



Стан і перспективи застосування репродуктивної біотехнології для підвищення продуктивності у скотарстві

М. М. Шаран, Ю. Т. Салига

m_sharan@ukr.net

Інститут біології тварин НААН,
вул. В. Стуса, 38, м. Львів, Україна

Метою роботи було проаналізувати ситуацію щодо рівня стану та перспектив застосування репродуктивної біотехнології для підвищення продуктивності у скотарстві. В умовах динамічного зростання населення планети, глобальних змін клімату та російсько-української війни ключовим питанням стала продовольча безпека в цілому світі і зокрема в Україні. Для збільшення запасів продовольства тваринного походження потрібно перш за все інтенсифікувати молочне та м'ясне скотарство із залученням кращої світової генетики. Це стає можливим завдяки застосуванню сучасних біотехнологічних методів відтворення, частина яких (штучне осіменіння, трансплантація ембріонів) успішно використовується у світі та Україні, інша частина (запліднення *in vitro*, клонування, створення трансгенних тварин) постійно розвивається і вдосконалюється у країнах з розвиненим скотарством. В Україні удосконалено технології штучного осіменіння та трансплантації ембріонів великої рогатої худоби. Впроваджено у практику скотарства штучне осіменіння, відновлюються роботи з трансплантації ембріонів, в останні роки на молочних фермах використовують сперму бугаїв, розділену за статтю. Науковці установ Національної академії аграрних наук України проводять спорадичні експерименти із запліднення *in vitro* та створення трансгенних тварин, що вимагає розширення і поглиблення цих напрямів досліджень. Для подолання сучасних викликів, пов'язаних зі змінами клімату та війною, доцільно використовувати у скотарстві біотехнологічні методи відтворення. Для цього потрібно активізувати дослідження з розроблення і впровадження новітніх репродуктивних біотехнологій: трансплантація ембріонів, запліднення *in vitro*, створення трансгенних тварин.

Ключові слова: велика рогата худоба, відтворення, біотехнологія, трансплантація, ембріон, клонування, трансгенез, запліднення *in vitro*

Споживання тваринних продуктів постійно збільшується, що зумовлене насамперед зростанням чисельності населення, рівня доходів і урбанізацією [18]. За прогнозами FAO, населення планети до 2050 р. перевищить 9 млрд, що вимагає збільшення виробництва продуктів харчування на 50% [16]. Водночас в Україні після завершення російсько-української війни постане питання відродження скотарства для збільшення виробництва молока та яловичини. Для створення продовольчих запасів, достатніх для задоволення потреб населення, тваринницькій галузі потрібно буде використовувати переваги сучасних технологій для створення ефективної та продуктивної худоби. Щоб задовольнити вимоги щодо зменшення впливу на навколишнє середовище, у виробництві

високоякісних харчових продуктів важливими для формування стійких систем тваринництва будуть біотехнологічні інструменти.

Для прискореного розмноження тварин з високими генетичними властивостями та підвищення якості стада за короткий час ефективним може стати 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, поділ сперми за статтю [33, 19].

Останнім часом у зв'язку зі зміною клімату виникли проблеми з підвищенням продуктивності та появою

нових хвороб. Розроблення та використання сучасних репродуктивних біотехнологій відкриває нові можливості для покращення репродуктивних показників у корів та телиць [32, 13].

В Україні після різкого підйому у 80-х рр. минулого століття застосування методів репродуктивної біотехнології у скотарстві поступово знизилась як розроблення, так і провадження цих методів [8, 6]. Сьогодні потрібно здійснити ґрунтовний аналіз біотехнологічних методів відтворення для узагальнення, доопрацювання та подальшої комерціалізації їх у скотарстві.

Мета досліджень — на основі літературних джерел провести аналіз стану і перспектив застосування репродуктивної біотехнології для підвищення продуктивності у скотарстві в умовах післявоєнного періоду та змін клімату.

Матеріали і методи

Матеріалом для досліджень є оцінка розвитку репродуктивної біотехнології у скотарстві за кордоном та в Україні за даними літературних джерел.

Для досліджень використали такі методи: монографічний — для узагальнення літературних даних зарубіжних і вітчизняних авторів щодо стану і розвитку репродуктивної біотехнології у скотарстві; порівняльні — для проведення порівняльної оцінки ефективності біотехнологічних методів відтворення у скотарстві; ретроспективний аналіз — для вивчення періодів розвитку біотехнологічних методів у світі та в Україні; абстрактно-логічний — для формування висновків і пропозицій щодо покращення стану галузі науки.

Результати й обговорення

Програми розведення на основі селекції застосовувалися для покращення генетичних переваг худоби протягом багатьох поколінь. Проте швидкість зміни окремих ознак у результаті селекції відносно низька — 0,5–3,0% на рік. Застосування репродуктивних біотехнологій для підвищення ефективності виробництва може відбуватися прискореними темпами за рахунок збільшення інтенсивності відбору тварин без обмеження швидкості відтворення. Виникнення та розвиток репродуктивних біотехнологій були зумовлені економічною вигодою за рахунок потенційного збільшення кількості потомства від генетично цінних тварин, тобто біотехнологічні методи забезпечують широке використання високоцінного генетичного матеріалу [32]. Одними з перших розроблених і впроваджених у практику скотарства біотехнологічних методів розмноження були синхронізація статеві охоти, штучне осіменіння і трансплантація ембріонів, які стали інструментами управління відтворенням і доступні виробникам молока та яловичини понад 50 років [27, 49].

