

УДК 636.5-033 : 502/504

В.О. МЕЛЬНИК, кандидат сільськогосподарських наук,
О.В. РЯБІНІНА, кандидат сільськогосподарських наук,
Державна дослідна станція птахівництва НААН
E-mail: lab20@ukr.net

ОЦІНКА ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ РІЗНИХ СИСТЕМ ВИРОБНИЦТВА м'яса курчат-бройлерів

Анотація. В останні десятиліття клімат планети швидко змінюється, і ці зміни пов'язують, головним чином, з антропогенною діяльністю. Встановлено, що діяльність людини є основним джерелом викидів парникових газів і речовин, що призводять до підкислення земельних угідь і евтрофікації водойм. Стрімко збільшується також споживання людством невідновлюваних ресурсів. У зв'язку з цим, у світі зростає занепокоєння, викликане негативним впливом діяльності людини у всіх сферах на навколишнє середовище, здійснюється пошук найбільш екологічно ефективних технологічних і технічних рішень. Хоча виробництво м'яса курчат-бройлерів не відносять до числа найбільш екологічно "брудних" технологій у сільському господарстві, проте, як і в інших галузях, зменшення негативного впливу на навколишнє середовище є актуальною проблемою. До основних систем виробництва м'яса курчат-бройлерів відносять інтенсивну та екстенсивну (вільно-вигульну та органічну) системи. Ведеться багато суперечок, яка з них найбільш екологічно безпечна. Однак до недавнього часу фундаментальних досліджень з цього приводу проводилося мало, або ж вони обмежувалися тільки власне процесом вирощування птиці. Тому отримані результати не повною мірою відображали вплив тієї чи іншої системи на довкілля. Але в останні роки методичний підхід до вивчення цього питання змінився. У дослідженнях стали враховувати весь "життєвий" цикл виробництва м'яса курчат-бройлерів (Life cycle assessment). Метою цього огляду був аналіз результатів цих досліджень, оцінка негативного впливу на довкілля різних систем виробництва м'яса курчат-бройлерів і визначення можливих способів його зменшення. Результати аналізу не підтвердили поширену думку, що органічна система виробництва м'яса курчат-бройлерів є найбільш екологічно безпечною, а, навпаки, за більшістю показників такою виявилася її антипод – інтенсивна система. У той же час, усі системи виробництва м'яса курчат-бройлерів з екологічного погляду можуть бути вдосконалені.

Ключові слова: птахівництво, курчата-бройлери, системи виробництва м'яса бройлерів, екологічний тягар, довкілля, потенціал глобального потепління, евтрофікація

У зв'язку з швидкими змінами клімату, головною причиною яких називають антропогенний чинник, у світі дедалі більше зростає інтерес до екологічного тягаря, пов'язаного з виробництвом різних видів сільськогосподарської продукції. Це відображає занепокоєння громадськості щодо їх впливу на навколишнє середовище, особливо внеску в процес глобального потепління. Хоча промислова технологія виробництва м'яса курчат-бройлерів і була визнана відносно екологічно ефективною порівняно з подібними технологіями виробництва іншої продукції тваринництва (4,6 тонн $\text{CO}_{2\text{екв}}$ у розрахунку на 1 тону курятини в живій масі, що становить, відповідно, 29 і 72% викидів, отриманих у процесі виробництва яловичини і свинини) (Williams et al., 2006), однак, як і будь-яка існуюча

технологія у птахівництві вона може бути вдосконалена і, отже, існує потенціал для зменшення її негативного впливу на довкілля.

Серед різних категорій впливів на довкілля найбільш часто згадують викиди парникових газів (ПГ) (Wiedmann et al., 2006; Kalhor T., 2016). Однак, викиди ПГ не єдине навантаження, яке виробництво м'яса курчат-бройлерів чинить на навколишнє середовище. Серед інших негативних впливів можна назвати споживання невідновлюваних енергетичних та абіотичних ресурсів, забруднення довкілля пестицидами, фосфатами та нітратами, викиди аміаку та твердих частинок, що призводить до підкислення ґрунтів та евтрофікації водоймищ (Galanakis, 2020; Leinoneh and Kyriazakis I., 2016).



