

УДК 636.92:502/504

DOI: <https://doi.org/10.37617/2708-0617.2025.11.89-115>**ВПЛИВ ПРОМИСЛОВОГО КРОЛІВНИЦТВА
НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ**Зламанюк Л. М., канд. с.-г. наук, доцент, zlatanuk@nubip.edu.ua,

Уманець Р. М., канд. с.-г. наук, доцент,

Уманець Д. П., канд. с.-г. наук, доцент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ, вул. Горіхуватський шлях, 19*

У цій оглядовій статті представлені деякі елементи, які дозволяють нам кількісно оцінити основні внески кролівництва у глобальне потепління, забруднення (переважно втрати азоту, тверді частинки в повітрі), водний слід і втрату біорізноманіття. Оскільки переважну більшість м'ясних кролів у світі вирощують у закритих кліткових системах, основна маса досліджень охоплює лише цю систему виробництва.

Була зроблена єдина спроба кількісно оцінити вплив на навколишнє середовище альтернативної системи, заснованої на вирощуванні кролів під фотоелектричними панелями. Хоча вона дає певне уявлення про можливі альтернативи, отримані результати не ґрунтуються на реальних даних.

Щодо внеску кролівництва у глобальне потепління, то оцінки викидів парникових газів коливаються від 3,13 до 3,25 кг CO₂ екв. на одного кроля, що протягом 35 днів (або від 3,78 до 4,04 кг CO₂ екв. на кілограм живої ваги). Забруднення, пов'язане з втратами азоту, становило від 40,1 до 59,1 г азоту на кг живої маси. Забруднення повітря, пов'язане з викидами твердих частинок (10 мкм), варіювало від 0,082 до 0,045 мг на м³, і немає даних про вплив на воду, який, ймовірно, знаходиться між тими, що спостерігаються для птахівництва та свинарства. Щодо втрати біорізноманіття, то досліджень реального впливу кролівництва на дику природу (рослинний і тваринний світ) немає. Що стосується викидів парникових газів, то вони можуть бути пов'язані зі зміною землекористування для вирощування сільськогосподарських культур, в основному сої, яка використовується для виробництва кормів. Диких кролів, однак, можна вважати ключовим видом середземноморських чагарників.

Для кролівництва (в його нинішньому вигляді) альтернативи, які були випробувані в інших видах тваринництва включаючи інтеграцію рослинництва і тваринництва, агролісомеліорації та агроекології, можуть виявитися неможливими. Поточний соціально-економічний та політичний контекст може обмежити еволюцію існуючих систем виробництва продуктів харчування та розвиток альтернативних моделей. Крім того, сектор кролівництва, принаймні в Європі, стикається зі стійким зниженням попиту. І цей факт, безумовно, не допоможе нам знайти альтернативи, якщо не буде впроваджена політика, спрямована на підтримку необхідної еволюції.

Наразі неможливо оцінити вплив альтернативних систем виробництва м'яса кролів на навколишнє середовище. Частково це пов'язано з тим, що вони

все ще є рідкісними або експериментальними. По-друге, еталонні методології, що використовуються для оцінки викидів парникових газів, можуть бути недостатньо адаптованими, що призводить до упереджених оцінок. Відсутність гармонізації поточних методологій, що використовуються для оцінки впливу тваринництва на навколишнє середовище, принаймні для методологій оцінки життєвого циклу, є додатковим обмеженням.

Ключові слова: *Oryctolagus cuniculus*, парниковий газ, водний слід, якість повітря, біорізноманіття.

Актуальність. Літературних джерел щодо впливу тваринництва на навколишнє середовище дуже багато і в них охоплено багато сфер, від технічних рішень до політики. Етика, моральна філософія та критика організації глобальної економіки і суспільства також присутні в дебатах про те, що робити з тваринництвом. Дехто виступає за його ліквідацію [58, 61], тоді як інші чітко демонструють важливість сільськогосподарських тварин для людства [55, 61]. На думку D. Saviotto можна виробляти необхідну кількість високоякісних продуктів тваринного походження для кожної людини на нашій планеті і робити це розумно. Тобто, так, щоб поважати фізичну та психічну цілісність кожної тварини, яка вирощується на фермі, і належним чином цінувати працю людей і тварин, задіяних у нашому ланцюжку виробництва харчових продуктів, і так, щоб зберегти природу і гарантувати продовольчий суверенітет для нинішнього і майбутніх поколінь [61].

На сьогоднішній день ми не маємо чіткого уявлення про те, як досягти цих цілей. Цей короткий огляд впливу саме інтенсивного кролівництва на навколишнє середовище, безумовно, не вирішить цих проблем. Але ми спробуємо узагальнити інформацію щодо думок та перспектив того, на чому ми повинні зосередити нашу діяльність у найближчі роки.

Steinfeld Н. зі співавторами підготували комплексний документ оцінки впливу тваринництва (зокрема і кролівництва) на навколишнє середовище, який отримав назву «Довга тінь тваринництва: екологічні проблеми та варіанти» [63]. У цій книзі автори детально описали глобальний внесок тваринницького сектору в деградацію земель, зміну клімату, використання і забруднення води та втрату біорізноманіття. Вони обговорили технічні стратегії, спрямовані на ефективність тваринницьких операцій, і запропонували деякі політичні альтернативи, такі як правильне ціноутворення на використання землі, води та інших природних ресурсів, щоб пролити «світло на довгу тінь» тваринництва. З моменту публікації цієї книги кількість наукової літератури на цю тему стрімко зросла з 44 до близько 364 рецензованих наукових праць [63, 61].

Ще в 1978 році Hodge I. виділив зовнішні витрати на виробництво продукції тваринництва (забруднення води, жорстоке поводження з тваринами, неприємні запахи, нечистоти, шкідники тощо), а також на негативне сприйняття тваринництва мешканцями міст [39, 40]. Згідно з цими дослідженнями, основні фактори, що викликали скарги, були пов'язані з типом виробництва, кількістю тварин і методами, які використовувалися (або не

використовувалися) для запобігання забрудненню та інших неприємностей. Наприклад, найбільше скарг надходило на інтенсивне молочне тваринництво та птахівництво. Що стосується свинарства, то «традиційні» ферми (до 250 тварин) не отримували жодних скарг, тоді як промислові ферми (понад 1500 свиней) часто критикували [39, 61]. У наступних дослідженнях була відзначена важливість наявності чітких стандартів для вимірювання впливу на навколишнє середовище і аргументів необхідності прийняття політики, спрямованої на запобігання забрудненню і неприємним ефектам [40, 61].

Упродовж десятиліття, що минуло після публікації робіт Hodge I., в літературі було знайдено лише одну статтю, в якій Conway G.R. представив і описав властивості агроєкосистем – «екологічної системи, модифікованої людиною для виробництва продуктів харчування, волокна та іншої сільськогосподарської продукції» [13]. За його визначенням, основними атрибутами агроєкосистем є: продуктивність, стабільність, стійкість і справедливість. Разом ці чотири властивості визначають соціальну цінність агроєкосистеми. Для нього продуктивність – це вихід цінної продукції на одиницю вкладених ресурсів, стабільність – це постійність виробництва в умовах нормальних коливань і циклів у навколишньому середовищі, тоді як стійкість – це здатність агроєкосистеми підтримувати свою продуктивність в умовах значних збурень (ерозія, зниження ринкового попиту тощо). Нарешті, він визначив справедливість як справедливий розподіл продуктивності між бенефіціарами, що у випадку сучасних сільськогосподарських систем, схоже, сприяє зменшенню кількості учасників. В Європі аграрна політика, проголошена в 1957 році під егідою Європейської економічної комісії, надає перевагу великим, багатим і спеціалізованим фермерам через систему субсидій, засновану на обсягах виробництва. Забруднення, інциденти, спричинені стічними водами від худоби чи силосу, втрата благоустрою, рекреаційних і природоохоронних цінностей сільської місцевості, а також деградація стародавніх лісів, пасовищ, багатих травами луків, пустирів тощо є побіжними ефектами політики, заснованої лише на продуктивності [13, 61].

Stenholm C.W. і Waggoner D.B. вивчаючи стратегії сталого виробництва продукції птахівництва, вказали на відповідальність науковців за те, щоб допомогти громадськості зрозуміти переваги і ризики всіх методів ведення сільського господарства. Вони закликали до наукового консенсусу і зазначили, що будь-яка виробнича система повинна проходити випробування науковими дослідженнями, економічним аналізом, а також соціальним сприйняттям і впливом. Вони також заявили, що вчені-птиківники повинні поєднувати свій досвід і знання з іншими біологічними та соціальними науками. Те ж саме стосується інформаційних і комунікаційних наук. Сама по собі ця відкритість до співпраці, є ключем до досягнення більш амбітного набору практик, спрямованих на зменшення впливу тваринництва на природні ресурси [64, 61].

Для країн, що розвиваються, сталість може бути досягнута шляхом покращення якості кормів, генетичних ресурсів та управління здоров'ям тварин [42, 61]. Однак, це повинно розвиватися в рамках невеликих за розміром змішаних сільськогосподарських підприємств, які переважають у

країнах, що розвиваються. Повертаючись до Європи, Atkinson and i Watson (1996) визначили азотне навантаження від відходів тваринництва, що утворюються на промислових підприємствах по вирощуванню свиней, птиці і великої рогатої худоби молочного напрямку продуктивності, як основну екологічну проблему в Британській низовині. На думку цих авторів, рішення просте: розробити системи, які дозволяють повторно використовувати відходи на ділянках первинного рослинництва, подібно до того, як це пропонується циркулярною біоекономікою або підходами сталої інтенсифікації [56, 61]. У підсумку вони закликали до створення цілісних сільськогосподарських систем, які інтегрують тваринництво таким чином, щоб зменшити вплив на навколишнє середовище і біорізноманіття дикої природи (рослин і тварин) [61].

