

УДК 636.22/28.082.453.52:612.12:577.17
DOI: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2022.1.20-28

**ВЗАИМОСВЯЗЬ УРОВНЯ ТЕСТОСТЕРОНА И ЭСТРАДИОЛА В
СЫВОРОТКЕ КРОВИ И В ПЛАЗМЕ СЕМЕНИ С ПОКАЗАТЕЛЯМИ
СПЕРМОПРОДУКЦИИ У БЫКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ РАЗНЫХ ПОРОД**

Абилов А.И., Шеметюк С.А., Сермягин А.А.

*Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ
им. Л.К. Эрнста», Подольск- Дубровицы Московской области,
Российская Федерация*

У всех млекопитающих сперматогенез находится под контролем пептидных и стероидных гормонов, в том числе тестостерона и эстрадиола. Тестостерон необходим для индукции сперматогенеза в пубертатном периоде, и нарушение ритма его секреции у быков-производителей может привести к торможению сперматогенеза. Цель исследования – изучить содержание тестостерона и эстрадиола в плазме семени и сыворотке крови у быков-производителей голштинской и симментальской пород в день взятия эякулятов и выявить характер вариации их уровня в зависимости от возраста и породы животных, а также изучить соотношение и связь с воспроизводительной способностью на уровне спермопродукции. Концентрация тестостерона увеличивается от 39,4 нМ в возрасте до 3-х лет до 97,4 нМ в возрасте 5 лет и старше; в то же время концентрации эстрадиола в сыворотке крови снижается. Содержание тестостерона в плазме семени в два-три раза меньше, чем в сыворотке крови, а концентрация эстрадиола, наоборот, в 2-3 раза больше. Концентрация тестостерона в сыворотке крови у быков обеих пород в среднем составляла 42,6 нМ, а в плазме семени – 25,9 нМ ($P < 0,001$), а концентрация эстрадиола – 0,36 нМ в сыворотке крови и 0,93 нМ в плазме семени. В диапазоне концентрации тестостерона в плазме семени в диапазоне 11-30 нМ отмечено наименьшее количество брака семени, которое через 5 ч после замораживания/оттаивания при инкубации +38 С⁰ составляло 18%, а при средней концентрации тестостерона 46,5 нМ данный показатель был на уровне 9,6%. Заключение, что определение уровня эндогенных гормонов в сыворотке крови и в плазме семени целесообразно проводить для прогноза качества спермопродукции и сохранности семени после замораживания и оттаивания.

Ключевые слова: быки-производители, голштинская и симментальская породы, тестостерон, эстрадиол, сыворотка крови, плазма семени

Проблемы биологии продуктивных животных, 2022, 1: 20-28

Введение

Половые гормоны стероидной структуры (андрогены) играют важную роль в жизнедеятельности организма, они обеспечивают половую дифференциацию, определяют функцию яичников, простаты, семенников (Милованов, 1962); действие их проявляется при очень низких (10^6 - 10^{12} мМ) концентрациях (Алиев, 1997).

Сперматогенез и синтез гормонов в семенниках находится под контролем гонадотропинов и тестостерона. Стероидные гормоны, выделяемые семенниками, – это андрогены и прогестерон (Алиев, 1997). Андрогены представляют собой группу стероидных гормонов, их биосинтез осуществляется в основном в интерстициальных клетках Лейдига. В митохондриях клеток Лейдига холестерол превращается в прегненолон, который под действием ферментов переходит в тестостерон. Секреция тестостерона контролируется лютеинизирующим гормоном и имеет импульсный характер; выбросы тестостерона из клеток Лейдига происходят каждые 60-90 минут (Свердлофф и др., 1999).

Большая часть андрогенов (97-98%) находится в связанном с белками плазмы состоянии, и только 2-3% циркулируют свободно и считаются биологически активными. В процессе образования

комплекса гормонов основную роль выполняет тестостерон-эстрадиол связывающий глобулин, обладающий высоким сродством к тестостерону и эстрадиолу. Этот белок выполняет транспортную, регуляторную и защитную функции (Резников, Варга, 1988).