Штучне осіменіння використовується як засіб розведення тварин та інструмент підвищення ефективності господарських параметрів великої рогатої худоби. Успіх застосування штучного осіменіння залежить від трьох основних передумов: по-перше, спермії можуть виживати поза організмом; по-друге, їх можна повторно вводити в жіночі статеві шляхи таким чином, щоб досягти прийнятного рівня запліднення; і по-третє, можна визначити фертильний період самки [23, 30].

У великій рогатої худоби синхронізацію статевої охоти та штучне осіменіння можна використовувати для отримання максимального репродуктивного потенціалу корів із залученням найкращої генетики. Використання протоколів штучного осіменіння з синхронізацією статевої охоти є корисним для фермерів, оскільки скорочує час і працю, необхідні для виявлення охоти та маніпуляцій з тваринами [29].

На сьогодні штучне осіменіння залишається найпоширенішим інструментом біотехнології, що застосовується для покращення відтворення та генетики у скотарстві [17]. У молочному скотарстві отримано найбільший ефект від цієї технології, переважно завдяки інтенсивним системам управління, які роблять використання штучного осіменіння практичним. Генетичний прогрес у молочному скотарстві призводить до підвищення обсягів та зниження собівартості виробництва молока, що дає змогу забезпечити поживними речовинами зростаючу популяцію населення, не потребуючи збільшення загальної кількості корів.

Час штучного осіменіння важливий, оскільки корелює з тічкою, овуляцією та тільністю, його потрібно проводити якомога ближче до овуляції, бажано за 12–24 год. до овуляції [3, 15].

Висока ефективність штучного осіменіння визнається можливістю передачі високих генетичних якостей відібраного самця тисячам самок [24, 31].

Основними перевагами штучного осіменіння над природним паруванням є економічна ефективність, контроль захворювань, безпечне розведення, гнучкість та управління плодючістю, що робить його важливим засобом генетичного вдосконалення [5]. Прискорення генетичного прогресу у скотарстві до 50% можливе завдяки застосуванню штучного осіменіння з широким використанням свіжої, охолодженої до 5°C або глибоко замороженої сперми [53].

В Україні штучним осіменінням охоплено приблизно половину поголів'я корів, практично все поголів'я на сільськогосподарських підприємствах і значно менше в індивідуальних господарствах. Проблеми з впровадження штучного осіменіння корів і телиць пов'язані з такими чинниками: 70% поголів'я зосереджено у господарствах населення; відсутня прозора дотаційна система від центральних і місцевих органів влади; неконтрольований ринок сперми; відсутність програми реалізації молодняка, а також рекламно-агітаційної кампанії.

Науковці Інституту біології тварин НААН постійно проводять дослідження з підвищення якості та запліднювальної здатності спермій бугаїв-плідників [2, 37, 25], а також семінари з підвищення кваліфікації техніків штучного осіменіння.

Виявлення статевої охоти є вирішальним і важливим для її синхронізації та потребує належної практики утримання корів. Синхронізацію статевої охоти у корів можна проводити скороченням або збільшенням тривалості статевих циклів, що можна здійснити двома способами: перший — використання простагландину, який індукує лютеоліз жовтого тіла і призводить до скорочення фази дієструсу циклу тітки; другий — подовження фази дієструсу за рахунок підтримки функції жовтого тіла введенням гормону прогестерону [59].

У корів з активністю яєчників статевий цикл можна регулювати трьома способами: а) застосуванням простагландинів для індукції раннього розсмоктування жовтого тіла; б) послідовним застосуванням простагландинів і аналогів гонадотропін рилізінг-гормону (Гн-РГ) для забезпечення синхронізованого розвитку фолікулів після індукованого лютеолізу; в) застосуванням прогестагенів, які діють як штучне жовте тіло.

Застосування простагландинів і аналогів Гн-РГ відоме як «програма Овсинх (Ovsynch)» (рис. 1), яка спочатку була призначена для молочних корів. Вона передбачає дві ін'єкції аналога Гн-РГ, в проміжку між якими здійснюється однократна ін'єкція простагландину $F_{2\alpha}$ [39].

Оскільки в польових умовах синхронізацію зазвичай застосовують для корів, які перебувають на різних стадіях статевих циклів, введення Гн-РГ у поєднанні з простагландином забезпечує більшу гомогенність фолікулів яєчника на момент індукції лютеолізу. Результатом є можливість точнішого прогнозування настання еструсу після спровокованого простагландинами лютеолізу і поліпшення синхронізації викиду ЛГ, що дозволяє синхронізувати і розвиток фолікулів, і регрес жовтого тіла.

Програма «Овсинх» спрощує планування термінів штучного осіменіння, водночас покращуючи діяльність репродуктивної системи в період безпосередньо після отелення, що дозволяє раціональніше організувати роботу через відсутність необхідності виявлення еструсу у тварин.

