

**ДЕРЖАВНЕ АГЕНТСТВО УКРАЇНИ З РОЗВИТКУ МЕЛІОРАЦІЇ,
РИБНОГО ГОСПОДАРСТВА ТА ПРОДОВОЛЬЧИХ ПРОГРАМ**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**ДЕРЖАВНА УСТАНОВА
«МЕТОДИЧНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ЦЕНТР З АКВАКУЛЬТУРИ»**

Методичні рекомендації

**ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ПРИ
ФОРМУВАННІ ПРОПОЗИЦІЇ НА ПРОДУКЦІЮ З ЧОРНОЇ
ЛЬВИНКИ В АСПЕКТІ ІНКЛЮЗИВНОЇ МОДЕЛІ
ЦИРКУЛЯРНОЇ БІОЕКОНОМІКИ**



Київ 2025

УДК 338.439.5:631.147:595.773(100+477)

Схвалено Науково-технічною радою Державного агентства України
з розвитку меліорації, рибного господарства та продовольчих програм
(протокол № 11 від 08.12.2025 р.)

Схвалено ДУ «Методично-технологічний центр з аквакультури»
(протокол № 25 від 28.07.2025 р.)

Рекомендовано до друку науковою радою економічного факультету
Національного університету біоресурсів і природокористування України
(протокол № 1 від 29.10.2025 р.)

Рецензенти:

Гриневич Н., доктор ветеринарних наук, професор, завідувач кафедри
іхтіології та зоології Білоцерківського національного аграрного університету.

Світельський М., кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри
ботаніки, біоресурсів та збереження біорізноманіття Житомирського державного
університету імені Івана Франка.

Шапошников К., доктор економічних наук, професор, Заслужений діяч
науки і техніки України, начальник відділу науково-дослідної роботи та
атестації наукових кадрів Державної наукової установи «Інститут модернізації
змісту освіти» Міністерства освіти і науки України.

Забезпечення конкурентоспроможності при формуванні пропозиції на продукцію
з чорної львинки в аспекті інклюзивної моделі циркулярної біоекономіки.
Методичні рекомендації. Укладачі: Заленська Є. А., Шарило Ю. Є.,
Вдовенко Н. М., Поплавська О. С., Плічко В. Ф., Коваль В. В., Дмитришин Р. А.,
Резнік С. О., Григор'єв Д. І., Коробова Н. М. К.: НУБіП України. 2025. 55 с.

У методичних рекомендаціях розкрито інструментарій до формування сучасних
моделей виробництва продукції з чорної львинки в аспекті розвитку циркулярної
біоекономіки. Акцентовано увагу на застосуванні принципів, що сприяють раціональному
використанню ресурсів у сільському та рибному господарстві, переробленню відходів
і підвищенню еколого-економічної ефективності. Окрема увага приділяється
інклюзивним рішенням, які забезпечують залучення виробників до створення доданої
вартості, зокрема і при виробництві борошна з чорної львинки. Методичні рекомендації
містять практичну складову з метою підвищення конкурентних переваг продукції,
економічні та технологічні інструменти для оптимізації виробничих процесів у галузі.
Вперше здійснено спробу сформувати теоретичну базу знань у забезпеченні діяльності
суб'єктів господарювання, науковців та освітян, які спрямовують зусилля на розвиток
виробництва продукції з чорної львинки, враховуючи світові тенденції, технологічні
особливості, економічну доцільність для забезпечення належного рівня
конкурентоспроможності та можливості масштабування й реалізації продукції на
національному та міжнародному агропродовольчих ринках.

Розраховано на працівників сільського та рибного господарства, слухачів мікрокурсу
«Навігатор з аквафермерства», науково-педагогічних працівників, аспірантів, магістрів,
фахівців галузей аграрного сектору економіки України.

УДК 338.439.5:631.147:595.773(100+477)

Передрукування заборонено

© ДУ «МТЦ з аквакультури», НУБіП України, 2025

© Колектив авторів, 2025

ЗМІСТ

Передмова.....	5
Список умовних позначень.....	7
1. Концептуальні напрями формування та еволюції ринку продукції на основі личинок чорної львинки.....	8
1.1. Національні тенденції розвитку ринку продукції чорної львинки.....	8
1.2. Законодавство та нормативно-правова база Європейського Союзу для виробництва їстівних комах.....	12
2. Біологічні передумови та історичний контекст господарського значення чорної львинки.....	14
3. Комплекс детермінант ринкової конкурентоспроможності та конкурентні переваги виробництва продукції з чорної львинки.....	17
3.1. Визначення доцільності інвестицій у вирощування чорної львинки з позицій економічної ефективності.....	17
3.2. Світовий досвід визначення прогнозованих показників продуктивності та доходу від виробництва.....	18
3.3. Практичний доробок визначення витрат на вирощування та виробництво личинок чорної львинки.....	20
3.4. Світова практика у визначенні переваг вирощування та виробництва личинок чорної львинки.....	22
3.5. Зарубіжні підходи до розрахунку показників економічної ефективності виробництва чорної львинки.....	23
3.6. Міжнародна практика аналізу чутливості інвестиційного проекту вирощування чорної львинки.....	25
4. Технології відтворення та вирощування личинок чорної львинки	25
4.1. Умови відтворення личинок чорної львинки.....	25
4.2. Організаційно-економічні та технологічні засади відтворення й вирощування чорної львинки у промислових умовах.....	27

4.3. Інноваційні технології відтворення чорної львинки для малих і середніх виробничих модулів у галузі комахівництва.....	29
4.4. Вирощування чорної львинки у багатоярусній системі виробництва....	30
5. Використання личинок чорної львинки як основа переходу до циркулярної біоекономіки	32
5.1. Використання чорної львинки для переробки свинячого гною.....	32
5.2. Система переробки курячого посліду із застосуванням чорної львинки.....	35
5.3. Можливості застосування чорної львинки у безвідходній переробці органічних відходів на принципах циркулярної біоекономіки.....	37
Список рекомендованої літератури.....	41
Додатки.....	45

Передмова

Сучасні глобальні виклики, пов'язані зі зростанням населення, обмеженістю природних ресурсів і необхідністю зменшення негативного впливу на довкілля, зумовлюють пошук інноваційних підходів до організації інклюзивного та нішевого виробництва продовольства і кормів. В умовах загострення викликів продовольчій безпеці України внаслідок зменшення обсягів вилову риби, що використовують для виробництва рибного борошна як одного з базових компонентів кормів наявний суттєвий ризик для стабільності функціонування аграрного і продовольчого сектору. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває впровадження альтернативних джерел білка, зокрема використання різних видів комах, у тому числі прямокрилих (сарана), та личинок комах, як перспективного напрямку забезпечення потреб тваринництва, аквакультури та харчової промисловості. Одним із перспективних напрямів, що відповідає концепції сталого розвитку та принципам циркулярної біоекономіки, є використання чорної львинки (*Hermetia illucens*) для переробки органічних відходів, заміни рибного борошна, виробництва високопротеїнової продукції з подальшою метою зміцнення національної продовольчої безпеки.

Ефективне залучення чорної львинки до виробничих процесів у сільському та рибному господарстві дозволяє створювати продукцію з високою доданою вартістю для тваринництва, інших галузей економіки, вирішувати екологічні проблеми, зменшувати обсяг органічних відходів, що потрапляють у довкілля. Застосування інклюзивної моделі циркулярної біоекономіки передбачає комплексне врахування економічних, екологічних і соціальних аспектів, забезпечуючи розвиток підприємництва та створення нових робочих місць.

В умовах надзвичайних викликів, таких як глобальні продовольчі кризи, введення воєнного стану, порушення ланцюгів постачання, питання забезпечення конкурентоспроможності продукції з чорної львинки набуває першочергового значення, оскільки її виробництво та комерціалізація можуть стати складовою національної продовольчої безпеки, а також елементом інтеграції України до міжнародних ринків біотехнологічної та кормової продукції.

З цією метою в даному посібнику використано досвід різних країн світу, зокрема і матеріали видань: The Black Soldier Fly How-to-Guide [6]; Black Soldier Fly Larvae Manual [8]; Black soldier fly larval production in a stacked production system [10]; Potential of Black Soldier Fly Production for Pacific Small Island Developing States [11]; Chemical safety of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*), knowledge gaps and recommendations for future research: a critical review [22]; The Economic Cost-benefit Analysis of Black Soldier Fly as an Alternative Animal and Fish Feed Ingredient in Malawi [23]; The black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a manure management/resource recovery tool [26]. Личинки чорної львинки сприяють процесу формування замкнутого циклу. Цей процес узгоджується з основними принципами циркулярної біоекономіки, мінімізуючи лінійну модель одноразового використання ресурсів. Вирощування чорної львинки сприяє формуванню пропозиції високоякісних кормів для тварин на ринку, зменшує екологічний вплив традиційного кормовиробництва і посилює циркулярність сільського та рибного господарства. Застосування личинок чорної львинки в аквакультури відкриває нові перспективи для розвитку галузі, оскільки вони є високоякісним джерелом білка, жиру, що робить їх альтернативою традиційним компонентам у кормах, визначають перспективи для розвитку циркулярної економіки в Україні. Розвиток галузі комахівництва сприятиме досягненню мети сталого розвитку Організації Об'єднаних Націй щодо зменшення харчових відходів вдвічі на одну особу до 2030 року. Формування пропозиції на продукцію чорної львинки можливе і в дрібномасштабних господарствах, і на промислових підприємствах.

Методичні рекомендації містять комплексну характеристику економіко-організаційних, біологічних, і технологічних передумов виробництва, аналіз конкурентних переваг продукції з чорної львинки, опис ефективних технологій вирощування та відтворення в галузі комахівництва, а також приклади застосування чорної львинки у переробці органічних відходів безпосередньо при реалізації базових принципів у системі парадигми циркулярної біоекономіки.

СПИСОК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ABV – аналіз витрат і вигод.

ЧПВ – чиста приведена вартість.

CBV – співвідношення вигод і витрат.

ІЗКС – індекс зменшення кількості субстрату.

МК (MWK) – малавійська квача, грошова одиниця Малаві.

ПВХ – труби з полівінілхлориду.

МО – міжнародна одиниця, яка позначає кількість речовини, заснованої на біологічній активності.

LUANAR – університет сільського господарства та природних ресурсів Лілонгве.

ЄС – Європейський Союз.

1. Концептуальні напрями формування та еволюції ринку продукції на основі личинок чорної львинки

1.1. Національні тенденції розвитку ринку продукції чорної львинки

Ринок продукції чорної львинки (*Hermetia illucens*) в Україні розвивається прискореними темпами, що значною мірою зумовлений зростанням попиту на високопротеїнові кормові компоненти, активним впровадженням інноваційних агротехнологічних рішень та переходом аграрного сектору до принципів циркулярної економіки. Чорна львинка розглядається як один із найбільш перспективних біотехнологічних ресурсів, здатних забезпечити виробництво альтернативного білка, органічних добрив і біоконверсію органічних відходів.

Чорна львинка (лат. *Hermetia illucens*) – це маленькі, нешкідливі комахи, які мають промислове значення. Використання личинок цих комах має допомогти знайти вирішення двох проблем сучасного сільського господарства: висока вартість кормів для тварин і риб, а також утилізація великої кількості відходів у перспективних галузях тваринництва (рис. 1, додаток А).



Рисунок 1 – Асортимент продукції з личинок чорної львинки на ринку

В Україні простежується чітка тенденція до нарощування виробництва інсектопротейну на основі личинок чорної львинки, що пов'язано з потребами галузей птахівництва, аквакультури та тваринництва. З огляду на вартість імпортного рибного й соєвого борошна, українські виробники дедалі активніше орієнтуються на внутрішні джерела протейну, що здатні забезпечити стабільну якість та знизити залежність від зовнішніх ринків. Таким чином, чорна львинка стає важливим елементом комплексу заходів із забезпечення кормової безпеки.

Другою тенденцією є розвиток підприємств із повним замкненим циклом виробництва від інкубації яєць до переробки отриманої біомаси. Наявність таких виробництв сприяє підвищенню ефективності та мінімізації екологічних ризиків, адже біоконверсія органічних відходів дозволяє зменшити навантаження на довкілля та одночасно отримувати продукти з високою доданою вартістю: білкове борошно, олію, органічні добрива.

Суттєвий вплив на розвиток українського ринку справляє також поява стартапів і малих господарств, що використовують модульні ферми, технології рециркуляційних аквакультурних систем та автоматизовані системи вирощування. Це свідчить про поступову цифровізацію ринку, підвищення прозорості виробничих процесів та орієнтацію на стандарти, необхідні для виходу на європейський і міжнародний ринки кормів.