Низкий уровень тестостерона в сыворотке крови и повышение уровня ЛГ (лютеинизирующий гормон) и ФСГ (фолликулостимулирующий гормон) могут быть причиной первичной и вторичной тестикулярной недостаточности (гипогонадизма). Показано, что низкий уровень тестостерона обусловлен дефицитом глобулин связывающего полового гормона, что может быть следствием концентратного типа кормления животных (Свердлофф и др., 1999). Считается, что ожирение является одним из ключевых факторов, приводящих к нарушению баланса стероидных половых гормонов и повышению уровня эстрогенов (Schneider et al., 1979; Zumoff et al., 1981; Gates et al., 2013). Доказано, что при избыточной массе тела выделяется больше эстрогенов, вследствие этого уменьшается концентрация спермы (Fejes et al., 2006).

Выявлена вариабельность концентрации тестостерона в сыворотке крови у быков-производителей в зависимости от возраста и сезона года (Амерханов и др., 2014). При повышении уровня эстрадиола выше нормы отмечено снижение качественных и количественных характеристик эякулята (Гуторова и др., 2010). Также установлено, что избыточная или недостаточная масса тела могут вызвать снижение качества спермы (Qin et al., 2007).

Установлено, что на биосинтез тестостерон-эстрадиол связывающего глобулина в печени эстрогены и тиреоидные гормоны оказывают стимулирующее влияние, а андрогены – угнетающее (Wagner, 1978). Таким образом, гиперандрогенизация сопровождается снижением уровня тестостерон-эстрадиол связывающего глобулина в сыворотке крови и увеличением в тканях андрогена, и, наоборот, гиперэстрогенизация и гипертиреоз ведут к повышению тестостерон-эстрадиол связывающего глобулина и снижению функции свободного тестостерона.

У всех млекопитающих сперматогенез находится под контролем пептидных и стероидных гормонов: ФСГ, ЛГ, тестостерон, эстрадиол (Kumanov et al., 2006). Тестостерон также необходим для индукции сперматогенеза в пубертатном периоде, и его поддержание в зрелом возрасте стимулирует размножение сперматогониев и мейоз сперматоцитов. Даже незначительное нарушение ритма секреции тестостерона или малейший его дефицит могут привести к торможению сперматогенеза (Свердлофф и др., 1999).

Тестостерон участвует в повышении синтеза ДНК и активации клеточного деления, активации биогенеза, рибополисом и синтеза белков, в том числе андроген-зависимых ферментов, а также в структурных изменениях соответствующих участков хроматина, усилении активности ДНК и синтеза различных видов РНК (Резников, Варга, 1988).

Эстрогены, в том числе эстрадиол, считаются половыми гормонами самок, и источниками этих гормонов является зрелый фолликул яичника и плацента, однако эстрогены вырабатываются и у самцов в семенниках и надпочечниках и оказывают специфическое влияние на половую функцию, что подтверждается использованием СЖК для повышения качества семени (Зверева и др., 1994).

Эстрогены влияют на развитие вторичных половых признаков и на жировой обмен. Они повышают содержание в плазме крови фосфолипидов и β -липопротеинов и снижают содержание холестерина и α -липопротеинов, стимулируют синтез белков; малые дозы стимулируют продукцию соматотропного гормона, замедляют рост костей у неполовозрелых животных. Под влиянием эстрогенов происходит стимуляция ретикуло-эндотелиальной системы и повышение резистентности организма к инфекциям, а также усиление регенерации тканей при повреждении. Но большие дозы могут вызывать обратный эффект вплоть до некротических явлений в почках и печени (Алиев, 1997).

Отмечена взаимосвязь между содержанием эстрадиола и характеристиками семени. Максимальный объем эякулятов (4,7 мл) зафиксирован в группе быков-производителей при минимальной концентрации эстрадиола, против 3,6 мл при его максимальной концентрации. Выяснено, что чем ниже концентрация эстрадиола в сыворотке крови быков-производителей в день взятия семени, тем выше результативность осеменения коров от полученного семени (Абилов и др., 2016).

Эстрадиол совместно с лютеинизирующим гормоном необходим для сперматогенеза; ЛГ вызывает секрецию андрогенов в семенниках, стимулирует развитие интерстициальной ткани и выработку тестостерона (Милованов, 1962), вызывая разрастание семенных канальцев, т.е. стимулирует начальные стадии сперматогенеза (Козло и др., 1979). Есть также данные о влиянии на сперматогенез воздействий через гипоталамус, подтверждающие связь нервной системы с гонадотропной функцией гипофиза.

