

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ**

**ВІКОВІ ЗАКОНОМІРНОСТІ СТАНОВЛЕННЯ
СТАТЕВИХ ФУНКЦІЙ ТА РЕПРОДУКТИВНА
БІОТЕХНОЛОГІЯ У БУГАЇВ**

Монографія
за науковою редакцією
М. Павлюк, С. Вовк



Оброшине, 2024

УДК 636.2:612.616:636.082.4

*Рекомендовано до друку рішенням вченої ради
Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН
(протокол № 5 від 27 червня 2024 р.)*

Автори:

Микола Павлюк, Стах Вовк

Рецензенти:

Кирилів Я. І., д. с.-г. н., проф., член-кор. НААН,
Ковальчук І. І., д. вет. н., проф.,
Остапів Д. Д., д. с.-г. н., проф.

Вікові закономірності становлення статевих функцій та репродуктивна біотехнологія у бугаїв: Монографія / Автори М. Павлюк, С. Вовк /. Оброшине: Видавництво Інституту сільського господарства Карпатського регіону, 2024. 234 с.

ISBN 978-617-95314-3-9

У монографії зібрано, систематизовано і проаналізовано наукові літературні джерела вітчизняних і зарубіжних дослідників, а також отримані нами експериментальні результати щодо формування статевих функцій та репродуктивної біотехнології у бугаїв-плідників.

Монографічна праця буде корисною для студентів вищих навчальних закладів, аспірантів, наукових та науково-педагогічних працівників у плані визначення подальших стратегічних напрямків наукових досліджень щодо збереження та удосконалення генетичних і селекційно-племінних цінностей вітчизняних і зарубіжних порід великої рогатої худоби.

© Микола Павлюк, Стах Вовк
© Видавництво Інституту сільського господарства
Карпатського регіону НААН України, 2024

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1. ОСОБЛИВОСТІ СТАНОВЛЕННЯ СПЕРМАТОГЕНЕЗУ У БУГАЇВ ЗАЛЕЖНО ВІД ВІКУ, ІНТЕНСИВНОСТІ РОСТУ ТА РОЗВИТКУ ОРГАНІЗМУ	7
2. ВІКОВІ МОРФОМЕТРИЧНІ ЗМІНИ У СІМ'ЯНИКАХ БУГАЙЦІВ.....	28
3. ЦИТОЛОГІЧНІ ТА ГІСТОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ СПЕРМАТОГЕНЕЗУ У БУГАЙЦІВ.....	40
4. МОРФОЛОГІЧНА ТА ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА СІМ'ЯНИКІВ І СТАТЕВИХ ЗАЛОЗ БУГАЇВ.....	57
5. ВІКОВІ ЗМІНИ РІВНЯ ГОНАДОТРОПНИХ ТА ГОНАДАЛЬНИХ ГОРМОНІВ	72
6. ВІКОВІ ФІЗІОЛОГІЧНІ ТА БІОХІМІЧНІ ЗМІНИ У СІМ'ЯНИКАХ, ЇХ ПРИДАТКАХ ТА МІХУРЦЕВИХ ЗАЛОЗАХ БУГАЙЦІВ.....	82
7. ХАРАКТЕРИСТИКА ЯКОСТІ ТА ЗАПЛІДНЮЮЧОЇ ЗДАТНОСТІ СПЕРМИ БУГАЇВ-ПЛІДНИКІВ ЗАЛЕЖНО ВІД ВІКУ, ПОРОДИ ТА РЕЖИМІВ ВИКОРИСТАННЯ	95
8. РОЛЬ РЕПРОДУКТИВНИХ ЯКОСТЕЙ БУГАЇВ ПЛІДНИКІВ У ЗБЕРЕЖЕННІ ТА УДОСКОНАЛЕННІ ПОРІД ВІТЧИЗНЯНОЇ СЕЛЕКЦІЇ.....	121
9. ГЕНОМНА РЕПРОДУКТИВНА СЕЛЕКЦІЯ – ПЕРСПЕКТИВНИЙ НАПРЯМ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПЛЕМІННОЇ РОБОТИ У СКОТАРСТВІ	137

10. СУЧАСНІ БІОТЕХНОЛОГІЧНІ МЕТОДИ СЕПАРУВАННЯ СПЕРМИ БУГАЇВ-ПЛІДНИКІВ ЗА СТАТТЮ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ У СКОТРАСТВІ.....	158
11. БІОМАРКЕРИ ФЕРТИЛЬНОСТІ СПЕРМІЇВ БУГАЇВ	173
11.1. Протеоміка спермійів та фертильність	174
11.2. РНК транскриптоміка спермійів та їхня фертильність.	179
11.3. Метаболоміка спермійів та фертильність.....	181
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	184

ВСТУП

Репродуктивні функції бугаїв є важливою економічною характеристикою у сталому виробництві молока і яловичини.

За великомасштабної селекції штучне осіменіння великої рогатої худоби стало основним методом генетичного поліпшення великих її масивів за рахунок інтенсивного використання плідників з високим генетичним потенціалом.

Створення високопродуктивних молочних стад базується на використанні для відтворення маточного поголів'я бугаїв-плідників з високою племінною цінністю. Їх вплив на генетичне поліпшення племінних та продуктивних якостей корів становить близько 90%. Впровадження в широку практику методу штучного осіменіння й тривалого зберігання кріоконсервованої сперми дало можливість інтенсивно використовувати бугаїв-поліпшувачів та отримувати від них велику кількість висопродуктивних нащадків (Басовський Н. З., Рудик І. А., Буркат В. П., 1992).

І. С. Старостенко (2015) доводить, що одним із основних заходів селекції у молочному скотарстві є виявлення і оцінка кращих плідників – лідерів породи та їх широке використання у селекційному процесі. Тому аналіз форм успадкування племінної цінності бугаїв, від яких із високою ймовірністю буде отримано потомство із запланованими племінними і продуктивними якостями, є основним принципом великомасштабної селекції.

Одним із критеріїв відбору плідника є його оцінка за репродуктивною функцією. Починаючи з річного віку молодих бугайців використовують з метою отримання спермопродукції. Спермопродуктивність є основним показником спермоутворювальної функції сім'яників та роботи придаткових статевих залоз. Від об'єму і якості відібраної сперми та її запліднювальної здатності залежить кількість можливого отриманого приплоду М. В. Буштрук (2015).

Рівень та ефективність відтворювальної здатності бугаїв-плідників насамперед визначається генетичними чинниками, а основними умовами високої і стабільної статевої активності є дотримання технології їх утримання, годівлі, догляду та експлуатації. Г. Д. Святовець (1987), М. І. Бащенко та ін. (2004), Є. І. Федорович (2003, 2004, 2007), С. С. Волков (2009) показали, що особливо ретельного дотримання цих технологічних умов вимагає ранній

період вирощування бугайців, коли відбувається формування усіх життєво-важливих функцій організму, в тому числі і формування статевої системи.

П. С. Сохацьким (2000), А. М. Угнівенком, Л. А. Коропець (2001), І. Гончаренком, Н. Свириденком (2002), Р. М. Aronte, D. G. de Rooij, P. Bastidas (2005), В. В. Федоровичем, Й. З. Сірацьким (2007), Й. Сірацьким, І. Каменською, О. Бойко та ін. (2012) та іншими дослідниками встановлено ряд істотних породних і вікових відмінностей у процесах формування й функціонування статевих органів у бугаїв-плідників. На нинішній час у науковців і фахівців немає єдиної думки щодо віку статевої зрілості та початку інтенсивного використання бугаїв-плідників як української чорно-рябої молочної, так і інших порід.

Формування процесів сперматогенезу у сім'яниках, їх придатках та статевих залозах супроводжується низкою фізіолого-біохімічних змін. Як вказують J. P. Aravindakshan et al. (2000), А. А. Moura, В. Н. Erickson (2001), J. A. Spaliviero, С. М. Allan et al. (2004), О. І. Колещук (2004), В. А. Яблонський, С. П. Хомин (2011), на розвиток організму та формування статевої функції, становлення сперматогенезу у бугаїв-плідників суттєвий вплив чинять гонадотропні гормони гіпофізу.

Однією із ознак початку сперматогенезу, за даними J. L. Males, R. W. Turkington (1970), є поява в сім'яниках гіалуронідазної активності, яка служить біохімічним маркером початку розвитку сперматид. Разом з тим Т. Mann (1966), М. П. Шергін (1967) встановили, що зростання рівня фруктози і лимонної кислоти в секреті міхурцеподібних залоз самців свідчить про активний перебіг процесів сперматогенезу в статевих органах. І. Lasnitzki, Т. Mizumo (1977), показали, що продукування фруктози і лимонної кислоти міхурцеподібними залозами самців регулюється гормоном – тестостероном, який визначає розвиток їх статевих ознак, впливає на регуляцію фізіологічних функцій, ріст і розвиток, перебіг процесів сперматогенезу і життєздатність сперміїв, він необхідний для остаточного дозрівання сперміїв у придатку сім'яника.

І. В. Смирнов (1982), Л. А. Коропець (2005), В. О. Кадиш (2007), Д. Д. Остапів (2008), N. Rawlings et al. (2008) вказують, що між кількісними і якісними показниками сперми, запліднюючою здатністю сперміїв та віком і живою масою бугаїв-плідників окремих

порід існує тісний позитивний зв'язок.

Отже, знання вікових особливостей і спадкової зумовленості відтворювальної функції у бугаїв різних порід, окремих типів у межах породи, дозволяє встановлювати режими використання плідників, визначати оптимальні терміни початку та тривалості статевих використання. Тому комплексне вивчення у бугаїв-плідників особливостей функціонування статевої системи, вікової динаміки спермопродуктивності та запліднюючої здатності спермійів залежно від росту, розвитку та живої маси тварин і розвитку сім'яників є актуальним і становить як науковий, так і практичний інтерес.

Збереження генетичних ресурсів плідників локальних порід має неабияке значення у розведенні й підтриманні біорізноманіття. Повноцінна реалізація заходів зі збереження племінних ресурсів сільськогосподарських тварин забезпечується на основі створення генофондових стад у поєднанні з кріоконсервацією та довготривалим зберіганням генетичного матеріалу в кріобанках (М. В. Зубець, В. П. Буркат, Ю. Ф. Мельник та ін., 2007).

Інтерес до використання сперми молодих бугаїв зростає завдяки виявленню перспективних тварин за допомогою геномної селекції.

Якщо штучне запліднення кріоконсервованою спермою бугая здійснило революцію у тваринництві у 20-му столітті, то геномна селекція, як вважається, досягла подібного ефекту на початку 21-го століття (R. H. Foote, 2002; A. C. Doublet, 2019).

Поява геномної селекції дозволяє ідентифікувати майбутніх плідників у молодому віці. Існує значна зацікавленість у тому, щоб якомога швидше використовувати молодих бугаїв як донорів сперми для штучного запліднення, щоб максимізувати темпи генетичного приросту (T. H. Meuwissen, B. J. Hayes, M. E. Goddard, 2021; J. Obsteter, J. Jenko, G. Gorjanc, 2021).

1. ОСОБЛИВОСТІ СТАНОВЛЕННЯ СПЕРМАТОГЕНЕЗУ У БУГАЇВ ЗАЛЕЖНО ВІД ВІКУ, ІНТЕНСИВНОСТІ РОСТУ ТА РОЗВИТКУ ОРГАНІЗМУ

Вік статевої зрілості є основним фактором, що визначає ефективність виробництва продукції великої рогатої худоби. Здатність використовувати для відтворення тварин у молодшому віці

скорочує інтервали між поколіннями та збільшує генетичні переваги. Тому розуміння змін статевого дозрівання та факторів, що впливають на статевий розвиток, є необхідним для сприяння успішному використанню молодих бугайців для репродуктивних цілей.

Дослідження вікових особливостей статевої активності і спермопродуктивності у бугаїв залежно від їх росту і розвитку та маси і розвитку сім'яників становлять значний науково-практичний інтерес, оскільки інформація такого плану дозволяє встановити нормативи використання, особливо молодих плідників, визначати оптимальні терміни їх першого парування, тривалості статевого використання та розробити пропозиції, щодо їх раціонального і ефективного використання.

Слід зауважити, що знання вікових особливостей і спадкової зумовленості відтворювальної функції у бугаїв-плідників дозволяє спрямовано впливати на селекційний процес в скотарстві. Сперма бугаїв характеризується значною різноманітністю гамет, які динамічні за своєю природою і залежать від генетичних і фізіологічних особливостей плідників.

Статевий розвиток організму бугайців можна розділити на три періоди відповідно до змін концентрації гонадотропінів і тестостерону, а саме: інфантильний, препубертатний та пубертатний періоди. Ці зміни супроводжуються змінами проліферації та диференціації клітин сім'яників.

Інфантильний період характеризується низькою секрецією гонадотропінів і тестостерону та відносно незначними змінами клітинного складу сім'яників. Він триває від народження до ~2-місячного віку. Секреція гонадотропін-релізінг гормону в інфантильний період є низькою. У цей період паренхіма сім'яників складається з сім'яних канатиків без просвіту, вистелених недиференційованими клітинами Сертолі та гоноцитами. Мезенхімоподібні клітини складають більшість клітин інтерстиціальної тканини сім'яника (K. Wrobel, 1990, 2000).

Препубертатний період характеризується тимчасовим збільшенням секреції гонадотропінів (R. Amann et al., 1986). Це критична подія у статевому розвитку бугайців. Вона не тільки пов'язана з різкими змінами у клітинному складі сім'яників, початковим збільшенням секреції тестостерону та термінами досягнення статевої зрілості, але й має довготривалий вплив на ріст

сім'яників та продукцію сперми. Цей період триває від 2 до 6 місяців у бугайців. Підвищений синтез гонадотропінів у цей період зумовлений збільшенням секреції гонадотропін-рилізінг-гормону, про що свідчить різке збільшення рівня лютеїнізуючого гормону (ЛГ) у крові бугайців. Характер секреції ЛГ у препубертатному періоді також тісно пов'язаний з віком досягнення статевої зрілості у бугайців. Протягом препубертатного періоду відбувається прогресивне збільшення частки паренхіми сім'яників зайнятої сім'яними каналцями та збільшення діаметру каналців. Розвиваються клітини Сертолі, створюючи розширення над новоутвореними сперматогоніями. Відбувається диференціація інтерстиціальних мезенхімальних клітин сім'яника в клітини Лейдіга і початок секреції тестостерону (A. Evans et al., 2000).

Пубертатний період характеризується зниженням секреції гонадотропінів, підвищенням секреції тестостерону, ініціацією сперміогенезу і, зрештою, появою спермій в еякуляті. Цей період також збігається з початком швидкого росту сім'яників і триває від ~ 6 до 12 місяців. Ріст сім'яників пов'язаний зі збільшенням діаметру та довжини сім'яних каналців. Клітини Сертолі завершують свою морфологічну диференціацію і досягають дорослої структури, формуючи функціональний гематотестикулярний бар'єр. Проліферація статевих клітин є максимальною у віці від 4 до 8 місяців. Зрілими спермії з'являються в сім'яних каналцях у віці 8-10 місяців (K. Wrobel, 1990, 2000).

М. Д. Безуглий, О. Є. Гузеватий (2006), А. М. Угнівенко та ін., (2004) встановили що, коефіцієнти кореляції у бугайців між живою масою в 12-місячному і 3-річному віці ($r = +0,41$) та показниками спермопродуктивності за життя ($r = +0,23 - 0,33$), вищі, ніж між живою масою у 15-місячному віці і рівнем показників цих же ознак. Їхні дослідження є підґрунтям доцільності добору бугайців за живою масою саме в 12-місячному віці. Добираючи бугайців у 12-місячному віці за живою масою, можна об'єктивніше прогнозувати їх спермопродуктивність упродовж життєвого циклу.

Багато дослідників звертали особливу увагу на вікові особливості спермопродукції бугаїв. Значення цих особливостей дуже важливе для практики, так як дозволяє встановити оптимальні норми використання плідників, виявляти оптимальний час початку і продовженість статевого використання тварин на протязі їхнього

життя (М. Р. Дороцко, 1992; Й. З. Сирацький, В. В. Шاپирко, 1990; Й. З. Сірацький, Є. І. Федорович, 2001; Й. З. Сірацький, В. В. Шاپирко, 1991; Г. С. Шарапа, 2003; I. M. Balic et al., 2012; K. W. Prihatin et al., 2017).

Вікова зміна кількісних і якісних показників спермопродукції тісно пов'язана із загальним розвитком організму, ростом і розвитком сім'яників, придатків сім'яників і придаткових статевих залоз (Т. В. Засуха та ін., 2000).

Й. З. Сірацький, В. В. Федорович, Є. І. Федорович, В. С. Федорович (2005, 2007) дослідили, що кількісні і якісні показники спермопродукції всіх категорій оцінених плідників західного внутрішньопородного типу чорно-рябої породи з їх віком змінюються.

Вік бугаїв виявляє вплив, як на загальну кількість спермій, так і на об'єм еякуляту, і ці показники мають тісний взаємозв'язок між собою (И. З. Сирацький, 1972; Й. З. Сірацький, Г. Д. Святовець, 1972; Й. З. Сірацький та ін., 2007).

Й. З. Сірацький, Є. І. Федорович, В. В. Федорович (2005), В. В. Федорович (2006), Є. І. Федорович (2007) показали, що у бугайців західного внутрішньо-породного типу української чорно-рябої молочної породи сперматогенез розпочинається з 6-8-місячного віку. У 12-місячному віці тварин спостерігався активний сперматогенез з наявністю в головці придатка сім'яника 84,0 %, а в хвості придатка – 82,0 % живих спермій.

Й. З. Сірацький, О. В. Бойко, В. В. Федорович (2007), Й. З. Сірацький, В. О. Кадиш (2000) встановили значну залежність показників спермопродуктивності від віку та живої маси плідників. Частка впливу віку на об'єм еякуляту становила 24,2 %, живої маси – 26,3 %, на концентрацію спермій – відповідно 15,2 і 7,9 %, загальну кількість спермій в еякуляті – 21,2 % і 22,5 %, активність спермій – 7,8 % і 11,6 %, резистентність спермій – 6,3% і 9,7 %, стійкість спермій до заморожування – 9,9 % і 17,2 %, запліднюючу здатність сперми від першого осіменіння – 3,6 % і 5,3 % та на загальну запліднюючу здатність спермій – 4,9 і 6,5 %.

Й. З. Сірацький, Г. Д. Святовець (1972) виявили, що показники спермопродуктивності бугаїв симентальської породи мають вікові відмінності. Відмічено високий рівень кореляції між промірами статей тіла плідників та живою масою ($r = +0,450-0,780$) і віком

($r = +0,420-0,790$), між показниками спермопродуктивності та живою масою ($r = +0,690-0,880$), промірами статей тіла ($r = +0,130-0,920$) і віком ($r = +0,620-0,890$).

П. С. Сохацький (2000), вивчаючи зміни живої маси, маси сім'яників та рівня тестостерону в крові бугайців 6-, 9- і 12-місячного віку чорно-рябої породи встановив, що бугайці з більшою живою масою в період статевого дозрівання мають перевагу над бугайцями з меншою живою масою за інтенсивністю секреції статевих гормонів у сім'яниках і деякими ознаками формування типу самця. Це підтверджують дані гонадо-гормональних і ростових співвідношень. Ним доведено, що бугайці 6–12-місячного віку з низькою концентрацією прогестерону в крові переважають своїх ровесників з високим рівнем гормону за живою масою на 2,8-8,2%, розрахунковою масою сім'яників – на 5,5-13,6 % ($P < 0,05$), обхватом мошонки на 7,3-11,1 %. Найбільш інтенсивний ріст сім'яників бугайців чорно-рябої породи встановлено в період з 6- до 9-місячного віку, при дуже низькій концентрації прогестерону в крові (150 – 189 %).

Початок активного утворення сперміїв у сім'яниках бугайців 7,5-8,5-місячного віку відповідає періоду першого статевого потягу. А.А. Arteaga, М. Baracaldo, А. D. Barth (2001) повідомляють, що перша еякуляція настає в бугаїв у 35-46 тижнів. У віці першого активного утворення сперміїв і першої еякуляції існують значні індивідуальні і породні відмінності.

Встановлено, що бугайці вперше виявляють статеві рефлексі: обнімальний – у віці 5-5,5-місяців, ерекції у 8-8,5-місяців, еякуляції – у 10,5-11-місяців. Показано, що у бугайців 6-12-місячного віку, у яких концентрація прогестерону в крові була мінімальною, статеві рефлексі проявлялись раніше, ніж у ровесників з підвищеним рівнем гормону в крові. Разом з тим встановлено негативний кореляційний зв'язок між концентрацією прогестерону в крові бугайців їх живою масою ($-0,26$), масою сім'яників ($-0,28$, $P < 0,01$) та обхватом мошонки ($-0,23$) (П. С. Сохацький, 1996; N. Rawlings et al., 2008).

Досліджуючи строки статевого дозрівання бугаїв встановлено, що перші живі спермії з'являються у спермі швіцьких бугаїв у 316 днів при досягненні живої маси 295 кг, сичевських – в 312 днів і 352 кг, тоді як у їх помісей ці показники становили 293 днів і 249 кг відповідно. Статева зрілість бугаїв кіанської породи і їх помісей настає у 10-13 місяців (А. D. Barth, С. L. Waldner, 2002).

В дослідженнях виявлено, що використання бугаїв для отримання сперми у незрілому ранньому віці у період, коли організм росте особливо швидко, негативно впливає на їх подальший ріст і розвиток (М. З. Басовський, І. А. Рудик, 1992).

Доведено, що в еякуляті бугайців молодшого віку виробляються менші об'єми сперми з нижчою концентрацією, ніж у зрілих бугаїв, що не може задовольнити потребу в спермі, використовуючи стандартні графіки періодичності її відбирання.

Р. Таaffe et al. (2022) досліджували вплив частоти відбору еякуляту на вихід сперми, її якість та запліднюючу здатність у бугайців голштино-фрізької породи віком 366 ± 8 діб у промислових умовах. Зокрема еякулят збирали двічі на день, п'ять днів протягом кожного двотижневого періоду або – один раз на день, два дні на тиждень. Випробувальний період тривав до тих пір, поки від кожного бугая не отримали 20 еякулятів і 1000 товарних соломинок замороженої сперми. У цьому дослідженні не було виявлено впливу частоти, часу та кількості еякуляту відібраного за добу на частку життєздатних спермій, життєздатних і неушкоджених акросом, життєздатних і пошкоджених мембран.

Зміни в якості сперми відбуваються відповідно до збільшення віку і пов'язані з фізіологічними змінами такими, як збільшення маси тіла, що також одночасно впливає на розвиток сім'яників і додаткових залоз бугаїв (І. М. Balic et al. 2012; Е. М. Murphy et al., 2018).

Ж. Р. А. Rego et al. (2018) стверджують, що вік бугаїв може впливати на продуктивність через зміну здатності виробляти сперму, накопичувати її в хвостовому відділі придатка сім'яника та кількість еякульованих спермій.

Низкою досліджень доведено, що рівень годівлі та умови утримання бугаїв виявляють значний вплив на їх статеве дозрівання (Л. О. Омельченко, О. Л. Дубинський, А. Л. Носкова, 2012; A.D.Barth, L. F. C. Brito, J. P. Kastelic, 2008; M. McGowan et al., 2012; K.J.Copping et al., 2018 та ін).

Початок статевої зрілості у бугаїв у значній мірі залежить від годівельних факторів та інтенсивності росту тіла тварин. Повільний ріст бугаїв корелює з неповноцінним розвитком сім'яників і затримкою статевої зрілості. У деяких порід окружність мошонки у бугайців тісно корелює з масою тіла. (М. McGowan et al., 2012).

Дослідженнями (A. D. Barth, L. F. C. Brito, J. P. Kastelic, 2008) підтверджено, що повноцінна, збалансована годівля бугайців посилює секрецію гонадотропіну, яка, ймовірно, опосередковується метаболічними гормонами, що призвело до збільшення сім'яників у віці 1 року та більш раннього початку сперматогенезу.

Показано також, що рівень годівлі вагітних телиць суттєво впливає на розвиток сім'яників у народжених бугайців. Зокрема встановлено, що телиць яким згодовували раціон підвищений у 2,4 рази стосовно рекомендованої потреби в енергії та протеїні протягом перших 6 місяців вагітності, народжували бугайців з меншими об'ємами сім'яників та нижчими концентраціями тестостерону в сироватці крові, порівняно з народженими бугайцями, телиць яких годували раціонами збільшеними у 1,9 або 0,7 рази за рівнями енергії і протеїну до встановлених рекомендованих норм (T. Sullivan et al., 2010). Бугайці породи Санта Гертруда, які отримували низькопротеїнову дієту, мали затримку у досягненні статевої зрілості, порівняно з плідниками, які отримували високопротеїнову дієту (K.J.Copping et al., 2018). Бугайці, яких годували раціонами з середньодобовими приростами 1,4-1,5 кг/добу, досягали статевої зрілості раніше, з більшою масою парних сім'яників і добовим виходом сперми (L. Brito et al., 2016).

Загалом, при середньодобових приростах 1 кг/добу статевая зрілість бугайців настає у 8-12 місяців (A. D. Barth, L. F. C. Brito, J.P.Kastelic, 2008). Ранній розвиток бугайців до відлучення від матері значною мірою залежав від продуктивності материнського молока. Бугайці, народжені від телиць і старих маток (> 9 років), мали меншу окружність мошонки через нижчу гіпоталамо-гіпофізарну активність (L. F. C. Brito, 2019). Однак, вплив раціону на початок статевого дозрівання генетично залежний, і більше споживання кормів не завжди призводить до більш раннього статевого дозрівання (D. Harstine et al., 2015). Важливо зазначити, що високоенергетичний раціон, яким часто годують бугаїв, може мати негативний вплив на розвиток сім'яників і сперматогенез. Молоді бугайці, яких годували високоенергетичними раціонами, мають кращі середньодобові прирости та більшу товщину шпику, однак змін у розмірах окружності мошонки у них не встановлено, проте у їхній спермі виявлено підвищений вміст морфологічно аномальних сперміїв через порушену терморегуляцію сім'яників, що пов'язано зі збільшенням

жиру в мошонці (H. Bollwein, F. Janett, M. Kaske, 2017; S. L. Bourgon et al., 2018).

У серії експериментів показано, що найбільш виражений вплив годівельних факторів на репродуктивну функцію у бугайців відбувається в препубертатному періоді. Ці дослідження продемонстрували, що несприятливі наслідки низького рівня годівлі в препубертатний період не можуть бути компенсовані поліпшенням годівлі в пубертатний період. Позитивний вплив повноцінної годівлі бугайців в препубертатному періоді зберігається, навіть якщо в подальшому дотримуватися підтримувальної дієти. Низька поживність раціонів у перипубертатний період у бугайців м'ясних порід призводить до зниження секреції гонадотропінів та концентрації тестостерону, затримки статевого дозрівання та зменшення розміру сім'яників у 16-місячному віці, тоді як повноцінна та збалансована годівля дає протилежні позитивні результати.

Як недостатня годівля бугайців в пубертатному так і висококалорійні раціони їх годівлі у після-молочний період асоціюються з пригніченням репродуктивних функцій, що ймовірно, пов'язано із порушенням терморегуляції сім'яників через надмірне відкладення навколо них жиру (L. Brito et al., 2007).

J. Skinner (1981) показав, що рухливість спермій зменшилася, а їх частка з дефектами збільшилася з віком у герефордських бугайців, яких відгодовували із приростами живої маси тіла $> 1,75$ кг/добу, що значно відрізнялося від бугайців, яких відгодовували із приростами маси тіла ~ 1 кг/добу. Навіть після того, як раціон з високим вмістом поживних речовин був замінений на контрольний раціон, у бугайців, яких раніше відгодовували раціоном з високим вмістом поживних речовин, якісні показники сперми були незадовільними. У них спостерігалось значне відкладення жиру навколо судинного конуса сім'яника в шийці мошонки, а різниця між температурою тіла і сім'яників у цій групі була меншою, ніж у бугайців контрольної групи. Ця різниця зберігалася і після того, як високоенергетичний раціон було змінено на низькокалорійний, що свідчить про те, що жир у мошонці бугайців втрачається дуже повільно.

G. Coulter, D. Bailey (1988), G. Coulter, R. Cook, J. Kastelic (1997) провели серію експериментів на бугайцях 6,5-24 місячного віку ангуської, герефордської та сментальської порід. Бугайцям у

першому варіанті згодовували високопоживний раціон (80% зерна і 20% фуражу), а удругому – з середнім вмістом поживних речовин. Проведеними дослідженнями встановлено, що бугайці, які отримували повноцінну годівлю, мали більшу масу тіла і жировий прошарок, але маса парних сім'яників не залежала від раціону. Крім того, бугайці, які отримували високий рівень годівлі, мали нижчу добову продуктивність сперми, епідидимальні запаси сперми та більшу частку аномалій сперміїв. Автори зазначили, що підвищена калорійність раціону може негативно впливати на рівень продукції сперми та її якість у зв'язку із збільшенням прошарку жиру в мошонці та підвищенням температури сім'яників.

Для найповнішого використання генетичного потенціалу бугаїв-плідників необхідне повноцінне забезпечення їх організму мікроелементами і вітамінами. Відомо, що при їх недостатності у раціоні бугаїв-плідників погіршується відтворювальна здатність внаслідок зниження статевої активності й якості сперми (малий об'єм еякуляту, низька активність і концентрація сперміїв). При цьому скорочується також термін репродуктивного використання плідників (І. Т. Кіщак, 1995; Н. О. Корінець, 2002, 2005, 2007; Р. Й. Кравців, Д.О.Янович, 2003; Ф. И. Осташко, 1995; І. В. Смирнов, 1982).

В експериментальних дослідженнях встановлено, що рівень годівлі, вміст в кормах раціону бугаїв-плідників протеїну, енергії, вітамінів, гормонів, мікро- і макроелементів та співвідношення між цукром і протеїном виявляють істотний вплив на спермопродуктивність (О. М. Куценко, В. М. Писаренко 1993; R. Komariah et al., 2020).

О. Т. Бусенко, Н. Д. Голуб (2010) відзначають, що зміна умов перемінного режиму годівлі бугайців впливає на величину звивистих сім'яних каналців і активність сперматогенезу.

На ріст і розвиток організму, гістологічну будову та морфометричні показники сім'яників їх придатків та спермопродуктивність значний вплив має рівень стресостійкості бугаїв-плідників (О.Черненко, В. Пришедько, 2010).

У процесі становлення сперматогенезу у бугайців відбувається поступове збільшення кількості статевих клітин у сім'яниках внаслідок чого продукується достатня кількість сперміїв для того, щоб вони з'явилися в еякуляті. (N. Rawlings et al., 1978; R. Amann, O.Walker, 1983).

Період статевої зрілості у бугайців, залежно від породи та інших факторів, настає у віці 8-9 міс. Після вказаного віку у бугайців починається період активного статевого функціонування. Встановлено, що маса сім'яників у бугаїв-плідників продовжує зростати до 3-4-річного віку, при цьому також збільшується діаметр звивистих сім'яних каналців (М. З. Басовський, І. А. Рудик, 1992; Проценко, Д. Г. Віннічук, М. П. Журавель, Г. С. Шарапа, 1994; G. H. Coulter, 1986; J. G. Vandenberg, 1971).

Діаметр звивистих каналців сім'яників у бугаїв різних порід дещо різниться, так у бугайців абердино-ангуської і волинської м'ясної порід діаметр звивистих сім'яних каналців дещо більший ніж у бугайців інших порід, що можна пояснити скороспілістю абердин-ангусів, яких використовували для створення волинської м'ясної породи (Г. Т. Шкурін, О. В. Бойко, Л. М. Романов, 2001).

Найбільш інтенсивний ріст м'язової тканини у бугайців спостерігається у період від 4- до 6-місячного віку (В. Дідківський та ін., 2002; Л. В. Зборовський, 1991; Л. О. Омельченко, О. Л. Дубинський, А. Л. Носкова, 2012).

Генетичний потенціал бугаїв-плідників неможливо реалізувати без міцної конституції, бо існує функціональна залежність зовнішніх форм будови тіла тварин з їх внутрішніми властивостями і характером продуктивності. Як генетичний процес, ріст бугайців детермінується темпом збільшення розмірів та маси організму за певну одиницю часу (В. Дідківський та ін., 2002).

Тривалість сперматогенезу у дорослих бугаїв в середньому триває 48-50 діб, у тому числі час проходження спермійів по виносних шляхах та їх дозрівання триває 12-15 діб (В. А. Яблонський та ін., 2011, R. M. Sharpe, 1994).

Дослідженнями Р. М. Aponte, D. G. de Rooij, P. Bastidas (2005); L. J. Xia (1990) встановлено, що на завершення періоду сперматогенезу і проходження спермійів через канали придатка сім'яника бугаїв потрібно біля 50 діб.

Тривалість сперматогенезу у бугаїв-плідників становить 61–63 доби. Дослідженнями доведено, що тривалість сперматогенезу є постійною видовою величиною. Рух спермійів по каналу придатка сім'яника залежить від частоти еякуляції (В. В. Дзіцюк, О. Є. Гузєватий, 2018).

R. P. Amann, J. F. Kavanaugh, L. C. Griel Jr., J. K. Voglmayr (1974) виявили, що у бугаїв тривалість сперматогенезу є фіксованою, час транспортування сперми через придаток сім'яника може змінюватись у залежності від частоти відбору еякуляту. Час проходження сперми через придаток сім'яника, як правило, становить 8-11 діб залежно від виходу сперми і може бути принаймні на 2 доби довшим, коли бугай перебуває в стані статевого відпочинку.

P. Taaffe et al. (2022) повідомили, що зменшення запасу сперми в придатку сім'яника за рахунок збільшення частоти відбору еякуляту призводить до зменшення його хвоста та часу транспортування. Спермії, які швидко проходять через придаток сім'яника мають нижчий вміст супероксиду та підвищену рухливість. Вони припустили, що підвищений рівень супероксиду і знижена рухливість спермій пов'язана із збільшенням часу проходження придатка сім'яника. Збільшення часу проходження через придаток сім'яника також збільшує вплив зовнішніх температурних коливань і може призвести до зниження якості сперми.

Доведено, що дозрівання спермій проходить під впливом секрету придатка сім'яника, внаслідок чого відбувається скидання протоплазматичної краплі і утворення ліпопротеїдного покриву на поверхні спермій (L. Dacheux et al., 2005).

О. В. Бойко, С. Ю. Демчук, (2021) досліджували породні та вікові особливості репродуктивної функції у бугайців молочних, молочно-м'ясних і м'ясних порід України. Вони встановили взаємозв'язок між живою масою бугайців та величиною сім'яників і показниками спермопродуктивності. Між живою масою бугайців у період вирощування та об'ємом еякуляту існує тісний корелятивний зв'язок ($r = 0,64$). Про розвиток сім'яників можна судити за їхніми розмірами. Між шириною і довжиною сім'яників до забою і після нього існує дуже тісний корелятивний зв'язок. Коефіцієнт кореляції для довжини сім'яника становить $+0,89$ і для ширини – $+0,87$.

Встановлено, що спермопродуктивність бугаїв в значній мірі залежить від розвитку статевого апарату. У новонароджених плідників чорно-рябої породи маса сім'яників становила 8,03 г, придатків сім'яників – 2,27, міхурцеподібних залоз – 2,00, цибулинних – 1,10, передміхурової – 0,65, статевого члена – 31,6 і ампул сім'япроводів – 1,8 г, у 3-місячних – відповідно: 35,4; 6,90; 6,0; 1,40; 1,10; 55,6; 3,3; 6-місячних – 94,9; 13,80; 16,3; 1,55; 1,40; 110,1 і

4,7; 9-місячних – 318,2; 29,70; 25,0; 3,40; 1,65; 208,0 і 8,8; 12-місячних – 425,0; 38,60; 30,8; 6,60; 2,28; 280,0 і 11,3; 15-місячних – 480,0; 46,00; 45,60; 9,30; 3,36; 446,0 і 14,4; 18-місячних – 556,0; 56,50; 57,0; 11,50; 4,02; 585,0 і 16,9; 36-місячних – 595; 66,60; 101,4; 12,90; 4,50; 683,0 і 22,0, симентальської породи – відповідно: у новонароджених – 7,10; 2,10; 1,84; 1,20; 0,60; 34,20 і 1,60; 3-місячних – 35,0; 6,50; 8,0; 1,40; 1,20; 64,10 і 3,0; 6-місячних – 105; 12,80; 19,10; 1,70; 1,60; 135,1 і 4,90; 9-місячних – 319,0; 26,80; 24,0; 3,10; 2,0; 201,6 і 7,90; 12-місячних – 407,0; 35,70; 31,80; 6,1; 2,4; 307,0 і 10,80; 15-місячних – 457,0; 45,60; 48,50; 9,10; 3,3; 436,0 і 14,0; 18-місячних – 532,0; 50,70; 63,50; 12,50; 4,1; 566,0 і 15,50; 36-місячних – 720,0; 86,0; 100,1; 13,2; 4,5; 713,0 і 21,0 г (О. В. Бойко, С. Ю. Демчук, 2021).

Абсолютна маса сім'яників у новонароджених бугайців абердин-ангуської породи становила 6,4; придатків сім'яників – 1,8; міхурцеподібних – 2,10; цибулинних – 0,68 і передміхурцевих – 0,51; у 3-місячних бугайців – відповідно 33,9; 5,80; 6,2; 1,31 і 1,10; 6-місячних – відповідно 92,3; 12,7; 14,2; 1,55 і 1,40; 9-місячних – 248,6; 25,6; 29,1; 2,68 і 1,61; 12-місячних – 337,3; 33,5; 33,1; 5,15 і 2,08; 15-місячних – 441,5; 42,1; 46,5; 8,80 і 3,21; 18-місячних – 487,1; 51,2; 58,3; 10,3 і 4,01; 24-місячних – 528,2; 62,3; 78,3; 12,4 і 4,47 і у 36-місячних – 597,0; 86,9; 96,4; 14,80 і 4,86 г. Після 18-місячного віку інтенсивність росту сім'яників і придаткових статевих залоз знижується, хоча їх маса поступово збільшується. Однією з найбільш характерних змін, які пов'язані зі статевою зрілістю, є збільшення діаметру сім'яних каналців. Середній діаметр сім'яних каналців у новонароджених бугайців абердин-ангуської породи становив 45,6 мкм, у 3-місячних – 69,8, 6-місячних – 127,9, 9-місячних – 162,3, 12-місячних – 179,3, 15-місячних – 197,9, 18-місячних – 206,2; 24-місячних – 213,4 і 36-місячних – 219,6 мкм. У 18-20-місячних бугайців симентальської породи діаметр сім'яних каналців становив $198,04 \pm 5,6$ мкм, абердин-ангуської – $206,54 \pm 5,67$; поліської – $197,39 \pm 5,34$; волинської – $210,02 \pm 5,38$ і української м'ясної породи – $192,59 \pm 5,18$ мкм. Інтенсивність росту сім'яних каналців з віком тварин зменшується. Встановлено, що діаметр сім'яних каналців тісно корелює з масою сім'яників ($r = 0,89$). Між кількісними, якісними показниками спермопродукції та запліднювальною здатністю сперміїв встановлено певний зв'язок. Результати аналізу показують, що між об'ємом еякуляту і загальною кількістю сперміїв в

еякуляті, концентрацією і загальною кількістю спермій в еякуляті, рухливістю і стійкістю спермій до заморожування, активністю і запліднювальною здатністю спермій від першого осіменіння у бугаїв існують прямолінійні зв'язки. Кореляційне співвідношення між цими показниками знаходиться в межах 0,27 – 0,85. Ці показники мають високий відсоток взаємозалежності (37,20 – 72,25%) (О. В. Бойко, С. Ю. Демчук, 2021).

На фенотипову різноманітність показників спермопродукції бугаїв значно впливає їх спадковість. Спостерігається значний ступінь спадкової зумовленості кількісних і якісних показників спермопродукції та запліднювальної здатності спермій. Коефіцієнти успадкованості показників спермопродукції бугаїв-плідників залежно від породи для пар батько-син для об'єму еякуляту становили 0,29–0,66, концентрації спермій – 0,18–0,49, загальної кількості спермій в еякуляті – 0,26–0,52, рухливості спермій – 0,26–0,62 та стійкості спермій до заморожування 0,19–0,59 і для пар дід-онук – відповідно 0,19–0,52; 0,15–0,66; 0,13–0,44; 0,15–0,53 і 0,17–0,59. Коефіцієнти повторюваності для вищеназваних показників були в межах 0,55–0,93 (О. В. Бойко, С. Ю. Демчук, 2021).

Результати досліджень показують, що сперма бугаїв-плідників різних порід має неоднаковий морфологічний склад. Найбільша кількість аномалій спермій припадає на ізольовані головки ($3,5 \pm 0,14\%$), загнуті тіла ($2,7 \pm 0,19\%$), скручені ($1,6 \pm 0,14\%$), зігнуті ($1,7 \pm 0,14\%$) та складені ($3,4 \pm 0,40\%$) хвости. Сума первинних аномалій була значно меншою від суми вторинних аномалій.

При розділенні патологічних форм на патології головки, шийки, тіла і хвоста встановлено, що загальна сума аномальних форм спермій найбільшою була у бугаїв лімузинської породи ($16,6 \pm 2,19$) і найменшою – у плідників абердин-ангуської і симентальської порід. Найбільшу кількість патологічних форм головок спермій мали бугаї герефордської породи ($7,0 \pm 0,55\%$), а найменшу – плідники абердин-ангуської породи ($4,2 \pm 0,83\%$), різниця статистично вірогідна при $P < 0,005$. Сума первинних аномалій найвищою була у бугаїв породи лімузин ($2,9 \pm 1,03$) і голландської породи ($2,1 \pm 0,42$), а вторинних аномалій – у бугаїв порід лімузин ($13,7 \pm 1,87$) та п'ємонтезе ($13,7 \pm 2,19\%$) (О. В. Бойко, С. Ю. Демчук, 2021).

Упродовж 2005-2020 років нами проведено комплекс експериментальних досліджень на бугайцях подільського заводського

типу української чорно-рябої молочної породи із вивчення вікових особливостей становлення у них статевих функцій, результати яких опубліковано низці наукових праць (М. В. Павлюк, С. О. Вовк, 2010, 2013). Наукова інформація стосовно цих досліджень наведена нижче у тексті.

Нашими дослідженнями встановлено, що динаміка розвитку сім'яників і статевих залоз у бугайців подільського заводського типу української чорно-рябої молочної породи протягом першого року життя характеризується рядом індивідуальних особливостей і в значній мірі залежить від живої маси при народженні, а також інтенсивності росту і розвитку тварин.

У таблиці 1.1 наведено дані щодо кратності змін маси сім'яників бугайців подільського заводського типу української чорно-рябої молочної породи упродовж 1-13-місячного періоду.

1.1 Зміни маси сім'яників бугайців залежно від віку і живої маси тіла $M \pm m$

Вік бугайців, міс	п	Жива маса бугайців, кг	Кратність збільшення, рази				Маса сім'яників, г	Кратність збільшення, рази			
			маси за місяць	маси за 3 місяці	маси за півріччя	маси за 12 міс		маси за місяць	маси за 3 місяці	маси за півріччя	маси за 12 міс
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	4	59,9±2,14	-	-	-		3,54±0,21	-	-	-	
2	3	79,7±3,85	1,3	-	-		12,15±0,94	3,4	-	-	
3	6	104,4±4,21	1,3	-	-		20,28±0,74	1,6	-	-	
4	5	130,1±3,13	1,2	2,2	-		31,54±3,24	1,5	8,9	-	
5	4	156,5±5,27	1,2	-	-		45,26±3,91	1,4	-	-	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6	6	181,0±5,43	1,1	-	3,0		59,41±5,94	1,3	-	16,8	
7	5	207,6±6,59	1,1	1,6	-		74,22±6,85	1,2	2,4	-	
8	5	233,9±8,27	1,1	-	-		88,82±6,54	1,2	-	-	
9	4	258,1±6,56	1,1	-	-		90,46±4,23	1,0	-	-	
10	3	287,5±8,68	1,2	1,4	-		92,42±6,48	1,0	1,2	-	
11	6	315,6±7,42	1,1	-	-		95,64±7,31	1,0	-	-	
12	5	342,5±9,15	1,1	-	1,9	5,7	149,64±8,54	1,5	-	2,5	42,3
13	5	373,3±8,43	1,1	1,3	-	6,2	159,02±10,12	1,1	1,7	-	44,9

Результати наведені в таблиці 1.1 свідчать про те, що найбільше відносне збільшення маси сім'яників у бугайців даного заводського типу вказаної породи відбувається у період між першим і другим місяцями життя, кратність її збільшення становить 3,4 раза. Разом з тим слід зауважити, що кратність збільшення маси сім'яників зменшується до 8-11-місячного віку бугайців і після цього знову відбувається незначне збільшення маси даних органів.

Проаналізувавши збільшення кратності маси сім'яників бугайців від 1- до 6- і від 6- до 12-місячного віку необхідно зазначити, що маса сім'яників за перші шість місяців життя збільшилась у 16,8 раза, тоді як за наступні – тільки у 2,5 раза. Якщо порівнювати збільшення кратності маси сім'яників із кратністю живої маси бугайців, то можна зробити висновок про те, що кратність збільшення живої маси є значно меншою. Як видно з таблиці 1.2, за перший рік життя жива маса тварин збільшилась у 5,7 раз

Відомо, що ріст тварин призводить до збільшення маси тканин, органів і всього тіла, а розвиток – до морфологічних та функціональних змін. Обидва процеси тісно взаємопов'язані.

Абсолютний приріст одиниці маси за одиницю часу не може характеризувати дійсну швидкість росту, тому для визначення швидкості росту організму та сім'яників у бугайців подільського

заводського типу української чорно-рябої породи нами проведено обчислення їх відносного приросту (табл. 1.2).

Як видно із даних таблиці 1.2 за період від 1- до 13-місячного віку відносна швидкість росту сім'яників у досліджуваних бугайців була в 1,3 раза більшою ніж відносна швидкість росту організму. Відносна швидкість росту сім'яників у них, за досліджуваний період життя, становила $191,3 \pm 0,47$ %, а відносна швидкість росту організму $144,7 \pm 0,11$ %.

1.2 Відносна швидкість росту організму та сім'яників у бугайців залежно від віку, $M \pm m$

Вік бугайців, міс	n	Відносна швидкість росту організму, %	Відносна швидкість росту сім'яників, %
2	3	$28,4 \pm 0,23$	$109,7 \pm 1,7$
3	6	$26,8 \pm 0,16$	$50,1 \pm 0,88$
4	5	$21,9 \pm 0,18$	$43,5 \pm 0,78$
5	4	$18,4 \pm 0,14$	$35,7 \pm 0,45$
6	6	$14,5 \pm 0,15$	$27,1 \pm 0,41$
7	5	$13,7 \pm 0,09$	$22,2 \pm 0,33$
8	5	$11,9 \pm 0,16$	$17,9 \pm 0,31$
9	4	$9,8 \pm 0,01$	$1,8 \pm 0,01$
10	3	$10,8 \pm 0,02$	$2,1 \pm 0,01$
11	6	$9,3 \pm 0,09$	$3,4 \pm 0,12$
12	5	$8,2 \pm 0,04$	$44,0 \pm 0,54$
13	5	$8,6 \pm 0,05$	$6,1 \pm 0,11$
За весь період		$144,7 \pm 0,11$	$191,3 \pm 0,47$

Відносна швидкість росту організму бугайців, з віком, поступово зменшувалась. Найбільша відносна швидкість росту організму встановлена в них у перші чотири місяці життя, після чого

вона поступово знижувалась до шостого місяця життя з невеликими піками між 9-10 та 12-13 місяцями.

Відносна швидкість росту сім'яників з віком бугайців також знижувалась.

Найвища швидкість росту сім'яників відбулася між 1 і 2 місяцями життя, вона становила $109,7 \pm 1,7$ %, після чого інтенсивність її повільно знижувалась до дев'яти місяців, де вона становила $1,8 \pm 0,01$ %.

Різке збільшення інтенсивності росту сім'яників виявлено у бугайців між 11 і 12 місяцями життя, воно становило $44,0 \pm 0,54$ %. В період між 11 і 12 місяцями життя при спаді відносної швидкості росту організму відносна швидкість росту сім'яників підвищувалася.

Між відотною швидкістю росту організму та відотною швидкістю росту сім'яників встановлена стійка кореляційна залежність ($r = +0,80$).

У практичних умовах оцінку розвитку сім'яників у бугаїв проводять вимірюванням обхвату мошонки в ділянці її найбільшої округлості. Нами проведено вимірювання великої і малої округлості сім'яників у бугайців в 1-13-місячному віці (табл. 1.3).

1.3 Довжина великої і малої округлості сім'яників у бугайців 1- 13- місячного віку, $M \pm m$

Вік бугайців, міс	n	Довжина великої округлості сім'яників, см	Довжина малої округлості сім'яників, см
1	2	3	4
1	4	$6,84 \pm 0,24$	$3,81 \pm 0,13$
2	3	$9,8 \pm 0,15$	$5,92 \pm 0,21$
3	6	$12,20 \pm 0,21$	$7,83 \pm 0,39$
4	5	$13,94 \pm 0,49$	$8,91 \pm 0,84$
5	4	$15,48 \pm 0,88$	$10,65 \pm 0,93$
6	6	$16,90 \pm 1,64$	$11,44 \pm 0,81$
7	5	$19,71 \pm 0,74$	$13,14 \pm 0,94$
8	5	$20,25 \pm 0,98$	$14,16 \pm 0,74$

1	2	3	4
9	4	20,26±0,84	14,40±0,52
10	3	20,28±0,98	14,48±0,84
11	6	21,44±1,16	14,55±0,94
12	5	24,65±0,82	18,71±0,34
13	5	25,15±1,23	19,15±1,0

Встановлено, що довжина великої і малої округлості сім'яників збільшувалася з віком та живою масою бугайців. Довжина великої округлості сім'яника у бугайців 1-місячного віку становила $6,84 \pm 0,24$ см, 6-місячного – $16,90 \pm 1,64$ см, а 12-місячного – $24,65 \pm 0,82$ см. Тобто від народження до 6-місячного віку довжина великої округлості сім'яників збільшилась у 2,47, а до 12-місячного – у 3,6 рази.

Довжина малої округлості сім'яників бугайців 1-місячного віку становила $3,81 \pm 0,13$ см, 6-місячного – $11,44 \pm 0,81$ см, а 12-місячного – $18,71 \pm 0,34$ см. Відповідно від народження до 6-місячного віку довжина малої округлості сім'яників у бугайців збільшилась у 3 рази, а до 12-місячного віку у 4,9 рази.

З метою виявлення закономірностей змін між віком і збільшенням живої маси бугайців та розвитком сім'яників, нами проведено визначення коефіцієнту кореляції між живою масою бугайців до 13-місячного віку та масою сім'яників. В результаті встановлено досить високий позитивний корелятивний зв'язок ($r = +0,95$) між віком і живою масою бугайців та масою сім'яників.

Для детальнішого визначення залежності збільшення маси сім'яників від віку і живої маси бугайців нами проведено прямий і зворотній регресійний аналіз, результати якого показали, що із збільшенням живої маси бугайців на 1 кг, маса сім'яників у них збільшується на 0,34 г. Виходячи із аналізу, приведених вище результатів нами пропонується емпіричне рівняння регресії за допомогою якого можна визначати ступінь розвитку статевих залоз у плідників подільського заводського типу української чорно-рябої молочної породи, залежно від віку та швидкості росту тварин і на основі цього прогнозувати їх статеву активність.

$$y = 0,34x + 8,12, \text{ де}$$

y – жива маса бугайців;

x – маса сім'яників.

Поряд із рівнянням регресії нами пропонується графік (рис. 1.1), який дозволяє визначати залежність між живою масою бугайців і масою сім'яників.

Маючи дані помісячної зміни живої маси бугайців упродовж періоду від народження до однорічного віку, використовуючи даний графік можна прогнозувати ріст і розвиток сім'яників та подальшу статеву активність плідників.

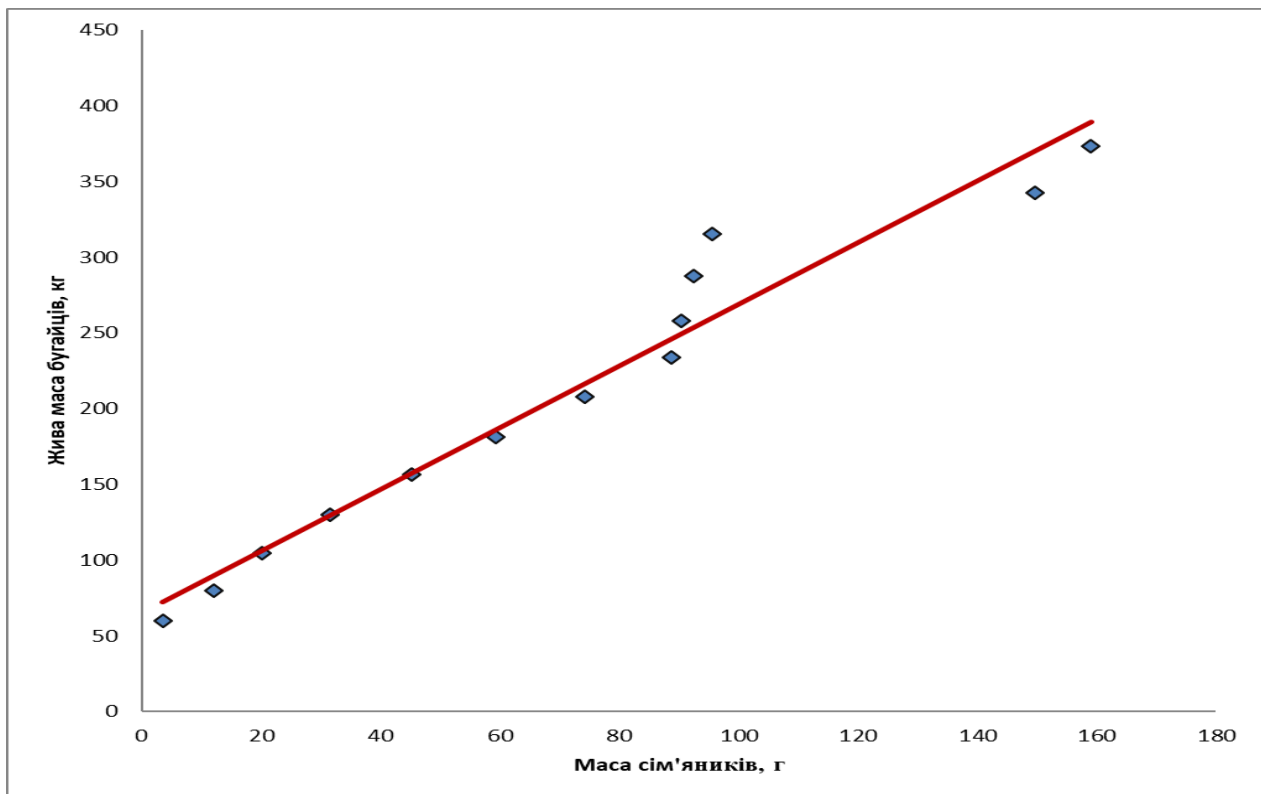


Рис. 1.1. Зв'язок між живою масою бугайців і масою сім'яників

Крім рівняння регресії та відповідного графіка залежності маси сім'яників від живої маси тварин для прогнозування статевої активності бугаїв даного заводського типу на основі певних промірів сім'яників нами пропонуються їх індекси.

Якщо окремі проміри сім'яників характеризують їх розвиток односторонньо, то індекси сім'яників дають можливість більш комплексно вивчити дані процеси.

З цією метою у піддослідних бугайців 1-13-місячного віку

проведено проміри сім'яників, які залежно від віку і живої маси бугайців істотно змінюються.

Індекси сім'яників дозволяють повніше оцінити розвиток сім'яників залежно від віку і живої маси. Індекси сім'яників визначали множенням їх довжини, ширини і товщини (табл. 1.4).

1.4 Основні проміри сім'яників та їх індекси у бугайців 1-13-місячного віку, $M \pm m$

Вік бугайців, міс	n	Довжина сім'яників з придатком, см	Довжина сім'яників з головою, см	Довжина сім'яників, см	Ширина сім'яників, см	Товщина сім'яників, см	Індекс сім'яників
1	4	4,01±0,24	3,5±0,13	2,9±0,18	1,6±0,10	1,0±0,11	4,64
2	3	4,98±0,21	4,48±0,34	3,8±0,45	1,9±0,12	1,0±0,12	7,22
3	6	5,46±1,56	5,09±0,62	4,6±0,52	2,6±0,26	1,6±0,26	19,14
4	5	5,92±0,78	5,45±0,86	4,9±0,74	2,9±0,34	1,9±0,34	26,99
5	4	6,82±1,05	6,32±1,22	5,8±1,15	3,4±0,44	2,4±0,94	47,33
6	6	7,48±0,94	6,96±0,94	6,4±0,94	3,9±0,75	2,8±0,75	69,88
7	5	9,4±2,11	8,6±1,45	7,4±1,05	4,2±0,86	3,8±0,86	118,10
8	5	9,4±1,74	8,7±1,98	7,9±1,24	4,4±1,01	4,3±1,01	149,47
9	4	9,4±1,96	8,3±1,64	7,9±1,19	4,4±0,96	4,2±0,96	134,14
10	3	9,5±1,78	8,6±1,86	7,9±1,21	4,6±1,15	4,2±1,15	152,63
11	6	10,1±0,24	8,9±1,74	8,0±1,6	4,7±1,24	4,4±1,24	165,44
12	5	11,8±0,21	10,6±2,45	9,4±1,34	5,3±0,61	4,4±0,61	219,21
13	5	11,9±1,56	10,7±1,91	9,6±1,21	5,3±1,13	4,9±1,13	249,32

Як показали дослідження індекси сім'яників у бугайців за період

з 1- до 13-місячного віку зросли в 53,7 раза, зокрема за перше півріччя вони збільшились в 15,1 раза, а за друге в 3,1 раза. Проаналізувавши помісячну кратність збільшення індексів сім'яників у піддослідних бугайців виявили, що найбільше збільшення їх відбувалось між 2 і 3 місяцями життя, а саме в 2,6 раза.

Отримані нами результати показників живої маси плідників, маси та об'єму сім'яників, промірів сім'яників і їх індексів дають можливість практично контролювати розвиток статевих залоз у бугайців подільського заводського типу в процесі формування їх організму та становлення статевих функцій, що дає можливість підвищити ефективність використання плідників у селекційно-племінній роботі з відтворення поголів'я.

З метою повнішої оцінки ступеня росту і розвитку головки, тіла і хвостика придатків, проведено визначення індексів придатків сім'яників у бугайців за промірами їх довжини, ширини і товщини. Дані індексів головки, тіла і хвостика придатків сім'яників у бугайців приведено в таблиці 1.5.

1.5 Зміни індексів придатків сім'яників у бугайців 1-13-місячного віку

Вік бугайців, міс	n	Індекси головки придатків	Індекси тіла придатків	Індекси хвостика придатків
1	4	0,19	0,17	0,3
2	3	1,55	0,2	0,44
3	6	1,58	0,29	1,20
4	5	2,55	0,42	1,62
5	4	2,89	0,47	1,87
6	6	4,43	0,96	2,74
7	5	7,10	1,50	4,32
8	5	9,39	1,58	5,29
9	4	12,72	1,63	5,48
10	3	14,04	2,55	6,09
11	6	16,04	3,28	7,31
12	5	21,57	4,03	9,30
13	5	23,81	4,59	9,60

Найбільш інтенсивно головка придатків сім'яників у бугайців

подільського заводського типу української чорно-рябої молочної породи розвивається і збільшується у період між п'ятим і дев'ятим місяцями життя, що дозволяє зробити висновок про те, що даний період один із найважливіших періодів у формуванні відтворної здатності бугайців.

Підводячи підсумки отриманих результатів, наведених у таблицях 1.1-1.5 слід зазначити, що динаміка розвитку сім'яників і статевих залоз бугайців подільського заводського типу української чорно-рябої молочної породи протягом першого року життя характеризується рядом індивідуальних особливостей і в значній мірі залежить від живої маси при народженні, а також інтенсивності росту і розвитку тварин.

Кратність збільшення живої маси є значно меншою кратності збільшення маси сім'яників. Формування сім'яників, як і формування організму, відбувається в основному до 6-місячного віку бугайців.

Проведений регресійний аналіз між збільшенням живої маси бугайців і збільшенням маси сім'яників дозволяє прогнозувати ступінь розвитку статевих залоз у плідників і на основі цього прогнозувати їх статеву активність і продуктивні якості.

Отримані результати живої маси бугайців, маси та об'єму сім'яників та придатків сім'яників, їх індексів дають можливість практично контролювати розвиток статевих залоз у бугайців подільського заводського типу української чорно-рябої молочної породи у процесі формування їх організму та становлення статевих функцій.

2. ВІКОВІ МОРФОМЕТРИЧНІ ЗМІНИ У СІМ'ЯНИКАХ БУГАЙЦІВ

Біометрія є важливим компонентом моніторингу нормального стану сім'яників та оцінки потенційної запліднюючої здатності сперми (Т. А. R. Paula, R. D. Navarro, 2001).

Дослідження біометрії тіла та сім'яників ссавців важливі для різних аспектів репродукції; ці дослідження допомагають охарактеризувати статеве дозрівання та статеву зрілість і дозволяють зробити висновки про сперматогенез (А. С. Assis Neto et al., 2003).

Біометричні параметри, такі як окружність мошонки (ОМ), маса сім'яника (МС) та довжина сім'яника (ДС), є важливими показниками при андрологічній оцінці племінних тварин. Серед цих параметрів найчастіше використовується обхват мошонки, оскільки його легко виміряти і він демонструє високу кореляцію з масою тіла та репродуктивною здатністю (лібідо), зокрема, виробництвом сперми (L. F. Brito et al., 2004).

Важливим показником, який характеризує функціональну активність сім'яників і спермопродуктивність бугаїв є діаметр звивистих сім'яних каналців. Встановлено, що його величина у значній мірі залежить від породи, віку, рівня годівлі, умов утримання та експлуатації бугаїв. Доведено, що ріст діаметра сім'яних каналців триває до 12 місячного віку, а збільшення об'єму сім'яників припиняється у 9- місячному віці. Виявлений тісний зв'язок величини діаметра сім'яних каналців з масою сім'яників ($r=0,89$) (Й.Сірацький та ін., 2008).

Р. А. С. Da Luz et al.. (2013) проаналізували такі біометричні параметри сім'яників: окружність мошонки, маса сім'яника, довжина сім'яника, ширина сім'яника, товщина сім'яника та окружність сім'яника самців буйвола Мурра (*Bubalus bubalis*) у віці 18 та 24 міс. Отримані дані вказують на чітко виражені кореляційні зв'язки між живою масою віком та іншими параметрами сім'яників.

S. Arrighi, G. Bosi¹, D. Groppetti, F. Cremonesi (2010) показали, що морфометричні дослідження репродуктивних органів мають важливе значення для прогнозування відтворювального потенціалу бугаїв. Вказані дослідники порівнювали морфометричні параметри сім'яника та епідидимісу буйволів в парувальний (пізньоосінньо-зимовий) та не парувальний (кінець весни - початок осені) сезони. Згідно отриманих результатів маса сім'яників і придатків була вищою під час парувального періоду, так само, як і довжина органів. У період спокою сперматогенез був збережений, але в сім'яниках спостерігався малий діаметр каналців. У головці та тілі придатка сім'яника діаметр каналців і висота епітеліальних клітин влітку значно зменшувалися. У хвостовій частині придатка, навпаки, діаметр каналців і висота епітеліальних клітин збільшувалися влітку, що пов'язано з накопиченням не еякульованих спермій. Сезонні зміни у статевих органах бугаїв можуть істотно впливати на фертильність їхньої сперми.

У таблицях 2.1 і 2.2 наведено морфометричні і гістометричні зміни у сім'яниках та їх придатках буйволів у парувальний і не парувальний періоди (S. Arrighi, G. Bosi¹, D. Groppetti, F. Cremonesi, 2010).

2.1 Морфометричні показники сім'яника та придатка сім'яника буйвола у два різних сезони. Значення виражені як середнє квадратичне відхилення

	Парувальний період	Не парувальний період	<i>P</i>
Сім'яник			
маса (г)	168.99 ± 9.31	165.99 ± 10.75	0.643
великий діаметр (см)	10.24 ± 0.24	9.88 ± 0.28	0.390
малий діаметр (см)	5.64 ± 0.22	5.97 ± 0.26	0.386
Придаток			
маса (г)	32.26 ± 3.89	35.89 ± 4.49	0.568
довжина голівки-(см)	16.99 ± 0.91	13.88 ± 1.05	0.076
діаметр хвоста (см)	2.36 ± 0.07	2.33 ± 0.08	0.845

2.2 Гістометричні показники сім'яника та придатка сім'яника буйвола у два різних сезони. Значення, виражені як найменше квадратичне відхилення

	Парувальний період	Не парувальний період	<i>P</i>
Сім'яник			
діаметр сім'яного каналця (мкм)	243.19 ± 1.75	211.77 ± 20.3	<u><0.001</u>
Придаток - тіло			
діаметр тіла (мкм)	393.99 ± 8.97	343.64 ± 10.42	<u>0.0006</u>
висота епітелію (мкм)	90.45 ± 2.37	86.83 ± 2.75	<u>0.3310</u>
Епідидимус – хвіст			
діаметр (мкм)	675.81 ± 15.52	687.23 ± 18.01	0.6380
висота епітелію (мкм)	45.01 ± 1.30	52.50 ± 1.51	<u>0.0005</u>

Середня маса сім'яника та його діаметр у буйвола були більшими у парувальний період, ніж у непарувальний.

На рис. 2.1-2.3 показано гістологічну будову сім'яника та придатка сім'яника буйвола впродовж двох репродуктивних сезонів (S. Arrighi, G. Bosi¹, D. Groppetti, F. Cremonesi, 2010).

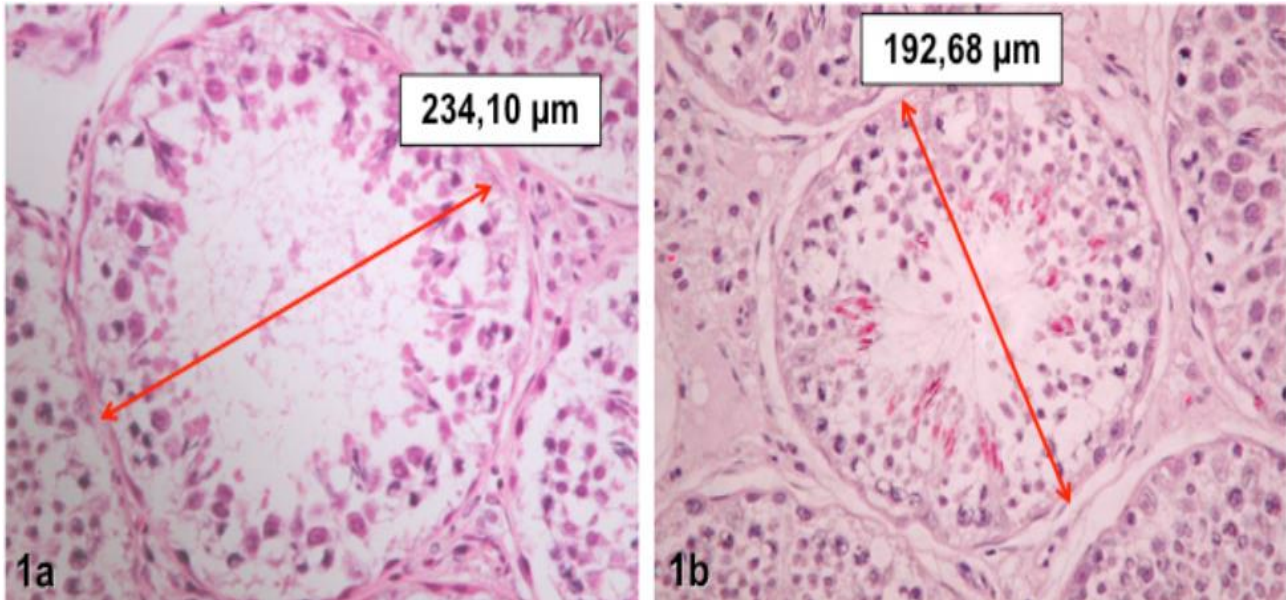


Рис. 2.1. Сім'яник буйвола (1а: парувальний сезон, 1б: не парувальний сезон). Приклад гістометричних вимірювань діаметрів сім'яних канальців з відносними показниками. Забарвлення гематоксиліном та пікрофуксином. Оригінальне збільшення 400х

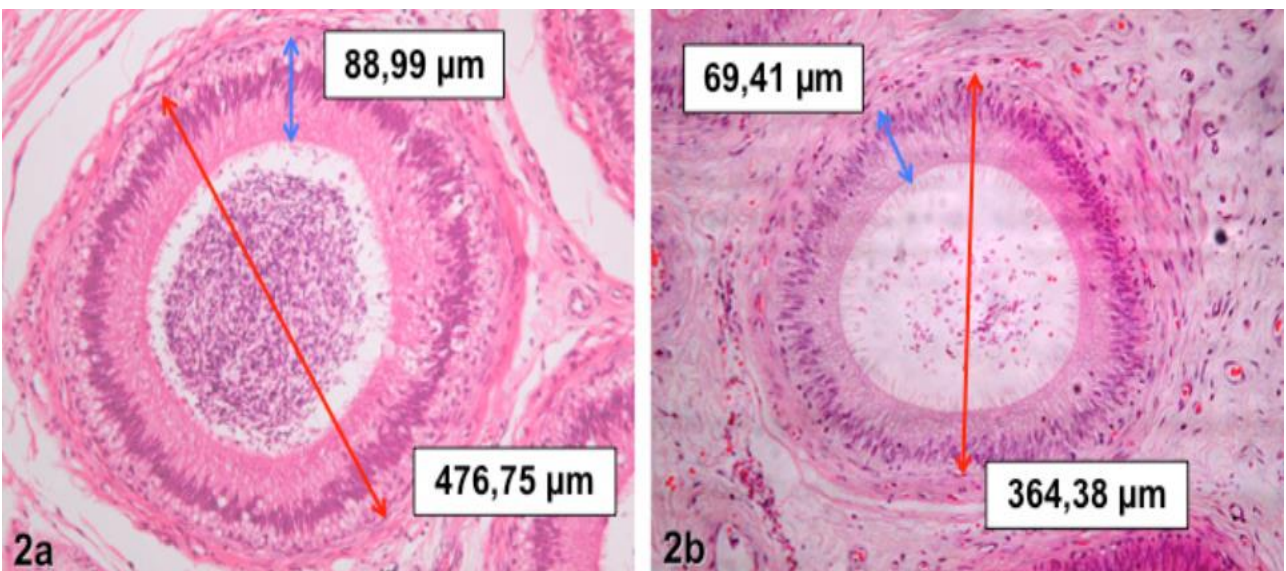


Рис. 2.2. Епідидиміс буйвола (2а: парувальний сезон, 2б: непарувальний сезон). Приклад гістометричних вимірювань: червоні лінії показують діаметр канальців, сині лінії - висоту епітеліальних клітин. . Оригінальне збільшення 200х

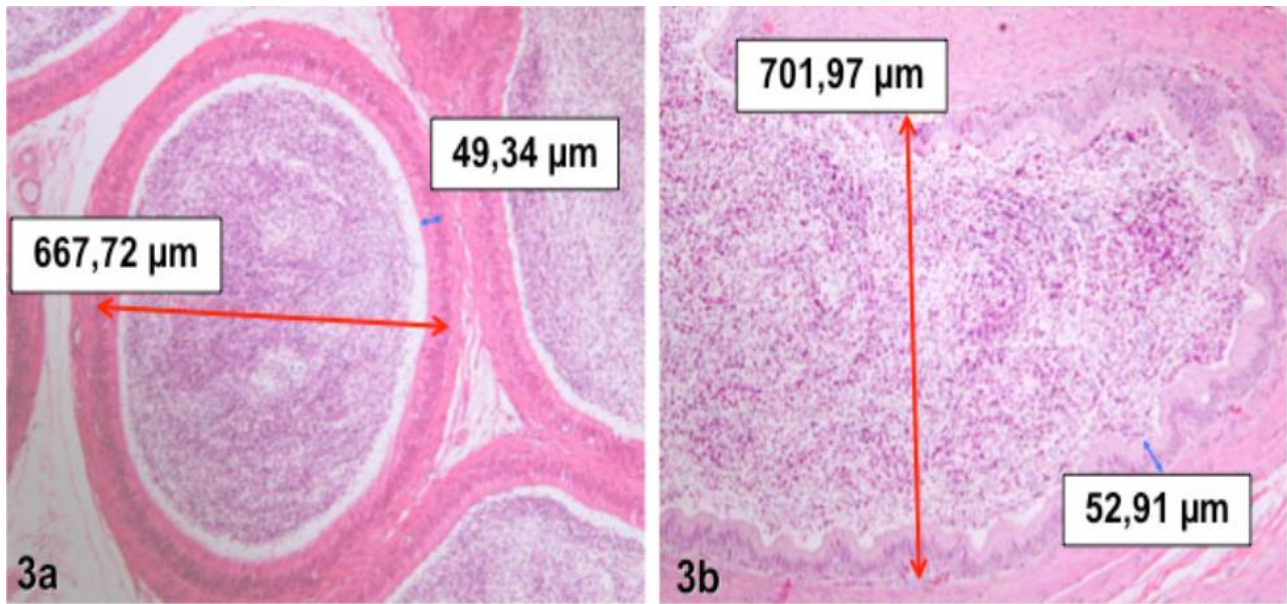


Рис. 2.3. Епідидиміс буйвола, хвостовий відділ (3а: парувальний сезон, 3б: непарувальний сезон). Приклад гістометричних вимірювань: червоні лінії - діаметр каналців, сині лінії - висота епітеліальних клітин. Оригінальне збільшення 100х

Дослідження сім'яних каналців сім'яників буйволів показало, що сперматогенез зберігався і в період спокою (рис. 2.1). Маса епідидимусів була дещо збільшена в непарувальний сезон, але різниця порівняно зі парувальним періодом була статистично не вірогідною (табл. 2.1). Гістологічна структура епідидимісу загалом не залежала від часу збору тканини, а інтралюмінальні спермії були присутні у всіх зрізах (рис. 2.2, 2.3).

J. L. Schenk (2018) довів, що у продуктивному віці сім'яники бугаїв розвиваються швидше після статевого дозрівання, оскільки сім'яні каналці стають довшими і ширшими в діаметрі. Крім того, хвостовий епідидимус має здатність зберігати велику кількість сперми і здатний максимально розширюватися і скорочуватися у процесі еякуляції.

На рівні сім'яників діаметр каналців у буйволів був значно меншим у літні місяці, коли самці не спаровувалися (табл. 2.2, рис. 2.1). У тілі придатка сім'яника діаметр каналців значно зменшувався влітку. Висота епітеліальних клітин також зменшувалася протягом не парувального сезону на рівні тіла придатка (табл. 2.2, рис. 2.2). Навпаки, в каудальному відділі епідидимуса діаметр каналців і висота епітеліальних клітин влітку зростали (табл. 2.2, рис. 2.3).

У результаті морфометричного аналізу тканин сім'яників виявлено відмінності їх гістологічної будови, які характеризують функціональні властивості статевої залози і впливають на рівень сперматогенезу бугаїв. Встановлено, що в високостресостійких плідників сім'яні каналці є більшими за діаметром, у них значно краще розвинений сперматогенний епітелій ніж у низькостресостійких (табл. 2.3) (S. Arrighi, G. Bosi¹, D. Groppetti, F. Cremonesi, 2010).