Синхронізація статевої охоти є однією зі стратегій для підвищення рівня тільності в сучасному молочному та м'ясному скотарстві, що покращує репродуктивні показники стада. Завдяки ефективному застосуванню синхронізації статевої охоти та штучного осіменіння можна отримати більшу кількість телят покращеної якості [35]. Крім того, ефективна синхронізація статевої охоти полегшує виявлення тітки, що важливо для застосування штучного осіменіння [29, 9].

Найпоширенішим біотехнологічним методом після штучного осіменіння та синхронізації статевої охоти є трансплантація ембріонів — процедура вимивання ембріонів від високопродуктивної корови-донора і пересадження їх телицям-реципієнтам, де ембріони завершують свій розвиток. Трансплантація ембріонів забезпечує отримання від високопродуктивних корів більше потомства, ніж за природного відтворення, що вигідно для виробників молока та яловичини [14, 46]. Водночас впровадження трансплантації ембріонів є дорогим, але приносить комерційну вигоду у молочному і м'ясному скотарстві [7].

Трансплантація ембріонів складається з етапів: відбір та підготовка донорів, вимивання ембріонів, оцінка та зберігання ембріонів, відбір та підготовка реципієнтів, пересаджування ембріонів [28, 51].

Основою відбору донорів є добір кращих тварин за генетичними та фенотиповими ознаками [38, 48]. У молочному скотарстві корова-донор повинна перевищувати середній надій для стада не менше, ніж на 2000 кг молока за лактацію. Донорів утримують на фермі в умовах виробництва або в центрі трансплантації ембріонів, де їх інтенсивно використовують. Зазвичай утримання донорів на фермі є дешевшим [57, 16].

Підготовка корів-донорів передбачає індукцію множинної овуляції фолікулостимулювальним гормоном для росту й овуляції багатьох яйцеклітин для одночасного запліднення і подальшого вимивання ембріонів [10]. Донорів штучно осіменяють з використанням сперми кращих бугаїв-плідників, також можливе використання сперми, розділеної за статтю. Вимивання ембріонів проводять нехірургічним методом на сьому добу після штучного осіменіння. Після збору ембріони ідентифікують, оцінюють та витримують у відповідному середовищі перед трансплантацією [20, 21].

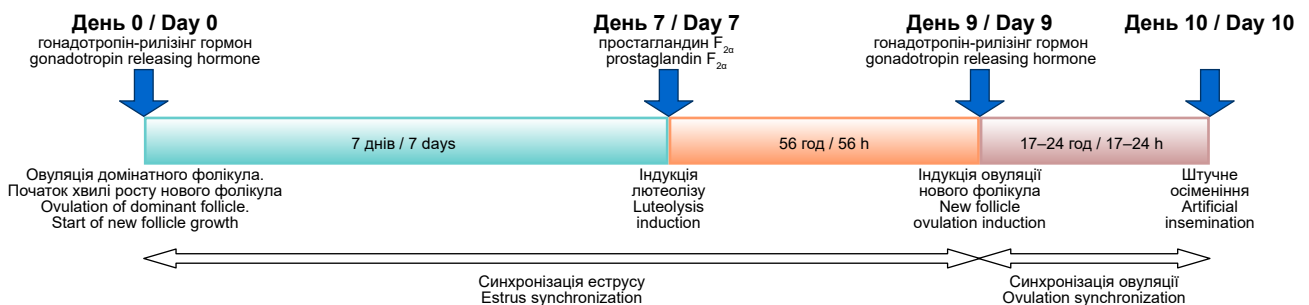


Рис. 1. Програма «Овсинх»
Fig. 1. The programme "Ovsynch"

Важливе значення для успіху трансплантації ембріонів мають реципієнти, якими зазвичай використовують статевозрілих телиць, оскільки приживлення ембріонів у корів-реципієнтів на 5–10% менше. Правильне управління стадом реципієнтів має вирішальне значення для успіху ембріотрансплантації і це вимагає фундаментального розуміння відбору реципієнтів, годівлі, синхронізації статевої охоти, профілактики захворювань та маркетингу [55].

Щоб максимізувати виживання ембріонів у телиці-реципієнта після трансплантації, фізіологічний стан репродуктивного тракту реципієнта повинен відповідати умовам у донора. Для цього необхідна синхронізація естральних циклів між донором і реципієнтами, оптимальним є період не більше одного дня [57, 10].

Процес перенесення (трансплантації) ембріонів подібний до методу штучного осіменіння за винятком того, що катетер з ембріоном вводиться в ріг матки іпсилатерально від жовтого тіла на сьомий день статевого циклу.

Обсяги виробництва ембріонів великої рогатої худоби у світі щорічно становлять: у Японії — 112, США — 255, Канаді — 65, Бразилії — 380, Австралії — 7, Африці — 4 тисячі [1].

В останні роки у зв'язку з підвищенням молочної продуктивності корів в Україні зростає інтерес до використання біотехнологічних методів відтворення у практиці молочного скотарства, одним з яких є трансплантація ембріонів. У системі Національної академії аграрних наук України (НААН) дослідження з репродуктивної біотехнології у скотарстві виконують в Інституті розведення і генетики імені М. В. Зубця, Інституті тваринництва НААН та Інституті біології тварин НААН.