Важливою тенденцією стає інтеграція продукції чорної львинки у програми сталого агровиробництва та органічного землеробства. Органічні добрива, отримані з фрізерату, стають затребуваними у фермерських господарствах, які переходять на екологічні технології. Це сприяє формуванню збалансованих продовольчих і ресурсних систем, що відповідають сучасним викликам продовольчої, екологічної та економічної безпеки.

Водночас ринок продукції чорної львинки перебуває на етапі становлення, а тому нині потребує удосконалення нормативно-правової бази, гармонізації стандартів продукції чорної львинки з регламентами Європейського Союзу, підвищення доступності фінансових інструментів і державної підтримки інноваційних біотехнологічних виробництв.

Асортимент продукції з личинок чорної львинки, що представлена на вітчизняному ринку досить різноманітний, оскільки цей вид комах є унікальним джерелом білка, жиру та інших корисних речовин (табл. 1).

Таблиця 1 – Ціни на продукцію з личинок чорної львинки

Свіжа львинка			
Вага (кг)	Пакування	Ціна (грн)	Вартість за 1 кг (грн)
1	Відро (охолоджена)	275	275
5	Відро (охолоджена)	1 250	250
10	Відро (охолоджена)	2 250	225
20	Відро (охолоджена)	4 000	200
50	Відро (охолоджена)	8 750	175
100	Відро (охолоджена)	16 000	160
500	Відро (охолоджена)	75 000	150
1000	Відро (охолоджена)	140 000	140
Сушена львинка			
1	Пакет	550	550
5	Пакет	2 500	500
10	Коробка	4 500	450
20	Коробка	8 000	400
50	Мішок	17 500	350
100	БігБег	32 000	320
500	БігБег	150 000	300
1000	БігБег	290 000	290
Борошно з львинки			
1	Пакет	500	500
5	Пакет	2 250	450
10	Пакет	4 000	400
20	Пакет	7 000	350
50	Мішок	15 000	300
100	БігБег	25 000	250
500	БігБег	120 000	240
1000	БігБег	230 000	230
Жир личинок			
Вага (кг)		Ціна (грн)	
0,100		90	
0,500		450	
1		900	
Зоогумус			
0,500		22	
1		44	
50		1 800	
100		3 400	
500		16 000	
1000		30 000	

Джерело. Адаптовано за даними матеріалів: <https://hermetia.farm/price>

Личинки чорної львинки є специфічним сировинним ресурсом, що формує перспективні можливості для сільського та рибного господарства, а також і для харчової промисловості. Її переваги виходять за межі тільки економічної вигоди, оскільки охоплюють також аспекти безпеки, екології та забезпечення належного рівня конкурентоспроможності даної продукції.

Відповідність високим стандартам якості та безпеки створює основу для збалансованого розвитку (табл. 2).

Таблиця 2 – Конкурентні переваги продукції чорної львинки
при надходженні на ринок

Безпека та якість продукції	Відповідає стандартам безпеки та якості продукції завдяки природному процесу її виробництва, що дозволяє уникнути використання синтетичних пестицидів, гормонів росту, антибіотиків та ГМО
Збереження навколишнього середовища	Розвиток методів, які спрямовані на зниження негативного впливу на навколишнє середовище, прагнення до збереження біорізноманітності в місцях вирощування та мінімізації викидів забруднюючих речовин
Звітність та перевірка	Виробники можуть забезпечити повну прозорість щодо походження та переробки органічної сировини, що підтверджується відповідними сертифікатами, дозволами
Високий попит на ринку	Зростаюча усвідомленість споживачів про переваги екологічно безпечних кормів для тварин і аквакультури створює сприятливі умови для швидкого виходу продукції чорної львинки на ринок
Зменшення витрат на виробництво	Використання личинок чорної львинки у кормовиробництві є економічно ефективним, оскільки вона потребує менших витрат на сировину та енергоресурси
Ринкові ризики	Органічна продукція може бути менш вразливою до ринкових коливань, оскільки вона спеціалізується на нішевих ринках зі своїми власними ціновими сегментами, тому така спеціалізація допомагає зменшити ризики втрат при ринкових коливаннях
Вищі ціни на продукцію	Висока якість, екологічність та унікальні властивості продукції дозволяють реалізовувати її за вищими цінами порівняно з традиційними аналогами
Зростання конкурентоспроможності	Інноваційний характер та екологічні переваги продукції з чорної львинки дозволяє залучити інвесторів і партнерів через попит на нову нішу, яка розвивається та надає можливість отримання високих прибутків

Основними гравцями світового ринку у сфері комахівництва є: Entomotech (Іспанія), що розробила пілотний проект отримання білкового кормового продукту та жиру з комах; Agriprotein (Великобританія-ЮАР) у 2014–2015 роках побудувала масштабний завод, де на площі 8,5 тис. м² щоденно 8,5 млрд. мух переробляють 250 тонн біовідходів, перетворюючи їх у 50 тонн живої личинки; Big Cricket Farms (США), яка займається переробкою цвіркунів у межах бостонського стартапу SixFoods. Прикладом вітчизняних виробників продукції із личинок чорної львинки є рибна ферма «Catfish from Pavlysh» («Сом із Павлиша») на Кіровоградщині, яка запустила промислове вирощування личинок чорної львинки й виробництво білкового концентрату з цієї комахи як заміника рибного борошна для високопоживних і збалансованих кормів.

Таким чином, розвиток комахівництва в Україні, в перспективі, стане провідною галуззю національної економіки на шляху до ресурсоощадного розвитку з урахуванням раціонального використання ресурсів.

Національні тенденції розвитку ринку продукції чорної львинки відображають комплексний рух у напрямі інноваційності, екологічності та самозабезпечення кормовими ресурсами. Цей сектор поступово формується як перспективний сегмент циркулярної біоекономіки України, здатний забезпечити високотехнологічні рішення для тваринництва, аквакультури, органічного землеробства й ефективного використання ресурсів.

1.2. Законодавство та нормативно-правова база Європейського Союзу для виробництва їстівних комах

Комахи дедалі частіше використовуються в системі циркулярної біоекономіки як альтернативний білок для харчових продуктів і кормів. Як новий вид сільськогосподарських тварин у Європейському Союзі, комахи підпадають під дію загального законодавства, яке застосовується до галузі виробництва продуктів харчування та кормів, а також під окремі, більш специфічні положення (табл. 3).

Таблиця 3 – Загальна нормативно-правова та регуляторна система ЄС щодо організації формування попиту та пропозиції продукції з чорної львинки

Назва регламенту	Призначення
Регламент (ЄС) № 1069/2009 Європейського Парламенту та Ради від 21.10.2009 р., що встановлює санітарні правила щодо побічних продуктів тваринного походження та похідних продуктів, не призначених для споживання людиною	Визначає правила для збирання, транспортування, зберігання, обробки, використання та утилізації побічних продуктів тваринного походження з метою запобігання ризикам для здоров'я людей і тварин. Класифікує продукти, отримані з комах, як «перероблені тваринні білки»
Регламент (ЄС) № 68/2013 від 16.01.2013 р. про Каталог кормових матеріалів	Встановлює уніфікований перелік та опис кормових матеріалів, що використовують в ЄС. Документ слугує довідковим інструментом для операторів кормового бізнесу, забезпечуючи прозорість маркування та відповідність якості кормів
Регламент (ЄС) 2015/2283 Європейського Парламенту та Ради від 25.11.2015 р. про нові харчові продукти	Встановлює правила ЄС щодо розміщення на ринку нових харчових продуктів (Novel Foods), тобто будь-якої їжі, що не споживалася в ЄС до 15.05.1997 р.
Виконавчий регламент (ЄС) 2017/2470 від 20.12.2017 р. про встановлення списку нових харчових продуктів	Містить у Додатку таблиці з переліком усіх авторизованих нових харчових продуктів, їхніх специфікацій та умов використання, включаючи категорії харчових продуктів, у які їх можна додавати
Регламент (ЄС) 2017/893 від 24.05.2017 р. щодо положень про перероблений тваринний білок	Вносить зміни до законодавства ЄС, пов'язаного побічними продуктами тваринного походження, з метою дозволу використання переробленого тваринного білка з комах для годівлі риби (аквакультури). Дозволяє використовувати сім комах, включаючи чорну львинку
Імплементативний регламент (ЄС) 2025/89 від 20.01.2025 р., що дозволяє розміщення на ринку порошку цілих личинок <i>Tenebrio molitor</i> (жовтого борошняного черв'яка), обробленого УФ-випромінюванням, як нового харчового продукту	Офіційно дозволяє використання УФ-обробленого порошку з цілих личинок жовтого борошняного черв'яка, які багаті на білок та вітамін D3, як новий харчовий інгредієнт у ЄС. Продукт дозволено додавати до ряду харчових категорій, включаючи хліб, торти, макаронні вироби та сири. При цьому слід мати обов'язкове маркування про його склад та потенційну алергенність

Види комах, які нині дозволено вирощувати для кормових цілей у країнах ЄС включають:

Чорна львинка (*Hermetia illucens*)

Хрущак борошняний (*Tenebrio molitor*)

Малий борошняний хрущак (*Alphitobius diaperinus*)

Цвіркун хатній (*Acheta domestica*)

Цвіркун смугастий (*Gryllodes sigillatus*)

Цвіркун польовий (*Gryllus assimilis*).

Виконуючи роль корму, комахи здатні відігравати проміжну роль у харчовому ланцюзі для традиційних сільськогосподарських тварин. Відзначимо, що комахи мають довгу історію використання в харчуванні та тваринництві у країнах Азії, Африки, Південної та Центральної Америки, у ЄС їх застосування було обмеженим. Тому новизну чинне законодавство ЄС часто характеризує винятками та специфічними умовами, які не завжди застосовують до традиційних джерел харчових продуктів і кормів.

Законодавство ЄС щодо виробництва їстівних комах активно розвивається, відображаючи їх статус альтернативного білка і нового виду сільськогосподарських тварин. Такі зміни сприяють індивідуальній авторизації для їх розміщення на ринку, а також встановлює суворі санітарні правила для їх використання як корму. Чинна нормативна система Європейського Союзу створює контрольовані умови для поступової інтеграції продукції з комах у харчовий і кормовий ланцюги, забезпечуючи при цьому високі стандарти безпеки.

2. Біологічні передумови та історичний контекст господарського значення чорної львинки

Чорна львинка є синантропною мухою-полісапрофагом, початковий ареал проживання її знаходиться в Південній та Центральній Америці в зоні тропічного і субтропічного клімату. Даний вид був присутній на півдні Сполучених Штатів Америки до кінця 1800-х років. Нині ця комаха поширена у кожному зоогеографічному регіоні теплих країн світу. Дослідники зауважують,

що чорна львинка вперше потрапила до Європи приблизно 500 років тому. Проте, перша підтверджена палеарктична згадка про цей вид зареєстрована у південній Європі, на Мальті, в 1926 році.

Подальше поширення чорної львинки відбувалося в основному вздовж середземноморського узбережжя Іспанії, Франції та Італії в 1950 р. та 1960 році.

У 2010 р. задокументовано поширення виду на північ у Німеччині та Чехії. Муху чорної львинки вперше було виявлено ще у 1915 р. на території Південної Африки, Нової Зеландії та Австралії, а в 1940 р. – Малайзії, Гаваїв, Соломонових островів, Нової Каледонії, Маріанських островів, Палау та Гуаму.

Після закінчення Другої світової війни вид поширився на територію Азії, Африки та на тихоокеанських островах. В результаті людської діяльності чорна львинка стала майже космополітом. Зараз вона поширена переважно між 46° північної та 42° південної широти. Чорна львинка належить до родини Stratiomyidae ряд комах Diptera (справжні мухи). Протягом життєвого циклу чорна львинка проходить повний метаморфоз, який складає чотири фази: яйце, личинка, лялечка, доросла особина (рис. 2).



Рисунок 2 – Життєвий цикл чорної львинки (*Hermetia illucens*)

Джерело: <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0081>

На південному сході Сполучених Штатів Америки протягом року, від пізньої весни до ранньої осені, можуть утворюватися три покоління мух. В природних умовах чорна львинка мешкає поблизу водойм, найчастіше на квітучих рослинах. В лабораторних умовах цих комах можна вирощувати цілий рік із життєвим циклом 40 днів. Водночас вони не вважаються шкідниками, навіть за межами свого рідного ареалу, оскільки не є переносниками хвороб. Дорослі особини не кусають і не жалять, а личинки продуктивно розкладають практично будь-яку органіку.

Дорослі особини – це досить великі комахи жовто-чорного забарвлення, довжина тіла яких становить 15–20 мм. Також у мухи є прозорі крила і вусики. Дорослі мухи не мають органів травлення, покладаючись на запаси жиру в організмі зі стадії личинки. Середня тривалість життя дорослої особини становить дев'ять днів. Протягом цього часу комахи не їдять і зосереджені виключно на спаровуванні, а самки здатні виробляти понад 500 яєць за кладку.