Механизм действия гормонов щитовидной железы имеет общие черты с механизмом действия стероидов (андрогены, эстрогены). Эстрогены в мужском организме представлены тремя основными циркулирующими фракциями: эстроном, эстриолом и 17β -эстрадиолом. Только 20% эндогенных эстрогенов синтезируется непосредственно в яичках (семенниках), а остальные 80 % – в периферических тканях за счет ароматизации, в результате которой образуется преимущественная форма эстрогенов у мужчин – 17β -эстрадиол (эстрадиол) (Калинченко, Тюзиков, 2009).

Доказано, что основные функции эстрогенов у мужских особей – обеспечение механизма обратной отрицательной связи через гонадотропины (ЛГ и ФСГ) в регуляции синтеза тестостерона в яичках (Калинченко, Тюзиков, 2009).

В молодом организме умеренные дозы андрогенов способствуют продольному росту трубчатых костей, а большие дозы тормозят его вследствие окостенения эпифизарных участков костей. Андрогенам принадлежит важная роль в обмене солей Са и Р и в обновлении структурных белков костной ткани (Neumann, 1974; Резников, Варга, 1988).

В молодом мужском организме выявлена чёткая корреляция между уровнем тестостерона и эстрадиола, а также уровнем их свободных фракций. Наибольшая часть эстрадиола в плазме крови связана с глобулином, связывающим половые стероиды (ГСПС), и с альбуминами, и только 1-2% присутствует в форме свободной биологически активной фракции, способной проникать в клетки (Jockenhovel, 2004).

Тестостерон, подобно глюкокортикоидам, оказывает депрессивное действие на процессы иммуногенеза, а также разнонаправленно влияет на образование его 5-альфа-восстановленных метаболитов в печени и в предстательной железе (Резников, Варга, 1988).

Отмечена высокая положительная корреляция между концентрацией семени и уровнем тестостерона и отрицательная связь между рН семени и тестостероном (Chacur et al., 2013) в сыворотке крови у быков симментальской породы в зависимости от сезона года (Javed et al., 2000). Предполагается, что сезонные колебания уровня тестостерона могут быть связаны с различными внешними и внутренними факторами. Показано наличие определённой взаимосвязи между содержанием эндогенных гормонов (тироксин, эстрадиол и тестостерон) и наличием спермальных аутоантител в сыворотке крови у быков-производителей (Абилов и др., 2018).

Представленный обзор показывает существенное значение тестостерона и эстрадиола для нормального развития и общего метаболизма в организме млекопитающих. В связи с этим назрела необходимость уточнить основные показатели эндогенных гормонов в сыворотке крови и плазме семени у быков-производителей новой генетической формации и на основе научно-обоснованных данных принять меры к улучшению их воспроизводительной способности. Это может дать основу для совершенствования методов селекции и получения более глубоких знаний по гормональной регуляции процессов воспроизводства.

Цель данного исследования – изучить содержание эндогенных гормонов (тестостерон и эстрадиол) в организме быков-производителей современной селекции в день взятия эякулятов и выявить характер вариации их уровня в плазме семени и сыворотке крови в зависимости от возраста и породы животных, а также изучить соотношение и связь с воспроизводительной способностью по показателям спермопродукции.

Материал и методы

Работа выполнена в ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста в период 2019 - 2020 гг. на базе АО «ГЦВ» Московской области на быках-производителях голштинской и симментальской пород в возрасте от 3 до 8 лет. Условия кормления и содержания животных соответствовали требованиям

«Национальной технологии замораживания и использования спермы племенных быков-производителей» (Абилов, Решетникова, 2008).

Кровь отбирали из хвостовой вены в стерильную вакуумную пробирку после взятия семени в течение 15-30 минут по объему 10,0 мл в утренние часы с 9.00 до 11.00. После выделения сыворотки крови и ее центрифугирования хранили в морозильной камере при температуре $-18 \dots -20^{\circ}\text{C}$ до использования.

Для определения гормонов в плазме семени после получения цельного эякулята от быков-производителей его разделяли на 2 части. Первую часть оставляли для технологической обработки, а вторую центрифугировали в течение 10 минут при 3000 об/мин, затем плазму семени отделяли от сперматозоидов и в таком виде хранили в морозильной камере при температуре $-18 \dots -20^{\circ}\text{C}$ до использования. Гормоны в плазме семени определяли с помощью метода ИФА (иммуноферментного анализа) с применением соответствующих реагентов производства ЗАО «Иммунотех» (г. Москва, Россия).