Waltner-Toes D. представив концепцію «здоров'я екосистеми», в той час як Faye B. та ін. розширили цю концепцію до «здоров'я агроекосистеми» [69, 26, 61]. На думку Waltner-Toes D., глобальна агропродовольча система в тому вигляді, в якому вона організована, є нестійкою: субсидії на високі обсяги виробництва в країнах з низькою щільністю населення в сільськогосподарських системах, які значною мірою залежать від енергетичних і нафтових ресурсів для свого функціонування. Він дуже критично ставився до використання підходу «жорсткої системи» для оцінки того, чи є виробнича система сталою, чи ні. На його думку, цей метод ризикує вважати виробничу систему сталою лише тому, що так диктує поточний соціально-економічний контекст: наприклад, «робочі місця сільських жителів можуть вважатися менш важливими, ніж дешевизна міських продуктів харчування». Щоб вирішити цю проблему, він дослідив деякі з наявних структур, перш ніж запропонувати нову: «здоров'я екосистеми». Він вважав, що «науки про здоров'я ставлять питання, які повинні ставити працівники агроекосистем». Більше того, мова науки про здоров'я (скринінг, діагностика, фактори ризику та придатність) добре зрозуміла широкому загалу, надаючи «рідкісну можливість громадянам говорити про те, що вони цінують суб'єктивно, і про те, що вони знають об'єктивно». Простіше кажучи, концепція «Єдиного здоров'я», якою ми її знаємо сьогодні (World Health Organization, 2017) ґрунтується на його ідеях, він сказав «визначення здоров'я екосистем і здоров'я людської спільноти, хоча вони все ще розвиваються, підкреслюють два компоненти: елемент рівноваги, або балансу, і елемент потенціалу, або резерву». [69, 61, 72]. Faye B. та ін. вийшли за рамки визначення «здоров'я екосистеми» і розширили поняття до «здоров'я агроекосистеми» [26, 61]. На практиці це лише питання масштабу, де межі системи розширюються, щоб включати численні виміри (біофізичні, соціальні, економічні) у складній ієрархії (від поля до біосфери), де присутні компоненти здоров'я (цілісність та ефективність).

Опрацьована література за період від 2000 до 2010 років, охоплювала кілька тем, від підходу економічного моделювання для пошуку найкращих рішень, уникнення впливу на навколишнє середовище різних методів управління відходами тваринництва до етики в органічному тваринництві [41,

46, 61]. Концепції «спільного використання землі» (дружнього до дикої природи землеробства) та «ощадливого землекористування» (мінімізація використання сільськогосподарських земель шляхом підвищення врожайності) були охарактеризовані у комплексній роботі Green та ін.[36, 61]. У 2006 році Monteny та ін. були проаналізовані викиди парникових газів та стратегії пом'якшення наслідків для виробництва продукції від великої рогатої худоби, свиней та птиці [50, 61]. Вони визначили рубець і гній свиней та птиці як основні джерела викидів метану (NH_4) від тваринництва. Для закису азоту (N_2O) основними джерелами є: азотні добрива та гній, що вноситься в землю, а також сеча, що виділяється тваринами, які випасаються. На думку цих авторів, для зменшення викидів парникових газів слід використовувати технічні рішення, такі як підвищення ефективності кормів або виробництво біогазу на фермі. Зараз почалася ера технічних рішень і прямих порівнянь між органічними та індустріальними системами [61]. На думку Bokkers E.A.M., de Boer I.J.M., хоча органічне виробництво бройлерів мало кращі економічні та соціальні показники (чистий дохід ферми, робоче навантаження, здоров'я та благополуччя тварин і зменшення використання антибіотиків), використання ефективності кормів як єдиного критерію впливу на навколишнє середовище систематично віддавало перевагу промисловим фермам [6]. Verburg R. та ін., також проаналізували вплив лібералізації (пом'якшення умов) торгівлі сільськогосподарською продукцією на викиди парникових газів, пов'язані з землекористуванням. На думку цих авторів, лібералізація повинна збільшити загальні викиди парникових газів на 6% за рахунок розчищення рослинності для вирощування сільськогосподарських культур [68, 61].

Перші роботи, присвячені впливу виробництва м'яса кролів на навколишнє середовище були опубліковані: Calvet S. та ін., які оцінили ефективність використання азоту у кролівництві, Fortun-Lamothe L. та ін. оцінили внесок інтенсивного кролівництва у сталій розвиток, а Kaliste E. та ін. і Cambra-López M. та ін. представили перші результати щодо викидів твердих частинок у повітря від кролівницьких ферм [8, 25, 43, 10, 61]. Estellés F. та ін. розробили новий метод вимірювання викидів парникових газів як від метаболізму кролів, так і від розкладання гною, також вони у 2010 році виміряли добові викиди вуглецю відгодівельних кролів [10]. У 2011 році одні науковці використали інший метод для характеристики внутрішнього середовища і газових викидів як на комерційних, так і на експериментальних фермах по вирощуванню кролів, а інші – кількісно оцінили викиди метану від кролів (і морських свинок), яких годували виключно сіном, спостерігаючи щоденне виробництво метану в обсязі 0,2 л на кроля [9, 27 61].

У період з 2011 по 2024 рр. роботи були присвячені: викидам парникових газів, морфології та характеристиці твердих частинок на кролефермах, викидам парникових газів від гною кролів, впливу кормових добавок на зменшення викидів аміаку та парникових газів від кролів [1, 2, 20, 17, 5, 61]. Прогнозування викидів забруднювальних речовин та впливу кролівництва на навколишнє середовище вивчали за допомогою моделювання та за допомогою аналізу життєвого циклу, а використовуючи метод багатокритеріальної

оцінки, оцінили стійкість двох альтернативних систем розведення кролів [49, 11, 51, 70, 65, 61].

Оскільки більшість вирощуваних кролів утримуються в закритих приміщеннях у клітках, література, присвячена впливу кролівництва на довкілля, обмежується лише цією системою виробництва. Є лише одна стаття, в якій зроблено спробу оцінити вплив на довкілля двох альтернативних систем вирощування кролів [51]. Сама по собі ця робота проливає певне світло на можливі альтернативи, але її наукову та соціальну цінність можна поставити під сумнів. Фактично, досліджувані системи базувалися на перспективній роботі Lytle W. та ін., які запропонували вирощувати кролів під сонячними панелями [47].

Опрацьована література також охоплює питання політики. Розглядалися кілька політичних інструментів (податки, субсидії, торгівля квотами на викиди, добровільні зусилля зі зменшення викидів парникових газів від тваринництва) для зменшення викидів парникових газів від тваринництва, також вивчали вплив глобальної кліматичної політики на тваринництво, зміни у землекористуванні, засоби до існування та продовольчу безпеку.

Поведінка та вподобання споживачів також відіграють важливу роль в ефективності політики. Schulze M. та ін. продемонстрували сильну громадську підтримку сталої трансформації тваринництва та надали докази того, що скорочення поголів'я худоби є прийнятним шляхом з точки зору громадськості. На думку цих авторів, потенціал скорочення поголів'я худоби може бути величезним: він може становити до 45% від усього сектору, включаючи скорочення викидів від зміни землекористування, виробництва та використання добрив і пестицидів, виділення та внесення гною, переробки та транспортування кормів [62]. Ці результати, суперечать тим, які наводять Legoу F. та ін., вони вважають, що скорочення поголів'я худоби на основі твердження – здоровий раціон містить мало червоного м'яса і насичених жирів – є хибним, а в контексті загального впливу західного способу життя значне скорочення споживання м'яса призведе до зменшення вуглецевого сліду на 2-6% (наприклад, на 12 т CO₂екв. на особу щорічно). Вони також поставили під сумнів твердження про вплив тваринництва на здоров'я планети. Згідно з їхнім оглядом, ці твердження не є обґрунтованими. Однак ці автори визнали важливість розуміння того, що вплив тваринництва на навколишнє середовище залежить від регіону, екосистеми та методів ведення господарства [45].

ВИКИДИ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ ТА ВТРАТИ АЗОТУ У КРОЛІВНИЦТВІ

Наявні дані щодо викидів парникових газів та втрат азоту в системах виробництва продукції кролівництва узагальнено в табл. Викиди були класифіковані відповідно до джерела – ферма, тварини або гній, методологія, що використовується для оцінки (аналіз життєвого циклу або моделювання) або для вимірювання (інтенсивність викидів газів, баланс азоту у ферментаційній камері) цих викидів відповідно до типу ферми (типова італійська чи французька виробнича система, теоретична ферма з

фотоелектричними установками або без них, а також комерційні або експериментальні ферми) [61].

Таблиця. Викиди парникових газів (ПГ) від виробництва кролівництва

Викиди парникових газів	Одиниці	Основні викиди	Джерело	Методологія	Тип господарства	Посилання
3,78 до 4,04	кг екв. CO ₂ на кг живої маси	Корм 70,0%	Ферма	Життєвий цикл - оцінка	Типова італійська кролеферми	Cesari та ін. 2018
199.7	кг екв. CO ₂ на кг живої маси	Сонячна 99,9%	Ферма	Життєвий цикл - оцінка	Теоретичне – фотоелектричне дослідження на пасовищі	Pascaris та ін. 2021
651.6	кг екв. CO ₂ на кг живої маси	Канал, 69,3%	Ферма	Життєвий цикл - оцінка	Теоретичне – фотоелектричне дослідження в приміщенні	Pascaris та ін. 2021
13 619.9	кг екв. CO ₂ на кг живої маси	Енергетика 96,7%	Ферма	Життєвий цикл - оцінка	Теоретично - в приміщенні немає фотоелектричної енергії	Pascaris та ін. 2021
30,6 до 44,7	кг CO ₂ екв. (загальні викиди)	Понад 85% корму	Ферма	Життєвий цикл - оцінка	Підприємство по виробництву хутра рексів	Wang та ін. 2022
11,3 до 13,7	г NH ₃ на кг живої маси	Не повідомляється	Ферма	Моделювання - оцінка	Типова французька кролеферма	Méda та ін. 2014
Від 0 до 0,17	г N ₂ O на кг живої маси	Не повідомляється	Ферма	Моделювання - оцінка	Типова французька кролеферма	Méda та ін. 2014
17.8	г CH ₄ на кг живої маси	Не повідомляється	Ферма	Моделювання - оцінка	Типова французька кролеферма	Méda та ін. 2014
38,7 до 65,6	мг NH ₃ на год. і тварину	Не повідомляється	Ферма	Обсяги викидів газів	Приватне племінне господарство	Calvet et al. 2011
4004 до 17 820	мг CO ₂ на год. та тварину	Не повідомляється	Ферма	Обсяги викидів газів	Приватне племінне господарство	Calvet et al. 2011
Від 0 до 20,8	мг N ₂ O на год. і тварину	Не повідомляється	Ферма	Обсяги викидів газів	Приватне племінне господарство	Calvet et al. 2011
3,5 до 12,1	мг NH ₃ на год. і тварину	Не повідомляється	Ферма	Обсяги викидів газів	Приватне господарство по вирощуванню кролів	Calvet et al. 2011
1180 до 3880	мг CO ₂ на год. та тварину	Не повідомляється	Ферма	Обсяги викидів газів	Приватне господарство по вирощуванню кролів	Calvet et al. 2011
Від 0 до 2.0	мг N ₂ O на год. і тварину	Не повідомляється	Ферма	Обсяги викидів газів	Приватне господарство по вирощуванню кролів	Calvet et al. 2011
1.12 до 1.40	літрів CO ₂ на год.	Не повідомляється	Тварина	Флосова камера	Експериментальне – вирощування кролів	Estellés та ін. 2009
1,35 до 2,61	літрів CO ₂ на год.	Не повідомляється	Тварина	Флосова камера	Експериментальне – вирощування кролів	Estellés та ін. 2010
від 0,12 до 0,28	літрів CH ₄ на добу	Не повідомляється	Тварина	Флосова камера	Експериментальне – вирощування	Franz та ін. 2011