Діаметр звивистих каналців у високостресостійких бугаїв-плідників становить $254,30 \pm 4,439$ мкм, що на 44,60 мкм (21,3 %), $P > 0,999$ більше, ніж у низькостресостійких. Діаметр їх просвіту складає $26,33 \pm 1,269$ мкм, що на 12,75 мкм (48%), менше, у порівнянні з низькостресостійкими ровесниками. Співвідношення діаметру сім'яних каналців до їх просвіту у високостресостійких бугаїв становить 9,77 проти 5,53 – у низькостресостійких (S. Arrighi, G. Bosi¹, D. Groppetti, F. Cremonesi (2010).

2.3 Морфометричні показники сім'яних каналців повновікових бугаїв-плідників, $X \pm S X$

Рівень стресостійкості бугаїв, п	Діаметр сім'яних каналців, мкм	Діаметр просвіту сім'яних каналців, мкм	Співвідношення діаметру сім'яних каналців до їх просвіту
Високий 6	$254,30 \pm 4,439$	$26,33 \pm 1,269$	$9,77 \pm 0,506$
Низький 5	$209,70 \pm 2,974$	$39,08 \pm 3,573$	$5,53 \pm 0,446$
Різниця	44,60	12,75	4,24
td	8,35	3,36	6,29
P	$>0,999$	$>0,99$	$>0,999$

Результати досліджень відносної площі сім'яних каналців представлено у таблиці 2.4. (S. Arrighi, G. Bosi¹, D. Groppetti, F. Cremonesi, 2010).

2.4 Відносна площа сім'яних каналців повновікових бугаїв-плідників, $X \pm S X$

Рівень стресостійкості бугаїв, п	Відносна площа сім'яних каналців, %	Відносна площа інтерстицію, %	Співвідношення площі сім'яних каналців до площі інтерстицію
Високий 6	75,45±2,574	24,55±2,907	3,39±0,579
Низький 5	48,98±1,821	51,02±1,415	0,97±0,065
Різниця	26,47	26,47	2,42
td	8,24	8,24	4,16
P	>0,999	>0,999	>0,999

Як видно з таблиці 2.4, високостресостійкі плідники, у порівнянні з низькостресостійкими мають більшу відносну площу сім'яних каналців, яка складає 75,45 проти 48,98 %, відповідно меншу відносну площу інтерстиціальної тканини: 24,55 % проти 51,02 % та ширше співвідношення відносної площі сім'яних каналців до відносної площі інтерстицію: 3,39 проти 0,97. Ми це пояснюємо тим, що у сім'яниках високостресостійких бугаїв каналці щільніше прилягають один до одного, ніж у низькостресостійких, тому їх площа виявилася більшою, а площа інтерстицію – меншою.

М. Tesi et al.. (2020) показали, що гістологічно площа епітелію і сім'яних каналців збільшується від перипубертатного до дорослого віку, а потім зменшується через старіння бугаїв.

В інших дослідженнях також показано, що старіння бугаїв призводить до посилення фіброзу інтерстиціальної сполучної тканини сім'яників, дегенерації статевих клітин і сім'яних каналців. Ці зміни спричиняють збільшення кількості сперматогенних клітин, клітин Лейдіга та клітин Сертолї (М. А. J. Peters et al., 2000; С. Bhanmeechao et al., 2018).

Відомо, що основними складовими сім'яників у бугайців є дольки. Тому ми вимірювали розміри довжини, висоти, малої та великої ширини дольок сім'яників у бугайців подільського заводського типу української чорно-рябої молочної породи залежно від віку, оскільки такі дослідження становлять як науковий так і практичний інтерес. Виходячи із промірів довжини, висоти, малої та

великої ширини дольок ми визначали середній об'єм однієї дольки сім'яників.

Дані об'єму дольок у сім'яниках бугайців наведені в таблиці 2.5.

2.5 Вікові зміни розмірів дольок у сім'яниках бугайців 1-13-місячного віку, $M \pm m$

Вік, міс	n	Довжина, см	Висота, см	Мала ширина, см	Велика ширина, см	Об'єм дольки, см ³
1	4	0,39±0,08	0,1±0,01	0,08±0,01	0,51±0,06	0,011±0,004
2	3	0,68±0,05	0,16±0,01	0,09±0,01	0,68±0,05	0,042±0,005
3	6	0,70±0,07	0,19±0,03	0,11±0,02	0,74±0,05	0,056±0,005
4	5	0,76±0,06	0,22±0,02	0,13±0,02	0,78±0,06	0,076±0,004
5	4	0,89±0,05	0,24±0,01	0,17±0,01	0,85±0,07	0,109±0,015
6	6	0,99±0,04	0,28±0,02	0,21±0,02	0,94±0,07	0,159±0,048
7	5	1,05±0,09	0,34±0,04	0,23±0,02	0,98±0,05	0,216±0,054
8	5	1,07±0,09	0,36±0,03	0,24±0,01	0,99±0,04	0,236±0,049
9	4	1,07±0,12	0,36±0,01	0,25±0,02	0,99±0,07	0,239±0,038
10	3	1,10±0,09	0,39±0,03	0,25±0,01	1,02±0,09	0,272±0,035
11	6	1,12±0,08	0,41±0,04	0,25±0,02	1,07±0,05	0,303±0,054
12	5	1,25±0,15	0,44±0,03	0,31±0,02	1,18±0,08	0,409±0,043
13	5	1,27±0,08	0,44±0,04	0,32±0,02	1,21±0,08	0,427±0,062

Як видно із даних таблиці 2.5 розміри та об'єм дольок збільшувалися пропорційно до збільшення розмірів сім'яників. У місячному віці бугайців об'єм однієї дольки становив $0,011 \pm 0,004$ см³ до 6-місячного віку він зріс у 14,4 раза і становив в середньому

$0,159 \pm 0,048 \text{ см}^3$. У бугайців 9-місячного віку він досягав $0,245 \pm 0,038 \text{ см}^3$, а у 12-місячних тварин – $0,409 \pm 0,043 \text{ см}^3$.

Що стосується кількісних змін дольок у сім'яниках 1-12-місячного віку, то вони коливалися від 326 до 365 одиниць і залежали від індивідуальних особливостей бугайців.

У таблиці 2.6 приведено вікові зміни об'єму сім'яників та діаметра звивистих сім'яних каналців у бугайців.

2.6 Вікові зміни об'єму сім'яників та діаметра звивистих сім'яних каналців у бугайців, $M \pm m$

Вік, міс	n	Об'єм сім'яників, см^3	Кількість звивистих сім'яних каналців в одній дольці, шт	Діаметр звивистих сім'яних каналців, мкм
1	4	$4,0 \pm 0,25$	$8,5 \pm 0,25$	$96 \pm 2,0$
2	3	$14,5 \pm 0,85$	$5,0 \pm 0,23$	$102 \pm 2,5$
3	6	$18,6 \pm 0,64$	$7,8 \pm 0,15$	$105 \pm 2,2$
4	5	$27,1 \pm 2,98$	$6,2 \pm 0,27$	$108 \pm 1,6$
5	4	$39,8 \pm 3,52$	$8,4 \pm 0,15$	$114 \pm 1,8$
6	6	$55,4 \pm 4,98$	$7,1 \pm 0,18$	$124 \pm 1,6$
7	5	$74,1 \pm 6,45$	$5,6 \pm 0,25$	$137 \pm 2,0$
8	5	$82,5 \pm 6,23$	$6,4 \pm 0,34$	$163 \pm 2,0$
9	4	$89,3 \pm 4,56$	$8,3 \pm 0,33$	$165 \pm 2,5$
10	3	$89,4 \pm 6,21$	$6,5 \pm 0,25$	$174 \pm 1,0$
11	6	$98,8 \pm 6,94$	$7,2 \pm 0,15$	$181 \pm 2,2$
12	5	$145,5 \pm 7,90$	$7,5 \pm 0,26$	$218 \pm 1,1$
13	5	$155,8 \pm 9,84$	$5,8 \pm 0,33$	$220 \pm 1,8$

Із даних таблиці видно, що діаметр звивистих сім'яних каналців з віком бугайців збільшується. Якщо в бугайців 1-місячного віку він становив $96 \pm 2,0$ мкм то 6-місячного – $124 \pm 1,6$ мкм, 12-місячного – $218 \pm 1,5$ мкм. Від 1- до 12-місячного віку бугайців діаметр сім'яних каналців збільшився в середньому у 2,3 раза.

Дані таблиці свідчать про те, що найбільш помітно діаметр звивистих сім'яних каналців у бугайців зростав за період від 9- до 12-місячного віку.

Збільшення діаметру звивистих сім'яних каналців у період першого року життя бугайців даного заводського типу вказаної породи мають значний вплив на зростання їх живої маси та об'єму сім'яників.

Провівши відповідне обчислення нами встановлено високу позитивну кореляцію між збільшенням живої маси бугайців, об'ємом сім'яників та діаметром сім'яних каналців ($r = +0,96$ та $+0,98$).

Як відомо у звивистих каналцях сім'яників відбуваються процеси сперматогенезу, тому показники їх кількості та діаметру, а також вплив на них ряду окремих факторів представляють значний практичний інтерес. У зв'язку з цим нами було досліджено вплив живої маси тіла та об'єму сім'яників на збільшення діаметру звивистих сім'яних каналців. Для цього був проведений регресійний аналіз. У результаті проведення аналізу встановлене рівняння регресії між вищеназваними показниками:

$$Y = 77,8 + 0,64X_1 + 0,11X_2, \text{ де}$$

Y – діаметр сім'яних каналців, мкм;

X_1 – об'єм сім'яників, см³;

X_2 – жива маса бугайця, кг.

Регресія щодо досліджуваних величин є високовірогідною, коефіцієнт детермінації R^2 становить 0,94 ($P < 0,001$).

Отримані результати кореляційного та регресійного аналізів показали значний вплив росту і розвитку організму та їх статевих залоз на розвиток гермінативного епітелію у сім'яниках бугайців подільського заводського типу української чорно-рябої молочної породи. Нами було побудовано графік розвитку гермінативного епітелію (рис. 2.4) та запропоновано таблицю 2.7, які дозволяють прогнозувати показники діаметра звивистих сім'яних каналців у залежності від живої маси бугайців та об'єму сім'яників.

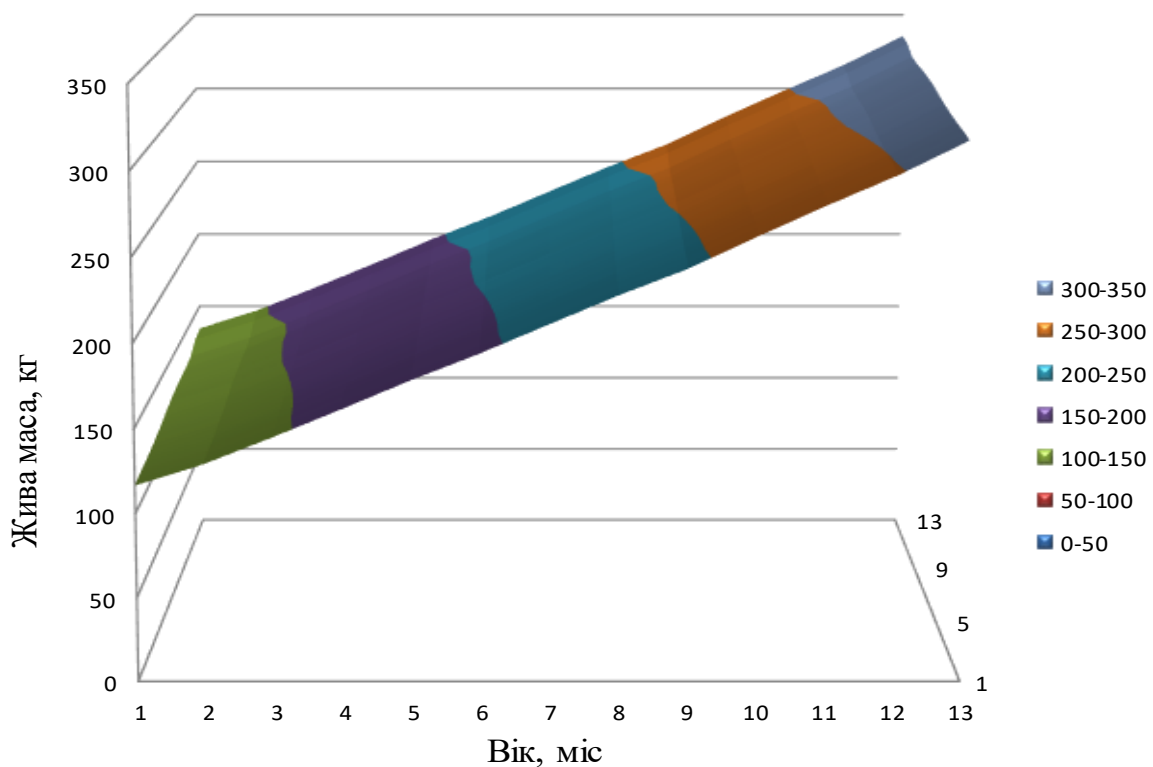


Рис. 2.4. Розвиток гермінативного епітелію залежно від об'єму сім'яників та живої маси бугайців

На рисунку 2.4 зображено площину, яка відображає показники розмірів діаметру сім'яних канальців, що збільшуються у процесі росту та розвитку сім'яників та організму бугайців. Виділяються окремі зони розвитку сім'яних канальців, які виділені на рисунку різними кольорами.

Розрахунки прогнозування діаметру сім'яних канальців у бугайців залежно від живої маси та об'єму сім'яників приведено у таблиці 2.7.

Із даних таблиці можна спрогнозувати, що у бугайців живою масою 233,3 кг та об'ємом сім'яників 145,5 см³ діаметр сім'яних канальців буде становити 252,2 мкм.

2.7 Діаметр сім'яних каналців у бугайців залежно від живої маси тіла та об'єму сім'яників, мм

Жива маса, кг	59,9	79,7	104,4	130,1	156,5	181,0	207,6	233,3	258,1	287,5	315,6	342,5	373,3
Об'єм сім'яників см ³	103,1	116,4	125,1	139,5	153,1	176,9	186,2	232,8	222,9	245,2	260,5	265,9	281,7
4	104,6	117,8	126,6	140,9	154,5	178,4	187,7	234,2	224,4	246,6	261,9	267,4	283,1
14,5	105,1	118,4	127,1	141,5	155,1	178,9	188,2	234,8	224,9	247,2	262,5	267,9	283,7
18,6	106,3	119,5	128,3	142,6	156,2	180,1	189,4	236,0	226,1	248,4	263,7	269,1	284,8
27,1	108,0	121,3	130,1	144,4	157,9	181,8	191,1	237,7	227,9	250,1	265,4	270,8	286,6
39,8	110,2	123,4	132,2	146,5	160,1	184,0	193,3	239,9	230,1	252,3	267,6	273,0	288,7
55,4	112,8	126,0	134,8	149,1	162,7	186,6	195,9	242,4	232,6	254,8	270,1	275,6	291,3
74,1	113,9	127,2	135,9	150,3	163,8	187,7	197,0	243,6	233,7	256,0	271,3	276,7	292,5
82,5	113,3	126,6	135,3	149,7	163,2	187,1	196,4	243,1	233,2	255,4	270,7	276,1	291,9
78,3	114,1	128,1	136,9	151,2	164,8	188,7	198,0	244,5	234,7	256,9	272,2	277,7	293,4
89,4	116,2	129,4	138,2	152,5	166,1	190,0	199,3	245,8	236,0	258,2	273,5	279,0	294,7
98,8	122,6	135,8	144,6	158,9	172,5	196,4	205,7	252,2	242,4	264,6	280,0	285,4	301,1
145,5	124,0	137,2	146,1	160,3	173,9	197,8	207,1	253,7	243,8	266,1	281,4	286,8	302,5

Користуючись таблицею 2.7 можна прогнозувати розвиток звивистих сім'яних каналців у бугайців подільського заводського типу української чорно-рябої молочної породи у віковому аспекті залежно від показників росту і розвитку організму та статевих залоз.

3. ЦИТОЛОГІЧНІ ТА ГІСТОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ СПЕРМАТОГЕНЕЗУ У БУГАЙЦІВ.

Гаметогенез – процес утворення і диференціювання статевих клітин – має ключове значення в репродукції ссавців. Гаметогенез в організмі самців (сперматогенез) являє собою складний гормонально залежний і генетично детермінований процес. Всі статеві клітини ссавців беруть початок від первинних статевих клітин (ПСК) – гоноцитів. Походження ПСК досі остаточно не встановлено. Не викликає, однак, сумніву той факт, що ці клітини виникають значно раніше, ніж pojawiaються зачатки гонад, тобто вони мають екстрагонадне походження. Встановлено, що гоноцити вперше виявляють ознаки статевого диморфізму в зачатках гонад. В процесі формування чоловічих гонад (сім'яників) сперматогонії оточуються клітинами ціломічного епітелію, утворюючи так звані «статеві тяжі», де вони перебувають в латентному стані до початку статевого дозрівання.

За цей час ствольні клітини сперматогенного ряду (сперматогонії), які перебувають в глибині сім'яних каналців, проходять тривалий шлях диференціювання до зрілих, практично позбавлених цитоплазми, спермійів, що містять гаплоїдний набір хромосом (M. Switonski, I. Gustavsson, L. Ploen, 1987).

У процесі сперматогенезу розрізняють дві фази – тестикулярну і епідидимальну. Під час першої відбуваються основні етапи диференціювання сперматогоніїв у сперматиди, під час другої – завершується дозрівання спермійів. У результаті накопичення мукополісахаридів, холестерину, захисних білків, змінюються властивості зовнішніх мембран, спермії набувають здатності рухатись.

Тестикулярна фаза сперматогенезу контролюється гормонами гіпофізу (фолікулостимулюючим і лютеотропним) та власними гормонами сім'яників – тестикулярними андрогенами.

На першому етапі сперматоцити I порядку проходять два послідовних мейотичних поділи. Вирішальним етапом гаметогенезу (сперматогенезу) є процес мейозу, під час якого відбуваються такі кардинальні для біології розвитку процеси як кон'югація гомологічних хромосом з утворенням синаптонемного комплексу, рекомбінація генетичного матеріалу гомологів шляхом взаємного обміну ідентичними хромосомними фрагментами (кросинговер), цитологічним проявом якого є хіازми. Всі ці процеси відбуваються у профазі I мейозу, в якій розрізняють такі цитологічні стадії як: лептотена, зиготена, пахітена, диплотена і діакінез.

Далі йде метафаза I з утворенням сперматоцита або ооцита II порядку та метафаза I з утворенням гаплоїдних сперматид і метафаза II з утворенням гаплоїдних сперматид в мейозі. Із одного сперматоциту формується чотири сперматозоїди. Таким чином, із одного сперматоциту I порядку виникають 4 клітини (сперматиди) з гаплоїдним числом хромосом.

Всі процеси диференціювання відбуваються в стінках звивистих сім'яних каналців. При цьому клітини сперматогенного ряду перебувають безпосередньо в цитоплазмі клітин Сертолі, які забезпечують живлення сперматоцитів і сперматид.

Під час сперматогенезу гаплоїдні клітини – сперматиди – проходять ряд послідовних стадій диференціювання (фаза Гольджі, фаза ковпачка, акросомна фаза, фаза дозрівання). Вони втрачають цитоплазму, формують спеціальні органоїди (хвіст, шийку, акросому) (В. В. Дзіцюк, О. Є. Гузеватий, 2018).

Структурні елементи статевих залоз формуються із первинних статевих клітин гоноцитів. Основою сперматогенного епітелію є сперматогонії, які лежать на базальній мембрані сім'яних каналців. Безпосередньо під оболонкою звивистого сім'яного каналця лежать первинні клітини сперматогенного епітелію – сперматогонії типу А, які на протязі ембріонального розвитку і в молодому віці діляться мітотично, і дають початок специфічним сперматогоніям А1 і А4. Вони відрізняються між собою ступенем диференціації. Виділяють також інтермедіальні клітини – сперматогонії типу В, які не прилягають до базальної мембрани. Їх наявність характеризує перший період сперматогенезу – період розмноження (S. P. Graaf et al., 2007; V. E. Perry, R. K. Munro, P. J. Chenoveth, 1990). До початку сперматогенезу у бугайців формується гематотестикулярний бар'єр

(ГТБ) в склад якого входить оболонка звивистого сім'яного каналця, клітини Сертолі і білкова оболонка сім'яника (Т. М. Зеленська, Г.І.Ходоровський, 1993; Р. М. Макарчук, 2010; Р. К. Donahoe, Y. Ito, S.Marfatia et al., 1976; N. Josso, 1973; R. E. Mancini, 1976).

Розміри деяких типів клітин в сім'яному каналці бугая змінюються таким чином: сперматогонії 10-15 x 8-13 мкм; первинні сперматоцити 13-17 x 12-15 мкм; вторинні сперматоцити 8-12 x 8-12 мкм; сперматиди 7-10 x 7-10 мкм. Ядра клітин найбільші в первинних сперматоцитах, а в сперматидах вони мають розміри 5-7 x 5-7 мкм. Розмноження сперматогоніїв відбувається на протязі всього періоду статевого дозрівання самця (О. В. Бойко Л. М. Романов, 2002; А.П. Кругляк, 2003, 2004; D. A. Dargatz, R. G. Mortimer, L. Ball, 1987; M. R. Gofur, M. Z. Khan, M. R. Karim, 2007, 2008).

При народженні сім'яники складаються з твердих (без просвіту) хорд, що складаються з первинних статевих клітин, ембріональних клітин Лейдіга і недиференційованих клітин Сертолі (рис. 3.1). (N.Rawlings et al., 2008).

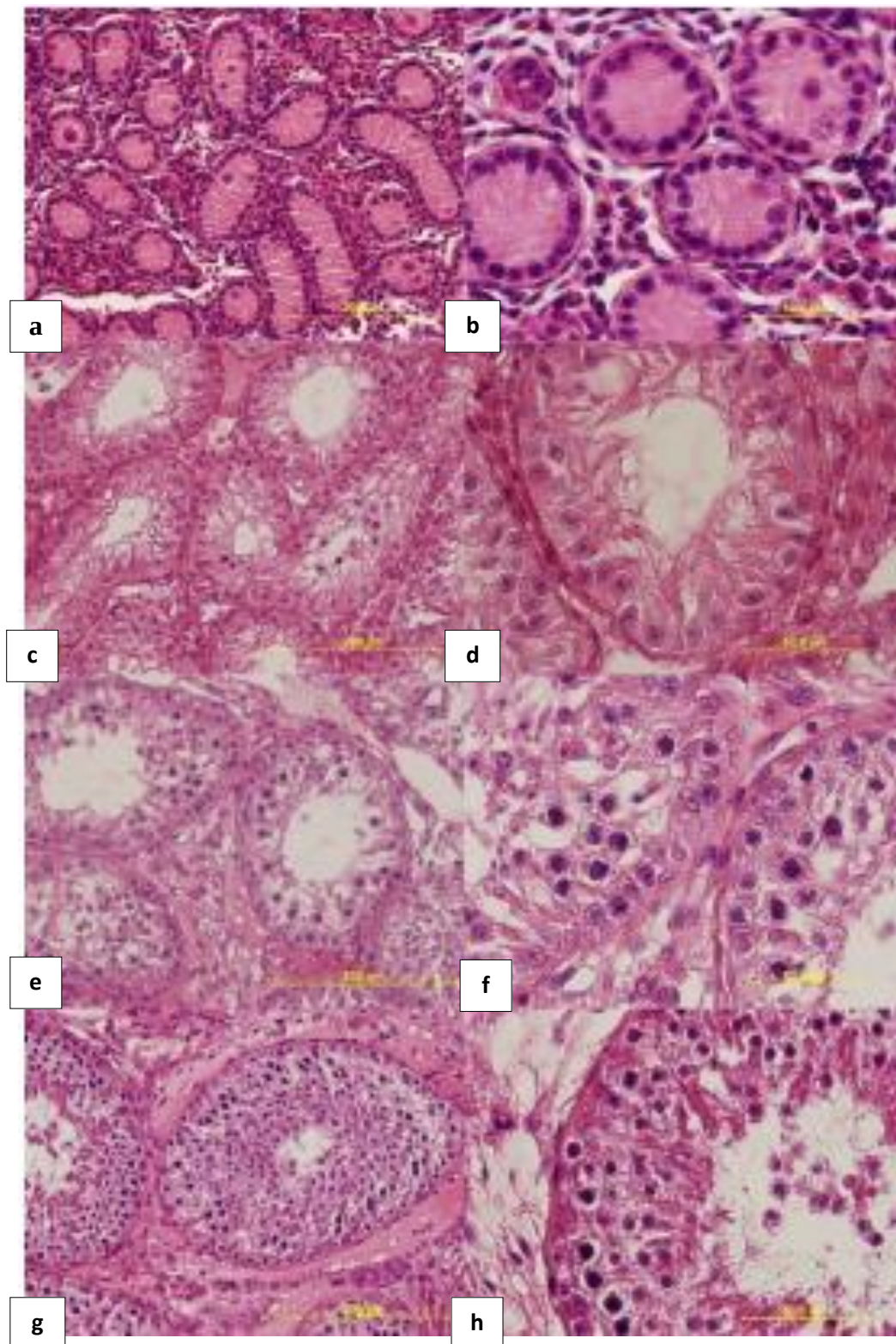


Рис. 3.1: Гістологічний вигляд сім'яника бугая в 1 місяць (а, b), 5 місяців (с, d), 8 місяців (е, f), 10 місяців (g, h); примітка: розвиток просвіту в 5 місяців, початок сперматогенезу в 8 місяців, поява спермійів у просвіті в 10 місяців. (Ліва колонка x 400, права колонка x 1000)

Додаткові статеві залози не функціонують. Фетальні клітини Лейдіга дегенерують протягом першого постнатального місяця і замінюються на клітини Лейдіга дорослого організму. Кількість недиференційованих клітин Сертолі швидко зростає. У препубертатному періоді концентрації ФСГ та інгібіну в сироватці крові високі, але знижуються з початком швидкого росту сім'яників (A. Evans et al., 1996). ФСГ відіграє важливу роль у препубертатній проліферації клітин Сертолі, оскільки його рівень у крові зростає на 4-25 тижні (W. Berndtson, G. Igboeli, W. Parker, 1987).

Проліферація сперматогоній починається в 1 місяць, а первинні сперматоцити з'являються орієнтовно через 5 місяців (S. Curtis, R. Amann, 1981). Вік статевого дозрівання негативно корелює з величиною секреції ЛГ в перші 5 місяців життя, що є спадковою ознакою (N. Corbet et al., 2013).

Відшарування препуціальних спайок відбувається приблизно за 6 тижнів до статевого дозрівання. З наближенням статевого дозрівання ріст сім'яників і придатків прискорюється і стає майже лінійним. Низькочастотні ЛГ імпульси підвищують концентрацію тестостерону в сироватці крові, що виробляється швидко зростаючою кількістю дорослих клітин Лейдіга, сприяючи становленню сперматогенезу. Первинні, а згодом і вторинні сперматоцити виявляються через 5-8 місяців (рис. 3.1). Зрілі спермії присутні в сім'яних каналцях з 8 - 10 місяців. Статева зрілість (еякулят, що містить щонайменше 50 мільйонів спермій та щонайменше 10% прогресивної рухливості) настає, коли окружність мошонки досягає 28 – 30 см у *Bos taurus* та 27 – 28 см у *Bos indicus* (C. Chase et al., 2001). Після статевої зрілості бугаї вступають у фазу дозрівання, яка характеризується збільшенням ваги додаткових статевих залоз, продукції сперми та частки морфологічно нормальних спермій. Ця фаза дозрівання значно варіює серед бугаїв і триває у *Bos taurus* від 3 до 4 місяців (L. F. C. Brito, 2019).

Роль клітин Сертолі в сперматогенезі вивчалася на різних видах тварин. Встановлено виражену позитивну кореляцію між кількістю клітин Сертолі та здатністю виробляти сперму у бугаїв (W. Berndtson, G. Igboeli, W. Parker, 1987).

Постнатальне розширення популяції клітин Сертолі було описано у кількох видів ссавців, як лінійне збільшення популяції клітин Сертолі у вигляді 2 хвиль. Припинення проліферації клітин

Сертолі є надзвичайно важливим біологічним моментом для маніпулювання сперматогенезом (M. J. Oatley et al., 2016). У бугайців, згідно з ранніми цитологічними дослідженнями, кількість клітин Сертолі досягає максимуму в 6 – 7 місяців (S. Curtis, R. Amann, 1981). Однак, згідно з маркером проліферації клітин KI67 та експресією маркера клітин Сертолі SOX9, проліферація клітин Сертолі припиняється в 4,5 – 5 місяців (рис. 3.2) (M. S. Waqas et al., 2019)

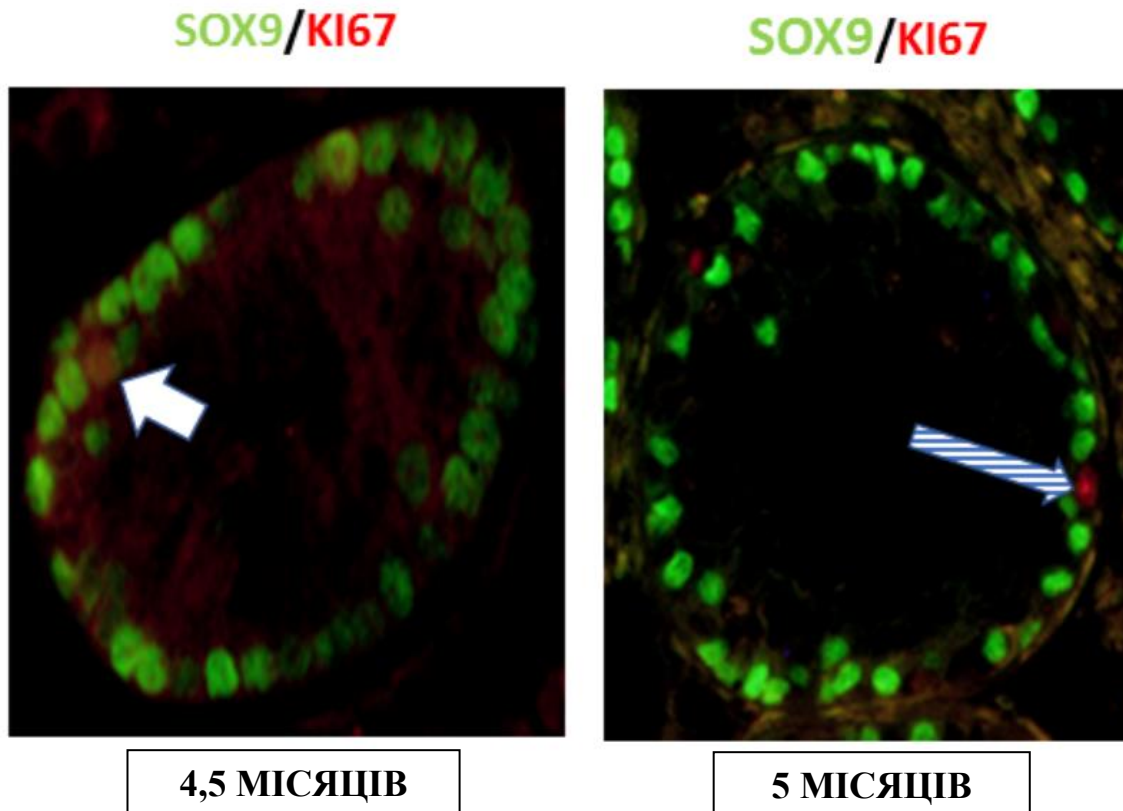


Рис. 3.2. Поперечний зріз сім'яного епітелію. Зелені клітини - SOX9- клітини Сертолі, червоні клітини – KI67- клітини, що діляться. Біла стрілка вказує на клітину Сертолі, що ділиться, забарвлену як SOX9, так і KI67, у віці 4,5 місяців. Стрілка, заповнена візерунком, вказує на KI67 – статеву клітину, що ділиться, у віці 5 місяців; зверніть увагу: у віці 5 місяців жодна з SOX9 –х клітин Сертолі не експресує KI67

Р. А. С. Da Luz et al., (2013) провели гістологічні дослідження у яких встановили, що у бугаїв 18 місячного віку паренхіма сім'яника містила тестикулярні тяжі та внутрішньо-часточкові відділи, пов'язані з наявністю клітин Лейдіга, судин та нервів. У тяжах сім'яника спостерігали гоноцити, недиференційовані підтримуючі клітини та

світлі відростки. Поблизу базальної мембрани визначалися гоноцити та сперматогонії в процесі диференціювання (рис. 3.3) (P.A.C.Da Luz et al., 2013).

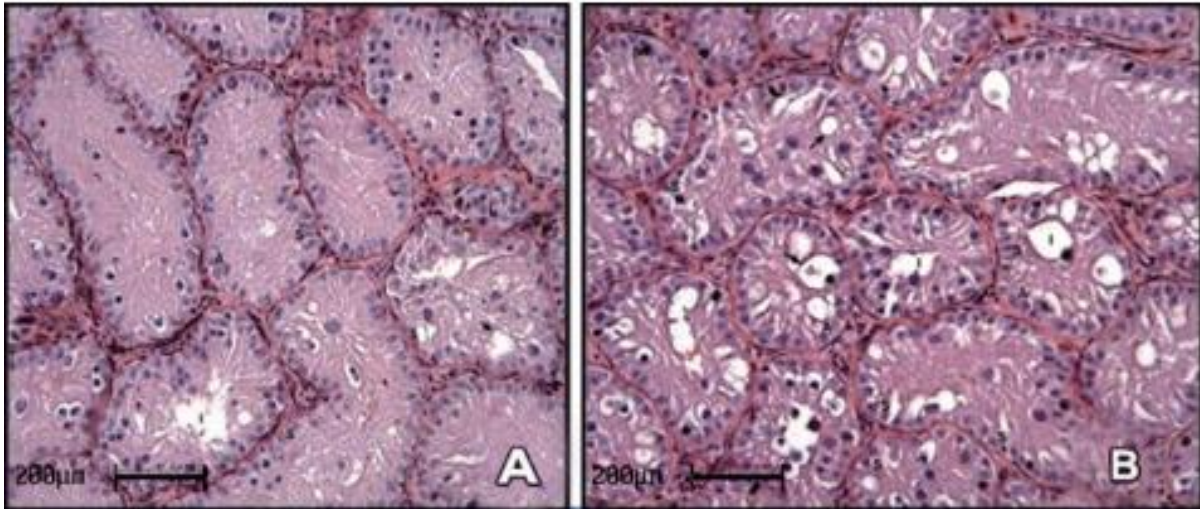


Рис. 3.3. Сім'яник бугаїв породи Мурра у 18-місячному віці, що характеризується незрілою статевою фазою (А і Б). Спостерігаються тверді тестикулярні тяжі з гоноцитами (А) та недиференційованими підтримуючими клітинами (S). В інтерстиції присутні клітини Лейдіга, судини та нерви. Фотомікрофотографія, забарвлення гематоксилін-еозином

Хоча спермії були присутні у великій кількості, у бугаїв 18-місячного віку, спермії не були присутні в просвітках каналців. Паренхіма сім'яника у 24 місяці містила сім'яні каналці з просвітами та гермінативним епітелієм, присутнім на різних стадіях циклу сім'яного епітелію (рис. 3.4). Виявлено такі типи клітин: клітини Сертолі, сперматогонії, прелептотенові/лептотенові сперматоцити, пахітенові сперматоцити, зиготенові сперматоцити, диплотенові сперматоцити, круглі спермії та люмінальні спермії (рис. 3.4) (P. A. C. Da Luz et al., 2013).

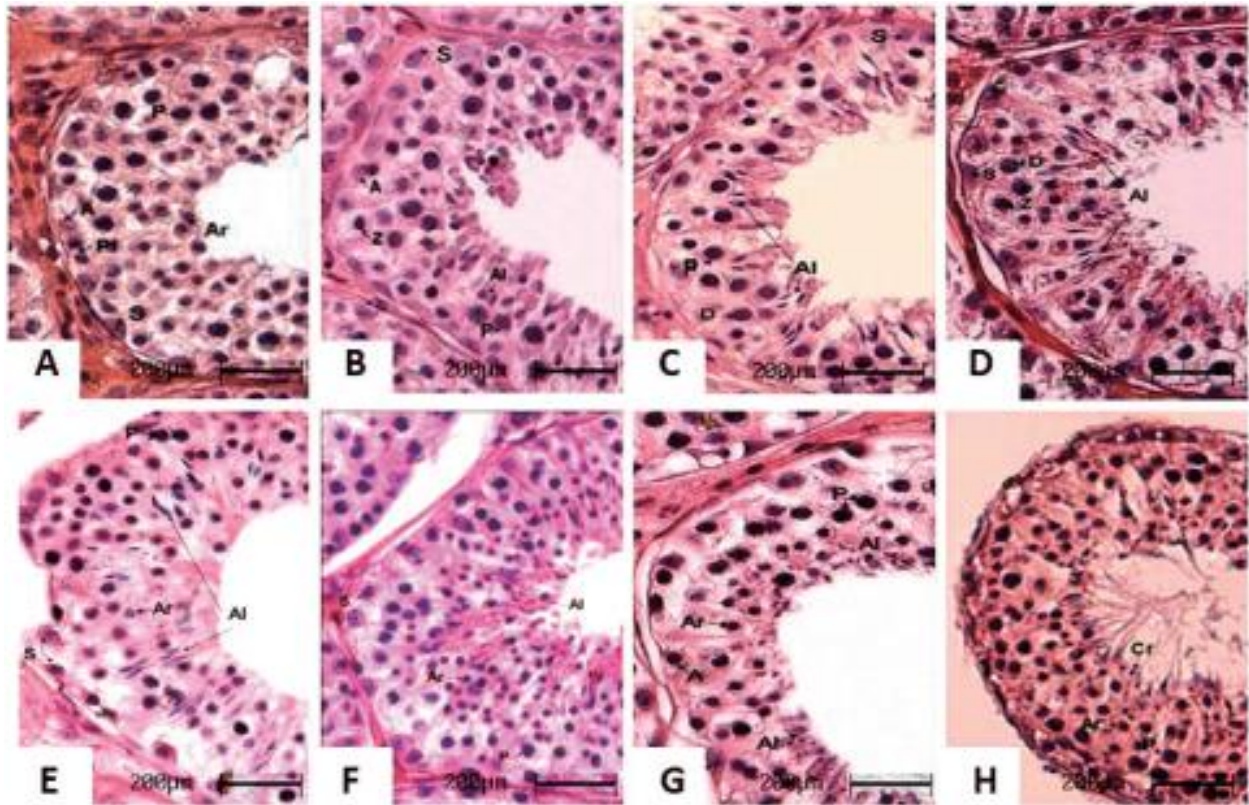


Рис. 3.4. Різні типи клітин в епітелії сім'яних каналців буйвола Мурра у віці 24 місяців. Фотомікрофотографії поперечних зрізів сім'яних каналців представляють стадії циклу сім'яного епітелію. Перша стадія (A), друга (B), третя (C), четверта (D), п'ята (E), шоста (F), сьома (G) і восьма (H) представляють наступні групи клітин: первинні сперматоцити на стадії прелептотено/лептотено (PL), первинні сперматоцити на стадії пахітени (P), круглі спермії (Ar), видовжені спермії (Al), первинні сперматоцити на стадії зиготи (Z), первинні сперматоцити на стадії диплотени (D), залишкові тільця (CR) і спермії (E). На всіх стадіях представлені сперматогонії типу А (A) і клітини Сертолі (S). Забарвлення гематоксилін-еозином (Р. А. С. Da Luz et al., 2013)

Спермії в просвіті каналців бугаїв мали однакову морфологію у віці 16 місяців. У схрещених бугаїв така морфологія спостерігалася у 13 місячному віці. Проведений гістологічний аналіз сперматогенного епітелію показав, що окремі бугаї 24 місячного віку не були статевозрілими (Р. А. С. Da Luz et al., 2013).

В. М. Пришедько, (2011) провів дослідження гістологічної будови сім'яників бугаїв різного рівня стресостійкості. Ним встановлено, що гістологічна картина відповідала характерній будові

сім'яників повновікових бугаїв-плідників і в цілому не відрізнялась від описаних у літературі.

До складу сперміогенного епітелію входять підтримуючі клітини (клітини Сертолі), або суспензії та сперматогенні клітини різних стадій розвитку. На базальній мембрані лежать суспензії. По периферії каналців біля базальної мембрани розташовані сперматогонії, потім сперматоцити. У центрі каналця сперматиди і сформовані спермії, які виходять у просвіт сім'яного каналця.

До складу сперміогенного епітелію входять підтримуючі клітини (клітини Сертолі), або суспензії та сперматогенні клітини різних стадій розвитку. На базальній мембрані лежать суспензії. По периферії каналців біля базальної мембрани розташовані сперматогонії, потім сперматоцити. У центрі каналця сперматиди і сформовані спермії, які виходять у просвіт сім'яного каналця.

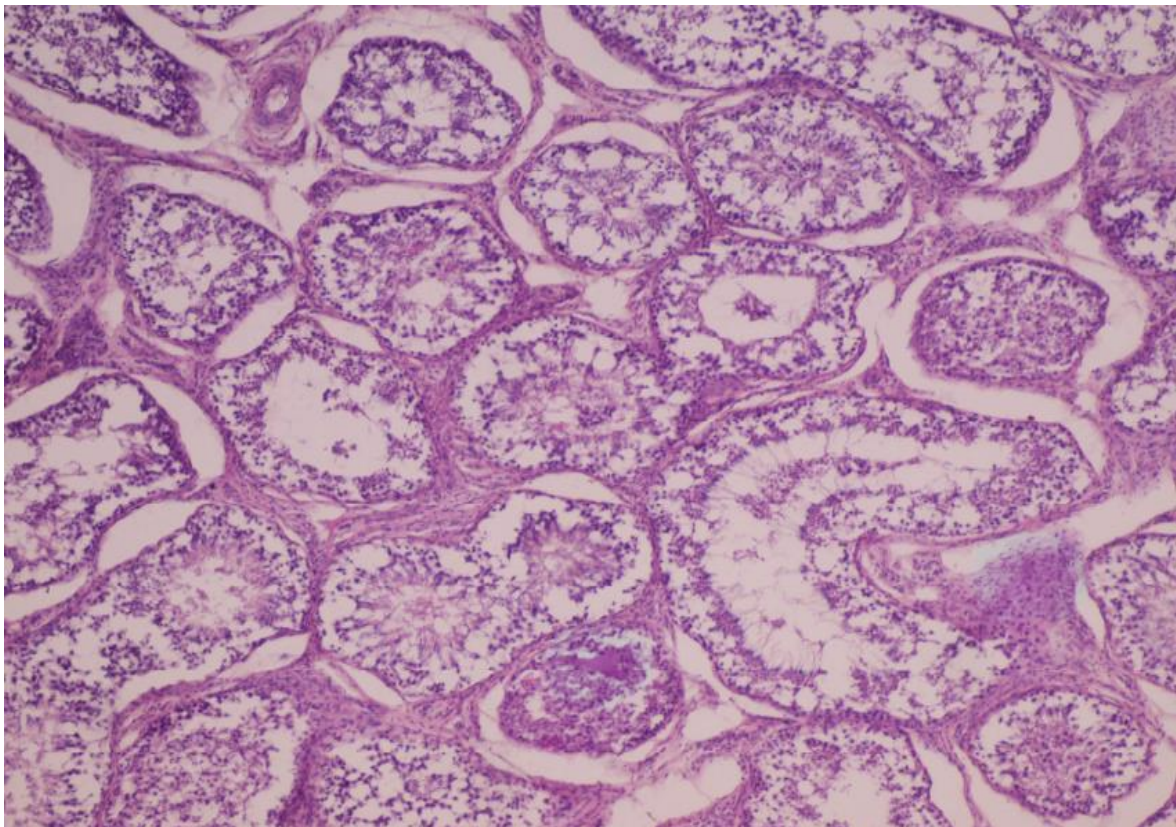


Рис. 3.5. Гістологічна будова сім'яників високостресостійких бугаїв-плідників голштинської породи, при збільшенні в 100 разів

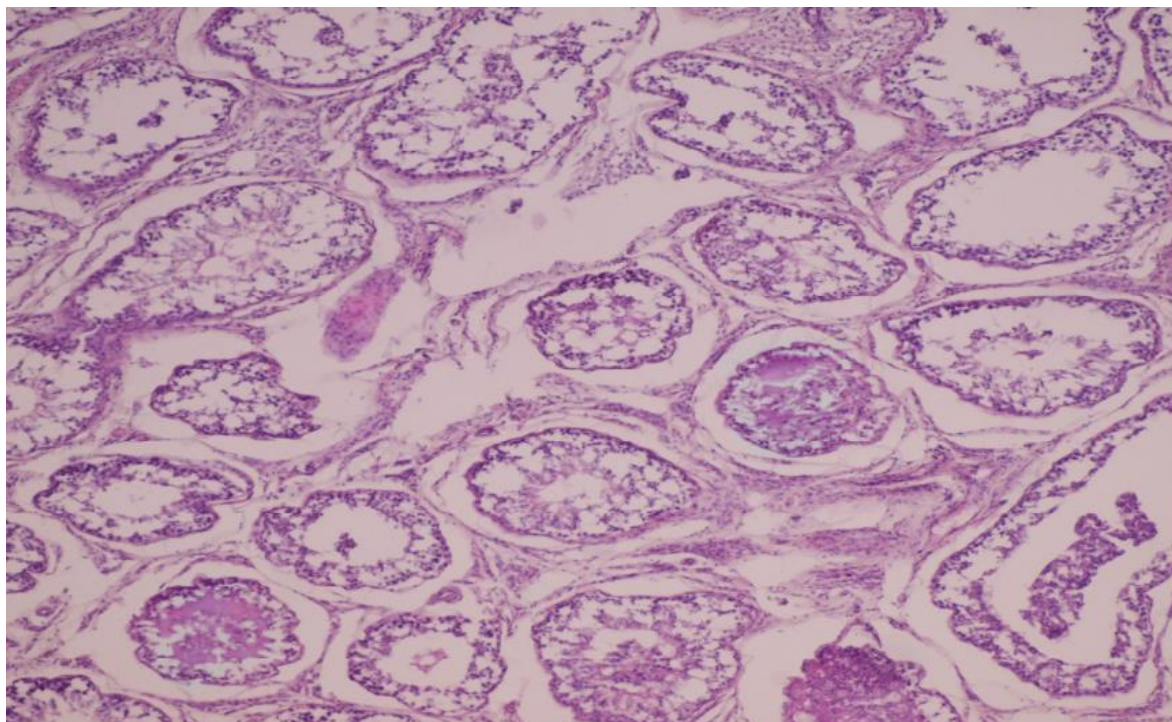


Рис. 3.6. Гістологічна будова сім'яників низькостресостійких бугаїв-плідників голштинської породи, при збільшенні в 100 разів

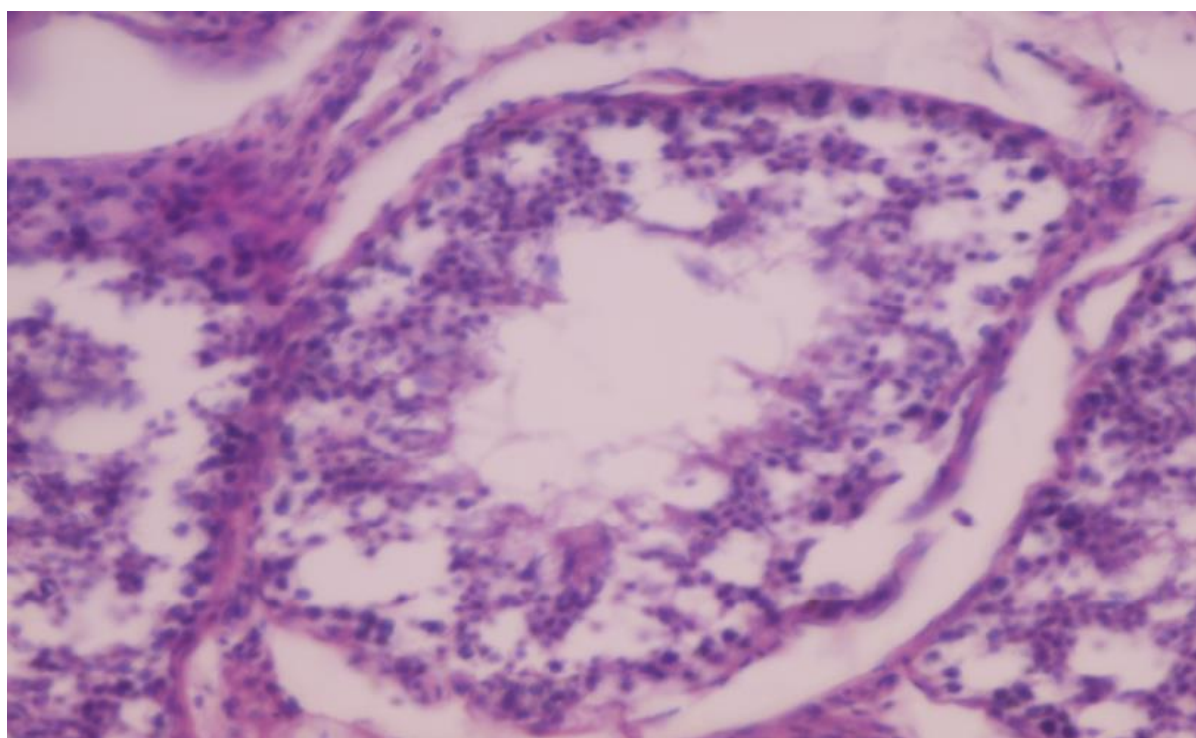


Рис. 3.7. Гістологічна будова сім'яного каналця високостресостійких бугаїв-плідників голштинської породи, при збільшенні в 400 разів

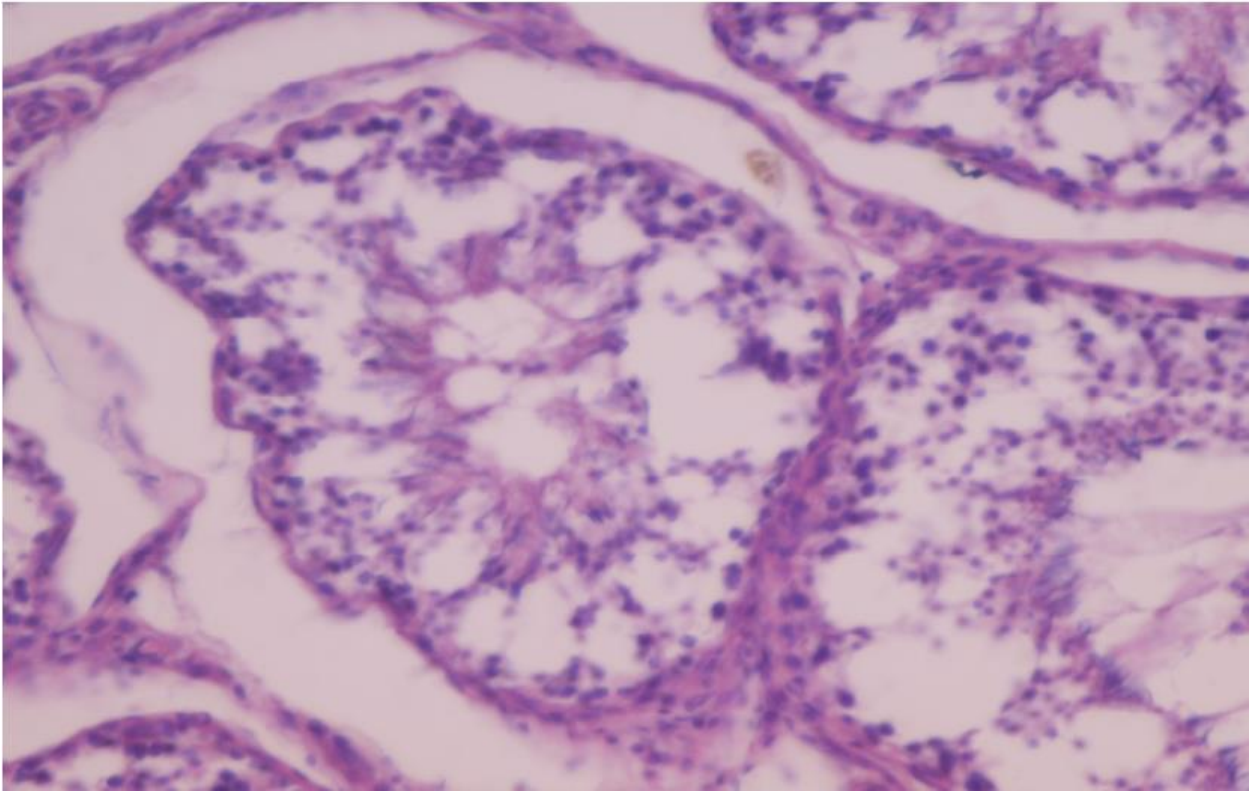


Рис. 3.8. Гістологічна будова сім'яного каналця низькостресостійких бугаїв-плідників голштинської породи, при збільшенні в 400 разів

Стінка сім'яного каналця складається з власної оболонки, до якої прилягає епітеліосперматогенний шар (рис. 3.7, 3.8).

На гістозрізах звивисті каналці правильної округлої або округло-овальної форми (рис.3.5, 3.6). Переважна більшість каналців сім'яників високостресостійких плідників має потовщену стінку, до якої входять чисельні клітини, що знаходяться на різних стадіях диференціювання (рис. 3.5, 3.7). Просвіт каналців майже повністю заповнений сформованими сперміями. Це свідчить про те, що сперматогенез у сім'яниках тварин високостресостійкої групи відбувався без порушень.

Значна частина сім'яних каналців низькостресостійких бугаїв відрізняється збільшеним просвітом, в якому наявна невелика кількість сперміїв, що знаходяться на кінцевих стадіях сперматогенезу, а в деяких каналцях є порожнини (рис. 3.6, 3.8). Місцями зафіксовано каналці зі звуженим, розрихленим та збіднілим сперматогенним епітелієм (В. М. Пришедько, 2011).

Наші дослідження були зосереджені на дослідженнях вікової динаміки змін гістологічної будови сім'яників у бугайців

подільського заводського типу української чорно-рябої молочної породи, зокрема досліджувались вікові зміни гістоструктури в гермінативному епітелії сім'яників у процесі становлення сперматогенезу у бугайців.

На рисунку 3.9 приведена гістологічна будова стінки звивистих сім'яних канальців у бугайців 1-місячного віку. На гістологічних препаратах сім'яних канальців видно базальний шар, на якому знаходяться сперматогенні клітини.

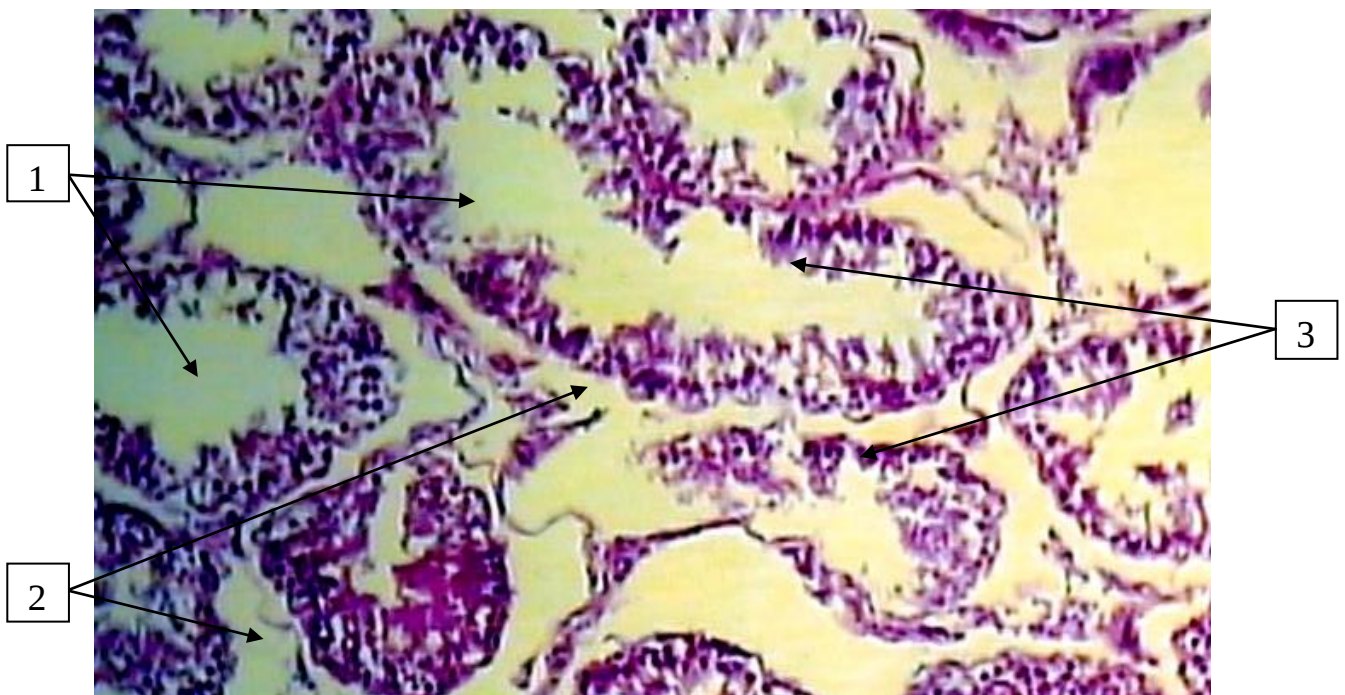


Рис. 3.9. Гістологічний зріз звивистих канальців сім'яника бугайця 1-місячного віку (120×). Умовні позначення: 1-поперечні зрізи звивистих сім'яних канальців; 2-базальні мембрани; 3-сперматогонії

На даному рисунку видно, що у стінці сім'яних канальців бугайців 1-місячного віку наявні тільки сперматогонії. Сперматогонії лежать на базальній мембрані, яка прилягає до щільної оболонки звивистих сім'яних канальців. Остання утворена променями колагенових волокон, серед яких розміщені сполучнотканинні клітини. Безпосередньо під власною оболонкою звивистого сім'яного канальця лежать сперматогонії типу А, котрі протягом ембріонального розвитку діляться мітотично. На рисунку 3.9 також видно сперматогонії типу В, які не прилягають до базальної

мембрани. Їх присутність характерна для першого періоду сперматогенезу – періоду розмноження.

У звивистих сім'яних канальцях бугайців 6-місячного віку (рис. 3.10) спостерігається нерівномірний сперматогенез, в одних канальцях він виражений більш активно, а в інших – слабо.

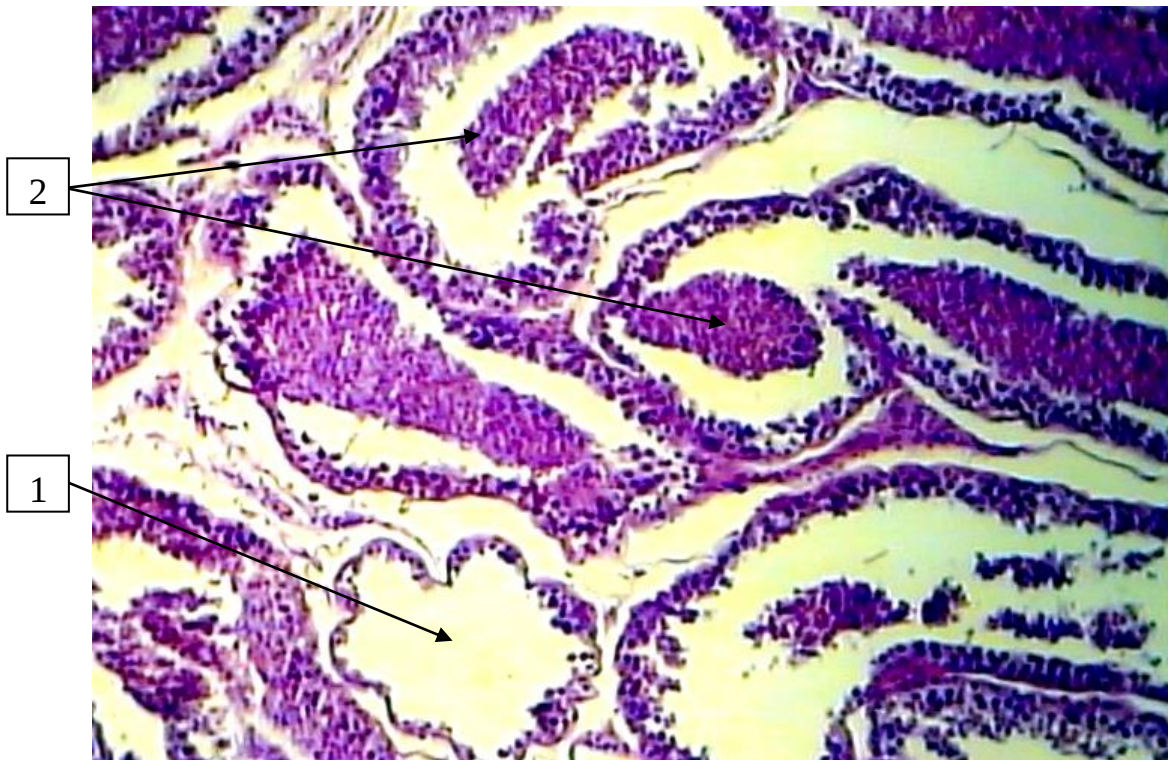


Рис. 3.10. Гістологічний зріз звивистих канальців сім'яника бугайця 6-місячного віку (120×). У звивистих сім'яних канальцях спостерігається слабо виражений сперматогенез. Умовні позначення: 1-поперечний зріз звивистих сім'яних канальців в яких слабо виражений сперматогенез; 2-сперматогенез відсутній

У бугайців 9-місячного віку сперматогенна функція статевих залоз стає активною (рис. 3.11). В багатьох звивистих канальцях спостерігається активний сперматогенез і тільки в поодиноких канальцях він виражений слабо. У просвіті одних звивистих канальців виявляється дуже велика кількість сперміїв, а в просвіті інших їх кількість невелика.

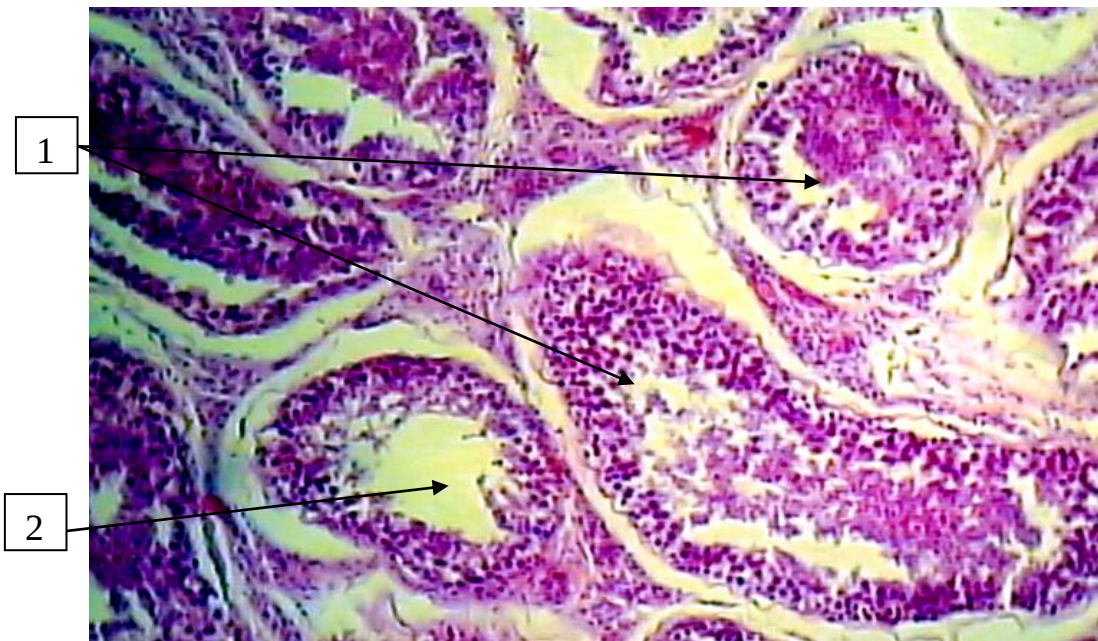


Рис. 3.11. Гістологічний зріз звивистих канальців сім'яника бугайця 9-місячного віку (120×). Умовні позначення: 1-інтенсивні процеси сперматогенезу; 2-процеси сперматогенезу виражені слабо

У звивистих сім'яних канальцях бугайців 12-місячного віку (рис. 3.12) нами відмічений інтенсивний сперматогенез. Усі звивисті канальці містять зрілі спермії.

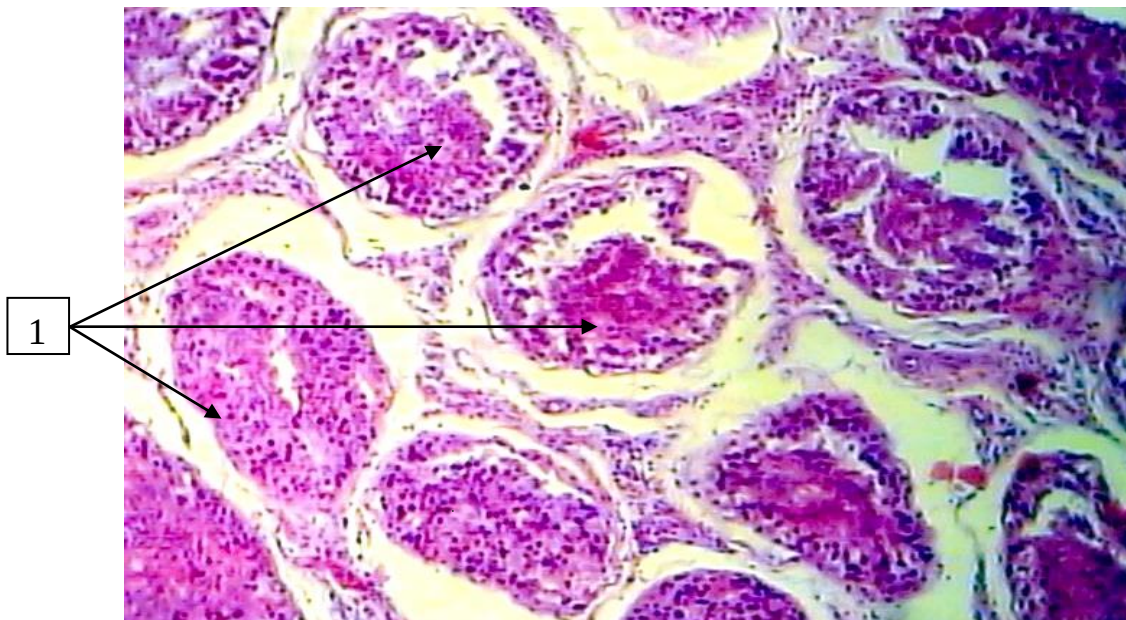


Рис. 3.12. Гістологічний зріз звивистих канальців сім'яника бугайця 12-місячного віку (120×). Умовні позначення: 1-інтенсивні процеси сперматогенезу

На поперечному зрізі звивистих сім'яних каналців бугайців 9-місячного віку, при великому збільшенні, добре видно усі види клітин сперматогенного епітелію (рис. 3.13).

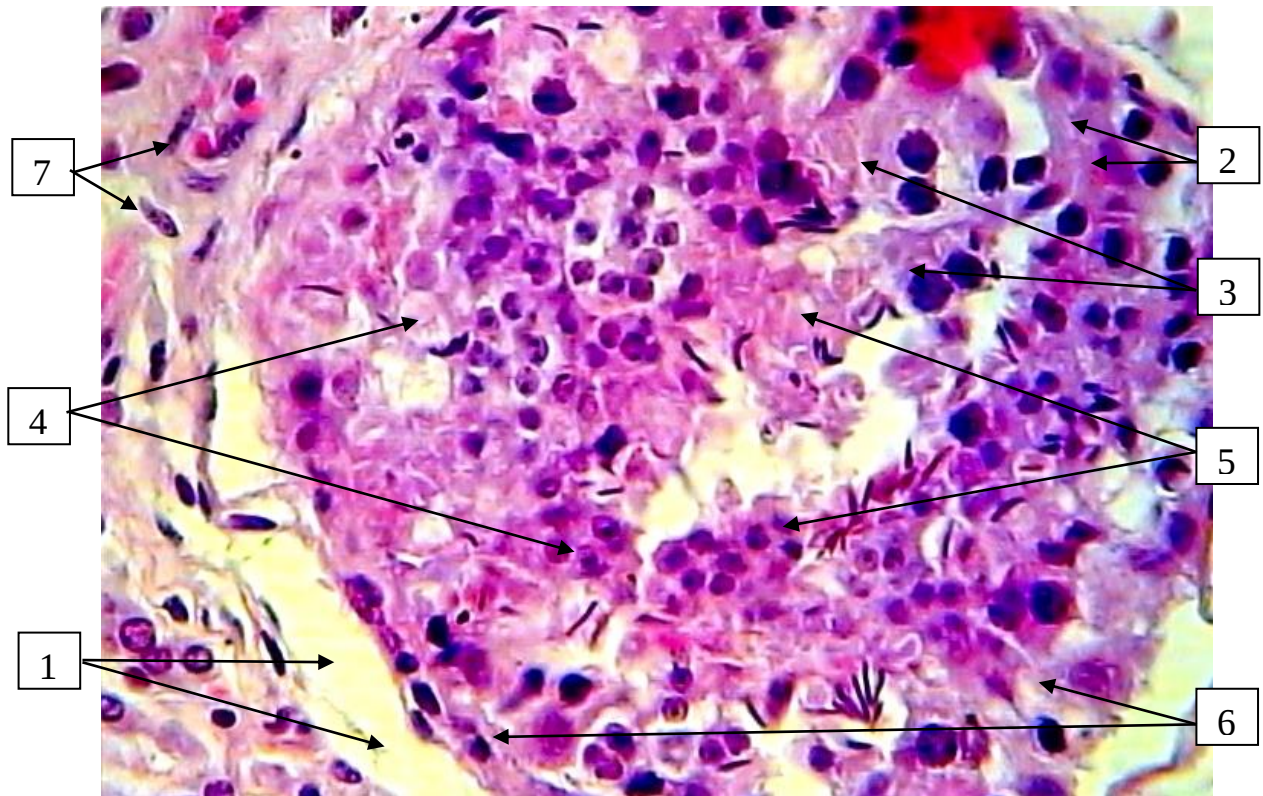


Рис. 3.13. Гістологічний зріз окремого звивистого каналця сім'яника бугайця 9-місячного віку (400×). Світлина свідчить про інтенсивний сперматогенез. Умовні позначення: 1-сперматогонії; 2-сперматоцити першого порядку; 3-сперматоцити другого порядку; 4-сперматиди; 5-спермії; 6-ядра клітин Сертолі; 7-клітини Лейдіга

Ядра клітин Сертолі великі з малою кількістю хроматину, вони мають овальну форму і лежать біля базальної мембрани. Сперматогонії першого порядку – крупні, з великими ядрами та значною кількістю цитоплазми. Спостерігається незначна кількість сперматоцитів другого порядку, які майже одразу перетворюються у сперматиди.

Ядра сперматид удвічі менші ніж у сперматоцитів другого порядку, вони містять багато хроматину. Форма клітин куляста, цитоплазма їх забарвлена в рожевий колір і виразно помітна. Сперматиди розміщуються ближче до центру звивистого сім'яного каналця ніж сперматоцити другого порядку. Ряд сперматид видно в

стадії формування. Ядра таких сперматид видовжені, за ядром проглядається хвостик. Цитоплазма сперматид розміщується вздовж хвостика. Не повністю сформовані спермії своїми головками зв'язані з клітинами Сертолі, а хвостиком спрямовані в просвіт звивистого сім'яного каналця. Ядра сперміїв видовженої форми і забарвлені в темно-синій колір, а хвостик – в блідо-рожевий.

В процесі досліджень нами не виявлено суттєвого зростання кількості сперматогоніїв у звивистих сім'яних каналцях бугайців упродовж першого року життя, тоді, як за вказаний період кількість сперматогенного епітелію істотно зростає.

Разом із вивченням гісто-фізіологічних змін у звивистих сім'яних каналцях бугайців, визначали і окремі морфо-гістологічні порушення у їх структурі.

Із таких порушень гістоструктури звивистих сім'яних каналців бугайців нами виявлено поодинокі двоядерні клітини з ядрами без вмістимого, поодинокі сперматогонії у глибоких відділах каналця, окремі клітини Сертолі зі світлим округлим ядром.

Крім вказаних відхилень у гістоструктурі звивистих сім'яних каналців нам не вдалось в одного бугайця 10-місячного віку ідентифікувати усі види гермінативного епітелію, а в одного бугайця 12-місячного віку виявлено поодинокі каналці з порушенням сперматогенезу 3-ї та 4-ї стадій.

Морфо-гістоструктура звивистих сім'яних каналців свідчить про те, що сполучна тканина навколо них пронизана густою сіткою лімфо- та гемокапілярів., які забезпечують сперматогенні клітини поживними речовинами. В цій сполучній тканині біля гемокапілярів видно гландулоцити або клітини Лейдіга, які продукують тестостерон. Клітини Лейдіга полігональної форми з пухирчатими ядрами та добре розвинутою гладкою ендоплазматичною сіткою. Вони розміщені поодинокі або групами в міжканальцевій інтерстиціальній тканині біля кровоносних судин, що полегшує виділення гормону тестостерону в кровоносне русло.

Гландулоцити це типові стероїд продукуючі клітини, які характеризуються переважанням гладкого ендоплазматичного ретикулуму. В усі досліджувані вікові періоди вони в активному стані.

Гістологічна будова звивистих сім'яних каналців бугайців різного віку вказує на наявність у них густої сітки кровоносних судин

артеріо-венозних анастомозів переважно замкнутого типу з гладком'язовими субендотеліальними виступами.

Нами встановлено, що біля 20 % звивистих сім'яних каналців анастомозує з сусідніми звивистими каналцями, які вирівнюючись у напрямку середостіння сім'яника переходять у прямі сім'яні каналці які на виході сім'яника утворюють сітку (рис. 3.14).