Концентрацию эндогенных гормонов в сыворотке крови и плазме семени определяли методом ИФА в двукратной повторности с использованием лабораторных реагентов ЗАО «Иммунотех», а также с применением реагентов (ИФА: эстрадиол, тестостерон) на приборе УНИПЛАН (АФГ-01) ЗАО «Пикон» (Россия).

Показатели семени животных изучали в зависимости от их возраста и породы, сезона года, селекционной направленности согласно «Национальной технологии замораживания и использования спермы племенных быков производителей» для количества полученных эякулятов (п), объема семени (мл), концентрации сперматозоидов в эякуляте (млрд/мл), общего числа сперматозоидов в эякуляте (млрд), активности сперматозоидов с прямолинейно-поступательным движением при взятии и после замораживания-оттаивания через 5 часов при инкубации $+38^{\circ}\text{C}$ (в %), брак семени (п, %).

Для технологической обработки исследовали только те эякуляты, которые имели свыше 70% активных сперматозоидов у нативного семени и свыше 40% активных сперматозоидов у заморожено-оттаянного семени. Эякуляты и дозы семени, не отвечающие выше указанных требований по ГОСТу, выбраковывали и в дальнейшем не включали в исследования.

Результаты и обсуждение

Для оценки гормонального статуса быков-производителей было предпринято комплексное синхронное исследование уровня эндогенных гормонов в плазме семени и в сыворотке крови животных. Результаты анализа уровня изученных гормонов в сыворотке крови и в плазме семени в день взятия эякулятов в разных возрастных группах быков представлены в табл. 1.

Анализ показал, что по этим показателям имелись существенные различия в связи с возрастом животных; чем старше бык, тем выше концентрация тестостерона в сыворотке крови. В 36-мес. она составляет 39,4 нМ, а у быков старше 60 мес. (от 5 лет и старше) – 97,4 нМ. По содержанию эстрадиола в сыворотке крови отмечалась обратная тенденция: чем старше бык, тем ниже концентрация эстрадиола в сыворотке крови: до 36 мес. – 0,405 нМ, а старше 60 мес. – 0,216 нМ.

Выявлено, что концентрация тестостерона в семенной плазме почти в 2-3 раза меньше, чем в сыворотке крови, а концентрация эстрадиола, наоборот, выше. Например, в возрасте 3-х лет у быков содержание тестостерона в сыворотке крови находится на уровне 39,40 нМ, в то же время у этих же быков в плазме семени данный показатель составляет 18,93 нМ, то есть практически в 2 раза меньше.

Аналогичный анализ по содержанию эстрадиола выявил другую закономерность в этом возрасте: уровень эстрадиола в сыворотке – 10,4 нМ, а в плазме семени – 0,9 нМ. По другим возрастным категориям были получены аналогичные результаты на статистически значимом уровне в возрасте 5 лет и старше ($P < 0,001$).

На втором этапе изучали концентрацию эндогенных гормонов в плазме семени и в сыворотке крови в зависимости от породы быков-производителей (табл. 2).

Таблица 1. Содержание тестостерона и эстрадиола в сыворотке крови и в плазме семени у быков-производителей в день взятия эякулята с учётом возраста, нМ

Возраст, мес.	n	Тестостерон (M±m)	Эстрадиол (M±m)	Тестостерон (min – max)	Эстрадиол (min – max)
в сыворотке крови					
до 36	9	39,4±9,8	0,405±0,136	49,4 – 80,0	0,12 – 1,37
37-60	14	41,9±6,7	0,377±0,086	3,6 – 71,9	0,12 – 1,37
61 и старше	7	97,4±9,8	0,216±0,054	19,0 – 80,3	0,12 – 0,40
в плазме семени					
до 36	9	18,9±5,3*	0,904±0,104**	30,9 – 71,0	0,72 – 1,1
37-60	14	27,7±3,9*	0,898±0,049**	3,03 – 60,44	0,61 – 1,25
61 и старше	7	26,9±8,7***	0,83±0,1***	6,9 – 71	0,55 – 1,14

Примечание: *P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001 по t - критерию при сравнении с данными по сыворотке крови.