					карликових кролів	
40.1 до 42.4	г азоту на кг живої маси	Не повідомляється	Тварина	Баланс азоту	Експериментальне – вирощування кролів	Calvet et al. 2008
57.0 до 59.1	г азоту на кг живої маси	Не повідомляється	Тварина	Баланс азоту	Експериментальне – вирощування кролів	Dinuccio та ін. 2019
2,95 до 3,26	мг NH ₃ на год.	Не повідомляється	Гній	Флосова камера	Експериментальне – вирощування кролів	Estellés та ін. 2009
216,9 до 272,4	мг CO ₂ на год.	Не повідомляється	Гній	Флосова камера	Експериментальне – вирощування кролів	Estellés та ін. 2009
17,8 до 26,4	мг NH ₃ на год. та м ²	Не повідомляється	Гній	Флосова камера	Експериментальне – вирощування кролів	Estellés та ін. 2014
1,93 до 2,53	мг N ₂ O на годину та м ²	Не повідомляється	Гній	Флосова камера	Експериментальне – вирощування кролів	Estellés та ін. 2014
від 7,5 до 10,8	мг CO ₂ на год. та м ²	Не повідомляється	Гній	Флосова камера	Експериментальне – вирощування кролів	Estellés та ін. 2014
16,4 до 18,5	мг CH ₄ на год. та м ²	Не повідомляється	Гній	Флосова камера	Експериментальне – вирощування кролів	Estellés та ін. 2014
212 до 257	г екв. CO ₂ на кг гною	Не повідомляється	Гній	Ферментаційна камера	Експериментальне – вирощування кролів	Dinuccio та ін. 2019
2.70	мг CH ₄ на г гною	Не повідомляється	Гній	Ферментаційна камера	Експериментальне – вирощування кролів	Hidayat та ін. 2021
143,7 до 246,7	г NH ₃ на м ²	Не повідомляється	Гній	Ферментаційна камера	Експериментальне – вирощування кролів	Biagini та ін. 2021
1,04 до 1,60	г N ₂ O на м ²	Не повідомляється	Гній	Ферментаційна камера	Експериментальне – вирощування кролів	Biagini та ін. 2021
1779 до 2533	г CO ₂ на м ²	Не повідомляється	Гній	Ферментаційна камера	Експериментальне – вирощування кролів	Biagini та ін. 2021
22,8 до 35,2	г CH ₄ м ²	Не повідомляється	Гній	Ферментаційна камера	Експериментальне – вирощування кролів	Biagini та ін. 2021
3498 до 4226	г CO ₂ екв. на м ²	Не повідомляється	Гній	Ферментаційна камера	Експериментальне – вирощування кролів	Biagini та ін. 2021

Викиди від фермерських господарств. При дослідженнях CesariV. та ін. використали аналіз життєвого циклу для оцінки загальних викидів парникових газів від типової італійської ферми з виробництва м'яса кролів. Вони визначили значення вхідних змінних, використовуючи дані з літератури, і розглянули коефіцієнт конверсії корму як єдину змінну, пов'язану з ефективністю виробництва та впливом на навколишнє середовище. Після моделювання трьох сценаріїв смертності (5%, 10% і 20%) тільки у період відгодівлі, загальний обсяг викидів парникових газів був оцінений в межах від 3,78 до 4,04 кг CO₂ екв. на кг виробленої живої маси. Автори порівняли результати з результатами для інших моногастричних видів (курей і свиней) і дійшли висновку, що вплив типової середньостатистичної італійської ферми з виробництва м'яса кролів на навколишнє середовище можна порівняти з впливом свиноферми. Хоча це позитивний результат, не виключено, що деякі постулати, використані в аналізі, можуть спотворювати реальний вплив виробництва м'яса кролів на навколишнє середовище. У своєму аналізі вони виключили викиди від будівництва та обслуговування інфраструктури (будівель, кліток тощо), а також викиди від антибіотиків і гормонів. Крім того,

викиди, пов'язані з гноєм, були знижені. Припускалося, що весь вироблений гній використовується у вирощуванні кукурудзи на тій самій фермі [11, 61].

Незважаючи на вибір моделювання, який був зроблений, найцікавішим результатом є високий внесок виробництва кормів у зміну клімату (близько 71,2% від загального обсягу викидів CO₂ екв.), в основному пов'язаний з використанням органічних добрив для рослинництва та транспортування кормових інгредієнтів з інших країн (соевого шроту з Бразилії та меляси з цукрової тростини з Таїланду). З різноманітних чинників впливу на навколишнє середовище, зміна землекористування отримала негативну оцінку. Це було пов'язано з використанням люцерни в раціоні, культури, яка поглинає вуглець порівняно з орними культурами. Автори також оцінили землекористування в 12,5 м² на кілограм виробленої живої маси [11, 61].

Єдине дослідження на фермах, в якому представлені фактичні вимірювання викидів парникових газів від комерційних та експериментальних кролеферм, було проведене CalvetS. та ін. у 2011 році [9]. Вони вимірювали викиди аміаку, вуглекислого газу та закису азоту в режимі реального часу на трьох кролефермах на сході Іспанії (дві приватні та одна експериментальна). Викиди метану також вимірювалися, але не могли бути визначені, оскільки показники нижче 10 мг/л сильно впливають на показники вологості повітря. Всі вимірювання проводилися за допомогою мультигазового фотоакустичного аналізатора, а викиди NH₃, CO₂ і N₂O були отримані шляхом розрахунку інтенсивності викидів на одну голову. Викиди від ферми включали викиди від тварин та їхнього гною разом. Крім того, окремо були розраховані викиди від племінних самок та відгодівельного молодняку. Після перерахунку результатів у кг CO₂ екв. на голову за рік (за допомогою калькулятора еквівалентів парникових газів Агентства з охорони навколишнього середовища США: <https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator>), загальні викиди парникових газів становили 164 кг CO₂ екв. на голову за рік. Кожна самка кроля виділяє 134 кг CO₂ екв. на рік, тоді як при вирощуванні кролів виділялося близько 30 кг CO₂ екв. на голову за рік (або близько 2,80 кг CO₂ екв. на голову, враховуючи період відгодівлі 35 днів). Хоча значення, отримані для кролів на відгодівлі (приблизна оцінка за умови, що період відгодівлі становить 35 днів), були нижчими за ті, про які повідомляли Cesari V. та ін., ці автори не врахували викиди від інших джерел, а не прямі викиди через метаболізм тварин та розкладання гною [9, 11, 61].

Решта досліджень, що оцінюють вплив на навколишнє середовище на рівні ферм [49, 51, 70, 61] представляють різні значення викидів парникових газів. Méda B. та ін., використовуючи динамічне моделювання, оцінили викиди аміаку, закису азоту та метану від типової французької кролеферми з поголів'ям у 605 кролиць.

Вони також розглянули дві системи зберігання гною: гноївка та гнойова ванна. Значення в таблиці – це діапазон викидів NH₃, N₂O та CH₄ від двох систем використання гною. У перерахунку на еквівалент CO₂ оціночні викиди становили 0,498 та 0,536 кг еквіваленту CO₂ на кг живої маси, виробленої в гноївках та гнойових ваннах, відповідно [49]. Ці показники є нижчими, ніж ті, що були отримані іншими авторами які використовували оцінку життєвого

циклу та прямі вимірювання викидів газів на фермі. Розбіжності між цими дослідженнями можуть бути пов'язані з використаною методологією, припущеннями кожної моделі та межами системи [11, 9, 61].

Pascaris A.S. та ін. порівняли три системи: випасання кролів під сонячними панелями, вирощування кролів у приміщенні, що обігрівається енергією, виробленою на місці з сонячних панелей, і вирощування кролів у приміщенні, що обігрівається енергією з викопного палива [51, 61]. Цю теоретичну фотоелектричну систему, концептуалізовану Lytle W. та ін., не можна порівняти з традиційними системами вирощування кролів, що існують в Європі [47]. Wang H. та ін. для Китаю оцінили вплив на навколишнє середовище мережі з вирощування кролів породи Рекс [70]. У цьому дослідженні автори мали на меті оцінити переваги циклічного промислового ланцюга. Після моделювання двох сценаріїв, один з яких включав біогазову електростанцію для переробки гною, а інший – передає гній на обробку без його переробки, був проведений аналіз життєвого циклу "від початку до кінця". Потенціал глобального потепління, виражений у кг еквівалента CO₂, був оцінений на рівні 30,6 і 44,7 кг еквівалента CO₂ для сценаріїв з переробкою гною на біогаз і без неї, відповідно. Вони спостерігали значний внесок у викиди парникових газів та в інші категорії впливу на навколишнє середовище – вирощування кормів та споживання електроенергії на етапах переробки кормів. Таким чином, на годівлю припадає понад 85% викидів CO₂ екв., що узгоджується з висновками інших дослідників [11, 51, 61, 70].

Крім цього вони також відзначили, що використання біогазової електростанції сприяло зменшенню потенціалу глобального потепління внаслідок скорочення споживання хімічних добрив, пестицидів та зовнішньої електроенергії [61, 70].

Значення викидів парникових газів широко варіюються між дослідженнями на рівні фермерських господарств. Відмінності, що спостерігаються, пов'язані з вибором і точним налаштуванням параметрів, які використовуються в аналізі життєвого циклу, припущеннями моделі та межами системи, що розглядаються в кожному дослідженні. Наприклад, відмінності у масі тушки, видах годівлі (обмежена чи ні) та інших параметрах, таких як репродуктивні показники самок кролів (плодючість, вибракування та/або смертність тощо), впливатимуть на результати оцінки життєвого циклу. З точки зору меж системи, включення або виключення спеціальної обробки гною для отримання частини зернових, що використовуються в кормах для кролів, також впливає на результати, так само як і включення або виключення процесу забою в розрахунки.

Незважаючи на свої обмеження, аналіз життєвого циклу надає інформацію про різні секції, які є основними джерелами викидів парникових газів. У випадку виробництва м'яса кролів цей метод показує, що переважна більшість викидів CO₂ екв. пов'язана з викопним паливом, яке використовується у виробництві кормів [11, 61, 70]. Це можна вдосконалити, розглядаючи дані про прямі викиди від декількох кролеферм в межах однієї (або декількох) країни або використовуючи реальні дані про викиди від кролеферм замість стандартних коефіцієнтів викидів [9, 18, 20, 61]. На думку

Goglio P. та ін., цьому методу все ще бракує точності та надійності у вирішенні питань сталого розвитку тваринницьких систем та продуктів. Для них необхідна гармонізація [34].