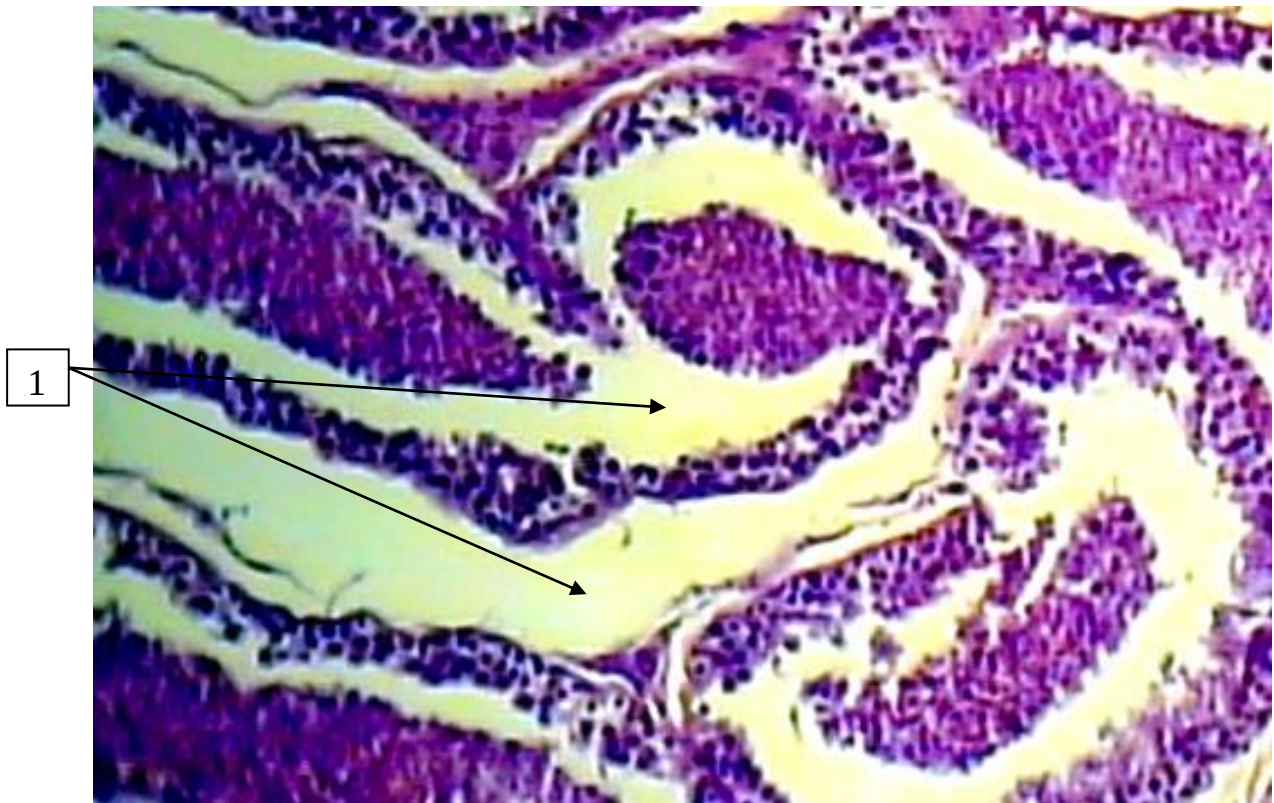


Рис. 3.14. Артеріо-венозні анастомози звивистих сім'яних каналців

Підводячи підсумок одержаних результатів наведених у третьому розділі необхідно відзначити, що розміри та об'єм дольок збільшувався пропорційно до збільшення розмірів сім'яників. Об'єм дольок сім'яників, діаметр звивистих сім'яних каналців значно збільшувався у першому півріччі життя бугайців. Отримані результати показали високий вплив росту і розвитку організму та статевих залоз на розвиток гермінативного епітелію у сім'яниках бугайців.

Виходячи із аналізу вікових змін у морфо-гістологічній будові звивистих сім'яних каналців бугайців подільського заводського типу української чорно-рябої породи можна зробити висновок про те, що активні процеси сперматогенезу у них починаються із 6-місячного

віку і завершуються до 9-місячного віку (М. В. Павлюк, С. О. Вовк, 2010).

4. МОРФОЛОГІЧНА ТА ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА СІМ'ЯНИКІВ І СТАТЕВИХ ЗАЛОЗ БУГАЇВ

Сім'яники – це статеві залози овальної форми, до яких прилягають їх придатки. Ззовні сім'яники покриті серозною оболонкою за якою розміщується щільна сполучно-тканинна білкова оболонка. Білкова оболонка потовщується і утворює середостіння. Від середостіння у середину органу вростають сполучнотканинні перегородки, що ділять його паренхіму на дольки. Долька є структурною і функціональною одиницею сім'яника. Кожна долька містить від одного до п'яти звивистих каналців (А. О. Слюсарев, С. В. Жукова, 1992; V. E. Perry, R. K. Munro, P. J. Chenoveth 1990).

М. І. Бащенко, В. М. Надточій, В. П. Надточій (2006) відзначають, що сім'яник дорослих бугаїв-плідників містить 300-400 дольок, в кожній з яких знаходиться 3-4 звивистих сім'яних каналців.

G. Biali, R. Smith Wearl (1978) відмічають, що дольки сім'яника містять багато звивистих сім'яних каналців і рихлу сполучну тканину з інтерстиціальними клітинами. Ними встановлено, що загальна довжина сім'яних каналців у зрілого бугая складає біля 5 км, кожен звивистий каналець має в діаметрі трохи більше 200 мкм.

V. Hansson, S. C. Weddington, W. S. McLean (2000) виявили, що в одного бугая діаметр звивистих сім'яних каналців варіював від 207 до 296 мкм. Біля 80 % маси сім'яника фізіологічно здорового бугая складають звивисті сім'яні каналні.

В. А. Яблонський, С. П. Хомин, Г. М. Калиновський (2011) вказують, що маса сім'яників у бугаїв становить 300-350гр. Звивисті каналці мають довжину біля 30-50 см. діаметром 0.15-0,2мм., а прямі каналці 14 см. Загальна довжина сім'яних каналців досягає біля 5 км.

Звивисті сім'яні каналці мають довжину 70-80 см, досягаючи загальної довжини у бугая 3-4 тис. м. Діаметр звивистих сім'яних каналців від 150 до 250 мкм (H. D. Dellmann, J. A. Eurell, 1978;

P. S. Malhi, K. S Roy, H. S. Pawar, 1999).

S. Yasuo, N. Nakao, S. Ohkura et al., (2006) вказують, що морфологічне дослідження сім'яника є обов'язковим для оцінки впливу різних факторів, таких як гормональні коливання нейроендокринної системи, на репродуктивну ефективність плідників, які можуть бути наслідком сезонних змін

Ймовірно, на морфофізіологію гонади бугайців впливають зміни в шишкоподібному тілі та гіпофізі протягом року, що, відповідно, може впливати на склад сперми (F. Goeritz et al., 2003). Функції та морфологія статевих шляхів також можуть бути змінені у зв'язку з процесами дозрівання сперміїв (G. A. Cornwall, 2009).

Незалежно від того, чи це молоді чи зрілі бугаї, оцінка фертильності необхідна для прогнозування продуктивності розмноження. Одним із найважливіших показників при огляді геніталій є вимірювання окружності мошонки. Вона проводиться мірною стрічкою, що охоплює середину парних сім'яників. Оскільки розмір сім'яників впливає на якість сперми, бугайці з прийнятними для породи розмірами мошонки виробляють більше сперми з вищим ступенем нормальності сперміїв, ніж бугаї з розмірами мошонки нижче прийнятих стандартів для породи (S. A. Knights, R. L. Baker, D. Gianola, J. B. Gibb. 1984).

Розмір сім'яників також впливає на початок статевої зрілості у бугайців. Більш ранній початок статевої зрілості настає у бугайців із фізіологічно достатніми розмірами сім'яників (R. W Godfrey, R. D. Randel, N. R. Parrish, 1988).

Крім того, нащадки від бугаїв з великими розмірами мошонки досягають статевої зрілості раніше, ніж від бугаїв з розмірами мошонки нижче прийнятих для породи стандартів (J. S. Brinks, M. J. McInerney, P. J. Chenoweth. 1978).

P. A. C. da Luz et al. (2013), S Kumar, S Srivastava (2017) дослідили біометрію сім'яників та її кореляцію з масою тіла, окружністю мошонки та якістю сперми у бугаїв породи Мурра. Отримані результати вказують на виражену кореляцію між окружністю мошонки, об'ємом сім'яників та масою тіла. Маса тіла достовірно ($P < 0,01$) і позитивно корелювала з окружністю мошонки ($r = 0,98$), об'ємом сім'яників ($r = 0,98$) та окружністю мошонки ($r = 0,98$), об'ємом сім'яників ($r = 0,97$), концентрацією сперміїв ($r = 0,94$), концентрацією еякуляту ($r = 0,64$), початковою рухливістю ($r = 0,90$),

кількістю живих клітин ($r=0,89$), тоді як достовірно ($P<0,01$) негативно корелювала із загальною кількістю спермій ($r=-0,79$). Загальне середнє значення окружності мошонки бугаїв породи Мурра коливається від $31,02\pm0,39$ до $46,33\pm0,43$ см. Окружність мошонки достовірно ($P<0,01$) і позитивно корелювала з масою тіла ($r=0,98$), об'ємом сім'яників ($r=0,96$), об'ємом паренхіми сім'яників ($r=0,98$), концентрацією сперми ($r=0,91$).

I. Wahyudi, M. Qalfin, R. Susanti, T. Widiatningrum (2022) також вказують на те, що загальна окружність мошонки достовірно корелює ($p < 0,05$) з об'ємом сперми ($r = 0,441$), концентрацією у ній спермій ($r = 0,328$) та їх рухливістю ($r = 0,328$). Зв'язок між окружністю мошонки та якістю сперми був помірно позитивним. Аналіз, заснований на варіації порід бугаїв, показав, що зв'язок між окружністю мошонки та об'ємом і концентрацією сперми достовірно не відрізнявся у бугаїв *Bos taurus*, *Bos indicus* та *Bos sondaicus* ($p > 0,05$). Окружність мошонки та рухливість спермій достовірно відрізнялися у бугаїв *Bos taurus*, *Bos indicus* та *Bos sondaicus* ($p < 0,05$) (I. Wahyudi, M. Qalfin, R. Susanti, T. Widiatningrum, 2022).

J. F. Trocóniz et al., (1991) досліджували розвиток та консистенцію сім'яників, зміни маси тіла, статевої зрілості та властивостей сперми у сто п'ятдесят дев'яти чистопородних бугайців породи Гузерат (віком від 8 до 110 місяців) та шістдесят бугайців породи Неллор (віком від 8 до 30 місяців). Вимірювання окружності мошонки та відбір сперми за допомогою електроєякуляції проводили кожні 28 днів. Результати досліджень показали, що вік і маса тіла впливали ($P<0,01$) на окружність мошонки в обох породах. Окружність мошонки лінійно збільшувалася ($P<0,01$) з віком та масою тіла. Однак окружність мошонки мала тенденцію досягати зрілого розміру швидше, ніж маса тіла у бугайців обох порід. Коефіцієнти кореляції між окружністю мошонки та показниками сперми були позитивними ($P<0,01$) в діапазоні від 0,49 до 0,73 для обох порід, але не були вірогідними для консистенції сім'яників у жодній з порід. Окружність мошонки та вік статевої зрілості бугайців вказаних порід в середньому становили $25,6 \pm 2,2$ см у віці $18,0 \pm 2,0$ місяців та $23,6 \pm 0,2$ см у віці $18,5 \pm 2,7$ місяців, відповідно. Бугайці породи Неллор були на 42 кг легшими за бугайців породи Гузерат у період статевого дозрівання. На консистенцію сім'яників не впливав ні вік, ні маса тіла ($P>0,10$) у цих молодих бугайців. Відсоток

аномальних сперміїв був вищим ($P < 0,01$) у віці від 13 до 15 місяців у бугайців Гузерата (11,1%) і Неллора (14,4%), ніж у віці від 22 до 24 місяців (6,7 і 8,0% відповідно). Ці дані вказують на те, що вимірювання окружності мошонки може бути корисним інструментом для відбору та покращення властивостей сперми молодих бугайців.

В. Кадиш, Й. Сірацький, В. Федорович (2000, 2001, 2007), Й. З. Сірацький та ін. (2009) виявили, що статеві органи та придаткові статеві залози бугаїв абердин-ангуської породи ростуть і розвиваються нерівномірно, їх ріст має хвилеподібний характер. Вказаними дослідниками також показано, що найінтенсивніше статеві органи абердин-ангуської породи ростуть в перші дев'ять місяців життя, а генеративна функція сім'яників тісно пов'язана з ростом і розвитком бугаїв, причому діаметр звивистих сім'яних каналців має високу позитивну кореляцію з масою сім'яників ($r = +0,89$).

В. В. Федорович, Є. І. Федорович, Й. З. Сірацький (2006, 2007) вивчали вікову динаміку морфологічних змін та генеративної функції в сім'яниках, придатках сім'яників і ампулах сім'япроводів бугайців західного внутрішньопородного типу української чорно-рябої молочної породи. Ними встановлено, що генеративна функція сім'яників, придатків сім'яників і придаткових статевих залоз тісно пов'язана з ростом і розвитком бугаїв-плідників. Діаметр сім'яних каналців з 6- до 12-місячного віку тварин збільшився з 184,6 до 215,20 мкм, висота епітелію сім'яників – з 15,0 до 31,0 мкм, діаметр каналців головки придатка сім'яника – з 124,0 до 214,0 мкм, висота епітелію головки придатка сім'яника – з 22,0 до 33,1 мкм, діаметр фолікулів міхурцеподібних залоз – з 92,2 до 119,4 мкм, висота епітелію міхурцеподібних залоз – з 12,0 до 13,3 мкм, діаметр фолікулів передміхурової залози – з 63,0 до 107,0 мкм, висота епітелію передміхурової залози – з 10,1 до 16,8 мкм і лише кількість звивистих сім'яних каналців на одиницю площі зменшилася з 45,1 до 30,0 мкм.

Придаток сім'яника у бугаїв представлений трубкою, яка формується в дорсальній частині сім'яника із виносячих каналців і складається з трьох частин: головки, тіла і хвостика. Важливою складовою придатка є канал придатка, який зигзагоподібно звивається до дорсальної поверхні сім'яника. На початку просвіт

канальця дорівнює 0,1-0,2 мм, а в хвості придатка він складає 1-2 мм. Канал придатка вистелений секреторними клітинами. Однак, в головці придатка, канал крім цього вистелений багат шаровим циліндричним війчастим епітелієм, війки якого коливаються в напрямку виносного протоку (Є. І. Федорович, 2007).

Під час просування по каналу придатка, який у бугаїв має довжину 33-35 м спермії накопичуються і дозрівають. По мірі дозрівання сперміїв і руху по каналу придатка, часточка їхньої протоплазми, так звана цитоплазматична крапля, яка оточує шийку спермія коли він знаходиться в головці придатка, рухається вздовж хвостика і скидається з нього перед еякуляцією. Проте, вона може залишатися і після еякуляції, наявність її у сперміїв свідчить про порушення процесів сперматогенезу (І. Б. Кузнєцова, С. І. Ковтун, Н. Я. Мелешко, 1998).

У здорових бугаїв придатки сім'яників містять вершково-білого кольору в'язку рідину з високою концентрацією сперміїв. Середня концентрація сперміїв в рідині хвоста придатка в бугаїв складає $3,5 \pm 0,9$ млрд/мл з коливаннями від 2,56 до 4,89 млрд/мл. У придатках бугаїв рідина водяниста, жовтувата і містить біля 50-75 млрд сперміїв (В. А. Яблонський, С. П. Хомин, Г. М. Калиновський, 2011).

Встановлено, що спермії бугая у звивистих сім'яних каналцях, виносних протоках і верхніх частинах придатків не тільки нерухомі, але й не можуть бути швидко приведені в активний стан при виведенні із статевого тракту, тому вони повинні пройти через ці вивідні протоки, як інертні тіла. Чинниками, що сприяють проходженню сперміїв по виносних протоках є позитивний тиск в каналцях, який є результатом відторгнення сформованих сперміїв в просвіт і негативний тиск в звивистих каналцях в результаті всмоктування води епітелієм каналця, а також дії війок, які вистилають виносні протоки і верхню частину придатка (І.Б.Кузнєцова, С. І. Ковтун, Н. Я. Мелешко, 1998).

Використовуючи імунофлюоресцентні методи М. Jonson (1991), L. Russel, V. Clermont (1977) показали, що спермії, які були взяті із придатків сім'яників, мають мозаїчну структуру зовнішніх мембран, що характерні для полісахаридних груп в області головки і тіла спермія.

Встановлено, що максимальний період зберігання запліднюючої здатності сперміїв придатків сім'яників бугая, де температура

звичайно на декілька градусів нижче температури тіла складає 38 діб. Інші дослідники повідомляють, що спермії бугая зберігали поступальний рух в перев'язаних придатках сім'яників на протязі 32 діб, коливальні рухи продовжувались майже в 2 рази довше (Д. Д. Остапів, 2003).

Добре відомо, що для вироблення фертильної сперми температура сім'яників бугая має бути нижчою (на 2- 6° С), ніж температура тіла. Отже, підвищена температура сім'яників знижує якість сперми і часто вважається основною причиною неплідності бугаїв. Декілька особливостей сприяють охолодженню сім'яників, включаючи тонку шкіру мошонки, судинну систему мошонки і сім'яників, а також шийку мошонки. Судинна оболонка сім'яників (R. B. Cook, G. H. Coulter, J. P. Kastelic, 1994), яка розташована безпосередньо над сім'яником, складається із звитої сім'яної артерії, оточеної венозним сплетінням; разом вони функціонують як класичний протитечійний теплообмінник, переносячи тепло від артерії до вени. Крім того, потовиділення і задишка збільшують тепловтрати і знижують температуру сім'яників. Описано зміни температури мошонки і сім'яників, а також очевидну роль кровоносних судин у досягненні цих температур. Різниця (градієнт) температури зверху вниз становила 1,6, 0,4 і -0,2 0С для температури поверхні мошонки, підшкірної та внутрішньо-сім'яникової температури мошонки відповідно (J. P. Kastelic, G. H. Coulter, R. B. Cook, 1995).

Таким чином, рухаючись зверху вниз, мошонка стає холоднішою, тоді як сім'яники - теплішими. Ці температурні градієнти узгоджуються з їхньою судинною системою. Мошонка васкуляризована зверху донизу. На відміну від цього, сім'яник васкуляризований знизу вгору; сім'яникова артерія виходить з дна судинного конуса сім'яника, проходить по його довжині і в нижній частині сім'яника ділиться на численні гілки, які поширюються вгору і в сторони по поверхні сім'яника, перш ніж потрапити в сім'яникову паренхіму (рис. 4.1) (J. P. Kastelic, G. H. Coulter, R. B. Cook, 1996; J. P. Kastelic, R. B. Cook, G. H. Coulter, 1997).



Рис. 4.1. Судинний зліпок сім'яного канатика, сім'яника, придатка сім'яника у 2-річного бугая м'ясної породи. Зліпок готували шляхом промивання артерії та вени сім'яника, ін'єкції в них червоного та синього латексу відповідно, даючи латексу застигнути, і поміщаючи конструкцію в гідроксид натрію (для розщеплення тканин і вивільнення зліпка). Судинний конус сім'яника, що складається зі згорнутої сім'яникової артерії, оточеної венозним сплетінням, знаходиться над сім'яником. Слід зазначити, що сім'яникова артерія виходить з дна судинного конуса сім'яника, проходить до дна сім'яника (під тілом придатка), а потім добре помітна на задній поверхні сім'яника, оскільки вона розгалужується і поширюється догори, перш ніж потрапити в паренхіму сім'яника

Кров у сім'яникових артеріях має однакову температуру у верхній частині сім'яника порівняно з його нижньою частиною, але спостерігається значне зниження внутрішньо-артеріальної температури між нижньою частиною сім'яника і точкою входу в паренхіму сім'яника. Таким чином, і мошонка, і сім'яник найтепліші у місці початку кровопостачання (верхня частина мошонки і нижня частина сім'яника), і вони стають холоднішими дистальніше від цієї точки (нижня частина мошонки, верхня частина сім'яника (J. P. Kastelic, G. H. Coulter, R. B. Cook, 1996; J. P. Kastelic, R. B. Cook, G. H. Coulter, 1997)). Разом ці протилежні температурні градієнти призводять до майже рівномірної внутрішньотестикулярної температури.

Вилучення та відновлення сперми з епідидимісу бугайців вважається одним з важливих інструментів порятунку та збереження цінних гамет тварин (С. І. Ковтун, 2000).

S. S. Kang et al. (2016) встановили, що загальна кількість і відсоток нормальних спермійв одержаних з епідидимусу у бугайців породи Ханву у 8-місячному віці була нижчою, ніж у бугайців 15-місячного віку ($P < 0,05$). Відсоток аномальних головок, хвостів, проксимальних цитоплазматичних крапель, мертвих і пошкоджених акросом у сперміях бугайців у 8-місячному віці був вищим, ніж у бугайців у 15-місячного віку ($P < 0,05$). Вони також досліджували рухливість спермійв бугайців у віці 8 та 15 місяців до заморожування та після розморожування. Заморожена-розморожена сперма бугайців 8-місячного віку показала низьку загальну рухливість і рухливість спермійв ≥ 25 мкм/сек порівняно зі спермою 15-місячного віку та комерційною спермою ($P < 0,05$). Таким чином, спермії, отримані з епідидимального хвоста бугайців у 8-місячному віці, показали високу аномальну морфологію і погану рухливість, що не є адекватним для штучного запліднення. З іншого боку, спермії, отримані з хвоста придатка сім'яника бугаців 15-місячного віку, мали нормальну морфологію і рухливість.

A. T. Palasz, W. F. Cates, A. D. Barth, R. Mapletoft (1994), J. P. Kastelic, R. B. Cook, R. A. Pierson, G. H. Coulter (2001) показали, що окружність мошонки та запаси сперми у бугаїв позитивно корелюють між собою.

Секрет сім'яних залоз є основним компонентом плазми сперми.

Плазма сперми, що виділяється міхурцевими залозами, містить фруктозу, лимонну кислоту, вітамін С, рибофлавін і простагландин (E. S. E. Hafez, 1987; M. S. Rahman et al., 2010), які підтримують метаболізм, життєздатність і рухливість спермійів у самців (B. Peitz, 1988; M. Fernandez-Juan et.al., 2006; J. Devi et al., 2013). Більше того, видалення міхурцевих залоз у тварин викликає безпліддя (B. Peitz, P. Olds-Clarke, 1986). Ця інформація вказує на важливість міхурцевих залоз у фертильності бугаїв.

Дві міхурцеві залози відкривають свої протоки в сім'яний горбик з кожної сторони дещо вище або нижче отвору сім'япроводу. Вони у бугаїв мають 10 см або більше в довжину і 2,5 см в товщину. Вони розділені на дольки і активно секретують. Секрет містить багато фруктози і лимонної кислоти. В залозистій тканині виявлено три типи секреторних епітеліальних клітин.

Секрет міхурцевих залоз у бугая водянистий, жовтого кольору. Він містить біля 50 мл секреторної рідини, якої вистачає для 10 еякуляцій, а також білки, ліпіди, фруктозу, лимонну кислоту і інші необхідні для спермійів речовини. Секрет міхурцевих залоз (як і секрет придатків) містить солей калію набагато більше, ніж солей натрію і невелику кількість солей кальцію, що і надає йому слабокислу реакцію (T. Mann, 1966).

М. А. Emam, E. El-Zoghby, B. Abughrien (2016) вивчали морфологічну будову міхурцевих залоз восьми статевозрілих кастрованих і некастрованих бугаїв Зарайбі.

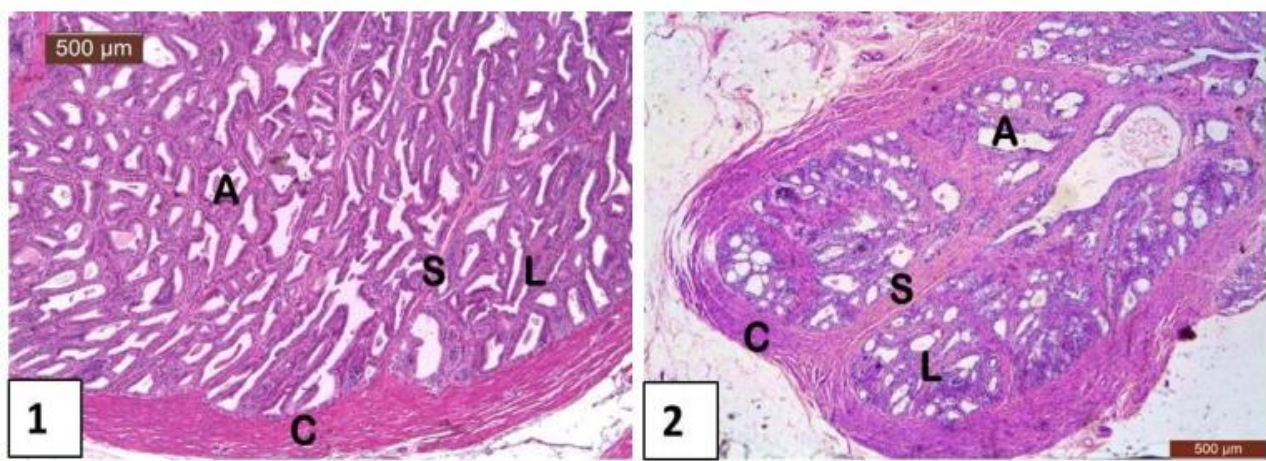


Рис. 4.1. і 4.2. Фотомікрофотографії везикулярної залози некастрованих і кастрованих бугаїв, що показують капсулу (С), перегородки (S), часточки (L) і ацинуси (А) відповідно. Масштаб= 500 мкм

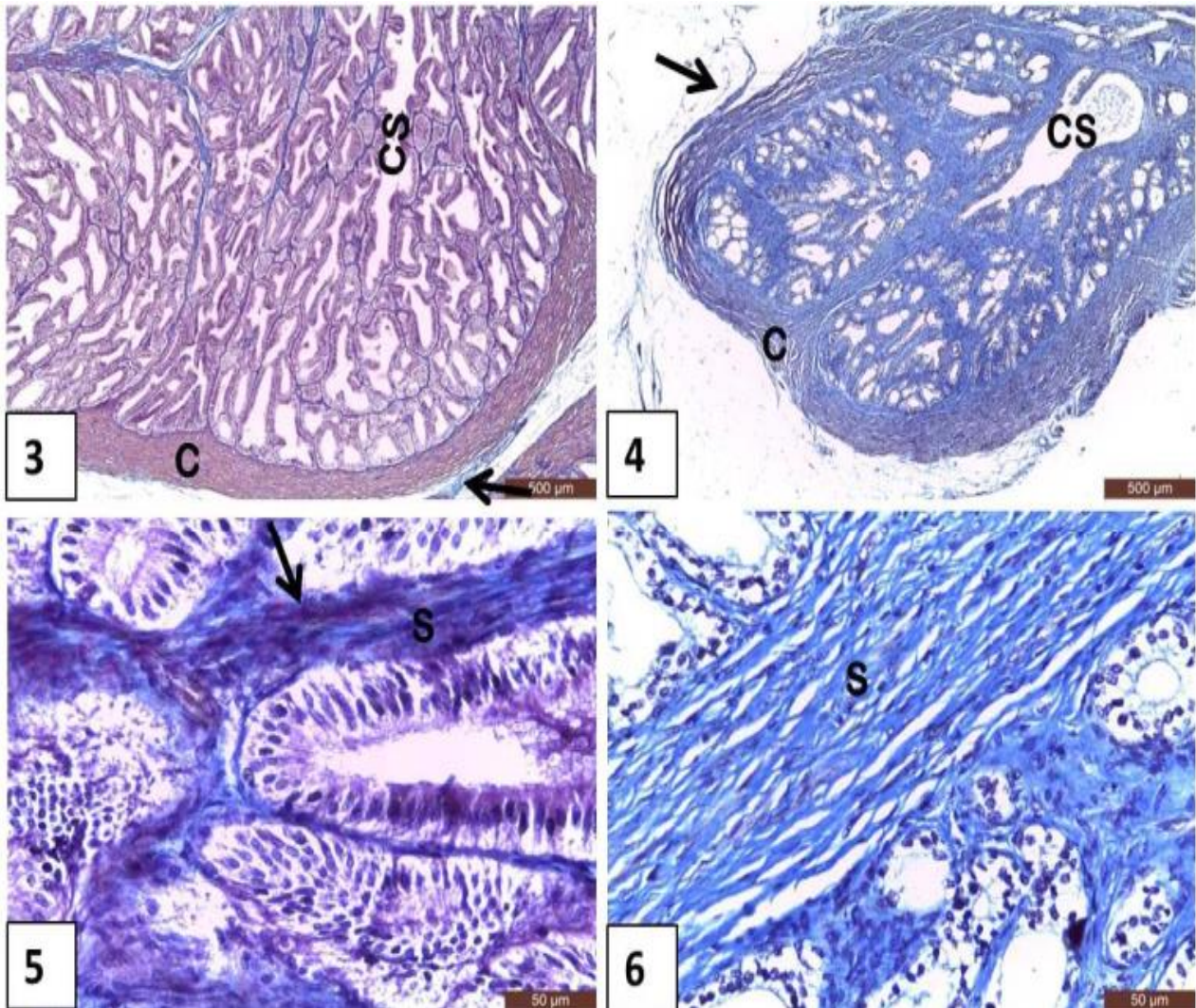


Рис. 4.3. і 4.4. Фотомікрофотографії везикулярної залози некастрованих і кастрованих бугаїв, що показують м'язову капсулу (C), перикапсулярну пухку сполучну тканину (стрілка) і збірний синус (CS) відповідно. Трихромне забарвлення за Массоном. Масштаб = 500 мкм

Рис. 4.5. Фотомікрофотографія везикулярної залози некастрованого бугая, що демонструє велику кількість гладком'язових клітин (стрілка) у міжчасточкових перегородках (S). Трихромне забарвлення за Массоном. Масштаб = 50 мкм

Рис. 4.6. Фотомікрофотографія везикулярної залози кастрованого бугая, на якій видно товсті міжчасточкові перегородки (S), що містять мало гладком'язових клітин. Трихромне забарвлення за Массоном. Масштаб = 50 мкм

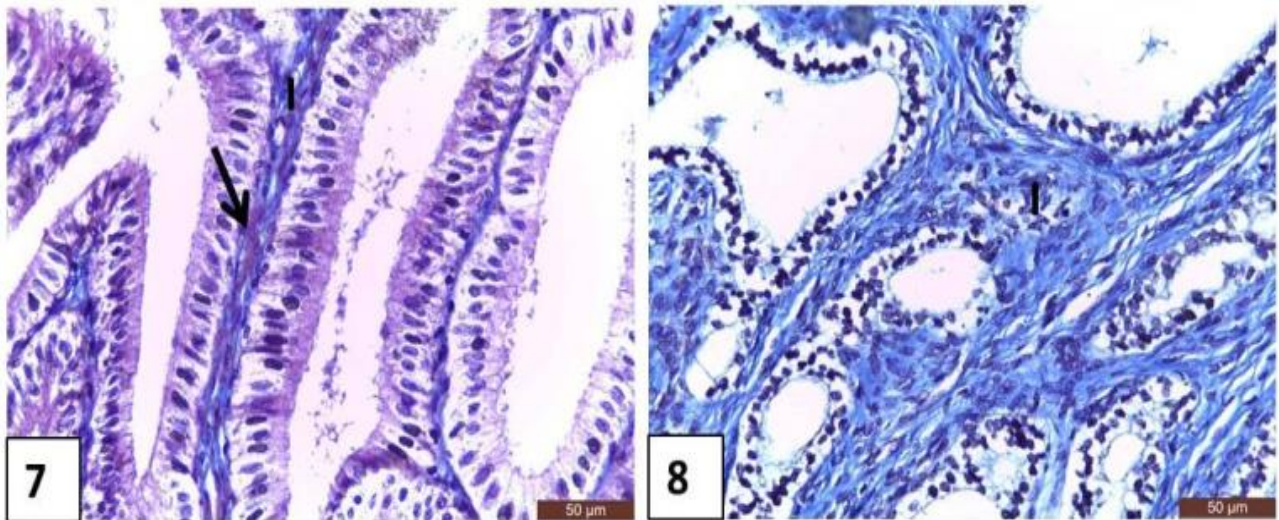


Рис. 4.7. Фотомікрофотографія везикулярної залози некастрованого бугая, на якій видно тонку міжацинарну сполучну тканину (I), що містить гладком'язові клітини (стрілка). Трихромне забарвлення за Массоном. Масштаб = 50 мкм

Рис. 4.8. Фотомікрофотографія везикулярної залози кастрованого бугая, на якій видно товсту міжацинарну сполучну тканину (I), що містить переважно колагенові волокна без гладком'язових клітин. Трихромне забарвлення за Массоном. Масштаб = 50 мкм

Міхурцева залоза бугаїв була компактною та часточковою, вкрита м'язовою капсулою, від якої відходять фіброзно-м'язові перегородки, що поділяють залозу на неправильні нерівні часточки. Кожна часточка була утворена численними секреторними ацинусами і невеликою кількістю міжацинарної сполучнотканинної строми. Кожна часточка мала центральний збірний синус для збору секрету з різних ацинусів. Як секреторні ацинуси, так і центральні збірні синуси були вистелені переважно псевдостратифікованим стовпчастим епітелієм, який складався переважно з секреторних стовпчастих клітин і невеликої кількості дрібних базальних клітин. Секрет виділявся апокринним шляхом. У кастрованих бугаїв було більше сполучної тканини і менше ацинарних компонентів порівняно з некастрованими бугаями. Це свідчить про гістологічну різницю між міхурцеподібною залозою кастрованих і некастрованих бугаїв, що вказує на вплив кастрації на її структуру. На рисунках 4.1 – 4.14

наведено мікрофотографії везикулярної зони у некастрованих і кастрованих бугаїв (М. А. Emam, E. El-Zoghby, B. Abughrien, 2016).

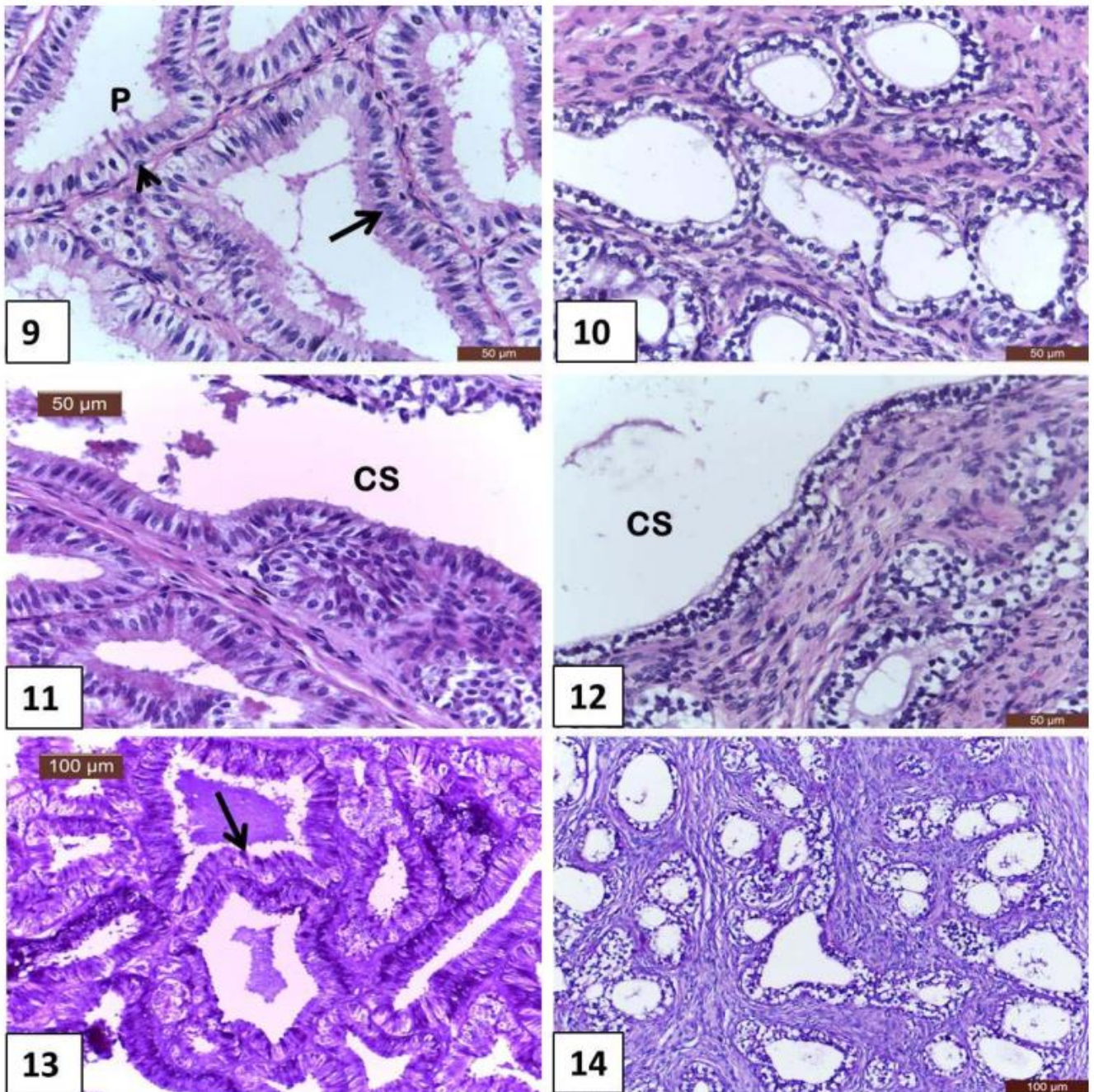


Рис. 4.9. Фотомікрофотографія везикулярної залози некастрованих бугаїв, що демонструє вистилаючий епітелій ацинусів: секреторні стовпчасті клітини (стрілка), декілька дрібних базальних клітин (наконечник стрілки) та ацидофільні пухирчасті апікальні виступи (Р). Гістологічне дослідження. Масштаб = 50 мкм

Рис. 4.10. Фотомікрофотографія везикулярної залози кастрованих бугаїв, що демонструє вистилаючий епітелій ацинусів. Зверніть увагу на нижчий епітелій, ніж у некастрованих бугаїв. Це були переважно кубічні або низькі стовпчасті епітеліоцити. Н&Е. Масштаб = 50 мкм

Рис. 4.11. і 4.12. Фотомікрофотографії везикулярної залози некастрованих і кастрованих бугаїв відповідно, що показують центральний збірний синус (ЦС), вистелений псевдостратифікованим стовпчастим епітелієм. Масштаб = 50 мкм

Рис. 4.13. і 4.14. Фотомікрофотографії везикулярної залози некастрованих і кастрованих бугаїв, що показують позитивну реакцію на PAS у деяких секреторних клітинах ацинусів (стрілка). Методика PAS. Масштаб = 100 мкм

Загалом, гістологічне дослідження міхурцеподібних залоз бугаїв показало, що вони складаються зі строми та паренхіми. Строма міхурцеподібних залоз утворена капсулою, перегородками та міжацинарною сполучною тканиною (рис. 4.1 і 4.2). Капсула міхурцеподібних залоз складалася переважно з гладком'язових шарів, які ззовні вкриті пухкою сполучною тканиною як у статевозрілих некастрованих (рис. 4.3), так і у кастрованих бугаїв (рис. 4.4). Від капсули відходили численні перегородки, які впадали в паренхіму, поділяючи залозу на багаточасточкові дольки. Міжчасточкові перегородки васкуляризовані щільною колагеновою сполучною тканиною, що містить велику кількість гладком'язових клітин (рис. 4.5) у некастрованих бугаїв, але у кастрованих бугаїв перегородки товстіші і з меншою кількістю гладком'язових клітин (рис. 4.6). Міжацинарна сполучна тканина, оточувала кожен ацинус. У некастрованих бугаїв міжацинарна сполучна тканина тонша і містить більше гладком'язових клітин (рис. 4.7), тоді як у кастрованих бугаїв вона товстіша і містить менше гладком'язових клітин (рис. 4.8).

Паренхіма кожної часточки сформована з секреторних ацинусів та центральної збірної пазухи. Ацинуси багаточисленні у некастрованих бугаїв (рис. 4.1 і 4.3), але їх кількість менша у кастрованих бугаїв (рис. 4.2 і 4.4). Ацинуси вистелені

псевдостратифікованим стовпчастим епітелієм, що складається переважно з секреторних стовпчастих клітин з поодинокими дрібними базальними клітинами. У некастрованих бугаїв секреторні стовпчасти клітини вакуолізовані.

Ядра овальної або яйцеподібної форми, більшість з ацидофільними пухирчасимі апікальними відростками (рис. 4.9). Однак у кастрованих бугаїв висота вистилаючого епітелію нижча, ніж у некастрованих, де він був представлений переважно кубоподібними або низькостовпчастими клітинами (рис. 4.10). Центральний колекторний канал кожної часточки вистелений псевдостратифікованим стовпчастим епітелієм як у кастрованих, так і у некастрованих бугаїв (рис. 4.11 і 4.12). Вся базальна мембрана ацинусів, секреторні стовпчасти клітини, пухирчасті виступи та секрет виявляли позитивну реакцію на PAS як у кастрованих, так і у некастрованих бугаїв (Рис. 4.13 і 4.14). (М. А. Emam, E. El-Zoghby, B. Abughrien, 2016)

Передміхурова залоза (простата) у бугаїв складається з двох частин злитих в одну. Тіло залози розміщене над місцем з'єднання тазової частини сечостатевого каналу з шийкою сечового міхура, воно має біля 4 см в довжину, 1 см в ширину і 1 см в товщину. Інша частина залози (розсіяна частина) оточує тазову частину сечостатевого каналу, яка з дорсальної сторони більш потовщена, ніж з центральної і відкривається в цей канал декількома протоками з невеликими отворами (В. А. Яблонський та ін., 2011).

Передміхурова залоза (простата) вистелена простими циліндричними секреторними клітинами, які є джерелом чоловічого антиаглютиніну, і як вважають, виділяє рідину багату на мінеральні речовини. Секрети простатою бугаїв виділяються майже миттєво (А. В. Дудаш, Л. Ю. Кириленко, 1996, І. І. Карташов, Г. С. Шарапа, 1991)

Секрет передміхурової залози розбавляє кашкоподібну масу спермій, вимиває їх залишки із просвіту уретрального каналу і виводить спермій із стану анабіозу (І. Б. Кузнєцова, С. І. Ковтун, Н.Я. Мелешко, 1998).

Секрет простати містить невелику кількість розчинних речовин (1-2 %). Секрет простати у бугаїв рідкий, майже прозорий, рН біля 6,5, у ньому мало білків (менше 1 %), але є вільні амінокислоти, переважно глютамінова. Секрет простати містить також ферменти,

мінеральні речовини, цукор (сліди), простагландини, вазопресин, які сприяють скороченню матки і звуженню кровоносних судин. Крім того, секрет простати бугаїв містить значну кількість лимонної кислоти, цинку і антигглютиніну (В. П. Олешко 2010).

Вміст білків в простатичному секреті бугаїв незначний (менше 1%). У секреті простати виявлено протеази і вільні амінокислоти, а також такі ферменти, як: амілаза, кисла фосфатаза, фібринолітичний фермент, глюкуронідаза, муциназа, молочна дегідрогеназа. В сольовому складі його переважають хлористий натрій, який складає більше 90 % усіх солей цього секрету, решта – калій, кальцій, цинк, фосфат бікарбонат і цитрат. Високий вміст цинку є характерною особливістю простатичного секрету (І. І. Карташов, Г. С. Шарапа, 1991).

Цибулинні, або куперові залози у бугаїв розміщені по одній з кожної сторони сечостатевого каналу в тазовій частині приблизно на 10-12 см позаду від передміхурової залози і частково входять в цибулинно-кавернозний синус. Вони мають яйцеподібну форму (2,8 см. довжини і 1,8 см товщини). Протоки обох залоз відкриваються в один отвір сечостатевого каналу. Вони виробляють в'язку слизоподібну рідину (В. А. Яблонський та ін., 2011).

Секрет цибулинних залоз (рН 7,8-8) промиває слизову оболонку сечостатевого каналу від залишків сечі, в цьому виявляється його санітарна функція, на активність сперми він не впливає.

Нормальна сперма бугая має слабокислу реакцію, рН коливається від 6,6 до 6,9, в середньому біля 6,75. Сперма бугая доброї якості буває більш кислою ніж сперма з низькою концентрацією спермій. Сперма поганої якості вміщує відносно більше секретів із уретральних і додаткових залоз (L. Johnson, 1991).

Дослідженнями також встановлено, що тестостерон виявляє суттєвий вплив на ріст і посилення функції придаткових статевих залоз, міхурцеподібних і простати, у бугаїв-плідників (В. Devkota et al., 2008).

5. ВІКОВІ ЗМІНИ РІВНЯ ГОНАДОТРОПНИХ ТА ГОНАДАЛЬНИХ ГОРМОНІВ

Статева функція бугаїв регулюється центральною нервовою та ендокринною системами. Остання включає гіпоталамус – гіпофіз – сім'яники – інтерстиціальні ендокриноцити сім'яника (клітини Лейдіга) та діє за принципом прямих і зворотних зв'язків. Центри гіпоталамусу продукують гонадотропін рилізінг гормони (ГнРг), які стимулюють секрецію гонадотропних гормонів аденогіпофіза. В аденогіпофізі продукуються гонадотропні гормони – лютеїнізуючий (ЛГ) і фолікулостимулюючий (ФСГ), що безпосередньо впливають на сім'яники. ЛГ і ФСГ є глікопротеїдами. Вони складаються з α - і β -субодиниць (А. О. Слюсарев, С. В. Жукова, 1992; I. W. Allan, D. S. Irvine, M. Macnamee, 1997; H. D. Dellmann, J. A. Eurell, 1998; A. S. Goldman, B. H. Shapiro, A. W. Root, 1973; G. B. Martin et al., 1994; A. A. Moura, B. H. Erickson, 2001; B. D. Schanbacher, 1982; F. M. Schultz, J. D. Wilson, 1975).

З настанням статевої зрілості (у віці бугайців 6-8 місяців) сім'яники піддаються дії гонадотропнів гіпофізу, які посилено синтезуються. Фолікулостимулюючий гормон стимулює розвиток звивистих сім'яних каналців у сім'яниках та сперматогенез. Лютеїнізуючий гормон стимулює інтерстиціальні клітини, які є основним джерелом андрогенів. Утворення андрогенів у бугаїв починається у віці біля шести місяців і досягає максимуму в 8-річному віці (B. D. Cowan, 1997; D. I. Foster, J. F. Roach, F. J. Karsch, 1972; D. D. Lustra, J. J. Ford, S. E. Echternkamp, 1978; A. A. Moura, B. H. Erickson, 1997; A. Spaliviero et al., 2004).

Рівень тестостерону у організмі плідників має значний вплив на їх ріст і розвиток, активність сперматогенезу, якісні та кількісні показники сперми, формування первинних і вторинних статевих ознак, анаболічні процеси у м'язовій та кістковій тканинах. Тестостерон впливає на нормальну статеву функцію, активує статевий потяг (J. P. Aravindakshan et al., 2000; J. A. Blaquer, M. S. Cameo, M. H. Burgos, 1972; D. J. Dierschke, S. W. Walsh, R. J. Mapletoff, 1975; A. C. Evans et al., 1995; A. S. Goldman et al., 1972; W. R. Gomes et al., 1973; P. Hartl, 1990; N. Josso, M. G. Forest, J. J. Picard, 1975; J. A. Resko, 1970).

Інтенсивність дихання та виживаність сперміїв, активність ферментів сукцинатдегідрогенази та цитохромоксидази, вміст глюкози, фруктози та суми цукрів, вміст РНК і ДНК, загальної кількості білків та імуноглобулінів з віком бугаїв-плідників та з підвищенням кількісних і якісних показників спермопродукції збільшувалися. За цими ж показниками спостерігалися міжпородні відмінності. Частка впливу об'єму еякуляту на біохімічні та фізіологічні параметри сперми в залежності від показника складала 17,35-71,72 %, концентрації сперміїв – 7,20- 63,86 %, загальної кількості сперміїв в еякуляті – 6,08-73,53 %, рухливості сперміїв – 8,25-51,35 %, віку бугаїв – 9,84-65,13 % та породи – 4,16-25,46 % (В. В. Федорович, 2006, В.В. Федорович, Є. І. Федорович, Й.З. Сірацький, 2007).

С. С. Волковим (2009) доведено, що вміст тестостерону в крові бугаїв-плідників старшої вікової групи був вірогідно ($P < 0,01$) більшим, ніж у молодих.

Вміст стероїдних гормонів у крові молодих бугайців та дорослих плідників має суттєві відмінності, зумовлені віковими особливостями стероїдогенезу. Так, у дорослих плідників прогестероно-естрадіолове співвідношення вдвічі менше, ніж у молодих, що зумовлено вдвічі нижчим рівнем прогестерону в крові (J. A. Spaliviero et al., 2009).

Початок статевої зрілості у бугайців регулюється часом раннього вивільнення гонадотропіну (GnRH) з гіпоталамуса, на який впливає рівень годівлі під час їх вирощування. С. J. Byrne et al. (2017) досліджували вплив рівня годівлі на швидкість росту, розвиток мошонки, концентрацію метаболітів і індуковане екзогенним гонадотропіном (GnRH) вивільнення лютеїнізуючого гормону (ЛГ), фолікуло-стимулюючого гормону (ФСГ) і тестостерону (ТТ) у препубертатних бугаїв двох контрастних молочних порід. Бугайці голштино-фризької та джерсейської породи отримували високий або низький рівень годівлі у віці від 3 до 49 тижнів. Інтенсивний забір крові проводився у віці 16, 24 і 32 тижнів кожні 15 хвилин від 30 хвилин до внутрішньовенного введення екзогенного гонадотропіну (GnRH) до 135 хвилин після. Бугайці при високому рівні годівлі мали вищу концентрацію ЛГ у відповідь на GnRH ($P < 0,05$), але не встановлено впливу породи ($P > 0,05$). Концентрація ФСГ не залежала від породи та рівня годівлі, але концентрації ФСГ

зменшувалися з віком ($P < 0,01$), тоді, як на вміст ЛГ вік не впливав ($P > 0,05$). Джерсейські бугайці, особливо ті, що перебували на високому рівні годівлі, мали вищу продукцію ТТ у препубертатний період ($P < 0,001$). Дані дослідження чітко демонструють, що бугайці з високим рівнем годівлі досягали статевої зрілості раніше, ніж бугайці з низьким її рівнем. Високий рівень годівлі позитивно впливає на рівень репродуктивних гормонів, які мають вирішальне значення для ендокринологічної функції гіпоталамо-гіпофізарно-тестикулярної осі у вирощуванні бугайців молочного напрямку продуктивності.

Раннє підвищення рівня ЛГ, яке зазвичай відбувається у віці від 10 до 20 тижнів, є одним із найважливіших факторів у визначенні віку настання статевої зрілості у бугайців (N. C. Rawlings, A. C. O. Evans, 1995).

Секреція ЛГ не проявляється до 8-тижневого віку бугайців (R. E. Rodriguez, M. E. Wise, 1989), що вказує на припинення інфантильного періоду і початок препубертатного періоду. Те саме дослідження також продемонструвало, що частота пульсуючого вивільнення GnRH (гонадотропий гормон) протягом 10-годинного періоду збільшується вдвічі у віці від 2 до 12 тижнів. Секреція ФСГ зазвичай висока після народження і залишається підвищеною до ~20-тижневого віку, після чого вона знижується, досягаючи найнижчої позначки у ~25-тижневому віці (L. F. C. Brito, 2014).

Системні концентрації тестостерону (ТТ), зареєстровані у бугайців до 24-тижневого віку низькі. Після цього віку рівень тестостерону збільшується, що збігається зі швидким ростом сім'яників (N. Rawlings et al., 2008).

Відомо, що гонадотропні гормони гіпофізу та андрогени сім'яників мають значний вплив на ріст і розвиток організму бугайців, розвиток у них сім'яників і становлення сперматогенезу. Важливим є вивчення цього впливу для бугайців у віковому аспекті.

Як відомо фолікулостимулюючий гормон стимулює ріст і розвиток сім'яників, розвиток звивистих сім'яних каналців, сперматогенез у клітинах Сертолі. Основною функцією лютеїнізуючого гормону є вплив на клітини Лейдіга і, як наслідок на рівень виділення основного чоловічого андрогену – тестостерону.

Під час препубертатного розвитку проліферація клітин Сертолі стимулюється ФСГ, але пригнічується концентрацією тиреоїдних гормонів. У бугаїв концентрація тироксину негативно корелювала з розміром сім'яників у період статевого дозрівання Ці спостереження призвели до розробки гормональних методів на ранніх стадіях розвитку для посилення продукції сперми. Введення ГнРГ бугайцям у препубертатному віці (120 мкг/кг) з 4 по 8 тижнів прискорювало статеве дозрівання на 6 тижнів (V. Cestnik, 1998).

Бугайці, які отримували екзогенний ФСГ кожні 2 дні протягом 4-8 тижнів, мали більшу кількість клітин Сертолі у 56 тижнів і досягли статевої зрілості на 5 тижнів раніше (E. T. Vagu et al., 2004).

У іншому дослідженні, введення свинячого ФСГ (30 мг) з 35 по 91 день збільшило ендогенний ФСГ на 70 день і кількість клітин Сертолі у сім'яних канальцях на 93 день, причому збільшення ендогенного ФСГ відбулося завдяки позитивному зворотному зв'язку через активін, що продукується клітинами Сертолі. Бугаї, які отримували ФСГ, мали в середньому на 4 клітини Сертолі більше на секцію сім'яного канальця (B. R. Harstine et al., 2018).

Починаючи з місяця після народження, фетальні клітини Лейдіга дегенерують, а кількість дорослих клітин Лейдіга і недиференційованих клітин Сертолі починає швидко зростати (F. Sinowatz and W. Amselgruber 1986). Цей критичний ріст і диференціація клітин починається в період раннього стійкого постнатального збільшення секреції лютеїнізуючого гормону (ЛГ), що зумовлено збільшенням частоти імпульсів ГнРГ (N. Rawlings, A. C. O. Evans, R. K. Chandolia, E. T. Vagu 2008). Хоча концентрація ЛГ в сироватці крові залишається підвищеною протягом декількох місяців, концентрація тестостерону в сироватці крові є низькою/

A. Evans et al. (1996) дійшли висновку, що тривалість підвищеної секреції ЛГ контролюється негативним посиленням зворотним зв'язком пригнічення секреції гонадотропінів андрогенами та естрадіолом, отриманими з сім'яників. Сироваткові концентрації фолікулостимулюючого гормону (ФСГ) та інгібіну також є високими, але знижуються приблизно в той час, коли починається швидкий ріст сім'яників (A. Miyamoto et al., 1989).

Є докази, що секреція ФСГ є ключовим фактором препубертатної проліферації клітин Сертолі, яка, в свою чергу, є

критичною детермінантою щоденного виробництва сперми у бугаїв (W. Berndtson, G. Igboeli, W. Parker, 1987).

Пресперматогонії починають проліферувати і деякі сперматогонії з'являються приблизно через місяць після народження, а первинні сперматоцити з'являються у віці близько 5 місяців (S. Curtis, R. Amann, 1981). Однак сперматогенез починає швидко прогресувати лише наприкінці раннього постнатального періоду, коли збільшується секреція ЛГ і помітно знижуються сироваткові концентрації ФСГ та інгібіну (Rawling et al., 2008).

Величина секреції ЛГ між 1 і 5 місяцями після народження у бугайців безпосередньо впливає на характер росту і диференціації сім'яників, а отже, і на вік настання статевої зрілості. Evans et al., (1995) продемонстрували, що передпубертатне збільшення секреції ЛГ було вищим у бугайців з раннім початком статевої зрілості порівняно з тими, у кого вона настала пізніше. Ця різниця може бути незначним генетичним контролем, про що свідчить помірна спадковість (від 0,3 до 0,5) індукованої ГнРГ секреції ЛГ у 4-місячному віці у бугайців *B. Indicus* (N. J. Corbet et al., 2013).

Перипубертатний період, що охоплює швидкий майже лінійний ріст сім'яників і придатків, включаючи утворення просвіту в кожному сім'яному каналці, аж до статевої зрілості (A. C. Evans et al., 1996). Подальше швидке збільшення кількості клітин Лейдіга у дорослих та низькочастотні імпульси ЛГ призводять до швидкого підвищення концентрації тестостерону в сироватці крові, що зумовлює швидкий ріст сім'яників та сперматогенез (K. Wrobel, 1990; N. C. Rawlings et al., 2008). Однак ріст сім'яників у різних бугайців від 6 до 12 місячного віку значно відрізняється, що негативно впливає на точність відбору бугаїв у ранньому віці (A. D. Barth, 2013).

Сперматогенез також підтримується диференціацією клітин Сертолі, яка відбувається приблизно між 4 і 10 місяцем після народження (S. Curtis, R. Amann, 1981).

Первинні, а потім вторинні сперматоцити виявляються у бугайців між 5 і 8 місяцем після народження, а між 8 і 10 місяцем зрілі спермії присутні в просвіті сім'яних каналців (S. Curtis, R. Amann, 1981; A. C. Evans et al., 1996).

Кількість клітин Сертолі тісно корелює зі здатністю тварин до сперматогенезу. Цікаво, що існують також повідомлення про те, що тестостерон відіграє важливу роль у проліферації клітин Сертолі,

навіть у самому сім'янику, що розвивається (L. D. Russell, R. N. Peterson, 1984; L. R. França, L. D. Russell, 1998; M. C. Leal et al., 2004; H. Johnston et al., 2004; H. M. Scott et al., 2007; R. M. Sharpe, 2010).

S. K. Rajak et al. (2014) показали взаємозв'язок різних клітин та індексів сім'яників з концентрацією тестостерону. Співвідношення між різними клітинами сім'яників та їхніми індексами і концентрацією периферичного тестостерону в індиферентних вікових групах представлено в таблиці 5.1. У бугайців пропорції сперматоцитів позитивно корелювали з концентрацією тестостерону, а співвідношення сперматогенних клітин до клітин Сертолі – негативно ($P < 0,01$). У молодих бугаїв кількість клітин Сертолі на 100 статевих клітин негативно корелювала з концентрацією тестостерону ($p < 0,01$). Однак не було виявлено достовірного зв'язку між жодною з клітин сім'яників та їхніми індексами з концентрацією тестостерону у дорослих бугаїв.

5.1 Коефіцієнти кореляції зв'язку концентрації тестостерону з кількістю та індексами клітин сім'яників у бугаїв-плідників різних вікових груп

Клітини та індекси сім'яників	Концентрація тестостерону(нг/мл)		
	Бугайці (6 місяців; n = 5)	Молоді Бугайці (15 місяців; n = 5)	Дорослі бугаї (від 4 до 6 років; n = 8)
Сперматогонії	-0,146	0,028	-0,182
Первинні сперматоцити	0,719*	0,006	0,193
Ранні спермії	-0,679	-0,014	0,110
Пізні спермії	-0,062	-0,018	0,108
Спермії	-	-0,069	0,135
Клітини Сертолі	0,269	0,019	-0,072
Сперматозоїдний індекс	-	-0,070	-0,071
Індекс клітин Сертолі	0,258	0,016	-0,053
Співвідношення сперміїв до клітин Сертолі	-	-0,064	0,008
Співвідношення сперматогенних клітин до клітин Сертолі	-0,371*	-0,006	0,134
Клітини Сертолі/100 статевих клітин	0,258	-0,713*	-0,056

* Вказує на значний зв'язок між парою змінних ($p < 0,001$).

S. K. Rajak et al. показали зв'язок між концентрацією тестостерону та якісними характеристиками сперми бугаїв. Середнє значення ($\pm$ SE) масової активності, індивідуальної рухливості (%), життєздатності (%), цілісності акросом (%) та непошкоджених мембраною сперматозоїдів (%) становило $2,38 \pm 0,31$, $55,61 \pm 4,16$, $68,79 \pm 4,95$, $97,44 \pm 0,19$ та $41,69 \pm 2,93$ відповідно. Концентрація тестостерону в периферичній крові позитивно корелювала з об'ємом еякуляту і негативно – з індивідуальною рухливістю ($p < 0,05$). Інші досліджувані параметри сперми не мали достовірної кореляції з концентрацією тестостерону в крові.

Біологічна дія тестостерону багатогранна. Його рівень у організмі плідників має значний вплив на їх ріст і розвиток, активність сперматогенезу, якісні та кількісні показники сперми, формування первинних і вторинних статевих ознак, анаболічні процеси у м'язовій та кістковій тканинах. Тестостерон впливає на нормальну статеву функцію, активує статевий потяг.

A. L. C. Velho et al. (2018) запропонували використовувати фруктозу плазми сперми як біомаркер для визначення фертильності бугаїв.

Рівні тестостерону як у сироватці, так і в плазмі позитивно пов'язані з якістю сперми та її фертильністю (E. A. Almadaly, M. A. Ashour, I. I. El-Kon, B. A. Heleil, 2019; E. A. Almadaly et al., 2021; A. Kumar et al., 2021)

ЛГ, і ФСГ регулюють синтез тестостерону в клітинах Лейдіга, а також відповідають за фертильність, і це сприяє виробленню сперми у бугаїв. Ймовірно, це пов'язано з тим, що тестостерон регулює функцію сім'яників, зокрема функцію клітин Сертолі, а також відіграє вирішальну роль у процесі сперматогенезу (E. Hafez, B. Hafez, 2013; M. Griswold, 2005).

Нещодавно було доведено, що рівень тестостерону плазми сперми позитивно пов'язаний із концентрацією сперміїв і часткою рухомих сперміїв у бугаїв-плідників (D. Dasrul et al. 2020).

І ФСГ, і ЛГ регулюють синтез тестостерону та підтримують фізіологічний перебіг сперматогенезу, життєздатність і щільність сперми (P. Kavoussi, R. Costabile, A. Salonia, 2012)

Крім того, низькі рівні ФСГ порушують активність клітин Сертолі, що призводить до зниження фертильності або навіть до безпліддя (I. Shimon, A. Lubina, M. Gorfine, J. Ilany, 2006).

Зміни на клітинному рівні сім'яників можуть призвести до змін репродуктивних гормонів у самців. Збільшення віку бугаїв пов'язане з підвищенням рівня фолікулостимулюючого гормону (ФСГ) та зниженням рівня тестостерону в сироватці крові. Ці зміни безпосередньо спричиняли порушення процесів сперміогенезу та сперматогенезу внаслідок старіння, що призводить до змін якості сперми, таких як об'єм сперми, концентрація сперміїв та загальна кількість сперміїв (Johnson et al. 1990; Tesi et al. 2020, M Bhakat та ін. (2011).

Нами були проведені дослідження із встановлення вікових змін рівнів фолікулостимулюючого і лютеїнізуючого гормонів у плазмі крові бугайців (табл. 5.2) (М. В. Павлюк, С. О. Вовк, 2010, 2013).

Встановлено, що рівні фолікулостимулюючого гормону коливалися від $0,8 \pm 0,04$ до $1,8 \pm 0,03$ нг/мл, а лютеїнізуючого гормону від $0,2 \pm 0,02$ до $0,82 \pm 0,02$ нг/мл.

5.2 Рівень гонадотропних гормонів у крові бугайців залежно від віку, нг/мл, $M \pm m$ (n=5)

Вік тварин, міс	Гормони	
	Фолікулостимулюючий, нг/мл	Лютеїнізуючий, нг/мл
1	$1,2 \pm 0,04$	$0,2 \pm 0,02$
2	$1,2 \pm 0,03$	$0,4 \pm 0,01$
3	$1,5 \pm 0,05$	$0,75 \pm 0,01$
4	$0,8 \pm 0,04$	$0,4 \pm 0,06$
5	$1,3 \pm 0,03$	$0,3 \pm 0,03$
6	$1,3 \pm 0,04$	$0,15 \pm 0,03$
7	$1,7 \pm 0,06$	$0,25 \pm 0,04$
8	$1,2 \pm 0,04$	$0,8 \pm 0,02$
9	$1,8 \pm 0,03$	$0,3 \pm 0,04$
10	$1,3 \pm 0,07$	$0,5 \pm 0,02$
11	$1,1 \pm 0,04$	$0,75 \pm 0,05$
12	$1,2 \pm 0,08$	$0,79 \pm 0,03$
13	$1,1 \pm 0,03$	$0,82 \pm 0,02$

Впродовж першого року життя у плазмі крові бугайців рівні ФСГ та ЛГ мають характерні коливання. Рівень фолікулостимулюючого гормону зростав у бугайців 3-, 7- та 9-місячного віку, а рівень лютеїнізуючого гормону – у бугайців 3-, 8- та 12-місячного віку. Спостерігалось випереджувальне зростання рівня фолікулостимулюючого гормону.

Лютеїнізуючий гормон стимулює виділення основного чоловічого статевого гормону – тестостерону ендокриноцитами сім'яника або клітинами Лейдіга. Нами було досліджено виділення тестостерону у бугайців впродовж першого року їхнього життя (табл. 5.3) (М. В. Павлюк, С. О. Вовк, 2010, 2013).

5.3 Рівень тестостерону в крові бугайців у залежності від віку, нг/мл, $M \pm m$ (n=5)

	Вік, міс												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Тестостерон, нг/мл	0,3 $\pm$ 0,04	0,5 $\pm$ 0,03	1,1 $\pm$ 0,02	1,8 $\pm$ 0,04	0,8 $\pm$ 0,08	0,7 $\pm$ 0,05	1,0 $\pm$ 0,04	2,8 $\pm$ 0,08	4,6 $\pm$ 0,06	5,4 $\pm$ 0,04	5,5 $\pm$ 0,07	5,4 $\pm$ 0,06	5,5 $\pm$ 0,03

Із даних таблиці видно, що рівень тестостерону в крові бугайців мав значні коливання у віковому аспекті. Так у бугайців місячного віку він був на рівні $0,3 \pm 0,04$ нг/мл, до 4-місячного віку бугайців рівень тестостерону зріс у 6 разів і становив $1,8 \pm 0,04$ нг/мл, у 5-7-місячному віці рівень тестостерону дещо знизився і становив $0,7 \pm 0,05$ – $1,0 \pm 0,04$ нг/мл. Починаючи із 8-місячного віку бугайців, рівень тестостерону почав різко зростати до $5,4 \pm 0,04$ нг/мл в 10-місячному віці, після чого знаходився майже на одному рівні. За перший рік життя у тварин рівень тестостерону зріс у 18 разів.

Аналізуючи динаміку рівня виділення тестостерону в залежності від секреції лютеїнізуючого гормону був побудований графік представлений на рисунку 5.1. (М. В. Павлюк, С. О. Вовк, 2010, 2013).

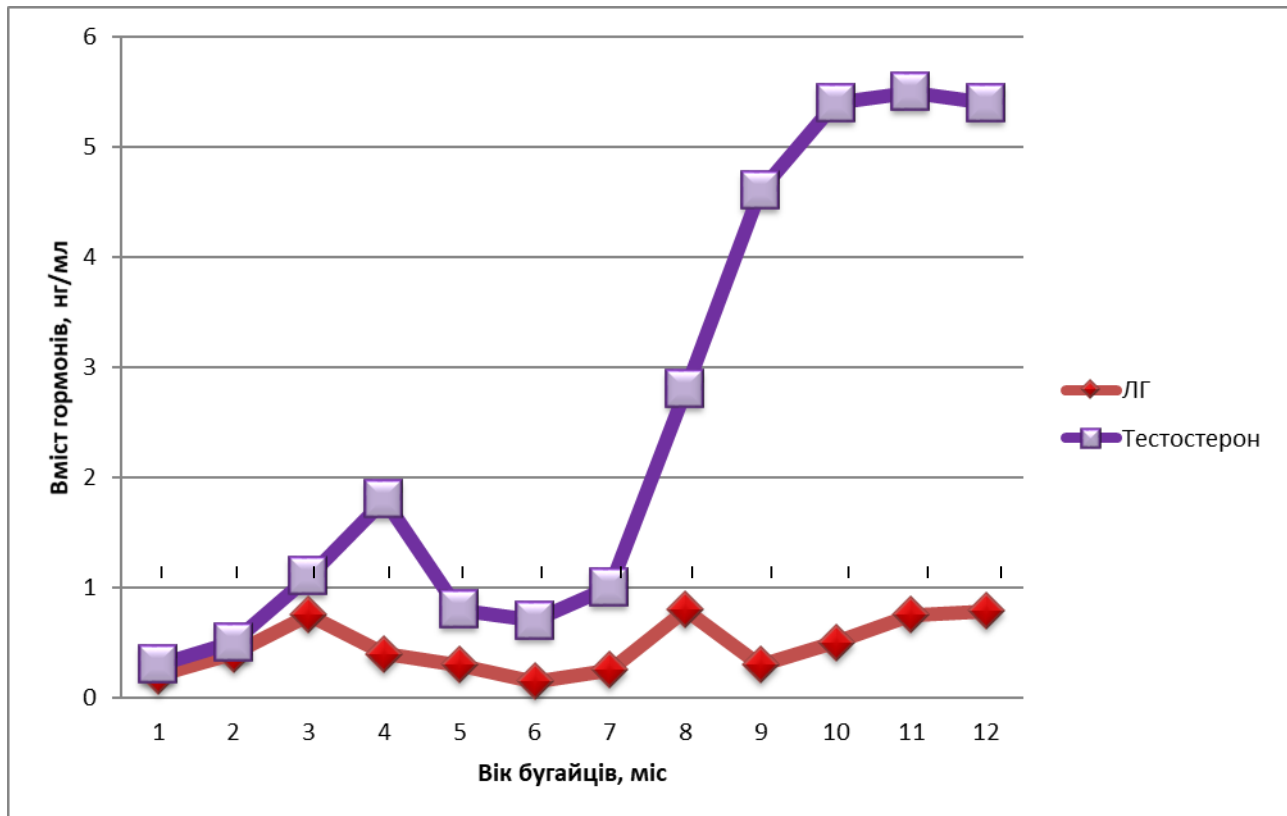


Рис 5.1. Динаміка рівня тестостерону та лютеїнізуючого гормону у крові бугайців упродовж першого року життя

Як видно із рисунка крива вмісту тестостерону у плазмі крові бугайців, після 4-місячного віку знижується, та починаючи із 7-місячного віку бугайців різко підвищується до 10-місячного віку, після чого утримується на високому рівні до річного віку. Зростання рівня секреції лютеїнізуючого гормону відбувається дещо раніше, у 3- та 8-місячному віці бугайців.

Зростання рівнів виділення лютеїнізуючого гормону передують виділенню гормону тестостерону. У 10-12-місячному віці бугайців кількості лютеїнізуючого гормону та тестостерону встановлюються на досить високому рівні, у них не відбувається значних коливань.

Нашими дослідженнями встановлено, що початок сперматогенезу у бугайців подільського заводського типу української чорно-рябої молочної породи настає у 4-5 місячному віці, а активний сперматогенез настає в 8-9 місячному віці. Впродовж першого року життя у плазмі крові бугайців рівні фолікулостимулюючого та лютеїнізуючого гормонів мають характерні коливання. Рівень фолікулостимулюючого гормону зростає у бугайців 3-, 7- та 9-місячного віку, а рівень лютеїнізуючого

гормону – у бугайців 3-, 8- та 12-місячного віку. Спостерігалось випереджувальне зростання рівня фолікулоstimулюючого гормону. Зростання рівнів виділення лютеїнізуючого гормону передувало виділенню гормону тестостерону. Рівень тестостерону в крові бугайців подільського заводського типу української чорно-рябої породи мав значні коливання у віковому аспекті. За перший рік життя у тварин рівень тестостерону зріс у 18 разів (М. В. Павлюк, С. О. Вовк, 2010, 2013).

6. ВІКОВІ ФІЗІОЛОГІЧНІ ТА БІОХІМІЧНІ ЗМІНИ У СІМ'ЯНИКАХ, ЇХ ПРИДАТКАХ ТА МІХУРЦЕВИХ ЗАЛОЗАХ БУГАЙЦІВ

Сперма – це секрет чоловічих статевих залоз, який складається з рідкої частини – плазми і статевих клітин (сперміїв). Плазма сперми це неоднорідна рідина, яка утворюється шляхом змішування секрету придатка та додаткових статевих залоз – передміхурової, цибулинних, міхурцеподібних і уретральних. Вона складна за складом і включає залежно від виду тварин різну кількість речовин. В спермі знайдено мінеральні речовини (калій, натрій, кальцій, магній, фосфор, сірку, хлор, азот), небілковий азот, ліпіди, редуруючі речовини, молочну кислоту, лимонну кислоту, фруктозу та інші цукри. В їх склад входять багато ферментів та ряд інших речовин (С. Л. Войтенко, О. О. Васильєва, Л. В. Вишневський, Б. С. Шаферівський, 2018)

Відомо, що рухливість сперміїв тісно пов'язана з інтенсивністю обміну речовин, який здійснюється під впливом ряду дихальних ферментів: цитохромоксидаз, дегідрогеназ, карбоксилаз, сукцинатдегідрогеназ, рибофлавіну тощо (Б. М. Чухрій, Л. О. Клевець, Д. Д. Остапів, 1995).

Рух сперміїв здійснюється завдяки скороченню хвостика і обертанню спермія навколо поздовжньої осі завдяки асиметричній формі головки. Рух хвостика спермія відбувається завдяки енергії, яка вивільняється при розпаді аденозинтрифосфату (АТФ). В спермі бугаїв вміст аденозинтрифосфату становить від 7 до 11 мг/%; при зниженні аденозинтрифосфату до 3 мг/% і більше запліднююча здатність сперми погіршується (М. П. Давиденко, В. М. Журавель,

2005)

Науковими дослідженнями доведено пряму залежність між інтенсивністю дихання та рухливістю спермій. В процесі руху спермій АТФ у мітохондріях розщеплюється на аденозиндифосфат і фосфорну кислоту з виділенням 12 ккалорій енергії (Д. О. Мельничук, С. Д. Мельничук, М. В. Маренець, 2000).

М. П. Шергін (1967) вивчаючи дихання спермій барана, бугая, жеребця, кнура показав, що дихання спермій проходить так, як і дихання інших клітин і по своїй інтенсивності майже рівне диханню клітин паренхімних органів. За обміном речовин він поділив сперму на два типи; до першого відніс сперму барана і бугая, в якій інтенсивно протікає гліколіз і дихання при наявності великої кількості цукрів. До другого типу він відніс сперму жеребця і кнура, в ній знайдені тільки сліди цукрів, а тому в ній переважають процеси дихання над гліколізом.

Д. Д. Остапів (2000, 2008), С. П. Хомин, Д. Д. Остапів, С. Й. Кава (1998, 2000) вказують, що інтенсивність дихання сперми змінюється з віком бугаїв. Зокрема, у спермі 2-3-річних бугаїв інтенсивність споживання кисню становить $26,5 \pm 4,70$ нг/атом $O/10^8$ спермій/хв, зі збільшенням віку до 5 років підвищується на 4,1 %, а в 6-9-річних – залишається майже на тому ж рівні ($27,0 \pm 3,35$ нг/атом $O/10^8$ спермій/хв). Частка кисню спожита мітохондріями спермій у 2-3-річних бугаїв становить $10,8 \pm 2,75$ нг/атом $O/10^8$ /хв, у 4-5-річних збільшується на 32,4 %, старших 6-річного віку знову знижується на 27,7 %. Азидрезистентне дихання у спермі плідників 4-5 років низьке ($13,1 \pm 0,99$ нг/атом $O/10^8$ /хв), у 2-3 та 6-9-річних вище, відповідно, на 19,8 та 27,4 %.

Через старіння у сім'яниках бугаїв виникає окислювальний стрес, який може спричинити перекисне окислення ліпідів (R. J. Aitken, 2020; A. Agarwal et al., 2014).

Окислювальний стрес погіршує проникність плазматичної мембрани та дисфункцію мітохондрій. Таким чином, він спричиняє зниження продукції АТФ і погіршує її відтік (S. Amaralet et al., 2013; S. Gunes et al., 2016; S. Dutta et al., 2019; Agarwal et al., 2014; S. L. B. Oberoi et al., 2014).

Одним із важливих етапів у вивченні біохімії сперми тварин стало відкриття Т. Манном (1966) наявності у спермі фруктози та фруктолізного індексу. Фруктоза є основним гліколізним цукром

сперми.