До основних систем виробництва м'яса курчат-бройлерів відносять інтенсивну технологію їх вирощування на підстилці (conventional), вільно-вигульну (free range) та органічну (organic) системи (Boggia et al., 2010). У засобах масової інформації та у наукових колах ведеться чимало дискусій, яка з цих систем най-

більш екологічно безпечна. Досить поширена думка, що це – органічна система. Однак, до недавнього часу ґрунтовних досліджень з цього приводу проводилося мало, або ж вони обмежувалися безпосередньо тільки процесом вирощування птиці (Guiziou and Béline, 2005; Wathes et al., 1997). Без сумніву, за такого підходу отри-

1. Середні продуктивні показники курчат-бройлерів за різних систем їх вирощування (Leinonen et al., 2012)

Показник	Система виробництва		
	інтенсивна	вільно-вигульна	органічна
Генотип (крос), що використовується	Бройлери інтенсивного росту (Ross-308)	Бройлери повільного росту (Ross Rowan)	Бройлери повільного росту (Hubbard JA57)
Вік забою, діб	39	58	73
Фінальна жива маса, кг	1,95	2,06	2,17
Споживання корму, кг/гол.	3,36	4,50	65,75
Смертність птиці, %	3,5	4,7	4,1
Втрати корму, %	2	2	2
Фінішна щільність посадки птиці у пташнику, гол./м ²	20,4	12,9	9,9
Розмір вигулу, м ² /гол.	–	3	4
Кількість птиці у пташнику, гол.	28500	4800	3700
Тип підстилки	Деревна стружка	Деревна стружка/солома	Деревна стружка/солома
Кількість підстилки, кг/гол.	0,165	0,22	0,32

мані результати не могли у повній мірі відображати вплив тієї чи іншої системи на довкілля. Більш досконалою є методологія вивчення впливу на довкілля, що базується на оцінці всього "життєвого" циклу виробництва продукції (Life cycle assessment або LCA), яка стала широко застосовуватися порівняно недавно. Стосовно систем виробництва м'яса курчат-бройлерів, то в останні роки було проведено низку досліджень з використанням цієї методології (Pelletier et al., 2008; Boggia et al., 2010; Leinonen et al., 2012; Leinonen et al., 2014; Hall et al., 2014; Kalhor et al., 2016; Galanakis, 2020). Такі дослідження дали змогу подивитися на різні системи виробництва м'яса курчат-бройлерів по-новому.

У зв'язку цим, **метою нашої роботи** було, на основі даних літературних джерел, оцінити негативний вплив на довкілля різних систем виробництва м'яса курчат-бройлерів і визначити можливості його зменшення.

Проведений нами аналіз опублікованих результатів наукових досліджень у даній царині свідчить, що до "життєвого" циклу виробництва м'яса курчат-бройлерів дослідники віднесли процеси, пов'язані з отриманням добових курчат (виращуванням ремонтного молодняку батьківського стада, утриманням батьківського стада та інкубацією яєць), виробництвом кормів, безпосередньо з виращуванням, забоєм та переробкою курчат-бройлерів, виробництвом енергетичних та абіотичних ресурсів, утилізацією відходів тощо.

У дослідженнях, що базуються на оцінці життєвого циклу, визначали такі показники різних систем виробництва м'яса курчат-бройлерів, як прямі витрати основних видів ресурсів (кормів, води, енергії, земельних угідь), вплив цих систем на довкілля, який оцінювали такими параметрами, як потенціал глобального потепління (ПГП), потенціал підкислення (ПП), потенціал евтрофікації (ПЕ) та потенціал використання абіотичних ресурсів (ПВАР) (Leinonen et al., 2012; Kalhor et al., Wiedemann, 2012).

Первинне використання енергії включає споживання пального всіх видів та електроенергії, у тому числі у процесі виробництва цих ресурсів, процесах виращування птиці, при виробництві кормів, води тощо. Кількісно його оцінювали в МДж первинної енергії. Дані LCA щодо витрат енергоносіїв європейські дослідники отримували з Європейської бази даних життєвого циклу Європейського Союзу (Joint Research Centre, 2010).