Науковцями Інституту біології тварин НААН удосконалено технологію трансплантації ембріонів ВРХ. Зокрема, розроблено: алергічний метод добору корів-донорів і телиць-реципієнтів; метод стимуляції множинної овуляції у корів-донорів гонадотропінами з використанням ліпосом; метод посилення ембріонально-маткового сигналу за трансплантації деконсервованих ембріонів підсаджуванням бластомерів дегенерованих бластоцист [43]. Крім того, з'ясовано вплив застосування нейротропних препаратів на приживлення трансплантованих ембріонів [44, 45].

У 2021 р. Національною академією аграрних наук України розроблено проєкт «Розвиток трансплантації ембріонів великої рогатої худоби і овець в Україні на 2022–2025 роки за використання потенціалу експериментально-виробничої бази НААН», який вищевказані інститути виконуватимуть, на жаль, після завершення війни.

Наступним біотехнологічним методом для спрямованого виробництва потомства бажаної статі є сексування спермій за допомогою проточного цитометричного сортування живих гамет, наповнених флуоресцентним барвником. У бугаїв різниця за вмістом ДНК у сперміях з Х і Y-хромосомою становить приблизно 3,8%, що достатньо для забезпечення успішного сор-

тування [19]. Проточна цитометрія є єдиним комерційним застосуванням, яке переважно використовується для великої рогатої худоби. Ця технологія визначення статі спермій дозволяє виробникам заздалегідь визначити стать потомства до запліднення, максимізуючи таким чином отримання теличок для поповнення ремонтного стада, їх продуктивність та прибутковість виробництва молока. Сексовану сперму можна використовувати для штучного осіменіння, а також для виробництва ембріонів *in vivo* та *in vitro* [42].

Нині в Україні низка сільськогосподарських підприємств з успіхом використовує сексовану сперму — зазвичай для запліднення телиць, оскільки результативність цих процедур (рівень заплідненості) у них більша, ніж у корів. Відповідно, використання такої сперми для телиць означає вищий рівень окупності інвестицій у молочний бізнес [12].

Іншою репродуктивною технологією, яка використовує пул жіночих гамет для підвищення генетичної цінності стада, є запліднення *in vitro*. Виробництво ембріонів *in vitro* складається з етапів: аспірація ооцитів — прижиттєва (*Ovum Pick-Up*) або з яєчників після забою тварин; дозрівання ооцитів; дозрівання спермій (капацитация); запліднення; культивування до стадії морули-ранньої бластоцисти (6–7 діб); трансплантація телицям-реципієнтам [14].

У результаті численних експериментів встановлено, що за одну процедуру *Ovum Pick-Up* (OPU) від корови можна аспірувати 20 життєздатних ооцитів, після запліднення *in vitro* в середньому можна отримати 6 ембріонів (33,3% запліднення). Після трансплантації цих ембріонів реципієнтам отримують три вагітності (50% приживлення). Оскільки процедуру OPU можна проводити кожні 15 діб без шкідливого впливу на організм корови, то за рік можна провести 24 рази аспірацію ооцитів з яєчників, тобто впродовж року від корови-донора можна отримати 72 вагітності [52]. Отже, трансплантація ембріонів, отриманих *in vitro*, є важливою технологією для програм селекції, головною перевагою якої є збільшення кількості потомства, яке може дати одна корова. Подальше застосування запліднення *in vitro* з використанням сексованої сперми для отримання визначеної статі потомства буде перевагою для молочного скотарства [11, 36].

В Україні в останні десятиліття проводять спорадичні експерименти із запліднення *in vitro* у скотарстві з використанням аспірації ооцитів з яєчників після забою. Тому саме у цьому напрямку досліджень треба активізувати дослідження з обов'язковим опануванням і впровадженням процедури прижиттєвої аспірації ооцитів OPU.

Сучасними репродуктивними біотехнологіями з використанням маніпуляцій на генетичному рівні є клонування та трансгенез. Клонування як репродуктивна технологія дозволяє виробникам створювати генетичні копії кращої худоби. Метою клонування є збільшення кількості племінних тварин у стаді, наділених винятковими якостями — такими, як високопродуктивні дійні корови з підвищеною плодючістю [41].

Виробництво клонованих тварин може бути здійснене за допомогою розділення ембріонів або перенесення ядер. Розділення передімплантаційних ембріонів від обраних самок було однією з найперших методик клонування, що використовувалися для отримання генетично ідентичних тварин (рис. 2) [58].

У 1990-х рр. м'ясо та молоко від клонованих овець та великої рогатої худоби, отримані розділенням ембріонів або перенесенням ядер ембріональних клітин, увійшли в їжу, не викликаючи занепокоєння громадськості щодо безпеки харчових продуктів [54]. Репродуктивно життєздатне потомство також отримане дослідниками з Університету West Texas A&M з м'язової клітини туші, відібраної через 2–3 дні після забою [22].

Крім генетичних переваг, отриманих у результаті клонування генетично цінних тварин, генокопії виняткових тварин можуть бути створені з тварин, нездатних до розмноження. Щоб виправдати високу вартість клонування (понад \$10000), прагати мають бути генетично винятковими — наприклад, бугаї повинні мати високий попит на сперму [11].

Очікувана потенційна користь від клонування великої рогатої худоби полягає у підвищенні точності оцінки матерів бугаїв. Клонування дозволяє виробникам розмножувати високоефективних тварин або тварин, які можуть виробляти високоякісний кінцевий продукт з меншою кількістю необхідних ресурсів.