Встановлено значні відхилення вмісту фруктози і інтенсивності фруктолізу в спермі тварин різних видів. Так, в сперміїв бугая міститься 220-874 мг фруктози в 100 мл, баранів – 123-923 мг, а в сперміїв кнурів – 5-10 мг в 100 мл. Відповідно індекс фруктолізу в спермі бугаїв 1,55, баранів – 1,3, кнурів – 0,23 (М. В. Маренець, С. Д. Мельничук 2000, 2001).

Склад сперми залежить не тільки від виду тварин, на нього значний вплив має також багато чинників зовнішнього і внутрішнього характеру.

S. K. Rajak et al. (2014) показали взаємозв'язок між клітинами сім'яників, їхніми індексами та якісними параметрами сперми у дорослих бугаїв. Частка сперматогоній у цитологічному препараті сім'яників позитивно корелювала з об'ємом еякуляту ($p<0,01$), та індивідуальною рухливістю сперміїв ($p<0,05$). Частка сперматоцитів у сім'яниках мала негативну кореляцію з масовою активністю ($p<0,01$) та індивідуальною рухливістю, але частка новоутворених сперміїв мала достовірну негативну кореляцію ($p<0,01$) з об'ємом, індивідуальною рухливістю та життєздатністю сперміїв. Як частка сперміїв, так і клітин Сертолі позитивно корелювали з активністю ($p<0,001$), індивідуальною рухливістю ($p<0,001$), концентрацією сперміїв ($p<0,05$) і цілісністю мембрани ($p<0,001$).

Життєздатність спермів позитивно корелює з кількістю клітин Сертолі ($p<0,001$). Серед клітинних індексів сім'яника сперматозоїдний індекс та індекс клітин Сертолі мали позитивну кореляцію з масовою активністю ($p<0,001$), індивідуальною рухливістю ($p<0,001$), концентрацією сперміїв ($p<0,05$) та цілісністю мембрани ($p<0,001$). Сперматозоїдний індекс також мав позитивну кореляцію з життєздатністю сперміїв. Співвідношення сперміїв до клітин Сертолі та співвідношення сперматогенних клітин до клітин Сертолі мали негативну кореляцію з масовою активністю ($p<0,001$), індивідуальною рухливістю ($p<0,001$), життєздатністю ($p<0,001$) та цілісністю мембрани ($p<0,005$) сперміїв, а співвідношення сперматогенних клітин до клітин Сертолі мало негативну кореляцію з концентрацією сперміїв ($p<0,05$), (рис 6.1.), (S. K. Rajak et al., 2014).

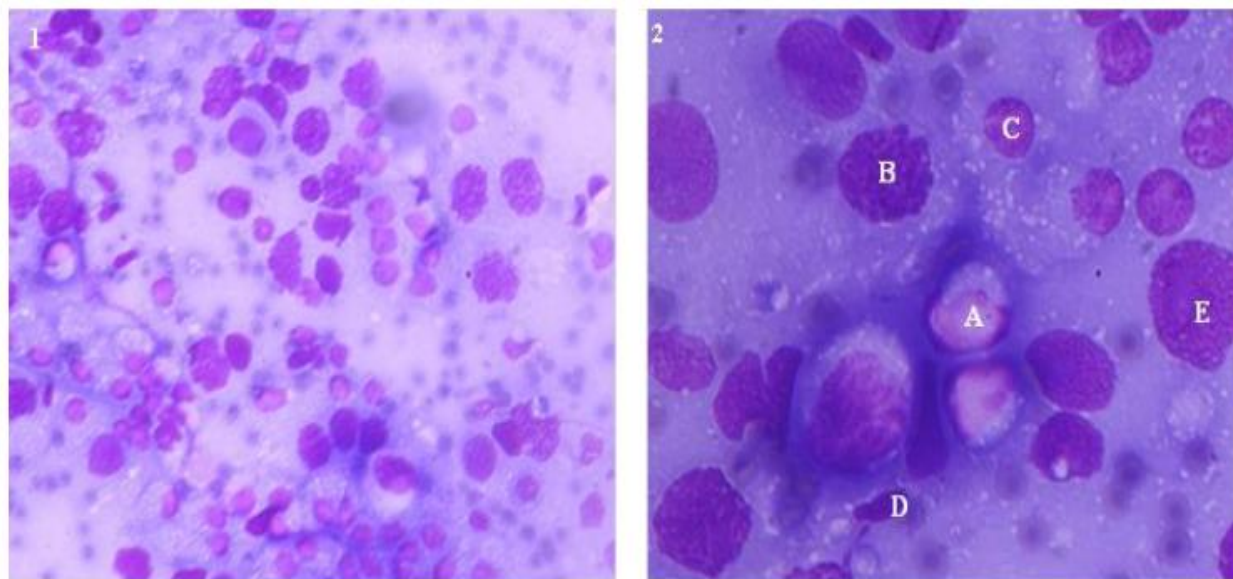


Рис. 6.1. Цитограма сім'яника при 1) 400-кратному та 2) 1000-кратному збільшенні. Клітини сім'яників вилучали у живих бугайців за допомогою тонкої голки, мазки фарбували за методом Май-Грюнвальда-Гімза. А - сперматогоній; В - сперматоцит; С - круглий спермій; D - видовжений спермій; Е - клітина Сертолі

У наступних наших дослідженнях вивчалися якісні і кількісні зміни у секреті придатків сім'яників бугайців сім'яників бугайців подільського заводського типу української чорно-рябої молочної породи залежно від віку (табл. 6.1 – 6.5; рис 6.2 – 6.3).

У таблиці 6.1 наведено результати вікових змін діаметра протоки придатків, реакції середовища його секрету та рухливості спермійів у бугайців.

6.1 Діаметр протоки, кількісні та якісні зміни секрету придатків сім'яників бугайців в залежності від віку, $M \pm m$

Вік, міс.	п	Діаметр протоки придатків, мм			рН секрету		Рухливість спермійів, балів	
		ГОЛОВ-ка	тіло	ХВОС-тик	ГОЛОВКА	ХВОСТИК	ГОЛОВКА	ХВОСТИК
1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	6	0,07± 0,01	0,12± 0,04	0,3± 0,02	-	-	-	-
4	5	0,09± 0,01	0,15± 0,02	0,4± 0,01	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	4	0,13± 0,02	0,2± 0,04	0,6± 0,04	6,8±0,18	6,5±0,24	нерухомі	нерухомі
6	6	0,15± 0,04	0,3± 0,04	0,7± 0,04	6,8±0,26	6,0±0,26	7,5±0,34	1,5±0,25
9	4	0,22± 0,04	0,6± 0,05	1,5± 0,03	6,9±0,15	6,1±0,48	7,4±0,55	1,4±0,41
12	5	0,24± 0,03	0,7± 0,02	1,8± 0,05	6,8±0,35	6,3±0,15	8,0±0,57	1,0±0,38

Із даних, приведених в таблиці 6.1 видно, що діаметр протоки придатків сім'яників з віком бугайців істотно збільшувався. Якщо в 3-місячному віці діаметр протоки головки придатків сім'яників становив $0,07 \pm 0,01$ мм, тіла – $0,12 \pm 0,04$ мм, хвостика – $0,3 \pm 0,02$ мм, то в придатках сім'яників 6-місячних бугайців ці показники відповідно становили: $0,15 \pm 0,04$; $0,3 \pm 0,04$; $0,7 \pm 0,04$ мм, а у 9-місячному віці – відповідно $0,22 \pm 0,04$, $0,6 \pm 0,05$, $1,5 \pm 0,03$ мм.

Слід відмітити, що найбільш суттєве збільшення діаметра протоки головки, тіла і хвостика протоки придатків сім'яників відбулось у бугайців за період від 6- до 12-місячного віку, відповідно в 1,6, 2,3 і 2,6 раза.

Що стосується реакції середовища секрету придатків сім'яників, то нами не виявлено істотних вікових змін цього показника.

Як видно з результатів досліджень в головці придатків рН близьке до нейтрального і становило від $6,8 \pm 0,35$ до $6,9 \pm 0,15$, а в хвостик слабо кисле і становило від $6,0 \pm 0,26$ до $6,5 \pm 0,24$.

Поряд із дослідженнями якісних вікових змін секрету придатків нами проведено визначення загальної кількості спермій у секреті придатків сім'яників бугайців подільського заводського типу української чорно-рябої молочної породи залежно від віку. Кількість спермій визначали шляхом множення кількості секрету придатків на концентрацію спермій у цьому секреті.

Кількість секрету придатків сім'яників бугайців 3-місячного віку дуже низька і становила $0,11 \pm 0,06$ мл, вона утримувалася на досить низькому рівні до 6-місячного віку тварин. Кількість секрету придатків сім'яників у 6-місячних бугайців становила $2,76 \pm 0,15$ мл, і збільшилася порівняно з 3-місячними бугайцями у 25 разів. Особливо значне збільшення кількості секрету придатків сім'яників відбувалося

у бугайців 12-місячного віку, $3,44 \pm 0,17$ мл, а в подальшому до 13-місячного віку збільшувалося незначно і становило $3,45 \pm 0,19$ мл. Зрілі сформовані спермії в секреті протоки придатків сім'яників вперше виявлені в бугайців 5-місячного віку (табл. 6.2).

Нами встановлено високий позитивний зв'язок ($r = +0,83$) між кількістю секрету придатків сім'яників у бугайців та концентрацією спермій в ньому.

Концентрація сперми і загальна кількість спермій в секреті придатків сім'яників бугайців суттєво зросли до 12-місячного віку.

6.2 Вікові зміни кількості спермій у секреті придатків сім'яників бугайців, $M \pm m$

Вік, міс	n	Кількість секрету придатків сім'яників, мл	Концентрація спермій, млрд/мл	Загальна кількість спермій у секреті придатків, млрд.
3	6	$0,11 \pm 0,06$	-	-
4	5	$0,21 \pm 0,05$	-	-
5	4	$0,54 \pm 0,08$	$0,14 \pm 0,11$	$0,08 \pm 0,01$
6	6	$2,76 \pm 0,15$	$1,21 \pm 0,15$	$3,34 \pm 0,02$
7	5	$2,89 \pm 0,18$	$1,27 \pm 0,14$	$3,67 \pm 0,02$
8	5	$3,03 \pm 0,16$	$1,84 \pm 0,20$	$5,57 \pm 0,03$
9	4	$3,19 \pm 0,24$	$2,38 \pm 0,24$	$7,59 \pm 0,06$
10	3	$3,28 \pm 0,23$	$2,64 \pm 0,22$	$8,65 \pm 0,05$
11	6	$3,36 \pm 0,24$	$2,95 \pm 0,22$	$9,91 \pm 0,05$
12	5	$3,44 \pm 0,17$	$3,37 \pm 0,28$	$11,59 \pm 0,04$
13	5	$3,45 \pm 0,19$	$3,38 \pm 0,24$	$11,66 \pm 0,05$

Аналізуючи показники загальної кількості спермій у секреті придатків сім'яників слід відмітити, що у тварин 5-місячного віку вона становила $0,08 \pm 0,01$ млрд. До 6-місячного віку кількість спермій збільшилась у 41,8 раза і становила $3,34 \pm 0,02$ млрд, до 9-місячного віку вона збільшилась у 94,9 раза і становила $7,59 \pm 0,06$ млрд, а у 12 – у 144,9 раза і відповідно становила $11,59 \pm 0,04$ млрд. В 9-місячному віці запас спермій у придатках сім'яників досягнув тижневої норми запасу при середньому використанні плідників.

Результати досліджень свідчать про істотне зростання загальної кількості спермій у секреті придатків сім'яників бугайців подільського заводського типу української чорно-рябої молочної

породи упродовж періоду від 6- до 12-місячного віку (М. В. Павлюк, С. О. Вовк, 2010).

Низкою досліджень встановлено, що при проходженні сперміями каналу придатків сім'яників в них формується ліпопротеїдна оболонка, яка покриває спермій і надає йому стійкості до умов зовнішнього середовища, набувається від'ємний електричний заряд, який запобігає аглютинації та втрачається протоплазматична крапля.

Відомо, що наявність у спермі підвищеної кількості спермійів із протоплазматичною краплею значно знижує її запліднюючу здатність.

Фертильність тісно пов'язана з часткою морфологічно нормальних спермійів у зразку (S. Attia, T. Katila, M. Andersson, 2016; S. Nagy, 2013).

R. Amann et al. (2000) повідомили, що сперма з вмістом більш ніж 30% проксимальних крапель у спермійів мають низький запліднювальний потенціал.

Проксимальні краплі частіше зустрічалися у бугайців порід *Bos indicus* і *Bostaurus*, молодших за 20 місяців, порівняно зі старшими бугаями (J. Felton-Taylor, et al., 2020).

Підвищена частка цитоплазматичних крапель, у спермі бугайців асоціюється зі зниженням фертильності при штучному заплідненні, а фертильність при ЕКЗ знижується, якщо >30% спермійів мають проміжні цитоплазматичні краплі. Однак, можливо, що молоді бугайці з 30% цитоплазматичних крапель можуть бути фертильними, якщо утримання крапель є лише фактором їхньої молодості, а не ознакою фундаментальної проблеми зі сперматогенезом (L.Söderquist, L. Janson, K. Larsson, S. Einarsson, 1991).

Виявлено негативну кореляцію між віком бугая молочної породи і часткою аномальних сперматозоїдів (J. Beran et al., 2011).

У м'ясних бугайців віком 11-18 місяців частка аномальних сперматозоїдів не відрізнялася порівняно зі старшими бугаями (A. G. Menon et al., 2011).

L. F. C. Brito et al., (2012) продемонстрували, що кількість зрілих спермійів, які характеризуються рухливістю і нормальною морфологією у 15-місячному віці була більшою порівняно з 13-місячним віком у бугаїв Ангус × Шароле та Ангус.

Як показали наші дослідження табл. 6.3, кількість спермійів з

протоплазматичною краплею у секреті придатків сім'яників у бугайців подільського заводського типу української чорно-рябої молочної породи зменшилась із $80,3 \pm 1,34$ % в 3-місячному віці до $14,6 \pm 1,82$ % в 12-місячному віці.

Найбільш виражене зменшення спермійів із протоплазматичною краплею у секреті придатків сім'яників бугайців до $14,6 \pm 1,82$ % відбулося у 12-місячному віці, що свідчить про те, що наявність протоплазматичної краплі в сперміях у секреті придатків сім'яників бугайців залежить від процесу становлення статевої функції сім'яників, яка у досліджуваних бугайців завершується у 12-місячному віці.

Нами встановлено стійкий позитивний кореляційний зв'язок ($r = +0,95$) між концентрацією сперми в секреті придатків сім'яників та живою масою бугайців.

У таблиці 6.3, М. В. Павлюк, С. О. Вовк (2010, 2011, 2012) наведено результати досліджень із вікових змін концентрації спермійів та кількості спермійів із протоплазматичною краплею в секреті придатків сім'яників у піддослідних бугайців.

6.3 Вікові зміни концентрації секрету придатків сім'яників та кількості спермійів із протоплазматичною краплею, $M \pm m$

Вік тварин, міс	n	Жива маса, кг	Концентрація спермійів, млрд/мл	Кількість спермійів з протоплазматичною краплею, %
2	3	$79,7 \pm 3,85$	-	-
3	6	$104,4 \pm 4,21$	-	-
4	5	$130,1 \pm 3,13$	-	-
5	4	$156 \pm 5,27$	$0,14 \pm 0,11$	$80,3 \pm 1,34$
6	6	$181,0 \pm 5,43$	$1,21 \pm 0,15$	$36,4 \pm 2,17$
7	5	$207,6 \pm 6,59$	$1,27 \pm 0,14$	$30,4 \pm 1,15$
8	5	$233,9 \pm 8,27$	$1,84 \pm 0,20$	$24,2 \pm 2,33$
9	4	$258,1 \pm 6,56$	$2,38 \pm 0,24$	$21,5 \pm 2,58$
10	3	$287,5 \pm 8,68$	$2,64 \pm 0,22$	$18,8 \pm 1,75$
11	6	$315,6 \pm 7,42$	$2,95 \pm 0,22$	$15,7 \pm 1,68$
12	5	$342,5 \pm 9,15$	$3,37 \pm 0,28$	$14,6 \pm 1,82$
13	5	$373,3 \pm 8,43$	$3,38 \pm 0,24$	$13,9 \pm 1,35$

Оцінка акросомальних ферментів характеризує запліднювальну здатність спермій. У сперміях ферменти містяться в основному в акросомі, де локалізується значна кількість протеолітичних і гліколітичних ферментів. Акросома – це велика, лізосомоподібна органела (похідна комплексу Гольджі), яка знаходиться над ядром в апікальній ділянці головки спермія. У вигляді чохлика вона покриває передні дві третини голівки і містить тонкі актиноміозинові волокна, що надають цій частині спермія механічну міцність (L. J. Zaneveld, 1991).

Акросома синтезує ферменти, які беруть участь у пенетрації оболонки яйцеклітини. Найголовніші з них – гіалуронідаза і акрозин, що сприяють проникненню спермія через оболонку яйцеклітини. Вони локалізовані на акросомальних (зовнішній і внутрішній) мембранах головки спермія. Проникнення спермія в яйцеклітину забезпечує гіалуронідаза (гіалуронат-ендо- β -N-ацетилгексозамінідаза). Вона діє на глікопротеїди, сприяє роз'єднанню клітин променистого вінця та розпушенню цитоплазми ооцита, забезпечує просування спермія до блискучої оболонки, яка бере участь в утворенні другого полярного тільця. Акрозин – нейтральна протеїнкіназа, що вивільняється з неактивної форми ферменту – проакрозину, який діє протеолітично на глікопротеїди прозорої оболонки, спричинюючи подальше проникнення спермія в овоцит та зміну ядерних структур (A. Edvinsson et.al., 1998). Зниження рівня акрозину пов'язане зі станом субфертильності та безпліддя. Загальна активність акрозину позитивно корелює зі здатністю до запліднення *in vitro* (S. Francavilla, 2003).

Відомо, що важливим тестом початку сперматогенезу є поява в сім'яниках плідників гіалуронідазної активності, яка за даними J. L. Males, R. W. Turkington, (1970) є свідченням початку розвитку сперматид.

Результати із визначення гіалуронідазної активності у секреті придатків сім'яників у бугайців подільського заводського типу української чорно-рябої молочної породи залежно від віку наведені в таблиці 6.4. (М. В. Павлюк, С. О. Вовк, 2010, 2012).

6.4 Вікові зміни активності гіалуронідази у секреті придатків сім'яників, тис. од., $M \pm m$, $n=5$

Вік, міс.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Активність гіалуронідази, тис. од.	-	-		-	0,2±0,01	0,4±0,01	0,5±0,03	0,6±0,02	0,8±0,01	1,1±0,03	1,3±0,03	1,6±0,05	1,6±0,04

Встановлено, що гіалуронідазна активність у секреті придатків сім'яників бугайців подільського заводського типу виявляється починаючи з 5-місячного віку тварин. Слід зауважити, що поява у секреті придатків сім'яників бугайців гіалуронідазної активності співпадала з появою в секреті зрілих спермій.

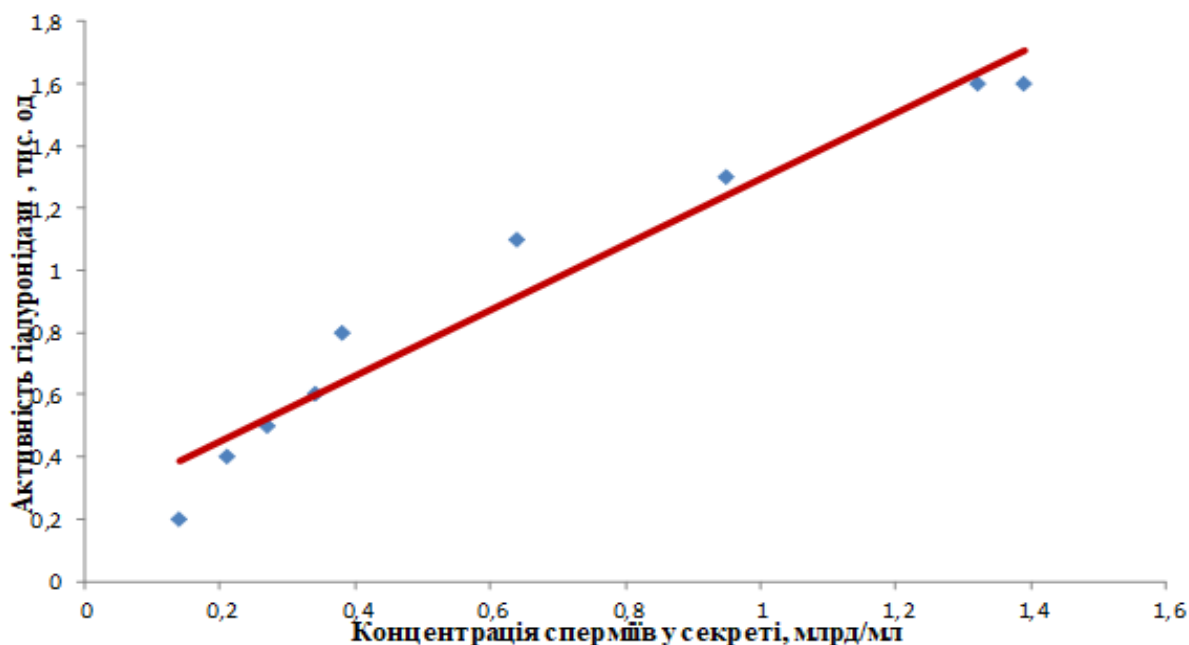


Рис. 6.2. Зміни активності гіалуронідази в секреті придатків сім'яників бугайців залежно від концентрації в ньому спермій

На рисунку 6.2 приведено графік, в якому показано залежність гіалуронідазної активності в секреті придатків сім'яників бугайців від концентрації спермій у секреті.

Зростання рівня концентрації спермій в секреті придатків сім'яників залежить від гіалуронідазної активності у секреті придатків сім'яників бугайців.

Підводячи підсумок отриманих нами результатів слід зазначити, що між активністю гіалуронідази в секреті придатків сім'яників бугайців і концентрацією спермій в ньому існує позитивний кореляційний зв'язок ($r = +0,96$) (М. В. Павлюк, С. О. Вовк, 2010, 2012).

Дослідженнями Т. Мана (1966) встановлено, що наявність фруктози і лимонної кислоти в секреті міхурцеподібних залоз самців свідчить про початок активного сперматогенезу.

Показано також, що тестостерон виявляє істотний вплив на перебіг процесів сперматогенезу та життєздатність спермій, він необхідний для остаточного дозрівання спермій в придатках сім'яників (J. A. Blaquer, M. S. Cameo, M. H. Burgos 1972; W. R Gomes et al., 1973).

Нами було проведено визначення вікових змін маси міхурцеподібних залоз кількості у них секрету та вмісту у ньому фруктози і лимонної кислоти у бугайців подільського заводського типу української чорно-рябої молочної породи (табл. 6.5).

Фруктоза і лимонна кислота в секреті міхурцеподібних залоз у бугайців починають виявлятися у 4-місячному віці.

Кількість секрету міхурцеподібних залоз у досліджуваних бугайців з віком постійно зростає. Так з 6- до 9-місячного віку кількість секрету зросла у 1,6 раза, а з 9- до 12-місячного віку бугайців – у 1,4 раза.

Із 4-місячного віку вміст фруктози і лимонної кислоти в секреті міхурцеподібних залоз з віком бугайців постійно зростає. Особливо різке зростання рівня фруктози в секреті міхурцеподібних залоз виявлено в бугайців 6-та 10-місячного віку. У подальшому до 13-місячного віку рівень фруктози в секреті міхурцеподібних залоз тварин залишався практично на одному рівні. Вміст фруктози у секреті міхурцеподібних залоз бугайців з 4- до 6- місячного зріс із $56 \pm 8,0$ мг/% до $496 \pm 35,4$ мг/% або в 8,8 раза, а з 6- до 9- місячного віку зріс до $686 \pm 69,2$ мг/% або у 1,4 раза. До 12-місячного віку бугайців рівень фруктози у міхурцеподібних залозах збільшився в 1,08 раза, а її вміст у секреті становив $742 \pm 63,6$ мг/%, і до 13-місячного віку зростання вмісту фруктози в секреті міхурцеподібних залоз не спостерігалось.

6.5 Вікові зміни маси міхурцеподібних залоз, кількості у них секрету та вмісту фруктози і лимонної кислоти, $M \pm m$, $n=5$

Вік тварин, міс	Маса залози, г	Кількість секрету залози, мл	Вміст	
			фруктози, мг/%	лимонної кислоти, мг/%
3	6,4 $\pm$ 0,1	-	-	-
4	8,8 $\pm$ 0,3	5,4 $\pm$ 0,2	56 $\pm$ 8,0	124 $\pm$ 24,4
5	11,2 $\pm$ 0,2	10,2 $\pm$ 0,7	158 $\pm$ 12,5	266 $\pm$ 36,9
6	15,1 $\pm$ 0,5	18,5 $\pm$ 0,3	496 $\pm$ 35,4	580 $\pm$ 54,4
7	16,9 $\pm$ 0,8	21,2 $\pm$ 0,5	568 $\pm$ 41,7	690 $\pm$ 67,4
8	18,6 $\pm$ 0,7	25,4 $\pm$ 0,6	694 $\pm$ 58,5	754 $\pm$ 63,6
9	21,9 $\pm$ 0,8	29,1 $\pm$ 0,4	686 $\pm$ 69,2	821 $\pm$ 84,8
10	22,4 $\pm$ 1,2	34,4 $\pm$ 0,8	729 $\pm$ 81,8	869 $\pm$ 95,6
11	24,1 $\pm$ 0,9	38,6 $\pm$ 0,7	736 $\pm$ 75,4	890 $\pm$ 86,3
12	24,8 $\pm$ 0,8	41,2 $\pm$ 0,6	742 $\pm$ 63,6	914 $\pm$ 81,5
13	25,1 $\pm$ 1,1	40,7 $\pm$ 0,7	734 $\pm$ 82,4	948 $\pm$ 92,5

Що стосується вмісту лимонної кислоти у міхурцеподібних залозах, то у бугайців з 4-до 6-місячного віку її рівень зріс з 124 $\pm$ 24,4 мг/% до 580 $\pm$ 54,4 мг/%, або у 4,6 раза, з 6-до 9-місячного віку зріс до 821 $\pm$ 84,8 мг/%, або у 1,4 раза, а до 12-місячного віку її зміст у секреті становив 914 $\pm$ 81,51 мг/% або збільшився в 1,1 раза.

Наведені дані також свідчать про те, що секрет міхурцеподібних залоз містить дещо вищий рівень лимонної кислоти ніж фруктози в усі досліджувані вікові періоди.

Нами встановлено, що рівень фруктози у секреті міхурцеподібних залоз має вплив на концентрацію спермій в секреті протоки придатків сім'яників.

Залежність концентрації спермій в секреті протоки придатків сім'яників від вмісту фруктози у секреті міхурцеподібних залоз відображено на рисунку 6.3.

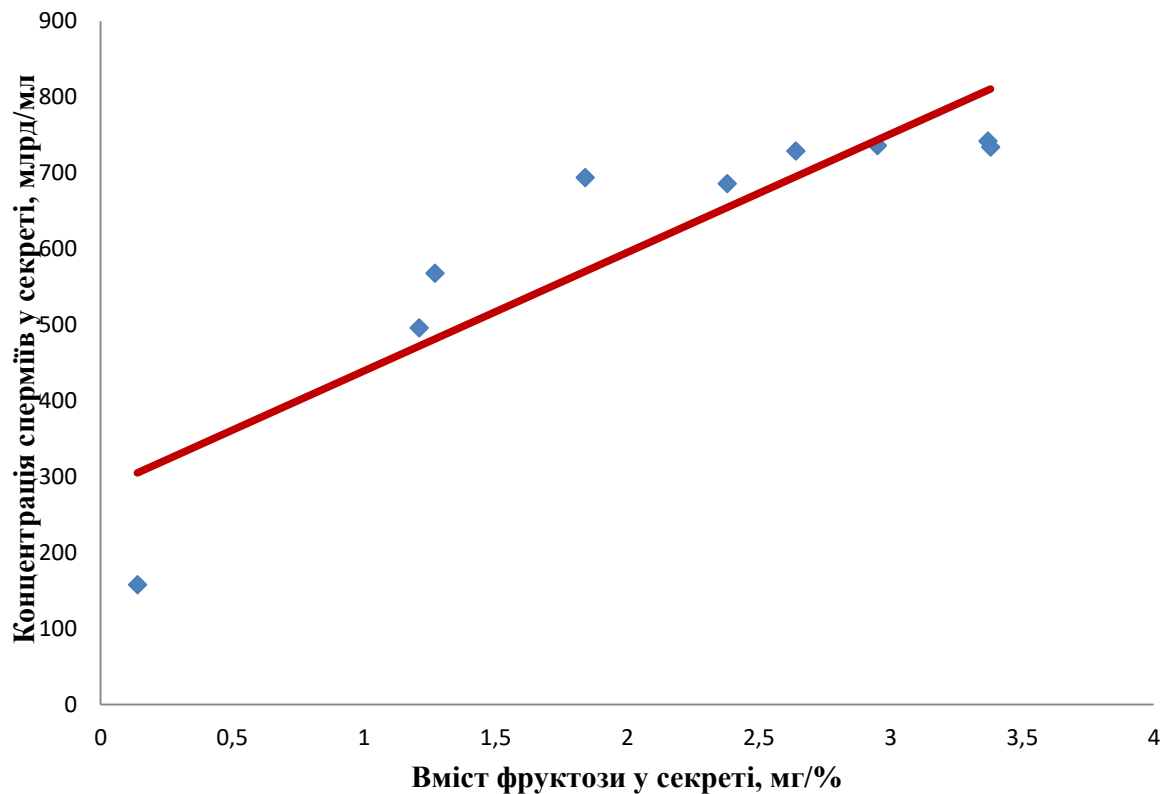


Рис. 6.3. Зміни концентрації спермій у секреті придатків сім'яників залежно від вмісту фруктози в секреті міхурцеподібних залоз

Між вищеназваними показниками нами проведено регресійний аналіз та виведено рівняння регресії:

$$Y = 156,1X + 283,3, \text{ де}$$

Y – концентрація спермій у секреті придатків сім'яників млрд./мл;

X – вміст фруктози у секреті міхурцеподібних залоз.

Регресія, щодо досліджуваних величин є високовірогідною, коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,80$ ($P < 0,02$).

Між рівнем фруктози у секреті міхурцеподібних залоз концентрацією спермій в секреті протоки придатків сім'яників встановлено тісний кореляційний зв'язок ($r = +0.90$).

Підводячи підсумки отриманих результатів необхідно зазначити, що зрілі сформовані спермії в секреті протоки придатків сім'яників вперше виявлялись в бугайців 5-місячного віку. Встановлено стійкий позитивний кореляційний зв'язок ($r = +0,95$) між

концентрацією сперми в секреті придатків сім'яників та живою масою бугайців.

Гіалуронідазна активність у секреті придатків сім'яників бугайців подільського заводського типу виявлялась починаючи з 5-місячного віку тварин. Слід зауважити, що поява у секреті придатків сім'яників бугайців гіалуронідазної активності співпадала з появою в ньому зрілих спермій.

Слід також зазначити, що між активністю гіалуронідази в секреті придатків сім'яників бугайців і концентрацією спермій в ньому, існує позитивний кореляційний зв'язок ($r = +0,96$).

Фруктоза і лимонна кислота в секреті міхурцеподібних залоз у бугайців починали виявлятися у 4-місячному віці. Найбільш помітне підвищення рівня фруктози і лимонної кислоти у секреті міхурцеподібних залоз бугайців відбувалося між п'ятим та шостим місяцями їхнього життя.

В цілому на основі отриманих експериментальних даних щодо вікової динаміки розвитку сім'яників і статевих залоз, вікових особливостей морфологічних змін у сім'яниках і статевих залозах, вікових фізіологічних та біохімічних змін у сім'яниках їх придатках та міхурцеподібних залозах можна зробити висновок про те, що у бугайців подільського заводського типу української чорно-рябої молочної породи активні процеси становлення статевих функцій і зокрема сперматогенезу починаються у 6-місячному віці і стають повністю активними у 9-місячному віці.

Основні результати розділу опубліковані у працях (М. В. Павлюк, С. О. Вовк, 2010, 2013).

7. ХАРАКТЕРИСТИКА ЯКОСТІ ТА ЗАПЛІДНЮЮЧОЇ ЗДАТНОСТІ СПЕРМИ БУГАЇВ-ПЛІДНИКІВ ЗАЛЕЖНО ВІД ВІКУ, ПОРОДИ ТА РЕЖИМІВ ВИКОРИСТАННЯ

На результати штучного осіменіння молочної худоби значно впливає репродуктивна спроможність бугая. Тому оцінка плідників за спермопродуктивністю, якістю сперми та її запліднювальною здатністю має важливе значення в теоретичному та практичному аспектах.

Доведено, що бугаї-плідники характеризуються різноманітністю показників кількості та якості еякулятів і запліднювальною здатністю сперміїв, яка зумовлена генетичним потенціалом, породою, віком, сезоном року, умовами їх утримання та режимом використання, тощо (A. Gorinathan et al., 2018; M. Islam et al., 2018).

Запліднювальна здатність є основним індикатором якості сперми. Її оцінюють на підставі результатів штучного осіменіння маточного поголів'я спермопродукцією перевіряемого плідника, що вимагає великих витрат і тривалого часу. Наразі існує багато класичних та сучасних лабораторних методів прогнозування запліднювальної здатності сперми на основі оцінки параметрів її якості (B. M. Tanga et al., 2021).

В. В. Шапірко, Й. З. Сірацким, (1995) встановлено, що на характер ознак спермопродуктивності та запліднюючої здатності бугаїв м'ясних порід значно впливає вік тварин.

Ряд дослідників встановили вікові відмінності в об'ємі еякуляту бугаїв-плідників. Так об'єм еякуляту з віком бугаїв-плідників збільшується до 10-річного віку від 4,38 мл у одно- і двохрічних – до 6,23 мл у 9-10-річних, а після 10-річного віку знижується до 5,76 мл (O. Liebenberg, P. Sichtig, 1971).

Згідно даних окремих вчених резистентність сперміїв стабілізується у бугаїв до 3-річного віку, із 3 до 9 років життя суттєвих змін показника резистентності сперміїв у бугаїв не виявлено. Якість сперми у старих бугаїв-плідників погіршується, в основному за рахунок зниження у ній рівня поживних речовин і накопичення продуктів розпаду, що різко відбивається на гормональній і сперматогенній функції сім'яників (М. В. Буштрук, 1997).

С. С. Волков (2009, 2010) вивчав залежність показників спермопродукції бугаїв української чорно-рябої молочної породи від їх віку (табл. 7.1). Вплив віку бугаїв на показники спермопродукції визначали за кількістю отриманих еякулятів за рік, їх об'ємом, середнім об'ємом еякуляту, кількістю вибракуваних еякулятів, їх об'ємом, середнім об'ємом вибракуваного еякуляту, рухливістю та концентрацією сперміїв. Результати досліджень з вивчення впливу віку бугаїв на показники їх спермопродукції наведено в таблиці 7.1.

7.1 Вплив віку бугаїв на показники спермопродукції

Показник	Вік бугаїв, років			
	2(n=5)	3(n=4)	4(n=4)	5(n=3)
Кількість еякулятів	153,2±14,5	173,5±6,2	166,7±4,4	142,7±30,5
Об'єм еякулятів, мл	450,4±40,2*	560,7±13,4*	597,2±27,3*	483,8±114,0
Середній об'єм, мл	2,96±0,26	3,25±0,06	3,55±0,14	3,33±0,12
Брак: кількість еякулят.	43,4±13,7	45,2±4,1*	36,0±4,8	25,3±5,2*
Об'єм еякулятів, мл	31,80±13,35	47,50±6,45	48,00±13,56	42,67±10,66
Середній об'єм, мл	0,66±0,07***	1,07±0,17*	1,27±0,23*	0,80±0,02***
Рухливість, бал	6,90±0,44	6,90±0,23	6,90±0,60	7,37±0,13
Концентрація, млрд/мл	0,71±0,04	0,72±0,01*	0,72±0,03	0,80±0,02*

Примітка.* $p < 0.05$;*** $p < 0.001$.

Як видно з таблиці 7.1, кількість отриманих еякулятів за рік складала 142,7–173,5 і не мала вірогідної різниці. Проте найбільшою вона була у трирічних бугаїв, а в п'ятирічних – найменшою. Об'єм еякулятів за рік вірогідно ($p < 0,05$) зростав з 450,4±40,2 до 597,2±27,3 мл, починаючи з трирічного віку, але у віці п'яти років знижувався до 483,8±114,0 мл. Подібна тенденція стосувалася середнього об'єму еякуляту, проте вірогідної різниці між віковими групами не спостерігали. Кількість вибракуваних еякулятів зростала, починаючи з дворічного віку, у трирічних бугаїв була найвищою ($p < 0,05$) і складала 45,2±4,1 та знижувалася з чотирирічного віку. У п'ятирічних бугаїв цей показник був вірогідно ($p < 0,05$) нижчим і складав 25,3±5,2.

Об'єм вибракуваних еякулятів коливався у межах 31,80±13,35 – 48,00±13,56 мл, зростав у три- та чотирирічному віці, знижувався у

п'ятирічних тварин, однак не мав вірогідної різниці між віковими групами бугаїв. Середній об'єм вибракуваного еякуляту вірогідно ($p < 0,05$) зростав у три- і чотирирічних бугаїв та дещо знижувався у п'ятирічних, хоча й залишався вірогідно ($p < 0,001$) більшим. Рухливість спермійів з віком бугаїв майже не змінювалася і зростала лише у віці п'яти років. Концентрація спермійів мала тенденцію до зростання з віком та вірогідне зростання цього показника спостерігали у п'ятирічних бугаїв ($p < 0,05$). Наведені дані дозволяють зробити висновок про те, що вік бугаїв-плідників української чорно-рябої молочної породи впливає на показники їх спермопродукції. У бугаїв до п'ятирічного віку зростає кількість отриманих еякулятів, їх загальний об'єм, середній об'єм еякуляту, рухливість та концентрація спермійів, але зростає кількість вибракуваних еякулятів і їх загальний та середній об'єми. У п'ятирічних бугаїв знижується кількість вибракуваних еякулятів, їх загальний і середній об'єм, порівняно з молодшими віковими групами, та досягають максимальних значень рухливість і концентрація спермійів. Так, до п'ятирічного віку у бугаїв спостерігали зростання кількості отриманих еякулятів, їх загального об'єму, середнього об'єму еякуляту, рухливості та концентрації спермійів, що можна пояснити становленням їх статевої функції. Проте, водночас на третій рік експлуатації зростала кількість вибракуваних еякулятів і їх загальний та середній об'єми, що могло бути наслідком надбаних порушень сперміогенезу та прояву статевих рефлексів. Часто це відбувається через невідповідність умов годівлі, утримання, догляду та експлуатації молодих бугаїв і призводить до скорочення терміну їх використання. У п'ятирічному віці спостерігали зниження кількості вибракуваних еякулятів, їх загального і середнього об'ємів порівняно з молодшими віковими групами бугаїв. Разом з цим еякуляти п'ятирічних бугаїв мали максимальні значення рухливості і концентрації спермійів, що свідчило про вищий і більш стабільний рівень прояву статевої функції та повну реалізацію відтворного потенціалу.

Об'єм еякуляту, концентрація спермійів, загальна кількість спермійів у еякуляті бугаїв найвищих показників досягали в 7-8-річному віці, рухливість спермійів – у 5-6-річному, а стійкість спермійів до заморожування – у 8-9-річному віці плідників. Бугаї західного внутрішньо-породного типу у дворічному віці мали високі показники спермопродуктивності. Об'єм еякуляту дворічних плідників становив

73,16 % і трирічних – 83,61 % від об'єму еякуляту 7-8-річних, концентрація спермійів – відповідно 93,14 % і 96,08 % та загальна кількість спермійів в еякуляті – 68,87 % і 84,14 %. Рухливість спермійів та стійкість спермійів до заморожування досягали високих показників вже в 3-4-річному віці бугаїв ($93,50 \pm 0,43$) (Й. З. Сірацький, Є. І. Федорович, В. В. Федорович, 2005; В. В. Федорович, 2006; Є. І. Федорович, 2007).

Й. З. Сірацький, Е. С. Бабуш (2011) вивчали вплив віку бугаїв на об'єм еякуляту, концентрацію, загальну кількість спермійів, резистентність, активність і запліднюючу здатність спермійів у плідників української чорно-рябої молочної, голландської та голштинської порід. У кращих за середньодобовим приростом бугайців, які мають і дещо більший об'єм еякуляту ($r = +0,320$), проявляється тенденція до погіршення активності й концентрації спермійів ($r = - 0,220$). Тому в них значно нижча ($r = - 0,730$; $P > 0,99$) запліднююча здатність спермійів при першому осіменінні.

Й. Сірацький, С. Демчук, Є. Федорович (2001, 2005) встановили взаємозв'язок між кількісними та якісними показниками спермопродуктивності і запліднюючою здатністю спермійів, між об'ємом і загальною кількістю спермійів у еякуляті, концентрацією і загальною кількістю спермійів у еякуляті, рухливістю і стійкістю спермійів до заморожування, активністю і запліднюючою здатністю спермійів від першого осіменіння. Кореляційне співвідношення між цими показниками у бугаїв виявилось в межах 0,27–0,85. Показано, що ці показники мають високий відсоток взаємозалежності (7,29–72,25 %).

Вказується на пряму залежність між резистентністю спермійів і запліднюючою здатністю сперми. Автори вважають резистентність спермійів, як і їх концентрацію в еякуляті найбільш важливим показником запліднюючої здатності спермійів (В. Борисевич, 1991, І. Б. Кузнєцова, С. І. Ковтун, Н. Я. Мелешко, 2002; М. С. Рожко 2000, 2004).

Ряд дослідників вказує на пряму залежність якісних і кількісних показників сперми та її запліднюючу здатність від приналежності до окремої лінії чи породи бугаїв-плідників (М. Бащенко, В. Надточій, 2006; М. І. Бащенко, О. Ф. Гончар, А. О. Ляшенко 2009; О. В. Бойко, 2002; І. М. Гейда 200; Е. В. Колосова, А. И. Абилов, Г. В. Ескін 2008; Л. М. Хмельничий, А. М. Сологуб 2010, Г. С. Шарапа, 2003).

У бугаїв української червоно-рябої молочної породи концентрація спермійв досягає максимального показника уже у 2-4-річному віці і з невеликими коливаннями утримується на такому рівні до 7-9-річного віку. Активність спермійв досягає високих показників вже у 3-4-річному віці і утримується на такому рівні до 5-6 років. Загальна запліднюваність маток спермою бугаїв-плідників складає 82,3 – 88,1 %, а запліднюваність від першого осіменіння становить 63,4 – 67,9 відсотків (М. В. Зубець, В. П. Буркат, Й. З. Сірацький, 2005).

Й. З. Сірацький, Д. І. Шафарук (1972) встановили у бугаїв залежність між середньою швидкістю руху спермійв і їх запліднюючою здатністю. Вони вказують, що показники рухливості спермійв більш ніж інші пов'язані з запліднюючою їх здатністю.

Д. Д. Остапів (2006, 2008) встановив, що збудження бугаїв перед одержанням сперми покращує якість сперми і підвищує запліднюваність корів на 8,7 %. Інколи буває зниження запліднюючої здатності з подальшим підвищенням деяких показників якості сперми.

Встановлено, що запліднююча здатність спермійв у двохрічних бугаїв значно вища (85 %), ніж у бугаїв інших вікових груп, зокрема низька запліднююча здатність спермійв виявлена у бугаїв шестирічного віку (61,7 %) (А. М. Угнівенко, Л. А. Коропець 2001).

При вивченні вікових змін запліднюючої здатності спермійв у бугаїв зазначено, що найвища запліднюваність від першого осіменіння досягається до п'ятирічного віку бугаїв, а потім з їх віком знижується, приблизно на 0,5 % в рік (G. Killian, R. Amman, 1972).

Бугаї-плідники до 2-річного віку значно поступаються дорослим тваринам (4-6-річним) за об'ємом еякуляту, концентрацією, активністю і загальним вмістом спермійв в еякуляті. Зазвичай бугаї досягають оптимальної якості сперми у віці 3-4 років (А. Saeed, R. A. Chaudhry, I. H. Khan, N. U. Khan, 1989).

Т. Hallar et al. (2004) стверджують, що репродуктивна здатність бугаїв поступово знижується після досягнення ними 3-4-річного віку. Однак факт залишається фактом: все ще існує багато бугаїв старше 10 років, чия сперма все ще використовується у штучному осіменінні.

Продуктивність бугаїв вимірюється не лише об'ємом виробленої сперми, але і її якістю. Об'єм сперми і концентрація спермійв вірогідно зростали ($P < 0,05$) до чотирирічного віку та вірогідно

знижувалися 10 річного віку ($P < 0,05$). У віковій групі ≥ 10 років загальний об'єм і концентрація спермійів були достовірно нижчими ($P < 0,05$). Це тісно пов'язано зі змінами в морфології сім'яників у зв'язку зі збільшенням віку (H. Jiang et al, 2013; C. Bhanmeechao et al., 2018).

І. В. Смирнов, І. П. Кругляк, Л. І. Іванова (1973) встановили, що об'єм еякуляту і концентрація спермійів у бугаїв збільшувалась в основному до 4-5-річного віку.

Ще одним важливим параметром якості сперми є рухливість. Рухливість спермів - це параметр, який часто використовується як індикатор для прогнозування фертильності. Це пов'язано з тим, що на рух витрачається найбільша кількість енергії, яка становить близько 70% від загального споживання АТФ у сперміях. Крім того, рухливість також вказує на функціональну здатність спермійів, яка відіграє важливу роль у повноцінному заплідненні (V. Magdanz et al., 2019; R. Bohnensack, W. Halangk 1986; M. Tourmente et al., 2015; Y. Li et al., 2014).

P. Kathiravan et al. (2011) оцінювали параметри рухливості на основі трьох підходів, а саме: загальної рухливості, індивідуальної рухливості та масової рухливості. Загальна рухливість описує співвідношення рухливих спермійів до загальної кількості спермійів. Індивідуальна рухливість використовується для оцінки того, чи може спермій рухатися вперед, назад, згортатися на місці або взагалі не рухатися. Таким чином, прогресивна рухливість окремих спермійів може бути використана як важливий показник життєздатності в популяції спермійів.

Крім того, масова рухливість спермійів описує рух спермійів одночасно з утворенням масової хвилі так, що чим товща утворена масова хвиля, тим краща якість сперми і тим сильніше вона корелює з фертильністю (I. David et al. 2015).

Поряд з визначенням рухливості і концентрації, як критерій оцінки для визначення здатності еякуляту до запліднення, застосовується перш за все морфологія клітин, оскільки рухливі спермії можуть бути морфологічно аномальними і не можуть запліднювати яйцеклітину (R. P. Aman, 2004; J. Ehlers, 2011). Згідно з Felton-Taylor et al. (2020) аномалії спермійів знижують швидкість запліднення та здатність спермійів проникати в оболонкову зону яйцеклітини. Вони спостерігали значний негативний зв'язок між

віком і появою проксимальних крапель, які зменшувалися з віком бугаїв. Не було жодного зв'язку між віком та іншими ознаками спермій, такими як аномалії спермій у різних порід, у той час як спостерігалось невелике збільшення кількості спермій у бугаїв віком <20 місяців, які пройшли вакуолізацію та порогові викривлених акросом порівняно зі старшими віковими групами. Тому рекомендовано вибраковувати бугаїв, у яких виявлені ці аномалії в ранньому віці. Аномалії у якісних показниках сперми були завищені у бугаїв, у віці від 21 до 30 місяців, порівняно з контрольним віком (<20 місяців). Вони показали, що морфологія спермій залишається критичним тестом на запліднюючу здатність бугаїв, однак оцінювати сперму лише за загальною кількістю спермій і їх рухливістю є недостатньо.

L. Soderquist et al. (1991), S. Naito et al. (1996) показали, що однією з якісних характеристик, які мають безпосередній вплив на запліднювальну здатність спермій є їхній морфологічний стан. При використанні бугаїв для природного спаровування кількість аномальних спермій в еякуляті відіграє, як правило, другорядну роль. Але при використанні сперми для штучного осіменіння підвищення кількості аномальних спермій веде до зниження запліднюваності. Проте не дивлячись на невеликий відсоток патологічних спермій, існує негативна кореляція між цим показником та запліднювальною здатністю спермій.

D. M. Vilakazi, E. C. Webb (2004) вивчали вплив віку, пори року та взаємодії між віком і порою року на морфологічні характеристики сперми бугаїв Фризської породи віком 12, 24, 36, 48, 60, 72, 84 і 96 місяців і старше протягом п'яти років. Сперму отримували за допомогою штучної вагіни в усі чотири сезони року. Зразки сперми були перевірені на відсоток нормальних спермій, відсоток і загальну кількість основних дефектів (акросоми, аномальні втрачені головки, ядерні вакуолі, дегенеративні головки), відсоток і загальну кількість незначних дефектів (нормальні, втрачені головки, дистальні краплі, закручені кінцеві частини і втрачені акросоми). Результати показали, що відсоток нормальних спермій та основних дефектів сперми значно залежить від віку бугаїв. Бугайці у віці від 36 до 48 місяців демонстрували кращу морфологію сперми, ніж бугайці старше 72 місяців і бугайці молодші 36 місяців. Основні дефекти спермій, на які впливав вік, включали піриформні акросоми, акросоми із

закругленими кінцями, дефекти середньої частини. Пора року також суттєво впливала на відсоток нормальних спермій. Відсоток нормальних спермій та основних дефектів сперми становив $72,8 \pm 1,6\%$, $79,4 \pm 2,2\%$, $82,5 \pm 2,4\%$ та $84,4 \pm 2,4\%$ та $20,3 \pm 1,3\%$, $15,3 \pm 1,9\%$, $12,5 \pm 2,0\%$ та $11,5 \pm 2,0\%$ для літа, осені, зими та весни відповідно. Основні дефекти спермій, такі як проксимальні краплі, суттєво відрізнялися залежно від сезону. На противагу цьому, бугристі акросоми та рефлексії середньої частини не відрізнялися між сезонами. Незважаючи на широку варіацію морфології спермій, краща морфологія спостерігалася навесні та взимку, ніж влітку та восени. Основні дефекти спермій, зокрема, поширеність бугристих акросом суттєво залежали від взаємодії між віком і сезоном. У молодих бугайців зафіксовано вищу поширеність основних дефектів сперми взимку, а у старших бугаїв - влітку. Дослідження показали, що для успішного проведення програм штучного запліднення збір сперми у бугаїв Фризської породи слід проводити у віці від 36 до 48 місяців, бажано навесні або взимку.

Низкою авторів вивчалась спермопродукція у бугаїв різного віку залежно від режиму їх використання. Зокрема вони рекомендують привчати молодих бугаїв до взяття сперми починаючи з 12-15-місячного віку. Показано, що бугаї-плідники тривалий час залишаються активними при регулярних садках з проміжками 48-72 год. Якщо проводяться щоденні садки два рази на день, статева потенція різко зменшується, а живучість і концентрація спермій у спермі значно знижується, що веде до зниження запліднюваності самок (І. І. Карташов, 1985).

При інтенсивному використанні бугаїв змінюється рН сперми в сторону її лужності. Поряд з тим знижується концентрація спермій, їх виживаність і об'єм еякуляту (М. С. Гавриленко, Д. І. Савчук, Е.Г.Данилевський, 1975).

П. А. Кругляк, А. П. Кругляк (2008), Р. В. Ставецька, І. Ф. Руфі (2009) показали, що при використанні бугаїв через день по дві садки, у них, через 15-30 днів зменшується об'єм еякуляту і концентрація спермій в ньому, знижується резистентність і виживаність спермій. При навантаженні 2 садки через 3 дні, в нащадків спостерігається перевага бугайців. Більш інтенсивне використання плідників приводить до переваги в приплоді теличок.

На племпідприємствах режим використання бугаїв-плідників встановлюють з врахуванням їх віку, індивідуальних особливостей, вгодованості, стану здоров'я і ефективності кріоконсервації сперми.

В досліджах І. В. Смирнова, А. П. Кругляк, Л. І. Іванової (1973) було встановлено, що кількість і якість спермопродукції від бугаїв чорно-рябої і симентальської порід були вищі при отриманні двох еякулятів один раз у три дні, порівняно із спермопродукцією, яку отримували тільки один раз в шість днів.

За даними Ф. І. Осташка (1978), оптимальним режимом використання бугаїв на племпідприємствах є отримання від них 3-4 еякулятів у тиждень. Отримання 5 еякулятів і більше у тиждень призводить до зниження стійкості спермій до заморожування. Добрі результати із кріоконсервації та якості сперми бугаїв отримані при взятті сперми від них по три еякуляти один раз в п'ять днів.

При отриманні сперми від бугаїв необхідно дотримуватись визначеного інтервалу часу між садками. Інтервал між отриманням першого і другого еякуляту повинен бути не менше 10 хв, а між другим і третім – 10-15 хв. При цьому не виявляється відмінностей між якістю деконсервованої сперми першого, другого і третього еякулятів (Ф. І. Осташко, 1978).

Знання факторів, що впливають на виробництво сперми та її якість, є важливими з точки зору репродуктивної ефективності, а також продуктивності та прибутковості центрів штучного осіменіння.

В. Fuerst-Waltl, H. Schwarzenbacher, C. Perner, J. Sölkner (2006) проаналізували дані про сперму з двох австрійських центрів штучного осіменіння. Загалом було проаналізовано 3625 та 3654 еякуляти від 147 та 127 бугаїв-плідників відповідно щодо об'єму еякуляту, концентрації спермій, відсотка життєздатних спермій в еякуляті, загальної кількості спермій в еякуляті та рухливості. Враховувалися такі фактори, як вік бугая, інтервал між зборами, кількість зборів у день збору, температура в день збору сперми, в процесі епідидимального дозрівання (середня температура за 1-11 днів до збору) і в процесі сперматогенезу (середня температура за 12-65 днів до збору). Вік бугая достовірно впливав на всі ознаки якості сперми (від $P < 0,01$ до $P < 0,001$). Об'єм еякуляту та загальна кількість спермій зростали з віком бугаїв, тоді як концентрація сперматозоїдів була нижчою у вищих вікових класах. Також було виявлено, що терміни збору значно впливають на якісні

характеристики сперми. Зі збільшенням інтервалу збору об'єм еякуляту та загальна кількість спермійів значно зростали (від $P < 0,05$ до $P < 0,001$) тоді, як інтервали збору між 4-9 днями та 1-6 днями були кращими щодо концентрації сперми та відсотка життєздатних спермійів, відповідно (від $P < 0,10$ до $P < 0,001$). Перші еякуляти були кращими за об'ємом еякуляту, концентрацією сперми та загальною кількістю спермійів в еякуляті ($P < 0,001$). Температура, як у день збору сперми, так і під час епідидимального дозрівання або сперматогенезу, мала важливий, але не основний вплив на продукцію сперми та її якість.

За результатами досліджень Д. В. Захарчук (2021) річних показників спермопродуктивності та запліднювальної здатності сперми голштинських бугаїв-плідників зарубіжної селекції було виявлено позитивний, статистично вірогідний взаємозв'язок запліднювальної здатності сперми з середніми значеннями концентрації спермійів у 1 мл (+0,474) та їх рухливістю (+0,417). Тісний високовірогідний кореляційний взаємозв'язок встановлено між індексом спермопродуктивності та запліднювальною здатністю сперми (+0,639). Отримані результати свідчать про доцільність використання індексу спермопродуктивності для оцінки якості сперми та доводять його важливість при відборі племінних бугаїв.

Необхідною умовою одержання високих результатів відтворення тварин є контроль якості сперми плідників. Відомо, що запліднююча здатність спермійів корелює з виживаністю таким чином, що збільшення виживаності спермійів бугаїв на одну годину підвищує заплідненість самок на 5 – 7 % (Н. Г. Адміна, 2011; М. В. Буштрук, 1997; А. В. Говтвян, 2008; В. М. Кушнір, К. І. Пасічна, Л. М. Гунтік, 1997; В. М. Кушнір, О. Н. Марченко, 1996; P. Gamcik, J. Kozumplik, 1972; F. A. Habermann et al., 2005; R. S. Hafez 2000; H. Kim et al., 2006).

Із зовнішніх чинників, які найбільше впливають на запліднюючу здатність сперми бугаїв-плідників, потрібно відмітити рівень і якість годівлі. Вплив окремих кормів на інтенсивність сперматогенезу і показники сперми приводяться в роботах багатьох авторів (В.В.Гаєвий 1997, М. Т. Гончар, 1996).

Показано, що повноцінна годівля визначає не тільки можливість достатньо інтенсивного використання плідників при збереженні високих показників якості сперми, але підтримує високу

запліднюваність самок і життєздатність приплоду (О. Т. Бусенко, 2001; Т. Бусенко, Н. Д. Голуб, 2010; Л. А. Коропець, 2001, 2002, 2005).

Д. В. Захарчук (2021) встановив, що голштинські бугаї-плідники європейської селекції ТОВ «Українська генетична компанія» в аналогічних умовах годівлі, утримання та використання характеризуються досить значною варіабельністю кількісних та якісних показників спермопродукції, що зумовило варіацію індексу спермопродуктивності в межах 5,19–15,29 млрд рухливих сперміїв у еякуляті (табл. 7.2). Виявлено суттєву варіабельність показників спермопродуктивності піддослідних бугаїв-плідників, які коливались в межах: кількість отриманих якісних еякулятів протягом року – 32–173 шт., загальний об'єм нативної сперми – 201-1016 мл, середнє значення концентрації сперміїв у 1 мл – 1,51–3,52 млрд, середня рухливість сперміїв у еякуляті – 7,2–8,3 бала.

Середня запліднювальна здатність сперми піддослідних голштинських бугаїв в умовах 4-х господарств Житомирської та Київської областей коливається в межах 37,1–61,4%.

Встановлені позитивні та статистично вірогідні кореляційні зв'язки запліднювальної здатності сперми із середніми величинами концентрації і рухливості сперміїв в еякуляті (+0,474 і +0,417 відповідно) та індексом спермопродуктивності (+0,639). Отримані результати свідчать про доцільність використання індексу спермопродуктивності для оцінки якості сперми та доводять його важливість при відборі племінних бугаїв.

Кореляційним аналізом встановлена позитивна залежність між параметрами спермопродуктивності та запліднювальною здатністю сперми у голштинських бугаїв-плідників (табл. 7.2). (Д. В. Захарчук, 2021).

7.2 Взаємозв'язок між параметрами спермопродуктивності бугаїв-плідників і запліднювальною здатністю сперми

Показник, одиниці виміру	Коефіцієнт кореляції ($r \pm m$)	Td
1	2	3
Кількість еякулятів, шт	$+0,162 \pm 0,230$	0,71

1	2	3
Загальний об'єм нативної сперми, мл	$+0,249 \pm 0,221$	1,13
Середня концентрація спермійів, млрд/мл	$+0,474 \pm 0,183$	2,60a
Середня рухливість спермійів, бали	$+0,417 \pm 0,195$	2,14a
Індекс спермопродуктивності, млрд рс/е	$+0,639 \pm 0,140$	4,58с

Виявлено позитивний, статистично вірогідний взаємозв'язок запліднювальної здатності сперми з середніми значеннями концентрації спермійів у 1 мл ($+0,474$) та їх рухливості ($+0,417$).

Захарчук Д. В. (2021) доводить, що тісний високовірогідний кореляційний взаємозв'язок між запліднювальною здатністю сперми та інтегральним показником якості еякулятів – індексом спермопродуктивності ($+0,639$) підтверджує важливість цього показника для оцінки та відбору племінних бугаїв.

Мікробне забруднення сперми бугаїв є одією з головних причин зниження запліднюючої здатності спермійів, порушення ембріогенезу, виникнення абортів, метритів, народження мертвих та слабких, нежиттєздатних телят (М. В. Косенко, М. С. Рожко, І. М. Кушнір, 2001).

Із зовнішніх факторів, які мають значний вплив на сперматогенез рядом авторів вивчався вплив умов утримання (B. Fuerst-Waltl et al., 2006); кліматичних умов (В. М. Максим'юк, 1998; I. W. Allan, D. S. Irvine, M. Macnamee, 1997); сезону року (М. В. Буштрук, 2012; A. Yiloms, M. E. Davis, R. C. M. Simmer, 1999); режиму статевої експлуатації (М. С. Гавриленко, Д. І. Савчук, Е. Г. Данилевський, 1975; В. М. Пришедько, 2010, 2011; В. Ставецька, І. Ф. Руфі, 2009).

У практиці роботи племпідприємств бракування сперми здійснюють як за нативними показниками (концентрація, активність, кількість патологічних спермійів, наявність домішок та ін.), так і за результатами перевірки якості замороженої – відталої сперми (О. Б. Сушко, Я. Ю. Чертяк, 2003).

Використовуючи матеріали племінного і зоотехнічного обліку ВАТ „Хмельницьке головне підприємство по племінній справі в тваринництві” нами проведено детальний аналіз вікових особливостей росту і розвитку бугаїв-плідників подільського заводського типу української чорно-рябої молочної породи, інтенсивності їх статевого використання, кількісних і якісних показників сперми та її запліднюючої здатності (М. В. Павлюк, С. О. Вовк, 2010, 2012).

Результати цих досліджень наведено у таблицях 7.3-7.12, рис.7.1-7.2.

Бугаї-плідники за період від 1- до 6-річного віку росли неоднаково, вони відрізнялись індивідуальними особливостями швидкості росту.

7.3 Жива маса бугаїв-плідників від 1- до 6-річного віку, кг

Кличка та інв. № бугая Вік тварин, роки	Іжик 2670	Арон 2671	Джигіт 2841	Норд 0088	Пушок 870	Льон 1684	Чекіст 1564	Акорд 2657	Еталон 2800	Фокус 7664	Норець 1463
При народж.	34	30	35	30	29	36	30	32	33	35	34
1	385	365	400	375	380	395	368	388	410	370	360
2	600	615	650	510	510	620	588	610	605	680	728
3	805	740	755	600	720	705	650	700	820	805	740
4	950	770	970	810	785	980	784	820	930	895	822
5	995	790	1050	830	800	1070	770	815	970	980	945
6	1020	795	1060	840	815	1078	774	822	968	993	954

Так, найінтенсивніше росли плідники Льон 1684, жива маса якого в 6-річному віці становила 1078 кг, Джигіт 2841 – 1060 кг, Іжик 2670 – 1020 кг, швидкість росту яких становила відповідно 92,7 %, 92,7 %, 92,7 %.

90,4 % та 90,3 %. Менш інтенсивно росли бугаї Чекіст 1564 жива маса якого в 6-річному віці становила тільки 774 кг та Арон 2671 – 795 кг, швидкість росту яких становила відповідно 71,1 % та 74,1 %.

Виходячи з наведених у таблиці 7.4 констатуємо, що більш інтенсивно бугаї-плідники росли до 4-річного віку.

7.4 Середні показники живої маси бугаїв-плідників від 1- до 6-річного віку, кг

Вік тварин, років	При народж.	1	2	3	4	5	6
Середні показники живої маси тварин, кг	32,5	381,5	610,5	730,9	865,1	910,5	919,9
Кратність збільшення живої маси тварин, рази	-	11,7	1,6	1,2	1,2	1,05	1,01

Дані наведені у таблиці 7.4 показують, що за перший рік життя маса бугаїв-плідників збільшилась у 11,7 разів, за другий рік життя – у 1,6 раза, за третій та четвертий роки – у 1,2 раза. Починаючи із п'ятого року життя плідників жива маса у них збільшувалась незначно, а саме у 1,05 та 1,01 раза.

Динаміку розмірів сім'яників у бугаїв-плідників залежно від віку вивчали використовуючи дані обхвату мошонки. Дані обхвату мошонки наведено в таблиці 7.5.

Дані таблиці 7.5 свідчать про те, що за період від 1- до 5-річного віку обхват мошонки у плідників збільшувався у середньому від 341,2 см до 363,8 см або в середньому на 22,6 см. Якщо проаналізувати збільшення обхвату мошонки окремих бугаїв, то видно, що з 1- до 5-річного віку він найбільше збільшився в бугаїв Льон 1684 на 75 см, Іжик 2670 – 73 см, а також Джигіт – 2841 на 71 см. Найменше збільшення обхвату сім'яників за цей період відбулося у плідників Акорд 2657 на 55 см, Арон 2671 – 54 см, Чекіст 1564 тільки на 50 см.

7.5 Обхват мошонки у бугаїв-плідників залежно від віку, мм

Вік тварин, роки	Кличка та інв. № бугая										
	Їжик 2670	Арон 2671	Джигіт 2841	Норд 0088	Пушок 870	Льон 1684	Чекіст 1564	Акорд 2657	Еталон 2800	Фокус 7664	Норець 1463
1	306	310	314	301	305	316	309	303	314	312	310
2	356	348	358	351	346	353	340	343	356	355	354
3	356	355	363	357	352	374	348	348	361	368	371
4	368	359	378	363	355	385	355	354	368	373	376
5	379	364	385	370	364	391	359	358	373	381	380
$M \pm m$	353 ± 18,8	347,2 ± 14,9	359,6 ± 18,9	348,4 ± 18,9	344,4 ± 15,8	363,8 ± 23,4	342,2 ± 14,2	341,2 ± 15,3	354,4 ± 16,2	357,8 ± 19,4	358,2 ± 20,9

Наведені дані про живу масу організму бугаїв-плідників характеризують їх розвиток односторонньо. Для визначення інтенсивності процесів росту плідників залежно від віку, нами визначено відносну швидкість росту організму тварин (табл. 7.6).

Як видно із даних наведених у таблиці найвища швидкість росту організму виявлена у плідників Льон 1684, яка становила 92,7 %, Фокус 7664 – 91,4 %, Джигіт 2841 – 90,4 % та Норець 1463 – 90,4 %, а найменша – у плідників Чекіст 1564, яка становила 71,1 %, Акорд 2657 – 71,7 %, Пушок 870 – 72,8 % та Арон 2671 – 74,1 %.

7.6 Відносна швидкість росту живої маси залежно від віку бугаїв-плідників, %

Кличка та інв. № бугая	Іжик 2670	Арон 2671	Джигіт 2841	Норд 0088	Пушок 870	Льон 1684	Чекіст 1564	Акорд 2657	Еталон 2800	Фокус 7664	Норець 1463
Відносна швидкість росту живої маси плідників	90,3	74,1	90,4	76,5	72,8	92,7	71,1	71,7	80,9	91,4	90,4

Поряд із вивченням інтенсивності росту плідників залежно від віку, нами проведено визначення у бугаїв кількісних і якісних показників сперми.

Так, як одержання сперми від бугаїв-плідників проводили, починаючи із 2-річного віку, нами було проведено аналіз даних об'єму еякуляту, концентрації та рухливості сперми упродовж наступних семи років.

У таблиці 7.7 наведено результати з одержання кількості сперми від бугаїв-плідників протягом року.

Із даних таблиці видно, що за сім років статевого використання найбільшу кількість нативної сперми було одержано від плідників Іжик 2670, Фокус 7664, Джигіт 2841, Норець 1463, а найменшу кількість-від плідників Арон 2671, Чекіст 1564, Акорд 2657 та Пушок 870.

7.7 Кількість сперми, отриманої від бугаїв-плідників залежно від віку, мл

Вік тварин, роки	Кличка та інв. № бугая										
	Іжик 2670	Арон 2671	Джигіт 2841	Норд 0088	Пушок 870	Льон 1684	Чекіст 1564	Акорд 2657	Ета-лон 2800	Фокус 7664	Норець 1463
Кількість сперми, мл											
2	331	351	463	199,8	401,5	286	236,5	380	332	606	658
3	1011	686	738	351,7	632	631	327,5	546	661	961	730
4	1000	70	859	558	410	689	468	687	650	814	696,3
5	1111	310	1030	660	374	908	421	358	501	903,5	872
6	1062	250	1105	605	346	1073	258	295	591	939,5	836,2
7	967	85 асп	715	478	328	785	58 асп	143	605	770,5	828
8	984	-	499	393	254	571	-	24	524	422,5	365
Разом	6466	1752	5409	3245,5	2745,5	4943	1769	2433	3864	5417	4985,5

Аналізуючи кількість одержаної нативної сперми від плідників видно, що в різних плідників наявні значні коливання. В таких плідників, як Іжик 2670, Джигіт 2841, Фокус 7664, кількість нативної сперми різко зростали у віці 2-3 роки життя і потім утримувались на досить високому рівні до 8-річного віку.

У всіх досліджуваних плідників збільшення об'єму нативної сперми відбувалося протягом шести років життя після чого об'єм одержаної сперми у них зменшувався.

У плідників Іжик 2670 та Норець 1463 кількість отриманої сперми була на досить високому рівні, і коливалась незначно, тобто була стабільною на протязі усього статевого використання.

У таких плідників як Арон 2671, Акорд 2657 збільшення об'єму еякуляту відбувалось на 2-3 році життя і значно знижувалось до 6-річного віку. В плідника Чекіст 1564 кількість одержаної сперми була найнижчою упродовж всього досліджуваного періоду.

Два плідники Арон 2671 та Чекіст 1564 вибули із племпідприємства на сьомому році життя по причині аспермії.

Дані про концентрацію сперми приведено в таблиці 7.8.

7.8 Концентрація сперми різного віку бугаїв-плідників, млрд/мл

Вік тварин, роки	Кличка та інв. № бугая										
	Іжик 2670	Арон 2671	Джигіт 2841	Норд 0088	Пушок 870	Льон 1684	Чекіст 1564	Акорд 2657	Еталон 2800	Фокус 7664	Норець 1463
Концентрація сперми, млрд/мл											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	0,6	0,7	0,9	0,78	0,8	1,0	0,75	0,7	0,85	0,8	0,97
3	0,7	0,7	0,9	0,6	0,74	0,74	0,78	0,75	1,2	0,8	0,9
4	0,7	0,7	0,9	0,75	0,8	1,1	0,66	0,71	1,2	0,8	0,9
5	0,7	0,6	0,8	0,76	0,8	1,4	0,85	0,7	1,4	0,85	0,74
6	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8	1,4	0,7	0,7	0,8	0,86	0,8
7	0,7	0,6 асп	0,8	0,7	0,7	1,2	0,5 асп	0,7	0,7	0,8	0,9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8	0,7	-	0,8	0,7	0,8	0,9	-	0,7	0,8	0,8	0,8
М	0,7	0,67	0,84	0,71	0,7	1,11	0,71	0,71	0,99	0,82	0,86
±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
М	0,03	0,04	0,05	0,04	0,03	0,2	0,09	0,01	0,02	0,02	0,07

Аналізуючи середні показники концентрації сперми необхідно відмітити, що найвищою вона була у плідників: Льон1684 та Еталон 2800, а найменшою у плідників: Арон 267, Іжик 2670, Акорд 2657 та Чекіст 1564.

Показники рухливості спермій дані яких приведені в таблиці 7.9 коливались незначно від 7,0 до 8,0. Якихось закономірностей за окремими бугаями-плідниками встановлено не було.

7.9 Рухливість спермій бугаїв-плідників різного віку, бали

Вік тварин, роки	Кличка та інв. № бугая										
	Іжик 2670	Арон 2671	Джигіт 2841	Норд 0088	Пушок 870	Льон 1684	Чекіст 1564	Акорд 2657	Еталон 2800	Фокус 7664	Норець 1463
Рухливість спермій, бали											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	8,0	8,0	8,0	7,0	7,0	8,2	7,0	8,0	8,0	7,8	7,8
3	8,0	8,0	8,1	8,0	7,0	7,0	7,0	8,0	8,0	8,1	7,8
4	8,0	7,0	7,9	8,0	7,0	7,2	7,0	8,0	8,0	7,9	7,8
5	8,0	7,0	8,0	8,0	7,0	8,1	7,0	7,0	8,0	8,0	8,0
6	8,0	7,0	8,0	7,0	7,0	8,3	7,0	7,0	8,0	8,0	8,0
7	8,0	7,0 асп	7,0	7,0	7,0	8,0	7,0 асп	7,0	7,0	8,0	8,0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8	8,0	-	7,0	7,0	7,0	8,0	-	7,0	7,0	8,0	8,0
M ± m	8,0± 0	7,33 ± 0,44	7,71 ± 0,41	7,42 ± 0,49	7,0 ± 0	7,82 ± 0,42	7,0 ± 0	7,42 ± 0,49	7,71 ± 0,41	7,97 ± 0,07	7,91 ± 0,09

Кількість рухливих спермійів у спермі крім якісного є також економічним показником, який впливає на кількість спермодоз і, як наслідок, збільшення кількості осімінених самок.

В ряді досліджень встановлено, що ефективність племінної роботи та відтворення поголів'я у скотарстві в значній мірі залежать від якісних показників сперми, а саме від концентрації та рухливості спермійів (М. В. Павлюк, С. О. Вовк, 2010, 2012).

Виходячи з показників об'єму сперми, її концентрації та рухливості нами проведено визначення кількості рухливих спермійів у еякуляті піддослідних плідників залежно від їх віку. Кількість рухливих спермійів у спермі визначали шляхом множення об'єму нативної сперми на її концентрацію та рухливість.

Результати цих досліджень приведено у таблиці 7.10.

7.10 Кількість рухливих спермійів у еякуляті бугаїв-плідників залежно від віку, млрд.

Кличка та інв. № бугая											
Вік тварин, роки	Іжик 2670	Арон 2671	Джигіт 2841	Норд 0088	Пушок 870	Льон 1684	Чекіст 1564	Акорд 2657	Еталон 2800	Фокус 7664	Норець 1463
Кількість рухливих спермійів, млрд											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	158,9	196,6	333,4	109,1	196,7	234,5	124,2	212,8	225,8	378,1	497,8
3	566,2	384,2	538	168,8	327,4	308,2	178,9	327,6	637,4	622,7	512,5
4	560	34,3	610,7	334,8	229,6	545,7	216,2	390,2	624	514,4	488,6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	622,2	130,2	659,2	401,3	209,4	1029,7	250,5	175,4	561,1	614,4	516,2
6	679,7	122,5	707,2	396,5	193,8	1246,8	126,4	144,6	378,2	646,4	535,2
7	541,5	35,7 асп	400,4	234,2	160,7	753,6	20,3 асп	70,1	296,5	493,1	596,2
8	551	-	279,4	192,6	142,2	411,1	-	11,8	335,4	270,4	233,6
Разом	3679,5	927,5	3528,3	1837,3	1459,8	4529,6	916,5	1332,5	3058,4	3539,5	3380,1

Аналізуючи дані таблиці 7.10 констатуємо, що найбільшу кількість рухливих спермій у спермі за 8 років експлуатації отримано від бугая Льон 1684, а саме 4529,6 млрд. Також велику кількість рухливих спермій у спермі одержано від плідників Іжик 2670 – 3679,5 млрд, Фокус 7664 – 3539,5 млрд та Джигіт 2841 – 3528,3 млрд. Найменшу кількість рухливих спермій одержали від плідників Арон 2671 – 927 млрд, Чекіст 1564 – 1097,9 млрд, Акорд 2657 – 1332,5 млрд.

Показник кількості рухливих спермій у бугая Льон 1864 стрімко зростає протягом усіх 8 років використання. У таких бугаїв, як Джигіт 2841, Іжик 2670, Фокус 7664, Норець 1463 цей показник був стабільно високий, а в плідників Арон 2671, Чекіст 1564, Акорд 2657 та Пушок 870 – був низьким на протязі вказаного вікового періоду використання. Дані таблиці 7.10 вказують на те, що у досліджуваних бугаїв-плідників рухливість спермій збільшувалась до 6-річного віку, після чого вона значно зменшувалась.