Таблица 2. Содержание эндогенных гормонов в сыворотке крови и плазме семени у быков-производителей в день взятия, нМ

Породы	n	Тестостерон (M±m)	Эстрадиол (M±m)	Тестостерон (min – max)	Эстрадиол (min – max)
в сыворотке крови					
Голштинская	15	43,0±7,5*	0,404±0,083***	3,6 – 97,4	0,123 – 1,318
Симментальская	5	55,5±10,0	0,298±0,040***	28,1 – 80,3	0,190 – 0,397
в плазме семени					
Голштинская	15	23,9±3,8	0,871±0,051	5,5 – 60,4	0,553 – 1,138
Симментальская	5	29,1±12,0	0,710±0,019	3,1 – 71,0	0,553 – 1,091

Примечание: *P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001 по t - критерию при сравнении данных по сыворотке крови и плазме семени.

Выявлена существенная разница между сывороткой крови и семенной плазмой по концентрации тестостерона у быков-производителей голштинской породы (P<0,05) и по содержанию эстрадиола (P<0,001). Кроме того, зарегистрирована разница между голштинской и симментальской породами по концентрации эстрадиола в плазме семени (P<0,05).

Концентрация тестостерона в плазме семени была на 50% меньше, чем в сыворотке крови. Необходимо отметить, что по изучаемым породам разница концентрации тестостерона в сыворотке крови и плазме семени почти в два раза больше, чем концентрация тестостерона в плазме семени. По содержанию эстрадиола выявлена обратная взаимосвязь; концентрация эстрадиола в плазме семени у обеих пород почти в два раза больше, чем в сыворотке крови.

Были также получены данные по содержанию изученных гормонов в сыворотке крови и в плазме семени в день взятия без учёта породной принадлежности и возрастной категории (табл. 3).

При анализе данных табл. 3 для быков-производителей, принадлежащих АО «ГЦВ» (n=32), выявлены существенные различия (P<0,001) между сывороткой крови и семенной плазмой по содержанию тестостерона и эстрадиола. Был также проведен анализ по соотношению уровня этих гормонов в плазме семени и сыворотке крови (кровь/плазма семени и плазма семени/кровь); результаты приведены в табл. 4.

Анализ данных по соотношению уровней эндогенных гормонов в сыворотке крови и в плазме семени у быков-производителей в день взятия выявил существенные отличия, однако необходимо констатировать большой диапазон между минимальными и максимальными значениями у обоих гормонов.

Таблица 3. Сравнительные данные по содержанию в сыворотке крови и плазме семени эндогенных гормонов у быков-производителей в день взятия

Исследуемый материал	n	Тестостерон (M±m)	Эстрадиол (M±m)	Тестостерон (min – max)	Эстрадиол (min – max)
Сыворотка крови	32	42,6±5,0***	0,360±0,055***	3,6 - 97,4	0,12 - 1,37
Плазма семени	32	25,9±2,9	0,930±0,048	3,1 - 71,0	0,55 - 1,9

Примечание: ***P<0,001 по *t* - критерию при сравнении с данными по сыворотке крови и плазме семени.

Таблица 4. Соотношение уровней эндогенных гормонов в сыворотке крови и в плазме семени у быков-производителей в день взятия

Соотношение эндогенных гормонов	n	Тестостерон (M±m)	Эстрадиол (M±m)	Тестостерон (min – max)	Эстрадиол (min – max)
Сыворотка крови/плазма семени	32	2,24±0,38***	0,46±0,08***	0,3 - 11,4	0,1 - 11,8
Плазма семени/сыворотка крови	32	0,77±0,12	3,68±0,42	0,2 - 3,3	0,5 - 8,6

Примечание: ***P<0,001 по *t* - критерию при сравнении с данными по соотношениям между сывороткой крови и плазмой семени

На следующем этапе были изучены сперматологические показатели быков-производителей в зависимости от уровня тестостерона в сыворотке крови и в плазме семени (табл. 5). Анализ данных по спермопродукции в зависимости от концентрации тестостерона показал, что число полученных качественных эякулятов было больше при концентрации 11-30 нМ и 7,29 эякулятов из 12-ти и, соответственно, меньше всего бракованных эякулятов (4,43).