Використання земельних угідь. Враховували площі, необхідні для виробництва певної кількості кормів, виходячи з середньої врожайності окремих культур.

Використання абіотичних ресурсів. Частіше всього застосовували метод Інституту екологічних наук Лейденського університету (Нідерланди) (<http://www.leidenuniv.nl/interfac/cml/ssp/index.html>). Згідно цього методу, використання абіотичних ресурсів (металів, мінералів, викопних видів палива тощо) визначають у еквіваленті сурми (Sb). Наприклад, 1 кг заліза (Fe), 1 кг фосфору (P) і 1 кг сирої нафти було еквівалентно 4×10^{-8} , 8×10^{-5} , і 2×10^{-2} кг Sb відповідно.

Потенціал глобального потепління (ПГП) характеризує сумарну емісію парникових газів. Його обчис-

2. Середні значення показників прямих витрат кормів і води (у розрахунку на 1000 кг забійної маси)

Вид ресурсу	Система виробництва, витрати ресурсу		
	інтенсивна	вільно-вигульна	органічна
Добові курчата всього ¹ , гол.:	817	793	790
у т.ч. курчата-бройлери	778	747	750
Корми (кг) ¹	2913	3645	4518
Вода, (м ³) ^{1, 2}	4,41	6,86	7,03

Примітка: ¹ – включаючи курчат-бройлерів і курчат батьківського стада; ² – включають витрати води на напування та санітарні цілі у птишнику.

лювали, використовуючи сторічну часову шкалу (ISO 14040-2006; ISO 14044-2006). Основне джерело ПГП у птахівництві – це CO₂ з викопного палива та землекористування разом з невеликими кількостями N₂O і CH₄. Останні гази перераховують в еквівалент CO₂ з розрахунку: 1 кг CH₄ і 1 кг N₂O еквівалентні 25 і 298 кг CO₂ відповідно.

Евтрофікацією прийнято називати насичення водоймищ біогенними елементами, в основному сполуками фосфору та азоту, що призводить до бурхливого росту водоростей й фітопланктону і, як наслідок, до зменшення насичення води киснем й загибелі багатьох видів природних мешканців водойм. **Потенціал евтрофікації (ПЕ)** також розраховували за методом того ж Інституту екологічних наук Лейденського університету (Нідерланди).

3. Споживання первинної енергії (ГДж) для 3 основних систем виробництва м'яса

курчат-бройлерів в розрахунку на 1000 кг забійної маси

Статті витрат	Система виробництва, витрати ресурсу		
	інтенсивна	вільно-вигульна	органічна
Корм і вода	16,4	18,2	32,8
Електроенергія	2,82	2,53	2,88
Пальне	6,31	5,05	4,64
Будівлі та споруди	0,23	0,33	0,48
Послід+відходи	-0,37	-0,44	-0,47
Батьківське стадо, всього	1,93	1,84	1,43
Курчата-бройлери, всього	23,44	23,81	38,91
Разом батьківське стадо та курчата-бройлери	25,37	25,65	40,34

4. ПГП (еквівалент 1000 кг CO₂ у 100-річному масштабі) для 3-х різних систем у розрахунку на 1000 кг м'яса бройлерів у забійній масі

Статті витрат	Система виробництва, витрати ресурсу		
	інтенсивна	вільно-вигульна	органічна
Корм і вода	3,14	3,69	4,08
Електроенергія	0,16	0,15	0,17
Пальне	0,43	0,34	0,31
Пташник+земля	0,53	0,78	1,03
Послід+відходи	0,14	0,16	0,08
Батьківське стадо, всього	0,35	0,33	0,25
Курчата-бройлери, всього	4,06	4,80	5,41
Разом батьківське стадо та курчата-бройлери	4,41	5,13	5,66

ди). Основними джерелами ПЕ у процесі виробництва м'яса курчат-бройлерів є вимивання NO₃ та PO₄ з посліду й викиди NH₃ у повітря. Кількісно його визначають у фосфатних еквівалентах: 1 кг NO₃-N та 1 кг NH₃-N еквівалентні відповідно 0,44 та 0,43 кг PO₄.