Підходи моделювання також корисні. Вони допомагають нам зрозуміти певні явища, але їх використання повинно обмежуватися описом систем, близьких до реальності, як це зробили Méda B. та ін. [49]. Аналіз на основі теоретичних систем також може допомогти нам зрозуміти майбутні та альтернативні системи. Однак брак реальних даних може призвести до невірних оцінок, як у випадку з Pascaris A.S. та ін. [51].

Слід також розглянути можливість використання даних про викиди парникових газів у реальному часі від метаболізму кролів (дихання, асиміляція, екскреція тощо) та від розкладання гною. Цим даним слід надавати перевагу при аналізі потенціалу глобального потепління традиційних та альтернативних систем виробництва продукції кролівництва.

Викиди від тварин. Деякі автори розглядали викиди з точки зору метаболізму кролів. Жодне з проведених досліджень не характеризувало викиди парникових газів від дорослих тварин [8, 18, 19, 27, 17, 61].

Estellés F. та ін., використовуючи камеру для вимірювання газових викидів (флюсову), зафіксували індивідуальні викиди кролів від 1,12 до 2,61 літра CO_2 на годину. Враховуючи період відгодівлі 35 днів і щоденні викиди CO_2 47,5 літрів на одного кроля (припускаючи середній рівень викидів 1,98 літрів CO_2 на годину для кроля вагою 1,24 кг), викиди CO_2 екв. від одного кроля можуть досягати 3,05 кг CO_2 екв. за 35 днів (тому що 1 m^3 CO_2 важить 1,84 кг) [18, 19]. Це узгоджується з оцінками інших авторів [8, 9, 61].

Використовуючи флюсову камеру, Franz R. та ін. виміряли викиди CH_4 від карликових кроликів, яких годували сіном [27]. Ентеральні викиди CH_4 варіювали від 0,12 до 0,28 л CH_4 на добу, що є нижчим показником порівняно з іншими трав'яними видами ссавців [12]. Якщо припустити, що 1 m^3 CH_4 важить 0,72 кг, то один кролик повинен виробляти від 0,003 до 0,007 кг CH_4 за 35 днів, що становить від 0,084 до 0,196 кг CO_2 екв. За розрахунковими даними один кролик, що росте, повинен виробляти від 3,13 до 3,25 кг еквівалента CO_2 за 35 днів [19, 27, 61].

На додаток до викидів парникових газів, виміряних на рівні тварин, вимірювали втрати азоту при вирощуванні кролів. Calvet S. та ін. виявили значення екскреції між 40,1 та 42,4 г азоту на кг живої маси, тоді як Dinuccio E. та ін. спостерігали вищі значення, від 57,0 до 59,1 г азоту на кг живої маси. Вища екскреція азоту, може бути пов'язана з вмістом азоту в кормах для кролів: 28,4 г азоту на кг корму порівняно з 25,9 г азоту на кг корму (в середньому) в кормах [8, 17, 61].

В проведених дослідженнях, різними дослідниками, викиди парникових газів на рівні тварин узгоджуються між собою. Як згадувалося вище, вимірювання в реальному часі є кращими, ніж середні показники та припущення. Однак необхідні подальші дослідження, щодо викидів від дорослих тварин, що розмножуються. Також бракує знань про внесок генетики, годівлі та ветеринарних практик у викиди парникових газів на рівні тварин [8, 11, 17, 19, 27, 51, 61, 70].

Викиди від гною. Викиди від гною кролів визначали двома методами: у флюсовій камері або у ферментаційній камері. Викиди NH_3 та CO_2 , у флюсовій камері, зі свіжого гною становили від 2,95 до 3,26 мг NH_3 на годину та від 216,9 до 272,4 мг CO_2 на годину відповідно [18, 20, 17, 38, 5, 61].

Намагаючись зменшити викиди від гною, до гнойових ям двічі на тиждень у дозі 50 г на m^2 додавали порошок суперфосфату кальцію. Хоча додавання цієї добавки не було статистично вірогідним, воно зменшило викиди CO_2 з 10,81 до 7,45 г на годину на m^2 , а викиди N_2O – з 2,53 до 1,93 мг на годину на m^2 . Викиди CH_4 , навпаки, зросли з 16,37 до 18,45 мг на годину на m^2 . Коли ці значення були переведені в еквівалент CO_2 , щоденні викиди на m^2 становили в середньому 680 г еквівалента CO_2 з додаванням порошку суперфосфату кальцію та 978 г еквівалента CO_2 без добавки [20].

Використовуючи інший метод і метрики, Dinuccio E. та ін. [17] виявили, що викиди від гною становлять від 212 до 257 г CO_2 на кг гною, тоді як Biagini D. та ін. [5] повідомили про щоденні викиди CO_2 з гноєм від 194 до 235 г на m^2 . Ці значення були нижчими, ніж ті, про які заявляли Estellés F. та ін. [20]. Різні результати можуть бути пов'язані з різними методологіями: 24-годинні вимірювання у флюсовій камері проти 18 днів поспіль із зразків гною, розміщених у ферментаційній камері, відповідно [5, 17, 20, 61].

Hidayat C. та ін. сконструювали ферментаційну камеру з використанням ПВХ-трубок. Помістивши зразки гною різних видів тварин (буйвола, курки, корови, качки, кози та кролів), вони вимірювали викиди CH_4 упродовж восьми тижнів поспіль. Аеробне перетравлення качинового гною призвело до утворення найбільшої кількості метану (98,0 мг CH_4 на г), далі за ним слідували гній буйвола (21,9 мг CH_4 на г), корови (20,32 мг CH_4 на г), курки (18,0 мг CH_4 на г гною) та кози (6,01 мг CH_4 на г гною). Кролячий гній виробляв найменшу кількість серед усіх вимірюваних видів, близько 2,7 мг CH_4 на г гною [38].

Прямих вимірювань викидів парникових газів від гною кролів небагато. Хоча результати наявних досліджень узгоджуються між собою, вплив генетики, годівлі або практики поводження з гноєм може змінювати кількість викидів. Потрібні реальні дані з масиву ферм з різними генотипами, стратегіями годівлі та практиками обробки гною. Незважаючи на цю інформацію, дослідження, спрямовані на потенціал використання посліду від кролів у системах рослинництва і луківництва, потребують подальшого розвитку. Сталі стратегії переробки посліду від кролів повинні розроблятися на рівні всього господарства, як і у випадку з іншими видами тварин [53, 54, 61].

КОНЦЕНТРАЦІЯ ТВЕРДИХ ЧАСТИНОК ТА ВИКИДИ

На даний час інформації про концентрації твердих частинок та викиди від кролеферм є недостатньо. Було обстежено дві кролеферми: відгодівельну та племінну, на обох з яких гній накопичувався під клітками упродовж трьох-чотирьох тижнів. Через 15 днів вимірювань концентрація твердих частинок у приміщенні відгодівлі становила 0,082 і 0,012 мг на m^3 твердих частинок розміром 10 і 2,5 мкм відповідно. На племінній фермі концентрація твердих частинок розміром 10 і 2,5 мкм у повітрі становила 0,048 і 0,012 мг на m^3 відповідно. Різноманітні види діяльності, включаючи підмітання підлоги,

догляд за тваринами та використання води під тиском для миття кліток, були визначені як основні джерела викидів твердих частинок (переважно 10 мікрон) у відгодівельному комплексі. На племінній фермі основними видами діяльності, що призводять до викидів твердих частинок обох розмірів, були підмітання та спалювання шерсті. Крім того, відгодівельний цех викидав більше твердих частинок за межі ферми (в середньому 0,52 і 0,02 г на годину 10- і 2,5-мікронних частинок відповідно), ніж племінний цех (в середньому 0,33 і 0,06 г на годину 10- і 2,5-мікронних частинок відповідно). Це було пов'язано з дуже високою щільністю тварин у відгодівельному блоці [1, 61].

У порівнянні з іншими видами тварин, загальна концентрація твердих частинок на кролефермах є відносно низькою. Наприклад, на птахофабриках та свинофермах викиди твердих частинок коливаються від 0,05 до 15,3 мг на м³ для вдихуваних і від 0,03 до 1,9 мг на м³ для видихуваних твердих частинок. З точки зору регулювання, викиди, що спостерігаються в кролятниках, є нижчими за встановлені законодавством порогові значення [1, 61].

Незважаючи на знижений рівень твердих частинок у кролячих приміщеннях, вони мають різноманітне походження – хутро, частинки шкіри, фекалії, сеча, підстилка та дезінфікуючі засоби [43]. Крім того, вони можуть переносити аміак, містити важкі метали, поглинати запахи і переносити бактерії (як грампозитивні, так і грамнегативні), грибки, віруси і навіть біологічно активні сполуки, такі як частинки антибіотиків [10, 2]. Поєднання цих факторів може потенційно збільшити ризики для здоров'я як тварин, так і фермерів. Вплив на навколишнє середовище, пов'язаний з викидами твердих частинок від тваринництва (включаючи зниження видимості, стрес для рослинності та зміну екосистем), є додатковим ризиком, який ще не був оцінений [61].

Хоча дослідження, проведені в кролятниках, показали низький рівень викидів твердих частинок, необхідні подальші дослідження для кращої характеристики бактерій і вірусів та антибіотиків, присутніх у цих частинках. Великий інтерес представляє характеристика викидів від різних типологій ферм (призначення, щільність поголів'я тварин, розміри будівель та інші технічні особливості тощо) та виробничих систем (наприклад, системи випасу на відкритому повітрі). Відсутність такої інформації унеможливорює будь-яку повноцінну оцінку впливу на навколишнє середовище, пов'язаного з вирощуванням кролів [61].

ВОДНИЙ СЛІД

У зв'язку з різними джерелами та видами використання води, водний слід поділяється на три категорії: «синя», «зелена» та «сіра» вода [48]. «Синій» водний слід – це обсяг поверхневих і підземних вод, необхідних для виробництва однієї одиниці продукції. «Зелений» водний слід – це обсяг дощової води, втрачений через випаровування. «Сірий» водний слід – це обсяг прісної води, необхідний для асиміляції забруднюючих речовин, виходячи з існуючих стандартів якості води в навколишньому середовищі.