У природі муха відкладає яйця в сухих тріщинах й щілинах над і навколо вологої органічної речовини, що розкладається. Маючи цю природну здатність, самки відкладають свої яйця в невеликі отвори на краях гофрованого картону, які встановлюють поблизу привабливого середовища для мух. Після 3–5 діб із відкладених самкою яєць на світ з'являються маленькі личинки чорної львинки. У середньому час розвитку личинок чорної львинки становить 24 дні, при цьому линька відбувається кожні чотири дні.

Довжина тіла личинок чорної львинки становить приблизно 3 мм. Вони мають біле, жовте, або світло-коричнєве забарвлення. Їхні покрови просякнуті вуглекислим кальцієм, що служить захистом, як для самих личинок чорної львинки, так і для лялечок, які згодом утворюються всередині оболонки. Личинки чорної львинки зазвичай мешкають у ґрунті та харчуються детритом, а також у гної, гниючій деревині.

Перші п'ять стадій личинки чорної львинки характеризуються високою інтенсивністю споживання корму й здатні перетравлювати їжі удвічі більше власної ваги тіла за один день. Вони займають місце деструкторів у трофічному

ланцюзі й охоче ростуть на різних видах відходів, включаючи тваринний гній. Личинки досягають середньої максимальної маси 0,158 г. Під час останньої личинкової стадії, або стадії передлялечкою, харчування сповільнюється, і їхня кутикула починає чорніти. Кальцій накопичується в кутикулі, щоб додати міцність пупарію. Комаха проводить приблизно 14 днів як лялечка, перш ніж скинути пупарій, щоб стати дорослою мухою з мінімальними запасами кальцію.

Однією з головних причин використання личинок чорної львинки для виробництва корму для тварин є те, що передлялечки вважаються самозбиральними. Вони виповзають із свого харчового субстрату та збираються в окрему ємність, або чіпляються за стінки основної ємності, що дозволяє легко їх зібрати.

3. Комплекс детермінант ринкової конкурентоспроможності та конкурентні переваги виробництва продукції з чорної львинки

3.1. Визначення доцільності інвестицій у вирощування чорної львинки з позицій економічної ефективності

Для оцінки економічної доцільності вирощування чорної львинки в різних масштабах застосовується аналіз витрат і вигод (АВВ). АВВ – це методика оцінки проекту або інвестицій шляхом зведення економічних вигод і витрат від діяльності в єдиний коефіцієнт.

Нині доцільно оцінити чисту приведену вартість (ЧПВ), щоб розрахувати коефіцієнт співвідношення вигод і витрат (СВВ). Ці показники розраховуються за допомогою формули (1) та формули (2) відповідно.

$$\text{ЧПВ} = \sum_{t=1}^T \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}, \quad (1)$$

$$\text{СВВ} = \frac{\sum_{t=1}^T \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1+r)^t}}, \quad (2)$$

де, T – інвестиційний, або проектний період (роки); t – період часу (рік); B_t – вигоди (доходи) року t (грн / га); C_t – витрати року t (грн / га); r – річна ставка дисконтування (%).

Таким чином, ЧПВ та СВВ є інструментами фінансового аналізу в економічній оцінці проєктів, зокрема в галузях аграрного сектору економіки, оскільки дозволяють кількісно оцінити їхню прибутковість та ефективність. ЧПВ показує загальну економічну цінність, яку створює проєкт, ураховуючи зміну вартості грошей з часом (дисконтування), то СВВ надає відносну міру віддачі на інвестовані кошти. Таким чином, якщо ЧПВ є позитивною, а СВВ перевищує одиницю, тоді вирощування чорної львинки, вважається економічно доцільним і рекомендованим для реалізації на ринку.

3.2. Світовий досвід визначення прогнозованих показників продуктивності та доходу від виробництва

За результатами досліджень та досвідом, отриманим на фермі Бунда, вченими здійснено оцінку виробництва личинок та оптимізації скорочення відходів [<http://dx.doi.org/10.22004/ag.econ.338590>]. За умови наявності 50 000 мух зі співвідношенням самців і самок 2 : 3, де кожна самка відкладає 450 яєць.

Таким чином, $30\,000 \text{ самок} \times 450 \text{ яєць} = 13\,500\,000 \text{ яєць}$.

Цей досвід є унікальним з огляду на вилучення 75 % личинок, розрахунок буде наступним: $0,75 \times 13\,500\,000 = 10\,125\,000$ молодих личинок. Для підтримки колонії слід залишати 1 % п'ятиденних личинок для розмноження. Майже 99 % або 101 250 личинок від загальної кількості п'ятиденних личинок необхідно надалі годувати до досягнення ними стадії готовності до збирання, тобто на 14-й день після відділення, тобто на 5-й день після вилуплення і 19-й день після інкубації яєць. Зважаючи на рівень виживання 85 %, прогнозується, що 8 520 187 личинок із 10 023 750 досягнуть стадії збирання чорної львинки. На 14-й день після вилучення група з 200 свіжих личинок важить приблизно 80 грамів. Так, їх загальна вага становитиме: $(8 \times 520\,187 / 200) \times 0,08 \text{ кг} = 3\,408 \text{ кг}$ свіжих личинок чорної львинки.

При повному висушуванні личинки втрачають приблизно 44 % вологи, тому їх кінцева вага становить: $3,408 \text{ кг} \times 0,56 \text{ сухої речовини} = 1,908 \text{ кг}$ сухих личинок.

Індекс скорочення відходів залежить від типу використовуваних субстратів: зокрема високий індекс зменшення кількості субстрату у субстратах з низьким вмістом целюлози та низький індекс зменшення кількості субстрату – з високим вмістом целюлози. Ефективність споживання личинками різних субстратів і, відповідно, як зменшення навантаження на відходи визначається індекс зменшення кількості субстрату. Чим вищий індекс зменшення кількості субстрату, тим вища ефективність субстрату. В середньому, харчові відходи мають індекс зменшення кількості субстрату 2,8–3,4 або 74–83 % скорочення. З 2 000 кг харчових відходів утворюється кінцевий залишок майже в 340 – 520 кг, який в подальшому може бути використаний як органічне компостне добриво для сільськогосподарських рослин.

Припущення щодо оцінки виробництва личинок чорної львинки та скорочення відходів для подальшого аналізу доходів за різних масштабів виробництва наведені у табл. 4.

Таблиця 4 – Прогнозовані показники продуктивності та доходу в процесі виробництва личинок чорної львинки

Показник	Малий масштаб	Промисловий масштаб
Початкова кількість личинок	50 000	150 000
Об'єм личинок за один личинковий цикл (кг)	1 908	5 783
Об'єм личинок за п'ять личинкових циклів або один рік (кг)	9 540	28 917
Об'єм відходів личинок за один личинковий цикл (кг)	430	1 290
Об'єм відходів за п'ять личинкових циклів, або один рік (кг)	2 150	6 450
Ціна на сухі личинки	250 МК/кг (6,02 ¹ грн/кг)	
Ціна на відходи	70 МК/кг (1,69 грн/кг)	
Трудові ресурси	Сімейна праця	Три працівники з мінімальною заробітною платою на рівні 50 000 МК/місяць (1 204,54 грн/місяць)*

* Кожен тимчасовий працівник отримуватиме 88 462 МК (2 131,11 грн) за 46 днів, що еквівалентно одному виробничому циклу.

Джерело: [складено на основі <http://dx.doi.org/10.22004/ag.econ.338590>]

¹ 1 МК (малавійська квача) становить 0,024 грн., станом на 23.07.2025

Проведений аналіз економічної доцільності вирощування чорної львинки показав, що цей бізнес має потенціал для отримання прибутку.

Застосування методу аналізу витрат і вигод дозволяє оцінити економічну ефективність проекту за різних умов.

Результати дослідження свідчать, що за умови оптимізації виробничих процесів, вирощування чорної львинки може бути вигідним бізнесом. Особливу увагу слід приділити аналізу чутливості до змін цін на сировину та продукцію, а також оцінці ринкового потенціалу.

Специфікація моделі, компоненти витрат і вигод та оцінка параметрів визначені за даними, зібраними на пілотній фермі Бунда, яка належить Університету сільського господарства та природних ресурсів м. Лілонгве (LUANAR) у Малаві. Ферма використовується як демонстраційна, навчальна та дослідницька одиниця для зацікавлених осіб і виробників.

Аналіз чутливості визначався, щоб продемонструвати правильність зроблених висновків до невизначеності використаних параметрів. Аналіз чутливості також ілюструє відносний ризик створення цього бізнесу через волатильність цін на сировинні товари.

При інтерпретації критеріїв прийняття інвестиційних рішень, запропонована інвестиція або проект може вважатися здійсненим, якщо ЧПВ є позитивною або СВВ перевищує 1.

Майбутні витрати та вигоди дисконтуються з урахуванням інфляції, неохильності до ризику та особистої корисності.

3.3. Практичний доробок визначення витрат на вирощування та виробництво личинок чорної львинки

З метою оцінки економічної доцільності вирощування личинок чорної львинки розглянемо зведені та оцінені витрати за даними проекту LUANAR, що охоплюють початкові капіталовкладення та річні операційні витрати для фермерських господарств різного масштабу (табл. 5).

Таблиця 5 – Орієнтовна вартість вирощування чорної львинки для одного личинкового циклу

Етап	Малі масштаби			Промисловий масштаб		
	загальна вартість		відсоток від загальної вартості, %	загальна вартість		відсоток від загальної вартості, %
	MWK	гривень		MWK	гривень	
Стадія розплоду (залучення самок)	24 000	578,2	9,1	120 000	2 890,9	3,7
Стадія льоту (збір личинок в теплицю)	216 850	5 224,1	82,1	1 753 100	42 233,4	54,1
Стадія яйця	4 500	108,4	1,7	250 000	6 022,7	7,7
Стадія вилуплення	7 200	173,5	2,7	114 500	2 758,4	3,5
Стадія росту личинки	11 500	277,0	4,4	736 000	17 730,8	22,7
Тимчасова робота	0,0	0,00	0,0	265 386	6 393,3	8,2
Всього	264 050	6 361,2		3 238 986	78 029,5	

Джерело: [складено на основі <http://dx.doi.org/10.22004/ag.econ.338590>]

Для здійснення діяльності протягом першого личинкового циклу малим і промисловим виробництвам знадобиться 264 050 МК і 3 238 986 МК (6 361,15 грн і 78 029,46 грн). Впродовж року на фермі проходить п'ять личинкових циклів. Хоча більша частина витрат першого року припадає на початкову установку, повний рік з п'ятьма циклами потребуватиме деяких додаткових змінних витрат. Загалом, фермерам знадобиться 440 250 МК (10 605,93 грн) в малих масштабах і 5 128 530 МК (123 549,91 грн) в промислових масштабах для ведення бізнесу впродовж одного року (додаток Б).

Стадія личинки становить більше половини загальних витрат при невеликому вирощуванні чорної львинки, тоді як у промисловому вирощуванні більшу частину витрат становить робоча сила, стадії розвитку мухи та личинки. Витрати на вирощування чорної львинки є незначними, особливо на ранніх етапах розвитку бізнесу. Найбільша частка витрат припадає на стадію льоту та росту личинок. При масштабуванні виробництва зростає питома вага витрат на оплату праці. Для успішного запуску ферми необхідно врахувати всі складові витрат, включаючи початкові інвестиції та постійні витрати на підтримку

виробничого циклу. Так, наукові напрацювання з аналізу витрат дозволяють визначити найбільш витратні етапи виробництва та сформувати ефективну концепцію управління витратами на вирощування продукції чорної львинки.

3.4. Світова практика у визначенні переваг вирощування та виробництва личинок чорної львинки

Емпіричні результати підтверджують, що складовою економічного аналізу є дані прогнозованого доходу, отриманого від вирощування личинок чорної львинки, зокрема продаж сухих личинок і зоогумусу за один личинковий цикл (табл. 6) і за рік (додаток В). Щорічно фермери отримують дохід у розмірі 2 535 500 МК (61 082,0 грн), а промислові – 7 680 750 МК (185 034,7 грн).