Таблица 5а. Показатели семени быков-производителей в зависимости от уровня тестостерона в сыворотке крови и плазме семени, нМ

Градация уровней тестостерона	n	Содержание тестостерона в сыворотке крови	Получено эякулятов за месяц (n)	Объём эякулята (мл)	Концентрация (млрд./мл)
в сыворотке крови					
до 10	4	6,6±1,24	12,33±0,88	4,67±1,09	1,537±0,04
11-30	3	23,8±1,66	11,71±1,11	4,05±0,28	1,217±0,12
31-60	6	46,5±3,51	10,60±1,89	4,86±0,33	1,060±0,14
в плазме семени					
до 10	7	32,51±8,48	10,8±1,85	4,39±0,27	1,140±0,17
11-30	4	31,88±6,33	12,75±0,69	4,42±0,34	1,241±0,08
31-60 и выше	9	71,16±4,69	10,37±0,92	4,66±0,38	1,101±0,11

По активности семени после замораживания и оттаивания через 5 ч после инкубации наивысшие показатели зарегистрированы в группе, в которой концентрация тестостерона варьировала на уровне 10-30 нМ и составила 18,1%.

Таблица 5б. Показатели семени быков-производителей в зависимости от уровня тестостерона в сыворотке крови и плазме семени, нМ

Градация уровней тестостерона	n	Число качественных эякулятов (n)	Брак (n)	Замороженные дозы на день взятия	Активность семени через 5 ч. после оттаивания, %
в сыворотке крови					
до 10	4	5,33±1,20	7,00±2,00	944±471	18,00±1,53
11-30	3	7,29±1,49	4,43±1,67	874±187	18,14±1,94
31-60	6	3,00±1,52	7,60±1,78	519±284	9,60±3,03
в плазме семени					
до 10	7	5,60±2,13	7,20±1,36	899±389	15,60±4,06
11-30	4	6,00±1,12	6,25±1,26	925±160	18,00±1,43
31-60 и выше	6	3,50±1,12	6,87±1,22	438±148	10,62±2,01

Аналогичные показатели были зарегистрированы с учётом концентрации тестостерона в плазме семени. С увеличением концентрации тестостерона в сыворотке крови отмечено уменьшение числа качественных эякулятов, увеличение брака семени и уменьшение числа замороженных доз семени при дуплетном взятии.

Заключение

Установлено, что содержание тестостерона в сыворотке крови у быков-производителей вне зависимости от породы почти в два раза больше, чем в плазме семени. В то же время отмечена обратная зависимость по концентрации эстрадиола: его концентрация в плазме семени в 2 раза больше, чем в сыворотке крови.

Определены зависимости уровня производимой спермопродукции от концентрации тестостерона. Установлено, что при концентрации тестостерона в интервале 7-30 нМ отмечается наименьшее количество брака нативного семени. При этих концентрациях тестостерона в сыворотке крови активность сперматозоидов после замораживания-оттаивания через 5 ч при инкубации +38°C в термостате имеет наилучшие показатели и составляет 18%.

При оценке воспроизводительной способности быков-производителей предлагается включить в селекционную программу способ определения эндогенных гормонов в сыворотке крови и в плазме семени как альтернативный вариант для прогноза воспроизводительного потенциала животных с целью заготовки большого количества доз замороженного семени.

Список литературы

1. Абилов А.И., Ескин Г.В., Комбарова Н.А. Концентрация эстрадиола в крови быков и его влияние на спермопродукцию и результативность осеменения. // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 6. С. 830-836.
2. Абилов А.И., Митяшова О.С., Мымрин С.В., Гудилина А.А., Пыжова Е.А., Комбарова Н.А., Левина Г.Н. Содержание эндогенных гормонов у быков-производителей с учётом возраста, аутоиммунного состояния и продуктивности материнских предков. // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 4. С. 743-752.
3. Абилов А.И., Решетникова Н.М. (Ред.) Национальная технология замораживания и использования спермы племенных быков-производителей. М.: ВИЖ, 2008. 162 с.
4. Алиев, А.А. Обмен веществ у жвачных животных. М.: НИЦ «Инженер». 1997. 419 с.
5. Гуторова Н.В., Осадчук Л.В., Клещев М.А., Кузнецова Н.Н., Осадчук А.В. Качество спермы и уровни репродуктивных гормонов у мужчин Кемеровской популяции. // Проблемы репродукции. 2010. №6. С. 89-93.
6. Зверева Г.В., Завирюха В.И., Кудла И.М. Роль вегетативных невродов в патологии матки и яичников у коров. // Материалы Всероссийской научно-методической конференции по акушерству, гинекологии и биотехнике размножения животных. Воронеж, 1994. С.60-61.
7. Калинин С.Ю., Тюзиков И.А. Практическая андрология. М.: Практическая медицина, 2009. 400 с.
8. Козлов Н.Е., Легошин Г.П. Организация и техника воспроизводства сельскохозяйственных животных. М.: Колос. 1979. 176 с.