Підкисленням, зазвичай, називають адсорбцію ґрунтами та водоймищами підкислюючих речовин, внаслідок чого у ґрунтах відбувається вимивання поживних речовин (магнію, калію, кальцію тощо), ви-

5. Потенціал підкислення (кг еквіваленту SO₂) для 3-х розглянутих систем у розрахунку на 1000 кг м'яса бройлерів у забійній масі

Статті витрат	Система виробництва, витрати ресурсу		
	інтенсивна	вільно-вигульна	органічна
Корм і вода	11,50	13,19	17,32
Електроенергія	0,55	0,49	0,57
Пальне	0,57	0,46	0,42
Пташник+земля	5,61	11,64	18,73
Послід+відходи	28,52	33,96	54,51
Батьківське стадо, всього	3,30	3,17	2,30
Курчата бройлери, всього	43,45	56,56	89,24
Разом батьківське стадо та курчата-бройлери	46,75	59,73	91,55

вільнення токсичних металів, зв'язування життєво необхідних фосфатів, з-за чого вони стають важкодоступними для рослин. У водоймищах змінюється рН, що негативно позначається на їх екосистемі. Основною причиною підкислення на сьогоднішній день є випадання з атмосфери аміаку, оксидів сірки та азоту. У дослідженнях, що аналізуються, *потенціал підкислення (ПП)* розраховували за методом вже згаданого Інституту екологічних наук Лейденського університету. Основні складові ПП при виробництві продукції птахівництва – це викиди аміаку (NH₃) та діоксиду сірки (SO₂). Остання речовина утворюється при згорянні вихисних видів палива. Незважаючи на лужні властивості аміаку, при потрапленні у ґрунт він легко окиснюється до азотної кислоти. Загальний ПП визначають у еквіваленті маси діоксиду сірки, при цьому 1 кг NH₃-N було еквівалентно 2,3 кг SO₂.

При порівнянні різних систем виробництва м'яса курей приймали до уваги середні продуктивні показники курчат-бройлерів за кожної з них (табл. 1).

Як засвідчили результати досліджень і розрахунки *Leinonen et al. (2012)*, з урахуванням і курчат-бройлерів, і їх батьківського стада, кількість курчат, необхідних для отримання 1000 кг м'яса бройлерів у забійній масі є найбільшою в інтенсивній системі порівняно з такою у вільно-вигульній та органічній системах (табл. 2). При цьому фінішна жива маса, у результаті меншого терміну вирощування, була найнижчою за інтенсивної системи, хоча смертність, як правило, вища за вільно-вигульної та органічної систем. Слід, однак, зазначити, що у сучасних умовах жива маса курчат-бройлерів за інтенсивного вирощування у віці 39 діб значно вище (біля 2,62 кг), ніж на момент проведення згаданих досліджень, у той час як при вільно-вигульній та органічній системах вона залишилася практично без змін. Тому зараз цей показник в інтенсивній системі кращий, ніж в інших двох.

У той же час, витрати кормів у розрахунку на 1000 кг м'яса бройлерів у забійній масі є істотно більшими у системі вільного вигулу та в органічній системі, як внаслідок використання менш інтенсивних генотипів курей, так і через більшу рухову активність птиці.

Саме виробництво, переробка та транспортування кормів чинить найбільше загальне навантаження на довкілля з поміж інших складових виробництва м'яса курчат-бройлерів (*Leinonen et al., 2012*). На його частку припадає від 65 до 81% споживання первинної енергії (табл. 3) та від 71 до 72% ПГП (табл. 4).

За іншими даними, на забезпечення кормами припадає 80% енергоспоживання, 82% викидів парникових газів, 98% викидів озоноруйнуючих речовин, 96% викидів підкислюючих речовин і 97% викидів, що призводять до евтрофікації (*Pelletier, 2008*).

Виходячи з вищенаведеного, очевидно, що найбільш реальним способом поліпшення екологічних показників існуючих систем виробництва м'яса курчат-бройлерів є підвищення ефективності використання кормів, включаючи їх видовий та кількісний склад, вміст поживних речовин та режими згодовування.