Таблиця 6 – Порівняльний аналіз визначення орієнтовного доходу від личинок чорної львинки за один личинковий цикл

Найменування	Ціна, MWK/кг	Обсяги виробництва, кг		Прогнозований дохід			
		дрібно масштабні	промислові	дрібномасштабні		промислові	
				MWK	гривень	MWK	гривень
Реалізація сухих личинок	250	1 908	5 783	477 000	11 491,3	1 445 850	34 831,6
Реалізація відходів	70	430	1 290	30 100	725,1	90 300	2 175,4
Всього				507 100	12 216,4	1 536 150	37 006,9

Джерело: складено на основі [<http://dx.doi.org/10.22004/ag.econ.338590>]

Аналіз потенційного доходу від вирощування чорної львинки демонструє економічну привабливість цього напрямку. Прогнозований дохід від продажу сухих личинок і перероблених відходів свідчить про те, що вирощування львинки є прибутковим бізнесом як для дрібних, так і для великих виробників. Крім того, додатковий дохід від продажу органічних добрив підвищує економічну ефективність виробництва. Водночас для досягнення позитивних результатів, необхідно враховувати різні фактори, включаючи ринковий попит, конкуренцію, а також витрати на постійне вдосконалення технологічних процесів.

3.5. Зарубіжні підходи до розрахунку показників економічної ефективності виробництва чорної львинки

Для оцінки економічної ефективності виробництва чорної львинки на малих і промислових підприємствах розраховано показники чистої приведеної вартості (ЧПВ) та співвідношення вигод і витрат (СВВ). За результатами аналізу, виробництво личинок є позитивним як для дрібних фермерів, так і для промислових виробників за умови ставки дисконтування 12 %². Детальний аналіз ЧПВ для виробництва чорної львинки наведено в табл. 7 та додатку Г.

Таблиця 7 – Економічна ефективність малих фермерських господарств чорної львинки за 10 років (у MWK)

Рік	Ціна	Вигода	Знижка, 12 %	Вартість із знижкою	Вигода зі знижкою	ЧПВ
	(I)	(II)	(III)	(I/III)	(II/III)	(II – I)/(III)
1	440 250	2 095 250	1,1	393 080,4	2 263 839,3	1 870 758,9
2	220 000	2 315 500	1,3	175 382,7	2 021 285,1	1 845 902,4
3	220 000	2 315 500	1,4	156 591,7	1 804 718,8	1 648 127,2
4	220 000	2 315 500	1,6	139 814,0	1 611 356,1	1 471 542,1
5	220 000	2 315 500	1,8	124 833,9	1 438 710,8	1 313 876,9
6	220 000	2 315 500	2,0	111 458,9	1 284 563,2	1 173 104,4
7	220 000	2 315 500	2,2	99 516,8	1 146 931,4	1 047 414,6
8	220 000	2 315 500	2,5	88 854,3	1 024 045,9	935 191,6
9	220 000	2 315 500	2,8	79 334,2	914 326,7	834 992,5
10	220 000	2 315 500	3,1	70 834,1	816 363,1	745 529,0
Всього	2 420 250	25 355 045	x	1 439 700,9	14 326 140,5	12 866 439,6

Джерело: складено на основі [<http://dx.doi.org/10.22004/ag.econ.338590>]

Через десять років ЧПВ для дрібномасштабного та промислового господарства становитиме 12 886 439,6 МК (15 629 78³ дол. США) та 27 582 340,7 МК (33 454,2 дол. США), відповідно (табл. 8 і додаток Д).

² Облікова ставка Резервного банку Малаві на момент розрахунку становила 12 %.

³ US\$= 824,5 МК станом на 25 лютого 2022 року. Джерело: Резервний банк Малаві

Таблиця 8 – Зіставний аналіз при розрахунку економічної ефективності промислового вирощування чорної львинки за 10 років, MWK

Рік	Ціна	Вигода	Знижка, 12 %	Вартість із знижкою	Вигода зі знижкою	ЧПВ
	(I)	(II)	(III)	(I/III)	(II/III)	(II – I)/(III)
1	5 128 530	7 680 750	1,1	4 579 044,6	6 857 812,5	2 278 767,9
2	2 361 930	7 680 750	1,3	1 882 916,1	6 123 046,9	4 240 130,7
3	2 361 930	7 680 750	1,4	1 681 175,1	5 467 006,1	3 785 831,0
4	2 361 930	7 680 750	1,6	1 501 049,2	4 881 255,5	3 380 206,3
5	2 361 930	7 680 750	1,8	1 340 222,5	4 358 263,8	3 018 041,3
6	2 361 930	7 680 750	2,0	1 196 627,2	3 891 307,0	2 694 679,7
7	2 361 930	7 680 750	2,2	1 068 417,2	3 474 381,2	2 405 964,1
8	2 361 930	7 680 750	2,5	953 943,9	3 102 126,1	2 148 182,2
9	2 361 930	7 680 750	2,8	851 735,6	2 769 755,5	1 918 019,8
10	2 361 930	7 680 750	3,1	760 478,3	2 472 995,9	1 712 517,7
Всього	26 385 900	76 807 500	x	15 815 609,9	43 397 950,5	27 582 340,7

Джерело: складено на основі [<http://dx.doi.org/10.22004/ag.econ.338590>]

Аналогічно, СВВ за умов дрібномасштабного виробництва чорної львинки практично у 3 рази (10,0) переважає СВВ для промислового виробництва (2,7), що перевищує допустимий діапазон СВВ > 1 згідно з критеріями прийняття рішень (табл. 9).

Таблиця 9 – Світові підходи до визначення економічної ефективності фермерських господарств за різних масштабів виробництва за 10 років

Економічний показник	Малий масштаб		Промисловий масштаб	
	MWK	грн	MWK	грн
ЧПВ	12 886 439,6	272 398,1	27 582 340,7	655 435,9
СВВ	10,0		2,7	

Джерело: складено на основі [<http://dx.doi.org/10.22004/ag.econ.338590>]

Інституційні напрацювання свідчать про те, що виробництво личинок за різних масштабів виробництва є економічно привабливим, життєздатним і практично його можна розвивати. Вирощування чорної львинки має потенціал для створення додаткових засобів до існування та покращення продовольчої безпеки. Позитивні значення ЧПВ та СВВ, що перевищують встановлені критерії прийняття рішень, підтверджують економічну доцільність цього виду діяльності. Враховуючи отримані дані, можна зробити висновок, що інвестування в розвиток галузі комахівництва є економічно обґрунтованим і може сприяти стабільному розвитку соціального капіталу в громадах.

3.6. Міжнародна практика аналізу чутливості інвестиційного проекту вирощування чорної львинки

Прийняття суб'єктом господарювання інвестиційного рішення залежить від розуміння наскільки чутливою, ризикованою та невизначеною, є інвестиція до різних економічних та фінансових умов, наприклад, вартості товарів і процентних ставок, що постійно коливаються протягом певного періоду. Результати аналізу чутливості на основі песимістичного та оптимістичного сценаріїв, базуються на економічних змінних, зокрема ставки, дисконтування, собівартості виробництва, ціни на сухі та живі личинки чорної львинки, а також зміни обсягів виробництва, які представлені у додатку Е.

Вирощування чорної львинки залишається прибутковим, навіть якщо збільшити собівартість виробництва і знизити ціну та обсяги виробництва личинок на 10 %. Однак, збільшення собівартості виробництва зменшує ЧПВ на 1,1 % та 2,4 % для дрібних фермерських господарств і промислового виробництва відповідно. Збільшення або зменшення ціни та продуктивності личинок на 10 % збільшує або зменшує ЧПВ на 11,1 % для малих господарств та 12,4 % для промислових виробників. Крім того, ЧПВ чутлива до змін у собівартості виробництва, ставках дисконтування, цін та врожайності личинок. Аналіз чутливості проекту вирощування чорної львинки до зміни економічних параметрів підтверджує збереження відносної стабільності. Хоча отримані дані є чутливими до змін ціни на продукцію та продуктивність, він залишається прибутковим навіть за песимістичного сценарію.

Таким чином, результати аналізу підтверджують економічну доцільність інвестування у вирощування чорної львинки, але водночас демонструють необхідність ретельного планування та управління ризиками.

4. Технології відтворення та вирощування личинок чорної львинки

4.1. Умови відтворення личинок чорної львинки

Личинки чорної львинки надзвичайно чутливі до умов навколишнього середовища, таким чином, ці умови необхідно ретельно контролювати.

Враховуючи, що природним середовищем мешкання львинки є субтропічні широти, тривалість їхнього життя безпосередньо залежить від температури.

Оптимальна температура, при якій личинки здатні нормально розвиватись, становить 35 °С. При мінімальній температурі 0 °С личинки живуть не більше чотирьох годин. Чорна львинка стає неактивною при температурах нижче 10 °С і температурах вище 45 °С. Діапазони оптимальних температур для спаровування, відкладання яєць та заляльковування становлять 25–30 °С.

Чорна львинка чутлива не лише до температури, але й до відносної вологості. Інтенсивність втрати маси збільшується зі зниженням вологості, тому личинки швидше розвиваються при вологості 70 %. Важливо стежити за станом вологості при вирощуванні та розведенні личинок в неволі, оскільки низький рівень вологості призводить до втрати води через мембрану яєць, їх подальшого висихання та загибелі. Так, оптимальна вологість для спарювання чорної львинки становить від 30 % до 90 %.

Іншим аспектом, який слід враховувати, є освітлення, зважаючи, що мухи чорної львинки не спаровуються взимку. Таким чином, для закритих приміщень потребується додаткове штучне освітлення.

Під природним прямим сонячним світлом 85 % активності спарювання відбувається вранці з середньою інтенсивністю освітлення 110 мікромоль/м²/с⁻¹.

Перевищення 110 мікромоль/м²/с⁻¹ призводить до зниження активності спарювання. Кварцово-йодна лампа потужністю 500 Вт і інтенсивністю світла 135 мікромоль/м²/с⁻¹ стимулює спарювання та відкладення яєць зі швидкістю та часом, порівняними з тими, що відбуваються під природним сонячним світлом.

Водночас комахи не можуть бачити довжини хвиль понад 700 нм. Тому не слід використовувати рідкоземельні лампи, які утворюють довжину хвиль між 350–450 нм. Вища довжина хвилі 450–700 нм рекомендована для створення поведінки спаровування дорослих особин.

Раціон харчування може містити найрізноманітніші компоненти, оскільки личинки живляться багатьма видами органічних відходів, зокрема такими як харчові відходи, сировина для компостування і тваринний гній.

Личинки мають обмежені можливості для обробки будь-яких продуктів тваринного походження, таких як м'ясо та жир.

Дорослим особинам харчування не потрібне, однак потрібно забезпечити для них автоматичне або часте розпилення достатньої кількості води.

Основним джерелом енергії для мухи чорної львинки є жир, який накопичується на личинковій стадії. Додатковою умовою нормального розвитку личинок чорної львинки є глибина їхнього розташування у субстраті. Личинки не живуть під прямими променями світла, тобто на поверхні. На великій глибині личинки також знаходяться не повинні, оскільки вони стають малоактивними. Таким чином, найоптимальніша глибина залягання для них становить 20–23 см.

4.2. Організаційно-економічні та технологічні засади відтворення й вирощування чорної львинки у промислових умовах

Для ефективної організації годівлі личинок чорної львинки важливо визначити масштаб виробництва, враховуючи заплановану кількість відходів для переробки, або бажаної кількості виготовленого корму.

Великомасштабне виробництво можна організовувати на господарствах, які займаються вирощуванням свиней, великої рогатої худоби та птиці. Таким чином, матеріалами для формування резервуару із відходами є бетон і деревина, для водостічної ринви – труби з полівінілхлориду (ПВХ), а також збірні резервуари. Витрати на матеріали будуть відрізнятись, залежно від конструкції та масштабу. Прикладом є й проект заснований на дослідженні у штаті Північна Кароліна. Дослідники виявили, що чорну львинку найлегше вирощувати в бетонних басейнах безпосередньо під клітками для свиней. За умови грамотно організованої інфраструктури даний спосіб є енергоефективним і малозатратним варіантом. Дослідники також побудували окреме приміщення для годівлі личинок, до якого відходи тваринництва рухаються вздовж конвеєрної стрічки, дозволяючи рідким відходам стікати в збірні жолоби, що проходять уздовж конвеєра. Відокремлені тверді речовини

надходять у резервуар для вирощування личинок за допомогою насоса зі стисненим повітрям, щоб доставити свинячі відходи до розкидача, який рухається на візку вздовж балки над басейном. Це є прикладом ефективного автоматизованого методу вирощування чорної львинки.

Резервуар для вирощування личинок рекомендується виготовляти із бетону. Площа поверхні залежить від масштабу проекту.

На рис. 3 зображено макет резервуару оточеного вертикальними стінами висотою 30,5 см з трьох сторін, а четверта сторона має нахил 40 С° і веде до жолоба, або розрізаної навпіл ПВХ-труби, закритої з одного боку та з отвором над відром з іншого.