9. Милованов В.К Биология воспроизведения и искусственное осеменение животных. М.: Сельхозиздат, 1962. 696 с.
10. Резников А.Г., Варга С.В. Антиандрогены. М.: Медицина, 1988. 208 с.
11. Свердлофф Р., Бхасин Ш. Нарушение половой функции у мужчин. // В сб.: Эндокринология (Ред. Н. Лавина). М.: Практика, 1999. С. 369-392.
12. Chacur M.G.M., Mizusaki K.T., Filho Gabriel L.R.A., Oba E., Ramos A.A Seasonal effects on semen and testosterone in Zebu and Taurine bulls. // *Acta Scientiae Veterinariae*. 2013. Vol. 41. P. 100-110.
13. Fejes J., Koloszar S., Zavaczki Z., Daru J., Szollosi J., Pal A. Effect of body weight on testosterone estradiol ratio in oligozoospermie patent. // *Anthology Archive*. 2006. Vol. 52: 97-201.
14. Gates M.A. R.A.Mekary, G.R. Chiu et al. Sex steroid hormone levels and body composition in men. // *J. Clin. Endocrinol. Metab*. 2013. Vol. 98. nr 6. P. 2442-2450.
15. Javed M.T., Abrar K., Mumtaz A. Influence of season on seminal plasma testosterone and oestrogen in healthy and abnormal bulls and their relationship with other semen parameters. // *Veterinary Archive*. 2000. Vol. 70. nr 3. P. 141-149.
16. Kumanov P., Nandipati K., Tomova A., Agarwal A. Inhibin B is a better marker of spermatogenesis than other hormones in the evaluation of male factor infertility. // *Fertil. Steril*. 2006. Vol. 86. nr 2. P. 332-338.
17. Neumann F., Bahner F., Brotherton J., Gräf K.-J., Hasan S.H., Horn H.J., Hughes A., Oertel G.W., Steinbeck H., Voss H.E., Wagner R.K. Androgens II and Antiandrogens. // *Handb. Exper. Pharmac*. 1974. Vol. 35. nr 2. P. 235-484.
18. Qin D.D., Yuan W., Zhou W.J., Cui Y.Q., Wu J.Q., Gao E.S. Do reproductive hormones explain the association between body mass index and semen quality? // *Asian J. Androl*. 2007. Vol. 9. nr 6. P. 827-834.
19. Schneider G., Kirschner M.A., Berkowitz R. and Ertel N.H. Increased estrogen production in obese men. // *J. Clin. Endocr. Metab*. 1979. Vol. 48. nr 4. P. 633-638.
20. Zumoff B., G.W. Strain, J. Kream et al. Obese young men have elevated plasma estrogen levels but obese premenopausal women do not. // *Metabolism*. 1981. Vol. 30. nr 10. P. 1011-1014.

References (for publications in Russian)