Оскільки клонування не змінює генетичний склад тварини, клонована худоба нічим не відрізняється від тварин, які народжуються природними близнюками або трійнями. В оцінці ризиків у 2008 р. Управління з продовольства і медикаментів США (*Food and Drug Administration* — FDA) вважало, що м'ясо та молоко клонованих тварин безпечні для споживання людиною і практично не відрізняються від неклонуваних аналогів. Незважаючи на ці висновки, клони використовуватимуться здебільшого як племінне поголів'я, а не як джерело продуктів харчування.

Трансгенна тварина — це тварина, ДНК якої містить чужорідний ген, навмисно вставлений в її геном.

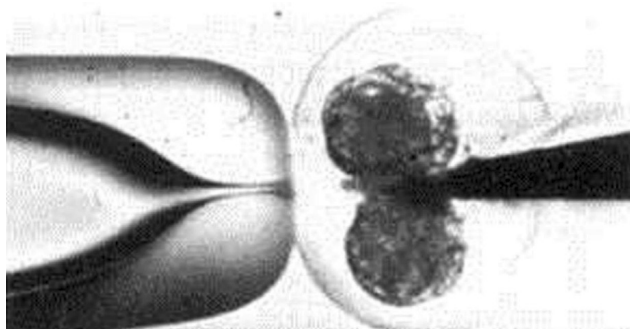


Рис. 2. Розділення ембріона великої рогатої худоби на 7 день за допомогою тонкого мікрохірургічного леза [58]
Fig. 2. Embryo splitting of a day 7 cattle embryo using a fine microsurgical blade [58]

Трансгенні тварини генетично модифіковані генами іншого біологічного виду через трансплантацію гена або внаслідок молекулярних маніпуляцій з ендogenous геномною ДНК. Новий ген успадковується потомством так само, як і власні гени організму [40]. Існують різні методи трансгенезу — такі, як мікроін'єкція ДНК [26], перенесення ДНК у гамети [4], електропорація ДНК [50].

Трансгенних сільськогосподарських тварин можна використовувати як у селекції, так і в біомедицині. Отримано трансгенні особини, які мають стійкість до хвороб і покращені кількісні та якісні ознаки, — наприклад, трансгенні корови, які дають молоко з підвищеним вмістом α -казеїну та ϵ -казеїну. Важливим досягненням стало виробництво трансгенних корів, стійких до маститу. Тривають дослідження щодо виробництва екологічно чистих трансгенних особин або використання таких тварин у базових дослідженнях як моделі для розуміння різних фізіологічних процесів у сільськогосподарських тварин і людей [34, 56].

Аналізуючи дані науки і практики, треба відзначити, що у скотарстві провідних країн світу широко використовують біотехнологічні методи відтворення. Хоча деякі з цих технологій були доступні впродовж кількох десятиліть, їхнє використання обмежене медичними дослідженнями, а застосування на сільськогосподарських тваринах значно відстає від біомедичних галузей. Впровадження цих технологій у тваринництві й надалі відбувається повільно через складність, витрати та неефективність. Крім того, несприйняття громадськістю може завадити комерціалізації у найближчому майбутньому. Регулювання клонованих і трансгенних тварин потребуватиме постійних обговорень і розробок, щоб витримати суспільний контроль. Виробництво клонованої і трансгенної худоби залишиться, але усвідомлення їх повної перспективи та впливу на добробут тварин, екологічні проблеми та продовольчу безпеку потребуватиме визнання споживачів.

В Україні сьогодні реально можливим є використання таких біотехнологічних методів відтворення у скотарстві: штучне осіменіння, трансплантація ембріонів, синхронізація статевої охоти, розділення сперми за статтю.

Висновки

Останні досягнення в області репродуктивних біотехнологій забезпечують потужний інструмент, який можна використовувати для покращення виробництва та вирішення проблем тваринництва в майбутньому. Застосування цих технологій допоможе впоратися з обмеженою доступністю ресурсів і одночасно підвищеною потребою у виробництві харчових продуктів. Виробники можуть впроваджувати швидкі генетичні зміни, щоб створити наступне покоління чудових тварин, що буде важливим у післявоєнний період. Крім того, введення нових генів у популяцію за допомогою трансгенних методологій може бути

корисним для навколишнього середовища, виробників і споживачів в умовах глобальних змін клімату. Для збереження генетично цінних тварин та відновлення поголів'я худоби у післявоєнний період в Україні доцільно активізувати в установах НААН дослідження з розроблення та впровадження новітніх репродуктивних біотехнологій у практику скотарства: запліднення *in vitro*, клонування, створення трансгенних тварин.