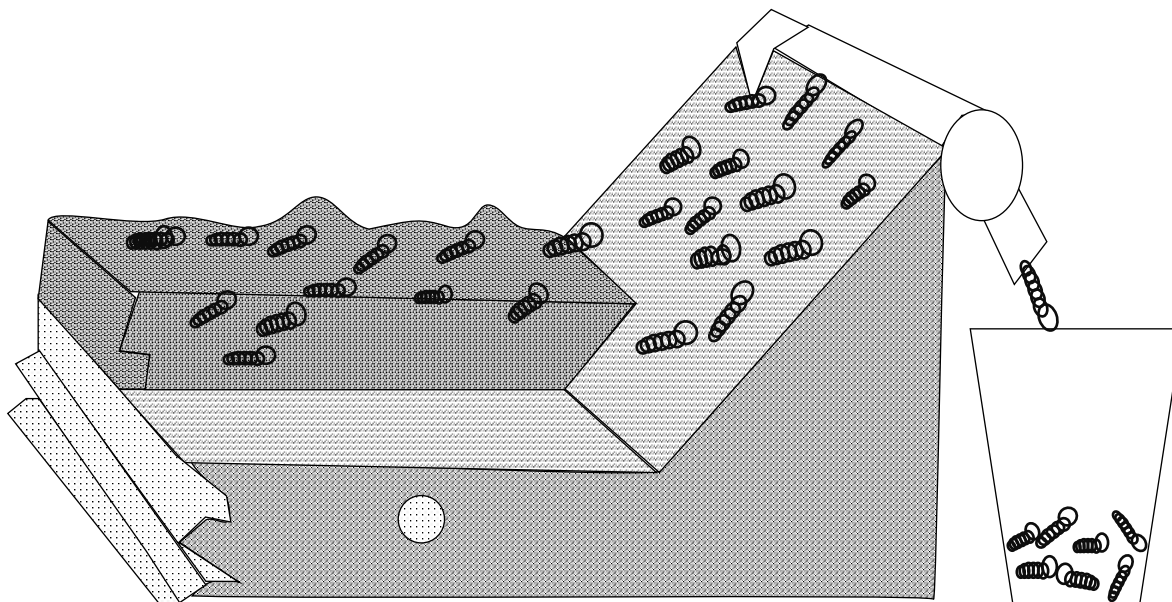


Рисунок 3 – Макет резервуару для вирощування личинок чорної львинки

Джерело: складено на основі [https://ie.unc.edu/wp-content/uploads/sites/277/2016/03/bsfl_how-to_guide.pdf]

Вирощування чорної львинки на великих фермах є важливим компонентом у сфері здійснення діяльності з переробки відходів.

Використання органічних відходів для виробництва білкового корму дозволяє зменшити обсяги сміттєзвалищ та знизити рівень викидів парникових газів у сучасних умовах ведення господарської діяльності.

Оптимізація технологічних процесів і використання сучасних матеріалів дозволяє створити ефективні та екологічно безпечні системи вирощування.

4.3. Інноваційні технології відтворення чорної львинки для малих і середніх виробничих модулів у галузі комахівництва

Середньо та дрібномасштабні операції найбільш ефективні за умови застосування модульного підходу, який дозволяє легко масштабувати процес вирощування чорної львинки. Кожна модульна одиниця називається резервуаром. До складових одного резервуару належать: пластикова урна (> 75,7 л, залежить від кількості доступних відходів), труба з ПВХ 5,08 см на 3,05 м, два наконечники з ПВХ під кутом 90 градусів і відро для збору на 18,9° (додаток Є, рис. 4 і додаток Ж).



Рисунок 4 – Внутрішній вигляд BioPod Plus: 1. Корпус. 2. Дренажна частина. 3. Зона збирання рідини (опорну плиту знято). 4. Піднятий край. 5. Бар’єрний край для личинок. 6. Міграційний трамплін. 7. Щілина для збирання зрілих личинок чорної львинки.

Джерело: https://scholarworks.umass.edu/sustainableumass_studentshowcase/14

Для побудови резервуару необхідно відрізати дві однакові частини ПВХ труби, які в подальшому забезпечать рух личинок з центру та з борта резервуару у відро для збору зрілих личинок. ПВХ труба має виступати приблизно на 15,2 см від резервуару. Від кінця, який виступає розташовано ліктювий з'єднувач і невелика частина ПВХ труби так, щоб жолоб діставав до краю відра для збирання зрілих личинок чорної львинки. Водночас є можливість придбати готовий резервуар для розведення личинок чорної львинки – BioPod Plus Auto-Harvesting Grub компостер. Конструкція резервуару складається з таких компонентів: корпус, комплект основної кришки, внутрішня кришка, дренажна пластина, дренажна подушка, відро для збирання зрілих личинок, зовнішній дренажний вузол; дренажна пластина: 27 см завдовжки, 44 см завширшки, 0,3 см завтовшки; пара кутових 101,6 см міграційних трамплінів, за допомогою яких личинки можуть природним чином заповзти у щілину для збирання зрілих личинок; щілина для збору врожаю, яка діє як вхідний жолоб до закритого відра для збирання зрілих личинок; відро має крапельний канал, який відводить конденсат і надлишок рідини від органічних речовин, а також отвір для вентиляції; внутрішня зручна кришка легко повертається та закриває верхній вентиляційний отвір.

З точки зору функціональної місткості, контейнер може вмістити максимум 2,3 кг органічних відходів на день. Біоконверсія харчових відходів становить 15–20 %, а 3–5 % – у залишки личинок. Контейнер може вмістити еквівалент відходів від життєдіяльності 3–6 дорослих курей.

Загалом личинки можуть споживати 15 кг/м²/день площі харчової поверхні. Приблизно 20 % маси органічної їжі перетворюється на личинки. Ця органічна речовина складалася з середнього вмісту сухої речовини 37 %, а передлялечки мають середній вміст сухої речовини 44 %.

4.4. Вирощування чорної львинки у багатоярусній системі виробництва

Багатоярусну комплексну систему вирощування чорної львинки розташовують у приміщенні. Система дозволяє забезпечити самостійне

збирання зрілих личинок і повторне заселення дорослих особин, для подальшого відтворення. В Університеті Арканзасу в Пайн-Блафф (UAPB) була розроблена і створена трирівнева система для вирощування чорної львинки із використанням таких матеріалів, як сталь та сітка, з метою раціонального використання виробничої площі (рис. 5).

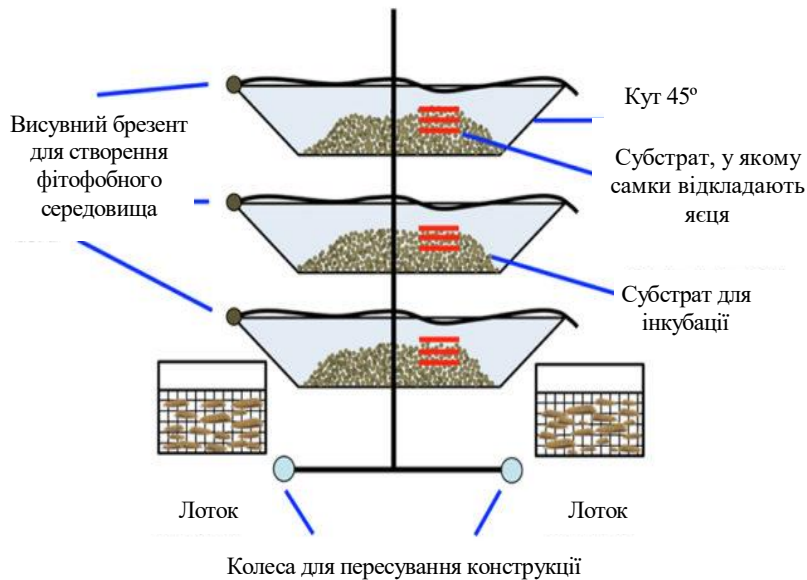


Рисунок 5 – Ліворуч: початковий проект трирівневої трапецієподібної конструкції «все-в-одному», яка годує личинок, самозбирає та повторно заселяє. Праворуч: сконструйована трирівнева система вирощування личинок

Джерело: складено на основі [<https://www.globalseafood.org/advocate/black-soldier-fly-larval-production-in-a-stacked-production-system/>]

Кожен рівень складається з металевого каркасу, до якого кріпиться сітка із розташованим на ній субстратом. Запропонована конструкція забезпечує постійний потік повітря та дренаж зайвої вологи. Кожен ярус має форму трапеції: плоска поверхня дозволяє рівномірно розподілити субстрат, а кут 45 градусів забезпечує можливість личинкам пересуватись вгору по боках і падати до контейнера (довгого лотка) для збирання зрілих личинок чорної львинки.

Зверху розміщено висувний брезент, який допомагає утримувати вологу в лотках, а також регулювати освітлення, оскільки для личинок характерна фотофобія. Щілина на верхній частині конструкції забезпечує доступ майбутнім дорослим мухам для відкладання яєць. Установку поміщають у приміщення, де

підтримують температуру 40 °C протягом пізньої осені – початку зими. Вологість повітря підтримують на рівні вище 45 %, використовуючи зволожувач, щоб запобігти потраплянню сухого гарячого повітря з вентиляційних отворів. Незважаючи на відносно високу вологість (вище 45 %), субстрати висохли протягом доби, тому на верхній шар було поміщено шланг із системою обприскування, яку вмикали вранці, один раз на добу.

Було придбано 9000 личинок четвертої стадії розвитку та поміщено на субстрат із кухонних відходів. Перші передлялечки личинок чорної львинки піднімалися на бортики лотка під кутом 45 градусів і падали в жолоб, який був заповнений піском для пом'якшення падіння, а також для полегшення збирання личинок за допомогою черпакової сітки (додаток 3).

За кілька днів лялечки твердішають, стають темнішими, а кінчики повертаються догори, поки з них не з'являється доросла чорна львинка. У подальшому для кладки яєць, дорослі особини віддають перевагу гофрованим сторонам картону, штабелям з деревини, або іншим предметам із невеликими щілинами (додаток 3). Після першого вселення зрілих личинок, через два місяці, було помічене збільшення їх кількості у 50 разів, порівняно із першим поколінням. Деякі труднощі під час виробництва включали підтримку стабільного вмісту вологості субстрату в сухому приміщенні. Іншим актуальним і проблемним питанням, є те, що дорослі особини часто відкладають яйця на субстрат, тому потрібно обережно перемішувати його.

Крім того, важливо також, утримувати підлогу в чистоті, щоб мінімізувати ймовірність того, що дорослі особини чорної львинки відкладуть на ній свої яйця.

5. Використання личинок чорної львинки як основа переходу до циркулярної біоекономіки

5.1. Використання чорної львинки для переробки свинячого гною

Останні розробки у вирощуванні чорної львинки дозволяють утилізувати відходи в закритих приміщеннях. Свинячі відходи, зібрані конвеєрною стрічкою, розділяють на твердий гній і надлишкову вологу. Зібраний твердий гній доставляють до резервуару для вирощування личинок. Резервуар містить від

85 000 до 100 000 личинок різного віку на 1 м². Пандус під кутом 35° вздовж протилежних стін гноєсховища спрямовує мігруючих личинок до жолоба у верхній частині. Цей жолоб, у свою чергу, спрямовує зрілих личинок до контейнерів для збирання зрілих личинок.

Частину личинок чорної львинки зберігають і використовують для підтримки дорослої колонії. Решту лялечок висушують і переробляють. Перероблений свинячий гній можна використовувати як добриво. Технологія передбачає розміщення вісімнадцяти свиней над стрічкою для збирання гною протягом періоду вирощування та відгодівлі (рис. 6).