Використовуючи дані Food and Agriculture Organisation of the United Nations та літературні джерела, був оцінений водний слід для кількох продуктів тваринного походження: яловичини, свинини, курятини, баранини,

козлятини, яєць, молока, масла, сухого молока, сиру та шкіри. «Зелений», «синій» та «сірий» водні сліди для деяких з цих продуктів, відповідно до системи виробництва, наведено на рис. А, В та С.

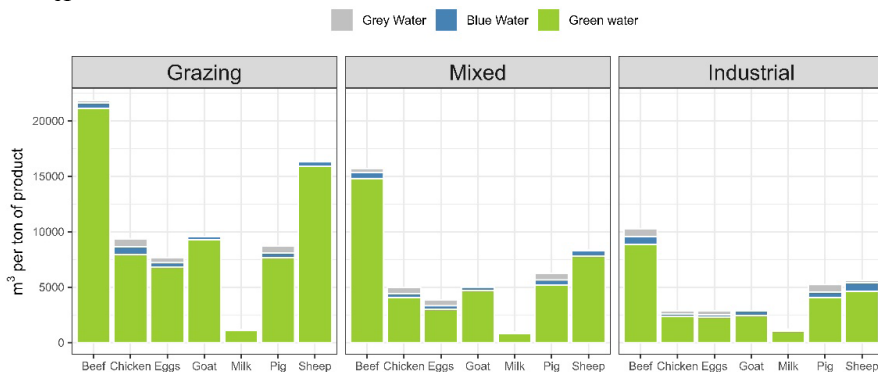
На перший погляд, водний слід систем випасу більший, ніж у змішаних та промислових систем (всі продукти). Картина змінюється, якщо виключити «зелений» (дошовий) водний слід. За винятком продукції птахівництва, «синій» і «сірий» водний слід збільшується від систем випасу до промислових систем (рис. В). У своєму аналізі Mekonnen M.M. та Hoekstra A.Y. виявили, що 98% водного сліду припадає на корми. Питна вода, технічна вода та вода для замішування кормів становлять лише 1,1, 0,8 та 0,03% від загального водного сліду відповідно. Якщо зосередитися на «синьому» водному сліді у системах випасу, то він становить 3,6% від загального водного сліду, причому 33% цього споживання пов'язано з використанням питної та технічної води. На протипагу цьому, «синій» водний слід у промислових системах становить 8% від загального водного сліду [48].

Показники водного сліду, представлені Mekonnen M.M. та Hoekstra A.Y., є дуже вичерпними. Однак слід звернути увагу на деякі суттєві моменти. Відходи тваринництва та забруднення води від виробництва кормових культур, крім азоту не були включені до оцінок «сірого» водного сліду. Окрім недооцінки «сірого» водного сліду, ця категорія часто є більш важливою в системах інтенсивного виробництва [48, 61]. Ran Y. та ін. розглянули методи, що використовуються для оцінки використання водних ресурсів у тваринництві. Для цих авторів концепція «сірої води» є віртуальним показником обсягу води, необхідного для асиміляції забруднюючих речовин та зменшення погіршення якості води, і через природу цього показника його не слід сумувати з показниками використання «зеленої» та «синьої» води [48, 57, 61].

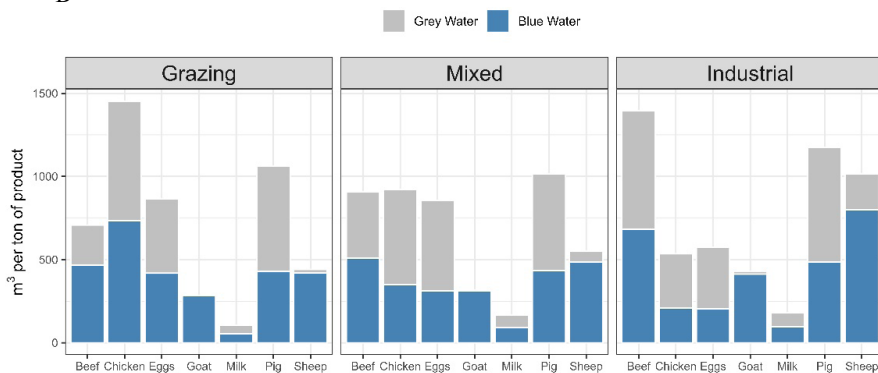
В обох дослідженнях виробництво кормів для тварин згадується як основний фактор, що впливає на використання води. У той час як Mekonnen M.M. та Hoekstra A.Y. зазначають, що тваринництво, засноване на використанні рослинних залишків, відходів і грубих кормів для годівлі тварин, чинить найменший тиск на прісноводні системи, Ran Y. та ін. згадують системи, де тварин випасають на маргінальних землях, які мають мало альтернативних способів використання та низьку соціально-економічну цінність [48, 57, 61].

Незважаючи на те, що дослідження оцінки життєвого циклу не враховують більшу частину споживацького використання «зеленої» води, цей підхід підкреслює важливість зв'язку використання водних ресурсів з місцевими впливами та місцевою нестачею води. Для кролівництва це єдиний доступний підхід. Наприклад, було підраховано, що для виробництва одного кілограма живої маси виснажується 1,13 м³ водного еквівалента. Ці цифри, однак, не можна порівняти з дослідженнями водного сліду [48, 11, 61].

A



B



C

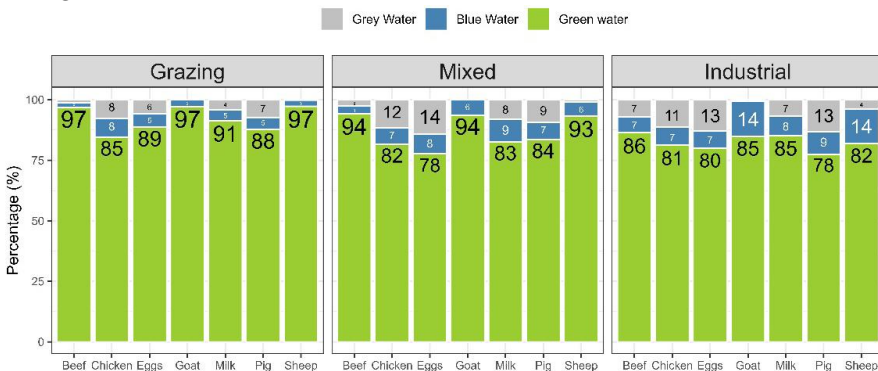


Рис. Обсяг «зеленого», «синього» та «сірого» водного сліду на одиницю виробленої продукції тваринництва (A і B) і у відсотках від загального водного сліду (C) відповідно до системи виробництва (пасовищина, змішана або промислова). Адаптовано з Mekonnen M.M. та Hoekstra A.Y. (2012).

Незважаючи на відсутність даних щодо водного сліду у м'ясному кролівництві, широке використання рослинних залишків (наприклад, соломи зернових), побічних продуктів (наприклад, бурякового жому) та грубих матеріалів (наприклад, соєвого лушпиння) у кормах для кролів має сприяти тому, що водний слід промислового виробництва м'яса кролів знаходиться десь посередині між продукцією птахівництва та свинарства. Необхідні дослідження для заповнення прогалин у знаннях про водний слід як промислових, так і альтернативних систем виробництва м'яса кролів [61].

ВТРАТА БІОРІЗНОМАНІТТЯ

Зміна землекористування, деградація місць існування, використання пестицидів та забруднення є одними з основних факторів, пов'язаних із впливом тваринництва на біорізноманіття [36, 7, 61]. Green R.E. та ін. запропонували два компромісні методи між виробництвом продуктів харчування для населення та збереженням біорізноманіття: ощадливе використання землі та спільне використання землі. Бережливе ставлення до землі зосереджується на підвищенні врожайності на землях, які вже використовуються для сільського господарства, тим самим зменшуючи потребу в перетворенні нерозораних земель для виробництва продовольства/кормів. Концепція спільного використання земель, з іншого боку, передбачає збереження природних ділянок, екстенсивне виробництво продуктів харчування в напівприродних біотопах і впровадження практик, які мінімізують негативний вплив добрив і пестицидів [36].

Розглядаючи екосистеми пасовищ, Alkemade R. та ін. припустили, що підвищення врожайності в змішаних рослинницько-тваринницьких системах у регіонах, де продуктивність все ще низька, є найкращою альтернативою для збереження землі для природи. Однак у регіонах, де технології розвинені, а продуктивність вже висока, не варто очікувати позитивного впливу підвищення продуктивності на біорізноманіття [3]. Крім того, існують ризики технологічних підходів, оскільки вони можуть призвести до втрати традиційних культур і знань, а також до деградації покинутих земель (якщо не буде розроблена спеціальна програма відновлення) [3, 61].

Хоча це може здатися нелогічним, ефективне тваринництво з високим рівнем біорізноманіття та благополуччя тварин можливе [7]. Цього можна досягти в агролісомеліоративних системах, які поєднують тваринництво з місцевими чагарниками, деревами та їстівними рослинами, де тварини харчуються виключно рослинними ресурсами, які не використовуються для споживання людиною. При правильному плануванні та управлінні ці складні агроекосистеми сприяють розвитку видів, які діють як біоконтроль шкідників і хвороб, фермери отримують більше задоволення від роботи, а біорізноманіття збільшується [7]. При належному управлінні системи агролісомеліорації можуть замінити індустріалізовані, спрощені системи і зменшити сільськогосподарську експансію на природоохоронні території (спільне використання сільськогосподарських угідь з дикими тваринами, зберігаючи землю для природи) [52].

У складній дискусії протилежних світів, де одні виступають за інтенсифікацію виробництва продуктів харчування, щоб зберегти землю для

природи, а інші стверджують, що робота з природою в складних агроєкосистемах є рішенням, Kremen C. and Merenlender A. закликають до глобального управління ландшафтами в матриці, яка працює на біорізноманіття і на людей. На їхню думку, для зменшення вирубки лісів, яка в основному пов'язана з вирощуванням сільськогосподарських культур для годівлі тварин, необхідний цілісний підхід [44].

Витрати на біорізноманіття та навколишнє середовище, пов'язані з інтенсивними методами виробництва продуктів харчування, добре описані в роботі Tilman D. та ін. [66]. Наприклад, системи тваринництва з високою щільністю утримання можуть збільшити захворюваність і сприяти появі нових хвороб, часто стійких до антибіотиків, що робить систему вразливою до катастрофічних втрат тварин від хвороб [66]. Пасовищні системи, навпаки, покладаються на екосистемні послуги і уникають багатьох проблем виробництва в умовах обмеженого простору. Тварини, що випасаються на пасовищах, харчуються рослинами, що ростуть у полі, а росту рослин сприяють відходи тваринництва. Жуйні та інші домашні трав'яні тварини здатні перетворювати низькоякісні грубі корми на високоякісні продукти тваринного походження. Таким чином, добре сплановані і правильно керовані пасовищно-тваринні екосистеми є ефективним і стійким методом виробництва високоякісних продуктів харчування [66, 61].