- American Embryo Transfer Association web site. Available at: <http://www.aeta.org>
- Andrushko OB, Sharan MM, Yaremchuk IM, Korbetsky AR, Panich AP, Atamaniuk IS. Physiological and biochemical characteristics of bull sperm for use egg yolk and soy lecithin in diluents for cryopreservation. *Biol. Tvarin*. 2012; 14 (1–2). Available at: <http://aminbiol.com.ua/index.php/archive?catid=1:2013-02-15-09-09-13&id=179:2013-03-09-11-41-06> (in Ukrainian)
- Anel L, Kaabi M, Abroug B, Alvarez M, Anel E, Boixo JC, de la Fuente LF, de Paz P. Factors influencing the success of vaginal and laparoscopic artificial insemination in churra ewes: a field assay. *Theriogenol*. 2005; 63 (4): 1235–1247. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2004.07.001.
- Baccetti B, Spadafora C. Sperm-mediated gene transfer: Advances in sperm cell research and applications. *Proc. Workshop "Sperm-Mediated Gene Transfer: Advances in Sperm Cell Research and Applications"*, May 23–26, 1999, Siena, Italy. *Mol. Reprod. Dev.* 2000; 56 (S2): 227. DOI: 10.1002/(SICI)1098-2795(200006)56:2+%3C227::AID-MRD1%3E3.0.CO;2-H.
- Ball PJH, Peters AR (eds). *Reproduction in Cattle*. 3rd ed. Hoboken, New Jersey, United Kingdom Blackwell Publishing Ltd., 2004. ISBN 9781405115452 (print). ISBN 9780470751091 (online). DOI: 10.1002/9780470751091.
- Bashchenko MI, Kovtun SI. The current state and prospects of the use of biotechnology in animal husbandry. *Taur. Sci. Herald. Agricult. Sci.* 2012; 78 (2/1): 95–99. Available at: http://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/78-2-1_2012/25.pdf (in Ukrainian)
- Betteridge KJ. A history of farm animal embryo transfer and some associated techniques. *Anim. Reprod. Sci.* 2003; 79 (3–4): 203–244. DOI: 10.1016/S0378-4320(03)00166-0.
- Bezuhlyi MD. About reforms and prospects for the development of agrarian science. *Bull. Agricult. Sci.* 2011; 10: 7–11. (in Ukrainian)
- Blezinger SB. Embryo transfers becoming more popular with procedures, cattle today. Available at: <http://www.cattletoday.com/archive/2007/May/CT987.shtml>
- Blezinger SB. Estrous synchronization a valuable tool in management of cows and heifers. Cattle Today, Inc, 2000.
- Bousquet D, Blondin P. Review: Potential uses of cloning in breeding schemes: dairy cattle. *Clon. Stem Cells*. 2004; 6 (2): 190–197. DOI: 10.1089/1536230041372373.
- Cherniak N, Honcharuk O. Sexed sperm is an innovation in dairy farming at the stage of herd reproduction management. Available at: <http://milkuia.info/uk/post/seksovana-sperma-innovacia-u-molocnomu-skotarstvi-na-etapi-upravlinna-vidtvorennam-stada> (in Ukrainian)
- Choudhary KK, Kavya KM, Jerome A, Sharma RK. Advances in reproductive biotechnologies. *Vet. World*. 2016; 9 (4): 388–395. DOI: 10.14202/vetworld.2016.388-395.
- Cowan T, Becker GS. Biotechnology in animal agriculture: Status and current issues. *Congress. Res. Serv.* 2010. Available at: <https://nationalaglawcenter.org/wp-content/uploads/assets/crs/RL33334.pdf>
- De Jong E, Vanderhaeghe C, Lopèz-Rodríguez A, Simoens P, Van Soom A, De Kruijff A, Maes D. Ultrasonography of the ovaries in the sow: a helpful tool to determine the time of insemination. *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift*. 2009; 78 (4): 276–281. Available at: <https://vdt.ugent.be/?q=en/content/78-4-276-281>
- Fereja GB. Use of biotechnology in livestock production and productivities: A review. *Intern. J. Res. Granthaalayah*. 2016; 4 (6): 100–109. DOI: 10.29121/granthaalayah.v4.i6.2016.2643.
- Foot RH. The history of artificial insemination: Selected notes and notables. *J. Anim. Sci.* 2002; 80 (2): 1–10. DOI: 10.2527/animalsci2002.80E-Suppl_21a.
- Gale HF. Commercialization of food consumption in rural China. *USDA-ERS Econ. Res. Rep.* 2005; 8: 43 p. DOI: 10.2139/ssrn.770328.
- Garner DL, Seidel GE. History of commercializing sexed semen for cattle. *Theriogenol*. 2008; 69 (7): 886–895. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2008.01.006.
- Hasler J. Factors influencing the success of embryo transfer in cattle. *World Buiatr. Congr.* Jul 16 2004, Québec, Canada. 2004; 34: 66. Available at: <https://www.ivos.org/library/wab/wbc-congress-canada-2004/factors-influencing-success-of-embryo-transfer-cattle>
- Hasler JF. The current status and future of commercial embryo transfer in cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 2003; 79 (3–4): 245–264. DOI: 10.1016/S0378-4320(03)00167-2.
- Heyman Y. Nuclear transfer: A new tool for reproductive biotechnology in cattle. *Reprod. Nutr. Dev.* 2005; 45 (3): 353–361. DOI: 10.1051/rnd:2005026.
- Holm DE, Thompson PN, Irons PC. The economic effects of an estrus synchronization protocol using prostaglandin in beef heifers. *Theriogenol*. 2008; 70 (9): 1507–1515. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2008.06.098.
- Johnson LA, Rath D, Vazquez JM, Maxwell WMC, Dobrinsky JR. Preselection of sex of offspring in swine for production: current status of the process and its application. *Theriogenol*. 2005; 63 (2): 615–624. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2004.09.035.
- Kosenko Y, Vlizlo V, Kuzmina N, Ostapiv D. Catalase activity, respiration intensity and spermatozoa survival in bull ejaculates. *XXV Jub. Intern. Congress Hung. Assoc. Buiatr.* September 13–16, 2015, Budapest, Hungary. *Magyar Állatorvosok Lapja*. 2015; 137 (S1): 241–244. Available at: <https://univet.hu/files/subpages/153/files/MAL-Supplement1-2015.pdf>
- Krimpenfort P, Rademakers A, Eyestone W, van der Schans A, van den Broek S, Kooiman P, Kootwijk E, Platenburg G, Pieper F, Strijker R, de Boer H. Generation of transgenic dairy cattle using *in vitro* embryo production. *Biotechnol.* 1991; 9: 844–847. DOI: 10.1038/nbt0991-844.
- Lamb C. What are the long-term impacts of estrus synchronization and artificial insemination? 2015. Available at: <http://nwdistrict.ifas.ufl.edu/phag/2015/10/09/what-are-the-long-term-impacts-of-estrus-synchronization-and-artificial-insemination>
- Larson JE, Lamb GC, Funnell BJ, Bird S, Martins A, Rodgers JC. Embryo production in superovulated Angus cows inseminated four times with sexed-sorted or conventional, frozen-thawed semen. *Theriogenol*. 2010; 73 (5): 698–703. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2009.11.009.
- Leitman NR, Busch DC, Mallory DA, Wilson DJ, Ellersieck MR, Smith MF, Patterson DJ. Comparison of long-term CIDR-based protocols to synchronize estrus in beef heifers. *Anim. Reprod. Sci.* 2009; 114 (4): 345–355. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2008.10.014.
- Manafi M (ed.). *Artificial Insemination in Farm Animals*. London, IntechOpen Publisher, 2011: 314 p. DOI: 10.5772/713.
- Maquivar M, Verdusco A, Galina CS, Pulido A, Rojas S, Forster K, Van der Laan G, Arnoni R. Relationship among follicular growth, oestrus, time of ovulation, endogenous estradiol 17 β and luteinizing hormone in *Bos indicus* cows after a synchronization program. *Reprod. Domest. Anim.* 2007; 42 (6): 571–576. DOI: 10.1111/j.1439-0531.2006.00821.x.
- Moore K, Thatcher WW. Major advances associated with reproduction in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 2006; 89 (4): 1254–1266. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72194-4.
- Morrell JM, Rodriguez-Martinez H. Practical applications of sperm selection techniques as a tool for improving reproductive efficiency. *Vet. Med. Int.* 2010; 2011: 894767. DOI: 10.4061/2011/894767.
- Niemann H, Kues WA, Carnwath JW. Transgenic farm animals: Present and future. *Rev. Sci. Tech.* 2005; 24 (1): 285–298. DOI: 10.20506/rst.24.1.1568.
- Noseir WMB. Ovarian follicular activity and hormonal profile during estrous cycle in cows: the development of 2 versus 3 waves. *Reprod. Biol. Endocrinol.* 2003; 1: 50. DOI: 10.1186/1477-7827-1-50.
- O'Brien JK, Hollinshead FK, Evans G, Maxwell WMC. *In vivo* developmental capacity of *in vitro*-produced embryos derived from sex-sorted and re-cryopreserved frozen-thawed ram sperm. *Reprod. Fertil. Dev.* 2003; 16 (2): 286. DOI: 10.1071/RDv16n1Ab332.