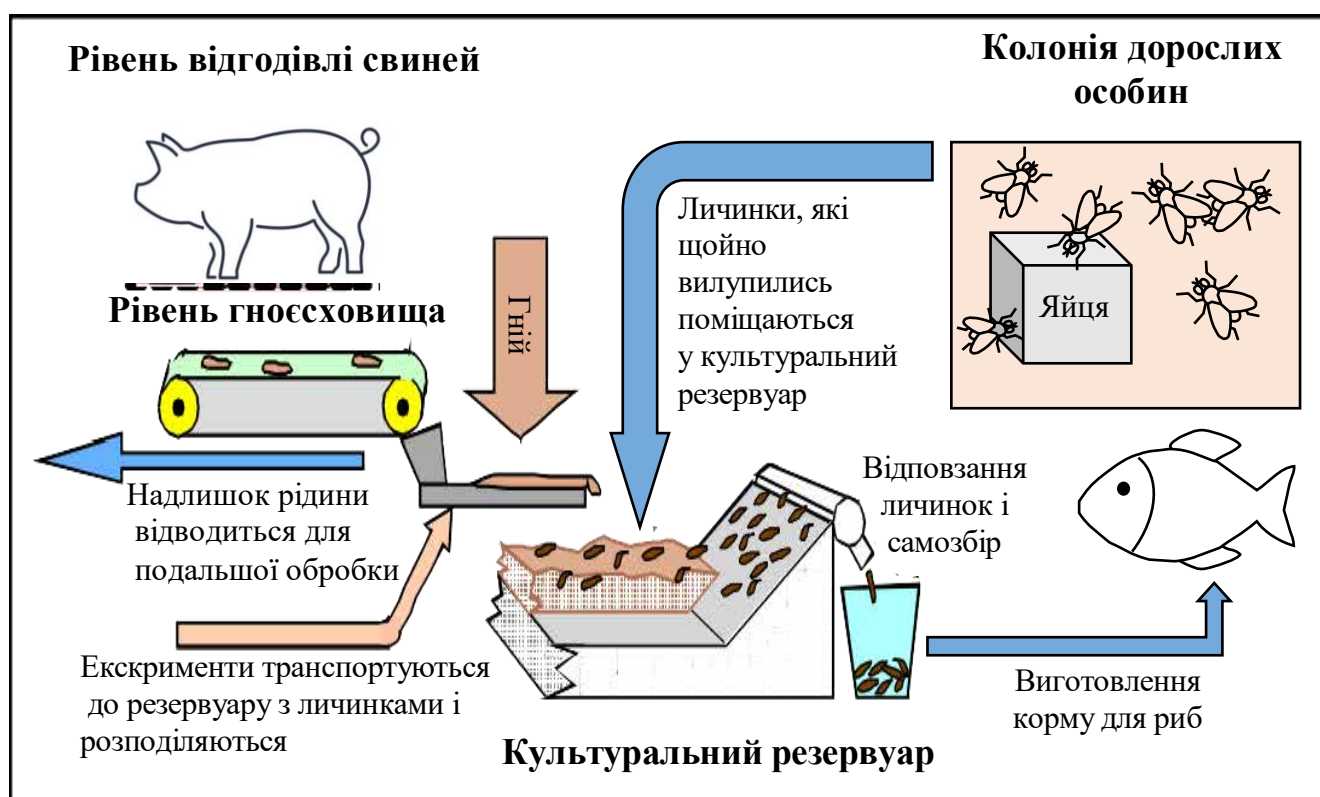


Рисунок 6 – Виробництво личинок чорної львинки на відстані від свиней

Джерело: складено на основі [<http://tinyurl.com/klzomvn>]

Гній прибирають один раз на день і розподіляють над басейном, що містить різновікові личинки чорної львинки.

Впродовж технологічного процесу загальна кількість твердих речовин у гною зменшується на 56 %.

Склад самостійно зібраних личинок наведено у табл. 10 й ілюструє потенціал їх використання як інгредієнта кормів для тварин і риби.

Таблиця 10 – Вміст незамінних амінокислот, мінералів і поживних речовин личинок, які вирощували на свинячому гної

Незамінні амінокислоти (%)		Мінеральні та інше	
Метонін	0,83	P	0,88 %
Лізин	2,21	K	1,16 %
Лейцин	2,61	Ca	5,36 %
Ізолейцин	1,51	Mg	0,44 %
Гістидин	0,96	Mn	348 ppm
Фенілаланін	1,49	Fe	776 ppm
Валін	2,23	Zn	271 ppm
l-аргінін	1,77	Сирий протеїн	43,2 %
Треонін	1,41	Ефірний екстракт	28,0 %
Триптофан	0,59	Зола	16,6 %

Джерело: складено на основі [<http://tinyurl.com/klzomvn>]

Порівняння свіжого гною із зоогумусом, отриманого від вирощування личинок (табл. 11), демонструє, що концентрація азоту і мінералів, за винятком заліза, була різко знижена в результаті вигодовування личинок чорної львинки.

У випадку 56 % зменшення маси загальної твердої речовини, загальне зменшення маси для деяких елементів становило близько 80 %.

Таблиця 11 – Склад свіжого свинячого гною порівняно із зоогумусом, що залишився після культивування чорної львинки

Хімічний елемент	Свинячий гній		Зоогумус		Зміна %
	ppm	SEM	ppm	SEM	
N	923,7	44,4 **	414,52	6,17	- 55,1
P	676,2	37,9 **	378	13,1	- 44,1
K	358,7	19,8 **	169,34	7,07	- 52,8
Ca	959,3	62,5 **	425	19,4	- 56,2
Mg	299,3	16,9 **	175,96	7,08	- 41,2
S	80,31	4,33 **	44,44	1,38	- 44,7
Fe	6,63	0,31 ^{ns}	6,8	0,54	+ 2,6
Mn	12,8	0,75 **	6,02	0,23	- 53,0
Zn	23,53	1,09 **	12,91	0,39	- 45,1
Cu	14,85	1,45 **	8,05	0,32	- 45,8
B	0,32	0,02 **	0,16	0	- 50,0
C	11248	497 **	4232,6	36,8	- 62,4
Na	99,93	5,59 **	48,15	2,04	- 51,8

SEM - Search Engine Marketing (пошуковий маркетинг). ** = значущий при $P < 0,001$. One way ANOVA, Minitab 1997; ns = несуттєво.

Джерело: складено на основі [<http://tinyurl.com/klzomvn>]

Коли налагодити систему відведення надлишкової вологи, то личинки можна культивувати безпосередньо під свинями, розміщеними на рейкових підлогах. Таку систему можна адаптувати до багатоповерхових свинарників.

Комбінація щільних і сітчастих стояків й бокових стічних каналів у резервуарі, на основі Озібобідського вертикального дренажу, придатна для відведення надлишкової рідини. Ці дренажі прикріплені до труб під підлогою та можуть бути зняті для очищення резервуару. Друга система для вирощування личинок на свинячому гної зображена у додатку К.

5.2. Система переробки курячого посліду із застосуванням чорної львинки

Переосмислюючи підхід до переробки пташиного посліду, доцільним є впровадження технології, що базується на використанні личинок чорної львинки. Підходи, розроблені на основі аналізу успішного зарубіжного досвіду, дозволяють ефективно та під контролем переробляти послід безпосередньо в багатоярусних пташниках. Загальна модель такого пташника показана на рис. 7.

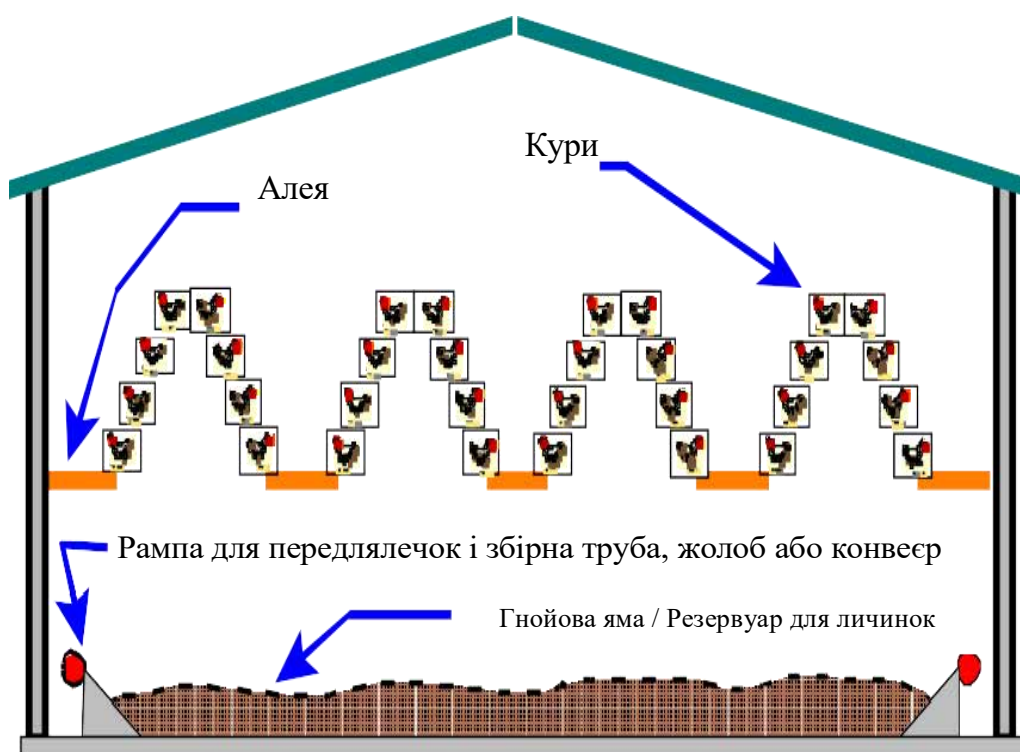


Рисунок 7 – Система переробки посліду за допомогою чорної львинки

Джерело: складено на основі [<http://tinyurl.com/klzomvn>]

Питання використання чорної львинки для переробки посліду було піднято через спостереження за природними популяціями у відкритих односторонніх пташниках старого типу. Так, має бути можливість вводу контрольованих популяцій львинки у багатошарові пташники для переробки посліду на добриво, а також для отримання поживних кормів, що доцільно впроваджувати при перебудові невеликого пташника. Доцільно передбачити можливість інтегрувати вирощування імаго львинки і природне поширення личинок чорної львинки, а також збір лялечок в одному місці за допомогою невеликих конвеєрних стрічок, в конструкції пташника для курей-несучок. Невеликі теплиці для імаго можна розмістити вздовж південної стіни пташника (рис. 8).

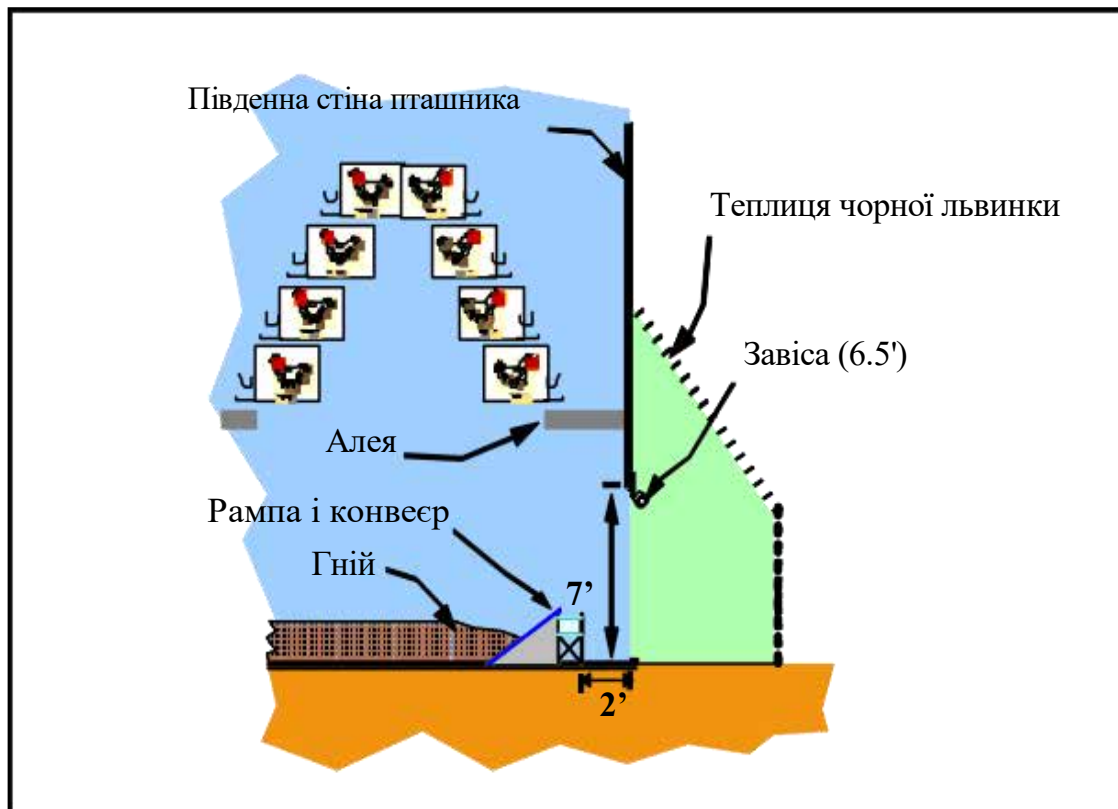


Рисунок 8 – Частковий поперечний розріз пташника з інтегрованим розмноженням чорної львинки та автоматизованим збором лялечок

Джерело: складено на основі [<http://tinyurl.com/klzomvn>]

У процесі експлуатації такий пташник можна використовувати для виробництва зрілих личинок впродовж всього року. Конвеєри для збору личинок, по одному з кожного боку пташника, а також поперечний конвеєр, працюватимуть протягом декількох хвилин на день.

Личинки потрапляють до резервуару, який веде до сушарки. Один раз на тиждень певну кількість лялечок необхідно транспортувати до теплиць, приблизно 2х4 м, розташованих на відстані близько 30 м одна від одної, де вони мають змогу заляльковуватися і стати наступним поколінням дорослих особин для подальшого розмноження.