6. Потенціал евтрофікації (кг еквіваленту PO_4) для 3-х розглянутих систем на 1000 кг очікуваної маси тушки

Статті витрат	Система виробництва, витрати ресурсу		
	інтенсивна	вільно-вигульна	органічна
Корм і вода	10,53	11,81	33,62
Електроенергія	0,00	0,00	0,00
Пальне	0,04	0,03	0,03
Пташник+земля	1,04	2,16	3,48
Послід+відходи	8,71	10,27	11,69
Батьківське стадо	1,67	1,61	1,16
Курчата-бройлери	18,64	22,66	47,66
Разом батьківське стадо та курчата-бройлери	20,31	24,27	48,82

Частка паливних ресурсів є другою за споживанням первинної енергії, а електроенергії – третьою (див. табл. 3). Використання паливних ресурсів, як правило, є меншим у вільно-вигулній та в органічних системах порівняно з інтенсивною, головним чином, за рахунок меншої кількості циклів вирощування молодняку раннього віку – коли потрібні найбільші витрати палива на обігрів, що підтверджується також результатами досліджень інших авторів (Boggia et al., 2010; Wiedemann et al., 2012). Загальні ж найбільші прямі енерговитрати у розрахунку на 1000 кг м'яса бройлерів у забійній масі відмічаються в органічній системі, в основному, за рахунок більших їх витрат на корм і воду.

Органічна система виробництва курятини характеризується також найбільшим загальним ПГП (див. табл. 4), який узагальнює загальну емісію парникових газів. Найменшим же він є за інтенсивної системи. Найбільший вплив на цей показник знову ж таки чинять процеси, пов'язані з виробництвом корму та води (внаслідок більших їх питомих витрат в органічній системі), та безпосередньо – з вирощуванням курчат-бройлерів, перш за все – у результаті більшої тривалості виробничого циклу.

Органічна система має й найбільші потенціали підкислення (табл. 5) та евтрофікації (табл. 6) (Leinonen et al., 2012). За першим показником вона переважає інтенсивну систему в 1,95 раза, а за другим – у 2,4 раза. Дещо у меншій мірі вона переважає вільно-вигулну систему. Основною складовою потенціалу підкислення є послід. Відносно високою його частка є і в потенціалі евтрофікації. Наступними за впливом на потенціал підкислення є корм з водою та пташники з вигулами. Більшим виходом посліду та питомими витратами згаданих ресурсів у органічній системі й пояснюється більший її ПП та ПЕ.

ВИСНОВКИ

1. Результати останніх досліджень не підтвердили поширену думку, що органічна система виробництва м'яса курчат-бройлерів є найбільш екологічно безпечною.
2. Найбільш реальним способом поліпшення екологічних показників існуючих систем виробництва м'яса курчат-бройлерів є підвищення ефективності використання кормів, включаючи їх видовий та кількісний склад, вміст поживних речовин і режими годівлі.
3. Підвищення екологічної ефективності виробництва м'яса курчат-бройлерів може бути досягнуто також шляхом удосконалення технологій у напрямі енерго- та ресурсозбереження й зменшення викидів

7. Використання абіотичних ресурсів, земельних угідь та пестицидів для 3-х розглянутих систем у розрахунку на 1000 кг м'яса бройлерів у забійній масі

Статті витрат	Система виробництва, витрати ресурсу		
	інтенсивна	вільно-вигульна	органічна
Використання абіотичних ресурсів (кг еквівалент сурми)	18,9	22,3	34,0
Використання земельних угідь, га	0,56	0,72	2,50
Використання пестицидів (доз-га)	2,77	3,46	0,29
Пташник+земля	1,04	2,16	3,48
Послід+відходи	8,71	10,27	11,69
Батьківське стадо	1,67	1,61	1,16
Курчата-бройлери	18,64	22,66	47,66
Разом батьківське стадо та курчата-бройлери	20,31	24,27	48,82

шкідливих речовин, перехід на екологічно безпечні відновлювані джерела енергоресурсів. Однак, у кожному випадку необхідно проводити всебічний аналіз екологічних наслідків по всьому ланцюгу їх виробництва та застосування.