37. Ostapiv RD, Manko VV, Yaremchuk IM, Ostapiv DD. Sperm respiration intensity and survival of spermatozoa with taurine addition in diluted bull ejaculates. *Biol. Tvarin*. 2014; 16 (3): 110–115. DOI: 10.15407/animbio16.03.110. (in Ukrainian)
38. Phillips PE, Jahnke MM. Embryo transfer (techniques, donors and recipients). *Vet. Clin. North Amer. Food Anim. Pract.* 2016; 32 (2): 365–385. DOI: 10.1016/j.cvfa.2016.01.008.
39. Pursley JR, Mee MO, Wiltbank MC. Synchronization of ovulation in dairy cows using PGF_{2α} and GnRH. *Theriogenol.* 1995; 44 (7): 915–923. DOI: 10.1016/0093-691X(95)00279-H.
40. Rajoriya R, Rajoriya S, Kumar N. Transgenic animals: prospects for improving livestock productivity. *J. Bio Innov.* 2013; 2 (5): 240–259. Available at: https://www.jbino.com/docs/Issue05_05_2013.pdf
41. Reik W. Stability and flexibility of epigenetic gene regulation in mammalian development. *Nature*. 2007; 447: 425–432. DOI: 10.1038/nature05918.
42. Seidel JG. Overview of sexing sperm. *Theriogenol.* 2007; 68 (3): 443–446. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2007.04.005.
43. Sharan MM. Experimental substantiation and improvement of methods of transplantation and cryopreservation of cattle embryos. Diss. Doct. Agricult. Sci. 03.00.20. The Institute of Animal Biology, Lviv, 2010: 351 p. (in Ukrainian)
44. Sharan MM. Indications of fertilization in cows by the use of biologically active substances with the semen of bulls. *Farmer*. 2009; 1 (2): 12–15. (in Ukrainian)
45. Sharan MM. Use of sedatives and muscle relaxants during embryo transplantation. *Farmer*. 2009; 3 (4): 29–32. (in Ukrainian)
46. Stroud B. International Embryo Transfer Society (IETS). Statistics and data retrieval committee report. *IETS Newsletter*. 2012; 30: 15–26. Available at: <https://www.iets.org/Portals/0/Documents/Public/Committees/DRC/December2012.pdf>
47. The state of food and agriculture. Livestock in the balance. FAO. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2009. Available at: <https://www.fao.org/3/i0680e/i0680e.pdf>
48. Thibier M. International Embryo Transfer Society (IETS). Data retrieval committee annual report. *IETS Newsletter*. 2006; 24: 12–18. Available at: <https://www.iets.org/Portals/0/Documents/Public/Committees/DRC/December2007.pdf>
49. Thibier M. The zootechnical applications of biotechnology in animal reproduction: current methods and perspectives. *Reprod. Nutr. Dev.* 2005; 45 (3): 235–242. DOI: 10.1051/rnd:2005016.
50. Transgenics T. Taconic W4/129S6 Embryonic Stem Cells. Available at: http://www.taconic.com/emerging/ESCells/ES_WEB.htm
51. Trasorras V, Chaves MG, Neild D, Gambarotta M, Aba M, Agüero A. Embryo transfer technique: Factors affecting the viability of the corpus luteum in llamas. *Anim. Reprod. Sci.* 2010; 121 (3–4): 279–285. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2010.06.004.
52. Van Zyl N. The role of assisted reproductive techniques (art's) in building a competitive livestock industry. *African Livestock Conference and Exhibition*. 2014. Available at: <https://www.slideshare.net/LivestockAfrica/the-role-of-assisted-reproductive-techniques-arts-in-building-a-competitive-livestock-industry-by-dr-neil-van-zyl>
53. Vishwanath R. Artificial insemination: the state of the art. *Theriogenol.* 2003; 59 (2): 571–584. DOI: 10.1016/S0093-691X(02)01241-4.
54. Wall R, Laible G, Maga E, Seidel G, Whitelaw C. Animal productivity and genetic diversity: cloned and transgenic animals. *CAST*. 2009; 43 (8): 16 p. Available at: <https://www.cast-science.org/wp-content/uploads/2018/12/CAST-Animal-Productivity165.pdf>
55. Warriach HM, McGill DM, Bush RD, Wynn PC, Chohan KR. A review of recent developments in buffalo reproduction — a review. *AJAS*. 2015; 28 (3): 451–455. DOI: 10.5713/ajas.14.0259.
56. Wells DJ. Genetically modified animals and pharmacological research. In: Cunningham F, Elliott J, Lees P. *Comparative and Veterinary Pharmacology*. Springer, 2010: 213–226. DOI: 10.1007/978-3-642-10324-7_9.
57. Widayati DT. Embryo transfer as an assisted reproductive technology in farm animals. 2012. DOI: 10.5281/zenodo.1061796.
58. Williams TJ, Elsdon RP, Seidel GE Jr. Pregnancy rates with bisected bovine embryos. *Theriogeno*. 1984; 22 (5): 521–531. DOI: 10.1016/0093-691X(84)90051-7.
59. Worku A. Assessment of breeding practices and evaluation of mass oestrus synchronization and mass insemination techniques in dairy cattle in West Shoa zone. Master's thesis. Dire Dawa, Ethiopia: Haramaya University, 2015.

