвижности эякуляты контрольной и I опытной групп: разница составила 0,2 балла. В то же время, компонентный состав среды III опытной группы являлся изотоническим к сперме и уменьшение двигательной активности гамет не выявлено.

Основываясь на результатах исследований физико-химических и бактериостатических показателей спермы, а также её подвижности, дальнейшая работа будет проводиться с использованием поддерживающей среды ТГХЦС-К.

Полученные данные свидетельствуют о положительном влиянии удаления семенной плазмы на подвижность спермиев подопытных животных (таблица 6).

Таблица 6 – Подвижность спермы при центрифугировании с использованием поддерживающей среды ТЛГ-К

Подвижность спермы, баллы	Без центрифугирования	1500 об./мин. 7 мин	3000 об./мин. 5 мин
Свежеполученная разбавленная (n=47)	6,9±0,18	7,0±0,37	6,6±0,24
Замороженно-оттаянная (n=47)	3,8±0,24	4,5±0,37	4,1±0,20

Оптимальные показатели наблюдались при центрифугировании на скорости 1500 об./мин. продолжительностью 7 минут. В этом случае удалось увеличить подвижность замороженно-оттаянной спермы по сравнению с контрольной группой на 0,7 балла. В то же время, более низкие значения изучаемого показателя (на 0,4 балла) при центрифугировании на 3000 об./мин. можно объяснить деструктивным влиянием физических сил на спермии при более высокой скорости.

Отмечены более высокие результаты среди экспериментальных составов при применении комплекса «среда для предварительного разбавления +2 % глицерина + 1 г BSA + 10%-й раствор диметилсульфоксида» для криоконсервирования эякулятов – после дефростации двигательная активность снизилась на 2,49 балла или 36 %, в то время как в остальных опытных группах указанные изменения составили 2,8 балла или 41 % соответственно (таблица 7).

Таблица 7 – Двигательная активность спермы при криоконсервации в различных экспериментальных средах

Группа	Подвижность спермы, баллы			
	контроль	I опытная	II опытная	III опытная
Свежеполученная (n=47)	6,7±0,18	6,7±0,16	6,8±0,18	6,9±0,18
Замороженно-оттаянная (n=47)	5,4±0,28	3,91±0,28	4,0±0,38	4,41±0,28
Замороженно-оттаянная спустя 5 часов после оттаивания (n=47)	2,71±0,24	1,43±0,210	1,14±0,26	1,71±0,24

В контрольной группе эякулятов снижение двигательной активности составило 1,3 балла или 19,4 %. Аналогичная тенденция прослеживается по результатам хранения эякулятов после оттаивания в течение 5 часов.

Исследованиями установлено, что наименьшие повреждения акросомных мембран отмечены в контрольной группе (таблица 8).

Таблица 8 – Уровень акросомных деструкций при использовании различных сред для криоконсервации спермы

Группа	Повреждения акросом (%)	
	свежеполученная	замороженно-оттаянная
Контроль (n=47)	6,3±0,34	44,9±0,86
I опытная (n=47)	5,2±0,36	55,4±0,94***
II опытная (n=47)	5,11±0,34	56,9±0,96***
III опытная (n=47)	5,61±0,34	48,9±0,89*

Примечание: *P<0,05, 0,02; **P<0,01; ***P<0,001.

Среди различных экспериментальных сред более высокие результаты выявлены в III опытной группе – 48,9 %, что на 4 п. п. уступает контролю. В оставшихся группах установлены более значительные повреждения – 55,4 и 56,9 % соответственно.

При изучении патологических форм половых гамет с использованием различных сред для криоконсервации получены следующие результаты. В нативной сперме производителей количество аномальных спермиев составляло 3,5-6,5 % в I группе, 4,5-7,0 % во II и 3,5-4,0 % в III опытной группе. Очень незначительным был процент первичных аномалий спермиев (0,5 % – II и III опытные группы и 1,0 % – I опытная). Вторичные аномалии составляли 1,5-3,0 % в I группе, 1,5-2,5 % во II и 1,0-1,5 % в III группах соответственно. Третичные аномалии составляли до 3,5 % в I группе, до 4,0 % во II и до 2,5 % в III группах соответственно. Всё это указывает на высокое качество спермы и соблюдение технологии её получения.

После криоконсервации и дефростации процент патологических форм половых гамет последовательно увеличивался и составил 20,5-25,5 % в I группе, 25,0-29,5 % – во II и 17,0-20,0 % в III группах соответственно.

Аналогичная тенденция установлена и по степеням патологий. Кроме того, у одного из хряков II опытной группы после оттаивания отмечена некроспермия.

Следует отметить, что такое значительное увеличение морфологически аномальных андрогенных клеток происходило в основном за счет возрастания вторичных и третичных нарушений.

Заключение. Установлено, что состав разработанной среды для

криоконсервации спермы хряков не оказывает негативного влияния на гомеостаз половых гамет и соответствует требованиям, предъявляемым в технологии искусственного осеменения свиней для сохранения биополноценности половых гамет. Использование экспериментальной среды для предварительного разбавления и замораживания эякулята позволяет получить величины концентрации ионов водорода (6,7-6,9) и осмотического давления (310-315 мОсм), минимизировать снижение двигательной активности эякулятов после дефростации до 4,5 баллов, сохранить интактными до 51,1% акросомных мембран и снизить число патологических форм спермиев до 17-20%.

Комплекс антибактериальных препаратов с использованием рекомбинантного лактоферрина человека в составе разбавителя способствует высоким результатам санации спермы (выявлено минимальное значение коли-титра (0,001) и отсутствие общего микробного числа микроорганизмов).