1. Abilov A.I., Eskin G.V., Kombarova N.A. [The concentration of estradiol in the blood of bulls and its effect on sperm production and the effectiveness of insemination]. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya - Agricultural biology*. 2016. 51(6): 830-836.
2. Abilov A.I., Mityashova O.S., Mymrin S.V., Gudilina A.A., Pyzhova E.A., Kombarova N.A., Levina G.N. [The content of endogenous hormones in sires, taking into account age, autoimmune state and productivity of maternal ancestors]. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya - Agricultural biology*. 2018. 53(4): 743-752.
3. Abilov A.I., Reshetnikova N.M. (Eds) *Natsional'naya tekhnologiya zamorazhivaniya i ispol'zovaniya spermy plemennykh bykov-proizvoditelei* (National technology of freezing and use of semen of breeding bulls). Moscow: VIZh Publ., 2008. 162 p.
4. Aliev A.A. *Obmen veshchestv u zhvachnykh zivotnykh* (Metabolism in ruminants.). Moscow: NITs Inzhener Publ., 1997. 419 p.
5. Gutorova N.V., Osadchuk L.V., Kleshchev M.A., Kuznetsova N.N., Osadchuk A.V. [Sperm quality and levels of reproductive hormones in men of the Kemerovo population]. *Problemy reproduksii - Problems of reproduction*. 2010. 6: 89-93.
6. Kalinchenko S.Yu., Tyuzikov I.A. *Prakticheskaya andrologiya* (Practical andrology). Moscow: Prakticheskaya meditsina Publ., 2009. 400 p.
7. Kozlov N.E., Legoshin G.P. *Organizatsiya i tekhnika vosproizvodstva sel'skokhozyaistvennykh zivotnykh* (Organization and technique of reproduction of farm animals), Moscow: Kolos Publ., 1979. 176 p.
8. Milovanov V.K. *Biologiya vosproizvedeniya i iskusstvennoe osemenenie zivotnykh* (Biology of reproduction and artificial insemination of animals). Moscow: Sel'khozizdat Publ., 1962. 696 p.
9. Reznikov A.G., Varga S.V. *Antiandrogey* (Antiandrogens). Moscow: Meditsina Publ., 1988. 208 p.
10. Sverdloff R., Bkhasin Sh. [Sexual dysfunction in men]. In: *Endokrinologiya* (Red. N. Lavina) (Endocrinology, N. Lavina, Ed). Moscow: Praktika Publ., 1999. P. 369-392.
11. Zvereva G.V., Zaviryukha V.I., Kudla I.M. [The role of autonomic neuroses in the pathology of the uterus and ovaries in cows]. In: *Materialy nauchno-metodicheskoi konferentsii po akusherstvu, ginekologii i biotekhnike razmnozheniya zivotnykh* (Materials of the scientific and methodological conference on obstetrics, gynecology and biotechnology of animal reproduction). Voronezh, 1994. P. 60-61.

UDC 636.22/.28.082.453.52:612.12:577.17

**Relationship of the level of testosterone and estradiol
in blood serum and semen plasma with indicators of semen production
in bulls of different breeds**

Abilov A.I., Shemetyuk S.A., Sermyagin A.A.

*Federal Research Center for Animal Husbandry - Ernst VIZh,
Podolsk-Dubrovitsy, Moscow oblast, Russian Federation*

ABSTRACT. In all mammals, spermatogenesis is under the control of peptide and steroid hormones, including testosterone and estradiol. Testosterone is necessary for the induction of spermatogenesis in the pubertal period, and disruption of the rhythm of its secretion in sires can lead to inhibition of spermatogenesis. The aim of the study was to study the content of testosterone and estradiol in the seminal plasma and blood serum of Holstein and Simmental sires on the day of ejaculate collection and to identify the nature of the variation in their levels depending on the age and breed of animals, as well as to study the relationship and connection with reproductive ability on the level of sperm production. Testosterone concentration increases from 39.4 nM at the age of 3 years to 97.4 nM at the age of 5 years and older; at the same time, the concentration of estradiol in the blood serum decreases. The content of testosterone in semen plasma is two to three times less than in the blood serum, and the concentration of estradiol, on the contrary, is 2-3 times higher. The concentration of testosterone in blood serum in bulls of both breeds averaged 42.6 nM, in semen plasma 25.9 nM ($P < 0.001$), and the concentration of estradiol 0.36 nM in blood serum and 0.93 nM in semen plasma. In the range of testosterone concentrations in semen plasma in the range of 11-30 nM, the smallest amount of semen rejects was noted, which, upon incubation at $+38\text{ C}^0$ 5 hours after freezing/thawing, was 18%, and with an average testosterone concentration of 46.5 nM, this indicator was at the level 9.6%. Concluded that it is advisable to determine the level of endogenous hormones in the blood serum and in semen plasma to predict the quality of sperm production and the semen safety after freezing and thawing.

Keywords: bull-sires, Holstein and Simmental breeds, testosterone, estradiol, blood serum and semen plasma, semen production

Problemy biologii productivnykh zhivotnykh - Problems of Productive Animal Biology. 2022. 1: 20-28

Поступило в редакцию: 01.03.2022

Получено после доработки: 14.03.2022

Сведения об авторах:

Абилов Ахмедага Имаш оглы, д.б.н., проф., г.н.с. ahmed.abilov@mail.ru;

Шеметюк Сергей Александрович, соиск. sahmilk@mail.ru;

Сермягин Александр Александрович, к.с.-х.н., в.н.с. alex_sermyagin85@mail.ru