На даний час, не існує досліджень, які б кількісно оцінювали вплив кролівництва на втрату біорізноманіття. Однак основний вплив європейського кролівництва на біорізноманіття може бути пов'язаний з вирубкою лісів для вирощування білкових культур, якими годують тварин, переважно сої. Цей товар та інші фламанські продукти є дуже суперечливими і підлягають національному регулюванню. Наприклад, у 2018 році уряд Франції ухвалив національний план боротьби з імпортом продукції, отриманої внаслідок несталості вирубки лісів.

За відсутності точних знань про вплив кролівництва на біорізноманіття, кілька дослідників описали внесок диких кролів у біорізноманіття. За даними Gálvez-Bravo L. та ін. поява чотирьох видів ящірок була пов'язана з наявністю кролячих нір, оскільки вони були знайдені тільки на відкритих пасовищах, де були присутні кролячі нори [28]. Інтенсивна діяльність кролів навколо своїх нір, будівництво туалетів і їхня поведінка під час випасу спричиняють флористичні зміни, які сприяють певній гетерогенності трав'янистого угруповання, що сприяє бета-різноманітності екосистеми [29]. Висока якість кролячого гною (високий вміст вуглецю та високе співвідношення азоту до фосфору: 462 і 17,4 відповідно) підтримувала найрізноманітніше рослинне угруповання порівняно з екскрементами інших трав'яних тварин (зубрів, корів, коней і ланей) у рамках експерименту [61, 67].

Дикі кролі також мають тенденцію до збільшення складності та гетерогенності біотопів, сприяючи збільшенню чисельності та/або багатства видів рослин завдяки поїданню рослин, поширенню насіння та удобренню ґрунту [15]. Кролі також є важливим джерелом їжі для кількох видів хижаків, таких як рись, іспанський орел, а також деяких дрібних хижих птахів та інших хижаків. Беручи до уваги численні функціональні ролі та екосистемні процеси,

які забезпечуються присутністю кролів у середземноморських хащах, європейський кроль був представлений як ключовий вид для цієї екосистеми в південно-західній Європі [14, 15, 61].

З огляду на користь диких кролів для біорізноманіття деяких видів рослин і тварин, альтернативне фермерство, що включає кролів як травоядних тварин у пасовищні системи, може становити інтерес. У Франції пасовищні та органічні системи вирощування кролів є перспективним способом ведення сільського господарства, з технічними результатами порівнянними зі звичайними системами утримання в приміщенні [21, 22, 33, 61]. Ця система утримання на відкритому пасовищі також сприяла вираженню специфічної поведінки, яка не спостерігається в клітках, причому найбільш вираженою поведінкою було випасання [23, 61]. Інтеграція кролів в агролісомеліоративну систему, може принести користь як рослинам, так і тваринам, хоча і знаходиться на стадії перспективи [59, 60, 61].

БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНИЙ АНАЛІЗ

Ще у 1987 році United Nations Brundtland Commission (<https://www.un.org/en/academic-impact/sustainability>) визначила сталий розвиток як «задоволення потреб сьогодення без шкоди для здатності майбутніх поколінь задовольняти свої власні потреби». Інакше кажучи, сталий розвиток – це використання ресурсів у темпах, сумісних із заміщенням природних ресурсів, що використовуються. Простіше кажучи, сталий розвиток – це про споживання і розуміння того, що все взаємопов'язано: споживання потребує продуктів, продукти використовують ресурси, а використання ресурсів впливає на навколишнє середовище. Оскільки все взаємопов'язано, сталий розвиток – це системне мислення в рамках концепції, яка цінує економіку, справедливість і навколишнє середовище у взаємопов'язаному і збалансованому вигляді (<https://www.sustain.ucla.edu/what-is-sustainability/>) [61].

У переплетених системах багатокритеріальний аналіз необхідний для оцінки впливу виробництва на – економіку, справедливість і навколишнє середовище. Fortun-Lamothe L. та ін. і Theau-Clément M. та ін. застосували цей метод для оцінки різних практик розведення кролів. Обговоривши обмеження методу, застосованого до виробництва м'яса кролів, виявили позитивний результат для економічної та соціальної шкал: загальна 1 з 3 балів, але негативний внесок в екологічну шкалу (мінус 2 бали) через високе використання енергії, антибіотиків і зниження біорізноманіття системи [25, 65].

Theau-Clément M. та ін. порівняли три системи вирощування кролів у приміщенні, які відрізнялися головним чином своїм репродуктивним ритмом (інтенсивна, напівінтенсивна та екстенсивна). Після присвоєння балів за 14 критеріями сталості (п'ять для економічних, п'ять для справедливості та чотири для екологічних) вони виявили, що інтенсивна та екстенсивна системи змінили профіль сталості порівняно з напівінтенсивною системою точки зору економічних критеріїв та критеріїв справедливості. Інтенсивна система мала позитивний вплив на два з п'яти економічних критеріїв і негативний вплив на вимір справедливості, пов'язаний з благополуччям тварин, умовами праці та

якістю продукції. На протипагу цьому, екстенсивна система мала позитивний вплив на економічний критерій, пов'язаний з ефективністю процесу, та на екологічний критерій використання біомаси [61, 65].

Висновки. Оскільки більшість м'ясних кролів, що вирощуються в Європі (і в усьому світі), вирощують у закритих кліткових системах, наявні дослідження охоплюють лише цю систему виробництва. Була зроблена єдина спроба кількісно оцінити вплив на навколишнє середовище альтернативної системи, заснованої на випасанні кролів під сонячними панелями. Хоча це дослідження дає певне уявлення про можливі альтернативи, отримані результати слід інтерпретувати з обережністю, оскільки воно не ґрунтується на реальних даних.

Щодо внеску кролівництва у глобальне потепління, то оцінки викидів парникових газів коливаються від 3,13 до 3,25 кг CO₂ екв. на одного кроля, що протягом 35 днів (або від 3,78 до 4,04 кг CO₂ екв. на кілограм живої ваги). Забруднення, пов'язане з втратами азоту, становило від 40,1 до 59,1 г азоту на кг живої маси. Забруднення повітря, пов'язане з викидами твердих частинок (10 мкм), варіювало від 0,082 до 0,045 мг на м³, і немає даних про вплив на воду, який, ймовірно, знаходиться між тими, що спостерігаються для птахівництва та свинарства. Щодо втрати біорізноманіття, то досліджень реального впливу кролівництва на дику природу (рослинний і тваринний світ) немає. Що стосується викидів парникових газів, то вони можуть бути пов'язані зі зміною землекористування для вирощування сільськогосподарських культур, в основному сої, яка використовується для виробництва кормів. Диких кролів, однак, можна вважати ключовим видом середземноморських чагарників.

У нинішніх умовах, і це стосується також інших видів тварин, «довга тінь» тваринництва в основному пов'язана з використанням хімікатів у сільському господарстві, зміною землекористування для виробництва джерел білка для кормів тварин та розкладанням гною. Дослідження, проведені на рівні тварин, надають інформацію про реальні викиди від нормального метаболізму кролів (лише для тварин, що ростуть). Хоча ця інформація має велику цінність, стратегії, спрямовані на скорочення викидів парникових газів, безпосередньо пов'язаних з природними процесами, є обмеженими. Беручи до уваги біологію травлення кролів, зменшення викидів CH₄ з їхнього гною та фактичні практики годівлі (використання побічних продуктів від переробки продукції рослинництва, люцерни та обмеження кормів), очікується, що вплив виробництва м'яса кролів на навколишнє середовище буде нижчим, ніж у інших видів тваринництва.

Деякі дослідники стверджують, що виробництво тваринницької продукції слід скоротити, щоб краще нагодувати світ і «врятувати планету». Більш радикальні погляди закликають до його ліквідації. Для інших це питання просторового розподілу. Але консенсусу щодо того, що слід робити, немає. Дехто стверджує, що найкращою політикою є інтенсифікація виробництва, щоб зберегти землю для природи; інші стверджують, що найкращим варіантом є спільне використання землі з природою. Цей погляд узгоджується з концепцією агроєкосистем, визначеною Conway у 1987 році:

екосистема, де продуктивність, стабільність, стійкість і справедливість є ключовими характеристиками.

Для кролівництва (в його нинішньому вигляді) альтернативи, які були випробувані в інших видах тваринництва включаючи інтеграцію рослинництва і тваринництва, агролісомеліорації та агроєкології, можуть виявитися неможливими. Поточний соціально-економічний та політичний контекст може обмежити еволюцію існуючих систем виробництва продуктів харчування та розвиток альтернативних моделей. Крім того, сектор кролівництва, принаймні в Європі, стикається зі стійким зниженням попиту. І цей факт, безумовно, не допоможе нам знайти альтернативи, якщо не буде впроваджена політика, спрямована на підтримку необхідної еволюції.

Наразі неможливо оцінити вплив альтернативних систем виробництва м'яса кролів на навколишнє середовище. Частково це пов'язано з тим, що вони все ще є рідкісними або експериментальними. По-друге, еталонні методології, що використовуються для оцінки викидів парникових газів, можуть бути недостатньо адаптованими, що призводить до упереджених оцінок. Відсутність гармонізації поточних методологій, що використовуються для оцінки впливу тваринництва на навколишнє середовище, принаймні для методологій оцінки життєвого циклу, є додатковим обмеженням.