В.А. Мельник, Е.В. Рябинина

Оценка влияния на окружающую среду различных систем производства мяса цыплят-бройлеров

Аннотация. В последние десятилетия климат планеты быстро меняется, и эти изменения связывают, главным образом, с антропогенной деятельностью. Установлено, что деятельность человека является основным источником выбросов парниковых газов и веществ, приводящих к подкислению земельных угодий и эвтрофикации водоемов. Стремительно увеличивается также потребление человеком не возобновляемых ресурсов. В связи с этим в мире растет беспокойство, вызванное негативным влиянием деятельности человека во всех сферах на окружающую среду, осуществляется поиск наиболее экологически эффективных технологических и технических решений. Хотя производство мяса цыплят-бройлеров не относят к числу наиболее экологически "грязных" технологий в сельском хозяйстве, тем не менее, как и в других отраслях, уменьшение негативного воздействия на окружающую среду является актуальной проблемой. К основным системам производства мяса цыплят-бройлеров относят интенсивную, свободно-выгульную и органическую системы. Ведется много споров, какая из них наиболее экологически безопасна. Однако до недавнего времени фундаментальных исследований по этому поводу проводилось мало, или же они ограничивались непосредственно только процессом выращивания птицы. Поэтому, полученные результаты не в полной мере отражали влияние той или иной системы на окружающую среду. Но, в последние годы, методический подход к изучению этого вопроса изменился. В исследованиях стали учитывать весь "жизненный" цикл производства мяса цыплят-бройлеров (Life cycle assessment). Целью этого обзора был анализ результатов этих исследований, оценка негативного влияния на окружающую среду различных систем производства мяса цыплят-бройлеров и определение возможных способов его уменьшения. Результаты анализа не подтвердили распространенное мнение, что органическая система производства мяса цыплят-бройлеров является наиболее экологически безопасной, а, наоборот, по большинству показателей такой оказалась ее антипод – интенсивная система. В то же время, все системы производства мяса цыплят-бройлеров с экологической точки зрения могут быть усовершенствованы.

Ключевые слова: птицеводство, цыплята-бройлеры, системы производства мяса, экологическое бремя, окружающая среда, потенциал глобального потепления, эвтрофикация

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні впливу на довкілля різних систем виробництва харчових курячих яєць. Це дасть змогу визначити найбільш екологічно ефективні технології та напрями їх удосконалення. ■

V.O. MELNYK, Candidate of Agricultural Sciences,

O.V. RYABININA, Candidate of Agricultural Sciences,

State poultry research station National Academy of agrarian sciences of Ukraine

E-mail: lab20@ukr.net

Assessment of the environmental impact of different systems of broiler chicken meat production

Abstract. In recent decades, the planet's climate has been changing rapidly, and these changes are associated mainly with anthropogenic activities. It has been established that human activity is the main source of emissions of greenhouse gases and substances, leading to acidification of land and eutrophication of water bodies. Human consumption of non-renewable resources is also rapidly increasing. In this regard, anxiety is growing in the world caused by the negative impact of human activity in all spheres on the environment, the search for the most environmentally effective technological and technical solutions is being carried out. Although the production of broiler chicken meat is not considered one of the most environmentally "dirty" technologies in agriculture, nevertheless, as in other industries, reducing the negative impact on the environment is an urgent problem. The main systems for the production of meat for broiler chickens include intensive, free-range and organic systems. There is a lot of debate about which one is the most environmentally friendly. However, until recently, there was little fundamental research on this issue, or they were limited only to the actual cultivation process. Therefore, the results obtained did not fully reflect the impact of a particular system on the environment. But, in recent years, the methodological approach to the study of this issue has changed. The studies began to take into account the entire "life cycle" of meat production of broiler chickens (Life cycle assessment). The purpose of this review was to analyze the results of these studies, to assess the negative environmental impacts of various broiler chicken meat production systems and to identify possible ways to reduce them. The results of the analysis did not confirm the widespread opinion that the organic system of meat production of broiler chickens is the most environmentally friendly, but, on the contrary, according to most indicators, this turned out to be its antipode - an intensive system. At the same time, all broiler meat production systems can be improved from an environmental point of view.