Температуру в теплицях можна контролювати за допомогою рухомих завіс між пташником і теплицями. Якщо висушені лялечки можна буде продавати за ціною 330 дол. США (13 695 грн) на 1 000 кг, то, за підрахунками, їх переробка принесе чистий прибуток у розмірі 25 000 дол. США (1 037 500 грн) на кожен пташник за рік порівняно зі звичайним гноєвидаленням.

5.3. Можливості застосування чорної львинки у безвідходній переробці органічних відходів на принципах циркулярної біоекономіки

Чорна львинка – це муха, що мешкає в нечистотах. Однак, вважається, що на відміну від інших мух, вони не поширюють хвороби. Вони вирізняються надзвичайним апетитом і здатністю швидко утилізувати велику кількість відходів, що дозволяє зменшити як популяції мух-переносників хвороб, так і кількість ентеропатогенних бактерій у відходах. Личинки не накопичують пестициди, фармацевтичні сполуки, мікотоксини і більшість важких металів, усуваючи їх з відходів і покращуючи вміст фільтрату. Личинки здатні перетравлювати практично будь-яку органічну речовину: гній, фекалії, труп тварин, харчові та сільськогосподарські відходи, включаючи лігноцелюлозні відходи, відходи з високим вмістом алкалоїдів або інших сполук, які не підходять для компостування. При біоконверсії за допомогою чорної львинки виділяється менше парникових газів у навколишнє середовище, що зменшує потенціал глобального потепління. Водночас самі личинки є цінним продуктом. Їх використовують як сировину для виробництва біодизеля, і їхнє застосування може більш ніж удвічі збільшити обсяг виробництва пального з органічних відходів. Личинки чорної львинки їстівні, оскільки вони не накопичують токсини.

Так, ними можна годувати інших тварин як цілими, так і у вигляді меленого продукту – борошна з чорної львинки. За поживністю борошно можна порівняти з рибним або соєвим борошном. Експерименти з використанням львинки для повної або часткової заміни цих кормів в аквакультурі та птахівництві підтвердили позитивний вплив на здоров'я худоби, а також на якість і смак м'яса або яєць. Оскільки відходи аквакультури або тваринництва можуть бути використані для годівлі тих самих личинок, які потім йдуть на корм, біоконверсія за допомогою чорної львинки створює замкнений цикл поживних речовин. Самі ж личинки перетворюють органічні відходи на зоогумус і високоякісний корм для тварин і риб, зменшуючи фінансові та екологічні витрати на утилізацію відходів й на виробництво за принципами біоциркулярної економіки (рис. 9).



Рисунок 9 – Замкнутий цикл використання чорної львинки для переробки органічних відходів на принципах біоциркулярної економіки

Джерело: складено на основі [<https://doi.org/10.3390/ani10061038>]

Прикладом застосування такого механізму є технологічний ланцюг економіки замкнутого циклу, що демонструє інтегровану систему сільськогосподарського і промислового виробництва, яка мінімізує відходи та максимізує використання ресурсів (рис. 10). Він охоплює безвідходне виробництво альтернативного протеїну, біополімерів та інших продуктів з біомаси чорної львинки, промислове бджільництво для отримання екопродуктів бджільництва та інноваційну аквакультуру із замкнутим водозабезпеченням для вирощування форелі й осетрових на органічних кормах, виготовлених із личинок чорної львинки.



Рисунок 10 – Технологічний ланцюг економіки замкнутого циклу

Після переробки силосу в гомогенну масу і її збагачення, вона стає чудовим кормом для личинок.

На посівних площах вирощують дешеві зернові культури – фуражне жито, третікалій, а також різноманітні трави-медоноси – ріпак, буркун, фацелію та інші зернобобові. Знявши з них медозбір, можна отримати мед, пилок і пергу, а після формування зав'язі до повного досягання, вся зелена біомаса зернобобових скошується на силос і надходить у бурти для зберігання.

Перероблене на борошно фуражне зерно також є кормом для личинок, які, в свою чергу йдуть на переробку та отримання чистого протеїнового борошна. З вирощеної на харчових і рослинних відходах личинки виробляється цінна

кормова добавка. Частина біомаси личинок у живому вигляді використовується для вирощування продукції аквакультури. Білок личинки додається в комбікорм, вироблений з фуражного зерна. Отриманий гранульований комбікорм для цінних порід риб, птиці, інших тварин, готовий до використання та реалізації.

Перероблені личинкою харчові відходи, разом із зеленою біомасою, перетворюються на цінне органічне добриво – зоогумус, яке можна застосовувати для удобрення тепличних, плодоовочевих господарств і домогосподарств, а також для власного виробництва овочів і фруктів.

Вода з басейнів фільтрується і використовується заново в басейнах з рибою. За невеликого водообміну в рециркуляційній аквакультурній системі, невелика частина води з фекаліями риби скидається в резервуар, звідки надалі використовується для поливу рослин.

Рибні фекалії перетворюються на біологічне добриво, змішане із зоогумусом личинок чорної львинки. Рибні відходи переробляються на рибне борошно, яким збагачується поживний субстрат для личинок, що дозволяє отримати більш якісний продукт. Біоконверсія за допомогою чорної львинки має кілька переваг над іншими формами поводження з відходами, окрім здатності перетворювати майже всі органічні відходи на корисні кінцеві продукти. Личинки чорної львинки можна вирощувати вертикально в лотках, тому великомасштабна установка, яка переробляє кілька тонн відходів за один раз, не потребує багато місця. Не потрібні спеціальні інструменти або обладнання, тому вирощування чорної львинки має низькі фінансові та технічні обмеження для входу на ринок. Стаціонарні біореактори є практичними для індивідуальних ферм або рибних господарств, які переробляють свої відходи і згодовують личинок безпосередньо своїй худобі. Вказане також виключає необхідність транспортування органічних відходів із одного місця в інше.

Окреслені перспективи галузі комахівництва для виробництва продукції з чорної львинки сприяють розвитку її потенціалу, оскільки чорна львинка може конкурувати з медоносною бджолою і шовкопрядом як найбільш економічно важливими одомашненими комахами в умовах трансформаційних процесів.

Список рекомендованої літератури

1. Marshall S. A., Woodley N. E., Hauser M. The historical spread of the Black Soldier Fly, *Hermetia illucens* (L.) (Diptera, Stratiomyidae, Hermetiinae), and its establishment in Canada. *Journal of the Kansas Entomological Society*. 2015. Vol. 146. P. 51–54.
2. Lalander C. H., Fidjeland J., Diener S., Eriksson S., Vinneras B. High waste-to-biomass conversion and efficient *Salmonella* spp. reduction using black soldier fly for waste recycling. *Agronomy for Sustainable Development*. 2015. Vol. 35. P. 261–271. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0235-4>
3. Rohacek J., Hora M. A northernmost European record of the alien black soldier fly *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) (Diptera: Stratiomyidae). *Casopis Slezského Zemského Muzea – serie A*. 2013. P. 101–106. DOI: <https://doi.org/10.2478/cszma-2013-0011>
4. Чорна львинка. URL: <https://surl.li/auecuq>
5. Boykin K. L. Assessing the Nutritional Value of Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens*) Used for Reptile Foods: LSU Master's Theses. Louisiana State University. Baton Rouge. 2019. 109 p. URL: <https://surli.cc/xnaoyk>
6. Bullock N., Chapin E., Evans A., Elder B., Givens M., Jeffay N., Pierce B., Robinson W. The Black Soldier Fly How-to-Guide. UNC Institute for the Environment, University of North Carolina. Chapel Hill. 2013. 12 p. URL: <https://surli.cc/cfxojf>
7. Sheppard D. C, Tomberlin J. K, Joyce J. A, Kiser B. C, Sumner S. M. Rearing Methods for the Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae). *Journal of Medical Entomology*. 2002. Vol. 39. Issue. 4. P. 695–698. DOI: <https://doi.org/10.1603/0022-2585-39.4.695>
8. Park H. Black Soldier Fly Larvae Manual. University of Massachusetts Amherst. 2016. 14 p. URL: <https://surl.li/ilpuiy>
9. Oonincx D. G. A. B., Van Huis A., Van Loon J. J. A. Nutrient utilisation by black soldier flies fed with chicken, pig, or cow manure. *Journal of Insects as Food and Feed*. 2015. 1(2). P. 130–140. DOI: <https://doi.org/10.3920/JIFF2014.0023>

10. Fisher H., Romano N. Black soldier fly larval production in a stacked production system. 2020. URL: <https://surl.lu/rvwlrw>
11. Shelomi M. Potential of Black Soldier Fly Production for Pacific Small Island Developing States. *Animals* (Basel). 2020. 10(6):1038. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani10061038>
12. Wang Y. S., Shelomi M. Review of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as Animal Feed and Human Food. *Foods*. 2017. 6(10):91. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods6100091>
13. Nkegbe E. K., Adu-Aboagye G., Affedzie O. S., Nacambo S., Boafo A. B., Kenis M., Wallace P. Potential Health and Safety Issues in the Small-Scale Production of Fly Larvae for Animal Feed—A Review. *Ghanaian Journal of Animal Science*. 2018. Vol. 9. № 1. URL: <https://gjascience.com/article%202018.html>
14. Gabler F. Using Black Soldier Fly for waste recycling and effective *Salmonella* spp. reduction, Swedish University of Agricultural Sciences. Project work at the Department of Energy and Technology. 2014. 26 p. URL: <https://surl.lu/gyyxih>
15. Charlton A. J., Dickinson M., Wakefield M. E., Fitches E., Kenis M., Han R., Zhu F., Kone N., Grant M., Devic E., Bruggeman G., Prior R., Smith R. Exploring the chemical safety of fly larvae as a source of protein for animal feed. *Journal of Insects as Food and Feed*. 2015. 1 (1). P. 7–16. DOI: <https://doi.org/10.3920/JIFF2014.0020>
16. Purschke B., Scheibelberger R., Axmann S., Adler A., Jäger H. Impact of substrate contamination with mycotoxins, heavy metals and pesticides on the growth performance and composition of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) for use in the feed and food value chain. *Food Addit. Contam. Part A*. 2017. 34 (8). P. 1410–1420. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/19440049.2017.1299946>
17. Van Raamsdonk L. W. D., Van Der Fels-Klerx H. J., De Jong J. New feed ingredients: The insect opportunity. *Food Additives & Contaminants: Part A*. 2017. 34 (8) P. 1384–1397. DOI: <https://doi.org/10.1080/19440049.2017.1306883>
18. Dortmans B., Diener S., Verstappen B., Zurbrugg C. Black Soldier Fly biowaste treatment – Assessment of global warming potential. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.11.040>

19. Black Soldier Fly Biowaste Processing: A Step-by-Step Guide. Eawag-Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology. 2017. P. 87. URL: https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/publikationen/SWM/BSF/BSF_Biowaste_Processing_LR.pdf

20. Крутякова В. І., Маркіна Т. Ю., Молчанова О. Д., Ольшевська Л. В. Вирощування мухи чорна львинка на відходах рослинного походження: Перспективи розвитку регіонального виробництва і застосування біологічних засобів захисту рослин від шкідників і хвороб. Міжнародний семінар, 10–11 вересня 2020 р. Одеса. 2020. С. 111–113.

21. Григор'єв Д. І., Заленська Є. А. Формування пропозиції на личинок чорної львинки в нових системах розвитку циркулярної та блакитної економіки для виходу на аграрний ринок. Формування та функціонування ринку органічної продукції аквакультури в умовах глобальних викликів: Міжнародний науково-практичний семінар зб. тез доп., 2 квітня 2024 р. Київ, 2024. С. 44–47.

22. Lievens S., Poma G., De Smet J., Van Campenhout L., Covaci A., Van Der Borgh M. Chemical safety of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*), knowledge gaps and recommendations for future research: a critical review. *Journal of Insects as Food and Feed*. 2021. 7 (4). P. 383–396. DOI: <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0081>

23. Munthali M. G., Chilora L., Goliath M., Burke W. J., Benbow M. E., Kang'ombe J., Safalaoh A. The Economic Cost-benefit Analysis of Black Soldier Fly as an Alternative Animal and Fish Feed Ingredient in Malawi. Lilongwe University of Agriculture and Natural Resources (LUANAR). 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.22004/ag.econ.338590>

24. Vermiman's DIY BSFL BIN. URL: <https://surl.lu/jkyiub>

25. Молчанова О. Д., Маркіна Т. Ю., Баркар В. П. Переробка відходів рослинного походження личинками мухи чорна львинка (*Hermetia illucens* L.). Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2021. Вип. 3. С. 66–74. DOI: [10.31521/2313-092X/2021-3\(111\)-8](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2021-3(111)-8)

26. Newton G. L., Sheppard D. C., Watson D. W., Burtle G. J., Dove C. R., Tomberlin J. K., Thelen E. E. The Black Soldier Fly, *Hermetia illucens*, as a Manure

Management/Resource Recovery Tool. Proceedings of the Symposium State of the Science, Animal Manure and Waste Management. San Antonio. 2005. 57. P. 275–296. URL: <http://tinyurl.com/klzomvn>

27. Dortmans B. M. A., Diener S., Verstappen B. M., Zurbrügg C. (2017) Black Soldier Fly Biowaste Processing - A Step by Step Guide. Eawag: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Dübendorf, Switzerland.