Література

1. Adell, E., Calvet, S., Torres, A.G., Cambra-López, M. (2012a). Particulate matter concentrations and emissions in rabbit farms. *World Rabbit Sci.*, 20: 1-12p. <https://doi.org/10.4995/wrs.2012.1035>
2. Adell, E., Estellés, F., Torres, A.G., Cambra-López, M. (2012b). Morphology, chemical composition, and bacterial concentration of airborne particulate matter in rabbit farms. *World Rabbit Sci.*, 20: 241-252p. <https://doi.org/10.4995/wrs.2012.1211>
3. Alkemade, R., Reid, R.S., van den Berg, M., de Leeuw, J., Jeuken, M. (2013). Assessing the impacts of livestock production on biodiversity in rangeland ecosystems. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 110: 20900-20905p. <https://doi.org/10.1073/pnas.1011013108>
4. Atkinson, D., Watson, C.A. (1996). The environmental impact of intensive systems of animal production in the lowlands. *Anim. Sci.*, 63: 353-361p. <https://doi.org/10.1017/S135772980001523X>
5. Biagini, D., Montoneri, E., Rosato, R., Lazzaroni, C., Dinuccio, E. (2021). Reducing ammonia and GHG emissions from rabbit rearing through a feed additive produced from green urban residues. *Sustain. Prod. Consum.*, 27: 1-9p. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.10.003>
6. Bokkers, E.A.M., de Boer, I.J.M. (2009). Economic, ecological, and social performance of conventional and organic broiler production in the Netherlands. *Br. Poult. Sci.*, 50: 546-557p. <https://doi.org/10.1080/00071660903140999>
7. Broom, D.M., Galindo, F.A., Murgueitio, E. (2013). Sustainable, efficient livestock production with high biodiversity and good welfare for animals. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.*, 280: 20132025. <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.2025>

8. Calvet, S., Estellés, F., Hermida, B., Blumetto, O., Torres, A.G. (2008). Experimental balance to estimate efficiency in the use of nitrogen in rabbit breeding. *World Rabbit Sci.*, 16: 205-211p. <https://doi.org/10.4995/wrs.2008.615>
9. Calvet, S., Cambra-López, M., Estellés, F.E., Torres, A.G. (2011). Characterization of the indoor environment and gas emissions in rabbit farms. *World Rabbit Sci.*, 19: 49-61p. <https://doi.org/10.4995/wrs.2011.802>
10. Cambra-López, M., Aarnink, A.J.A., Zhao, Y., Calvet, S., Torres, A.G. (2010). Airborne particulate matter from livestock production systems: A review of an air pollution problem. *Environ. Pollut.*, 158: 1-17p. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2009.07.011>
11. Cesari, V., Zucali, M., Bava, L., Gislon, G., Tamburini, A., Toschi, I. (2018). Environmental impact of rabbit meat: The effect of production efficiency. *Meat Sci.*, 145: 447-454p. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.07.011>
12. Clauss, M., Dittmann, M.T., Vendl, C., Hagen, K.B., Frei, S., Ortmann, S., Müller, D.W.H., Hammer, S., Munn, A.J., Schwarm, A., Kreuzer, M. (2020). Review: comparative methane production in mammalian herbivores. *Animal*, 14: 113-123p. <https://doi.org/10.1017/S1751731119003161>
13. Conway, G.R. (1987). The properties of agroecosystems. *Agric. Syst.*, 24: 95-117p. [https://doi.org/10.1016/0308-521X\(87\)90056-4](https://doi.org/10.1016/0308-521X(87)90056-4)
14. Delibes-Mateos, M., Redpath, S.M., Angulo, E., Ferreras, P., Villafuerte, R. (2007). Rabbits as a keystone species in southern Europe. *Biol. Conserv.*, 137: 149-156p. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.01.024>
15. Delibes-Mateos, M., Delibes, M., Ferreras, P., Villafuerte, R. (2008). Key role of European rabbits in the conservation of the western Mediterranean basin hotspot. *Conserv. Biol.*, 22: 1106-1117p. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.00993.x>
16. Diamond, D., Ashwood, L., Franco, A., Kuehn, L., Imlay, A., Boutwell, C. (2022). Agricultural exceptionalism, environmental injustice, and U.S. right to farm laws. *Envir. Law Report.*, 52: 10727-10748p.
17. Dinuccio, E., Biagini, D., Rosato, R., Balsari, P., Lazzaron, C. (2019). Organic matter and nitrogen balance in rabbit fattening and gaseous emissions during manure storage and simulated land application. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 269: 30-38p. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.09.018>
18. Estellés, F., Calvet, S., Blumetto, O., Rodríguez-Latorre, A.R., Torres, A.G. (2009). Technical note: a flux chamber for measuring gas emissions from rabbits. *World Rabbit Sci.*, 17: 169-179p. <https://doi.org/10.4995/wrs.2009.657>
19. Estellés, F., Rodríguez-Latorre, A.R., Calvet, S., Villagrà, A., Torres, A.G. (2010). Daily carbon dioxide emission and activity of rabbits during the fattening period. *Biosyst. Eng.*, 106: 338-343p. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2010.02.011>
20. Estellés, F., López, M.C., Belenguer, A.I.J., Calvet, S. (2014). Evaluation of calcium superphosphate as an additive to reduce gas emissions from rabbit manure. *World Rabbit Sci.*, 22: 279-286p. <https://doi.org/10.4995/wrs.2014.3223>
21. Fiteveau, M., Savietto, D., Gidenne, T., Pujol, S., Aymard, P., Fortun-Lamothe, L. (2021). Effect of access to outdoor grazing and stocking density on

space and pasture use, behaviour, reactivity, and growth traits of weaned rabbits. *Animal*, 15:100334. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100334>

22. Fetiveau, M., Savietto, D., Bannelier, C., Fillon, V., Despeyroux, M., Pujol, S., Fortun-Lamothe, L. (2023a). Effect of outdoor grazing area size and genotype on space and pasture use, behaviour, health, and growth traits of weaned rabbits. *Animal – Open Space*, 2: 100038. <https://doi.org/10.1016/j.anopes.2023.100038>

23. Fetiveau, M., Savietto, D., Janczak, A.M., Bannelier, C., Plagnet, A.S., Tauveron, M., Fortun-Lamothe, L. (2023b). Time budget of two rabbit genotypes having access to different-sized pasture areas. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 260: 105872. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2023.105872>

24. Fetiveau, M., Savietto, D., Janczak, A. M., Fortun-Lamothe, L., Fillon, V. (2024). Thoughtful or distant farmer: Exploring the influence of human-animal relationships on rabbit stress, behaviour, and emotional responses in two distinct living environments. *Animal Welfare*, 33: e47. <https://doi.org/10.1017/awf.2024.54>

25. Fortun-Lamothe, L., Combes, S., Gidenne, T. (2009). Contribution of intensive rabbit breeding to sustainable development. A semiquantitative analysis of the production in France. *World Rabbit Sci.*, 17: 79-85p. <https://doi.org/10.4995/wrs.2009.661>

26. Faye, B., Waltner-Toews, D., McDermott, J. (1999). From ecopathology to agroecosystem health. *Prev. Vet. Med.*, 39: 111-128p. [https://doi.org/10.1016/S0167-5877\(98\)00149-4](https://doi.org/10.1016/S0167-5877(98)00149-4)

27. Franz, R., Soliva, C.R., Kreuzer, M., Hummel, J., Clauss, M. (2011). Methane output of rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) and guinea pigs (*Cavia porcellus*) fed a hay-only diet: implications for the scaling of methane production with body mass in nonruminant mammalian herbivores. *Comp. Biochem. Physiol. A. Mol. Integr. Physiol.*, 158: 177-181p. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2010.10.019>

28. Gálvez-Bravo, L., Belliure, J., Rebollo, S. (2009). European rabbits as ecosystem engineers: warrens increase lizard density and diversity. *Biodivers. Conserv.*, 18: 869-885p. <https://doi.org/10.1007/s10531-008-9438-9>

29. Gálvez-Bravo, L., López-Pintor, A., Rebollo, S., Gómez-Sal, A. (2011). European rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) engineering effects promote plant heterogeneity in Mediterranean dehesa pastures. *J. Arid Environ.*, 75: 779-786p. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2011.03.015>

30. Garrett, R., Ryschawy, J., Bell, L., Cortner, O., Ferreira, J., Garik, A.V., Gil, J., Klerkx, L., Moraine, M., Peterson, C., dos Reis, J.C., Valentim, J. (2020). Drivers of decoupling and recoupling of crop and livestock systems at farm and territorial scales. *Ecol. Soc.*, 25: 24. <https://doi.org/10.5751/ES-11412-250124>

31. Gerber, P., Key, N., Portet, F., Steinfeld, H. (2010). Policy options in addressing livestock's contribution to climate change. *Animal*, 4: 393-406p. <https://doi.org/10.1017/S1751731110000133>

32. Gidenne, T., Garreau, H., Drouilhet, L., Aubert, C., Maertens, L. (2017). Improving feed efficiency in rabbit production, a review on nutritional, technico-economical, genetic and environmental aspects. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 225: 109-122p. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.01.016>

33. Gidenne, T., Fortun-Lamothe, L., Huang, Y., Savietto, D. (2024). Pastured rabbit systems and organic certification: European Union regulations and technical

and economic performances in France. *World Rabbit Sci.*, 32: 87-97p. <https://doi.org/10.4995/wrs.2024.20894>

34. Goglio, P., Knudsen, M.T., Van Mierlo, K., Röhrig, N., Fossey, M., Maresca, A., Hashemi, F., Waqas, M.A., Yngvesson, J., Nassy, G., Broekema, R., Moakes, S., Pfeifer, C., Borek, R., Yanez-Ruiz, D., Cascante, M.Q., Syp, A., Zylowsky, T., Romero-Huelva, M., Smith, L.G. (2023). Defining common criteria for harmonizing life cycle assessments of livestock systems. *Clean Prod Lett.*, 4: 100035. <https://doi.org/10.1016/j.clpl.2023.100035>

35. Golub, A.A., Henderson, B.B., Hertel, T.W., Gerber, P.J., Rose, S.K., Sohngen, B. (2013). Global climate policy impacts on livestock, land use, livelihoods, and food security. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 110: 20894-20899p. <https://doi.org/10.1073/pnas.1108772109>

36. Green, R.E., Cornell, S.J., Scharlemann, J.P.W., Balmford, A. (2005). Farming and the fate of wild nature. *Science*, 307: 550-555p. <https://doi.org/10.1126/science.1106049>

37. Guené-Grand, E., Davoust, C., Launay, C. (2021). A new alternative outdoor housing method (Wellap®) for fattening rabbits: first results. In: *Proc. 12th World Rabbit Congress. Nantes, France*, E-06.