Досліджуючи взаємозалежність між обхватом мошонки та кількістю рухливих спермій у бугаїв-плідників подільського заводського типу української чорно-рябої молочної породи (рис.7.1) встановлена регресійна достовірність $R^2 = 0,94$, $P < 0,05$ та стійка кореляційна залежність ($r = +0,94$).

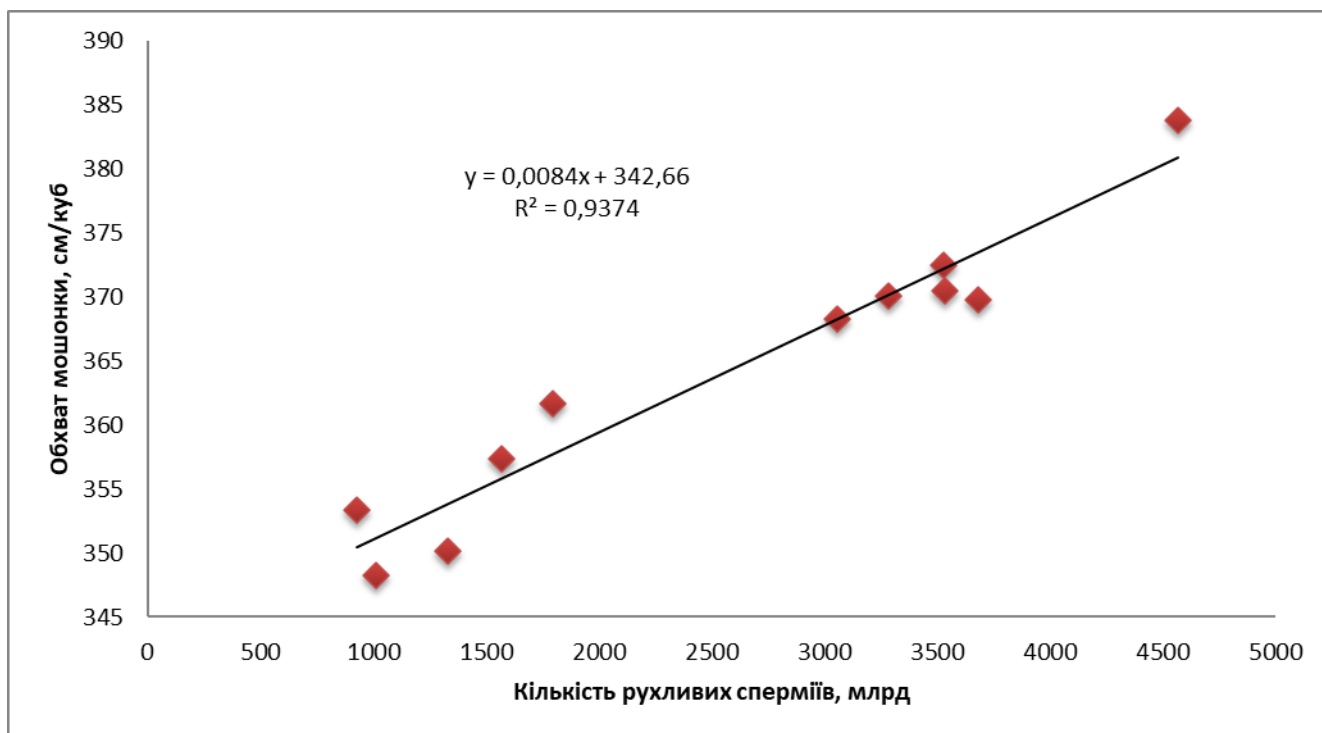


Рис.7.1. Лінійна регресія між обхватом мошонки та кількістю рухливих спермій у бугаїв-плідників

У таблиці 7.11 наведено дані, щодо кількості спермодоз отриманих від бугаїв-плідників залежно від їх віку.

7.11 Кількість спермодоз, отриманих від бугаїв-плідників залежно від віку

Кличка та інв. № бугая											
Вік тварин, роки	Іжик 2670	Арон 2671	Джигіт 2841	Норд 0088	Пушок 870	Льон 1684	Чекіст 1564	Акорд 2657	Еталон 2800	Фокус 7664	Норець 1463
Кількість рухливих спермій, млрд											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	1438	1258	2380	2420	288	1190	204	1120	1770	1576	2554
3	13852	6138	16646	2536	4748	5876	4994	14626	12546	12304	12446
4	21600	983	17488	4204	11351	21792	5544	12198	12942	20192	9570

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	20521	5230	15632	5898	10244	23028	10700	4298	13696	18032	14150
6	20892	4820	20730	3654	9950	25542	9448	3540	7300	19512	13252
7	17548	458 асп	13038	1563	6540	20326	1326 асп	1160	7622	16896	15460
8	12652	-	10654	1304	4320	15112	-	520	2092	16134	5872
Разом	108503	18887	96568	21579	47441	112866	32216	37462	57968	104646	73304

Аналізуючи спермопродуктивність бугаїв-плідників необхідно зазначити, що найбільшу кількість спермодоз за період експлуатації отримано від бугаїв Льон 1684, Іжик 2670, Фокус 7664 та Джигіт 2841, найменшу – від плідників Арон 2671, Чекіст 1564 та Акорд 2657 (табл. 7.11). Слід відмітити, що після шести років статевого використання бугаїв-плідників спермопродуктивність у них значно зменшувалася.

Подальшим напрямом наших досліджень було визначення запліднюючої здатності сперми бугаїв-плідників залежно від їх віку.

Дані про запліднюючу здатність сперми бугаїв-плідників подільського заводського типу української чорно-рябої молочної породи приведені в таблиці 7.12.

7.12 Запліднююча здатність сперми бугаїв-плідників залежно від віку, %

Вік тварин, роки	Кличка та інв. № бугая										
	Іжик 2670	Арон 2671	Джигіт 2841	Норд 0088	Пушок 870	Льон 1684	Чекіст 1564	Акорд 2657	Еталон 2800	Фокус 7664	Норець 1463
Запліднююча здатність сперми %											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	71	77	74	61	72	71	72	70	60	66	78

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	80	71	81	69	64	65	46	69	63	77	81
4	74	60	72	53	60	85	71	64	82	76	75
5	86	62	69	75	62	86	70	66	82	84	79
6	82	62	76	70	60	85	64	65	80	84	82
7	80	54	80	67	61	84	60	60	74	79	80
8	81	-	85	53	58	86	-	62	72	75	80
$M \pm m$	79,1 $\pm 3,81$	64,3 $\pm 6,4$	76,7 $\pm 4,5$	64,0 $\pm 7,1$	62,4 $\pm 3,2$	80,3 $\pm 7,0$	63,8 $\pm 7,2$	65,1 $\pm 2,7$	73,2 $\pm 7,1$	77,3 $\pm 4,3$	79,3 $\pm 1,7$

Із даних приведених у таблиці 7.12 видно, що за вісім років статевого використання плідників найвища запліднююча здатність виявлена у бугаїв Льон 1684, яка становила $80,3 \pm 7,0$ %, Норець 1463 – $79,3 \pm 1,7$ %, Іжик 2670 – $79,1 \pm 3,8$ %, а найнижча у – Пушка 870 – $62,4 \pm 3,2$ %, Чекіста 1564 – $63,8 \pm 7,2$ % та Норда 0088 – $64,0 \pm 7,1$ %.

Найбільш виражене підвищення запліднюючої здатності сперми спостерігалось упродовж 4-го року у плідника Льон 1684, і в подальшому утримувалось на достатньо високому рівні. Запліднююча здатність сперми бугаїв Іжик 2670, Фокус 7664, Норець 1463 стабільно утримувалась на високому рівні упродовж досліджуваних восьми років використання.

Значно нижчу запліднюючу здатність сперми встановлено у плідників Чекіст 1564, Пушок 870, Арон 2671, Акорд 2657.

Результати з дослідження взаємозв'язку між відносною швидкістю росту організму, рухливістю спермій у еякуляті та запліднюючою здатністю сперми бугаїв-плідників наведено на рисунку 7.2

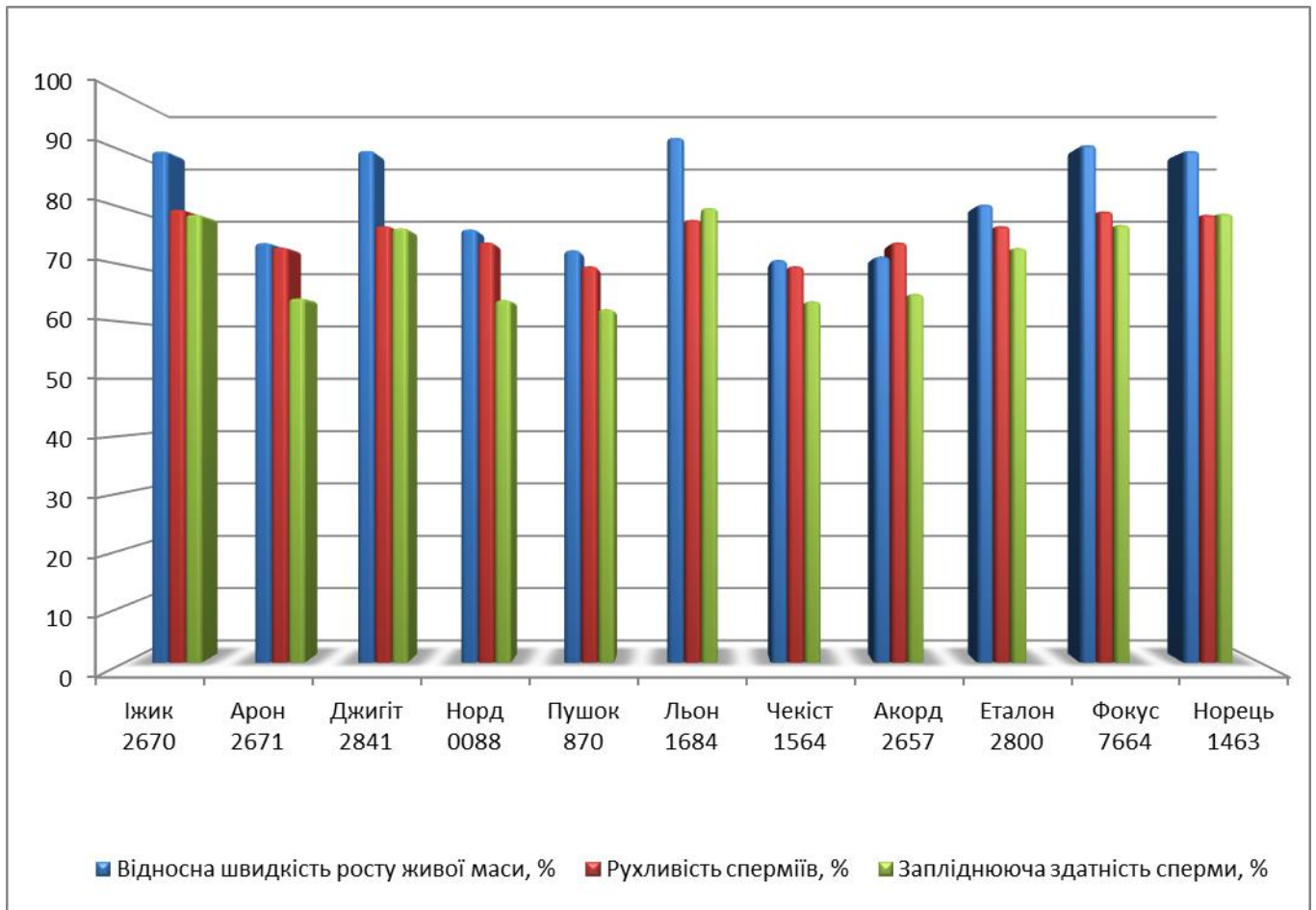


Рис. 7.2. Відносна швидкість росту живої маси, рухливість спермійів у еякуляті та запліднююча здатність сперми бугаїв-плідників

Аналізуючи діаграму, зображену на рисунку необхідно відзначити, що бугаї-плідники з високими показниками інтенсивності росту і розвитку росту організму такі, як Льон 1684, Фокус 7664, Джигіт 2841, Іжик 2670 мали також високі показники запліднюючої здатності сперми. У плідників з низькими показниками росту організму таких, як Чекіст 1564, Акорд 2657, Пушок 870 були нижчими і показники запліднюючої здатності сперми. З наведеного рисунка видно, що показники відносної швидкості росту живої маси організму та рухливості спермійів у еякуляті взаємопов'язані з показниками запліднюючої здатності плідників.

На основі отриманих результатів розроблено практичні пропозиції, щодо ефективного статевого використання бугаїв-плідників подільського заводського типу української чорно-рябої молочної породи.

8. РОЛЬ РЕПРОДУКТИВНИХ ЯКОСТЕЙ БУГАЇВ ПЛІДНИКІВ У ЗБЕРЕЖЕННІ ТА УДОСКОНАЛЕННІ ПОРІД ВІТЧИЗНЯНОЇ СЕЛЕКЦІЇ

За останні роки генофонд вітчизняних порід великої рогатої худоби в значному ступені необґрунтовано скорочується. В результаті інтенсивного використання спеціалізованих імпортних порід створені нові породи, внутріпородні типи та великі масиви помісних тварин. Одночасно деякі місцеві породи виявилися на межі зникнення. Відбувається безповоротна втрата цінних генів, скорочення генетичного різноманіття, яке служить основою подальшого покращення породних якостей худоби (М. В. Гладій та ін., 2018).

Проведений за матеріалами племінного реєстру аналіз дає можливість рекомендувати наступні найбільш доцільні шляхи і напрямки пріоритетного породного удосконалення молочного скотарства в Україні. Основними на подальшу перспективу мають лишатися новостворені українські чорно-ряба, червоно-ряба і червона молочні породи за переважно внутріпородного їх селекційного удосконалення і обмеженого залучення генофонду поліпшувальної голштинської породи. З огляду на критичну малочисельність популяції генетичне поліпшення бурих порід має об'єднувати стада як української бурої молочної, так і лебединської, бурої карпатської та швіцької порід за використання переважно бугаїв поліпшувачів швіцької та української бурої молочної порід при збереженні генофонду (в обмеженому числі стад) лебединської та бурої карпатської. Певну частку у породній структурі молочної худоби й надалі займатиме чистопородне удосконалення комбінованої молочно-м'ясної симентальської породи. Не повною мірою бажаний (з огляду на зниження відтворної здатності та тривалості господарського використання) процес розширеного відтворення худоби голштинської породи. Доцільно проводити поглинальне схрещування на обмеженому поголів'ї за визнання недоцільності та неефективності масового імпорту чистопородного молодняку з Північної Америки та Європи. Згідно з Програмою збереження генофонду локальних та зникаючих порід, необхідно проводити експертну оцінку генетичних ресурсів для встановлення доцільності подальшого зберігання та можливості використання сперми в

селекційному процесі (Програма збереження локальних та зникаючих порід сільськогосподарських тварин в Україні, 2013).

Згідно законодавства України із питань племінної роботи в тваринництві всі роботи пов'язані із виробництвом, зберіганням та реалізацією спермопродукції повинні виконуватись на підставі ліцензій за наявності відповідної матеріальної бази. Виробництво спермопродукції плідників включає діяльність, пов'язану з утриманням плідників, одержанням від них нативної сперми, наступну її технологічну обробку, зберігання і реалізацію отриманої продукції для відтворення.

У результаті тривалої роботи співробітників лабораторії відтворення Інституту розведення і генетики тварин було виділено 4 періоди становлення статевої функції у бугаїв-плідників (Федорович Є. І. 2004).

1. Становлення статевої функції – триває 8-9 місяців від початку статевого дозрівання до 2-річного віку. Цей період характеризується постійним збільшенням об'єму еякуляту, концентрації спермійв, загальної кількості спермійв еякуляті, рухливості, резистентності, стійкості до заморожування та збільшення діаметру сім'яних каналців сім'яників.

2. Фізіологічна зрілість – з 2 до 5-річного віку. Продовжує зростати об'єм еякуляту, концентрація спермійв, рухливість, резистентність та стійкість до заморожування. Збільшується діаметр сім'яних каналців до максимального розміру.

3. Стабілізація статевої функції – з 5 років до 10-12-річного віку. У цей період характерною ознакою є стабільність усіх основних показників спермопродуктивності.

4. Згасання статевої функції – після 12-річного віку. Проходить поступовий спад потенційних можливостей плідників. Зменшується об'єм еякуляту, концентрація та рухливість спермійв, відбувається дегенерація сім'яників.

До 90% реалізованого генетичного прогресу за великомасштабної селекції забезпечується використанням перевірених за потомством бугаїв поліпшувачів, що зумовлює найактуальнішу потребу відновлення вітчизняної системи селекції та випробування плідників. За останні п'ять років число допущених до використання оцінених за якістю нащадків бугаїв скоротилося майже удвічі за одночасного підвищення племінної цінності (селекційний

індекс, (CI) у 2,2 рази. При цьому найбільш помітне скорочення числа плідників відмічено саме у вітчизняних молочних породах (УЧРМ – на 78,8 %, УчеРМ – на 66,9 %, УЧМ – на 68,9 %, а УБМ – не допущено жодного плідника). Істотно звузилась генеалогічна структура практично усіх порід. Разом з тим, поголів'я допущених до використання оцінених за якістю нащадків плідників голштинської породи скоротилось лише на 11,5 %. Серед 148 допущених до використання 2011 року, оцінених за походженням бугаїв (потенційно поставлених на випробування за якістю нащадків), невинуватено непропорційно велика частка припадає на плідників голштинської породи (63,5 %), тоді як бугаї УЧРМ складають лише 9,5 %, УчеРМ – 6,1 %, УЧМ – 2,7 %. За урахування близько п'ятирічного циклу випробування за якістю нащадків щорічно потенційно ставиться на випробування $148 : 5 \approx 30$ бугаїв. Разом з тим, розрахунки засвідчують, що за мінімально можливого випробувального співвідношення 1 : 4, оцінки по 50 дочкам для забезпечення осіменіння 70% маточного поголів'я бугаями поліпшувачами, виділення для перевірки за якістю нащадків відповідно до інструкції 20–30 % корів і телиць, щорічно слід ставити на оцінку за якістю нащадків близько 500 плідників. Для цього підконтрольне поголів'я має сягати 250 тис корів. Наразі в усіх атестованих племінних стадах (активна частина популяції) налічується лише трохи більше 150 тис корів, що складає 60,3 % мінімальної селекційної потреби (М. І. Бащенко, Ю. П. Полупан, С. Ю. Рубан, І. В. Базишина, 2012).

Актуальність оцінки якості племінних бугаїв визначається необхідністю добору видатних плідників, що за їх інтенсивного використання забезпечує успіхи практичної селекції.

Збільшення числа селекційних ознак зменшує ефект добору за кожною з них. Тому оцінку племінної цінності і добір бугаїв доцільно проводити за однією основною ознакою – числом сперміїв в еякуляті, яка має високу кореляцію з об'ємом сперми і концентрацією сперміїв в еякуляті і високий ступінь успадкованості. За іншими показниками спермопродуктивності бугай повинен відповідати мінімальним вимогам, тобто видовим стандартам.

В популяційній генетиці оцінка ефекту селекції в стаді або породі визначається величиною генетичного прогресу за

господарсько корисними ознаками, досягнутими за покоління або в розрахунку на один рік.

В системі селекції бугаїв-плідників перший етап добору проводився за ознаками розвитку і екстер'єру та відтворювальною здатністю (М. В. Буштрук, 2015).

У дослідженнях М. В. Буштрук (2015) вивчався також ефект добору плідників на другому етапі селекції – за відтворними ознаками та показником загальної кількості сперміїв в еякуляті. Різниця між кількістю сперміїв в еякуляті кращих бугаїв, відібраних для використання в селекційній програмі, і цими показниками всіх перевірених в породі плідників складає 0,5 млрд. Тоді ефект селекції становить 0,2 млрд за покоління. Якщо визначити генетичний прогрес в розрахунку на один рік, то необхідно цю величину поділити на кількість років у генераційному інтервалі. У молочних породах генераційний інтервал для бугаїв складає в середньому 7 років. Тоді генетичний прогрес в розрахунку на одного бугая в породі щорічно буде збільшувати кількість сперміїв в одному еякуляті на 29 млн.

Слід зазначити, що залежно від інтенсивного добору бугаїв, рівень їх племінної цінності і, відповідно, генетичний прогрес в породі будуть збільшуватись.

Так, за коефіцієнта добору 0,9 із 222 бугаїв буде відібрано для використання 190 плідників із племінною цінністю 0,12 млрд., ефект селекції за покоління складе 0,05 млрд. За інтенсивності добору 0,1, ці показники становитимуть: кількість відібраних бугаїв – 22 голови, племінна цінність – 1,95 млрд, ефект селекції – 0,82 млрд.

Добір бугаїв-плідників за показниками спермопродуктивності у молочному скотарстві – важливий захід підвищення ефективності племінної роботи. Аналізуючи показники спермопродуктивності бугаїв різних порід виявили, що об'єм еякуляту у бугаїв голштинської породи більший порівняно з бугаями симентальської породи на 0,42 мл ($P>0,999$) і з українськими червоно-рябими бугаями – на 0,22 мл ($P>0,95$) (табл. 8.1) (М. В. Буштрук, 2015).

8.1 Характеристика бугаїв різних порід за спермопродуктивністю

Показники	Порода бугаїв		
	симентальська	голштинська	українська червоно-ряба молочна
n	59	45	101
Об'єм еякуляту, мл			
M ± m	2,94±0,12	3,36±0,09	3,14±0,08
δ	0,72	0,67	0,79
C v	25,62	20,08	25,56
Концентрація спермійів, млрд/мл			
M ± m	1,16±0,03	1,07±0,03	1,14±0,02
δ	0,19	0,18	0,10
C v	17,74	17,96	
Активність спермійів, балів			
M ± m	8,00±0,05	7,67±0,04	7,85±0,01
δ	0,28	0,34	0,32
C v	3,56	4,59	3,96
Число спермійів в еякуляті, млрд			
M ± m	3,41±0,17	3,60±0,15	3,58±0,09
δ	1,04	1,00	1,04
C v	30,89	27,36	28,99

Концентрація спермійів у голштинів менша на 0,09 млрд/мл, ніж у сименталів, і за числом спермійів в еякуляті між бугаями цих порід встановлено вірогідну різницю, яка становить 0,19 млрд на користь бугаїв голштинської породи ($P>0,95$). Оцінка активності спермійів більша в середньому на 0,023 бала у симентальських бугаїв ($P<0,95$). Між чистопородними бугаями голштинської породи і бугаями української червоно-рябої молочної породи встановлено вірогідну різницю за показниками спермопродуктивності, за показниками об'єму еякуляту ($P>0,99$) та концентрацією спермійів ($P>0,95$).

Для розроблення ефективної програми селекції бугаїв необхідно враховувати генетичний зв'язок між відтворними показниками. Вивчаючи кількісні та якісні показники спермопродуктивності І. С. Старостенко, М. В. Буштрук, І. В. Титаренко, В. П. Даниленко (2014) встановили певну функціональну взаємозалежність між ними (табл. 8.2).

8.2 Кореляція показників спермопродуктивності у повновікових бугаїв

Показники	Порода		
	симентальська n=59	голштинська n=45	українська червоно- ряба n=101
Об'єм еякуляту - концентрація спермійів	-0,27	-0,13	-0,13
Об'єм еякуляту - число спермійів в еякуляті	0,73	0,78	0,81
Об'єм еякуляту - активність спермійів	-0,30	0,13	-0,11
Концентрація спермійів - число спермійів в еякуляті	0,79	0,70	0,57
Концентрація спермійів - активність спермійів	0,23	0,31	0,29

Між об'ємом і концентрацією сперми встановлено від'ємний кореляційний зв'язок ($r = -0,13$ $-0,27$), а між об'ємом еякуляту і числом спермійів в еякуляті, а також між концентрацією і цією самою ознакою – додатний, прямолінійного типу. Коефіцієнт кореляції між об'ємом і активністю спермійів коливається від $-0,30$ до $+0,13$, а між концентрацією і активністю спермійів – від $+0,23$ до $+0,31$ ($P > 0,95$). Отримані коефіцієнти кореляції між окремими показниками сперми дають змогу виділити число спермійів в еякуляті як основну селекційну ознаку.

І. С. Старостенко (2015) доводить, що одним із основних заходів селекції у молочному скотарстві є виявлення і оцінка кращих плідників – лідерів породи та їх широке використання у селекційному процесі. Тому аналіз форм успадкування племінної цінності бугаїв, від яких із високою ймовірністю буде отримано потомство із запланованими племінними і продуктивними якостями, є основним принципом великомасштабної селекції. При прогнозі племінної цінності молодих бугаїв, необхідно враховувати, насамперед, племінну цінність батька та матері. Отримані дані свідчать про те, що у бугаїв із категорії поліпшувачів і нейтральних частіше зустрічається проміжна форма успадкування племінної цінності за надоем – 44,6 і 58,6 %, відповідно у бугаїв із категорії погіршувачів виявлена найнижча частота проміжного успадкування – 26,3 %.

Домінування батька і матері в середньому має майже однакову частоту успадкування у бугаїв всіх категорій і відрізняється лише на 0,6 %. У бугаїв-поліпшувачів домінування батька зустрічається найчастіше – 15,4%, але в цій категорії усі батьки були лідерами породи і мали високу племінну цінність у середньому +220 кг. У бугаїв нейтральних і погіршувачів племінна цінність батьків була на низькому рівні – +28 кг і –208 кг, відповідно. Підвищення частоти домінування матері не покращує розряд племінної цінності отриманих тварин. Домінування матері найчастіше виявляється у погіршувачів – 21,1 %, де низька племінна цінність матерів –365 кг призводить до зниження племінної цінності синів за надоем до – 180 кг. Негативний вплив низької племінної цінності матерів простежується і у бугаїв-поліпшувачів та нейтральних. Отримання синів із племінною цінністю +348 кг від матерів із племінною цінністю за надоем +21 кг і батьків +24 кг є найбільш бажаною формою успадкування – наддомінуванням. Наддомінування зустрічається лише у бугаїв-поліпшувачів і пояснюється як вдала поєднуваність батьківських генів у результаті взаємодоповнення. Явище протилежне наддомінуванню, яке зумовлює зниження племінної цінності синів порівняно із племінною цінністю батьків, називається регресією. Регресія рідше зустрічається у поліпшувачів – 7,6 % і частіше у погіршувачів – 39,4 %. Зменшення племінної цінності синів порівняно з батьківськими особинами обумовлено дією рецесивних генів, які знижують розвиток ознаки у нащадків.

Доведено, що при всіх формах успадкування рівень племінної цінності синів за надоем має пряму залежність від якості батьківських особин, що вказує на важливість добору потенційних батьків та матерів бугаїв. Отже, половина суми племінної цінності матері та батька ремонтного бугая може бути використано за основу для прогнозування його власної племінної цінності. Тривала селекції з метою збільшення адитивної мінливості стане головним резервом підвищення ефективності селекції племінних стад молочної худоби (І. С. Старостенко, 2015).

Встановлено, що найбільш чутливими до стресів є імунна та відтворювальна функція організму. Однак, недостатньо з'ясованим залишається залежність спермопродуктивності бугаїв-плідників від їх стійкості до стресів. Тому визначення економічної ефективності використання бугаїв-плідників голштинської породи залежно від їх

адаптаційної здатності є актуальним питанням. Дослідження цієї проблеми проведено у Дніпропетровському облплемпідприємстві (табл. 8.3) (О. М. Черненко, 2015).

8.3 Економічні показники використання бугаїв-плідників

Показники	Роки використання бугаїв-плідників		
	перший	другий	третій
Бугаї-плідники з низькою стресостійкістю, n=7			
Одержано сперми за рік, мл	205,4	340,7	367,7
Брак сперми, %	31,2	24,2	18,9
Сперма придатна для заморожування, мл	141,1	258,2	298,2
Одержано спермодоз з усіх еякулятів	4008,0	6291,4	6939,3
Бугаї-плідники з високою стресостійкістю, n=9			
Одержано сперми за рік, мл	310,9	459,6	498,1
Брак сперми, %	13,3	10,9	14,5
Сперма придатна для заморожування, мл	269,4	409,5	425,7
Одержано спермодоз з усіх еякулятів	7363,3	10667,1	11376,7
Середня прибавка спермопродукції, %	83,7	69,6	64,0
Вартість додаткової спермопродукції, грн	46223,1	55682,3	54608,2

Аналіз даних, наведених у таблиці 8.3 показує, що у розрізі перших трьох років використання за однакового способу утримання, але різної адаптаційної здатності до щоденних експлуатаційних навантажень кількість і якість спермопродукції, що отримано від бугаїв-плідників, відрізняється. Так, за перший рік племінного використання від високостресостійких бугаїв-плідників з розрахунку на одну тварину отримано додаткової спермопродукції більше на 83,7 %, що у вартісному виразі за мінусом всіх витрат становить 46223,1 грн. За другий рік племінного використання ці показники також виявились вищими у високостресостійких тварин, відповідно, на: 69,6 % та 55682,3 грн. За третій рік експлуатації зберігається перевага високостресостійких бугаїв над низькостресостійкими за кількістю отриманої додаткової спермопродукції на 64,0 % та її вартістю – на 54608,2 грн. на одну тварину.

Отже, за однакової вартості однієї спермодози та умов експлуатації, використання бугаїв-плідників високостресостійкого

типу, порівняно з низькостресостійкими ровесниками є більш доцільним: від них отримано в середньому вищу прибавку спермопродукції через менший відсоток браку сперми, вищу концентрацію сперми, активність сперміїв та перевагу за низкою інших показників, якими характеризується якість спермопродукції (О. М. Черненко, 2015).

Войтенко С. Л., Сидоренко О. В. (2022) показали, що найнижчий надій за лактацію мали дочки бугаїв-плідників голштинської породи українського походження (2801 кг), а найбільший — канадського (14302 кг). Селекційний індекс (СІ) бугаїв української червоно-рябої молочної породи був на рівні $-105+1426$. Дочірні потомки бугаїв цієї породи мали надій за лактацію 2559 – 10209 кг, вміст жиру і білка в молоці 3,41 – 4,18 і 2,83 – 3,42% відповідно. СІ бугаїв української чорно-рябої молочної породи становить $-1051... +1122$, а надій корів за лактацію 2022 – 9064 кг молока з умістом жиру 3,42 – 4,05% і білка — 3,04 – 3,23%. У групі бугаїв голштинської породи 82% інбредних тварин, української червоно-рябої молочної породи — 68%, української чорно-рябої молочної породи — 51%. Найвищий надій дочкам забезпечили плідники голштинської та української чорно-рябої молочної порід помірного ступеня інбридингу, української червоно-рябої молочної породи — віддаленого. Вони зробили висновок, що для підвищення надою у дочірніх потомків доцільно використовувати бугаїв голштинської та української чорно-рябої молочної порід помірного ступеня інбридингу ($F_x = 1,56 - 12,4\%$), української червоно-рябої молочної породи — віддаленого ($F_x = 0,2 - 1,55\%$).

Л. М. Піддубна, Д. В. Захарчук, Р. В. Братушка (2020) встановили, що бугаї-плідники ТОВ «Українська генетична компанія» характеризуються достатньою статевою активністю. За рік від них у середньому отримано 156 еякулятів, з яких 106 якісних (67,9 %). Показники спермопродуктивності в піддослідних бугаїв є досить мінливими (C_v від 23,1–79,7 %) і варіюють у межах: кількість отриманих якісних еякулятів протягом року – 32–173 доз, отримано нативної сперми – 201–1016 мл, відсоток вибракуваної сперми 3,1–76,1, кількість отриманих спермодоз – 5755–61920. Виявлено вірогідну різницю за показниками спермопродукції між плідниками, яка зумовлена їхніми індивідуальними особливостями. Об'єм еякуляту коливається в межах від 3,77 до 7,30 мл ($d=3,57$; $td=16,6$;

$P < 0,001$), рухливість спермійів від 7,2 до 8,3 бала ($d=1,1$; $td=11,1$; $P < 0,001$), концентрація спермійів в еякуляті від 1,51 до 3,52 млрд/мл ($d=2,01$; $td=24$; $P < 0,001$), стійкість спермійів до заморожування від 59,6 до 99,6 %. У ТОВ «Українська генетична компанія» голштинські бугаї-плідники мають високий індекс спермопродуктивності, який становить від 5,19 до 15,29 млрд рс/е. Встановлений виражений додатній кореляційний зв'язок між рухливістю та концентрацією сперми ($r = +0,825$; $P < 0,001$), рухливістю та кількістю отриманих спермодоз за рік ($r = +0,766$; $P < 0,001$), концентрацією та кількістю отриманих спермодоз за рік ($r = +0,595$; $P < 0$).

Оцінка бугаїв за індексом спермопродуктивності дала можливість виділити 7 бугаїв із високим відтворювальним потенціалом (ІС понад 10 млрд рс/е), які в однакових умовах утримання та використання мали найвищі кількісні та якісні показники.

Виражений додатній кореляційний зв'язок встановлено між рухливістю та концентрацією спермійів в еякулятах бугаїв ($r = +0,825$), слабкий від'ємний – між об'ємом еякуляту та концентрацією спермійів ($-0,378$). Кількість отриманих спермодоз залежить від рухливості спермійів ($+0,766$), їх концентрації ($+0,595$) та стійкості до заморожування ($+0,293$).

Встановлена тісна залежність показників спермопродукції від віку, живої маси, лінії та племінної цінності бугаїв-плідників (О. Ф. Гончар, С. В. Кузєбний, 2005; М. П. Журавель, В. М. Давиденко, 2005; Д. Д. Остапів, 2006).

М. В. Буштрук (1997) встановила, що між бугаями чорно-рябої породи голштинського і голландського походження існує вірогідна різниця за показниками об'єму еякуляту та концентрації спермійів, відповідно на 0,55 мл і на 0,13 млрд/мл ($P > 0,999$). Разом з тим, не виявлено залежності між запліднюючою здатністю бугаїв різного походження. Також, не встановлено вірогідних різниць між запліднюючою здатністю 40 голштинських бугаїв, спермою яких осіменяли 4935 корів різної кровності за голштинською породою.

О. В. Бойко, Й. З. Сірацький, Є. І., Федорович, В. В. Федорович (2012) встановили, що плідники певних ліній суттєво впливають на кількісні та якісні показники спермопродукції та запліднювальну здатність спермійів. Частка впливу лінії на об'єм еякуляту складала 14,1 %, на концентрацію спермійів – 7,7 %, на загальну кількість

спермій в еякуляті – 15,7 %, на рухливість спермій – 12,3 %, на запліднювальну здатність від першого осіменіння – 7,1 %.

Найбільший об'єм еякуляту був відмічений у плідників ліній Хановера, Валіанта та Кавалера, найменший – у тварин лінії Старбака. Концентрація спермій була найвищою у плідників ліній Старбака та Белла, а найнижчою – Валіанта та М. Чіфтейна; рухливість статевих клітин – найвищою у плідників ліній Р.Соверінга, М. Чіфтейна та Белла, а найнижчою – у бугаїв лінії Валіанта.

Встановлено міжлінійні особливості за кількісними та якісними показниками сперми та запліднювальною здатністю спермій плідників, а також відмічені сезонні зміни показників спермопродуктивності (О. В. Бойко, Й. З. Сірацький, Є. І. Федорович, В. В. Федорович 2012).

І. С. Каменська (2012) доводить, що ефективність великомасштабної селекції значною мірою залежить від системи розведення порід за лініями. Лінія – основна структурна одиниця порід сільськогосподарських тварин. Розведення за лініями – це комплекс зоотехнічних заходів, спрямованих на поліпшення, закріплення і подальше вдосконалення господарсько-корисних ознак груп тварин на основі використання системи добору й підбору видатного плідника і його найбільш цінного потомства. І. С. Каменська (2012) вивчала вплив лінійної належності плідників симентальської породи на їх відтворювальну здатність та лінійний ріст.

За показниками спермопродукції і запліднювальної здатності спермій у бугаїв-плідників різних ліній симентальської породи спостерігалась вірогідна різниця. Найбільший об'єм еякуляту був у бугаїв лінії Забавного 1142,55 ($3,79 \pm 0,19$ мл), а найменший – у тварин лінії Етапа 967,39 ($3,49 \pm 0,14$ мл). Різниця за цим показником між бугаями даних ліній становила 0,30 мл. Тварини лінії Сигнала 4863,53 також характеризувалися високим показником об'єму еякуляту ($3,76 \pm 0,23$ мл).

Найвищі показники концентрації спермій ($1,19 \pm 0,12$ млрд/мл) та загальної кількості спермій в еякуляті ($4,20 \pm 0,59$ млрд) мали плідники лінії Радоніса 838,56, а найнижчі – бугаї лінії Забавного 1142,55 (відповідно до вищеназваних показників $1,07 \pm 0,02$ млрд./мл і

4,05±0,27 млрд.). Перевага перших над другими становила 0,12 млрд/мл та 0,15 млрд.

Рухливість сперміїв була найвищою у тварин лінії Етапа 967,39 (8,15±0,010), а найнижчою – у бугаїв лінії Забавного 1142,55 (8,02±0,11). Різниця за цим показником на користь перших складала 0,13 бала.

Найбільшу кількість корів і телиць було осіменено одним плідником із лінії Сигнала 4863,33 (579,21±114,42 голів), а найменшу – з лінії Забавного 1142,55 (267,57±62,55 голів). Різниця за цим показником між бугаями вищезгаданих ліній становила 311,64 голів ($P<0,01$), а між тваринами ліній Сигнала 4863,33 і Радоніса 838,56 – 225,25 ($P<0,10$) та Сигнала 4863,33 і Етапа 967,39 – 166,74 голів.

Заплідненість від першого осіменіння (48,09±3,65 %) та загальна заплідненість (90,06±1,90 %) була максимальною у плідників лінії Забавного 1142,55, а мінімальна відповідно до вищеназваних показників – у бугаїв лінії Етапа 967,39 (36,97±3,11 %) і Радоніса 838,56 (87,32±1,91 %). Різниця за цими показниками між плідниками лінії Забавного 1142,55 і Етапа 967,39 становила 11,12 % ($P<0,01$) та Забавного 1142,55 і Радоніса 838,58 – 2,74 %.

Отримані результати засвідчують важливість забезпечення необхідним рівнем вирощування бажаного типу будови тіла, який в свою чергу пов'язаний не лише з лінійною належністю бугаїв-плідників, а й з їх репродуктивним потенціалом, що можливо цілеспрямовано використовувати в селекційному процесі (С.І.Каменська, 2012).

С. В. Кузєбний, О. В. Бойко (2018) встановили, що на морфологічні характеристики сперми бугаїв-плідників значний вплив мають генетичні фактори: порода – $\eta x^2 = 0,04$ ($P<0,001$), лінійна належність – $\eta x^2 = 0,11$ ($P<0,001$) та походження плідників – $\eta x^2 = 0,05$ ($P<0,001$). Значний вплив на якісні характеристики сперми мають фактори зовнішнього середовища, а саме сезон року. Частка впливу сезону року на кількість морфологічно змінених форм становить – $\eta x^2 = 0,156$ ($P<0,001$), на кількість клітин з порушенням конденсації хроматину – $\eta x^2 = 0,117$ ($P<0,001$).

Визначення рухливості сперміїв – основний тест придатності сперми для штучного осіменіння на племпідприємствах. Провівши аналіз середньої швидкості розморожених сперміїв в залежності від морфологічного стану, отримано наступні показники: у клітин з

нормальною морфологією – $39,1 \pm 0,54$ мкм/сек; морфологічно змінених – $22,8 \pm 1,53$ мкм/сек, що вказує на знижені рухливі характеристики у статевих клітин з порушеною будовою (значення різниці високовірогідне при $P < 0,001$). Відповідно і відстань, пройдена спермієм в залежності від морфологічного стану, склала відповідно $14,3 \pm 0,23$ та $7,6 \pm 0,63$ мкм ($P < 0,001$) (табл. 8.4) (С.В.Кузєбний, О. В. Бойко 2018). Отримані результати вказують, що морфологічно змінені спермії також здатні до руху і тому можуть брати участь в процесі запліднення, викликаючи ембріональну смертність.

8.4 Рухові характеристики морфологічно змінених спермій ($\bar{x} \pm S.E.$)

Місце локалізації пошкоджень	n	Відстань по прямій (мкм)	Фактична швидкість пореальній траєкторії (мкм/сек)	Середня швидкість по прямій (мкм/сек)	Площа головки (мк)
Головка	14	$12,3 \pm 0,22$	$57,1 \pm 10,29$	$32,6 \pm 6,84$	$60,8 \pm 3,77$
Шийка	47	$9,1 \pm 1,32$	$53,5 \pm 4,85$	$27,3 \pm 2,97$	$53,2 \pm 1,41$
Хвіст	58	$6,2 \pm 0,94$	$38,3 \pm 3,95$	$19,5 \pm 2,49$	$50,7 \pm 1,06$
Протоплазматична краплина	32	$9,8 \pm 1,74$	$66,6 \pm 8,81$	$27,6 \pm 4,10$	$51,7 \pm 0,99$
Ізольована головка	35	$0,8 \pm 1,04$	$6,5 \pm 2,79$	$2,5 \pm 1,33$	$43,7 \pm 1,46$
Нормальні спермії	597	$14,3 \pm 0,23$	$68,6 \pm 0,89$	$39,1 \pm 0,54$	$50,4 \pm 0,18$

Звичайно, в залежності від місця пошкодження клітини рухові характеристики дещо відрізняються. У своїх дослідженнях С. В. Кузєбний, О. В. Бойко (2018) розділили морфологічно змінені клітини в залежності від місця локалізації пошкодження на такі: з аномаліями головки; пошкодженнями в ділянці шийки; з змінами в хвостовій частині; наявністю протоплазматичної краплини та ізольовані головки. Вказані автори вважають, що ці зміни у сперміях відбулися внаслідок проведення процедури кріоконсервації та розморожування.

Всього було проаналізовано 186 клітин з порушеною морфологічною будовою, із них 14 було з аномаліями головки (7,9 %); 47 – з порушеннями в ділянці шийки (26,6 %); 58 – з змінами

в ділянці хвоста (32,8 %); 32 – з наявністю протоплазматичних краплин (18,1 %) та 35 – ізольовані головки (14,6 %). Показники рухових характеристик клітин в залежності від морфологічної будови представлені в таблиці 8.4.

Наведені дані свідчать про те, що місце локалізації патології в значній мірі впливає на рухові характеристики спермій бугаїв-плідників. Клітини з аномальними головками і протоплазматичними краплями за характером руху мало чим відрізнялись від клітин з нормальною морфологією, тоді як у клітин з порушеннями будови хвоста та шийки рухи були уповільнені. У клітин з аномальною головкою та змінами в ділянці шийки, площа головки спермія була більшою за площу у нормальної клітини і негативно корелювала з характеристиками руху $r = -0,19 \pm 0,28 - 0,57 \pm 0,23$. В той час як у нормальних клітин і з порушенням в ділянці хвоста та з протоплазматичною краплиною площа головки позитивно корелювала з динамічними параметрами клітини – $0,1 \pm 0,013 - 0,5 \pm 0,15$ ($P < 0,05$). Ізольовані головки мали площу меншу ніж у інших клітин, що, на наш погляд, вказує на те, що ці клітини були мертвими ще до процесу кріоконсервації, оскільки їхній акросомальний апарат не зазнав під впливом цього процесу ніяких змін.

В. М. Надточій (2007) показала, що бугаї симентальської породи за кількісними та якісними показниками сперми переважають плідників української червоно-рябої й чорно-рябої молочних порід. Проте бугаї української чорно-рябої молочної породи поступалися плідникам української червоно-рябої молочної породи за концентрацією на 0,11 млрд/мл ($P < 0,001$) та рухливістю спермій – на 0,66 бали ($P < 0,001$).

Вікові зміни статевого апарату і продуктивна здатність бугаїв чорно-рябої породи вивчалась низкою авторів (Ю. Ф. Мельник, Д. М. Микитюк, В. А. Пишолка, 2003; Й. З. Сірацький, Г. Д. Святовець, 1972; Й. З. Сірацький, О. В. Бойко, В. В. Федорович та ін., 2007; В. В. Федорович, 2006; Є. Федорович, 2003, 2004).

Вказаними дослідниками показано, що збільшення об'єму еякуляту у бугаїв чорно-рябої породи продовжується до шести років. Бугаї до трьох років виділяють сперму на 15-17 % менше шестирічних, з шестирічного віку об'єм еякуляту знижується.

Концентрація спермій у спермі бугаїв чорно-рябої породи до восьми років має тенденцію до підвищення, після чого знижується, а

резистентність з деяким коливанням залишається постійною. Автори дійшли до висновку, що кількісні і якісні показники сперми бугаїв-плідників чорно-рябої породи розвиваються під безпосереднім впливом спадковості і змінюються з віком, а підвищена мінливість вивчених показників свідчать про успіх селекції бугаїв за спермопродукцією (Ю. Ф. Мельник, Д. М. Микитюк, В. А. Пишолка, 2003).

У дослідях, проведених на бугаях червоної-степової породи встановлено, що об'єм еякуляту збільшується до шести-семи років, а концентрація сперміїв до чотирьох-п'ятирічного віку.

Об'єм еякуляту з віком бугаїв-плідників (до 10 років) збільшується від 4,38 мл у двохрічних до 6,23 мл – у 9-10-річних, а після знижується до 5,76 мл (О. Liebenberg, Р. Sichtig, 1971).

Г. Д. Святовець, (1987) показав, що бугаїв симментальської породи можна використовувати з 15-16-місячного віку. До 2-річного віку можна отримувати від плідника по 70-80 еякулятів, в яких міститься 230-276 млрд повноцінних сперміїв. На третьому році життя інтенсивність використання бугаїв подвоювалась, а спермопродукція підвищувалась. На п'ятому році життя у більшості бугаїв (75-80 %) рівень спермопродукції досягав свого максимуму. В подальшому на протязі послідуєчих 2-3 років спермопродуктивність утримувалась майже на одному рівні, а з 8-9-річного віку вона поступово знижувалась.

Л. А. Коропець (2017) встановила, що з віком кількісні та якісні показники сперми суттєво змінюються. Так, у бугаїв голштинської породи чорно-рябої масті за другий рік використання середній об'єм еякуляту збільшився на 0,7 мл ($p < 0,001$), рухливість статевих клітин – на 0,1 бал, концентрація сперміїв – на 0,12 млрд./мл ($p < 0,05$), кількість заготовлених спермодоз – на 41,1 шт. ($p < 0,001$), а відсоток вибракуваних спермодоз зменшився на 10,6 % ($p < 0,01$). У плідників голштинської породи червоно-рябої масті ця різниця становила відповідно 0,5 мл, 0,01 бала, 0,13 млрд./мл, 11,4 шт. та 5,5 %, при цьому ці зміни були статистично невірогідними. Також відмічено, що у бугаїв голштинської породи за основними кількісними та якісними показниками спермопродуктивності різниці між плідниками чорно - та червоно-рябої масті статистично вірогідної різниці не становлено. Результати кореляційно-регресійного аналізу даних дали можливість виявити певні закономірності зв'язків між показниками спермопродуктивності бугаїв-плідників голштинської породи.

Найбільш тісні та статистично вірогідні кореляційні зв'язки встановлено між об'ємом еякуляту, рухливістю і концентрацією спермійів та кількістю заготовлених спермодоз ($p < 0,001$). Встановлено, що з віком показник дихання спермійів збільшувався – його інтенсивність у бугаїв віком від 4 років і старше зросла у 1,2 раза або на 17 % порівняно з плідниками до 2-річного віку. Також з віком бугаїв незначно зростала резистентність спермійів, яка збільшилась відповідно на 1,18 тис. од. або на 4,7 %. Показник кількості живих спермійів збільшувався у бугаїв до 4-річного віку, а потім поступово знижувався, хоча різниця з віком плідників була статистично невірогідною. Також встановлено, що з віком бугаїв зростала і виживаність спермійів – порівняно з плідниками до 2-річного віку цей показник збільшився у 2-3-річних бугаїв на 3,9 %, 3-4-річних – на 9,8, 4-річних і старше – на 11,37 %. Статистично вірогідний кореляційний зв'язок встановлено між інтенсивністю дихання спермійів та об'ємом еякуляту і рухливістю спермійів; кількістю живих спермійів і рухливістю та концентрацією статевих клітин; між виживаністю і концентрацією спермійів ($p < 0,05$).

Дослідами багатьох авторів встановлена і індивідуальна мінливість показників якості сперми, але вона виявилась нижчою у більшості бугаїв, ніж мінливість між окремими породами та родовими групами, що підтверджує спадкову обумовленість ряду показників сперми (І. С. Старостенко, М. В. Ткаченко, С. В. Ткаченко, 2012, А. П. Шевченко, 2012).

Про вплив індивідуальних, породних та лінійних особливостей бугаїв на кількісні та якісні показники сперми свідчать численні дослідження (С. Й. Кава, О. Я. Дмитрів, Д. Д. Остапів, І. М. Яремчук, 2012; Л. М. Хмельничий, Ю. О. Єрош, А. А. Біба, 2011; S Karoui et al., 2011).

Ляшенко А. О. (2012) застерігає, що внаслідок голштинізації і створення більш продуктивних молочних порід витісняється генофонд місцевих популяцій білоголової української і лебединської порід, втрачається їх спадковість. Тому важливо мати запас сперми бугаїв вихідної популяції, щоб в разі потреби провести «прилиття крові» в процесі майбутньої селекції та створення нових порід. Враховуючи цінні господарські ознаки білоголової української і лебединської порід, виникла необхідність впровадити заходи щодо збереження генофонду породи. А. О. Ляшенко (2014) проводив

оцінку показників рухливості, динамічні характеристики руху та виживаності сперматозоїдів бугаїв білоголової української та лебединської порід залежно від термінів зберігання.

А. О. Ляшенко (2014) встановлено, що за термінів зберігання 10–20 років спостерігалися вищі за норму значення патологічних форм спермії у бугаїв молочних і м'ясних порід, у середньому на 2,5 %, окрім сперми української чорнорябої молочної породи, а у спермі бугаїв симентальської та м'ясних порід (за термінів зберігання 31–45 років) вищі в середньому на 6,4 %. Для сперми бугаїв симентальської породи, порід лімузин та шароле за терміну зберігання 31–45 років спостерігалися високі значення патологічних форм (понад 24 %) та висока кількість мертвих клітин (понад 35 %). Визначено позитивний високо-вірогідний кореляційний зв'язок між кількістю патологічних і мертвих сперміїв ($r=0,5$).

Отримані результати досліджень свідчать про необхідність періодичного моніторингу якісних показників сперми вищезазначених порід для підтвердження доцільності її подальшого зберігання та можливості використання в селекційному процесі.

9. ГЕНОМНА РЕПРОДУКТИВНА СЕЛЕКЦІЯ – ПЕРСПЕКТИВНИЙ НАПРЯМ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПЛЕМІННОЇ РОБОТИ У СКОТАРСТВІ

Досягнення в галузі геноміки та біотехнологій зробили революцію в селекції, запропонували нові науково-практичні підходи та шляхи для генетичного прогресу у галузі тваринництва в цілому, і скотарства, зокрема.

Геномна селекція використовує високопродуктивні технології генотипування та статистичні алгоритми для прогнозування племінної цінності тварин з безпрецедентною точністю. Це дозволяє селекціонерам виявляти найкращих особин на ранній стадії, і тим самим прискорювати темпи генетичного прогресу та покращувати кількісні і якісні показники сперми.

Традиційні методи селекції забирають багато часу і залежать від поколінь нащадків, щоб виявити справжню цінність генетики тварини. Геномна селекція скорочує цей часовий проміжок, дозволяючи селекціонерам зазирнути в майбутнє, не чекаючи, поки

пройдуть роки. Вона відкриває еру, коли вибір плідників ґрунтується не лише на походженні чи родоводі, але й на обґрунтованому аналізі даних, який обіцяє відчутні результати (P. M. VanRaden et al., 2009).

Геномна селекція – це більше, ніж сума алгоритмів і ланцюжків ДНК. Вона несе в собі надії та мрії фермерів, які вирощували породи протягом багатьох поколінь. Вона долає розрив між вродженими знаннями досвідчених селекціонерів і точністю, яку дає сучасна наука. Це шлях співпраці між селекціонерами та біотехнологами, між уроками минулого та обіцянками майбутнього (R. Dassonneville et al. 2011; J. M. Schefers, K. A. Weige, 2012)

Геномна селекція великої рогатої худоби дозволяє ідентифікувати майбутніх плідників у молодому віці. Існує значний інтерес до можливості використання генетично відібраних молодих бугаїв як плідників для штучного осіменіння якомога раніше, щоб скористатися перевагами їхньої кращої генетики. (T. H. Meuwissen, B. J. Hayes, M. E. Goddard 2001; E. M. Murphy et al., 2018).

T. Birkhead et al. (2009) зазначають, що коефіцієнт успадкованості показників якості сперми та спермограми залежить від породи. Коефіцієнт успадкованості концентрації сперміїв у свіжій спермі бугаїв голштинської породи становив $h^2=0,36$, тоді як у бугаїв м'ясної породи він коливався в межах $h^2=0,24-0,28$. Успадкованість рухливих сперміїв у свіжій спермі бугаїв голштинської породи $h^2=0,64$, тоді як у бугаїв м'ясної породи він був значно нижчим ($h^2=0,23$).

Umar Aziz et al. (2023) розглянули концепцію геномної селекції (ГС) та її застосування у точній селекції для покращення виробництва сперми і загального генетичного покращення великої рогатої худоби сахівальської породи, буйволів та холістанської худоби, можливість ідентифікувати тварин, які несуть генетичну програму для якісного виробництва сперми на ранніх стадіях свого життя.

За допомогою аналізу даних і моделювання вказані дослідники продемонстрували, як геномна інформація може бути використана для прийняття обґрунтованих селекційних рішень, що призведе до покращення продуктивності плідників і генетичних здобутків. Вони досліджували потенційні виклики та етичні міркування, пов'язані з використанням геномних технологій у селекції тварин, необхідність збалансованих стратегій, які включають традиційні підходи до селекції поряд із сучасними геномними методами.

На основі статистичних даних варіації у виробництві сперми між породами середня кількість спермій у великої рогатої худоби сахівальської породи становила 125 мільйонів ($SD = 15$ мільйонів). У буйволів середня кількість спермій становила 180 мільйонів ($SD = 20$ мільйонів), тоді як у холістанської великої рогатої худоби - 95 мільйонів ($SD = 12$ мільйонів).

Діаграма розсіювання (рис 9.1) відображає взаємозв'язок між кількістю спермій і рухливістю спермій у досліджуваних породах (Umar Aziz et al., 2023).

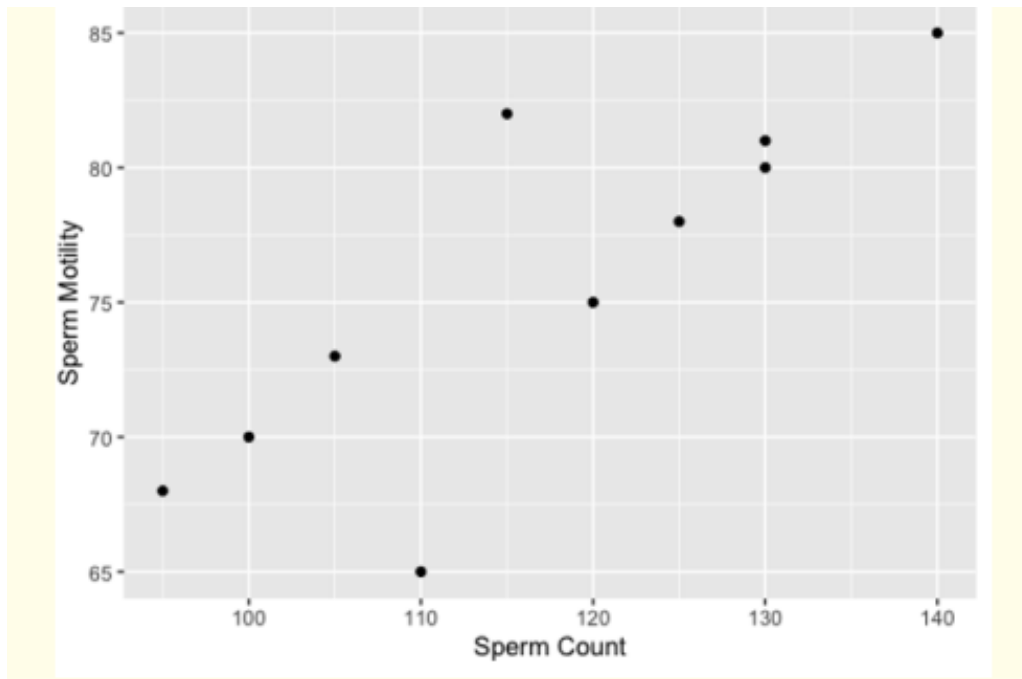


Рис. 9.1. Діаграма розсіювання ознак спермій

Кожна точка на діаграмі представляє окрему тварину, а її положення вказує на кількість спермій на осі x та рухливість спермій на осі y. Діаграма розсіювання показує, що між цими двома ознаками існує помірна позитивна кореляція. Це свідчить про те, що тварини з більшою кількістю спермій, як правило, демонструють і вищу рухливість спермій. Цей взаємозв'язок має вирішальне значення для розуміння потенційної синергії між кількістю та рухливістю спермій, які разом сприяють успішним репродуктивним результатам.

На діаграмі, що відображає розподіл кількості сперматозоїдів у кожній породі, висвітлено варіабельність та основні тенденції. Розподіл у буйволів вказує на потенціал для різноманітних результатів спермопродукції в межах породи. На противагу цьому,

відносно вузький розподіл у сахівальської та холістанської худоби означає більш однорідні ознаки спермопродуктивності. Ця різниця має значення для розробки програм розведення, оскільки селекціонери можуть надавати пріоритет більш вузьким розподілам для досягнення стабільних результатів виробництва сперми.

Гістограма (рис 9.2) Umar Aziz et al. (2023) показує середню кількість спермійів для кожної породи в межах дослідження.

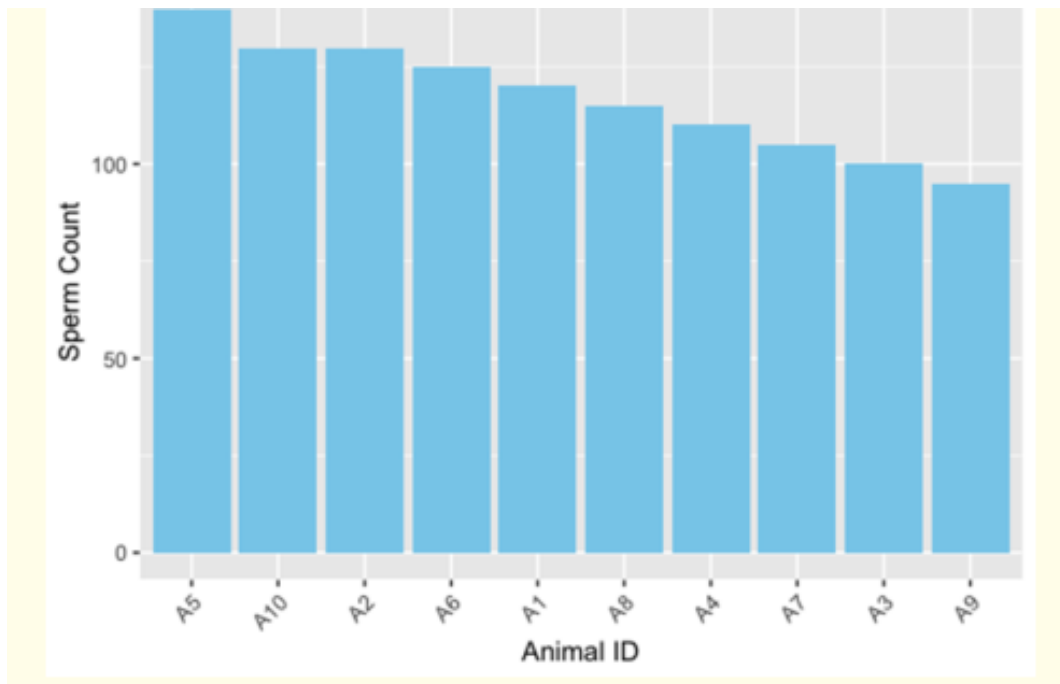


Рис 9.2. Середня кількість спермійів для породи.

Кожен стовпчик рис. 9.2 відповідає певній породі, візуально порівнюючи їх середню кількість спермійів. Серед трьох порід буйволи демонструють найвищу середню кількість спермійів, за ними йдуть сахівальська та холістанська худоба. Така різниця в кількості спермійів підкреслює генетичні відмінності між породами, що потенційно впливають на їхню репродуктивну продуктивність.

Гістограма підкреслює важливість врахування специфіки породи при оптимізації стратегій виробництва сперми.

Гістограма демонструє середню кількість спермійів у різних породах, виводить на перший план відмінності між породами. Помітно вища середня кількість спермійів у буйволів порівняно з сахівальською та холістанською худобою підкреслює важливість селекції порід у стратегіях відбору плідників. Такі відмінності

можуть бути наслідком складної взаємодії генетики, навколишнього середовища і методів управління.

Кореляційна теплова карта (рис 9.3) Umar Aziz et al. (2023) візуалізує взаємозв'язок між кількістю сперміїв і рухливістю сперміїв за допомогою кольорових градієнтів.

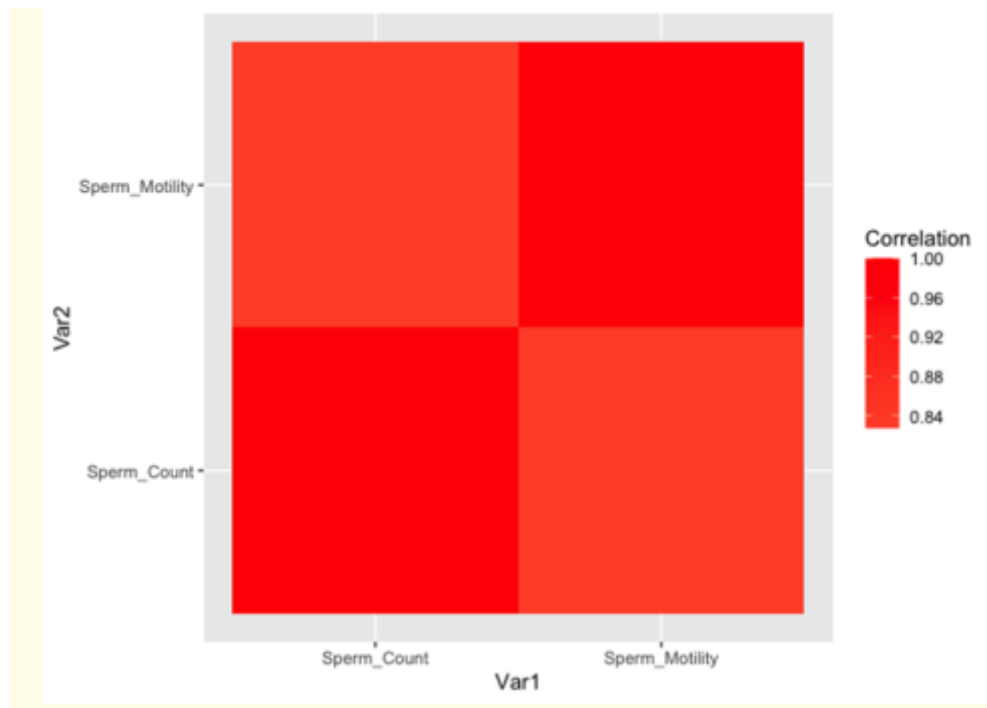


Рис 9.3 Кореляційна теплова карта ознак сперміїв

Теплова карта являє собою матрицю кореляцій між двома ознаками, де темні кольори відображають сильніші кореляції. Теплова карта вказує на позитивну кореляцію між кількістю сперміїв і рухливістю сперміїв з коефіцієнтом кореляції, близьким до 0,70. Цей позитивний зв'язок свідчить про те, що більша кількість сперміїв асоціюється з підвищеною рухливістю спермів. Теплова карта дає комплексне уявлення про взаємозв'язок між цими ключовими характеристиками спермопродукції, пропонуючи розуміння потенційних взаємодій та синергії.

Кореляційна теплова карта додатково підтверджує зв'язок між кількістю сперміїв та їх рухливістю. Підвищена позитивна кореляція підтверджує генетичну взаємозалежність між цими ознаками. Цей висновок може слугувати керівним принципом для селекційного розведення, де акцент на збільшенні кількості та рухливості сперміїв може бути взаємовигідним. Теплова карта надає всебічний огляд

асоціацій ознак, допомагаючи селекціонерам у розробці збалансованих стратегій селекції.

Виявлена помірна позитивна кореляція між кількістю спермійів і рухливістю спермійів, як показано на діаграмі розсіювання (рис 9.1), підкреслює потенційну синергію між цими двома ознаками.

У контексті вискоєфективної селекції результати цього дослідження підкреслюють її потенціал у сприянні прийняттю обґрунтованих селекційних рішень. Використовуючи геномні дані для прогнозування селекційних цінностей, селекціонери можуть підвищити точність відбору кращих тварин за ознаками виробництва сперми. Інтеграція традиційних племінних цінностей з геномними прогнозами, як було продемонстровано, може ще більше вдосконалити селекційні процеси.

Дослідження Umar Aziz et al. (2023) представляє всебічне вивчення потенціалу геномної селекції у покращенні виробництва сперми та генетичного прогресу у пакистанських породах великої рогатої худоби. Графічні зображення прояснюють кореляції, варіації та взаємодію між якісними ознаками, керуючи стратегіями вискоєфективної селекції. Ці знання сприяють вдосконаленню практики розведення худоби, підкреслюючи важливість рішень, що базуються на даних для сталого розвитку скотарства.

Однак, дуже важливо визнати обмеження цього дослідження. Використання демонстраційних даних і спрощеного аналізу може не відображати всієї складності реальних генетичних взаємодій. Подальші дослідження, що охоплюють більші масиви даних, включаючи генотипічні та фенотипічні дані, можуть запропонувати більш глибоке розуміння. Крім того, фактори навколишнього середовища, практики господарювання можуть суттєво впливати на спостережувані закономірності, що вимагає проведення комплексних досліджень.

Л. Ф. Стародуб, С. О. Костенко (2011) провели цитогенетичний аналіз плідників чорно-рябої голштинської, симентальської, абердин-ангуської порід великої рогатої худоби і виявили зворотній кореляційний зв'язок між частотою клітин з асинхронним розходженням центромірних районів хромосом і рухливістю та запліднювальною здатністю спермійів, а також вказали на прогностичну цінність цитогенетичних маркерів.

Результати дисперсійного аналізу із визначення впливу цитогенетичної мінливості на репродуктивну функцію плідників табл. 9.1 свідчать, що найбільш значною є частка впливу (95,1 %) асинхронного розходження центромірних районів хромосом на відсоток запліднення у бугаїв голштинської чорно-рябої породи з порогом ймовірності $0,99 > P > 0,95$. Частка впливу інших показників хромосомних порушень на спермопродуктивність у плідників молочного напрямку продуктивності виявилася невірогідною (табл.9.1) (Л. Ф. Стародуб, С. О. Костенко, 2011).

9.1 Рівень впливу хромосомної мінливості на показники спермопродукції бугаїв-плідників голштинської породи, % (n=19)

Хромосомні порушення	Показник спермопродукції						
	Число еякулятів	Об'єм еякуляту	Концентрація спермій	Осіменено корів	Запліднилося корів	Запліднювальна здатність від I осіменіння	Загальна запліднювальна здатність
Асинхронність	48,19	45,83	88,28	48,15	47,95	51,39	95,1*
Анеуплоїдія	23,14	29,94	68,99	51,40	51,41	54,98	39,66
Розриви хромосом	5	27,07	28,20	28,37	27,84	29,93	31,66
Розриви хроматид	12,52	34,87	44,66	30,81	28,88	31,50	58,09

Примітка. - $0,99 > P > 0,95$.

Ступінь зв'язку між мінливістю каріотипу і показниками спермопродуктивності бугаїв визначали за допомогою коефіцієнта кореляції між відсотком запліднення і частотами хромосомних порушень (таблиця 9.2) (Л. Ф. Стародуб, С. О. Костенко, 2011). Усі знайдені зв'язки мають негативний характер, тобто зі збільшенням частоти цитогенетичних порушень зменшується відсоток запліднення. Найвищим коефіцієнт кореляції виявився між асинхронним розходженням центромірних районів хроматид (АРЦРХ) і відсотком запліднення у плідників голштинської породи ($r = -0,6590$). Значні кореляційні зв'язки були знайдені між розривами хромосом і хроматид та % запліднення плідників і дорівнювали (—

0,6153 і –0,6024). Коефіцієнт кореляції між анеуплоїдією і відсотком запліднення дорівнював – 0,5330.

Таким чином, цитогенетичний аналіз плідників має прогностичну цінність для відбору тварин за показниками спермопродуктивності.

9.2 Кореляційний зв'язок між мінливістю каріотипу і % запліднених самок бугаями голштинської породи чорно-рябої масті

Корелюючі ознаки	Хромосомні порушення			
	Асинхронність	Анеуплоїдія	Розриви хромосом	Розриви хроматид
% запліднених самок	-0,6590**	- 0,5330*	- 0,6153***	- 0,6024***

Примітка. *P=0,95, **P =0,99, ***0 P>0,95.

Для встановлення впливу нестабільності каріотипу у плідників на їх репродуктивну якість провели дисперсійний аналіз (табл. 9.3). (Л. Ф. Стародуб, С.О. Костенко, 2011).

9.3 Рівень впливу нестабільності каріотипу плідників симентальської породи на їх репродуктивну якість (n=10), %

Хромосомні порушення	Показник спермо продукції			
	Об'єм еякуляту	Концентрація спермійів	Рухливість спермійів	Запліднювальна здатність
АРЦХ	0,3571	0,2857	0,8928***	0,3571
Розриви хромосом	0,3125	0,0636	0,0113	0,0125
Розриви хроматид	0,2227	0,4548	0,1250	0,1920

Примітка: *** P>0,999. (АРЦХ асинхронне розходження центромерних районів хроматид)

Проведені дослідження показують, що рухливість спермійів у плідників симентальської породи на 89 % залежить від кількості хромосом із асинхронним розходженням центромер із достовірністю P>0,999. Вплив інших порушень хромосом на показники спермопродукції виявився недостовірним.

Проведені розрахунки показують, що зв'язок між клітинами з асинхронним розходженням центромерних районів хромосом і рухливістю спермійів та їх запліднювальною здатністю зворотний і статистично достовірний при P>0,99 і P>0,999 відповідно. Це означає,

що із збільшенням частоти клітин з АРЦХ зменшується рухливість і відсоток запліднювальної здатності сперміїв. Зв'язок між розривами хромосом та хроматид і показниками спермопродукції від'ємний, хоча слабкий. Отже, з підвищенням відсотка хромосомних та хроматидних розривів, знижується якість показників спермопродуктивності.

Л. Ф. Стародуб, С. О. Костенко (2011) зробили висновок, що цитогенетичний аналіз плідників має прогностичну цінність для відбору тварин за показниками спермопродуктивності.

Геномна селекція дозволяє ідентифікувати бугаїв з бажаними характеристиками в молодому віці, але якість сперми в еякулятах молодих бугаїв може бути низькою. Emma Hurri et al. (2022) визначали вік бугайців голштинської породи до 10 місяців, в якому якість сперми після розморожування може бути придатною для штучного осіменіння. Сперму збирали за допомогою штучної вагіни. Зразки, що містили 100-500 млн. сперміїв/мл. заморожували і, після розморожування проводили аналіз цілісності мембран (ЦМ), мембранного потенціалу мітохондрій (ММП), цілісності хроматину, морфології, продукції активних форм кисню та кінематики сперміїв.

Кожен з 19 бугайців показав різну модель розвитку якості сперми. Тенденції зміни цілісності мембрани (ЦМ), високого рівня ММП, загальна рухливість (ТМ, %) та індекс фрагментації ДНК (%DFI) з віком показані для бугаїв голштинської породи (Рис. 9.4) та шведської червоної породи (Рис. 9.5) (Emma Hurri et al., 2022).