Key words: poultry farming, broiler chickens, meat production systems, ecological burden, environment, global warming potential, eutrophication

Література

- Boggia A., Paolotti L., Castellini C.** Environmental impact evaluation of conventional, organic and organic-plus poultry production systems using life cycle assessment. *World's Poultry Science Journal*. 2010. Vol. 66. № 1. P. 95–114. doi: 10.1017/S0043933910000103.
- Galanakis C.** Environmental Impact of Agro-Food Industry and Food Consumption /Editor: Charis Galanakis. Imprint: Academic Press. 2021. 293 p. doi: 10.1016/C2019-0-03292-X.
- Guiziou F., Béline F.** In situ measurement of ammonia and greenhouse gas emissions from broiler houses in France. *Bioresource Technology*. 2005. Vol. 96. № 2. P. 203–207. doi: 10.1016/j.biortech.2004.05.009.
- Hall G., Rothwell A., Grant T., Bronwyn I., Ford L., Dixon J., Kirk M., Friel S.** Potential environmental and population health impacts of local urban food systems under climate change: a life cycle analysis case study of lettuce and chicken. *Agriculture & Food Security*. 2014. Vol. 3, № 6. 13 p. doi: 10.1186/2048-7010-3-6.
- ISO 14040-2006.** Environmental management: Life Cycle Assessment. Principles and framework. International Organisation for Standardisation, Geneva, Switzerland.
- ISO 14044-2006.** Life Cycle Assessment – Requirements and guidelines. International Organisation for Standardisation. Geneva, Switzerland.
- Kalhor T., Rajabipour A., Akram A., Sharifi M.** Environmental impact assessment of chicken meat production using life cycle assessment. *Information Processing in Agriculture*. 2016. Vol. 3. P. 262–271 doi: 10.1016/j.inpa.2016.10.002.
- Leinonen I., Williams A.G., Wiseman J., Guy J., Kyriazakis I.** Predicting the environmental impacts of chicken systems in the United Kingdom through a life cycle assessment: Broiler production systems. *Poultry Science*. 2012. Vol. 91, № 1. P. 8–25. doi: 10.3382/ps.2011-01634.
- Leinonen I., Williams A.G. Kyriazakis I.** The effects of welfare-enhancing system changes on the environmental impacts of broiler and egg production. *Poultry Science*. 2014. Vol. 93 (2). P. 256–266. doi: 10.3382/ps.2013-03252.
- Leinonen I., Kyriazakis I.** How can we improve the environmental sustainability of poultry production? *The Proceedings of the Nutrition Society*. 2016. Vol. 75(3). P. 265–73. doi: 10.1017/S0029665116000094.
- Pelletier N.** Environmental performance in the US broiler poultry sector: Life cycle energy use and greenhouse gas, ozone depleting, acidifying and atrophying emissions. *Agricultural Systems*. 2008. Vol. 98, №2. P. 67–73. doi: 10.1016/j.agsy.2008.03.007.
- Wathes C. M., Holden M.R., Sneath R.W., White R.P., Phillips V.R.** Concentrations and emission rates of aerial ammonia, nitrous oxide, methane, carbon dioxide, dust, and endotoxin in UK broiler and layer houses. *British Poultry Science*. 1997. Vol. 38. P. 14–28. doi: 10.1080/00071669708417936.
- Wiedmann T., Minx J., Barrett J., Wackernagel, M.** Allocating ecological footprints to final consumption categories with input-output analysis. *Ecological Economics*. 2006. Vol. 56, № 1. P. 28–48. doi: 10.1016/j.ecolecon.2005.05.012.
- Wiedemann S., McGahan E., Poad G.** Using Life Cycle Assessment to Quantify the Environmental Impact of Chicken Meat Production. 2012. RIRDC Publication No.12/029 RIRDC Project Nos. PRJ-004596 and PRJ-007445. 92 p. URL: <https://www.agrifutures.com.au/wp-content/uploads/publications/12-029.pdf>.
- Williams A.G., Audsley E., Sandars D.L.** Determining the environmental burdens and resource use in the production of agricultural and horticultural commodities. Main Report. Defra Research Project IS0205. 2006. URL: <http://randd.defra.gov.uk/Default.aspx>.