Использование в технологии искусственного осеменения свиней эякулятов, разбавленных разработанной средой для криоконсервации, позволяет получить оплодотворяемость свиноматок на уровне 53,3 % и обеспечить уровень многоплодия 10,1 гол./опорос.

Разработан метод оценки криоустойчивости спермы и прогнозирования её оплодотворяющей способности после криоконсервации и дефростации, основанный на взаимосвязи установленных допустимых границ изменения концентрации ионов водорода, осмотического давления, подвижности и целостности мембран спермиев после оттаивания с оплодотворяющей способностью.

Литература

1. Cryopreservation of Spanish ibex (*Capra pyrenaica*) sperm obtained by electroejaculation outside the rutting season / J. Santiago-Moreno [et al.] // *Theriogenology*. – 2009. – Vol. 71(8). – P. 1253-60.
2. Kundu, C. N. Effect of amino acids on goat cauda epididymal sperm cryopreservation using a chemically defined model system / C. N. Kundu, K. Das, G. C. Majumder // *Cryobiology*. – 2001. – Vol. 42(1). – P. 21-27.
3. Effect of egg yolk concentration on cryopreserving Spanish ibex (*Capra pyrenaica*) epididymal spermatozoa / J. Santiago-Moreno [et al.] // *Theriogenology*. – 2006. – Vol. 66(5). – P. 1219-1226.
4. Chauhan, M. S. Effect of egg yolk lipids on the freezing of goat semen / M. S. Chauhan, S. R. Anand // *Theriogenology*. – 1990. – Vol. 34(5). – P. 1003-1013.
5. Effect of semen collection in extender solution on the characteristics of goat spermatozoa / H. Yamashiro [et al.] // *J. Reprod. Dev.* – 2006. – Vol. 52(3). – P. 397-406.
6. Aboagla, E. M. Effects of egg yolk during the freezing step of cryopreservation on the viability of goat spermatozoa / E. M. Aboagla, T. Terada // *Theriogenology*. – 2004. – Vol. 62(6). – P. 1160-1172.
7. Aboagla, E. M. Effects of the supplementation of trehalose extender containing egg yolk with sodium dodecyl sulfate on the freezability of goat spermatozoa / E. M. Aboagla, T. Terada // *Theriogenology*. – 2004. – Vol. 62(5). – P. 809-818.
8. Enhanced freezability of goat spermatozoa collected into tubes containing extender

supplemented with bovine serum albumin (BSA) / H. Yamashiro [et al.] // J. Reprod. Dev. – 2006. – Vol. 52(3). – P. 407-414.

9. Use of glutamine and low density lipoproteins isolated from egg yolk to improve buck semen freezing / M. Z. Al Ahmad [et al.] // Reprod. Domest. Anim. – 2008. – Vol. 43(4). – P. 429-436.

10. Aboagla, E. M. Trehalose-Enhanced Fluidity of the Goat Sperm Membrane and Its Protection During Freezing / E. M. Aboagla, T. Terada // Biology of reproduction. – 2003. – Vol. 69(4). – P. 1245-1250.

11. Purdy, P. H. The post-thaw quality of ram sperm held for 0 to 48 h at 5 degrees C prior to cryopreservation / P. H. Purdy // Anim Reprod Sci. – 2006. – Vol. 93(1-2). – P. 114-123.

12. The effect of removal of seminal plasma, egg yolk level and season on sperm freezability of canary buck (*Capra hircus*) / F. Cabrera [et al.] // Reprod. Domest. Anim. – 2005. – Vol. 40(3). – P. 191-195.

13. A comparison of the protective action of chicken and quail egg yolk in the cryopreservation of Spanish ibex epididymal spermatozoa / J. Santiago-Moreno [et al.] // Cryobiology. – 2008. – Vol. 57(1). – P. 25-29.

14. Acrosome damage and enzyme leakage of goat spermatozoa during dilution, cooling and freezing / M. S. Chauhan [et al.] // Andrologia. – 1994. – Vol. 26(1). – P. 21-26.

15. Lawrenz, R. Artificial insemination of Angora- and Boergoats with deep-frozen semen / R. Lawrenz // J. S. Afr. Vet. Assoc. – 1986. – Vol. 57(2). – P. 109-111.

16. Semen Quality Characteristics of Dairy Goats / J. E. Chandler [et al.] // J. Dairy Sci. – Vol. 71. – P. 1638-1646.

17. Ritar, A. J. Artificial insemination of Cashmere goats: effects on fertility and fecundity of intravaginal treatment, method and time of insemination, semen freezing process, number of motile spermatozoa and age of females / A. J. Ritar, P. D. Ball, P. J. O'May // Reprod. Fertil. Dev. – 1990. – Vol. 2(4). – P. 377-384.

18. Инструкции по искусственному осеменению свиней / Е. В. Раковец [и др.]. – Минск, 1998. – 38 с.

Поступила 23.03.2023 г.

УДК 636.4.082.453

Д.М. БОГДАНОВИЧ

ИММУНОЛОГИЧЕСКАЯ СОЧЕТАЕМОСТЬ РОДИТЕЛЬСКИХ ПАР ПРИ ИСКУССТВЕННОМ ВОСПРОИЗВОДСТВЕ СВИНЕЙ

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

Оценка иммунологической сочетаемости при искусственном осеменении свиней способствует оптимальному подбору родительских пар с целью повышения репродуктивных качеств свиноматок. В процессе исследований разработана биотехнология воспроизводства свиней на основе новых высокоэффективных приемов и средств улучшения качества спермопродукции и повышения оплодотворяемости. Установлено, что положительная иммунологическая сочетаемость родительских пар способствует повышению оплодотворяемости