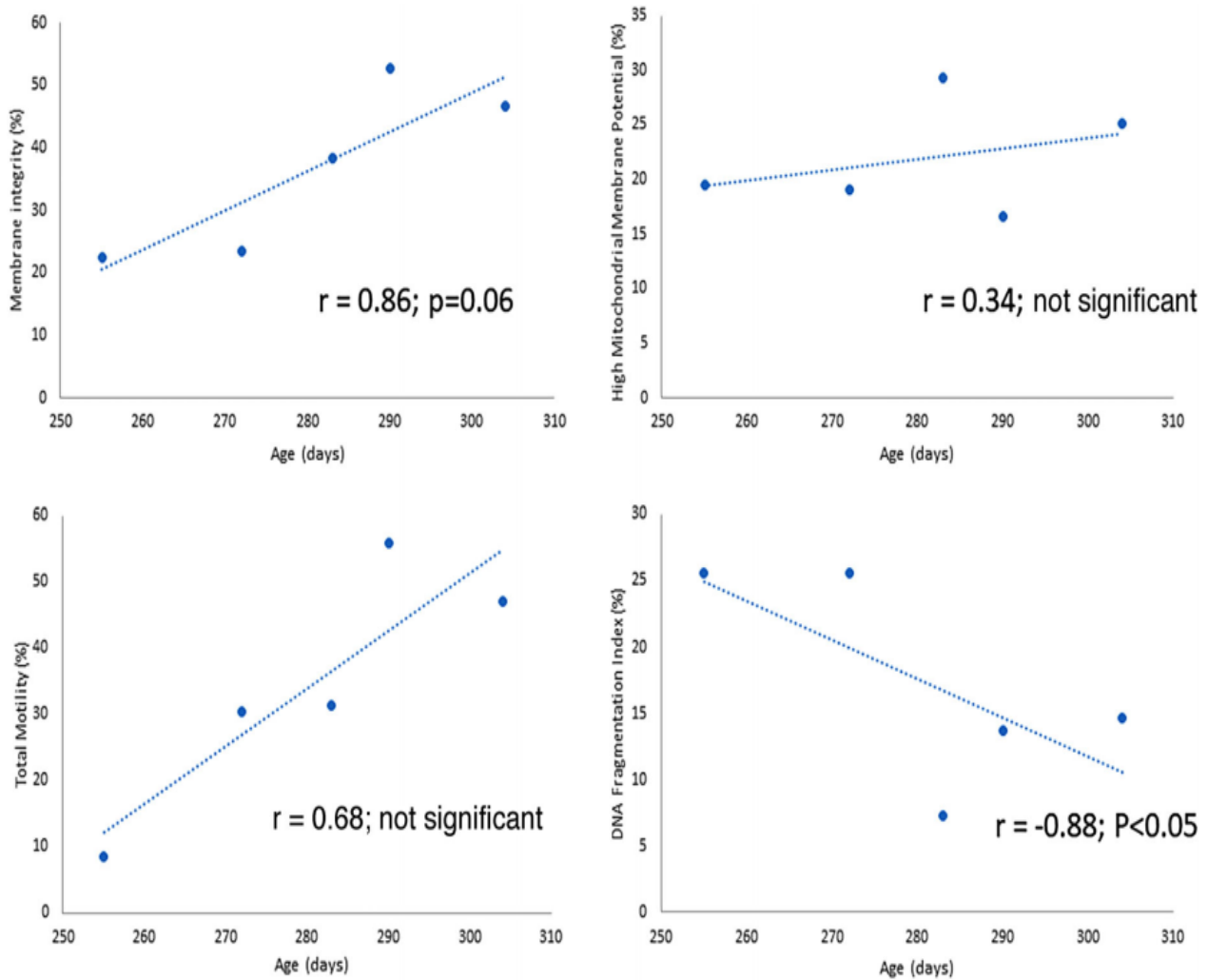


Рис. 9.4. Зв'язок між віком та якістю сперми бугайців голштинської породи; вгорі ліворуч - цілісність мембрани; вгорі праворуч – висока цілісність мітохондріальної мембрани; внизу ліворуч - загальна рухливість, внизу праворуч - індекс фрагментації ДНК. Примітка: індекс фрагментації ДНК показав значне покращення з віком ($p < 0,05$), а також спостерігалася тенденція до покращення цілісності мембран з віком ($p = 0,06$)

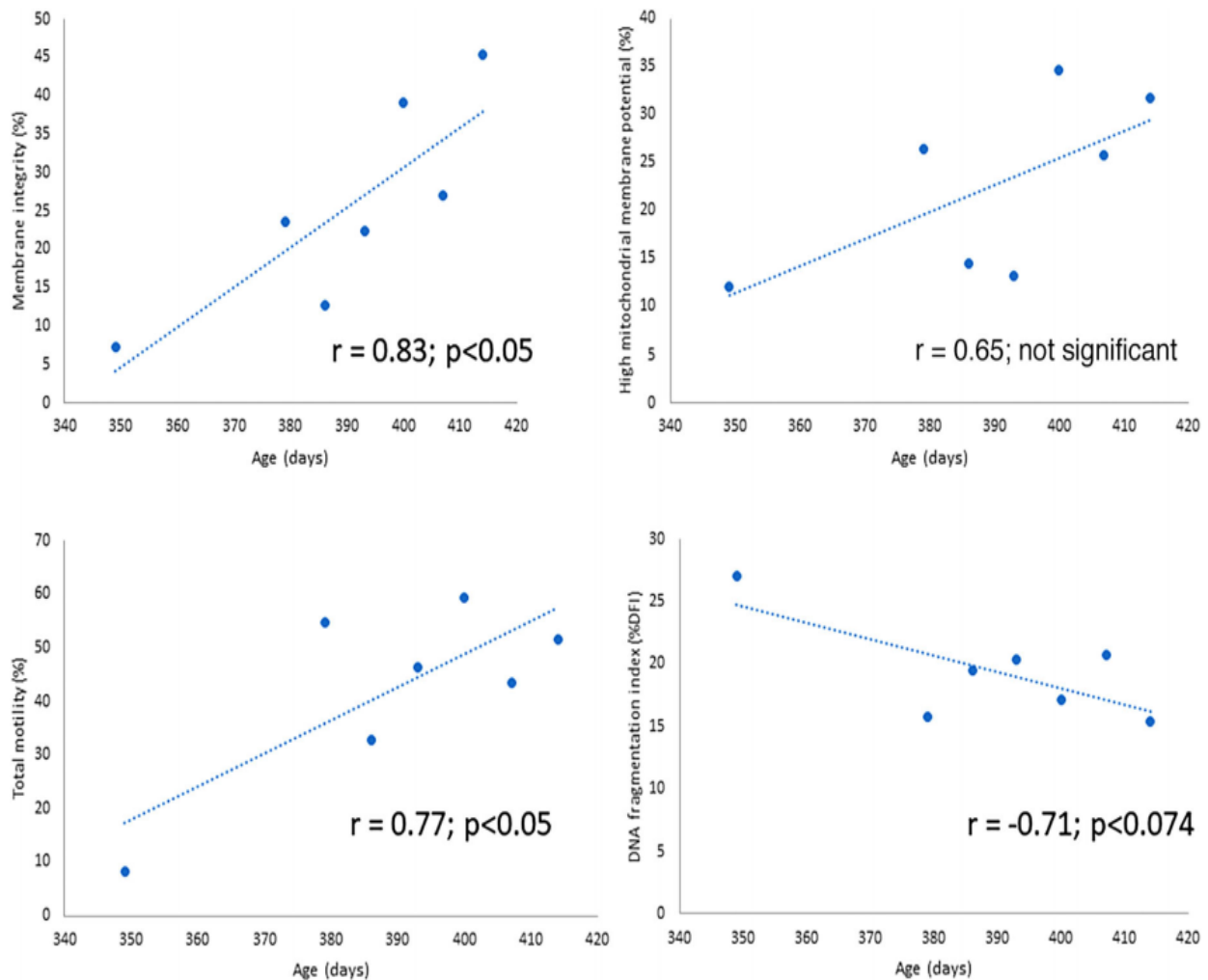


Рис. 9.5. Зв'язок між віком та якістю сперми бугайців шведської червоної породи; вгорі ліворуч - цілісність мембрани; вгорі праворуч - висока цілісність мітохондріальної мембрани; внизу ліворуч - загальна рухливість, внизу праворуч - індекс фрагментації ДНК. Примітка: з віком спостерігається вірогідне покращення цілісності мембран та загальної рухливості ($p < 0,05$ для обох показників), а також тенденція до вірогідного покращення індексу фрагментації ДНК з віком ($p < 0,074$)

Для бугаїв голштинської породи ЦМ після відтавання сперми покращувалась з віком і була на прийнятному для племінного використання рівні у 283 дні, а % DFI знижувався протягом усього періоду. На противагу цьому у бугайців шведської червоної породи показники MMP, TM і %DFI зростали протягом усього періоду відбору сперми. Рівень % DFI на 414-й день (приблизно 15%) був

приблизно таким же, як і в еякуляті бугайців голштинської породи у віці 283 днів.

Вік, в якому еякуляти перевищували встановлені пороги прийнятності, значно варіював між особинами, причому найранішим був вік 285 днів. Морфологія ($p < 0,003$), ЦМ ($p = 0,0096$), високий рівень ММР ($p = 0,043$) і продукція супероксиду ($p = 0,0084$) зростали між першим і останнім еякулятами, але досягали прийнятних рівнів у різному віці для окремих бугайців.

Хоча не всі еякуляти відповідали критеріям якості з точки зору концентрації сперми у вихідному зразку, вдалося отримати зразки після розморожування з якістю сперми, яка досягла порогових значень контролю якості (Emma Hurri et al., 2022).

Y. Salimiyekta, J. Jensen, G. Su, G. Gebreyesus (2023) досліджували генетичні та екологічні параметри, залежно від віку бугаїв, для ознак якості сперми, включаючи концентрацію спермій до та після кріоконсервації, рухливість та життєздатність спермій, а також об'єм еякуляту та кількість отриманих доз. Було використано набір даних про 96595 еякулятів від 2831 бугаїв північної голштинської породи, зібраних у період з 2006 по 2019 рік. Генетичні та екологічні параметри були оцінені за допомогою випадкової регресійної моделі із застосуванням середньоінформаційного підходу REML. Сплайн-функції були підібрані таким чином, щоб відповідати адитивним генетичним та перманентним екологічним ефектам у залежності від віку бугаїв, а оптимальна кількість вузлів була обрана за допомогою перехресної валідації.

Генетичні та постійні екологічні кореляції різних ознак якості сперми у різному віці (місяці) представлені на рисунках 9.6 та 9.7, відповідно. На цих рисунках, Y. Salimiyekta, J. Jensen, G. Su, G. Gebreyesus (2023) показані кореляції між референтним віком (10, 13, 20 або 53 місяці) та іншими віковими періодами. Як видно з графіків, генетичні кореляції між референтним віком та суміжними віковими періодами були високими і зменшувалися зі збільшенням відстані між віковими періодами. Така ж закономірність спостерігалася і в постійних кореляціях з навколишнім середовищем.

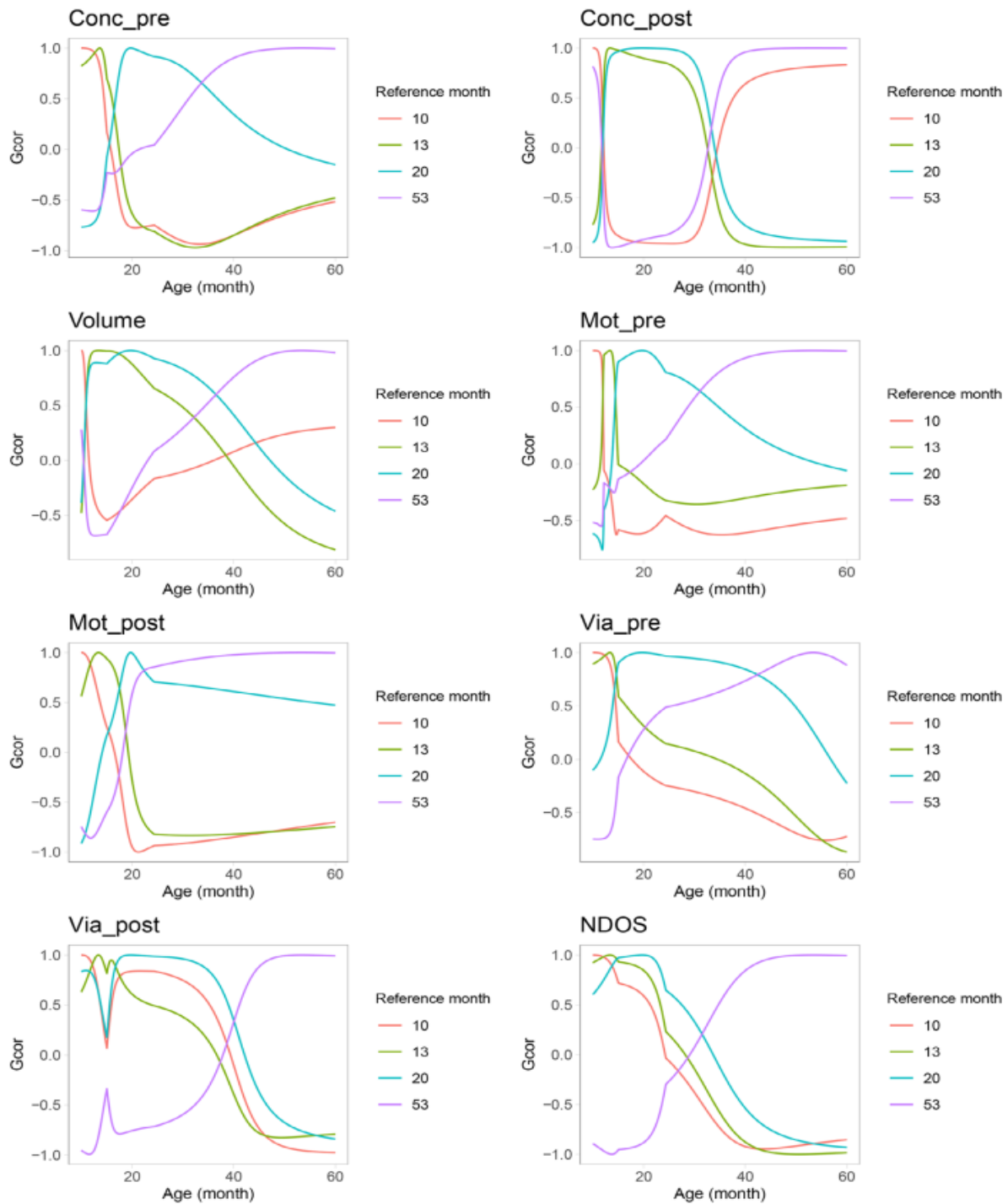


Рис. 9.6. Генетична кореляція різних ознак якості сперми у різні референтні місяці (10, 13, 20 та 53). Вертикальна вісь показує кореляцію, горизонтальна вісь вказує вік у місяцях, а кореляції різних ознак якості сперми в різні референтні місяці (10, 13, 20 і 53) представлені різними кольорами. Conc = концентрація; pre = до кріоконсервації; post = після кріоконсервації; Mot = рухливість спермійів; Via = життєздатність спермійів; NDOS = кількість доз на еякулят

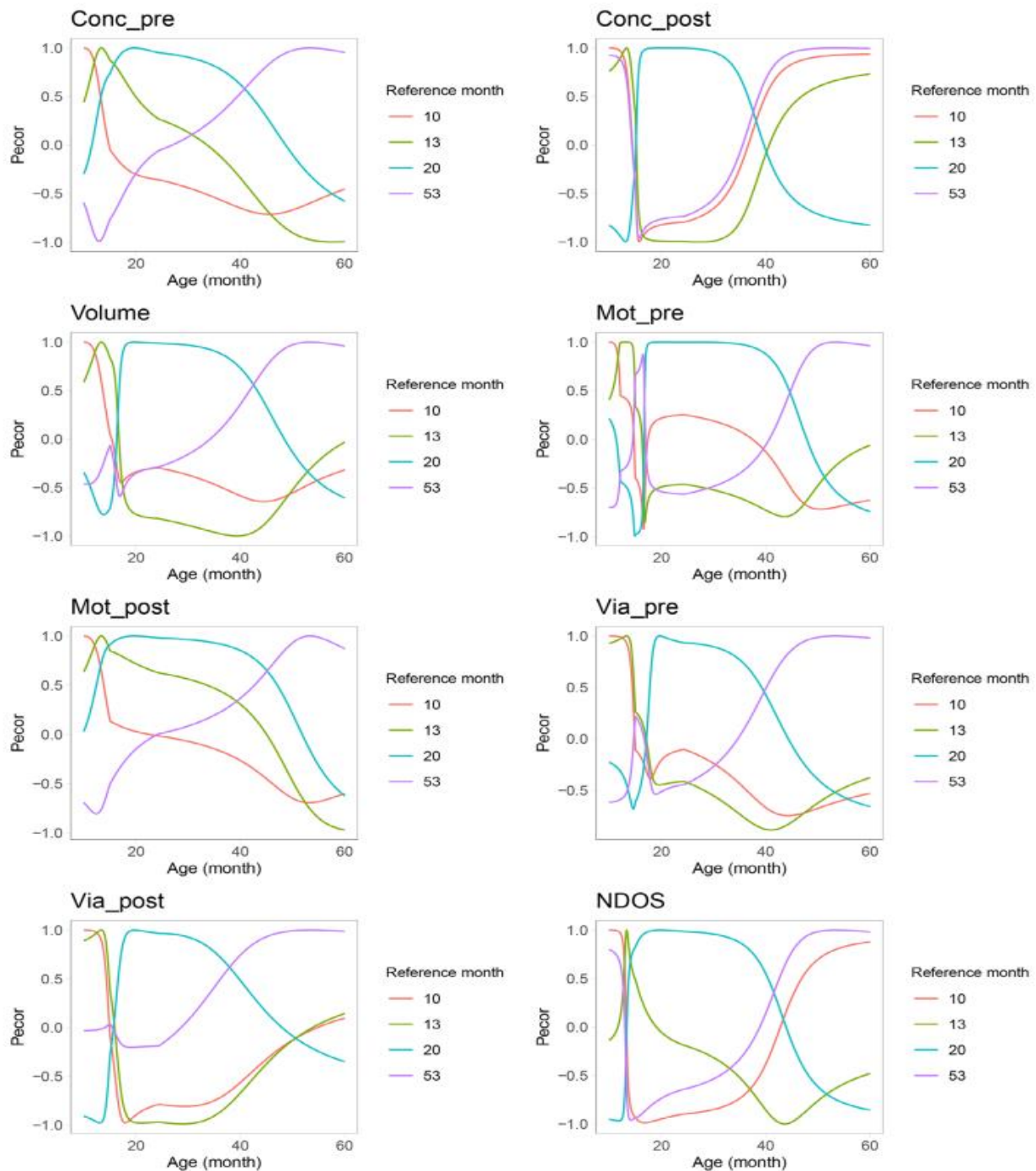


Рис. 9.7. Постійна екологічна кореляція різних показників якості сперми в різні контрольні місяці (10, 13, 20 і 53). Вертикальна вісь показує кореляцію, горизонтальна вісь вказує вік у місяцях, а кореляції різних показників якості сперми в різні контрольні місяці (10, 13, 20 і 53) представлені різними кольорами. Conc = концентрація; pre = до кріоконсервації; pos = після кріоконсервації; Mo = рухливість сперматозоїдів; Vi = життєздатність спермійів; NDOS = кількість доз на еякулят

Використовуючи великий масив даних про бугаїв північної голштинської породи, у вказаних дослідженнях оцінено генетичні та екологічні параметри якості сперми бугаїв за віком за допомогою моделі RR зі сплайн-функціями. Оцінки успадкованості досліджуваних ознак якості сперми значно варіювали в залежності від віку бугаїв (загалом вище 0,1) і для більшості ознак якості сперми були вищими у ранньому віці, що свідчить про можливість впровадження селекції на покращення якості та кількості сперми у бугаїв молочної худоби у ранньому віці. Більше того, згідно з оцінкою вікових ефектів у цьому дослідженні, більшість ознак якості сперми суттєво зростають під час статевого дозрівання (12-місячний вік) і досягають свого піку близько 20-місячного віку (статева зрілість). Результати свідчать про те, що зарахування бугаїв у віці від 12 до 20 місяців для найбільш інтенсивного виробництва сперми може призвести до підвищення якості та кількості сперми (Y. Salimiyekta, J. Jensen, G. Su, and G. Gebreyesus, 2023).

Фертильність самців, яка представлена здатністю сперміїв запліднювати та активувати яйцеклітину для забезпечення нормального розвитку ембріона, є життєво важливою для ефективного та результативного розведення великої рогатої худоби (A. Kaaya, and E. Memili, 2016). Такі ознаки сперми, як прогресуюча рухливість сперміїв та об'єм еякуляту, є складними і залежать від генетичних факторів (D. M. Hering, K. Olenski, and S. Kaminski, 2014; M. Gottschalk et al., 2016).

Дозрівання сперміїв у ссавців вимагає взаємодії багатьох генів і типів клітин, включаючи статеві клітини, клітини Лейдіга і клітини Сертолі. Мутації в генах, пов'язаних зі сперматогенезом і дозріванням спермів, можуть призвести до зниження якості та фертильності сперми. Через низьку або помірну спадковість цих ознак (0,04-0,30) важко відбирати тварин безпосередньо на основі їхніх фенотипів сперми, тому багато досліджень зосереджені на ідентифікації генів і генетичних маркерів, пов'язаних з ознаками сперми великої рогатої худоби, щоб зрозуміти їхню генетичну архітектуру цих ознак. (D. Ballow et al., 2006; B. Gredler et al., 2007; T. Druet et al., 2009; C. Qin et al., 2017).

У дослідженні I. Lima-Verde et al. (2022) визначали, чи може центрифугування сперми молодих бугаїв через колоїд Bovicoll

покращити якість сперми настільки, щоб заморожена сперма стала прийнятною для штучного осіменіння.

Метод обробки сперми, центрифугування через один шар колоїду (Single Layer Centrifugation, SLC), показав, що він дозволяє відокремити активні, високорухливі спермії від решти еякуляту у самців різних видів тварин, у тому числі у биків. У цьому методі розширений зразок сперми наносять на колоїд і піддають м'якому центрифугуванню. Під дією відцентрової сили міцні спермії рухаються крізь колоїд, утворюючи гранули, тоді як плазма залишається на поверхні колоїду. Мертві або вмираючі спермії затримуються на межі розділу між зразком і колоїдом у вигляді білої лінії.

Еякуляти від молодих бугайців були розділені перед заморожуванням або оброблені методом одношарового центрифугування (SLC), або ні (CON). Після розморожування якість сперми оцінювали шляхом визначення цілісності мембран, мембранного потенціалу мітохондрій, цілісності ДНК, продукції активних форм кисню, морфології та рухливості сперміїв.

У зразках сперми обробленої одношаровим центрифугуванням концентрація сперміїв позитивно корелювала з цілісністю плазматичної мембрани сперміїв (МІ) та високим рівнем мембранного потенціалу мітохондрій (ММР) ($r = 0,22$, $r = 0,25$ відповідно; $p < 0,05$ для кожного) і негативно корелювала з індексом фрагментації ДНК (%DFI) ($r = -0,34$; $p < 0,01$), як показано на рисунку 9.8, тоді як у спермі не обробленої зв'язок між концентрацією сперматозоїдів і цими параметрами не був достовірним (I. Lima-Verde et al., 2022).

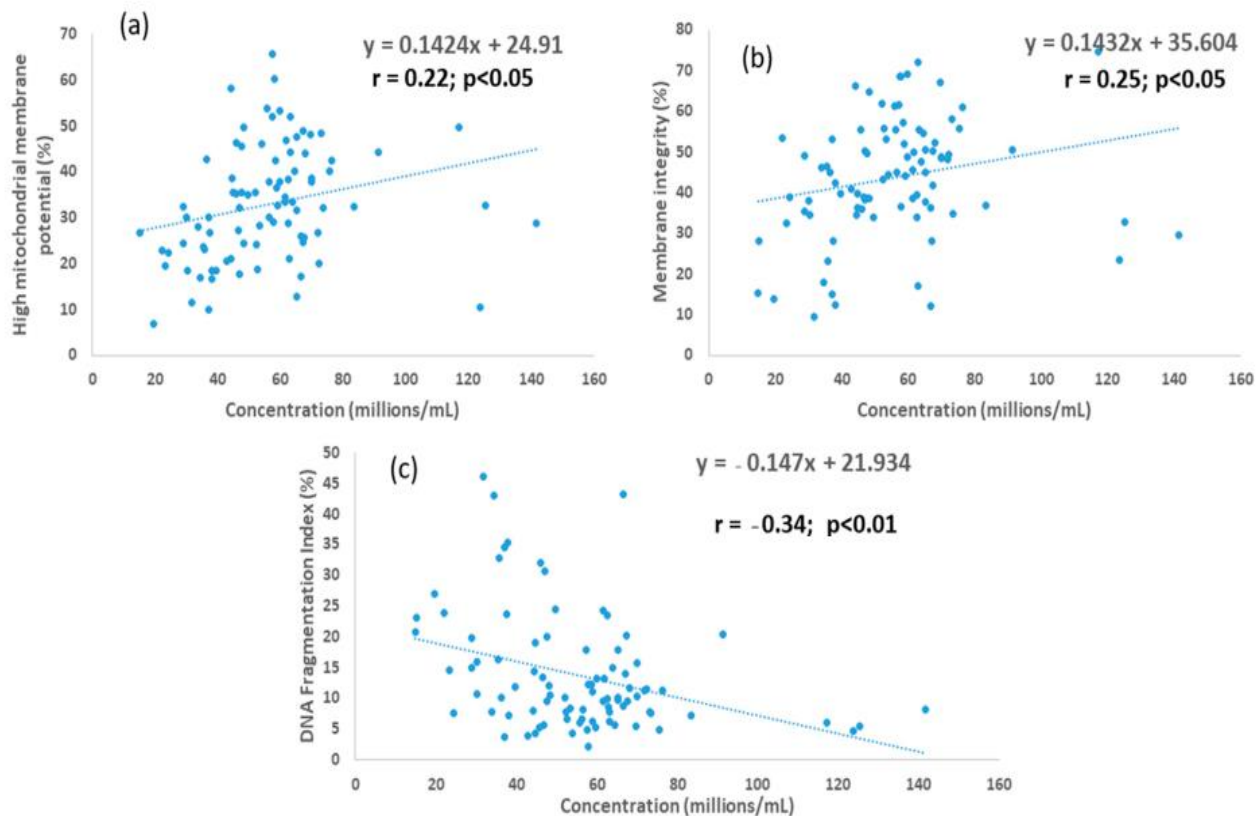


Рис 9.8. Зв'язок між концентрацією спермій та (а) цілісністю мембран; (б) мембранним потенціалом мітохондрій; (с) індексом фрагментації ДНК

Приблизно половина зразків CON досягли прийнятної якості після розморожування (цілісність мембран $\geq 40\%$), незважаючи на те, що концентрація спермій перед заморожуванням була нижчою за бажаний селекційною компанією поріг концентрації спермій. У решти зразків якість сперми була покращена за допомогою SLC таким чином, що 45% з них досягли прийнятної якості після розморожування. Завдяки методу одношарового центрифугування майже 75% зразків сперми молодих бугаїв придатні для використання.

Таким чином, сперму молодих бугаїв можна буде використовувати для штучного осіменіння набагато раніше. Оскільки зменшення інтервалу між поколіннями має прямий вплив на щорічний генетичний приріст, SLC може сприяти генетичному прогресу у тваринництві.

Ф. Е. Carvalho et al. (2023) досліджували компоненти дисперсії та генетичні параметри, включаючи спадковість і генетичні кореляції,

для фертильності, скоростиглості самок, виробництва та якості сперми (андрологічні ознаки) у великої рогатої худоби нельської породи, використовуючи геномну інформацію.

Генетичні кореляції між андрологічними ознаками представлені на рис. 9.9 (F. E. Carvalho et al., 2023). Вони включають генетичні зв'язки між якістю сперми, морфологічними ознаками сперми, дефектами сперми, племінною придатністю бугаїв та загальною оцінкою сперми. Загалом, ознаки якості сперми мали високу генетичну кореляцію між собою (рис. 9.9). На противагу цьому, високі негативні генетичні кореляції спостерігалися між VOL та VIG ($-0,84 \pm 0,001$), TURB $\pm$ SE ($-0,78 \pm 0,001$) та MOT ($-0,72 \pm 0,001$). Негативні генетичні кореляції для VOL з біометричними ознаками сім'яника також спостерігалися в діапазоні від $-0,16 \pm 0,002$ (VOL і SC) до $-0,08 \pm 0,001$ (VOL і RTL). Однак генетичні кореляції між якістю сперми та морфологічними ознаками були переважно позитивними і варіювали від помірної до високої величини (рис. 9.9).

Генетична кореляція між показниками якості сперми та дефектами сперми була негативною і сприятливою між MAD та VIG, TURB і MOT зі значеннями $-0,54 \pm 0,001$, $-0,57 \pm 0,001$, $-0,20 \pm 0,003$ відповідно. Генетична кореляція між MID та показниками якості сперми була близькою до нуля при VIG ($0,01 \pm 0,003$) і MOT ($-0,11 \pm 0,002$), але високою при TURB ($0,91 \pm 0,002$; рис. 9.9).

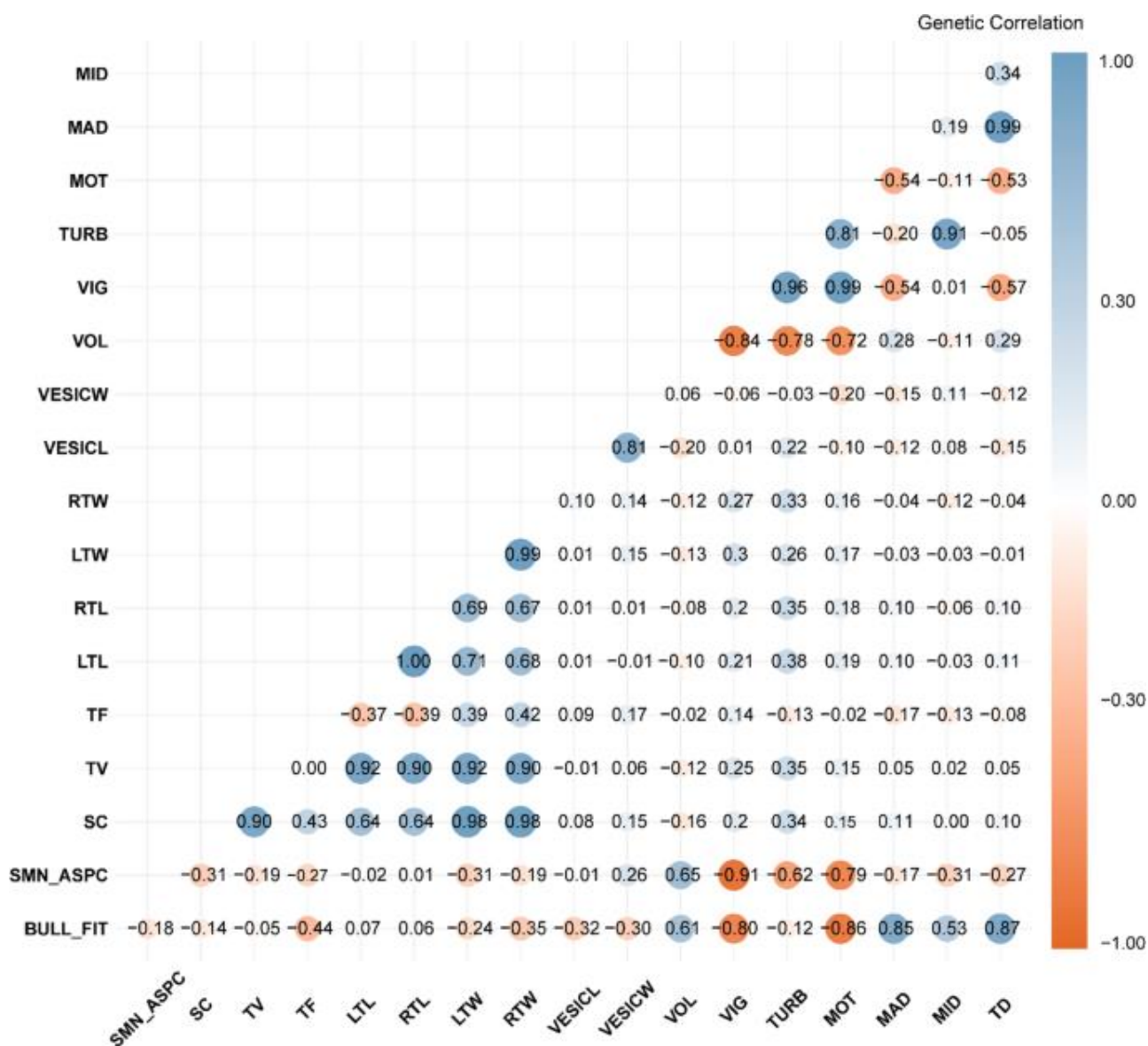


Рис. 9.9. Теплова карта генетичних кореляцій об'єму еякуляту (VOL), енергійності сперміїв (VIG), вихору сперміїв (TURB), прямолінійної прогресивної рухливості сперміїв (MOT), окружності мошонки (SC), довжини лівого сім'яника (LTL), довжини правого сім'яника (RTL), ширини лівого сім'яника (LTW), ширини правого сім'яника (RTW), довжини міхурцевої залози (VESICL), ширина міхурцевої залози (VESICW), об'єм сім'яника (TV), формат сім'яника (TF), відсоток сперміїв з великими дефектами (MAD), відсоток сперміїв з малими дефектами (MID), відсоток загальних сперміїв з дефектами (TD), оцінка андрологічної придатності бугая (BULL_FIT) та оцінка відтворного аспекту (SMN_ASPC). SE для оцінених генетичних кореляцій < 0,001

Ознаки племінної придатності бугаїв та показники сперми були помірно та позитивно генетично корельовані ($VOL \times BULL_FIT = 0,61 \pm 0,006$; $VOL \times SMN_ASPC = 0,65 \pm 0,005$). Ці результати вказують на те, що селекція на більший об'єм еякуляту не завжди може співпадати з придатністю для відтворення бугаїв. На противагу цьому, генетична кореляція між ознаками ефективності сперми (VIG , $TURB$ і MOT) з $BULL_FIT$ становила $-0,80 \pm 0,004$, $-0,12 \pm 0,012$ і $-0,86 \pm 0,002$ відповідно, а з SMN_ASPC $-0,91 \pm 0,003$, $-0,62 \pm 0,005$ і $-0,79 \pm 0,003$ відповідно. Ці результати вказують на те, що відбір бугаїв з вищою якістю сперми може призвести до отримання бугаїв з кращою племінною придатністю та кращими відтворними якостями. Бугаї з кращою племінною придатністю можуть мати кращі морфологічні характеристики сперми, на що вказують генетичні кореляції $BULL_FIT$, з SC ($-0,17 \pm 0,006$), $BULL_FIT$ з RTW та LTW ($-0,24 \pm 0,004$ та $-0,35 \pm 0,005$), $BULL_FIT$ з RTW та LTW ($-0,24 \pm 0,004$ та $-0,35 \pm 0,005$), $BULL_FIT$ з $VESIC_L$ та $VESIC_W$ ($-0,32 \pm 0,006$ та $-0,30 \pm 0,000$) та $BULL_FIT$ з TF ($-0,44 \pm 0,004$). Крім того, дослідники спостерігали високі та позитивні генетичні кореляції між дефектами спермій, включаючи MID та MAD ($0,85 \pm 0,005$), MID та TD ($0,53 \pm 0,003$), та MAD та TD ($0,87 \pm 0,001$).

Результати оцінки успадковуваності ознак якості сперми були від низьких до помірних, тоді як для морфологічних ознак сперми – від помірних до високих. Успадковуваність дефектів сперми варіювала від низької ($0,04$ для дефектів неповнолітніх плідників) до помірної ($0,30$ для загальної кількості дефектів сперми). Для спермограми (SMN_ASPC) та репродуктивної придатності бугаїв ($BULL_FIT$) спостерігалася низька ($0,19$) та висока ($0,69$) спадковість, відповідно.

Виявлено високі генетичні кореляції між $BULL_FIT$ та репродуктивними ознаками самок, пов'язаними з скоростиглістю. Генетичні кореляції між якістю сперми та морфологією спермій і жіночими репродуктивними ознаками варіювали від $-0,22$ (скоростиглість самки ($REBA$) та окружність мошонки) до $0,48$ (скоростиглість самки ($REBA$) та енергійність спермій). Крім того, генетичні кореляції між $REBA$ та ознаками якості сперми варіювали від $-0,23$ до $0,48$, а з ознаками морфології сперматозоїдів - від $-0,22$ до $0,19$.

За результатами дослідження було доведено, що всі оцінені ознаки чоловічої та жіночої фертильності та репродуктивності є спадковими і можуть бути покращені шляхом прямої генетичної або геномної селекції. Селекція на кращу якість сперми позитивно впливає на фертильність і скоростиглість самок нельської породи. Отримані результати слугують вихідною інформацією для розробки селекційної програми для генетичного поліпшення якості сперми та репродуктивних показників великої рогатої худоби нельської породи (F. E. Carvalho et al., 2023).

Дослідженнями низки вчених встановлено високу ступінь впливу спермопродуктивності бугаїв-плідників на генетичне поліпшення господарсько-корисних ознак окремих порід (М. Башенко, Д. Віннічук, 2003; М. Башенко, Л. Хмельничий, 2004; О. Д. Бірюкова, 2010; М. В. Зубець, В. П. Буркат, М. Я. Єфіменко та ін., 1999; Л. А. Коропець 2001, 2005; Л. Коропець, О. Бойко, 2002; І. З. Шульган та ін., 1983; В. П. Олешко, 2010; Т. В. Підпала, Ф. І. Ваньков, 2012; Р. В. Ставецька, 2011; В. А. Яблонский, 1970; K. Rottensten, 1972).

Відтворювальна здатність самців характеризується насамперед кількістю та якістю сперми. Відомо, що цей показник мінливий і залежить від віку тварин, годівлі, утримання, режиму використання, спадковості та інших факторів (В. І. Антоненко, 2002; І. Гончаренко, Н. Свириденко, 2002; И. З. Сирацкий, 1972; Й. Сірацький, С. Демчук, О. Бойко, 2000).

Проблема оцінки і добору плідників за відтворювальною здатністю має важливе значення як у теоретичному, так і в практичному аспекті. Оцінка бугаїв за відтворювальними ознаками є одним з елементів їх комплексної оцінки, який доповнює показники походження, екстер'єру, конституції, живої маси та продуктивних якостей нащадків (В. П. Буркат, О. І. Костенко, М. М. Холкін. 2000; Т. П. Ильинская, 1978; С. В. Ковацький, В. В. Шуплик, 2005; В. О. Пабат, Й. З. Сірацький, 1998; Й. Сірацький та ін., 2012).

10. СУЧАСНІ БІОТЕХНОЛОГІЧНІ МЕТОДИ СЕПАРУВАННЯ СПЕРМИ БУГАЇВ-ПЛІДНИКІВ ЗА СТАТТЮ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ У СКОТРАСТВІ

Для прискореного розмноження тварин з високими генетичним потенціалом та підвищення якості стада за короткий час ефективним є застосування репродуктивних біотехнологій. За понад 50 років у світі розроблено і впроваджено методи репродуктивної біотехнології, які призвели до значного прогресу у тваринництві. Основними біотехнологічними методами відтворення у скотарстві стали: штучне осіменіння, трансплантація ембріонів, запліднення *in vitro*, клонування та трансгенез, сепарування сперми за статтю (М. М. Шаран, Ю. Т. Салига 2022).

У всьому світі зростає попит на молочні та яловичі продукти, що вимагає великої уваги до підвищення ефективності виробництва. Новим біотехнологічним методом, який набуває широкого комерційного використання, є штучне осіменіння корів і телиць сперміями, які попередньо розділені за Х- та Y- хромосомою (сексована сперма) (G. G. Macedo et al., 2013).

Штучне осіменіння сільськогосподарських тварин спермою, сепарованою за статтю, схвалено Продовольчою та сільськогосподарською організацією ООН з метою задоволення потреб зростаючого населення в продуктах харчування. Це дає можливість збільшити кількість народжених телят-самок, що в кінцевому підсумку призводить до збільшення виробництва молока, м'яса та доходів від галузі скотарства (D. Tekam, N. Sonawane, A. Bhanotra, M. Sawant, 2019; A. Kumar et al., 2016).

Використання сексованої сперми у молочному та м'ясному скотарстві дає низку переваг як на рівні фермерських господарств, так і на рівні галузі. Зокрема, використання цієї технології дозволяє підвищити ефективність виробництва як молочної, так і м'ясної продукції, збільшити прибутковість ферм та покращити екологічну стійкість цих галузей тваринництва. У молочному скотарстві сепарування сперми дозволяє подолати надлишкове народження телят-самців і збільшити народжуваність теличок (Holden & Butler, 2018). У галузі м'ясного скотарства існує нагальна потреба у підвищенні продуктивності, що може бути досягнуто шляхом вирощування більшої кількості телиць від високоякісних корів.

Наявність сексованої сперми дозволяє відбирати найкращих бугаїв і корів (S. A. Holden, S. T. Butler, 2018; J. B. Hall, J. B. Glaze, 2014).

Прогнозування статі телят з точністю до 90% за допомогою сексованої сперми має переваги як для молочної, так і для м'ясної галузей скотарства (H. Funahashi, 2020).

Молочні фермери віддають перевагу телятам жіночої статі перед телятами чоловічої статі, що є одним з визначальних факторів збільшення виробництва молока та прибутковості молочних ферм. На молочних фермах телички є більш бажаними, ніж бички в кожному отеленні. Виробництво більшої кількості телят жіночої статі збільшить прибутковість фермерів. Телят жіночої статі можна продавати як телят або телиць, та використовувати як заміну коровам у майбутньому (S. A. Holden, S. T. Butler, 2018; K. Mohteshamuddin, 2017).

Сепарування за статтю – це процес відокремлення зі сперми бугая спермійів з Х-хромосомою для запліднення яйцеклітини. Основні відмінності, такі як менший вміст ДНК в Y-спермійів, більший розмір Х-спермійів, швидша рухливість Y-спермійів, негативний поверхневий заряд Х-спермійів, Н-Y-антиген на поверхні Y-спермійів, використовуються для відокремлення бажаних спермійів. Відокремлення спермійів, що несуть Х-хромосому (Х-спермійів), від спермійів, що несуть Y-хромосому (Y-спермійів), відбувається на основі різниці у вмісті ДНК. Х-спермій містить на 3,8% більше генетичного матеріалу (ДНК), ніж Y-спермій, оскільки Х-хромосома більша за Y-хромосому. Це використовується для швидкої ідентифікації Х- та Y-хромосомних спермійів у великої рогатої худоби. Вміст ДНК варіює залежно від породи: від 4,22% у джерсейської породи до 4,01% у голштинської. Ці породні відмінності не вплинули на фертильність сексованої сперми (A. Manzoor et al., 2017; G. Guerino et al., 2013; D. L. Garner, 2006).

На даний час існує лише один метод комерційного сепарування за статтю, який полягає в індивідуальному розділенні спермійів, що несуть Х- і Y-хромосоми, за допомогою проточної цитометрії з активованим флуоресцентним сортуванням клітин (FACS) (D. L. Garner, K. M. Evans, G. E. Seidel, 2013; S. G. Moore, J. F. Hasler, 2017).

За допомогою цього методу сепарування за статтю можливе з точністю до 90%. Іншими альтернативними методами сепарування за

статтю є аліментарний, генетичний, фізичний, імунологічний та плаваючий метод у спермі буйволів (R. Vishwanath, J. F. Moreno, 2018).

Ця технологія була запатентована в 1991 році Міністерством сільського господарства США. У цьому методі спермії піддаються впливу флуоресцентного барвника (Hoechst33342), який зв'язується з неушкодженою ДНК, і аналізуються за допомогою проточної цитофлуориметрії. Оскільки Х спермії великої рогатої худоби містять приблизно на 4% більше ДНК, ніж Y-спермії, вони випромінюють яскравішу флуоресценцію, що дозволяє диференціювати ці дві субпопуляції. Флуоресцентно забарвлені спермії сортують за допомогою спеціалізованого високошвидкісного сортувальника і збирають у біологічно сприятливе середовище перед кріоконсервацією в адекватних дозах для використання у штучному або екстракорпоральному заплідненні (S. G. Moore, J. F. Hasler, 2017; G. E. Seidel, 2014; R. Vishwanath, J. F. Moreno, 2018).

Встановлено, що з використанням цього біотехнологічного методу у молочному скотарстві зарубіжних країн одержано понад 90 % теличок від 100 осіменінь. Оскільки сексовану сперму одержують лише від кращих плідників, використання її забезпечує підвищення продуктивності тварин та одержання вдвічі більше власного ремонтного поголів'я.

Н. Г. Черняк, О. П. Гончарук (2012) вказують, що сперматії, які містять Х хромосоми, мають на 4–5 % ДНК більше. За допомогою проточної швидкісної лазерної цитометрії та використання флуоресцентного барвника можливо виділити фракції, що містять до 92 % статевих клітин з Х- або Y-хромосомою. З технічної точки зору, цей процес відбувається так. У клітинному сортері цівка, що містить клітини, розбивається на краплі, які містять один спермій. Забарвлений флуоресцентним барвником зразок інjektується до протокової кювети, де проходить через сфокусований лазерний промінь. Залежно від інтенсивності флуоресценції лазерний пристрій заряджає краплі негативним або позитивним зарядом. Проходячи через магнітне поле, краплі розподіляються на позитивно та негативно заряджені частинки та надходять у різні ємкості. Пошкоджені спермії або не пофарбовані сторонні частинки мають нейтральний заряд та надходять в окрему ємкість. Після сортування майже 80 % клітин зберігають життєздатність. Пайєти із

спермодозами виробництва XY Inc маркуються літерами F-спермії, що містять X-хромосоми або M – містять Y-хромосоми. Сексовану сперму виробництва американської компанії «ABS Global» заморожують у соломинках об'ємом 0,25 мл. При цьому соломинки, що містять такі спермодози, позначають кодом 529, а звичайну сперму маркують кодом 29. Крім цього, сперму, призначену для отримання самок, заморожують у червоних, а самців – у синіх соломинках. За статистичними даними XY Inc, народження потомків заданої статі із використанням ST відбувається у 90–93 % випадків, а кількість відібраних сперміїв, яка необхідна для ефективного запліднення, є меншою (2×10^6), ніж за умов звичайного штучного запліднення ($12\text{--}15 \times 10^6$). За відповідного рівня організації кріоконсервації соломинок-пайєт, які містять сексовану сперму, не втрачаються функціональні ознаки сперміїв. (Н. Г. Черняк, О. П. Гончарук, 2012).

Однак, порівняно зі звичайною спермою, цей метод має вищі витрати і час виробництва, а також меншу кількість сперміїв на одну соломинку. Крім того, спермії можуть зазнавати пошкоджень під час процедури, що може поставити під загрозу їхню рухливість і життєздатність, впливаючи на потенціал запліднення та ембріональний розвиток. Успіх цього методу залежить від негайного сепарування сперми після її відбору (менше 7 годин), що вимагає готовності лабораторної апаратури і реактивів. Покращення якості сперми досягається за допомогою сучасної технології SexedULTRATM (S. G Moore, J. F. Hasler, 2017; D. Rath et al., 2015; J. M. Thomas et al. 2019; G.E.Seidel, 2014).

Однак зниження потенціалу запліднення та порушення ембріонального розвитку сепарованої за статтю сперми, порівняно зі звичайною спермою, є наслідком зниження концентрації та рухливості сперміїв у більшості комерційних доз та пошкодження, спричиненого під час процедур сортування (G. E. Seidel, 2014).

Сепаровані за статтю спермії також мають знижену життєздатність і загальну якість після кріоконсервації та розморожування. Зниження рівня запліднюваності, за таких умов, призводить до непрямих витрат для тваринницької галузі, що свідчить про необхідність удосконалення методів сепарування сперми за статтю (M. Mikkola, J. Taponen, 2017; D. L. Garner, G. E. Seidel, 2008; S. G. Moore, J. F. Hasler, 2017).

Незважаючи на науково-практичні досягнення у методиках сепарування сперми за статтю протягом останніх років, зусилля науковців необхідно скерувати на вдосконалення цієї технології з мінімальним впливом на морфологію та фізіологію сперміїв та їхню високу запліднюючу здатність.

Використання FACS з метою сепарування за статтю надало нові можливості для вивчення популяцій Х- та Y-сперміїв, дозволивши дослідити молекулярні властивості, які можуть бути використані для розробки нових методів у галузі селекції і розведення великої рогатої худоби (M. De Canio et al., 2014). На даний час існують імунологічні методи для визначення статі сперми, засновані на відмінностях в експресії білків Х- і Y-сперміїв. Ця перспективна технологія базується на припущенні, що геномні відмінності між Х- та Y-сперміями можуть призвести до білкових та функціональних відмінностей, а також до того, що генний продукт обмежується сперміями, які несуть конкурентну хромосому (R. D. Katigbak et al., 2019; S. K. Yadav et al., 2017).

Нещодавно розроблено новий метод секвенування сперміїв, заснований на активації Toll-подібного рецептора (TLR7/8) на Х-сперміях. TLR7 і TLR8 локалізовані всередині клітин і були виявлені тільки в хвості і середній частині Х-спермія відповідно (Umehara et al., 2019).

T. Umehara et al. (2019) використовували ліганд TLR7/8 resiquimod (R848) для активації TLR7/8 в Х-сперміях мишей та бугаїв, що призводило до зниження гліколітичної активності та продукції АТФ, з подальшим зменшенням рухливості Х-сперміїв. За такого підходу Х-спермії залишалися в нижньому шарі, а більша частина верхнього шару містила високорухливі Y-спермії. У бугаїв використання верхнього шару для ЕКЗ дало $91,3 \pm 2,8\%$ ХУ ембріонів. Рухливість нижнього шару можна зберегти, видаливши з нього R848, що дозволяє отримати з цієї фракції ХХ ембріони ($84,2 \pm 5,3\%$). Однак цей метод потребує подальшої оптимізації для застосування свіжоеякульованої сперми та використання її для штучного запліднення. (T. Umehara et al., 2019, 2020).

Існують докази того, що поверхнево-специфічні антигени, знайдені в Х- і Y-сперміях, потенційно можуть бути використані для їх розділення. Ця ідея виникла завдяки спостереженню, що антиген НУ, який міститься виключно в тканинах ссавців, може бути

використаний як імунологічний маркер. Кілька дослідників показали кореляцію між зв'язуванням анти-НУ антитіл і наявністю Y-хромосоми у сперміях. Проте в літературі є суперечливі дані про різницю в експресії цього антигену в X- і Y-сперміях, і навіть є дослідження, які підтверджують наявність цього антигену в обох. Таким чином, метод визначення статі на основі анти-НУ антитіл стає непридатним і не може бути використаний для диференціації X- та Y-спермій (S. K. Yadav et al., 2017).

Пошук ідентифікації специфічних білків в X- та Y-сперміях вимагав удосконалення декількох методів, особливо протеоміки, яка вважається ключовим інструментом у дослідженнях на сперміях. Удосконалені методики дозволили ідентифікувати білкові знімки при різних станах, пов'язаних з безпліддям, а також диференціювати X- та Y-спермії. Наразі існує небагато досліджень щодо протеому сперми великої рогатої худоби і лише деякі з них стосуються диференційного білкового профілю спермій.

M. De Canio et al. (2014) розробили порівняльне дослідження за допомогою нано-ультраефективної рідинної хроматографії та мас-спектрометрії (nUPLC-NS/MS), щоб охарактеризувати зразки сперми бугаїв. У цьому дослідженні було виявлено 17 унікальних білків: 15 присутні виключно в X-сперматозоїдах і 2 - в Y-сперміях. Ці білки були пов'язані зі структурним цитоскелетом джгутика, гліколітичними ферментами і кальмодулінами.

Нещодавно Scott et al. (2018) використовували SWATH-MS аналіз для профілювання білків сперми, попередньо розділеної проточною цитометрією на пули сперми, що несуть X- або Y-генез. Автори виявили вісім білків, які диференційовано експресуються між популяціями спермій, що несуть X- та Y-хромосому. Ці дослідження підкреслюють, що дані білки можуть бути використані для розуміння різниці між двома типами спермій і можуть сприяти розробці методів імунного секвенування.

Імунологічні методи здаються перспективними для розділення спермій на X та Y, вони менш агресивні щодо спермій та економічно більш ефективні, ніж наявні на сьогоднішній день методи. Якщо один білок можна ідентифікувати виключно на поверхні X- або Y-спермій, то є можливість розробити відповідні антитіла. Це особливо важливо, оскільки білки, розташовані всередині спермій не розпізнаються антитілами, якщо в процедуру не включено етап пермеабілізації, що

ставить під загрозу життєздатність цих клітин і їх використання для процедур запліднення. Згодом для забезпечення пакетного розділення можна використовувати магнітні кульки, афінну хроматографію або FACS (S. K. Yadav et al., 2017; M. De Canio et al., 2014; R. D Katigbak et al., 2019).

В. Soleymani et al. (2019, 2020) для секвенування сперми розроблено методику використання антитіл проти поверхневого антигену статеві визначального локусу Y (SRY), специфічно локалізованого в Y-сперміях великої рогатої худоби.

За даними В. Soleymani, S. Parvaneh, A. Mostafaie (2019) розроблене поліклональне козяче антитіло проти rbSRY здатне специфічно зв'язуватися зі сперміями, що містять Y-хромосому і не зв'язується зі сперміями, що містять X-хромосому. Крім того, ці ж автори нещодавно створили моноклональне антитіло проти rbSRY (SRY2tab), яке було зв'язане з сефарозою. Тільки Y-спермії пов'язані з колонками, що дозволяє припустити, що цей новий підхід може бути потенційно використаний для належного розділення спермій на X та Y. Однак цей метод розділення сперми за статтю значно знижує її рухливість (В. Soleymani et al., 2020).

М. R. Chowdhury et al. (2019) також описали використання моноклонального антитіла, яке специфічно зв'язується з плазматичною мембраною головок Y-спермій - WholeMom® - для розділення X- і Y-спермій і отримання ембріонів великої рогатої худоби з попередньо обраною статтю (Chowdhury et al., 2019).

Розроблений проти епітопів Y-спермій бугаїв WholeMom® не зв'язується з X-сперміями, а результати показали, що не було виявлено жодних відмінностей у швидкості розщеплення та розвитку бластоцист між використанням X-спермій, відібраних за допомогою цього методу. Однак цей підхід був застосований до кріоконсервованих зразків. Незважаючи на ці докази, наразі не було представлено жодного ефективного методу з використанням цієї технології.

Як вже згадувалося, імунологічні методи є перспективними для розділення X- та Y-спермій, оскільки вони мають вирішальне значення для ідентифікації унікально експресованих білків в X- та Y-сперміях. Поверхневі компоненти спермій двох популяцій становлять особливий інтерес для розробки нових імунологічних методів. Відмінності в антигенності плазматичної мембрани можуть

бути використані для створення специфічних антитіл, придатних для розділення спермій, що містять Х- і Y-хромосоми, не порушуючи при цьому цілісності спермій. Наприклад, специфічні антитіла можуть бути з'єднані з магнітними кульками для імунозахоплення бажаної клітинної субпопуляції (Х- або Y-спермій), або можуть бути застосовані методи відновлення спермій, що представляють кандидатів-мішеней (рис. 10.1).

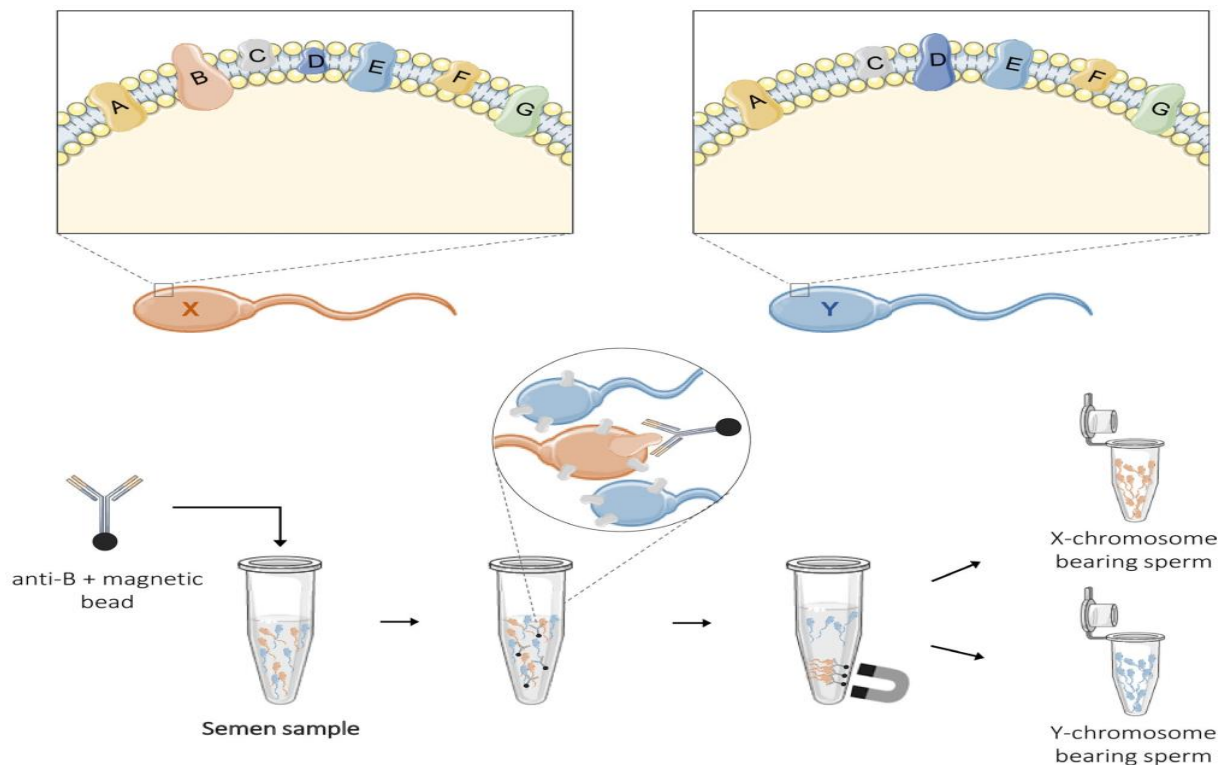


Рис. 10.1. Метод розділення спермій, що містять Х- та Y-хромосоми, заснований на відмінностях у вмісті білків плазматичної мембрани

Відомо, що плазматична мембрана Х-спермій містить білки А, В, С, D, E, F і G, а в плазматичній мембрані Y-спермій відсутній білок В. Розробка анти-В антитіл проти протеїну В, який експресується виключно в Х-сперміях, дозволить розпізнавати тільки Х-спермії. Ці анти-В антитіла можуть бути з'єднані з магнітними кульками для імунозахоплення потрібної популяції клітин (Х-спермій), що дозволить відокремити їх від Y-спермій з меншими пошкодженнями і потенційно меншими втратами спермій, ніж існуючі на сьогоднішній день методи.

При цьому, важливо ідентифікувати диференційно експресовані білки плазматичної мембрани в Х- і Y-сперміях великої рогатої худоби, які мають потенціал для ефективного і неінвазивного методу селекції статі сперми, який можна використовувати відразу після її відбору або безпосередньо перед штучним заплідненням, щоб уникнути декількох циклів кріоконсервування. Це дозволить розпізнавати плазматичні мембрано-специфічні маркери сперміїв, які несуть Х- та Y-хромосоми, що потенційно може бути початком більш ефективного методу селекції сперми за статтю, який легше використовувати у повсякденній практиці осіміння самок тварин. Крім того, цей методичний підхід важливий для фундаментальних досліджень, оскільки дозволяє вивчати Х- і Y-спермії окремо і забезпечуючи базу для кращого розуміння біологічних особливостей сперміїв (M. R. Chowdhury et al., 2019).

Е. М. Kaiin, М. Gunawan, Т. Maulana (2017) вивчали морфометрію та аномалію сперми плямистих буйволів (Tedong bonga) після сепарування сперміїв, що несуть Х- та Y-хромосоми. Якісні параметри розділених за статтю сперміїв оцінювали мікроскопічно, включаючи їхню рухливість, концентрацію, життєздатність, аномалії, неушкодженість плазматичної мембрани, а також довжину і ширину головки спермія і площу головки спермія Х або Y.

Результати показали, що розмір головки Y-сперміїв плямистих буйволів (27,16 мкм²) був меншим, ніж у Х-сперміїв (29,86 мкм²), при цьому у Y-сперміїв (7,85%) також виявлено нижчий показник аномалій, ніж у Х-сперміїв (9,7%). Концентрація сперміїв Х становила $1,29 \times 10^9$ клітин/мл, що набагато вище, ніж концентрація сперміїв Y – $0,81 \times 10^9$ клітин/мл. Ця різниця виникла через те, що кількість Y-сперміїв, які пройшли через колонку з 10% BSA за певний період, була меншою, ніж кількість Х-сперміїв, що проникали через колонку з 5% BSA. Завдяки меншій і легшій голівці Y-спермія, його рухливість набагато вища, ніж Х-сперміїв.

У той же час, аномалії сперміїв Х і Y становили 9,70% і 7,85%, відповідно. Аномалії сперми нижче 15-20% означали, що бугай, від якого була зібрана і сепарована сперма за статтю, мав хорошу фертильність. Підвищення життєздатності та цілісності плазматичної мембрани сепарованої за статтю сперми порівняно із нативною спермою (табл. 10.1), як припускають, спричинене фільтруванням

мертвих та нерухомих спермій, що дозволяє лише рухомих сперміям проходити через колонку BSA.

10.1 Якісні параметри відсепарованої за статтю сперми плямистих буйволів у BIBD Руса, Південний Сулавесі (Індонезія), отриманої на колонці BSA

Параметри	Аномалії спермій (%)	
	Х хромосома	Y хромосома
Рухливість, (%)	50	50
Концентрація, (кл/мл)	1.29×10^9	0.81×10^9
Життєздатність (%)	79.6	82.66
Аномалії (%)	9.7	7.85
Інтактна плазматична мембрана (%)	77.29	76.3

Морфометричне дослідження відсортованої за статтю сперми бугаїв плямистих буйволів показало різницю між спермою Х та Y. Х-спермії мали більший розмір ($29,86 \text{ мкм}^2$), ніж Y-спермії ($27,16 \text{ мкм}^2$) (табл. 10.2).

10.2 Морфометрія Х та Y сперми плямистого буйвола з BIBD Руса, Південний Сулавесі, Індонезія

Параметри	Морометрія, (%)	
	Х хромосома	Y хромосома
Довжина головки, (мкм)	8.65 ± 0.33	7.78 ± 0.51
Ширина головки, (мкм)	4.31 ± 0.28	4.14 ± 0.19
Площа головки, (мкм^2)	29.86 ± 1.56	27.16 ± 1.57

Аномалії розділеної за статтю сперми плямистого буйвола показані в таблиці 10.3. Із даних таблиці 10.3 видно, що аномалії Y-спермій були нижчими, ніж у Х-спермій. Грушоподібна форма спермій в Y-сперміях (2,85%) була нижчою, ніж в Х-сперміях (4,28%). Аналогічно, в Y-сперміях інші форми аномалій, такі як макроцефалія (0,71%), аномальна форма (3,21%), загнутий хвіст (7,85%) і дефект тіла (1,78%), були нижчими, ніж у Х-сперміях, відповідно на 0,77%, 3,5%, 9,72% і 2,72%. Це, ймовірно, пов'язано з

тим, що спермії Y пройшли більш тривалісний процес розділення, ніж сперматозоїди X. Найбільш поширеною аномалією у сепарованих за статтю сперміях була відокремлена головка (табл 10.3).

10.3 Первинні та вторинні аномалії, виявлені у розділеній за статтю спермі плямистого буйвола в BIBD Руса, Південний Сулавесі, Індонезія

Параметри	Аномалії спермійв (%)	
	X хромосома	Y хромосома
Грушоподібна форма	4.28	2.85
Макроцефалія	0.77	0.71
Аномальна форма	3.5	3.21
Відокремлена головка	2.72	2.85
Складений хвіст	9.72	7.85
Деформація тіла сперматозоїда	2.72	1.78
Проксимальна та дистальна крапля	1.94	2.1

Іншою найбільш поширеною аномалією є складчастий хвіст, який є типом вторинної аномалії, з відсотком 9,72% в X-сперміях і 7,85% в Y-сперміях (рис. 10.2).

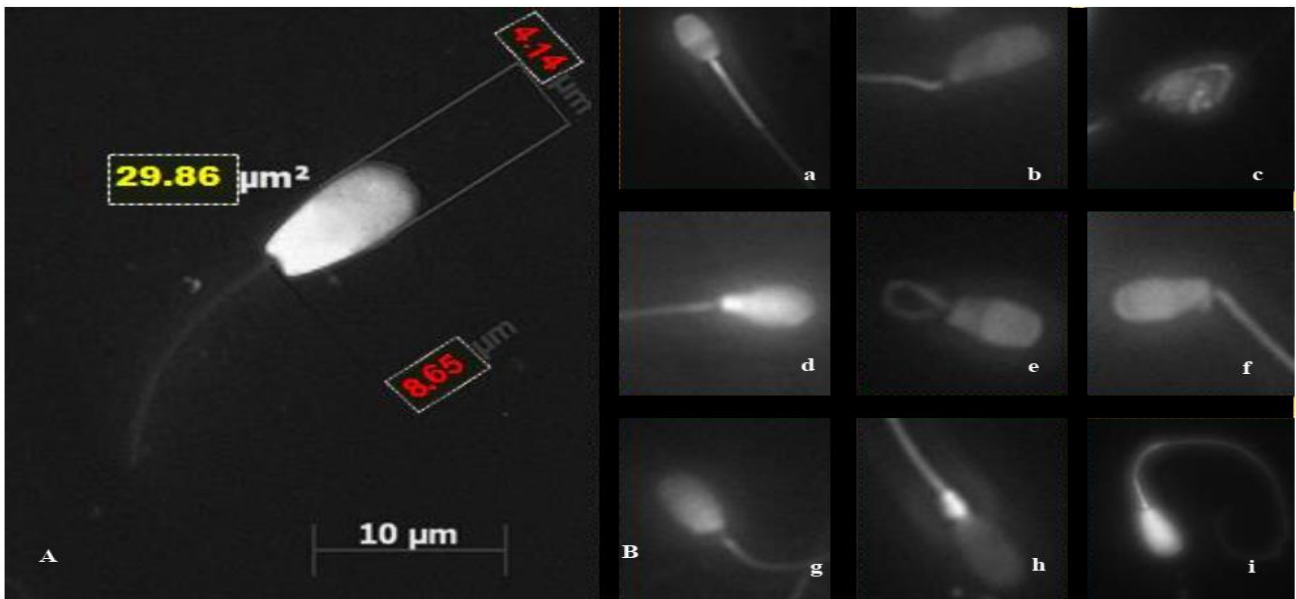


Рис 10.2. Морфологія розділеної за статтю сперми плямистого буйвола (А) Вимірювання відсортованої сперми бугая плямистого буйвола (В) Морфологія спермій: а – нормальний спермій; б – макроцефал; с – аномальна форма; г – грушоподібний; д – зі скрученим хвостом; е – зі складеною шийкою; ф – абаксіальний; г – проксимальна крапля; і – зменшена головка

На основі результатів цього дослідження можна зробити висновок про те, що морфометрія спермійів Х і Y плямистих буйволів демонструє відмінності в довжині, ширині і площі головки спермія. Спермії Y були меншими за розміром і мали нижчий рівень аномалій порівняно зі сперміями Х (Е. М Kaiin, М. Gunawan, Т. Maulana, 2017).

І. М. Михайлицька, А. В. Мадіч (2008) досліджували запліднювальну здатність сперми елітних бугаїв-плідників, які використовуються на фермах Уельсу, після розділення її на фракції спермійів з Х- і Y-домінуючими хромосомами та заморожування.

Застосування оптико-електронних засобів для дослідження якості сперми дозволяє за рахунок підвищення точності виміру кінетичних і морфологічних характеристик спермійів підвищити на 25–30 % запліднюючу здатність.

Застосування системи контролю якості сперми CASA дозволяє провести об'єктивне порівняння кінетичних і морфологічних характеристик сортованих і несортованих спермійів (табл. 10.4). Встановлено, що відсоток живих спермійів у розділеній за статтю спермі був достовірно вищим і становив 87,6 % проти 73,7 % у не

сепарованій спермі. Патологічних форм, навпаки, серед сепарованих спермій було менше — 0,7 % проти 10,1 %. Виробничі характеристики застосованого для фракціонування сперми сортера Hoechst 3332 забезпечували одночасне вимірювання таких параметрів спермій, як морфометричні особливості та кінетична властивість зі швидкістю 10000 гамет за секунду. Застосування методу струменевої цитометрії дозволило отримати сперму, яка на 97–99 % складалася зі спермій високої запліднювальної здатності, що забезпечує народження телят заздалегідь визначеної статі у 95–98 % випадках.

З наведених у таблиці 10.4 даних видно, що при заморожуванні і розморожуванні розділеної за статтю сперми, певна кількість спермій все ж таки загинула, що знизило кількість живих і рухливих гамет до 87,6 %.

10.4 Оцінка якості сперми бугая розділеної і нерозділеної за статтю

Показники	Сепарована за статтю сперма	Не сепарована за статтю сперма
Живі спермії, %	87,6	73,7
Спермії з патологічними відхиленнями, всього, %	0,7	10,1
Спермії з патологіями головки, тіла і хвостика, %	0,1	4,1
Спермії з пошкодженнями акросомної головки, %	0,6	6,0
Активність спермій за системою CASA, 5-бальна шкала	4,7	4,0
Рухливість спермій за системою CASA, %	97	88
Амплітуда коливання акросомної головки спермій, 10-бальна шкала	6,6	5,9
Прямолінійність руху спермій, %	51,5	53

Дані таблиці 10.4 вказують на те, що розділена за статтю сперма мала кращі якісні показники, ніж не розділена.

Запліднюваність корів від першого осіменіння сепарованою замороженою за статтю спермою була на 20 % вища ніж корів, осіменених не розділеною за статтю спермою (табл. 10.5). Це пояснюється тим, що не розділена за статтю сперма містить малорухливі та слабкі спермії, а також спермії з різними патологічними формами, що значно зменшує відсоток запліднених корів. Запліднюваність корів контрольної групи не сепарованою спермою становила 66,67 %, а розділеною за статтю спермою з Х-домінуючою хромосомою — 82,66 %, з Y-хромосомою — 86,66 %. При заплідненні телиць сепарованою спермою тільність становить 96,0 %. Зазвичай, осіменіння добре розвинутих, помірно вгодованих телиць підвищує їх заплідненість після першого осіменіння, а в корів старшого віку репродуктивна функція слабшає, зростає кількість повторних осіменінь.

10.5 Ефективність осіменіння корів і телиць розділеною і нерозділеною за статтю спермою

Групи тварин	Характеристика	Кіль-сть тварин у групі	Запліднюваність корів, n — %			Всього, голів	Народилося телят, n — %	
			1-ше осіменіння	2-ге осіменіння	3-тє осіменіння		Заздалегідь визначеної статі	З аномаліями розвитку
Дослідна 1	Корови, запліднені спермою з домінуючою Х хромосомою	75	62 82,66 %	10 13,34 %	3 4,0 %	75 100 %	68 90,66 %	1 1,34 %
Дослідна 2	Корови, запліднені спермою з домінуючою Y - хромосомою	75	65 86,66 %	9 12,0 %	1 1,34 %	75 100 %	71 94,66 %	2 2,66 %
Дослідна 3	Телиці, запліднені спермою з домінуючою Х - хромосомою	50	48 96,0 %	2 4,0 %	—	50 100 %	46 92,0 %	—
Контроль-на	Корови, запліднені нативною спермою	75	50 66,67 %	18 24,0 %	7 9,33 %	75 100 %	49 65,33 % бичків 26 34,66% телиць	7 9,33 %

Кількість здорових телят, одержаних від першого осіменіння в дослідних групах корів була вищою, ніж у контролі, а відсоток народжених телят з різними аномаліями в дослідних групах був нижчий, ніж у корів контрольної групи. При осіменінні корів розділеною за статтю спермою у них народилося менше телят з аномаліями розвитку (від 1 % до 3 %) у порівнянні з контролем (9,33 %). З представлених у таблиці 10.5 даних видно, що при осіменінні корів не розділеною за статтю спермою народжується більша кількість телят чоловічої статі (65 %). Більшість господарств Великобританії забивають бгайців молочної породи у віці 3–5 днів, а теличок вирощують для відновлення стада. Результати наукових досліджень останніх років дозволяє зробити висновок про те, що стан відтворення великої рогатої худоби можна суттєво поліпшити шляхом осіменіння корів розділеною за статтю спермою, що підвищує їх заплідненість і забезпечує одержання телят потрібної статі (І. М. Михайлицька, А. В. Мадіч, 2008).

Висока вартість обладнання для сепарування сперми за статтю, а також відсутність спеціально підготовленого персоналу, здатного забезпечити роботу сортера стримує поширення цього біотехнологічного напрямку осіменіння самок тварин в Україні. Недостатнє забезпечення вітчизняних науково-дослідних інститутів сучасною апаратурою і висока вартість молекулярно-біологічних досліджень також стримують впровадження технології осіменіння корів і телиць спермою, розділеною за статтю.

Нині найбільшим власником патентів щодо технології одержання сексованої за статтю сперми бугаїв та її комерційного використання у світовому масштабі є канадська компанія «Сімекс Альянс», офіційним представником якої в Україні є ТОВ «Сімекс Альянс Україна». За даними цієї компанії, народження нащадків заданої статі із використанням сексованої за статтю сперми відбувається у 90-98% випадків, а кількість відібраних спермій, яка необхідна для ефективного запліднення, є меншою, ніж за умов звичайного штучного запліднення. За відповідного рівня організації кріоконсервації соломинок-пайет, які містять сексовану за статтю сперму, не спостерігається втрати функціональних якостей спермій.

Встановлено, що з використанням цього нового біотехнологічного методу у молочному скотарстві зарубіжних країн одержано понад 90% теличок від 100 корів. Оскільки сексовану за

статтю сперму одержують для комерційного використання лише від найкращих плідників, її використання забезпечує за короткий час підвищення продуктивності тварин та суттєве збільшення власного ремонтного поголів'я.

В Україні застосування сепарованої за статтю сперми у скотарстві викликало значний інтерес практиків. Починаючи з 2005 року в нашій країні реалізується розділена за статтю сперма кращих світових виробників: Semex (Канада), COGENT, (Англія); ABS, (США). Залежно від якості бугаїв і ознак, що включені в його оцінку, вартість однієї дози складає 25-350\$. На даний час попит на неї стає дедалі більшим на тлі зростання зацікавленості фермерів у результатах цієї технології з метою якісного управління процесом відтворення стада. В Україні наразі найбільш широко використовують сексовану за статтю сперму голштинських бугаїв червоно-рябої і чорно-рябої масті (Р. І. Комар, І. В. Гончаренко, Ю. С. Пелих, 2019). Комерційне застосування сексованої за статтю сперми базується на використанні її для осіменіння телиць. Зазвичай телиці мають вищий ступінь запліднюваності, аніж корови, і відповідно використання такої сперми для телиць означає більший рівень прибутковості та окупності інвестицій у молочний бізнес (В. В. Саулко, 2018).

Не дивлячись на те, що вартість розділеної за статтю сперми вища, а фертильність нижча, її застосування забезпечує більший чистий прибуток, ніж не сепарованої. У майбутньому подальший прогрес у біотехнології отримання сепарованої за статтю сперми дозволить підвищити фертильність та ефективність ведення галузі скотарства.

11. БІОМАРКЕРИ ФЕРТИЛЬНОСТІ СПЕРМІЇВ БУГАЇВ

Не дивлячись на значний прогрес, досягнутий в останні роки у дослідженні репродуктивних функцій у бугаїв-плідників, однак, на сьогодні ще не розроблено надійних, уніфікованих способів оцінки фертильних якостей їхньої сперми. Тому зусилля науковців із даного напрямку досліджень в останні роки скеровані на пошук нових результативних біомаркерів (білків, низькомолекулярних РНК, ліпідів, окремих метаболітів), які у поєднанні з комп'ютерним

аналізом могли б бути використані, як інтегровані підходи для уніфікованої оцінки якості сперми та для прогнозування її фертильності.

Повноцінне запліднення спермою бугаїв-плідників яйцеклітин та фізіологічний розвиток ембріонів і плодів надто важливо, як з біологічно так і економічно-практичної точок зору (R. Abdollahi-Arpanahi, G. Morota, F. Peñagaricano, 2017).

Сучасні експериментальні методи і методики дають можливість визначати вміст цілої низки інгредієнтів у спермі самців тварин, зокрема білків за допомогою протеоміки, РНК за допомогою транскриптоміки та окремих метаболітів за допомогою метаболоміки, які успішно можуть бути використані як маркери для оцінки їхньої фертильної якості.

Пошук високоефективних способів ідентифікації біомаркерів у спермі та їх використання з метою прогнозування її запліднюючої здатності на даний час – це пріоритетний і важливий напрям досліджень у сучасному тваринництві (S. Skerget, M. A. Rosenow, K. Petritis, T. L. Karr, 2015; S. A. Krawetz et al, 2011; F. Courant, J. P. Antignac, F. Monteau, B. Le Bizec, 2013; A. García- Ruiz et al., 2016).

11.1. Протеоміка спермій та фертильність

Відомо, що до складу протеому сперми самців тварин входять власне білки спермій та білки наявні у секреті додаткових статевих залоз (T. Leahy et al., 2020; R. A. Griffin et al., 2020; K. M. Mills et al., 2020). Виходячи із сім'яників спермії не володіють фертильністю, вони набувають здатності до запліднення, збагачуючись білками, які містяться в епідидимальній рідині (G. Frenette, R. Sullivan, 2001).

Спермії утворюються в сім'яних каналцях після складної серії мітотичних і редукційних поділів, починаючи з стовбурових клітин сперматогоніїв. У процесі формування спермій на ранніх етапах структура хроматину у них змінюється таким чином, що більшість гістонів замінюються протамінами, і на цій стадії вони не володіють здатністю до транскрипції генів (X. Ren, X. Chen, Z. Wang, D. Wang, 2017; S. Selvaraju et al., 2018).