38. Hidayat, C., Widiawati, Y., Tiesnamurti, B., Pramono, A., Krisnan, R., Shiddieqy, M.I. (2021). Comparison of methane production from cattle, buffalo, goat, rabbit, chicken, and duck manure. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, 648: 012112. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/648/1/012112>

39. Hodge, I. (1978a). On the local environmental impact of livestock production. *J. Agric. Econ.*, 29: 279-290p. <https://doi.org/10.1111/j.1477-9552.1978.tb02425.x>

40. Hodge, I. (1978b). An application of discriminant analysis for the evaluation of the local environmental impact of livestock production. *Agric. Environ.*, 4: 111-121p. [https://doi.org/10.1016/0304-1131\(78\)90015-2](https://doi.org/10.1016/0304-1131(78)90015-2)

41. Innes, R. (2000). The economics of livestock waste and its regulation. *Am. J. Agric. Econ.*, 82: 97-117p. <https://doi.org/10.1111/0002-9092.00009>

42. Kaasschieter, G.A., de Jong, R., Schiere, J.B., Zwart, D. (1992). Towards a sustainable livestock production in developing countries and the importance of animal health strategy therein. *Vet. Quarterly*, 14: 66-75p. <https://doi.org/10.1080/01652176.1992.9694333>

43. Kaliste, E., Linnainmaa, M., Meklin, T., Nevalainen, A. (2002). Airborne contaminants in conventional laboratory rabbit rooms. *Lab. Anim.*, 36: 43-50p. <https://doi.org/10.1258/0023677021911759>

44. Kremen, C., Merenlender, A.M. (2018). Landscapes that work for biodiversity and people. *Science*, 362: eaau6020. <https://doi.org/10.1126/science.aau6020>

45. Leroy, F., Abraini, F., Beal, T., Dominguez-Salas, P., Gregorini, P., Manzano, P., Rowntree, J., van Vliet, S. (2022). Animal board invited review: Animal source foods in healthy, sustainable, and ethical diets – An argument against drastic limitation of livestock in the food system. *Animal*, 16: 100457. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100457>

46. Lund, V., Anthony, R., Röcklinsberg, H. (2004). The ethical contract as a tool in organic animal husbandry. *J. Agric. Environ. Ethics*, 17: 23-49p. <https://doi.org/10.1023/B:JAGE.0000010843.60352.65>
47. Lytle, W., Meyer, T.K., Tanikella, N.G., Burnham, L., Engel, J., Schelly, C., Pearce, J.M. (2021). Conceptual design and rationale for a new agrivoltaics concept: pasture-raised rabbits and solar farming. *J. Clean. Prod.*, 282: 124476. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124476>
48. Mekonnen, M.M., Hoekstra, A.Y. (2012). A global assessment of the water footprint of farm animal products. *Ecosystems*, 15: 401-415p. <https://doi.org/10.1007/s10021-011-9517-8>
49. Méda, B., Fortun-Lamothe, L., Hassouna, M. (2014). Prediction of nutrient flows with potential impacts on the environment in a rabbit farm: a modelling approach. *Anim. Prod. Sci.*, 54: 2042-2051p. <https://doi.org/10.1071/AN14530>
50. Monteny, G.-J., Bannink, A., Chadwick, D. (2006). Greenhouse gas abatement strategies for animal husbandry. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 112: 163-170p. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.08.015>
51. Pascaris, A.S., Handler, R., Schelly, C., Pearce, J.M. (2021). Life cycle assessment of pasture-based agrivoltaic systems: emissions and energy use of integrated rabbit production. *Clean. Responsible Consum.*, 3: 100030. <https://doi.org/10.1016/j.clrc.2021.100030>
52. Pearce, F. (2018). Sparing vs. Sharing: the great debate over how to protect nature. Available at <https://e360.yale.edu/features/sparing-vs-sharing-the-great-debate-over-how-to-protect-nature>. Accessed June 2024.
53. Petersen, S.O., Sommer, S.G., Béline, F., Burton, C., Dach, J., Dourmad, J.Y., Leip, A., Misselbrook, T., Nicholson, F., Poulsen, H.D., Provolo, G., Sørensen, P., Vinnerås, B., Weiske, A., Bernal, M.-P., Böhm, R., Juhász, C., Mihelc, R. (2007). Recycling of livestock manure in a whole-farm perspective. *Livest. Sci.*, 112: 180-191p. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.09.001>
54. Petersen, S.O., Blanchard, M., Chadwick, D., Del Prado, A., Edouard, N., Mosquera, J., Sommer, S.G. (2013). Manure management for greenhouse gas mitigation. *Animal*, 7: 266-282p. <https://doi.org/10.1017/S1751731113000736>
55. Porcher, J. (2011). *Vivre avec les animaux, une utopie pour le XXI^e siècle*. La Découverte, Paris, France. <https://doi.org/10.3917/dec.porch.2011.01>
56. Pretty, J., Bharucha, Z.P. (2014). Sustainable intensification in agricultural systems. *Ann. Bot.*, 114: 1571-1596p. <https://doi.org/10.1093/aob/mcu205>
57. Ran, Y., Lannerstad, M., Herrero, M., Van Middelaar, C.E., De Boer, I.J.M. (2016). Assessing water resource use in livestock production: a review of methods. *Livest. Sci.*, 187: 68-79p. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.02.012>
58. Reese, J. (2018). *The end of animal farming: how scientists, entrepreneurs, and activists are building an animal-free food system*. Beacon Press, Boston U.S.A.
59. Savietto, D., Fillon, V., Temple-Boyer-Dury, A., Derbez, F., Aymard, P., Pujol, S., Rodriguez, A., Borne, S., Simon, S., Grillot, M., Lhoste, E., Dufils, A., Drusch, S. (2023). Design of a functional organic agroforestry system associating rabbits and apple trees. *Animal – Open Space*, 2: 100051. <https://doi.org/10.1016/j.anopes.2023.100051>

60. Savietto, D., Fillon, V., Fétiveau, M., Bannelier, C., Despeyroux, M., Guillermin, A., Morel, K., Rodriguez, A., Borne, S., Simon, S., Grillot, M., Derbez, F., Drusch, S. (2024). Identification of interspecific benefits (and some limits) in an agroforestry system combining rabbits and apple trees. Available at SSRN 4772533., <https://doi.org/10.2139/ssrn.4772533>
61. Savietto, D. (2024). Descriptive analysis of the environmental impact of intensive rabbit production. *World Rabbit Sci.* 32: 241-258p. <https://doi.org/10.4995/wrs.2024.22642>
62. Schulze, M., Sonntag, W., von Meyer-Höfer, M. (2023). Is less more? Investigating citizen and consumer preferences for the future redirection of livestock farming policy. *J. Clean. Prod.*, 390:136136. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136136>
63. Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., Haan, C. de, (2006). *Livestock's long shadow: environmental issues and options*. F.A.O., Rome, Italy. <https://www.fao.org/4/a0701e/a0701e00.htm>
64. Stenholm, C.W., Waggoner, D.B. (1991). Developing future-minded strategies for sustainable poultry production. *Poult. Sci.*, 70:203-210p. <https://doi.org/10.3382/ps.0700203>
65. Theau-Clément, M., Guardia, S., Davoust, C., Galliot, P., Souchet, C., Bignon, L., Fortun-Lamothe, L. (2016). Performance and sustainability of two alternative rabbit breeding systems. *World Rabbit Sci.*, 24: 253-265p. <https://doi.org/10.4995/wrs.2016.5154>
66. Tilman, D., Cassman, K.G., Matson, P.A., Naylor, R., Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418: 671-677p. <https://doi.org/10.1038/nature01014>
67. Valdés-Correcher, E., Sitters, J., Wassen, M., Brion, N., Olde Venterink, H. (2019). Herbivore dung quality affects plant community diversity. *Sci. Rep.*, 9: 5675. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-42249-z>
68. Verburg, R., Stehfest, E., Woltjer, G., Eickhout, B. (2009). The effect of agricultural trade liberalisation on land-use related greenhouse gas emissions. *Glob. Environ. Change*, 19:434-446p. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2009.06.004>
69. Waltner-Toews, D. (1996). Ecosystem health - a framework for implementing sustainability in agriculture. *BioScience*, 46:686-689p. <https://doi.org/10.2307/1312898>
70. Wang, H., Liu, J., Li, J., Jia, Z., Li, C. (2022). Comparative life cycle assessment of rex rabbit breeding industry chains: benefits of a circular industry chain. *Int. J. Life Cycle Assess.*, 27:366-379p. <https://doi.org/10.1007/s11367-022-02036-x>
71. Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., Garnett, T., Tilman, D., DeClerck, F., Wood, A., Jonell, M., Clark, M., Gordon, L.J., Fanzo, J., Hawkes, C., Zurayk, R., Rivera, J.A., De Vries, W., Majele Sibanda, L., Afshin, A., Chaudhary, A., Herrero, M., Agustina, R., Branca, F., Lartey, A., Fan, S., Crona, B., Fox, E., Bignet, V., Troell, M., Lindahl, T., Singh, S., Cornell, S.E., Srinath Reddy, K., Narain, S., Nishtar, S., Murray, C.J.L. (2019). *Food in the Anthropocene: the EAT – Lancet Commission on healthy diets*

from sustainable food systems. The Lancet, 393: 447-492p.
[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4)

72. World Health Organization. (2017). One Health. Available at <https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/one-health>. Accessed on July 2024.

UDC 636.92:502/504

DOI: <https://doi.org/10.37617/2708-0617.2025.11.89-115>

THE IMPACT OF INDUSTRIAL RABBIT BREEDING ON THE ENVIRONMENT

Zlamaniuk L., Umanets R., Umanets D.

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv

This review article presents some elements that allow us to quantify the main contributions of rabbit farming to global warming, pollution (mainly nitrogen losses, particulate matter in the air), water footprint and biodiversity loss. Since the vast majority of meat rabbits in the world are raised in closed cage systems, the bulk of research only covers this production system.

The only attempt has been made to quantify the environmental impact of an alternative system based on raising rabbits under photovoltaic panels. Although it gives some idea of possible alternatives, the results obtained are not based on real data.

Regarding the contribution of rabbit farming to global warming, estimates of greenhouse gas emissions range from 3.13 to 3.25 kg CO₂ eq. per rabbit over 35 days (or from 3.78 to 4.04 kg CO₂ eq. per kilogram of live weight). Pollution related to nitrogen losses ranged from 40.1 to 59.1 g nitrogen per kg live weight. Air pollution related to particulate matter (10 µm) emissions ranged from 0.082 to 0.045 mg per m³, and there are no data on the impact on water, which is probably between those observed for poultry and pig farming. Regarding biodiversity loss, there are no studies on the actual impact of rabbit farming on wildlife (flora and fauna). As for greenhouse gas emissions, they may be related to land use change for agricultural crops, mainly soybeans, which are used for feed production. Wild rabbits, however, can be considered a keystone species of Mediterranean scrub.

For rabbit farming (in its current form), alternatives that have been tried in other livestock production systems, including crop-livestock integration, agroforestry and agroecology, may not be possible. The current socio-economic and political context may limit the evolution of existing food production systems and the development of alternative models. Furthermore, the rabbit farming sector, at least in Europe, is facing a steady decline in demand. This fact will certainly not help us find alternatives unless policies are put in place to support the necessary evolution.

It is currently not possible to assess the environmental impact of alternative rabbit meat production systems. This is partly because they are still rare or experimental. Second, the reference methodologies used to estimate greenhouse gas emissions may not be sufficiently adapted, leading to biased estimates. The lack of harmonization of current methodologies used to assess the environmental impacts

of livestock farming, at least for life cycle assessment methodologies, is an additional limitation.

Keywords: *Oryctolagus cuniculus, greenhouse gas, water footprint, air quality, biodiversity.*