References

- Boggia, A., Paolotti, L., & Castellini, C.** (2010). Environmental impact evaluation of conventional, organic and organic-plus poultry production systems using life cycle assessment. *World's Poultry Science Journal*, 66 (1), 95–114. doi.org/10.1017/S0043933910000103. [in English].
- Galanakis, C. (Ed.).** (2021). Environmental Impact of Agro-Food Industry and Food Consumption. Editor: Charis Galanakis. Imprint: Academic Press, 293. doi: 10.1016/C2019-0-03292-X. [in English].
- Guiziou, F., & Béline, F.** (2005). In situ measurement of ammonia and greenhouse gas emissions from broiler houses in France. *Bioresource Technology*, 96. No. 2. P. 203–207. doi:10.1016/j.biortech.2004.05.009. [in English].
- Hall G., Rothwell, A., Grant, T., Bronwyn, I., Ford, L., Dixon, J., Kirk, M., & Friel S.** (2014). Potential environmental and population health impacts of local urban food systems under climate change: a life cycle analysis case study of lettuce and chicken. *Agriculture & Food Security*, 3, 6, 13. doi: 10.1186/2048-7010-3-6. [in English].
- ISO 14040-2006.** (2006). Environmental management: Life Cycle Assessment. Principles and framework. International Organisation for Standardisation, Geneva, Switzerland. [in English].
- ISO 14044-2006.** (2006). Life Cycle Assessment. Requirements and guidelines. International Organisation for Standardisation. Geneva, Switzerland. [in English].
- Kalhor, T., Rajabipour, A., Akram, A., & Sharifi, M.** (2016). Environmental impact assessment of chicken meat production using life cycle assessment. *Information Processing in Agriculture*, 3, 262–271. doi: 10.1016/j.inpa.2016.10.002. [in English].
- Leinonen, I., Williams, A.G., Wiseman, J., Guy, J., & Kyriazakis I.** (2012). Predicting the environmental impacts of chicken systems in the United Kingdom through a life cycle assessment: Broiler production systems. *Poultry Science*, 91 (1), 8–25. doi: 10.3382/ps.2011-01634. [in English].
- Leinonen, I., Williams, A.G., & Kyriazakis, I.** (2014). The effects of welfare-enhancing system changes on the environmental impacts of broiler and egg production. *Poultry Science*, 93 (2), P. 256–266. doi: 10.3382/ps.2013-03252. [in English].
- Leinonen, I., & Kyriazakis, I.** (2016). How can we improve the environmental sustainability of poultry production? *The Proceedings of the Nutrition Society*, 75(3), 265–73. doi: 10.1017/S0029665116000094. [in English].
- Pelletier, N.** (2008). Environmental performance in the US broiler poultry sector: Life cycle energy use and greenhouse gas, ozone depleting, acidifying and eutrophying emissions. *Agricultural Systems*, 98 (2), 67–73. doi.org/10.1016/j.agsy.2008.03.007. [in English].
- Wathes, C.M., Holden, M.R., Sneath, R.W., White R.P., & Phillips V.R.** (1997). Concentrations and emission rates of aerial ammonia, nitrous oxide, methane, carbon dioxide, dust, and endotoxin in UK broiler and layer houses. *British Poultry Science*, 38, 14–28. doi: 10.1080/00071669708417936. [in English].
- Wiedmann, T., Minx, J., Barrett, J., & Wackernagel, M.** (2006). Allocating ecological footprints to final consumption categories with input-output analysis. *Ecological Economics*, 56 (1), 28–48. doi: 10.1016/j.ecolecon.2005.05.012. [in English].
- Wiedemann, S., McGahan, E., & Poad, G.** (2012). Using Life Cycle Assessment to Quantify the Environmental Impact of Chicken Meat Production. RIRDC Publication No.12/029 RIRDC Project Nos. PRJ-004596 and PRJ-007445, 92. Retrieved from <https://www.agrifutures.com.au/wp-content/uploads/publications/12-029.pdf>. [in English].
- Williams, A.G., Audsley, E., & Sandars, D.L.** (2006). Determining the environmental burdens and resource use in the production of agricultural and horticultural commodities. Main Report. Defra Research Project IS0205. Retrieved from <http://randd.defra.gov.uk/Default.aspx>. [in English].