На завершальному етапі свого розвитку та після дозрівання спермії набувають здатності до транскрипційної активності (X. Ren, X. Chen, Z. Wang, D. Wang, 2017; M. Wang et al., 2018).

З ретинованого сім'яника незрілі спермії потрапляють у протоку придатка сім'яника, у якій проходить процес їхнього дозрівання. У подальшому спермії змішуються з секретом додаткових статевих залоз, який містить у своєму складі низку біологічно цінних білків. Таким чином, білковий склад спермій складається з внутрішньоклітинних білків, мембранних білків та білків, які надходять з рідини придатка сім'яника та додаткових статевих залоз (D. A. Kenny and C. J. Byrne, 2018; J. Rego et al., 2016; M. van Tilburg et al., 2021)

На рис. 11.1 наведено схему проходження сперміями бугаїв окремих ділянок їхніх репродуктивних органів та статевих зон самок і показано поповнення компонентного складу спермій під час цього процесу комплексом білків та метаболічно важливих інгредієнтів.

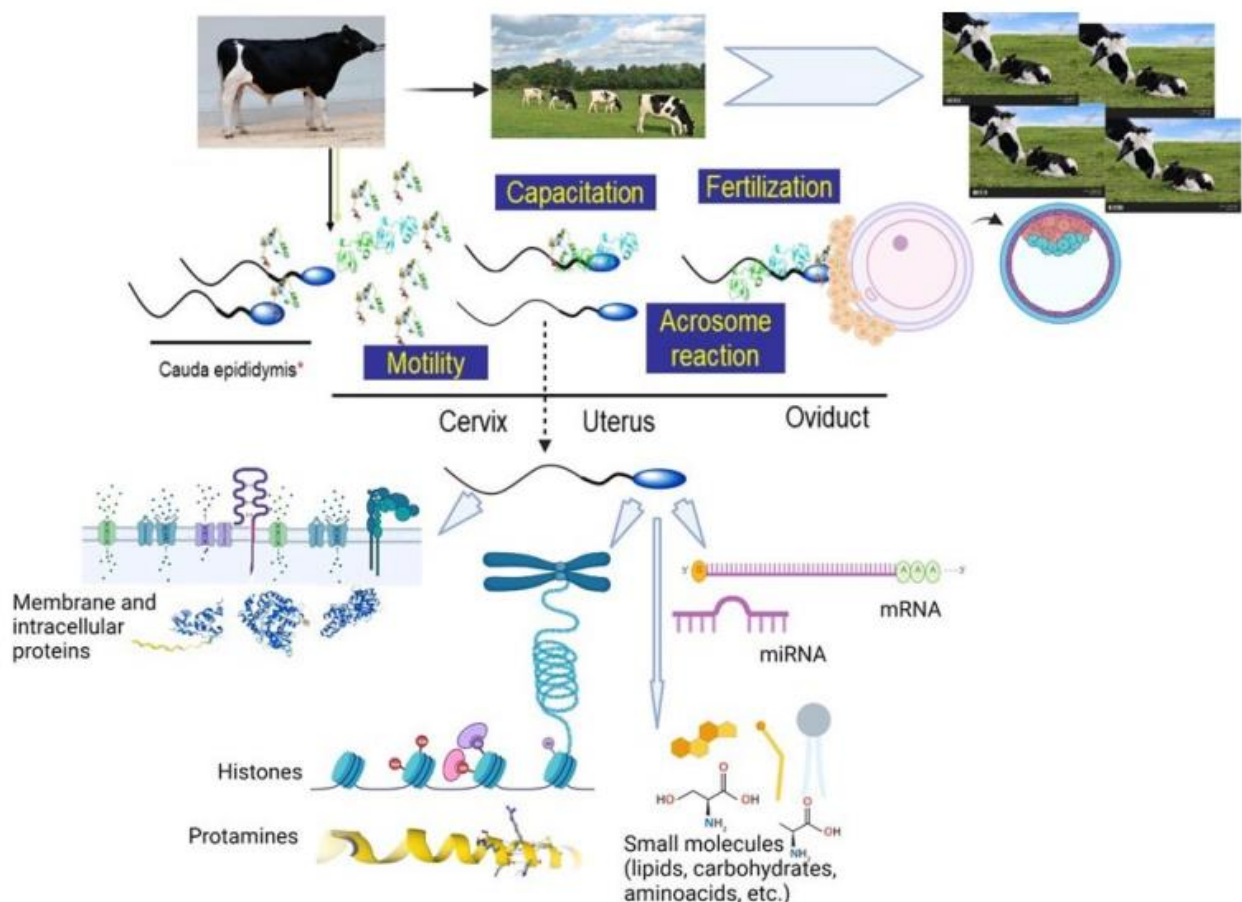


Рис. 11.1. Окремі ділянки репродуктивних органів бугаїв та статевих зон самок, якими проходять спермії. Під час еякуляції

каудепідидимальні спермії омиваються компонентами плазми сперми і вивільняються в репродуктивний тракт самки. Внутрішньоклітинні та мембранні білки, РНК і метаболічно активні інгредієнти сперміїв відіграють життєво важливу роль у процесі запліднення та на ранніх етапах розвитку ембріонів. Рисунок побудовано за допомогою платформи BioRender (2022), а ішу інформацію завантажено з бази даних AlphaFold (AlphaFold, 2022)

В останні роки науковцями ведуться широкопланові дослідження із картування протеому сперміїв у людини і тварин. На даний час у чоловічій спермі із 7500 білків ідентифіковано 6200 (M. Codina et al., 2015).

Важливо зазначити, що поряд із ідентифікацією білкових структур сперміїв, важливо встановити також і їхні біологічні функції та визначити саме такі білки, які б могли бути маркерами для прогнозування фертильності сперми самців тварин. Науковими дослідженнями встановлено, що білки плазми сперми є різноманітними за структурою та функціями, вони регулюють рухливість сперміїв, їхній енергетичний метаболізм та фізіологічні функції хроматину. Спермії також містять складний комплекс мембранних білків, які забезпечують функціонування іонних каналів, зв'язування сперміїв з яйцеклітинами, акросомну реакцію, відіграють важливу роль у процесах запліднення (S. Selvaraju et al., 2018; L. Simon, J. Castillo, R. Oliva, S. Lewis 2011).

Саме пошук і ідентифікація таких білків у плазмі та мембранних структурах сперміїв, які б могли бути маркерами для прогнозування їхніх фертильних якостей на даний час є важливим науково-практичним напрямком досліджень у репродуктивній біології самців тварин. Слід підкреслити, що на сьогодні досягнуто істотного прогресу у дослідженні протеому сперми бугаїв-плідників, проте такі дослідження бажано активізувати, оскільки наразі ідентифіковано лише 3000 плазматичних і мембранних білків сперміїв у цього виду тварин (K. Byrne et al., 2012; R. Laxmivandana et al., 2021; K. P. Ramesha et al., 2020; A. Amaral et al., 2013; J. Liang et al., 2021)

Результати останніх досліджень вказують на те, що протеом статевозрілих і нестатевозрілих сперміїв бугаїв суттєво відрізняється, а також свідчать про те, що спермії, які несуть Y- і X-хромосоми,

мають значні відмінності у білковому складі (A. Mostek, A. Janta, A. Ciereszko, 2020).

Наведені вище дані підтверджують концепцію про те, що якість сперми бугаїв і її фертильність можливо потенційно відстежити за протеомним складом сперміїв. Зокрема, у спермі бугаїв протамін 1 (PRM1), постаक्रосомальні білки головки спермія (PAWP) і зовнішнє щільне волокно хвостів сперміїв (ODF2) були визначені як потенційні маркери фертильності (S. Dogan et al., 2015; A. Kaya et al., 2022).

Сучасне новітнє обладнання і апаратура та біоінформатика дозволили дослідникам виявити відмінності у вмісті білків у спермі тварин, що дало змогу ідентифікувати низку білкових маркерів для оцінки фертильних якостей сперми плідників (F. Gomes et al., 2019; T. K. Toby et al., 2016; E. Janiszewska, E. M. Kratz, 2020; B. P. Singh et al., 2019; M. A. Baker, 2016; A. Soler-Ventura et al., 2020).

Експериментально встановлено, що кожен спермій має певний розмір і характеризується специфічною морфологією, перебігом метаболічних процесів, білковим складом, кінетичними особливостями, а ці ознаки виявляють істотний вплив на фертильність сперми (W. V. Holt and K. J. W. van Look, 2004).

Науковими дослідженнями показано, що специфічні білки (BSP) складають майже 70% білкового вмісту сім'яної плазми бугаїв (V. Naus, P. Manjunath, 2000). Аналоги цих білків BSP3 та BSP5 виявлено у значно вищих концентраціях у неплідних бугаїв, що пояснюється вченими тим, що підвищені рівні вказаних білків індукують холестериновий відтік, що призводить до пошкодження мембран сперміїв та їхньої капацитації (M. Roncoletta, E. S. C. Morani, C. R. Esper, V. H. Barnabe, 2006; A. A. Moura 2006).

Фракції білків BSP у плазмі сперми бугаїв підвищуються після надходження її із сім'яників у сечостатевий канал (G. R. Pereira, 2020; J. M. Morrell, 2020). Ці білки є важливими компонентами плазми сперми, оскільки вони сприяють приєднанню сперміїв до епітелією яйцепроводу та забезпечують їхню рухливість у ньому (T. M. Gwathmey et al., 2006).

У протеомному комплексі сперми бугаїв ідентифіковано більше 2050 білків характерних для високоплідних бугаїв і більше 2280 білків характерних для низькоплідних бугаїв (D. Peddinti et al., 2008).

Сучасні удосконалені методики досліджень дозволяють виявляти кореляційні взаємозв'язки між співвідношенням білків у

сперміях і плазмі сперми плідників з високою і низькою фертильністю.

На рис 11.2 представлено окремі ідентифіковані білки сперміїв і плазми сперми бугаїв, які в значній мірі визначають їхні фертильні якості.

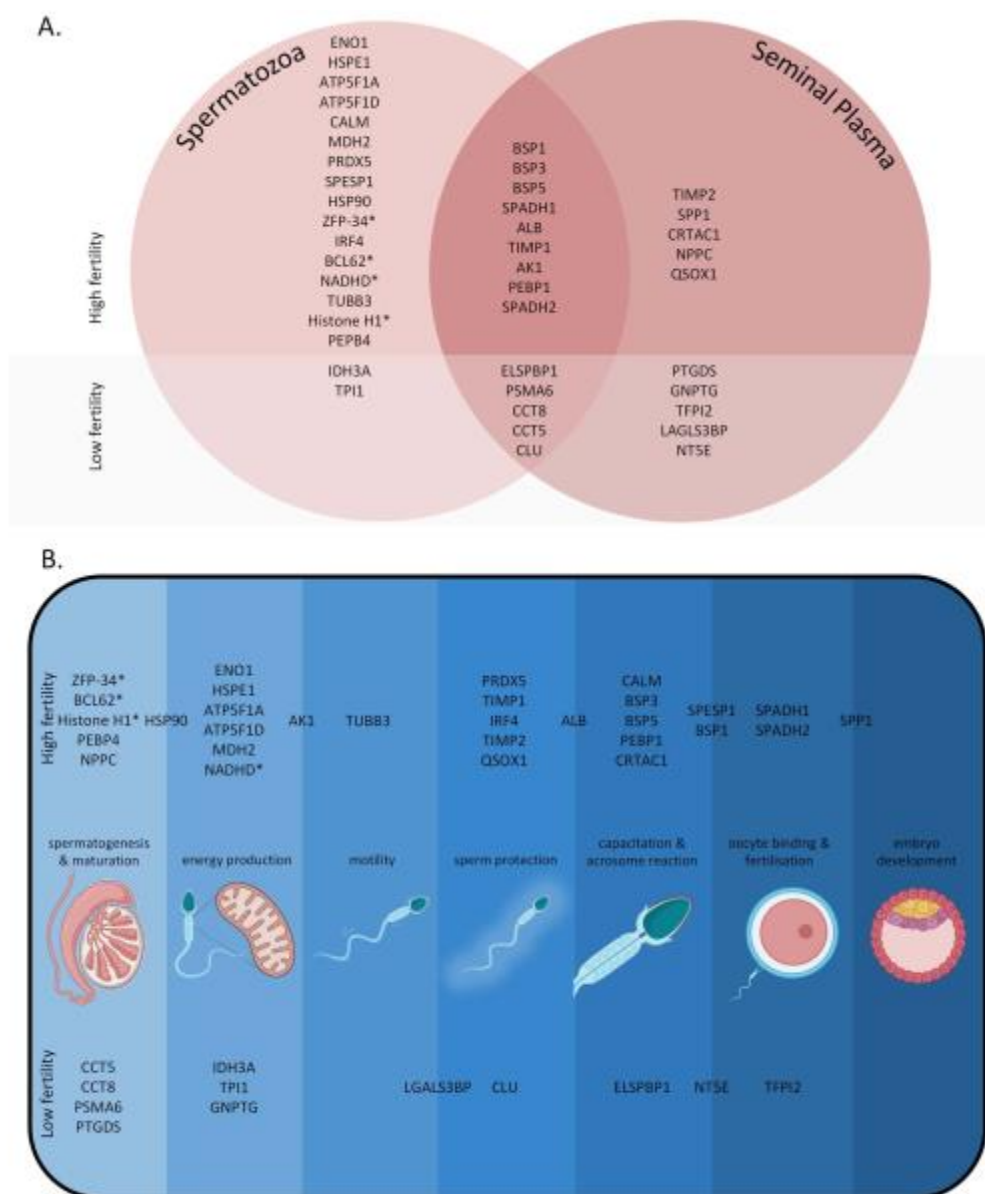


Рис. 11.2. Ідентифіковані білки у сперміях і плазмі сперми бугаїв, які відіграють важливу роль у процесах запліднення яйцеклітини і розвитку ембріонів та визначають фертильні якості плідників (O. D'Amours et al., 2010; A Soggiu et al., 2013; L. Somashekar et al., 2017; R. K. Kasimanickam et al., 2019; A. G. A. Viana et al., 2019; J. Willforss et al., 2021)

Експериментальними дослідженнями встановлено що деякі білки, такі як РЕВР4 зовсім відсутні у спермі безплідних бугаїв і практично відсутні у спермі плідників з низькою фертильністю (Somashekar et al., 2017).

Доведено також, що вірогідність прогнозування фертильних якостей бугаїв-плідників істотно зростає за використання комбінації чотирьох маркерних білків сперми (Y. J. Park et al., 2019).

11.2. РНК транскриптоміка спермій та їхня фертильність

До недавнього часу вважалося, що окремі ділянки геному спермій, які не приймають участі у кодуванні ДНК, є баластом, оскільки для них не було доведено біологічної ролі (C. N. Watson, A. Belli, V. Di Pietro, 2019).

Однак в останні роки у сперміях плідників ідентифіковано орієнтовно 20000 генів, які регулюють кодування окремих білків некодуючими ділянками (M. W. Wright. E. A. Bruford, 2011). Вказані дослідження стали підґрунтям для відкриття некодуючих РНК (мнкРНК) і використання їх як біомаркерів для оцінки запліднюючої якості сперми (C. N. Watson, A. Belli, V. Di Pietro, 2019).

Низькомолекулярні, некодуючі РНК (мнкРНК) – це короткі некодуючі послідовності довжиною від 18 до 200 п.н., які модулюють низку біологічних процесів, таких як посттранскрипційна регуляція, біосинтез рибосом і сайленсинг генів (J. O. Brien, H. Hayder, Y. Zayed, C. Peng, 2018). Описано декілька класів мнкРНК (sncRNA), включаючи мікроРНК (miRNA), малі інтерферуючі РНК (siRNA), дрібноядерні РНК (snoRNA), малі ядерні РНК (snRNA), PIWI-взаємодіючі РНК (piRNA). Хоча спермії вважаються певною мірою транскрипційно неактивними, все більше даних свідчить про те, що зрілі спермії містять кілька довгокодуєчих РНК і sncРНК.

На сьогодні не існує єдиної думки щодо походження РНК у сперміях. Прийнято вважати, що РНК – це залишки молекул від сперматогенезу (S. Hilz, A. J. Modzelewski, P. E. Cohen, A. Grimson et al., 2016). Біологічна роль sncРНК, що переносяться сперміями, недостатньо вивчена. Однак останні дані свідчать про те, що міРНК зі сперми переносяться в ооцити під час запліднення (J. N. Reilly et al., 2016) і потенційно відіграють важливу роль у ранньому ембріональному розвитку (M. B. R. Alves et al., 2019).

Важливі біологічні функції батьківських міРНК та ендоРНК у заплідненні яйцеклітини та розвитку зиготи вперше встановлено у мишей (S. Yuan et al., 2016).

У спермі бугаїв-плідників 959 видів міРНК ідентифіковано за допомогою технології високопродуктивного секвенування (Y. Du et al., 2014).

Експериментально доведено відмінності у профілях міРНК в спермі бугаїв з високою та низькою фертильністю, а також повідомляється про диференційовану експресію семи міРНК, що передаються зі спермою (mir-502-5p, mir-1249, mir-320a, mir-34c-3p, mir-19b-3p, mir-27a-5p та mir-148b-3p), у бугаїв з помірним та високим рівнем фертильності (A. Govindaraju et al., 2012; M. Fagerlind, H. Stålhammar, B. Olsson, K. Klinga-Levan, 2015).

Встановлено також вищу експресію miR-15a та miR-29 у бугаїв з низькою запліднюваністю порівняно з бугаями з високою фертильністю (E. B. Menezes et al., 2019). Відомо, що крім білків до ооцитів спермії постачають кодуючі мРНК і нкРНК (P. P. Amaral, M. E. Dinger, T. R. Mercer, J. S. Mattick, 2008).

Важливість мРНК, отриманих із сперміїв ембріона в процесі його розвитку доведена у мишей (D. Miller, G. C. Ostermeier, S. A. Krawetz, 2005; L. Guo et al., 2017).

У транскриптомі сперміїв бугаїв-плідників встановлено тісні кореляційні зв'язки між рівнем мРНК їхньою рухливістю, а також показано, що вони відрізняються у бугаїв з високою та низькою фертильністю (C. Lalancette et al., 2008; N. Bissonnette, J. P. Lévesque-Sergerie, C. Thibault, G. Boissonneault, 2009; J. M. Feugang et al., 2010; S. Selvaraju et al., 2017).

У дослідженнях з використанням мишачих моделей доведено, що РНК профіль сперміїв суттєво змінюється під час проходження ними придатків сім'яників та у процесі їхнього дозрівання (B. Nixon et al., 2015; C. C. Conine, 2018).

Експериментально встановлено, що рівень експресії мікроРНК у сперміях бугаїв-плідників із середньою та високою фертильною якістю істотно відрізняється (M. Fagerlind, H. Stålhammar, B. Olsson, K. Klinga-Levan, 2015).

Методом диференціального центрифугування показано суттєві відмінності фракційного складу мікроРНК у популяціях сперміїв

бугаїв з високою та низькою рухливістю (M. Fagerlind, H. Stålhammar, B. Olsson, K. Klinga-Levan, 2015; E Capra et al., 2017).

Прогнозується, що тестування сперміїв бугаїв щодо їхньої фертильної здатності на основі визначення фракційного складу РНК матиме важливе діагностичне значення (I. Gilbert et al., 2007; C.Lalancette et al., 2008).

11.3. Метаболоміка сперміїв та фертильність

Визначення компонентного метаболічного складу сперміїв бугаїв-плідників (метаболоміка) – це новий сучасний науково-експериментальний підхід до оцінки їхньої фертильної якості (R. Powers, E. Riekeberg, 2017).

Метаболіти сперміїв – це проміжні, або кінцеві інгредієнти метаболічних реакцій у цих статевих клітинах, а інформація про їхній рівень в значній мірі зможе допомогти у розкритті молекулярних механізмів перебігу у них біохімічних процесів та бути індикатором для оцінки фертильності плідників (R. R. Egea et al., 2014).

Зокрема, дослідженнями А. Kumar, Т. Kroetsch, Р. Blondin, М. Anzar (2015) за допомогою протонно-ядерного магнітного резонансу встановлено, що вміст таурину, лейцину та ізолейцину у плазмі сперми бугаїв-плідників може бути потенційним біомаркером їхньої фертильності.

В. Т. Storei (2008); V. Jayaraman et al. (2014), А. L. С. Velho et al. (2018) проаналізувавши плазму сперми бугаїв-плідників голштинської породи за допомогою газової хромато-мас-спектрометрії ідентифікували 63 метаболіти і встановили, що вміст фруктози, лимонної, молочної і фосфорної кислот та сечовини був вищим у високо плідних бугаїв, а рівень 2-оксоглутарової кислоти був низьким. При цьому показано, що рівень орнітину, лейцину та D-манітолу у плазмі сперми бугаїв з низькою запліднюючою здатністю був вищим ніж у плідників з високою фертильністю.

Відомо, що сечовина в сім'яній плазмі бугаїв-плідників є кінцевим субстратом розщеплення білків, а підвищена її концентрація у спермі свідчить про її високу фертильність (А. L. С. Velho et al., 2018; Y. J. Yi, M. Sutovsky, C. Kennedy, P. Sutovsky, 2012).

Газохроматологічним методом досліджень А. Soggiuet et al. (2013) встановлено, що ферменти плазми сперми бугаїв:

ізоцитратдегідрогеназа, тріозофосфат-ізомераза та альфа-енолаза відіграють важливу метаболічну роль у забезпеченні високої запліднюючої здатності спермій.

Результатами досліджень Е. В. Menezes et al., (2019) показано, що співвідношення вмісту карбамату, гамма-аміномасляної, бензойної, молочної та пальмітинової кислот суттєво відрізняється у спермі бугаїв-плідників з високою та низькою запліднювальною здатністю.

Що стосується молочної кислоти, то у дослідженнях Е. Memili, А. А. Moura, А. Кауа (2020) встановлено, що підвищений її рівень у плазмі сперми бугаїв з високою фертильною здатністю свідчить про інтенсивні у ній процеси гліколізу.

Нещодавно проведеними експериментальними дослідженнями М. R. Ugur et al. (2020) показано, що завдяки активній антиоксидантній дії, підвищений вміст фенілаланіну у плазмі сперми бугаїв голштинської породи істотно підвищує її здатність до заморожування. Доведено, що свіжа плазма сперми бугаїв-плідників з високою запліднюючою здатністю містить вищий рівень L-ацетилкарнітину, гліцерол трипропаноату, 2,3-діацетоксипропілстеарату і гліцерофосфохоліну, ніж плазма сперми з низькою фертильністю (V. Longobardi et al., 2020).

У низці наукових досліджень А. Kumar, Т. Kroetsch, Р. Blondin, М. Anzar (2015), А. L. С. Velho et al., (2018), Е. В. Menezes et al., (2019), V. Longobardi et al., (2020), К. К. Saraf (2020) показано, що вміст фруктози, 4-кетоглюкози та еритронової кислоти значно вищий у плазмі сперми бугаїв з високою фертильністю, тоді як рівень 2-оксоглутарової фосфорної кислот, D-манітолу і дульцитолу у ній порівняно невисокий.

Е. В. Menezes et al. (2019) ідентифікували в сперміях бугаїв 22 різних метаболіти, з яких 5 показали статистично вірогідну різницю між бугаями з високою та низькою фертильністю. Виявлено, що вміст ГАМК, карабамату, бензойної та молочної кислот вищі у спермі високоплідних бугаїв, тоді як рівень пальмітинової кислоти вищий у низкоплідних бугаїв. Збільшення кількості молочної кислоти в сперміях високоплідних бугаїв може свідчити про високу інтенсивність у них гліколітичних процесів.

На рисунку 11.3 наведено назви метаболітів, ідентифікованих у сперміях, плазмі сперми та сироватці крові бугаїв-плідників, які асоціюються з високою та низькою фертильною здатністю.

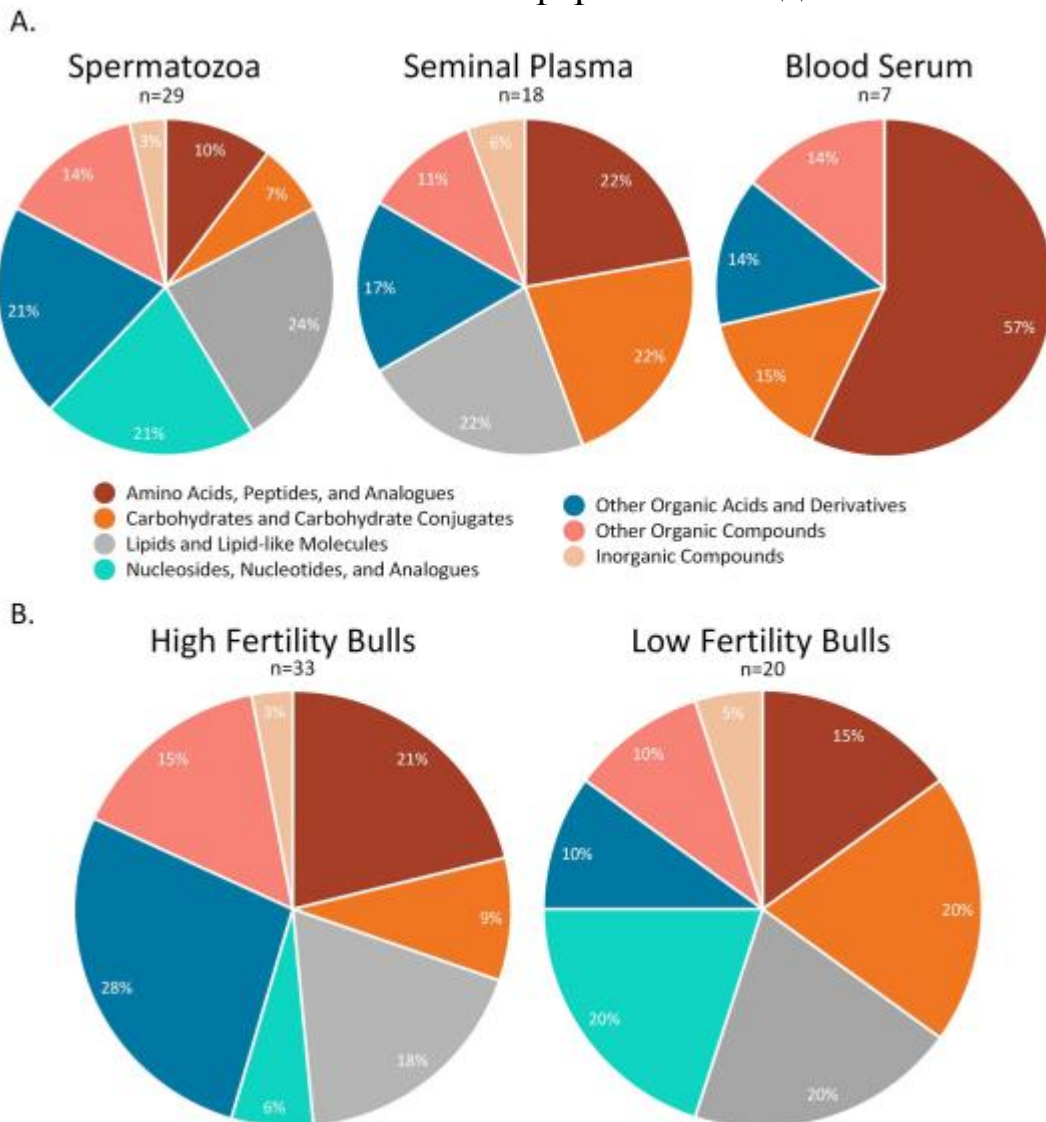


Рис 11.3. Метаболітні біомаркери, ідентифіковані у сперміях, плазмі сперми та сироватці крові бугаїв-плідників, які асоціюються з високою або низькою фертильною якістю сперми (A. Kumar, T. Kroetsch, P. Blondin, M Anzar, 2015; A. Velho et al., 2018; E. B. Menezes et al., 2019; V Longobardi et al., 2020; K. K Saraf et al., 2020)

Низькою досліджень доведено, що важливим маркером щодо оцінки фертильних якостей сперми бугаїв-плідників є рівень у ній активних форм кисню (АФК). Зокрема показано, що спермії з низькою запліднюючою здатністю генерують значно більше АФК,

ніж спермії з низькою фертильною здатністю (R. J. Aitken, B. Nixon. 2013; R. J. Aitken et al., 2012).

Наведена наукова інформація у даному розділі свідчить про те, що прогрес досягнутий в останні роки у дослідженні особливостей перебігу метаболічних процесів у спермі самців тварин в цілому і сперміях зокрема є важливим підґрунтям для ідентифікації у них окремих метаболітів з метою прогнозування її фертильних якостей. Крім цього аналіз сучасних літературних джерел, які стосуються таких напрямків репродуктивної біології як протеоміка, РНК транскриптоміка, метаболоміка сперми самців тварин переконливо доводить, що такі дослідження є актуальними і мають важливе наукове та економіко-прикладне значення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Адміна Н. Г. Вплив бугаїв-плідників на екстер'єр дочок. *Науковий вісник „Асканія нова”*. 2011. Вип. 4. С. 36 – 42.
- Антоненко В. І. Мільченко Ю. В. Нове в селекції бугаїв-плідників молочної худоби. *Вісник аграрної науки*. 2000. № 12. С. 82 – 83.
- Антоненко В. І. Селекція бугаїв-плідників у системі племінної роботи з молочною худобою. *Розведення і генетика тварин. Науковий світ*. Київ, 2002. Вип. 36. С. 15 – 16.
- Басовський Н. З., Рудик І. А., Буркат В. П. Вирощування, оцінка і використання плідників. Київ: Урожай. 1992. 216с.
- Бащенко М. І., Гончар О. Ф., Ляшенко А. О. Залежність якісних і кількісних показників сперми бугаїв-плідників різних порід від паратипових факторів. *Вісник Черкаського інституту агропромислового виробництва. Міжвід. темат. зб. наук. праць*. 2009. Вип. 9. С. 1 – 9.
- Бащенко М. І., Надточій В. М., Надточій В. П. Морфометричні показники внутрішніх органів бугаїв-плідників симентальської породи. *Збірник наук. пр. Білоцерківського національного аграрного університету*. 2006. № 1(67). С. 8 – 10.
- Бащенко М. І., Полупан Ю. П., Рубан С. Ю., Базишина І. В. Стан і перспективи порідного удосконалення молочного скотарства і відновлення системи селекції бугаїв. *Інститут розведення і генетики тварин НААН. Розведення і генетика тварин. Міжвідомчий тематичний науковий збірник*. Випуск 46. 2012.

С. 79 – 83.

- Башенко М., Віннічук Д. Відтворна здатність бугаїв-плідників різної категорії. *Тваринництво України*. 2003. № 10. С. 12 – 14.
- Башенко М., Надточій В. Відтворна здатність бугаїв-плідників різних порід. *Збірник наук. пр. Луганського національного аграрного університету*. 2006. № 69(92). С. 84 – 87.
- Башенко М., Хмельничий Л. Удосконалення оцінки бугаїв-плідників. *Тваринництво України*. 2004. № 3. С. 13 – 15.
- Безуглий М. Д., Гузеватий О. Є. Розвиток біотехнології відтворення сільськогосподарських тварин. *Вісник аграрної науки*. 2006. № 12. С. 83–86.
- Біохімічні показники сперми бугаїв-плідників західного внутрішньопородного типу української чорно-рябої молочної породи / В. В. Федорович та ін. *Науковий вісник Національного аграрного університету*. 2007. Вип. 114. С. 194 – 199.
- Бірюкова О. Д. Про роль генотипу плідника у селекційному процесі. Розведення і генетика тварин. *Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Аграрна наука*. Київ, 2010. Вип. 44. С. 44 – 47.
- Бойко О. В. Спермопродуктивність бугаїв м'ясних порід. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2002. Вип. 6. С. 254 – 256.
- Бойко О. В., Демчук С. Ю. Фенотипова мінливість ознак спермопродуктивності бугаїв-плідників різного напрямку продуктивності, *Розведення і генетика тварин*. 2021. Вип. 62. С. 130-135.
- Бойко О. В., Романов Л. М. Особливості гістологічної будови сім'яників бугайців м'ясних порід. *Науково технічний бюлетень інституту тваринництва УААН*. Харків, 2002. № 80. С. 14 – 16.
- Бойко О. В., Сірацький Й. З., Федорович Є. І., Федорович В. В. Ріст та відтворна здатність бугаїв під впливом різних чинників. *Інститут розведення і генетики тварин НААН Розведення і генетика тварин. Міжвідомчий тематичний науковий збірник*. Випуск 46. 2012. С. 220-223.
- Борисевич В. Орхо-епідидиміти у бугаїв-плідників. *Тваринництво України*. 1991. № 5. С. 22-23.
- Бугаї-плідники в селекції молочної худоби / за ред. М. І. Башенка. Київ: 2004. 200с.
- Буркат В. П., Костенко О. І., Холкін М. М. Селекційні досягнення у

- тваринництві. Київ: Аграрна наука, 2000. – 34 с.
- Бусенко О. Т. Розвиток сім'яників у бугайців за різних рівнів годівлі. *Розведення і генетика тварин*. 2001. Вип. 34. – С. 77-79.
- Бусенко О. Т., Голуб Н. Д. Розвиток сім'яників у бугайців за умови перемінного режиму годівлі. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Полтава, 2010. № 3. С. 86 – 89.
- Буштрук М. В. Оцінка бугаїв-плідників за власними показниками. *Вісник БДАУ. Зб. наукових праць*. Біла Церква, 1997. Вип. 2. Ч. 2. С. 223–225.
- Буштрук М. В. Оцінка ефекту селекції бугаїв за показниками відтворювальної здатності. *Генетика, розведення та селекція тварин: актуальні проблеми та перспективи розвитку: матеріали між нар. наук.-практ. конф, присвяченої 80-річчю від дня народження видатного вченого-селекціонера, доктора сільськогосподарських наук, професора, члена-кореспондента НААН Басовського Миколи Захаровича*. Біла Церква, 10–11 червня. 2015 р. С. 17-18.
- Буштрук М. В. Оцінка запліднювальної здатності сперми. *Тваринництво України*. 1997. № 7. С. 15.
- Буштрук М. В. Оцінка і добір бугаїв чорно-рябої породи за показниками відтворної здатності: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.02.01. УААН, Інститут розведення і генетики тварин. с. Чубинське (Київська обл.), 1998. 21 с.
- Буштрук М. В. Оцінка плідників за показниками спермопродуктивності в залежності від сезону взяття сперми та від року використання. *Сучасні технології виробництва та переробки продукції тваринництва: тези доповідей*. Біла Церква, 2012. С. 7 – 8.
- Ветеринарне акушерство, гінекологія та біотехнологія відтворення тварин з основами андрології: підручник / за редакцією В. А. Яблонського. Вінниця: Нова Книга, 2011. 608с.
- Виробництво яловичини у спеціалізованому м'ясному скотарстві / А. М. Угнівенко та ін. Наукове забезпечення сталого розвитку сільського господарства в Поліссі України. Київ: „Алефа”, 2004. Т. 2. С. 380 – 383
- Власов В. І., Зубець М. В., Дяченко І. В. Управління відтворенням і продуктивністю молочного стада. Київ: Урожай, 1987. 135 с.
- Войтенко С. Л., Васильєва О. О., Вишневський Л. В., Шаферівський

- Б. С. Генетика з основами розведення та відтворення сільськогосподарських тварин. Навчально-методичний посібник. Полтава: ПП Астроя, 2018. 213с.
- Войтенко С. Л., Сидоренко О.В. Вплив країни походження та інбридингу на продуктивність бугаїв основних комерційних порід України. *Вісник аграрної науки*. 2022, №6 (831). С. 38-46.
- Волков С. С. Обґрунтування і методи корекції прояву статевих рефлексів бугаїв. *Збірник наукових праць Білоцерківського НАУ*. 2009. Випуск 62. С. 19-22.
- Волков С.С. Вплив віку на показники спермопродукції бугаїв Білоцерківський національний аграрний університет науковий вісник ветеринарної медицини. *Збірник наукових праць*. 2010. Випуск 6 (79). С. 49-51.
- Гавриленко М. С., Савчук Д. І., Данилевський Е. Г. Спермопродукція племінних бугаїв чорно-рябої породи при різних режимах їх використання. *Племінна справа і біологія розмноження сільськогосподарських тварин*. 1975. № 7. С. 69–71.
- Гаєвий В. В. Спермопродуктивність бугаїв залежно від вгодованості, умов утримання і компенсації деяких дефіцитних елементів живлення: дис. ... канд. с.-г. наук: 06.00.17. УААН с.Чубинське, 1997. 17с.
- Гейда І. М. Характеристика відтворювальної здатності бугаїв плідників різних ліній української чорно-рябої молочної породи за показниками спермопродукції в залежності від пори року. *Науково-технічний бюлетень інституту тваринництва УААН*. 2007. № 95. С. 47–50.
- Генетико-селекційний моніторинг у молочному скотарстві / М. В. Зубець та ін. Київ: Аграрна наука, 1999. 84 с.
- Говтвян А. В. Удосконалення селекційно-етологічних прийомів підвищення відтворювальних якостей бугаїв-плідників: автореф. дис. канд. с.-г. наук: спец 06.02.01. Харків, 2008. 19 с.
- Годівля сільськогосподарських тварин: підручник / І. І. Ібатуллін та ін. Вінниця.: Нова Книга, 2007. 612 с..
- Гончар М. Т. Экологические проблемы сельскохозяйственного производства. Львів: Вища школа. Видавництво при Львівському університеті, 1986. 268 с.

- Гончар О. Ф., Кузєбний С. В. Залежність якісних показників сперми від породи та віку бугаїв. *НТБ. № 96 ІТ УААН*. Харків: 2008. С. 117 – 122.
- Гончаренко І., Свириденко Н. Оцінка лінійних бугаїв-плідників голштинської породи. *Тваринництво України*. 2002. № 10. С. 19 – 20.
- Гунтік Л. М. Удосконалення способів кріоконсервації сперми бугаїв шляхом визначення оптимального співвідношення компонентів розріджувачів: автореф. дис. канд. с.- г. наук: 06.02.01. УААН. Інститут розведення і генетики тварин. с. Чубинське (Київська обл.), 2003. 22с.
- Давиденко В. М. Теорія і практика біотехнології використання племінних баранів. Миколаїв, 2004. 335 с.
- Дзіцюк В. В., Гузєватий О. Є. Цитологічні методи дослідження сперматогенезу бугаїв-плідників. Методичні рекомендації. Київ: Чубинське, 2018. 27 с.
- Дороцко М. Р. Возрастные изменения показателей спермопродуктивности быков производителей в зависимости от начала их полового использования: автореф. канд. с.-х. наук : спец. 06.02.01. Киев, 1992. 19 с.
- ДСТУ 3070-95. Штучне осіменіння сільськогосподарських тварин. Терміни та визначення. Київ: Держстандарт України, 1995. 40 с.
- Дудаш А. В., Кириленко Л. Ю. Основи анатомії і фізіології сільськогосподарських тварин. Ужгород. 1996. 132 с.
- Журавель М. П., Давиденко В. М. Технологія відтворення сільськогосподарських тварин. Київ: Видавничий Дім «Слово», 2005. 336 с.
- Закономірності росту статевих органів бугаїв-плідників / Й. З. Сірацький, та ін. *Науковий вісник Національного аграрного університету*. 2007. Вип. 114. С. 163 – 170.
- Захарчук Д. В. Спермопродуктивність та запліднювальна здатність сперми бугаїв-плідників голштинської породи. *Розведення і генетика тварин*. 2021. Вип. 62 С. 136-144.
- Зеленская Т. М. Эндокринные взаимоотношения тестикулярные антитела. Київ: Наукова думка, 1981. 148 с.
- Зеленская Т. М., Ходоровский Г. И. Половые железы и иммунитет. Київ: Наукова думка, 1993. 252 с.
- Зубець М. В., Буркат В. П., Сірацький Й. З. Методи селекції червоно-

рябої молочної породи. Київ: ПП „ППНВ”, 2005. 435с.

Ильинская Т. П. Цитофизиологические показатели воспроизводительной способности быков: дис. док. биол. наук. Львов, 1978. 444 с.

Інструкції із селекції племінних бугаїв молочних і молочно-м'ясних порід. – Міністерство аграрної політики України. Наказ № 721 від 20.12. 2005.

Інструкція із штучного осіменіння корів і телиць. Міністерство аграрної політики України. Наказ № 230 від 01.08. 2001.

Інтенсивність окисно-відновних процесів у спермі бугаїв під впливом антиоксидантів / Д. Д. Остапів та ін. *Науковий вісник Львівської державної академії ветеринарної медицини ім. С. З. Гжицького*. Львів, 2000. Т. 2., Ч. 1. С. 217–220.

Кава С. Й., Дмитрів О. Я., Остапів Д. Д., Яремчук І. М. Індивідуальні особливості якості еякулятів бугаїв. *Науковий вісник ЛНУВМБТ ім. Гжицького* . 2011. №4(50). Т. 13. Ч. 2. С. 76 – 79.

Кадиш В. О. Формування відтворювальної здатності у бугаїв-плідників абердин-ангуської породи: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: спец. 06.02.01. УААН. Ін-т розведення і генетики тварин. с.Чубинське (Київ. обл.), 2001. 16 с.

Кадиш В. О. Формування відтворювальної здатності у бугаїв-плідників абердин-ангуської породи. Київ: Люксар, 2007. 192 с.

Кадиш В., Сірацький Й., Федорович В. Вікові зміни статевих органів у бугайців абердин-ангуської породи. *Тваринництво України*. 2000. № 3–4. С. 18.

Каменська І. С. Вплив лінійної належності плідників симентальської породи на їх відтворювальну здатність та лінійний ріст. *Інститут розведення і генетики тварин НААН Розведення і генетика тварин. Міжвідомчий тематичний науковий збірник*. Випуск 46. 2012. С. 243-246.

Карташов І. І. Ветеринарне акушерство, гінекологія і штучне осіменіння сільськогосподарських тварин (практикум). Київ: Вища школа, 1985. 197 с.

Карташов І. І., Шарапа Г. С.. Акушерство, гінекологія і штучне осіменіння сільськогосподарських тварин. Київ: Вища школа, 1991. 319 с.

Кіщак І. Т. Виробництво і застосування преміксів. Київ: Урожай, 1995. 272с.

- Ковацький С. В., Шуплик В. В. Відтворна здатність бугаїв-плідників молочних порід у ВАТ „Хмельницьке головне підприємство з племінної справи в тваринництві”. *Підвищення продуктивності сільськогосподарських тварин: Зб. Наук. Праць*. Харків, 2005. Т. 15. С. 131 – 135.
- Ковтун С. І. Цитогенетичні та морфологічні дослідження раннього ембріогенезу при одержанні зародків великої рогатої худоби *in vitro* : автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.15. УААН. Ін-т розведення і генетики тварин. с.Чубинське, Київ. обл. 2000. 17 с.
- Колещук О. І. Гематологічні показники і якість спермопродукції бугаїв-плідників при згодовуванні їм селену і хрому: автореф. дис. ... канд. біол. наук: спец. 03.00.18. Інститут біології тварин УААН. Львів. 2004. 20 с.
- Комар Р. І., Гончаренко І. В., Пелих Ю. С., Результативність осіменіння маток сексованою спермою бугаїв. Сучасні технології у тваринництві та рибництві: навколишнє середовище – виробництво продукції – екологічні проблеми: збірник матеріалів 73-ої Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю. Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ: 2019. С. 144-146.
- Корінець Н. О. Вплив вітамінно-мінерального преміксу на якість спермопродукції бугаїв-плідників: дис. ... канд. с.-г. наук: 06.02.02. УААН. Інститут тваринництва. Харків, 2007. 180 с.
- Корінець Н. О. Вплив преміксу КВМ-1БП на спермопродукцію і біохімічні показники крові та сперми бугаїв-плідників. *Науковий вісник Львівської національної академії ветеринарної медицини ім. Гжицького*. 2005. Т. 7 (№ 2). Ч. 3. С. 136 – 141.
- Корінець Н. О. Вплив факторів вітамінно-мінерального живлення на спермопродукцію бугаїв-плідників. *Науково-технічний бюлетень. Інститут тваринництва*. 2002. №81. С. 59–61.
- Коропець Л. А. Обґрунтування ознак добору бугаїв м'ясних порід: автореф. дис. канд. с.-г. наук: спец. 06.02.01. Нац. аграр. ун-т. – Київ, 2005. 17 с.
- Коропець Л. А. Повторюваність ознак спермопродукції у бугаїв української м'ясної породи. *Розведення і генетика тварин*. Київ: „Аграрна наука”, 2001. Вип.34. С. 98–99.
- Коропець Л. А. Спермопродуктивність і фізіологічні та морфологічні параметри сперми голштинських бугаїв. *Актуальні проблеми*

розвитку галузей тваринництва та рибництва: зб. тез доп. 71ї науково-практичної конференції факультету тваринництва та водних біоресурсів. м. Київ, 19-20 квітня, 2017 р. С. 10 – 11.

- Коропець Л., Бойко О. Успадкування і повторюваність показників спермо продуктивності бугаїв плідників симентальської породи. *Тваринництво України*. 2002. № 2. С. 23.
- Косенко М. В., Рожко М. С., Кушнір І. М. Ветеринарно-санітарний контроль сперми бугаїв-плідників. *Вісник вет. мед. України*. 2001. № 2. С. 31.
- Кравців Р. Й., Янович Д. О. Роль селену в життєдіяльності тварин (біологічні, ветеринарно-медичні, екологічні аспекти). *Біологія тварин*. 2003. Т. 5, № 1–2. С. 23–38.
- Кругляк П. А. Гістологічні зміни статевих залоз і сперматогенез у бугаїв після тривалих перерв у використанні. Матеріали конференції молодих вчених та аспірантів Інституту розведення і генетики тварин. Чубинське, 2003. С. 29 – 31.
- Кругляк П. А. Тривалі перерви у використанні бугаїв і гістоструктура статевих залоз і сперматогенез. *Вісник аграрної науки*. 2004. № 11. С. 72 – 74.
- Кругляк П. А., Кругляк А. П. Поєднуваність різних видів анабіозу сперматозоїдів бугаїв. *Зб. наук. праць. Науковий вісник нац. аграр. ун-ту*. Київ, 2008. № 126. С. 123–127.
- Кузєбний С. В., Бойко О. В. Отримання, оцінка, зберігання і використання сперми плідників сільськогосподарських тварин. *Селекційні, генетичні та біотехнологічні методи удосконалення і збереження генофонду порід сільськогосподарських тварин ІРГТ ім. М.В.Зубця НААН*. Полтава: ТОВ «Фірма «Техсервіс», 2018. С. 709 – 720.
- Кузнецова І. Б., Ковтун С. І. Использование выбракованных эякулятов нативной спермы быков для получения эмбрионов крупного рогатого скота in vitro "Нові методи селекції і відтворення високопродуктивних порід і типів тварин": наук.-вироб. конф. Київ, 1996. С. 326.
- Кузнецова І. Б., Ковтун С. І., Мелешко Н. Я. Визначення запліднювальної здатності сперматозоїдів бугаїв методом запліднення in vitro. *Наук. вісн. НАУ*, 2002. Вип. 40. С. 160 – 163.
- Кузнецова І. Б., Ковтун С. І., Мелешко Н. Я. Використання епідидимальних сперматозоїдів бугаїв для одержання ембріонів

- великої рогатої худоби поза організмом. *Агроінком*. 1998. № 9-10. С. 38 – 41.
- Куценко О. М., Писаренко В. М. Агроекологія. Київ: Урожай, 1993. 167 с.
- Кушнір В. М., Марченко О. Н. Удосконалений спосіб обробки і кріоконсервації сперми бугаїв у відкритих гранулах і герметичних упаковках. Київ: Нива, 1996. 63 с.
- Кушнір В. М., Пасічна К. І., Гунтік Л. М. Основні причини зниження якості сперми при використанні існуючих технологій кріоконсервації. *Біотехнологічні, селекційні та організаційні методи відтворення, зберігання і використання генофонду тварин*: зб. наук. праць. Київ, 1997. С. 96 – 98.
- Луцик О. Д., Іванова А. Й., Кабак К. С. Гістологія людини. Львів: Мир, 1993. 398 с.
- Ляшенко А. О. Життєздатність сперматозоїдів бугаїв деяких локальних порід при довготривалому зберіганні. *Інститут розведення і генетики тварин НААН. Міжвідомчий тематичний науковий збірник розведення і генетика тварин*. Випуск 46. 2012. С. 251 – 253.
- Ляшенко А. О. Морфологічний аналіз сперми бугаїв довготривалого зберігання. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2014. №1. С. 130–133.
- Макарчук Р. М. Інтенсивність росту бугайців залежно від тривалості їх ембріонального розвитку. *Науковий вісник „Асканія-Нова”*, 2010. Випуск 4. С. 107 – 115.
- Максим'юк В. М. Вплив пори року, породи і віку бугаїв на вміст та співвідношення макроелементів у плазмі і сперміях. *Вісник аграрної науки*. 1998. № 6. С. 27–31.
- Маренець М. В. Стан енергетичних процесів у сперматозоїдах бугаїв за умов штучного гіпобіозу: автореф. дис. канд. вет. наук: спец. 03.00.04. Нац. аграр. ун-т. Київ, 2001. 19 с.
- Маренець М. В., Мельничук С. Д. Динаміка концентрації фруктози в плазмі сперми бугаїв-плідників за умов штучного гіпобіозу. *Вісник аграрної науки*. 2000. № 1. С. 36 – 37.
- Мельник Ю. Ф., Микитюк Д. М., Пишолка В. А. Програма селекції чорно-рябої молочної породи великої рогатої худоби на 2003-2012 роки. Київ: ПП „ППНВ”, 2003. 83 с.
- Мельничук Д. О., Мельничук С. Д., Маренець М. В. Вплив різних

форм вуглекислоти та температури на розвиток стану штучного гіпобіозу сперміїв бугаїв. *Науковий вісник НАУ: зб. наук. праць*. Київ, 2000. № 22. С. 147 – 151.

Методологічні аспекти збереження генофонду сільськогосподарських тварин / М. В. Зубець, В. П. Буркат, Ю. Ф. Мельник та ін.; наук. ред. І. В. Гузєв. Київ: Аграрна наука, 2007. 120 с.

Михайлицька І. М., Мадіч А. В. Підвищення рівня заплідненості корів та одержання телят визначеної статі шляхом осіменіння їх сортованою спермою бугаїв. *Наук.-техн. бюл. Ін-ту біології тварин та держ. н.-д. контрол. ін-ту ветпрепаратів та корм. добавок*. 2008. Вип. 9, № 1/2. С. 251 – 255.

Морфологічна структура сім'яників бугайців абердин-ангуської породи / Й. З. Сірацький та ін. *Вісник Черкаського інституту*. 2009. Вип. 9. С. 68 – 74.

Надточій В. М. Порівняльна оцінка бугаїв-плідників різних порід за селекційно-генетичними ознаками відтворювальної здатності : дис. канд. с.-г. наук: 06.02.01. Інститут розведення і генетики тварин УААН. Чубинське, 2007. 168с

Науково-технічний прогрес у племінному тваринництві / І. З. Шульган, та ін.; за ред. І. З. Шульгана. Київ: Урожай, 1986. 272 с.

Національний проект „Відроджене скотарство”. Київ: 2011. 44 с.

Олешко В. П. Ефективність використання бугаїв-плідників у племінних стадах молочної худоби. *Розведення і генетика тварин: міжвідомчий тематичний науковий збірник*. Київ: Аграрна наука, 2010. Вип. 44. С. 135 – 139.

Омельченко Л. О., Дубинський О. Л., Носкова А. Л. Вплив генотипу на інтенсивність та енергію росту бугайців південної м'ясної породи великої рогатої худоби. *Науковий вісник „Асканія – Нова”*. 2012. Випуск 5, ч. II. С. 107 – 115.

Особливості росту, розвитку та адаптації різних порід бугайців при виробництві яловичини / В. Дідківський, А. Олійник, С. Остапчук та ін. *Тваринництво України*, 2002. № 75. С. 7-9.

Остапів Д. Д. Вплив зберігання сперміїв бугаїв, отриманих із придатка сім'яника, на електрофоретичні спектри розчинних білків. *Біологія тварин*. 2003. Т.5., № 1,2. С. 203–207.

Остапів Д. Д. Дихальна і відновна активність сперміїв бугаїв. *Вісник Інституту тваринництва центральних районів УААН*.

Дніпропетровськ. 2007. Вип. 2. С. 68 – 74.

Остапів Д. Д. Окисно-відновні процеси в статевих клітинах бугаїв і корів, способи оцінювання якості та підвищення запліднюваності: автореферат дис. доктор сільськогосподарських наук. Львів, 2008. 18 с.

Остапів Д. Д. Середовища капацизації та окисно-відновні процеси в сперміях бугаїв. Науковий вісник Львівської державної академії ветеринарної медицини ім. С. З. Гжицького. Львів, 2000. Т. 2., Ч. 2. С. 211–214.

Остапів Д. Д. Характеристика якості еякулятів та спермійів бугаїв. *Науково-технічний бюлетень Інституту тваринництва*. Харків. 2006. № 94. С. 250 – 255.

Остапів Д. Д. Якість та запліднювальна здатність спермійів бугаїв за дії антиоксидантів. *Науково-технічний бюлетень Інституту тваринництва*. Харків, 2008. № 96. С. 306 – 312.

Осташко Ф. И. Биотехнология воспроизведения крупного рогатого скота. Київ: Аграрна наука, 1995. 184 с.

Осташко Ф. И. Глубокое замораживание и длительное хранение спермы производителей. Киев: Урожай, 1978. 255 с.

Пабат В. О., Сірацький Й. З. М'ясна продуктивність і відтворювальна здатність симентальської худоби. Київ: ТОВ „Міжнар. фін. агенція”, 1998. 151 с.

Павлюк М. В., Вовк С. О. Вікова динаміка розвитку і формування сім'яників бугайців чорно-рябої породи. *Науковий вісник ЛНУВМБТ ім. С. З. Гжицького*. Львів, 2010. Т. 12, № 2(44), Ч. 3. С. 170 – 176.

Павлюк М. В., Вовк С. О. Вікові біоморфометричні та фізіологічні зміни у сім'яниках та їх придатках у бугайців чорно-рябої породи. *Збірник наукових праць Вінницького НАУ*. Вінниця, 2010. Вип. 5. С. 54 – 57.

Павлюк М. В., Вовк С. О. Вікові морфо-гістологічні зміни звивистих каналців та вікова характеристика секрету придатка сім'яників бугайців чорно-рябої породи. *Науково-технічний бюлетень Інституту біології тварин Української академії аграрних наук*. Львів, 2010. Т. 11, № 1. С. 257 – 263.

Павлюк М. В., Вовк С. О. Вікові особливості становлення репродуктивних функцій у бугаїв чорно-рябої породи залежно від інтенсивності росту і розвитку. *Науковий вісник ЛНУВМБТ*

імені С. З. Гжицького. Львів, 2012. Т. 14, № 2(52), Ч. 2. С. 274 – 282.

Павлюк М. В., Вовк С. О. Вікові фізіолого-біохімічні зміни у секретах придатків сім'яників та міхурцевих залоз бугайців чорно-рябої породи. *Збірник наукових праць ХДЗВА*. Харків, 2010. Вип. 21, Ч. 2, Т. 3. С. 170 – 175.

Павлюк М. В., Вовк С. О. Ефективний спосіб прогнозування статевого потенціалу бугайців. *Вчені Львівського національного аграрного університету виробництва*. Львів, 2010 Вип. 10. С. 58–60.

Патров В. С., Васильєв В. С., Лисенко А. Л. Інтерференційно-мікроскопічні дослідження сперми. *Вісник аграрної науки*. 1998. № 6 С. 44 – 46.

Піддубна Л. М., Захарчук Д. В., Братушка Р. В. Оцінка голштинських бугаїв-плідників за спермопродуктивністю та якістю сперми. *Поліський національний університет. Наукові горизонти*. 2020. Вип 23. № 11. С. 28 – 38.

Підпала Т. В., Ваньков Ф. І. Формування продуктивних якостей червоної молочної породи під впливом бугаїв-плідників. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2012. Випуск 4, т. 2. С. 116 – 120.

Пошуки резервів відтворення ВРХ: здобутки і перспективи / Й. Сірацький, С. Демчук, Є. Федорович та ін. *Вісник аграрної науки* 2001. № 2. С. 3 – 8.

Пришедько В. М. Морфометричні показники сім'яників і придатків та спермопродуктивність у бугаїв-плідників залежно від рівня їх стресостійкості *Біологія: від молекули до біосфери*: матеріали міжнар. наук. конф.: тези. доп. Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна. Харків: Оперативна поліграфія, 2010. С. 167 – 168.

Пришедько В. М. Оцінка бугаїв-плідників за продуктивними та відтворювальними якостями залежно від рівня їх стресостійкості: автореф. дис. канд. біол. наук: спец. 06.02.04. „Технологія виробництва продуктів тваринництва”. Миколаїв, 2011. 20с.

Пришедько В. М. Оцінка бугаїв-плідників за продуктивними та відтворювальними якостями залено від рівня їх стресостійкості: дис. ... канд. с.-г. наук: спец 06.02.04. „Технологія виробництва продуктів тваринництва”. Дніпропетровський державний

аграрний університет, 2011. 95с.

- Про що свідчить селекційно-генетичний моніторинг плідників голштинів / Й. Сірацький, І. Каменська, О. Бойко та ін. *Тваринництво України*. 2012. № 5. С. 11 – 15.
- Програма збереження генофонду локальних і зникаючих порід сільськогосподарських тварин в Україні на 2017-2025 роки / М. В. Гладій, та ін. Суми, 2018. 85 с.
- Програма збереження локальних та зникаючих порід сільськогосподарських тварин в Україні (згідно вимогами ФАО). «Збереження генофонду». Інститут розведення і генетики тварин НААН. Чубинське, 2013. 24 с.
- Проценко М. Ю., Віннічук Д. Г., Журавель М. П., Шарапа Г. С. Відтворення сільськогосподарських тварин. Київ: Вища школа, 1994. 415 с.
- Репродуктивна функція бугаїв – плідників різної племінної цінності / Й. З. Сірацький, В. В. Федорович, Є. І. Федорович та ін. *Науковий вісник ЛНУВМтаБТ імені С.З. Гжицького*. 2007. Т. 9, № 3(34), Ч. 3. С. 129 – 133.
- Рожко М. С. Вплив умовно-патогенної мікрофлори на виживаність сперми бугаїв-плідників *in vitro*. *Зб. наук. праць Білоцерківського аграрного ун-ту*. Біла Церква, 2000. Ч 1. С. 134 – 138.
- Рожко М. С. Роль умовно-патогенних мікробів сперми у розвитку субклінічного ендометриту у корів та телиць: автореф. дис. канд. вет. наук: 16.00.07. Львів. нац. акад. вет. медицини ім. С. З. Гжицького. Львів, 2004. 18 с.
- Саулко В. В. Посібник з найкращого застосування сексованої сперми “Агро1”. №12 (35), 2018. С. 16.
- Селекційні, генетичні та біотехнологічні методи удосконалення і збереження генофонду порід сільськогосподарських тварин / за ред. М. В. Гладія і Ю. П. Полупана. ІРГТ ім. М.В.Зубця НААН. Полтава: ТОВ «Фірма «Техсервіс», 2018. 791 с
- Сирацький И. З. Зависимость качества спермопродукции от породы и возраста быков-производителей. *Молочное и мясное скотоводство*. 1972. № 6. С. 28 – 30.
- Сирацький Й. З., Шاپирко В. В. Продолжительность жизни и племенного использования быков. *Зоотехния*. 1990. № 3. С. 16–17.
- Сірацький Й. З. Тривалість використання бугаїв-плідників на

- племпідприємствах Української РСР. *Міжвід. тематич. наук. зб.: «Розведення та штучне осіменіння великої рогатої худоби»*. Київ, 1991. № 23. С. 44 – 52.
- Сірацький Й. З., Бабуш Е. С. Формування відтворної здатності у бугаїв-плідників української чорно-рябої молочної, голландської та голштинської порід. *Розведення і генетика тварин*. 2011. № 45. С. 247 – 253.
- Сірацький Й. З., Кадиш В. О. Ріст, розвиток та спермопродуктивність бугаїв абердин-ангуської породи. *Розведення і генетика тварин*. Київ: Аграрна наука, 2000. Вип. 33. С. 131 – 137.
- Сірацький Й. З., Святовец Г. Д. Вікові зміни статевого апарату та відтворювальної здатності бугаїв симентальської породи. *Зб. Племінна справа і біологія розмноження сільськогосподарських тварин*. Київ: Урожай, 1972. вип. 2. С. 50 – 55.
- Сірацький Й. З., Федорович Є. І. Закономірності формування відтворної здатності бугаїв чорно-рябої породи. *Розведення і генетика тварин*. Київ: Аграрна наука, 2001. Вип. 34. С. 23 – 26.
- Сірацький Й. З., Федорович Є. І., Федорович В. В. Відтворна здатність бугаїв різних ліній західного внутрішньопородного типу української чорно-рябої молочної породи. *Розведення і генетика тварин*. (Матеріали наукової дискусії „Розведення с.-г. тварин за лініями”). — Київ: Аграрна наука. — 2005. — Вип. 38. — С. 189–192.
- Сірацький Й. З., Шафарук Л. І. Фізіологічні показники спермопродукції та запліднювальної здатності спермій у бугаїв-плідників в зв'язку з породою і віком. *Зб. Фізіологія і біохімія сільськогосподарських тварин*. Київ, 1972. вип. 2. С. 35 – 39.
- Сірацький Й., Демчук С., Бойко О. Репродуктивна функція бугаїв-плідників різних порід України. *Тваринництво України*. 2000. № 2. С. 66 – 69.
- Сірацький Й. З., Шاپірко В. В., Кадиш В. О. Закономірності формування відтворної здатності бугаїв абердин-ангуської породи. Проблеми індивідуального розвитку сільськогосподарських тварин. *Збірник наукових праць міжнародної конференції*. Київ, 1997. С. 125 – 126.
- Слюсарев А. О., Жукова С. В. Біологія. Київ: "ВШ", 1992. 498 с.
- Смирнов І. В. Штучне осіменіння сільськогосподарських тварин Київ: Вища школа, 1982. 267 с.

- Смирнов І. В., Кругляк І. П., Іванова Л. І. Вплив породи і віку бугаїв на показники сперми та здатність спермій до заморожування. *Зб. Племінна робота і біологія розмноження с.-г. тварин*. Київ: Урожай, 1973. Вип.4. С. 58 – 61.
- Сологуб Л. І., Герасимів М. Г., Копачук Д. М. Роль хрому в життєдіяльності тварин. *Біологія тварин*. 1999. Т.1, № 2. С. 12 – 17.
- Сохацький П. С. Вплив рівня прогестерону на статеву потенцію і спермопродуктивність ремонтних бугайців. *Вісник аграрної науки*. 1996. № 11. С. 34 – 36
- Сохацький П. С. Оцінка гонадно-гормональних і ростових співвідношень у бугайців *Вісник аграрної науки*. 2000. № 5. С. 42 – 44.
- Спермопродуктивність бугаїв-плідників України / Й. Сірацький та ін. *Вісник інституту тваринництва центральних районів УААН*. 2008. Вип. 3. С. 90 – 98.
- Ставецька Р. В. Вплив генотипу бугаїв-плідників на господарсько-корисні ознаки стада. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2011. Вип. 4(64), Т. 3, Ч. 2. С. 85 – 90.
- Ставецька Р. В., Руфі І. Ф. Ефективність використання бугаїв-плідників голштинської породи. *Вісник наукових праць Білоцерківського національного аграрного університету*. 2009. № 1(67). С. 14 – 17.
- Стародуб Л.Ф. Костенко С.О Сучасні проблеми селекції, розведення та гігієни тварин. *Збірник наукових праць ВНАУ*. 2011. № 10 (50). С. 125-130.
- Старостенко І. С. Форми успадкування племінної цінності бугаїв-плідників. Білоцерківський національний аграрний університет. *Генетика, розведення та селекція тварин: актуальні проблеми та перспективи розвитку*: матер. Між нар. наук.-практ. онф., присвяченої 80-річчю від дня народження видатного вченого-селекціонера, доктора сільськогосподарських наук, професора, члена-кореспондента НААН Басовського Миколи Захаровича. м. Біла Церква, 10–11 червня 2015 р. С. 17-18.
- Старостенко І. С., Ткаченко М. В., Ткаченко С. В. Племінна цінність ремонтних бугаїв на основі оцінки їх предків. *Зб. наук. праць Білоцерківського НАУ*. 2012. Вип. 8(98). С. 80 – 83.
- Старостенко І. С., Буштрук М. В., Титаренко І. В., Даниленко В. П.

- Оцінка і добір бугаїв-плідників різних порід за власними показниками. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. 2014. №1. С. 58 – 62.
- Сушко О. Б., Савельєва М. С. Прискорена оцінка якості сперми бугаїв-плідників. *Вісник Черкаського інституту агропромислового виробництва*. 2005. Вип. 5. С. 188 – 192.
- Сушко О. Б., Чертяк Я. Ю. Експрес-метод визначення кріорезистентності сперми бугаїв плідників. *ВАН*. 2003. № 9. С. 38–42.
- Угнівенко А. М., Коропець Л. А. Зв'язок між показниками спермопродукції і лінійного та вагового росту у плідників української м'ясної породи. *Науковий вісник НАУ*. 2001. Вип. 41. С. 107 – 109.
- Федорович В. В. Формування відтворювальної здатності у бугаїв-плідників західного внутрішньо-породного типу української чорно-рябої молочної породи: дис. ... канд. с.-г. наук: 06.02.01. УААН. Інститут розведення і генетики тварин. Київ: Чубинське, 2006. 184 с.
- Федорович В. В., Федорович Є. І., Сірацький Й. З. Морфологічна структура сім'яників та придаткових статевих залоз бугайців західного внутрішньопородного типу. *Науково-технічний бюлетень Інституту біології тварин та ДНДКІ ветпрепаратів та кормових добавок*. 2007. Вип. 8. № 1–2. С. 296 – 301.
- Федорович В. В., Федорович Є. І., Сірацький Й.З., Гурський І. М. Відтворювальна здатність бугаїв-плідників різних ліній західного внутрішньопородного типу. *Розведення і генетика тварин*. 2008. Вип 42. С. 310 – 318.
- Федорович Є. Закономірності росту й розвитку та формування м'ясної продуктивності бугайців західного внутрішньо породного типу чорно-рябої породи. *Тваринництво України*. 2003. № 1С. 16 – 18.
- Федорович Є. І. Західний внутрішньо-породний тип української чорно-рябої породи: господарсько-біологічні та селекційно-генетичні особливості Київ: Науковий світ, 2004. 385 с.
- Федорович Є. І. Розвиток бугайців чорно-рябої породи *Тваринництво України*. 2007. № 1 С. 27 – 29.
- Фізіолого-біохімічні методи досліджень у біології, тваринництві та ветеринарній медицині (видання третє, перероблене і доповнене). Довідник / В. В. Влізло та ін. Львів: Інститут

біології тварин, 2004. 400 с.

Формування відтворної здатності бугаїв-плідників / Й. З. Сірацький та ін. Вісник аграрної науки. 2005. № 4. С. 56.–60.

Формування відтворювальної здатності у м'ясної худоби / Т. В. Засуха, та ін. Київ.: Аграрна наука, 2000. 248 с.

Хмельничий Л. М., Сологуб А. М. Фактичний прояв племінної цінності бугаїв-плідників в реальних умовах. *Тваринництво України*. 2010. № 9. С. 28 – 30.

Хмельничий Л. М., Єрош Ю. О., Біба А. А. Вплив генетипових та паратипових чинників на якість спермопродукції бугаїв-плідників. *Вісник СНАУ. Серія «Тваринництво»*. 2011. Вип.7(18). С. 29 – 32.,

Хомин С. П., Остапів Д. Д., Кава С. Й. Вікова динаміка вмісту аскорбінової кислоти в спермі бугаїв. *Науковий вісник Львівської державної академії ветеринарної медицини ім. С. З. Гжицького*. Львів. 1998. Вип. 1. С. 65 – 68.

Черненко О., Пришедько В. Гістологічна будова сім'яників бугаїв-плідників залежно від їх стресостійкості. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С. З. Гжицького*. 2010. Т. 12, № 3. (45), Ч. 2. С. 163 – 168.

Черненко О., Пришедько В. Лінійний і ваговий ріст і розвиток бугаїв-плідників залежно від їх стресостійкості. *Таврійський науковий вісник*. 2010. Вип. 70. С. 96 – 103.

Черненко О., Пришедько В. Морфометричні показники сім'яників і придатків та спермопродуктивність у бугаїв-плідників залежно від рівня їх стресостійкості. *Збірник наукових праць ПДАТУ*. Кам'янець-Подільський: видавець ПП Зволейко Д. Г., 2011. Вип. 19. С. 199 – 201.

Черненко О. М., Економічна ефективність використання бугаїв-плідників залежно від їх адаптаційної здатності. *Генетика, розведення та селекція тварин: актуальні проблеми та перспективи розвитку*: матер. між нар. наук.-практ. конф., присвяченої 80-річчю від дня народження видатного вченого-селекціонера, доктора сільськогосподарських наук, професора, члена-кореспондента НААН Басовського Миколи Захаровича. м. Біла Церква, 10–11 червня, 2015 р. С. 20 – 21.

Черняк Н. Г., Гончарук О. П. Використання сексованої сперми бугаїв

у молочному скотарстві. *Розведення і генетика тварин Міжвідомчий тематичний науковий збірник*. 2012. Випуск 46 С. 223 – 226.

Чухрій Б. М., Клевець Л. О., Остапів Д. Д. Колориметричний спосіб визначення активності сукцинатдегідрогенази в спермі бугаїв. *Вісник аграрної науки*. 1995. № 11. С. 73 – 76.

Шапінко В. В. Відтворна адатність бугаїв герефордської породи. *Міжвідомчий тем. наук. аб. «Розведення і генетика тварин»*. Київ: Урожай, 1995. № 27. С. 77 – 81.

Шапінко В. В. Вікова динаміка показників росту та розвитку бугаїв. *Теоретичні й прак.аспекти породо утворювального процесу у молочному та м'ясному скотарстві: матер доп. наук. - виробн. конф.* Київ: Асоціація України, 1995. – 64 с.

Шапінко В. В. Мінливість ознак спермопродукції та запліднювальної здатності сперматозоїдів бугаїв м'ясних порід. *Розведення і генетика тварин*. 2001. Вип. 34. С. 102 – 104.

Шаран М. М., Салига Ю. Т. Стан і перспективи застосування репродуктивної біотехнології для підвищення продуктивності у скотарстві. *Інститут біології тварин НААН, Біологія тварин*, 2022, т. 24, № 3. С 44 – 50
<https://doi.org/10.15407/animbiol24.03.044>.

Шарапа Г. С. Раціональне використання бугаїв. *Вісник аграрної науки*. 2003. № 29. С. 5 – 6.

Шевченко А. П. Оцінка бугаїв-плідників за якістю потомків в умовах господарства з розведення української чорно-рябої молочної порід. *Вісник Сумського НАУ, серія „Тваринництво”*. 2012. Вип. 12(21). С. 11 – 13.

Шкурін Г. Т. Генезис симентальської породи в Україні. Київ: Аграрна наука, 1998. 304 с.

Шкурін Г. Т., Бойко О. В., Романов Л. М. Гістологічні особливості щитоподібної залози та сім'яників бугайців м'ясних порід. *Вісник аграрної науки*. 2001. № 6. С. 47 – 49.

Яблонский В. А. Сезонні та індивідуальні зміни якостей сперми у бугаїв-плідників. *Зб. Фізіологія і біохімія сільськогосподарських тварин*. Київ: Урожай, 1970. Вип. 15. С. 98 – 104.

Яблонський В. А. Практичне акушерство, гінекологія та штучне осіменіння сільськогосподарських тварин. Київ: Урожай, 1995. 286 с.