The status and prospects of reproductive biotechnology application to increase productivity in cattle breeding

M. M. Sharan, Yu. T. Salyha
m_sharan@ukr.net

Institute of Animal Biology NAAS,
38 V. Stusa str., Lviv, 79034, Ukraine

The purpose of the work was to analyze the situation regarding to the status and prospects for the use of reproductive biotechnology to increase productivity in cattle breeding. In the conditions of dynamic growth of the planet's population, global climate changes and the russian-Ukrainian war, food security in the whole world and in Ukraine in particular has become a key issue. To increase food stocks of animal origin, it is necessary first of all to intensify dairy and meat cattle breeding with the involvement of the best world genetics. This becomes possible thanks to the application of modern biotechnological methods of reproduction, some of which (artificial insemination, embryo transplantation) are successfully used in the world and in Ukraine, the other part (*in vitro* fertilization, cloning, creation of transgenic animals) is constantly developing and improving in countries with developed cattle breeding. Technologies of artificial insemination and transplantation of cattle embryos have been improved in Ukraine. Artificial insemination has been introduced into the practice of cattle breeding, work on embryo transplantation is being resumed, and in recent years, dairy farms have used sperm of bulls separated by sex. Scientists of the institutions of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine conduct sporadic experiments on *in vitro* fertilization and the creation of transgenic animals, which requires the expansion and deepening of these areas of research. To overcome modern challenges related to climate change and war, it is advisable to use biotechnological methods of reproduction in cattle breeding. For this, research on the development and implementation of the latest reproductive biotechnologies should be intensified: embryo transplantation, *in vitro* fertilization, creation of transgenic animals.

Key words: cattle, reproduction, biotechnology, transplantation, embryo, cloning, transgenesis, *in vitro* fertilization*