- A molecular analysis of the population of mRNA in bovine spermatozoa / Gilbert I. et al. *Reproduction*. 2007. № 133. P. 1073 – 1086.
- A survey of small RNAs in human sperm / Krawetz S. A. et al. *Hum Reprod*. 2011. № 26. P. 3401 – 3412.
- A translation-activating function of MIWI/piRNA during mouse spermiogenesis / P. Dai et al. *Cell*. 2019. № 179(7). P. 1566 – 1581.e16. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cell.2019.11.022>. PMID:31835033.
- Abdollahi-Arpanahi R., Morota G., Peñagaricano F. Predicting bull fertility using genomic data and biological information. *J Dairy Sci*. 2017. №100(12). P. 9656 – 9666. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2017-13288>. PMID:28987577.
- Advances in sperm proteomics: best-practise methodology and clinical potential / M. Codina et al. *Expert Rev Proteomics*. 2015. № 12(3). P. 255 – 77. <http://dx.doi.org/10.1586/14789450.2015.1040769>. PMID:25921224.
- Agarwal A., Durairajanayagam D., Halabi J., Peng J., Vazquez-Levin M. Proteomics, oxidative stress and male infertility. *Reproductive BioMedicine Online*, 2014. № 29(1). P. 32 – 58. DOI: [10.1016/j.rbmo.2014.02.013](https://doi.org/10.1016/j.rbmo.2014.02.013)
- Age-related changes of seminiferous tubule morphology, interstitial fibrosis and spermatogenesis in dogs / M. Tesi et al. *Animal Reproduction Science*, 2020. Vol. 219. 106534 Doi. [10.1016/j.anireprosci.2020.106534](https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2020.106534).
- Aitken R. J. Impact of oxidative stress on male and female germ cells: implications for fertility. *Reproduction*, 2020. 159. P. 189 – 201.
- Aitken R. J., Nixon B. Sperm capacitation: a distant landscape glimpsed but unexplored. *Mol Hum Reprod*. 2013. № 19. P. 785 – 793.
- Allan I. W., Irvine D. S., Macnamee M. Field trial of a difluents for the transportation of human semen at ambient temperatures. *Fertil. Steril*. 1997. V. 67. № 2. P. 348 – 354.
- Almadaly E. A., Ashour M. A., El-Kon I. I., Heleil B. A. Traditional and non-traditional methods are used for discrimination among Ossimi rams with different field fertility et al. *Small Rumin Res*. 2019. 179:30–8. [10.1016/j.smallrumres.2019.09.003](https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.09.003).
- Aman R. P., Ratz D. F. Reflections on CASA after 25 years. *J. Androl*. 2004. №25. P. 317 – 325. DOI: [10.1002/j.1939-4640.2004.tb02793.x](https://doi.org/10.1002/j.1939-4640.2004.tb02793.x)
- Amann R. P. Endocrine changes associated with onset of spermatogenesis

- in Holstein bulls. *Journal of Dairy*. 1983. Science 66 P. 2606 –2622.
- Amann R. P., Kavanaugh J. F., Griel Jr L. C., Voglmayr J. K. Sperm Production of Holstein Bulls Determined from Testicular Spermatid Reserves, after Cannulation of Rete Testis or Vas Deferens, and by Daily Ejaculation. *Journal of Dairy Science*. 1974 Volume 57. Issue 1. P. 93 – 99.
- Amann R., Walker O. Changes in the pituitary-gonadal axis associated with puberty in Holstein bulls. *J Anim Sci*. 1983. № 57. P. 433 – 442.
- Amaral S., Amaral A., Ramalho-Santos J. Aging and male reproductive function: A mitochondrial perspective. *Frontiers in Bioscience Scholar*, 2013. № 5. P. 181 – 197. DOI: [10.2741/s365](https://doi.org/10.2741/s365).
- Amaral P. P., Dinger M. E., Mercer T. R, Mattick J. S. The eukaryotic genome as an RNA machine. *Science*. 2008. № 319. P. 1787 – 1789. [http://dx.doi.org/ 10.1126/science.1155472](http://dx.doi.org/10.1126/science.1155472).
- Amino acids of seminal plasma associated with freezability of bull sperm / M. R. Ugur et al. *Front Cell Dev Biol*. 2020. № 7. P. 347. [http://dx.doi.org/ 10.3389/fcell.2019.00347](http://dx.doi.org/10.3389/fcell.2019.00347). PMID:31993417.
- An immunological approach of sperm sexing and different methods for identification of X- and Y-chromosome bearing sperm / S. K. Yadav et al., *Veterinary World*, 217. № 10, P. 498 – 504. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2017.498-504>.
- Analysis of epididymal sperm from Korean native bull (Hanwoo) aged at 8 and 15 months before freezing and after thawing / S. S. Kang et al. *Journal of Animal Reproduction and Biotechnology*. 2016. Vol. 31, № 2. P. 109 – 116. URL: <https://doi.org/10.12750/jet.2016.31.2.109> (date of access: 23.02.2024).
- Aponte P. M., de Rooij D. G., Bastidas P. Testicular development in Brahman bulls/ *J. Theriogenology*. 2005 № 64, (V 6). P. 1440 – 1455.
- Arrighi S., Bosi G., Groppetti D. and Cremonesi F. Morpho- and Histometric Evaluations on the Testis and Epididymis in Buffalo Bulls During the Different Reproductive Seasons. *The Open Anatomy Journal*. 2010. № 2. P. 29 – 33. DOI: [10.2174/1877609401002010029](https://doi.org/10.2174/1877609401002010029)
- Arteaga A., Baracaldo M., Barth A. D. The proportion of western Canadian beef bulls with mature spermograms at 11 to 15 months of age. *Can Vet J*. 2001. Vol. 42. P. 783 – 787.
- Associations between sperm abnormalities, breed, age, and scrotal

- circumference in beef bulls / A. G. Menon et al. *Can Vet Res.* 2011. № 75. P. 241 – 247.
- Attia S., Katila T., Andersson M. The effect of sperm morphology and sire fertility on calving rate of Finnish Ayrshire AI bulls. *Reprod Domest Anim.* 2016. № 8. P 51 – 54.
- Baker M. A. Proteomics of post-translational modifications of mammalian spermatozoa. *Cell Tissue Res.* 2016. №363(1). P. 279 – 287. <http://dx.doi.org/10.1007/s00441-015-2249-x>. PMID:26239910.
- Ballow D., Meistrich M. L., Matzuk M. and Rajkovic A. Sohlh1 is essential for spermatogonial differentiation. *Dev. Biol.* 2006. № 294. P. 161 – 167. doi: [10.1016/j.ydbio.2006.02.027](https://doi.org/10.1016/j.ydbio.2006.02.027).
- Barth A. D. Bull breeding soundness / 3rd edition. Western Canadian Association of Bovine Practitioners. Saskatoon: Canada, 2013. P. 108–131.
- Barth A. D., Brito L. F. C., Kastelic J. P. The effect of nutrition on sexual development of bulls. *Theriogenology.* 2008. № 70. P. 485 – 494. <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2008.05.031>.
- Barth A. D., Ominski K. H. The relationship between scrotal circumference at weaning and at one year of age in beef bulls. *Canadian Vet J.* 2000. Vol. 41. P. 1 – 6.
- Barth A. D., Waldner C. L. Factors affecting breeding soundness classification of beef bulls in Saskatchewan. *Can Vet J.* 2002. Vol. 43. P. 274 – 284.
- Berndtson W., Igboeli G., Parker W. The numbers of Sertoli cells in mature Holstein bulls and their relationship to quantitative aspects of spermatogenesis. *Biol Reprod.* 1987. № 37. P. 60 – 67.
- Bhanmeechao C., Srisuwatanasagul S., Ponglowhapan S. Agerelated changes in interstitial fibrosis and germ cell degeneration of the canine testis. *Reproduction in Domestic Animal.* 2018. № 53(3) P. 37 – 43. DOI: [10.1111/rda.13354](https://doi.org/10.1111/rda.13354)
- Biali G., Smith Wearl R. Influence of seminal vesicular fluid on morphology of bull spermatozoa. *J Dairy Sci.* 1978. Vol. 41, № 3. P. 422 – 428.
- Biometric aspects of the testicular and corporal development of Agoutis (*Dasyprocta aguti*) raised in captivity / A. C. Assis Neto et al. *Braz J Vet Res Anim Sci* 2003. № 40. P. 154 – 160.
- Bissonnette N., Lévesque-Sergerie J. P., Thibault C., Boissonneault G. Spermatozoal transcriptome profiling for bull sperm motility: a

- potential tool to evaluate semen quality. *Reproduction*. 2009. № 138(1) P. 65 – 80: <http://dx.doi.org/10.1530/rep-08-0503>.
- Birkhead T. R., Hosken D, J., Pitnick S.. *Sperm Biology: An Evolutionary Perspective*. USA. Burlington: Academic Press, 2009 P. 642.
- Birth of offspring of pre-determined sex after artificial insemination of frozen-thawed, sex-sorted and re-frozen-thawed rat spermatozoa / S. P. Graaf et al. *Theriogenology*. 2007. № 2. P. 391 –398. DOI: [10.1016/j.theriogenology.2006.08.005](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2006.08.005).
- Blaquer J. A., Cameo M. S., Burgos M. H. The role of androgen in the maturation of epididymal spermatozoa in the guinea pig. *Endocrinology*. 1972. Vol. 90. P. 839 – 842.
- Blockade of Masculine Differentiation in Male Rat Fetuses by Maternal Injection of Antibodies to Testosterone-3-Bovine Serum Albumin / A. S. Goldman et al. *Endocrinology*. 1972. Vol. 90, no. 3. P. 716–721. URL: <https://doi.org/10.1210/endo-90-3-716>(date of access: 23.02.2024).
- Bohnensack R., Halangk W. Control of respiration and of motility in ejaculated bull spermatozoa. *BBA-Bioenergetics*. 1986. № 850(1). P. 72 – 79.
- Bollwein H., Janett F., Kaske M. Effects of nutrition on sexual development of bulls. *Anim Reprod (Belo Horizonte)*. 2017. № 14. P. 607 – 613. DOI:[10.21451/1984-3143-AR1004](https://doi.org/10.21451/1984-3143-AR1004)
- Boryshpolets S., Ridzewski C., Eckel B., Reinhardt K. The motility-based swim-up technique separates bull sperm based on differences in metabolic rates and tail length / V Magdanz et al. *PLoS. ONE*. 2019. № 14(10): e0223576. Doi.[10.1371/ journal.pone.0223576](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223576).
- Bovine seminal plasma proteins PDC-109, BSP-A3, and BSP-30-kDa share functional roles in storing sperm in the oviduct / T. M. Gwathmey et al. *Biol Reprod*. 2006. № 75. P. 501 – 507. <http://dx.doi.org/10.1095/biolreprod.106.053306>
- Brinks, J. S., McInerney M. J. and Chenoweth P. J. Relationship of age at puberty in heifers to reproductive traits in young bulls. *Proceedings, Western Section of American Society of Animal Science*. 1978. № 29. P. 28.
- Brito L. F. C. Endocrine control of testicular development and initiation of spermatogenesis in bulls. In *Bovine reproduction*. Oxford: John Wiley & Sons, Inc, 2014. P. 30 – 38.
- Brito L. F. C. Factors affecting bull sexual development. *Clinical*

Theriogenology, 2019. № 11. P. 347 – 351.

Brito L. F., Barth A. D., Wilde R. E. and Kastelic J. P. Effect of growth rate from 6 to 16 months of age on sexual development and reproductive function in beef bulls. *Theriogenology*. 2012. № 77. P. 1398 – 1405.

Brito L., Vishwanath R., Heuer C., Evans K. Bovine sexed semen production and utilization. *Clinical Theriogenology*, 2019. № 11, P. 297 – 315.

Changes in bull semen metabolome in relation to cryopreservation and fertility / V. Longobardi et al. *Animals*. 2020. №10(6). P. 929. <http://dx.doi.org/10.3390/ani10061065>. PMID:32575657.

Changes in circulating hormone concentrations, testes histology and testes ultrasonography during sexual maturation in beef bulls / A. Evans et al: *Theriogenology*. 1996. № 46. P. 345 – 357.

Changes in genetic selection differentials and generation intervals in US Holstein dairy cattle as a result of genomic selection / A. García-Ruiz et al. *Proc Natl Acad Sci*. 2016. № 113. P. 3995 – 4004. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1519061113>.

Characterization of human sperm protamine proteoforms through a combination of topdown and bottom-up mass spectrometry approaches / A. Soler-Ventura et al. *J Proteome Res*. 2020. № 19(1). P. 221 – 237. <http://dx.doi.org/10.1021/acs.jproteome.9b00499>. PMID:31703166.

Characterisation of mouse epididymosomes reveals a complex profile of microRNAs and a potential mechanism for modification of the sperm epigenome / J. N. Reilly et al. *Sci Rep*. 2016. № 6(1). P. 317 – 394. <http://dx.doi.org/10.1038/srep31794>. PMID:27549865.

Checa M. L., Dunner S., Cañón J. Prediction of X and Y chromosome content in bovine sperm by using DNA pools through capillary electrophoresis. *Theriogenology*. 2002. № 58(8). P. 1579 – 1586.

Cestnik V. Higher thyroid hormone levels in neonatal life result in reduced testis volume in postpubertal bulls. *Int J Androl*. 1998. № 21. P. 352 – 357.

Coflaurx M. Etude des possibilites d'amelioration du taux de non-retours moyen du centre d'insemination artificielk par une selection supplementaire de taureaux ou des ejaculats. *Everage Insem*. 1978. Vol. 165. P. 17 – 22.

Comparative study on the libido, semen quality and fertility of Brahman

- cross, Holstein Friesian cross and Red Chittagong breeding bulls / M. Islam et al. *Bangladesh Journal of Animal Science*. 2018. Vol. 47 (2). P. 61–67. DOI: <https://doi.org/10.3329/bjas.v47i2.40236>.
- Comparative sperm protein profiling in bulls differing in fertility and identification of phosphatidylethanolamine-binding protein 4, a potential fertility marker / L. Somashekar et al. *Andrology*. 2017. № 5. P. 1032 – 1051. <http://dx.doi.org/10.1111/andr.12404>.
- Comparison of Semen Quality in Young and Mature Holstein Bulls Measured by Light Microscopy and Flow Cytometry / D. S. Karabinus et al. *Journal of Dairy Science*. 1990. Vol. 73, no. 9. P. 2364 – 2371. URL: [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(90\)78919-9](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(90)78919-9) (date of access: 21.02.2024).
- Comprehensive mapping of the bull sperm surface proteome / K. Byrne et al. *Proteomics*. 2012 № 12(23-24). P. 3559 – 3579. <http://dx.doi.org/10.1002/pmic.201200133> . PMID:23081703.
- Comprehensive proteomic analysis of bovine spermatozoa of varying fertility rates and identification of biomarkers associated with fertility / D. Peddinti et al. *BMC Syst Biol*. 2008. № 2. P. 19. <http://dx.doi.org/10.1186/1752-0509-2-19>.
- Conditions for long-term culture of cattle undifferentiated spermatogonia / M. J. Oatley et al. *Biol Reprod*. 2016 № 95. P. 1 – 10. DOI: [10.1095/biolreprod.116.139832](https://doi.org/10.1095/biolreprod.116.139832).
- Cook R. B., Coulter G. H. & Kastelic J. P. The testicular vascular cone, scrotal thermoregulation, and their relationship to sperm production and seminal quality in beef bulls. *Theriogenology*. 1994. № 41. P. 653 – 671.
- Cornwall G. A. New insights into epididymal biology and function. *Hum. Reprod* 2009. № 15. P. 213 – 217.
- Correlation between testosterone concentrations with scrotal circumference, and semen characteristics in Aceh bulls / D Dasrul et al. *E3S Web Conf* 151. 2020. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015101015>.
- Coulter G. H. Puberty and postpubertal development of beef bulls. In *Current Therapy In Theriogenology*. Philadelphia. 1986. Vol. 8. P. 142 – 148.
- Coulter G., Bailey D. Epididymal sperm reserves in 12-month-old Angus and Hereford bulls: Effects of bull strain plus dietary energy. *Anim Reprod Sci*. 1988. № 16. P. 169 – 175.

- Coulter G., Cook R., Kastelic J. Effects of dietary energy on scrotal surface temperature, seminal quality, and sperm production in young beef bulls. *J Anim Sci.* 1997. № 75. P. 1048 – 1052.
- Courant F., Antignac J. P., Monteau F., Le Bizec B. Metabolomics as a potential new approach for investigating human reproductive disorders. *J. Proteome Res.* 2013. № 12. P. 2914 – 2920.
- Cowan B. D. Steroid Biosynthesis. Clinical reproductive medicine. Philadelphia. New York: Lippincott – Raven Rublishers, 1997. № 4. P. 11 – 20.
- Current status of sperm functional genomics and its diagnostic potential of fertility in bovine (*Bos taurus*) / S. Selvaraju et al. *Syst Biol Reprod Med.* 2018a № 64(6). P. 484 – 501. <http://dx.doi.org/10.1080/19396368.2018.1444816>. PMID:29537884.
- Current status, scope and constraints of sexed semen – an Indian perspective / A. Kumar et al. *Agric. Rev.*, 2016. № 37(3). P. 240 – 244. DOI:[10.18805/ar.v0i.11286](https://doi.org/10.18805/ar.v0i.11286).
- Curtis S., Amann R. Testicular development and establishment of spermatogenesis in Holstein bulls. *J Anim Sci.* 1981. № 53. P. 1645-1647.
- Dargatz D. A., Mortimer R. G., Ball L. Vesicular adenitis of bulls: a review. *Theriogenology.* 1987. Vol. 28. P. 513 – 521.
- Deep sequencing analysis of microRNAs in bovine sperm / Y. Du et al. *Mol Reprod Dev.* 2014. № 81(11). P. 1042 – 1052. <http://dx.doi.org/10.1002/mrd.22426>. PMID:25279827.
- Deep proteome profiling of semen of indian indigenous Malnad Gidda (*Bos indicus*) Cattle / K. P. Ramesha et al. *J Proteome Res.* 2020. № 19(8). P. 3364 – 76. <http://dx.doi.org/10.1021/acs.jproteome.0c00237>. PMID:32508098.
- Dellmann H. D., Eurell J. A. A Textbook of Veterinary Histology. 5th edn., Williams and Wilkins, A Waverly Company, Philadelphia, USA. 1998. P. 226 – 235.
- Dierschke D. J., Walsh S. W., Mapletoff R. J. Functional anatomy of the testicular vascular pedicle in the rhesus monkey. Evidence for a local testosterone concentrating mechanism. *Proc. Soc. Exp. Biol. And Med.* 1975. Vol. 33. P. 491 – 499.
- Dietary manipulation of *Bos indicus* x heifers during gestation affects the prepubertal reproductive development of their bull calves / T. Sullivan et al. *Anim Reprod Sci.* 2010. № 118. P. 163 – 170.

- Differences in early patterns of gonadotrophin secretion between early and late maturing bulls and changes in semen characteristics at puberty / A. C. Evans et al. *Theriogenology*. 1995. Vol. 43. P. 569 – 578.
- Differential proteins associated with plasma membrane in X- and/or Y-chromosome bearing spermatozoa in indicus cattle / R. Laxmivandana et al. *Reprod Domest Anim*. 2021. № 56(6). P. 928 – 935. <http://dx.doi.org/10.1111/rda.13936>. PMID:33829570.
- Differential protein profile in sexed bovine semen: Shotgun proteomics investigation / M. De Canio et al. *Molecular BioSystems*, 2014. № 10, P. 1264 – 1271. <https://doi.org/10.1039/C3MB70306A>.
- Dutta S., Majzoub A., Agarwal A. Oxidative stress and sperm function: A systematic review on evaluation and management. *Arab Journal of Urology*, 2019. № 17(2). P. 87 – 97.
DOI: [10.1080/2090598X.2019.1599624](https://doi.org/10.1080/2090598X.2019.1599624).
- Dynamics of microRNAs in bull spermatozoa / A. Govindaraju et al. *Reprod Biol Endocrinol*. 2012. № 10(1). P. 82. <http://dx.doi.org/10.1186/1477-7827-10-82>. PMID:22978562.
- Edvinsson A., Heyden G., Steen Y., Nilsson S. Enzyme histochemical studies of human spermatozoa correlated with the spermogram. *Int. J. Androl*. 1998. № 3. P. 297–303.
- Egea R. R., Escrivá M. M., Puchalt N. G., Varghese A. C. OMICS: current and future perspectives in reproductive medicine and technology. *J Hum Reprod Sci*. 2014. №7(2). P. 73 – 92. <http://dx.doi.org/10.4103/0974-1208.138857>. PMID:25191020.
- Effects of age and environmental factors on semen production and semen quality of Austrian Simmental bulls / B. Fuerst-Waltl et al. *Animal Reprod. sci*. 2006. Sept Vol. 95. Iss. 1 – 2. P. 27 – 37.
- Effect of age and season on semen quality parameters in Sahiwal bulls / M. Bhakat et al. *Tropical Animal Health and Production*, 2011. № 43. P. 1161 – 1168. doi: [10.1007/s11250-011-9817-1](https://doi.org/10.1007/s11250-011-9817-1).
- Effect of breed, age, season and region on sperm morphology in 11,387 bulls submitted to breeding soundness evaluation in Australia / J. Felton-Taylor et al. *Theriogenology*. 2020. Vol. 142. P. 1 – 7. URL: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2019.09.001> (date of access: 23.02.2024).
- Effect of breed, plane of nutrition and age on growth, scrotal development, metabolite concentrations and on systemic gonadotropin and testosterone concentrations following a GnRH challenge in young

dairy bulls / C. J. Byrne et al. *Theriogenology*. 2017. Vol. 96. P. 58 – 68. URL: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.04.002> (date of access: 23.02.2024).

Effect of bulls' breed, age and body condition score on quantitative and qualitative traits of their semen / J Beran et al. *Acta Univ Agric et Silvic Mende Brun*. 2011. Vol. LIX. P. 37 – 44.

Effects of dietary energy on sexual maturation and sperm production in Holstein bulls / B. Harstine et al. *J Anim Sci*. 2015. № 93. P. 2759 – 2766. DOI: [10.2527/jas.2015-8952](https://doi.org/10.2527/jas.2015-8952).

Effekt of diatery Zink defidenci on the produktivesystem ofyoung male sheep: testikular grouwlth and the secretion of inhibin and testosterone / G. B. Martin et al. *Journ of reproduction and fertility*. 1994. Vol. 101. № 1. P. 87 – 96.

Effect of feed restriction during calfhoo d on serum concentrations of metabolic hormones, gonadotropins, testosterone, and on sexual development in bulls / L. F. C. Brito et al. *Reproduction*. 2007. Vol. 134, № 1. P. 171 – 181. URL: <https://doi.org/10.1530/rep-06-0353> (date of access: 23.02.2024).

Effect of scrotal insulation on sperm quality and seminal plasma proteome of Brangus bulls. Pereira G. R. et al. *Theriogenology*. 2020 № 144. P. 194 – 203.

Effect of imputing markers from a lowdensity chip on the reliability of genomic breeding values in Holstein populations” / R. Dasse nneville et al. *Journal of Dairy Science*. 2011. № 94 P. 3679 – 3686. DOI: [10.3168/jds.2011-4299](https://doi.org/10.3168/jds.2011-4299)

Effect of Non-genetic factors on Semen Quality Traits of Crossbred Holstein Friesian Bulls (*Bos taurus* x *Bos indicus*) in Organized Farming Conditions at Tamil Nadu, India / A. Gopinathan et al. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2018. Vol. 7 (11). P. 3219 – 3229. DOI: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.711.370>

Effect of nutrition during calfhoo d and peripubertal period on serum metabolic hormones, gonadotropins and testosterone concentrations, and on sexual development in bulls / L. F. C. Brito et al. *Domestic Animal Endocrinology*. 2007. Vol. 33, №1. P. 1 – 18. URL: <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2006.04.001> (date of access: 23.02.2024).

Effects of treatment with LH or FSH from 4 to 8 weeks of age on the

- attainment of puberty in bull calves / E. T. Bagu et al. *Theriogenology*. 2004. Vol. 62, № 5. P. 861 – 873. URL: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2003.12.021> (date of access: 23.02.2024).
- Ehrman L. Sperm Biology: An Evolutionary Perspective. Edited by Tim R. Birkhead, David J. Hosken, and, Scott Pitnick. Amsterdam and Boston (Massachusetts): Elsevier. Academic Press. *The Quarterly Review of Biology*. 2010. Vol. 85, №. 4. P. 502–503. URL: <https://doi.org/10.1086/656861> (date of access: 23.02.2024).
- Emam M. A., El-Zoghby E., Abughrien B. Histological study on the vesicular glands of castrated and non-castrated bucks. *Benha veterinary medical journal*, 2016. Vol. 30 № 2. P. 45 – 50. DOI: 10.21608/bvmj.2016.31328.
- Enhanced early-life nutrition of Holstein bulls increases sperm production potential without decreasing postpubertal semen quality / A. Dance et al. *Theriogenology*. 2016. Vol. 86, № 3. P. 687 – 694.e2. URL: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.02.022> (date of access: 23.02.2024)
- Enhanced sperm production in bulls following transient induction of hypothyroidism during prepubertal development / M. S. Waqas et al. *Journal of Animal Science*. 2018. Vol. 97, № 4. P. 1468 – 1477. URL: <https://doi.org/10.1093/jas/sky480> (date of access: 23.02.2024).
- Erratum to “Epididymal cell secretory activities and the role of proteins in boar sperm maturation” / J. L. Dacheux et al. *Theriogenology*. 2005. Vol. 64, № 5. P. 1244. URL: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2005.02.006> (date of access: 23.02.2024).
- Estimation of genetic parameters and genome scan for 15 semen characteristics traits of Holstein bulls / T. Druet et al. *J. Anim. Breed. Genet.* 2009. № 126. P. 269 – 277. doi: [10.1111/j.1439-0388.2008.00788.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.2008.00788.x).
- Evaluation of Sexed ULTRA 4MTM sex-sorted semen in timed artificial insemination programs for mature beef cows / J. M. Thomas et al. *Theriogenology*, 2019. № 123. P. 100 – 107. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.09.039>.
- Evaluation of sperm fertilizing ability by using the sperm quality analyser (SQA) / S. Naito et al. *A. Soc. For Reprod. Med.* 1996. № 2-6. P. 254.

- Fagerlind M., Stålhammar H., Olsson B., Klinga-Levan K. Expression of miRNAs in bull spermatozoa correlates with fertility rates. *Reprod Domest Anim.* 2015. № 50(4). P. 587-594. <http://dx.doi.org/10.1111/rda.12531>. PMID:25998690.
- Fertility-associated proteins in Nelore bull sperm membranes / M. Roncoletta et al. *Anim Reprod Sci.* 2006. № 91. P. 77 – 87.
- Fluorescence Microscopic Detection of Acrosin in Different Morphologic Types of Human Spermatozoa*/Fluoreszenzmikroskopische Bestimmung von Akrosin bei verschiedenen Formen menschlicher Spermatozoen / S. Francavilla et al. *Andrologia.* 2009. Vol. 20. №. 4. P. 344 – 350. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0272.1988.tb00700.x> (date of access: 23.02.2024).
- Foote R. H. The history of artificial insemination: Selected notes and notables. *J. Anim. Sci.* 2002. № 80. P. 1 – 10.
- Foster D. I., Roach J. F., Karsch F. J. Regulation of luteinizing hormone in the fetal and neonatal lamb. *Endocrinologi.* 1972. Vol. 90. P. 102 – 111.
- Franca, L. R. and L. D. Russell. The testis of domestic animals. In: *Male Reproduction: A Multidisciplinary Overview* (Eds. F. Martínez-Garcia and J. Regadera). Churchill Livingstone, Madrid, Spain. 1998. P. 197 – 219.
- Frenette G., Sullivan R. Protasome-like particles are involved in the transfer of P25b from the bovine epididymal fluid to the sperm surface. *Mol Reprod Dev.* 2001. № 59. P. 115 – 121.
- Fuerst-Waltl B., Schwarzenbacher H., Perner C., Sölkner J. Effects of age and environmental factors on semen production and semen quality of Austrian Simmental bulls. *Animal Reproduction Science.* 2006. Volume 95. Issues 1–2. Pages 27 – 37.
- Funahashi H. Animal biotechnology roles in livestock production. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Indonesia, 2020. № 465(1). P. 1 – 8.
- Gamcik P. Kozumplik J. Umela inseminacia a andrologia huspodarskych zvieret. Bratislava. 1976. 575 p.
- Garner D. L. Flow cytometric sexing of mammalian sperm. *Theriogenology.* 2006. № 65(5). P. 943 – 957.
- Garner D. L., & Seidel G. E. History of commercializing sexed semen for cattle. *Theriogenology*, 2008. № 69, P. 886–895. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2008.01.006>.

- Garner D. L., Evans K. M., & Seidel G. E. Sex-sorting sperm using flow cytometry/cell sorting, Spermatogenesis, Methods in molecular biology (methods and protocols) *Humana Press*. 2013. Vol. 927. https://doi.org/10.1007/978-1-62703-038-0_26
- Genetic parameters for semen production traits in austrian dualpurpose simmental bulls / B. Gredler et al. *Reprod. Domestic Anim.* 2007. № 42. P. 326 – 328. doi: [10.1111/j.1439-0531.2006.00778.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2006.00778.x).
- Genetic parameters for various semen production and quality traits and indicators of male and female reproductive performance in Nellore cattle BMC / F. E. Carvalho et al., *BMC Genomics*. 2023 № 24. P.1 – 16. <https://doi.org/10.1186/s12864-023-09216-5>.
- Genome-wide association study for poor sperm motility in Holstein-Friesian bulls / D. M. Hering et al. *Anim. Reprod. Sci.* 2014. № 146. P 89 –97. doi: [10.1016/j.anireprosci.2014.01.012](https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2014.01.012).
- Genome-wide association study for semen quality traits in German Warmblood stallions / M. Gottschalk et al. *Anim. Reprod. Sci.* 2016. № 171. P. 81 – 86. doi: [10.1016/j.anireprosci.2016.06.002](https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2016.06.002).
- Genomewide association study for semen traits of the bulls in Chinese Holstein / C. Qin et al. *Anim. Genet.* 2017. № 48. P. 80–84. doi: [10.1111/age.12433](https://doi.org/10.1111/age.12433).
- Genomic Selection: Precision Breeding for Enhanced Semen Production and Genetic Progress / Aziz Umar et al. *Acta Scientific Veterinary Sciences*. 2023. № 5.11. P. 06 – 11.
- Gier H. T., Merion G. B. Development of the mammalian testis. New.York., London: Acad.press. 1970. № 7 P. 2 – 43.
- Glycosylation differentially modulates membranolytic and chaperone-like activities of PDC-109, the major protein of bovine seminal plasma / Singh B. P. et al. *Biochem Biophys Res Commun*. 2019. № 511(1). P. 28 – 34. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bbrc.2019.02.002>. PMID:30765224.
- Godfrey R. W., Randel R. D. and Parrish N. R. The effect of using the breeding soundness evaluation as a selection criterion for Santa Gertrudis bulls on subsequent generations. *Therio*. 1988. № 30. P. 1059.
- Goflauh M. Ektude des possibilities d'amelioration du taux de non – retours moyen du centre d'insemination artificielle par une selection supplementaire de taureaux ou des ejaculats. *Everage insemin.* 1978. Vol. 65. P. 17 – 22.

- Gofur M. R., Khan M. Z., Karim M. R. Biometry of testis of indigenous bull of Bangladesh in relation to body weight and scrotal circumference. *Journal of the Bangladesh Society for Agricultural Science and Technology*. 2007. № 4. P. 205 –208.
- Gofur M. R., Khan M. Z., Karim M. R. Histomorphology and histochemistry of testis of indigenous bull of Bangladesh OF Bangl. *J. Vet. Med.* 2008. № 6. P. 67 – 74.
- Goldman A. S., Shapiro B. H., Root A. W. Inhibition of fetal masculine differentiation in the rat by maternal administration of antibodies to bovine LH, cyanoketon, or antibodies to testosterone-bonne serum albumin. *Proc. Sos. Exp. Biol. and Med.* 1973. Vol. 143. P. 422 – 426.
- Gonadotrophin secretion in prepubertal bull calves born in spring and autumn / J. Aravindakshan et al. *Reproduction*. 2000. Vol. 120, № 1. P. 159–167. URL: [https:// doi.org/10.1530/jrf.0.1200159](https://doi.org/10.1530/jrf.0.1200159) (date of access: 23.02.2024).
- Griswold M. D. Perspective on the function of Sertoli cells. In: Griswold MD, editor. editor. Sertoli Cell Biology. San Diego, CA: Elsevier Science USA, 2005. P. 15 –18. Doi:[10.1016/B978-012647751-1/50003-9](https://doi.org/10.1016/B978-012647751-1/50003-9).
- Growth, puberty, and carcass characteristics of Brahman-, Senepol-, and Tuli-sired F1 Angus bulls. / C. C. Chase et al. *Journal of Animal Science*. 2001. Vol. 79, № 8. P. 2006–2015. URL: <https://doi.org/10.2527/2001.7982006x> (date of access: 23.02.2024).
- Gunes S., Hekim G. N. T., Arslan M. A., Asci R. Effects of aging on the male reproductive system. *Journal of Assisted Reproduction and Genetics*, 2016. № 33. P. 441 – 454. Doi:[10.1007/s10815-016-0663-y](https://doi.org/10.1007/s10815-016-0663-y).
- Hafez E. S. E., Hafez B. Reproduction in Farm Animals. 7th ed. London, Blackwell Publishing, 2013. P. 293 – 397. Available online at:<https://www.wiley.com/enus/Reproduction±in±Farm±Animals%2C±7th±Edition-p-9781118710289> (accessed January 5, 2023).
- Hafez R. S. Reproduction in Farm Animals. 7th edn., Lea and Febiger. Philadelphia, USA. 2000. P. 3 – 12, 37 – 43.
- Hafez, E. S. E. Textbook of Reproduction in Farm Animals. 5th edn, Kiawah Island, South Carolina, USA. 2014. P. 26 – 29.
- Hall, J. B., Glaze, J. B. Review: System application of sexed semen in beef

- cattle. *The Professional Animal Scientist*, 2014. 30(3), P. 279 – 284. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30118-2](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30118-2).
- Hansson V., Weddington S. C., McLean W. S. Regulation of semitiferous tubular function by FSH and androgen. *J. Reprod. Fertil.* 1975. Vol. 44. P. 363 – 375.
- Hart P. Pulsative Freiszung von Sexualhormonen und Gonadotropinen bei Besamungs bullen. Univeritat Munchen. 1990. № 11. P. 61 – 78.
- Hilz S., Modzelewski A. J., Cohen P. E., Grimson A. The roles of microRNAs and siRNAs in mammalian spermatogenesis. *Development*. 2016. № 143(17). P. 3061 – 3073. <http://dx.doi.org/10.1242/dev.136721>. PMID:27578177.
- Holden, S. A., Butler, S. T. Review: Applications and benefits of sexed semen in dairy and beef herds. *Animal*, 2018. №12, P. 97 – 103. <https://doi.org/10.1017/S1751731118000721>.
- Holt W. V., van Look K. J. W. Concepts in sperm heterogeneity, sperm selection and sperm competition as biological foundations for laboratory tests of semen quality. *Reproduction*. 2004. № 127(5). P. 527 – 535. <http://dx.doi.org/10.1530/rep.1.00134>. PMID:15129008.
- Human sperm tail proteome suggests new endogenous metabolic pathways / A. Amaral et al. *Mol Cell Proteomics*. 2013. № 12(2). P. 330 – 342. <http://dx.doi.org/10.1074/mcp.M112.020552>. PMID:23161514.
- Identification of biochemical differences between different forms of male infertility by nuclear magnetic resonance (NMR) spectroscopy / V. J. Jayaraman et al. *Assist Reprod Genet*. 2014. № 31. P. 1195–1204. doi: 10.1007/s10815-014-0282-4, 130-132.
- IGF-1 supplementation in semen affects mitochondrial function and calcium status of buffalo sperm following cryopreservation / A. Kumar et al. *Anim Reprod Sci*. 2021. № 231. P. 1067 – 1083. DOI: [10.1016/j.anireprosci.2021.106783](https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2021.106783)
- Immunohistochemical localization of galectin-3 in boar testis and epididymis / H. Kim et al. *Acta Histochem*. 2006. Vol. 108. P. 481 – 485. DOI: [10.1016/j.acthis.2006.09.009](https://doi.org/10.1016/j.acthis.2006.09.009)
- Immunohistochemical localization of sperm-preserving proteins in the ram reproductive tract / M. Fernandez-Juan et al. *Journal of Andrology*. 2006; № 27(4): P. 588 – 595. DOI: [10.2164/jandrol.05187](https://doi.org/10.2164/jandrol.05187)
- Impact of a timed-release FSH treatment from 2 to 6 months of age in

bulls I: Endocrine and testicular development of beef bulls / B. R. Harstine et al. *Theriogenology*. 2018. Vol. 105. P. 142 – 149. URL: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.09.018>. (date of access: 23.02.2024).

In vitro production of sex preselected cattle embryos using a monoclonal antibody raised against bull sperm epitopes/ M. R. Chowdhury et al. *Animal Reproduction Science*, 2019. № 205, P. 156–164. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2018.11.006>.

Increasing the frequency of ejaculate collection in young dairy bulls increases semen production and field fertility / P. Taaffe et al. *Theriogenology*. 2022. Volume 182, 1 April, P. 45 – 52. DOI: [10.1016/j.theriogenology.2022.01.030](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2022.01.030)

Influence of bull age, ejaculate number and season of collection on semen production and sperm motility patterns in Holstein Friesian bulls in a commercial artificial insemination center / E. M. Murphy et al. *Anim Sci*. 2018. № 96. P. 2408 – 2 418. DOI: [10.1093/jas/sky130](https://doi.org/10.1093/jas/sky130)

Invited review: Reliability of genomic predictions for North American Holstein bulls” / P. M. VanRaden et al. *Journal of Dairy Science*. 2009. № 92.1. P 16 – 24. DOI: [10.3168/jds.2008-1514](https://doi.org/10.3168/jds.2008-1514).

Janiszewska E., Kratz E.M. Could the glycosylation analysis of seminal plasma clusterin become a novel male infertility biomarker? *Mol Reprod Dev*. 2020. № 87(5). P. 515 – 524. <http://dx.doi.org/10.1002/mrd.23340>. PMID:32222009.

Johnson L. Spermatogenesis. In: Cupps PT ed. *Reproduction in Domestic Animals*. New York: Academic Press, 1991. № 5. P. 173 – 219.

Johnson L., Grumbles J. S., Bagheri A., Petty C. S. Increased germ cell degeneration during postprophase of meiosis is related to increase serum follicle-stimulating hormone concentration and reduce daily sperm production in aged men. *Biology of Reproduction*. 1990. № 42. P. 281 – 287.

Josso N. In vitro synthesis of Mullerian-inhibiting hormone by seminiferous tubules isolated from the calf fetal testis. *Endocrinology*. 1973. Vol. 93. P. 829 – 834.

Josso N., Forest M. G., Picard J. J. Mullerian-inhibiting activity of calf fetal testes: relationship to testosterone and protein synthesis. *Biol. Reprod*. 1975. Vol. 13. P. 163 – 167.

Kaiin E. M., Gunawan M., Maulana T. Morphometry and abnormality evaluation of sex-sorted sperm of spotted buffalo (Tedong bonga).

- Nusantarabioscience*. 2017. Vol. 9, No. 2, P. 175 – 180. DOI: [10.13057/nusbiosci/n090212](https://doi.org/10.13057/nusbiosci/n090212).
- Kasimanickam R. K., Kasimanickam V. R., Arangasamy A., Kastelic J. P. Sperm and seminal plasma proteomics of high- versus low-fertility Holstein bulls. *Theriogenology*. 2019. №126 P 41—48. <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.11.032>.
- Kastelic J. P. Understanding and evaluating bovine testes. *Theriogenology* 2014. № 81. P. 18 – 23. DOI: [10.1016/j.theriogenology.2013.09.001](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.09.001)
- Kastelic J. P., Cook R. B. & Coulter G. H. Contribution of the scrotum, testes, and testicular artery to scrotal/ testicular thermoregulation in bulls at two ambient temperatures. *Animal Reproduction Science*. 1997. № 45 P 255 – 261.
- Kastelic J. P., Coulter G. H. & Cook R. B. Contribution of the scrotum and testes to scrotal and testicular thermoregulation in bulls and rams. *Journal of Reproduction and Fertility*. 1996. № 108. P. 81 – 85.
- Kastelic J. P., Coulter G. H. & Cook R. B. Scrotal surface, subcutaneous, intratesticular, and intraepididymal temperatures in bulls. *Theriogenology*. 1995. № 44. P. 147 – 152.
- Kastelic J. P., Cook R. B., Pierson R. A. and Coulter G. H. Relationships among scrotal and testicular characteristics, sperm production, and seminal quality in 129 beef bulls. *Can. J. Vet. Res.* 2001. № 65. P. 111 – 115.
- Kavoussi P., Costabile R. A., Salonia A. Clinical Urologic Endocrinology: Principles for Men's Health. London, UK: Springer; (2012). Available online at: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4471-4405-2>
- Kaya, A., and Memili, E. Sperm macromolecules associated with bull fertility. *Anim. Reprod. Sci.* 2016. № 169. P. 88 – 94. doi: [10.1016/j.anireprosci.2016.02.015](https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2016.02.015).
- Kenny D. A., Byrne C. J. Review: the effect of nutrition on timing of pubertal onset and subsequent fertility in the bull. *Animal*. 2018. № 12(s1). P. 36 – 44. <http://dx.doi.org/10.1017/S1751731118000514>. PMID:29554994
- Killian G., Amman R. Reproductive capacity of dairy bulls IX. Changes in reproductive organ and semen characteristics of Holstein bulls during the first weeks after puberty. *J. Dairy Sci.* 1972. Vol. 55. № 11. P. 1631 – 1635.
- Knights S. A., Baker R. L., Gianola D. and Gibb J. B. Estimates of

heritabilities and of genetic and phenotypic correlation among growth and reproductive traits in yearling Angus bulls. *Journal of Animal Science*. 1984. № 58. P. 887.

Kualitas Semen Segar dan Produksi Semen Beku Sapi Pejantan Madura pada Musim yang Berbeda / Komariah et al. *Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan*. 2020. Vol. 8, № 1. P. 15 – 21. URL: <https://doi.org/10.29244/jipthp.8.1.15-21> (date of access: 23.02.2024).

Kumar A., Kroetsch T., Blondin P., Anzar M. Fertility-associated metabolites in bull seminal plasma and blood serum: ¹H nuclear magnetic resonance analysis. *Mol Reprod Dev*. 2015. № 82(2). P. 123 – 131. <http://dx.doi.org/10.1002/mrd.22450>. PMID:25640164.

Kumar S., Sushant Srivastava S. Testicular biometry and its correlation with body weight and semen output in murrah bull buffalo bulletin. 2017. Vol. 36, No.1. P 105 – 113.

Lasnitzki I., Mizumo T. Induction of the prostate gland by androgens in organ culture. *J. Endocrinol*. 1977. Vol. 74. P. 74–75.

Leal M. C., Becker-Silva S. C., Chiarini-Garcia H. and França L. R. Sertoli cell efficiency and daily sperm production in goats (*Capra hircus*). *Anim. Reprod*. 2004. № 1. P. 122 – 128.

Li Y., Kalo D., Zeron Y., Roth Z.. Progressive motility – a potential predictive parameter for semen fertilization capacity in bovines. *Zygote*, 2014. T. 24. Vol. 1. P. 70 - 82. <http://dx.doi.org/10.1017/s0967199414000720>.

Liebenberg O., Sichtig P. Die Auswirkung von Umwelt und Altersein, fiussen auf die sperma pualitat und Unterschungen uber Moglichkeiten zur Verbesserung der Spermacigenschafterbei Desamungsbullen. *Archiv fur Tierzucht*. 1971. Bd. 14. P. 339 – 348.

Long-day suppressed expression of type 2 deiodinase gene in the mediobasal hypothalamus of the Saanen goat, a short-day breeder: implication for seasonal window of thyroid hormone action on reproductive neuroendocrine axis / S Yasuo et al. *Endocrinology*. 2006. № 147. P 432 – 440. DOI: [10.1210/en.2005-0507](https://doi.org/10.1210/en.2005-0507)

Lustra D. D., Ford J. J., Echternkamp S. E. Puberty in beef buls: hormone concentration, growth, testicular development, sperm production and sexual aggressiveness in buls of different breeds. *J. Animal Sci*. 1978. № 4. P. 1054 – 1062.

Luteinizing hormone receptor-mediated effects on initiation of

spermatogenesis in gonadotropin-deficient (hpg) mice are replicated by testosterone / J. A. Spaliviero et al. *J.Biol Reprod.* 2004. № 70 (Vol. 1). P. 32 – 38.

Majić Balić I., Milinković-Tur S., Samardžija M., Vince S. Effect of age and environmental factors on semen quality, glutathione peroxidase activity and oxidative parameters in simmental bulls. *Theriogenology.* 2012. T. 78. Vol. 2. P. 423 — 431. <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2012.02.022>.

Male traits and herd reproductive capability in tropical beef cattle. 2. Genetic parameters of bull traits / N. J. Corbet et al. *Animal Production Science.* 2013. Vol. 53, № 2. P. 101 – 111. URL:<https://doi.org/10.1071/an12163> (date of access: 23.02.2024).

Males J. L., Turkington R. W. Hormonal regulation of hyaluronidase during spermatogenesis in the rat. *J. Biol. Chem.* 1970. Vol. 245. P. 6329 – 6334.

Malhi P. S., Roy K. S. and Pawar H. S. Histomorphological studies on the postnatal development of seminiferous tubules in testis of Indian Murrah buffalo (*Bubalus bubalis*). *Buffalo Journal.* 1999. № 15. P. 215 – 223.

Mancini R. E. Immunologic aspects of testicular function. Berlin; New York: Springer Verl., 1976. 114 p.

Mann T. Fructoza w wydzielinie pecherzykow nasiennych i jej rola w metabolizmie plembikow. *Acta biocyim.polon.* 1966. № 4 P. 459 – 473.

Mapping the major proteome of reproductive fluids and sperm membranes of rams: from the cauda epididymis to ejaculation / M. van Tilburg et al. *Theriogenology.* 2021. № 159. P. 98 – 107. <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.10.003>. PMID:33126182.

Mass spectrometry reveals distinct proteomic profiles in high- and low-quality stallion spermatozoa. R. A. Griffin et al. *Reproduction.* 2020. № 160. P. 695 – 707.

Mass sperm motility is associated with fertility in sheep / I. David. *Animal Reproduction Science.* 2015. № 161. P. 75 – 81. DOI: [10.1016/j.anireprosci.2015.08.006](https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2015.08.006).

Memili E., Moura A. A., Kaya A. Metabolomes of sperm and seminal plasma associated with bull fertility. *Anim Reprod Sci.* (2020) № 220. 1063. doi: [10.1016/j.anireprosci.2020.106355](https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2020.106355).

- Metabolomic fingerprinting of bull spermatozoa for identification of fertility signature metabolites. K. K. Saraf et al. *Mol Reprod Dev.* 2020. № 87. P 692 – 703.
- Metabolomic markers of fertility in bull seminal plasma. / A. L. C. Velho et al. *PLoS One.* 2018. № 13(4):e0195279. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0195279>. PMID:29634739.
- Meuwissen T. H., Hayes B. J., Goddard M. E. Prediction of total genetic value using genome-wide dense marker maps. *Genetics.* 2001. № 157. P. 1819 – 1829.
- Mikkola, M., Taponen, J. Quality and developmental rate of embryos produced with sex-sorted and conventional semen from superovulated dairy cattle. *Theriogenology.* 2017. № 87. P. 135 – 140. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.08.013>.
- Miller D., Ostermeier G. C., Krawetz S. A. The controversy, potential and roles of spermatozoal RNA. *Trends Mol Med.* 2005. № 11. P. 156 – 163.
- Mocé E., Graham J. K., Schenk J. L. Effect of sex-sorting on the ability of fresh and cryopreserved bull sperm to undergo an acrosome reaction. *Theriogenology.* 2006. № 4. P. 929 – 936.
- Modification of phallus development and sexual behavior in rats treated with gonadotropin antiserum neonatally / A. S. Goldman et al. *Endocrinology.* 1972. Vol. 90. P. 1025 – 1031.
- Mohteshamuddin K. Sexed semen technique: A revolution in Indian dairy industry. *Agrotechnology.* 2017. № 6(3). P. 117. DOI:[10.4172/2168-9881.1000e117](https://doi.org/10.4172/2168-9881.1000e117)
- Moore S. G., Hasler J. F. A 100-year review: Reproductive technologies in dairy science. *Journal of Dairy Science,* 2017. № 100, P. 10314 – 10331. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13138>.
- Morrell J. M. Heat stress and bull fertility. *Theriogenology.* 2020. № 153. P. 62 – 67.
- Morphological response of seminal vesicular gland to dietary zinc supplementation in Assam goat (*Capra hircus*) / J. Devi et al. *Animal Science Reporter.* 2013. № 7(2). P. 49 – 55.
- Morphometric analysis of vesicular glands of indigenous bull / M. S. Rahman et al. *Int J Sustain Crop Prod.* 2010. № 5. P 11 – 14.
- Mostek A., Janta A., Ciereszko A. Proteomic comparison of non-sexed and sexed (X-bearing) cryopreserved bull semen. *Anim Reprod Sci.* 2020. № 221:106552.

- <http://dx.doi.org/10.1016/j.anireprosci.2020.106552>. PMid:32861114.
- Moura A. A. Identification of proteins in the accessory sex gland fluid associated with fertility indexes of dairy bulls: a proteomic approach. *J Androl* 2006. № 27. P. 201 – 211. <http://dx.doi.org/10.2164/jandrol.05089>.
- Moura A. A., Erickson B H. Age-related changes in peripheral hormone concentrations and their relationships with testis size and number of Sertoli and germ cells in yearling beef bulls. *J. Reprod Fertil*. 1997. № 111 (V. 2). P. 183 – 190.
- Moura A. A., Erickson B. H. Testicular development, histology, and hormone profiles in three yearling angus bulls with spermatogenic arrest. *Theriogenology*. 2001. № 55 (V 7). P. 1469 – 1488.
- Nauc V., Manjunath P. Radioimmunoassays for bull seminal plasma proteins (BSP-A1/–A2, BSP-A3, and BSP-30-Kilodaltons), and their quantification in seminal plasma and sperm. *Biol Reprod*. 2000. № 63. P. 1058–1066.
- O'Brien J., Hayder H., Zayed Y., Peng C.. Overview of microRNA biogenesis, mechanisms of actions, and circulation. *Front Endocrinol*. 2018. № 9. P. 402. <http://dx.doi.org/10.3389/fendo.2018.00402>. PMid:30123182.
- Oberoi S. L. B., Kumar S. V., Talwar C. P. Study of human sperm motility post cryopreservation. *Medical journal, Armed Forces India*. 2014. № 70. P. 349 – 353. doi: [10.1016/j.mjafi.2014.09.006](https://doi.org/10.1016/j.mjafi.2014.09.006)
- Objective sperm motion analysis to assess dairy bull fertility using computer-aided system - a review / P. Kathiravan et al. *Reproduction in Domestic Animals*, 2011. № 46. P. 165 – 172. DOI: [10.1111/j.1439-0531.2010.01603.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2010.01603.x)
- Obsteter J., Jenko J., Gorjanc, G. Genomic selection for any dairy breeding program via optimized investment in phenotyping and genotyping. *Front. Genet*. 2021. № 12. P. 1 – 13. <https://doi.org/10.3389/fgene.2021.637017>.
- Occurrence and functional significance of the transcriptome in bovine (*Bos taurus*) spermatozoa / S. Selvaraju et al. *Sci Rep*. 2017. № 7. P. 423 – 492.
- Olsen H. B., Heringstad B., Klemetsdal G. Genetic analysis of semen characteristics in young Norwegian Red bulls. *J. Dairy Sci*. 2020 № 103 P. 545 – 55. DOI: [10.3168/jds.2019-17291](https://doi.org/10.3168/jds.2019-17291).
- Optimized combination of multiple biomarkers to improve diagnostic

- accuracy in male fertility / Y-J. Park et al. *Theriogenology*. 2019. № 139. P.106 – 112.
- Palasz A. T., Cates W. F., Barth A. D., Mapletoft R. J. The relationship between scrotal circumference and quantitative testicular traits in yearling beef bulls. *Theriogenology*. 1994. №42. P. 715 – 726.
- Pattern of gonadotropin secretion and ultrasonographic evaluation of developmental changes in the testis of early and late maturing bull calves / J. P. Aravindakshan et al. *Theriogenology*. 2000. Vol. 54, № 3. P. 339 – 354. URL: [https://doi.org/10.1016/s0093-691x\(00\)00353-8](https://doi.org/10.1016/s0093-691x(00)00353-8)(date of access: 23.02.2024).
- Paula T. A. R., Navarro R. D. Testicular componentes of peccaries (*Tayassu pecari*) and collared peccary (*Tayassu tajacu*). *Rev Bras Reprod Anim*. 2001. № 25. P. 206–207.
- Pavlyuk M. V., Vovk S. O. Age changes of fructose and citric acid levels as well as hyaluronidase activity in the epididymal sekretion and vesicular glands of the Podolsky plant type buls of the Ukrainian black-dappled dairy breed. *Acta scientiarum polonorum zootechnica*. 2013. V. 12(3). P. 61 – 68.
- Peitz B. Effects of seminal vesicle fluid components on sperm motility in the house mouse. *J Reprod Fertil*. 1988. № 83. P. 169 – 176.
- Peitz B., Olds-Clarke P. Effects of seminal vesicle removal on fertility and uterine sperm motility in the house mouse. *Biol Reprod*. 1986. № 35. P. 608 – 617.
- Peri-conception and first trimester diet modifies reproductive development in bulls / K. J. Copping et al. *Reprod Fert Develop*. 2018. № 30. P. 703 – 720. DOI:[10.1071/RD17102](https://doi.org/10.1071/RD17102)
- Perry V. E., Munro R. K., Chenoveth P. J. Realationships among bovine male and female reproductivе tracts. *Austral. Voter. J*. 1990. Vol. 67. P. 1 – 45.
- Picon R. Modifications, chez le rat, au cours de development du testicule, de son action inhibetrice sur le cannaux de Muller in vitro. *Compt. rend. Acad. sci. (Paris)*. 1970. Vol. 271. P. 2370 – 2372.
- Plasma luteinizing hormone (LH) and testosterone levels during sexual maturation in beef bull calves / N. Rawlings et al. *Biol Reprod*. 1978. №19. P. 1108–1112.
- Post-thaw semen quality in young bull ejaculates before being accepted for commercial semen doses / E. Hurri et al. *Vet Rec*. 2022; e1386 <https://doi.org/10.1002/ vetr.1386>.

- Powers R., Riekeberg E. New frontiers in metabolomics: from measurement to insight. *F1000 Res.* 2017. № 6. P. 11 – 48. <http://dx.doi.org/10.12688/f1000research.11495.1>. PMID:28781759.
- Prepubertal changes in the hypothalamic-pituitary axis of Holstein bulls / R. Amann et al. *Biol Reprod.* 1986. №34. P. 71 – 80.
- Prihatin K. W., Hakim L., Maylinda S. Repeatability estimation of semen production and quality of locals Madura cattle breed (*Bos indicus*). *Jurnal Kedokteran Hewan* 2017. № 11(2). P. 70 – 72. DOI: <https://doi.org/10.21157/j.ked.hewan.v11i2.5942>
- Production of monoclonal antibody against recombinant bovine sex-determining region Y (SRY) and their preferential binding to Y chromosomebearing sperm / B. Soleymani et al. *Reproduction in Domestic Animals*, 2020. № 56(2), P. 270–277. <https://doi.org/10.1111/rda.13821>.
- Proteomic analysis of seminal plasma and sperm cells and their associations with semen freezability in Guzerat bulls / J. P. A. Rego et al. *J Anim Sci.* 2016. № 94(12). P. 5308 – 5320. <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2016-0811>. PMID:28046165.
- Proteomic comparison of detergent-extracted sperm proteins from bulls with different fertility indexes / O. D'Amours et al. *Reproduction.* 2010. № 139. P.545.
- Proteomic profile of sex-sorted bull sperm evaluated by SWATH-MS analysis / C. Scott et al. *Animal Reproduction Science*, (2018). № 198, P. 121 – 128. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2018.09.010>.
- Proteomic landscape of seminal plasma associated with dairy bull fertility / A. G. A. Viana et al. *Sci Rep.* 2018. № 8. P. 316 – 323.
- Proteomic profile of sperm in infertile males reveals changes in metabolic pathways / J. Liang et al. *Protein J.* 2021 № 1(6). P. 1 – 11. <http://dx.doi.org/10.1007/s10930-021-10013-w>. PMID:34213690.
- Quantitative histological analysis and ultrastructure of the aging human testis / H. Jiang et al. *International Urology and Nephrology.* 2014 № 46(5). P. 879 – 885. Doi.[10.1007/s11255-013-0610-0](https://doi.org/10.1007/s11255-013-0610-0).
- Quantitative proteomic analysis of seminal plasma, sperm membrane proteins, and seminal extracellular vesicles suggests vesicular mechanisms aid in the removal and addition of proteins to the ram sperm membrane / T. Leahy et al. *Proteomics.* 2020. № 20.

<http://dx.doi.org/10.1002/pmic.201900289>.

- Rawlings, N. C. and Evans A. C. Androgen negative feedback during the early rise in LH-secretion in bull calves. *Journal of Endocrinology*. 1995. № 145. P. 243 – 249.
- Recommended minimum scrotal circumference for tropically-adapted beef bulls in northern Australia / M. McGowan et al. *Reprod Domest Anim*. 2012. № 47. P. 519. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1439-0531.2012.02119.x>
- Regulation of Sertoli Cell Number and Activity by Follicle-Stimulating Hormone and Androgen during Postnatal Development in the Mouse / H. Johnston et al. *Endocrinology*. 2004. Vol. 145, № 1. P. 318 – 329. URL: <https://doi.org/10.1210/en.2003-1055>(date of access: 23.02.2024).
- Relationship between androgen action in the ‘male programming window’, fetal Sertoli cell number and adult testis size in the rat / H. M. Scott et al. *Endocrinology*. 2008. № 149. P. 5280 – 5287. DOI: [10.1210/en.2008-0413](https://doi.org/10.1210/en.2008-0413).
- Relationships among age, body weight, scrotal circumference, semen quality and peripheral testosterone and estradiol concentrations in pubertal and postpubertal Holstein bulls / B. Devkota et al. *J Vet Med Sci*. 2008. 70 (1). P. 119 – 121. DOI:[10.1292/jvms.70.119](https://doi.org/10.1292/jvms.70.119).
- Relationships of nutritional plane and feed efficiency with sexual development and fertility related measures in young beef bulls / S. L. Bourgon et al. *Anim Reprod Sci* 2018 № 198. P. 99 – 111. DOI: [10.1016/j.anireprosci.2018.09.007](https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2018.09.007).
- Ren X., Chen X., Wang Z., Wang D. Is transcription in sperm stationary or dynamic? *J Reprod Dev*. 2017. №63(5). P. 439 – 443. <http://dx.doi.org/10.1262/jrd.2016-093>. PMID:28845020.
- Resko J. A. Androgen secretion by the fetal and neonatal Rhesus monkey. *Endocrinology*. 1970. Vol. 87. P. 680 – 687.
- Review on sperm sorting technologies and sperm properties toward new separation methods via the interface of biochemistry and material science / D. Katigbak et al., *Advanced Biosystems*, 2019. № 3, P. 1–16. <https://doi.org/10.1002/adbi.201900079>.
- Rodriguez R. E. and Wise M. E. Ontogeny of pulsatile secretion of gonadotropin-releasing hormone in the bull calf during infantile and pubertal development. *Endocrinology*. 1989. № 124. P 248 – 256.
- Rottensten K. Alderens infkydales pa turenens frughtbarhed Arsbereth. Inst.

- Sterilitetsforsk. *Kgl.vet. – og. – landohhjsk.* 1972. Vol. 15. P. 219 – 222.
- Russel L., Clermont V. Degeneration of germ cells in normal hypophysectomized and hormone treated hypophysectomized rats. *Anat. Rec.* 1977. № 18. P. 347–366.
- Russell L. D., Peterson R. N. Determination of the elongate spermatid-Sertoli cell ratio in various mammals. *J. Reprod. Fertil.* 1984. № 70. P. 635 – 641;
- Saeed A., Chaudhry R.A., Khan I.H., Khan N.U. Studies on morphology of buffalo bull semen of different age groups. *Buffalo Journal.* 1989. № 1. P. 99 – 102.
- Salimiyekta Y., Jensen J., Su G., Gebreyesus G. Age-dependent genetic and environmental variance of semen quality in Nordic Holstein bulls. *Journal of Dairy Science.* 2023. Vol. 106 № 4. P 2598 – 2612. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22442>.
- Schanbacher B. D. Hormonal interrelationships between hypothalamus, pituitary and testis of rams and bulls. *J. Anim Sci.* 1982. № 55 (V 2). P. 56 – 67.
- Schefers J. M. and Weige K. A. “Genomic selection in dairy cattle: Integration of DNA testing into breeding programs”. *Animal Frontiers.* 2012. № 2.1. P. 4 – 9.
- Schenk JL. 2018. Review: Principles of maximizing bull semen production at genetic centers. *Animal.* 2018. № 12. P. 142 – 147. [doi:10.1017/S1751731118000472](https://doi.org/10.1017/S1751731118000472).
- Schultz F. M., Wilson J. D. Virilization of the Worffian duct in the rat fetus by various androgens. *Endocrinology.* 1974. Vol. 94. P. 979 – 986.
- Seasonal timing of sperm production in roe deer: interrelationship among changes in ejaculate parameters, morphology and function of testis and accessory glands / F. Goeritz et al. *Theriogenology.* 2003. Vol. 59, № 7. P. 1487 – 1502. URL: [https://doi.org/10.1016/s0093-691x\(02\)01201-3](https://doi.org/10.1016/s0093-691x(02)01201-3).(date of access: 23.02.2024).
- Seidel, G. E. Update on sexed semen technology in cattle. *Animal.* 2014. № 8, P. 160 – 164. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000202>.
- Semen evaluation: methodological advancements in sperm quality-specific fertility assessment – A review / B. M. Tanga et al. *Anim Biosci.* 2021. Vol. 34 (8). P. 1253 – 1270. DOI: <https://doi.org/10.5713/ab.21.0072>.

- Seminal plasma and serum fertility biomarkers in Ossimi rams and their relationship with functional membrane integrity and morphology of spermatozoa / E. A. Almadaly et al. *Small Rumin Res.* 2021. № 196. P. 106 – 118. DOI: [10.1016/j.smallrumres.2021.106318](https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2021.106318).
- Seminiferous cycles in yak bulls / L. J. Xia et al. *China Yak.* 1990. №3. P. 8 – 11.
- Serum gonadotropin and testosterone levels during loss and recovery of spermatogenesis / W. R. Gomes et al. *Endocrinology.* 1973. Vol. 93. P. 800 – 809.
- Serum inhibin, FSH, LH and testosterone levels and testicular inhibin content in beef bulls from birth to puberty / A. Miyamoto et al. *Animal Reproduction Science.* 1989. № 20. P. 165 – 178.
- Sex-sorted boar sperm – an update on related production methods / D. Rath et al. *Reproduction in Domestic Animals*, 2015. № 50, P. 56 – 60. <https://doi.org/10.1111/rda.12572>.
- Sexual development in early and late maturing Bos indicus and Bos indicus x Bos taurus crossbred bulls in Brazil / L. F. Brito et al. *Theriogenology.* 2004. V 62. P. 1198.– 1217.
- Sexual maturation in the bull / N. Rawlings et al. *Reprod Domest Anim.* 2008. № 43 (suppl. 2). P. 295 – 301. DOI:[10.1111/j.1439-0531.2008.01177.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01177.x)
- Sharpe R. M. Regulation of spermatogenesis. In: The Physiology of Reproduction Editors. Raven Press: New York. 1994. P. 363 – 434.
- Sharpe R. M., Environmental lifestyle effects on spermatogenesis. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 2010. № 365. P. 1697 – 1712. doi: [10.1098/rstb.2009.0206](https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0206)
- Shimon I., Lubina A., Gorfine M., Ilany J. Feedback inhibition of gonadotropins by testosterone in men with hypogonadotropic hypogonadism: comparison to the intact pituitary-testicular axis in primary hypogonadism. *J Androl.* 2006. № 27. P. 358 – 364. doi: [10.2164/jandrol.05140](https://doi.org/10.2164/jandrol.05140).
- Shotgun proteome analysis of seminal plasma differentiate boars by reproductive performance / K. M. Mills et al. *Theriogenology.* 2020. № 157. P. 130 – 139.
- Simon L., Castillo J., Oliva R., Lewis S. E. M. Relationships between human sperm protamines, DNA damage and assisted reproduction outcomes. *Reprod Biomed Online.* 2011. № 23(6). P. 724 – 734. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rbmo.2011.08.010>. PMID:22036908.

- Single-cell RNA sequencing analysis reveals sequential cell fate transition during human spermatogenesis / M. Wang et al. *Cell Stem Cell*. 2018. № 23(4). P. 599 – 614.e4.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.stem.2018.08.007>. PMID:30174296.
- Sinowatz F., Amselgruber W. Postnatal development of bovine Sertoli cells. *Anatomy and Embryology*. 1986. № 174. P. 413 – 423.
- Skerget S., Rosenow M. A., Petritis K., Karr T. L. Sperm proteome maturation in the mouse epididymis. *PLOS ONE*. 2015 № 10:e0140650.
- Skinner J. Nutrition and fertility in pedigree bulls. In: Gilmore D, Cook B, editors. Environmental factors in mammals reproduction. *MacMillan Publishers*, 1981, P. 160 – 168.
- Small RNAs gained during epididymal transit of sperm are essential for embryonic development in mice / C. Conine et al. *C. Dev Cell* 2018. № 46. P. 470–480.
- Small RNA sequencing of cryopreserved semen from single bull revealed altered miRNAs and piRNAs expression between high- and low-motile sperm populations / E. Capra et al. *BMC Genom*. 2017. № 18. P. 14 – 12. <http://dx.doi.org/10.1186/s12864-016-3394-7>.
- Soderquist L., Janson L., Larson K., Einarsson S. Sperm morphology and fertility in A. I. Bulls. *J. Vet. Med. A*. 1991. Vol. 38. № 7. P. 534 – 543.
- Söderquist L., Janson L., Larsson K., Einarsson S. Sperm morphology and fertility in AI bulls. *Zentralblad Veterinarmed A*. 1991. № 38. P. 534–543.
- Soleymani B., Parvaneh S., Mostafaie A. Goat polyclonal antibody against the sex determining region Y to separate X- and Y-chromosome bearing spermatozoa. *Reports of Biochemistry and Molecular Biology*. 2019. № 8. P. 326 – 334.
- Sperm-borne miR-216b modulates cell proliferation during early embryo development via K-RAS / M. B. R. Alves et al. *Sci Rep*. 2019. №9(1). P. 1-14. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-019-46775-8>. PMID:31316130.
- Sperm-borne miRNAs and endosiRNAs are important for fertilization and preimplantation embryonic development / S. Yuan et al. *Development*. 2016. № 143(4). P. 635 – 647.
<http://dx.doi.org/10.1242/DEV.131755>. PMID:26718009.
- Sperm chromatin structure and sperm morphology: their association with

- fertility in AI-dairy Ayrshire sires / S. Nagy et al. *Theriogenology*. 2013. Vol.79. P. 1153 – 1161.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.02.011>.
- Sperm-carried RNAs play critical roles in mouse embryonic development / L. Guo et al. *Oncotarget*. 2017. № 8. P. 67394 – 67405.
- Sperm motility is lost in vitro as a consequence of mitochondrial free radical production and the generation of electrophilic aldehydes but can be significantly rescued by the presence of nucleophilic thiols. R. J. Aitken et al. *Biol Reprod* 2012. № 87. P.110.
<http://dx.doi.org/10.1095/biolreprod.112.102020>.
- Sperm Quality in Young Bull Semen Can Be Improved by Single Layer / I. Lima-Verde et al. *Centrifugation Animals*. 2022, № 12, P. 243 – 245. <https://doi.org/10.3390/ani12182435>.
- Sperm protamine-status correlates to the fertility of breeding bulls / S. Dogan et al. *Biol Reprod*. 2015. № 92(4) P. 92.
<http://dx.doi.org/10.1095/biolreprod.114.124255>. PMID:25673563.
- Sperm proteins ODF2 and PAWP as markers of fertility in breeding bulls / A. Kaya et al. *Cell Tissue Res*. 2022. № 387(1). P. 159 – 171.
<http://dx.doi.org/10.1007/s00441-021-03529-1>. PMID:34762184.
- Sperm sexing and its utility in commercial cattle production: A review / A. Manzoor et al., *Adv. Anim. Vet. Sci.*, 2017. №5(7). P. 293 – 298.
DOI:[10.17582/journal.aavs/2017/5.7.293.298](https://doi.org/10.17582/journal.aavs/2017/5.7.293.298)
- Spermatogenesis and testicular tumours in ageing dogs / M. A. J. Peters. *Journal of Reproduction and Fertility*. 2000. № 120. P. 443 – 452.
- Stable bull fertility protein markers in seminal plasma / J. J. Willforss et al. *Proteomics*. 2021. № 236. P. 104 – 135.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jprot.2021.104135>.
- Standardization of computer-assisted semen analysis using an e-learning application / J. Ehlers et al. *Theriogenology*. 2011. Vol. 76, №. 3. P. 448 – 454.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2011.02.021> (date of access: 23.02.2024).
- Storey B. T. Mammalian sperm metabolism: oxygen and sugar, friend and foe. *Int J Dev Biol* 2008; 52:427–437.
- Success in Artificial Insemination Quality of Semen and Diagnostics Employed / G. Guerino et al. Intechopen, London. 2013. № 87. P. 120-123.
- Switonski M. Gustavsson I., Ploen L. The nature of the 1;29 translocation

in cattle as revealed by synaptonemal complex analysis using electron microscopy. *Cytogenet. Cell Genet.* 1987. Vol. 44. P. 103 – 111.

Tekam D., Sonawane N., Bhanotra A., Sawant, M. Doubling of farmers income through animal husbandry by. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.* 2022. № 8(2). P. 3246 – 3255.

DOI:[10.20546/ijcmas.2019.802.379](https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.802.379)

Testicular Cell Indices and Peripheral Blood Testosterone Concentrations in Relation to Age and Semen Quality in Crossbred (Holstein Friesian×Tharparkar) Bulls / S. K. Rajak et al. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences.* 2014. Vol. 27, № 11. P. 1554 – 1561. URL: <https://doi.org/10.5713/ajas.2014.14139> (date of access: 23.02.2024).

Testicular development, body weight changes, puberty and semen traits of growing Guzerat and Nellore bulls / J. F Trocóniz et al. *Theriogenology.* 1991. Volume 35, Issue 4. P. 815 – 826. DOI: [10.1016/0093-691x\(91\)90422-a](https://doi.org/10.1016/0093-691x(91)90422-a)

The Correlation between Age, Body Weight and Testicular Parameters in Murrah Buffalo Bulls Raised in Brazil / P. A., Cardoso da LUZ et al. *Journal of Reproduction and Development.* 2013. Vol. 59, No 1. P. 14 – 17. DOI: [10.1262/jrd.2012-021](https://doi.org/10.1262/jrd.2012-021)

The impact of genomic selection on genetic diversity and genetic gain in three French dairy cattle breeds / A. C. Doublet et al. *Genet. Sel. Evol.* 2019. V 51. P 52 – 64. DOI: [10.1186/s12711-019-0495-1](https://doi.org/10.1186/s12711-019-0495-1).

The microRNA signature of mouse spermatozoa is substantially modified during epididymal maturation / B. Nixon et al. *Biol Reprod.* 2015. № 93. P.91.

The production of Mullerian inhibiting substance by the fetal neonatal and adult rat / P. K. Donahoe et al. *Biol. and Reprod.* 1976. Vol. 15. P. 329–334.

The use of sex-sorted sperm for reproductive programs in cattle. In: Success in artificial insemination-quality of semen and diagnostics employed / G. G. Macedo et al. *Intechopen.* 2013. P. 39-61. DOI: [10.5772/52180](https://doi.org/10.5772/52180).

Thompson J. A. Ratios of serum concentrations of testosterone and progesterone from yearling bulls with small testes. *Theriogenology.* 1994. № 5. P. 1045–1052.

Time trends, environmental factors and genetic basis of semen traits

- collected in Holstein bulls under commercial conditions / S. Karoui et al. *Anim Reprod Sci.* 2011. № 124. P. 28 – 38. DOI: [10.1016/j.anireprosci.2011.02.008](https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2011.02.008).
- Toby T. K., Fornelli L., Kelleher N. L. Progress in top-down proteomics and the analysis of proteoforms. *Annu Rev Anal Chem.* 2016. № 9(1). P. 499 – 519. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-anchem-071015-041550>. PMID:27306313.
- Top-down analysis of novel synthetic branched proteins / F. J. Gomes et al. *Mass Spectrom.* 2019. № 54(1). P. 19 – 25. <http://dx.doi.org/10.1002/jms.4303>. PMID:30347468.
- Tourmente M., Villar-Moya P., Rial E., Roldan E. R. S. Differences in ATP generation via glycolysis and oxidative phosphorylation and relationships with sperm motility in mouse species. *Journal of Biological Chemistry.* 2015. № 290(33) P. 20613 – 20626. DOI: [10.1074/jbc.M115.664813](https://doi.org/10.1074/jbc.M115.664813).
- Transcriptome analysis of bull semen with extreme nonreturn rate: use of suppression-subtractive hybridization to identify functional markers for fertility / C. Lalancette et al. *Biol Reprod.* 2008. № 78. P. 618 – 635. <http://dx.doi.org/10.1095/biolreprod.106.059030>.
- Transcriptome analysis of bull spermatozoa: implications for male fertility / J. M. Feugang et al. *Reprod Biomed Online.* 2010. № 21. P. 312 – 324. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rbmo.2010.06.022>.
- Tsujita N., Zhu Z., Ikedo, M., & Shimada, M. A simple sperm-sexing method that activates TLR7/8 on X sperm for the efficient production of sexed mouse or cattle embryos / T. Umehara et al. *Nature Protocols* 2020. № 15, P. 2645 – 2667. <https://doi.org/10.1038/s41596-020-0348-y>.
- Umehara T., Tsujita N., Shimada M. Activation of Toll-like receptor 7/8 encoded by the X chromosome alters sperm motility and provides a novel simple technology for sexing sperm. *PLoS Biology*, 2019. № 17, P. 1 – 24. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3000398>.
- Uncovering sperm metabolome to discover biomarkers for bull fertility / E. B. Menezes et al. *BMC Genomics.* 2019. №20(1). P. 714. <http://dx.doi.org/10.1186/s12864-019-6074-6>. PMID:31533629.
- Unravelling the bull fertility proteome / A. Soggiu et al. *Mol Biosyst.* 2013. № 9. P. 1188–1195. doi: [10.1039/c3mb25494a](https://doi.org/10.1039/c3mb25494a).
- Validation of sperm sexing in the cattle (*Bos taurus*) by dual colour fluorescence in situ hybridization / F. A. Habermann et al. *Anim.*

- Breed. Genet.* 2005. Apr; № 122. Suppl 1. P. 22 – 27.
DOI: [10.1111/j.1439-0388.2005.00488.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.2005.00488.x)
- Vandenbergh J. G. The influence of the social environment on sexual maturation in male mice. *J. Reprod. and Fertil.* 1971. Vol. 24. P. 383 – 389.
- Variations in quality of frozen-thawed semen from swedish red and white AI sires at 1 and 4 years of age / T. Hallap et al. *International Journal of Andrology.* 2004. № 27 P. 166 – 171.
DOI: [10.1111/j.1365-2605.2004.00470.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2605.2004.00470.x)
- Vilakazi D. M., Webb E. C. Effect of age and season on sperm morphology of Friesland bulls at an artificial insemination centre in South Africa. *J Anim Sci.* 2004. № 34 P. 62–69.
- Vishwanath R., Moreno J. F. Review: Semen sexing – current state of the art with emphasis on bovine species. *Animal.* 2018. № 12(1). P. 85 – 96. <https://doi.org/10.1017/S1751731118000496>.
- Wahyudi I., Qalfin M., Susanti R., Widiatningrum T. Relationship between Scrotal Circumference and Quality of Semen Production in Bulls: A Meta-Analysis Review. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia.* 2022. Vol. 17 Issue 3. P 159 – 169.
DOI: <https://doi.org/10.31186/jspi.id.17.3.159-169>.
- Watson C. N., Belli A., Di Pietro V. Small non-coding RNAs: new class of biomarkers and potential therapeutic targets in neurodegenerative disease. *Front Genet.* 2019. № 10. P. 364.
<http://dx.doi.org/10.3389/fgene.2019.00364>. PMID:31080456.
- Wright M. W., Bruford E. A. Naming “junk”: human non-protein coding RNA (ncRNA) gene nomenclature. *Hum Genomics.* 2011. № 5(2). P. 90 – 98. DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/1479-7364-5-2-90>. PMID:21296742.
- Wrobel K. The postnatal development of the bovine Leydig cell population. *Reproduction Domestic Animals.* 1990. № 25. P 51 – 60.
- Wrobel K. The postnatal development of the bovine Leydig cell population. *Reprod Domest Anim.* 1990. №25. P.51 – 60.
- Wrobel K: Prespermatogenesis and spermatogoniogenesis in the bovine testis. *Anat Embryol.* 2000. № 202. P. 209 – 222.
- Yi Y-J., Sutovsky M., Kennedy C., Sutovsky P. Identification of the inorganic pyrophosphate metabolizing, ATP substituting pathway in mammalian spermatozoa. *PLoS ONE.* 2012. № 7. e34524.
DOI: [10.1371/journal.pone.0034524](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0034524).

- Yiloms A., Davis M. E., Simmer R. C. M. Effects of season and selection for high and low blood serum insuln-like growth factor 1 concentration on reproductive performance of bulls. *Ohio State Univ.Ohio Agric.Res. and Dev.Cent.* 1999. № 162. P. 51 – 61.
- Zaneveld L. J., De Jonge C. J. Mammalian sperm acrosomal enzymes and the acrosome reaction. *Comparative Overview of Fertilization.* New York: Plenum Press, 1991. P.63 – 79.

Наукове видання

Монографія
Микола Павлюк,
Стах Вовк

**ВІКОВІ ЗАКОНОМІРНОСТІ СТАНОВЛЕННЯ
СТАТЕВИХ ФУНКЦІЙ ТА РЕПРОДУКТИВНА
БІОТЕХНОЛОГІЯ У БУГАЇВ**

ISBN 978-617-95314-3-9



Формат 30х42/4. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.
Друк офсетний. Умовн. друк. арк. 13,65. Тираж 100 прим.

Друкарня Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН,
вул. Грушевського, 5, с. Оброшине Львівського р-ну
Львівської обл., 81115



<https://isgkr.com.ua/>