28. Рибна ферма вирощує личинок чорної львинки. URL: <https://surl.li/mwwudi>

29. Agriprotein. URL: <https://surli.cc/nosti>

30. Dortmans B. (2015). Valorisation of Organic Solid Waste Labour Time and Economic Feasibility - Analysis of an Organic Waste Conversion System Using the Black Soldier Fly: Study of a pilot plant in Sidoarjo, Indonesia. Master thesis in Sustainable Development 270, Uppsala University, Department of Earth Sciences.

31. Chia S. Y., Tanga C. M., Osuga I. M., Alaru A. O., Mwangi D. M., Githinji M., et al. (2019). Efet of dietary replacement of fshmeal on performance of insect meal on performance, blood profiles and economics of growing pigs. *Animals*, 9, 705. <https://doi.org/10.3390/ani9100705>

32. Dzepe D., Nana P., Mube K. H., Kimpara J. M., Magatsing O., Tchuinkam T., Djouaka R. (2021). Feeding strategies for small-scale rearing black soldier ly larvae (*Hermetia illucens*) as organic waste recycler. *SN Applied Sciences*. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-04039-5>

33. Gold M., Tomberlin J., Diener S., Zurbrügg C., Mathys A. (2018). Decomposition of biowaste macronutrients, microbes, and chemicals in black soldier fly larval treatment: A review. *Waste Management*, 82. P. 302–318.

34. Dzepe D., Nana P., Fotso A., Tchuinkam T., Djouaka R. (2020). Infuence of larval density, substrate moisture content and feedstock ratio on life history traits of black soldier fy larvae. *Journal of Insects as Food Feed*, 6 (2). P. 133–140. <https://doi.org/10.3920/JIFF2019.0034>

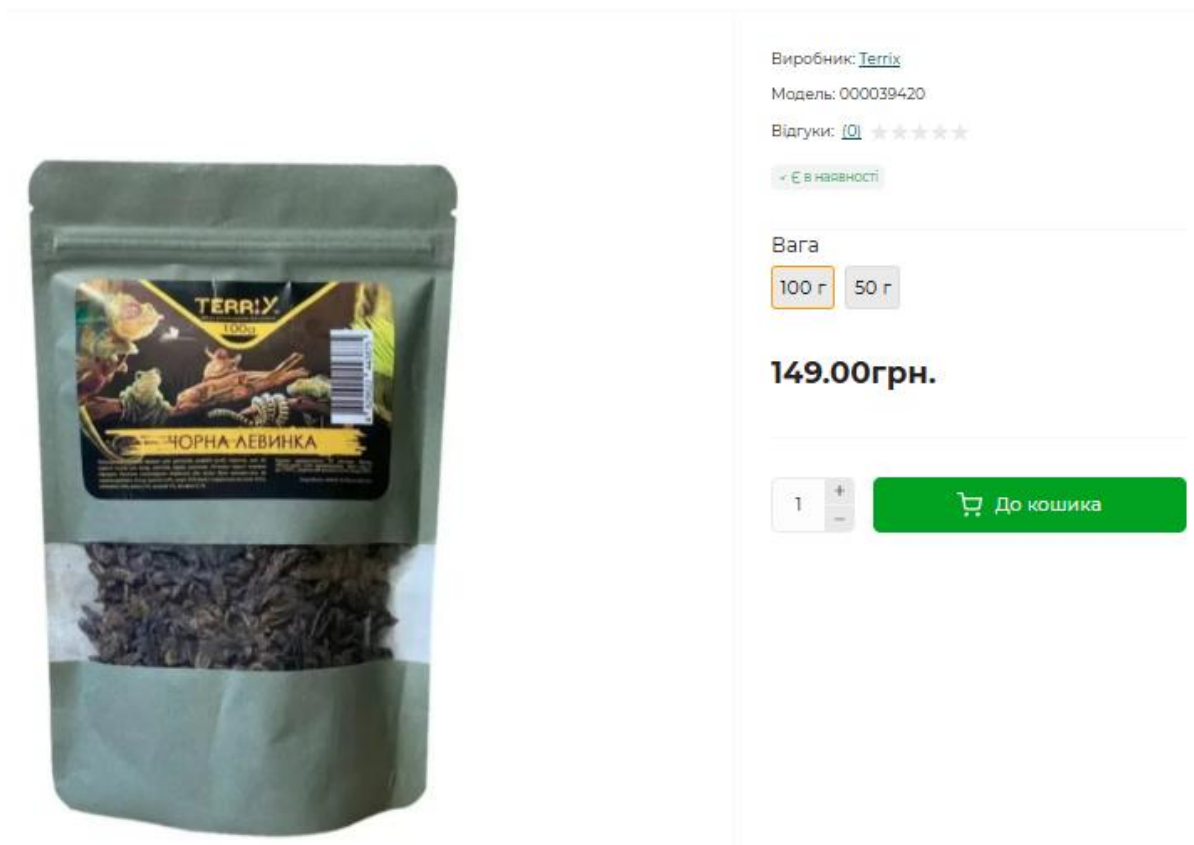


Рисунок А.1 – Личинка чорної львинки Terrix, корм для рептилій, риб, черепах, равликів, жаб, їжаків, 100 гр.

Джерело: <https://zvc.com.ua/lichinka-chorno-levinki-terrix-korm-dlya-reptil-y-rib-cherepah-ravlik-v-zhab-zhak-v-100g/>

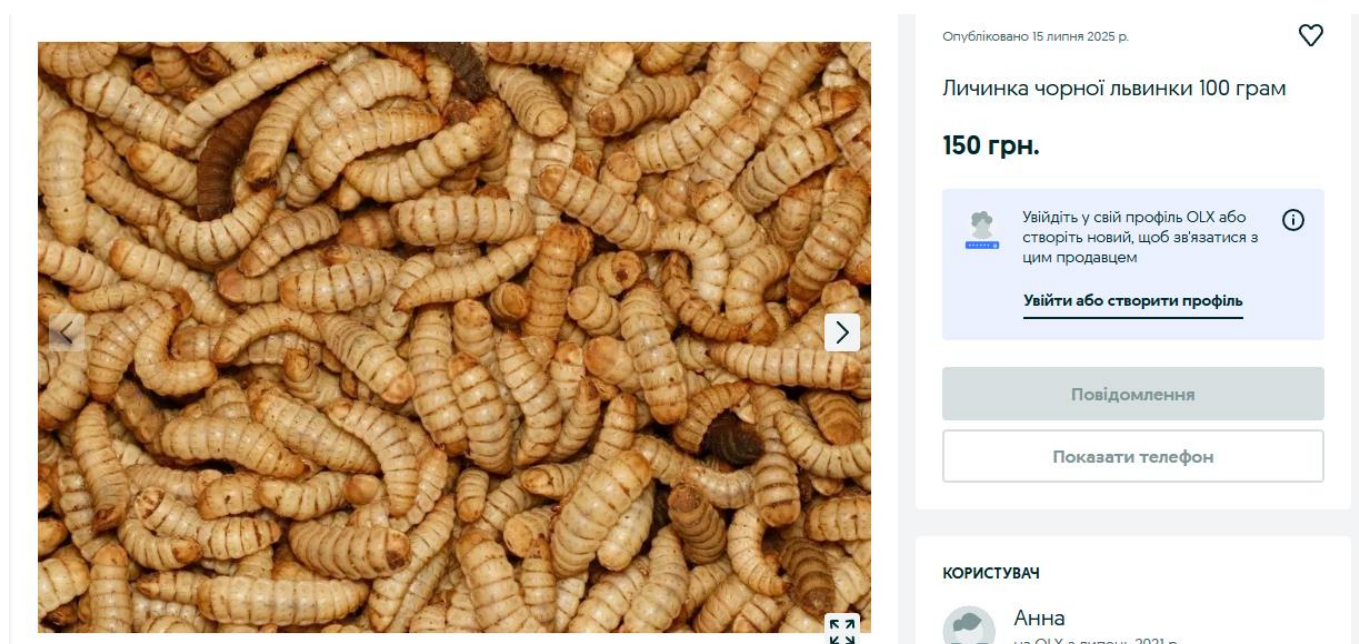


Рисунок А.2 – Личинка чорної львинки

Джерело: <https://www.olx.ua/d/uk/obyavlenie/lichinka-chorno-lvinki-100-gram-IDSowau.html>

Продовження додатку А

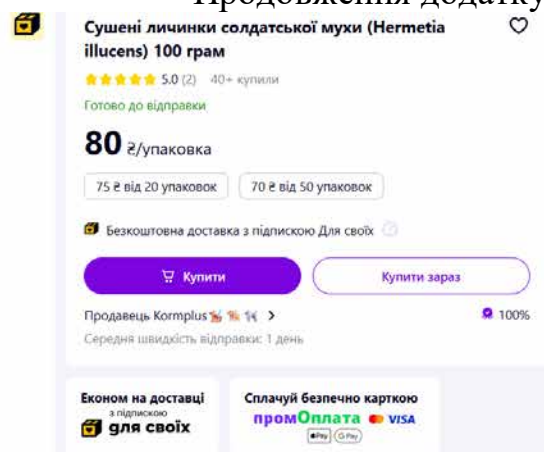


Рисунок А.3 – Сушена личинка чорної львинки, 100 гр

Джерело: <https://prom.ua/ua/p2199441174-susheni-lichinki-soldatskoyi.html>

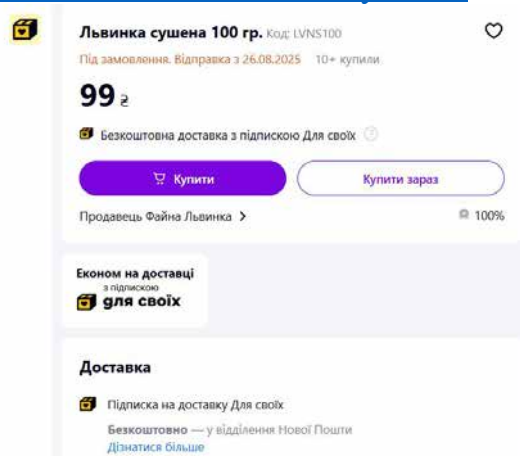


Рисунок А.4 – Сушена личинка чорної львинки, 100 гр

Джерело: <https://prom.ua/ua/p2351515001-korm-dlya-yizhakiv.html>

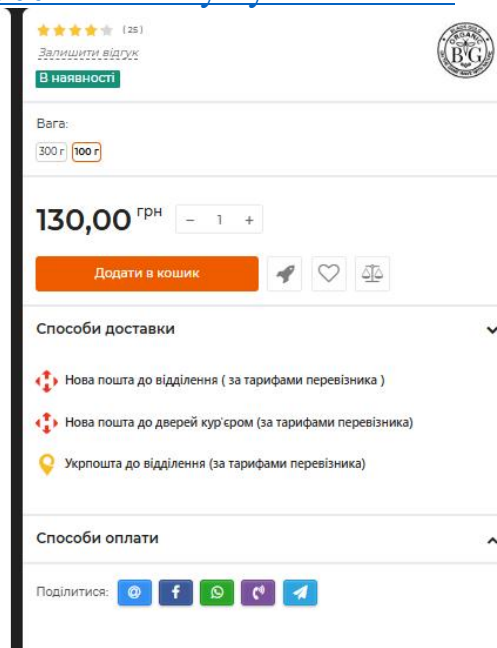


Рисунок А.5 – Протеїнове борошно з личинки чорної львинки, 100 гр

Джерело: <https://blackgold.in.ua/black-soldier-fly/proteinove-boroshno-z-lichinki-black-soldier-fly-100-g>

Продовження додатку А



Рисунок А.6 – Засушена личинка чорної львинки

Джерело: <https://shipistik.com.ua/uk/p/1404870612-lichinka-chernoy-lvinki-zasushennaya-100g/>



Рисунок А.7 – Личинка чорної львинки суха

Джерело: <https://rozetka.com.ua/ua/316636249/p316636249/>



Рисунок А.8 – Чорна львинка: корм для їжаків, щурів, птахів, гризунів, рептилій

Джерело: <https://rozetka.com.ua/ua/525122519/p525122519/>

Продовження додатку А

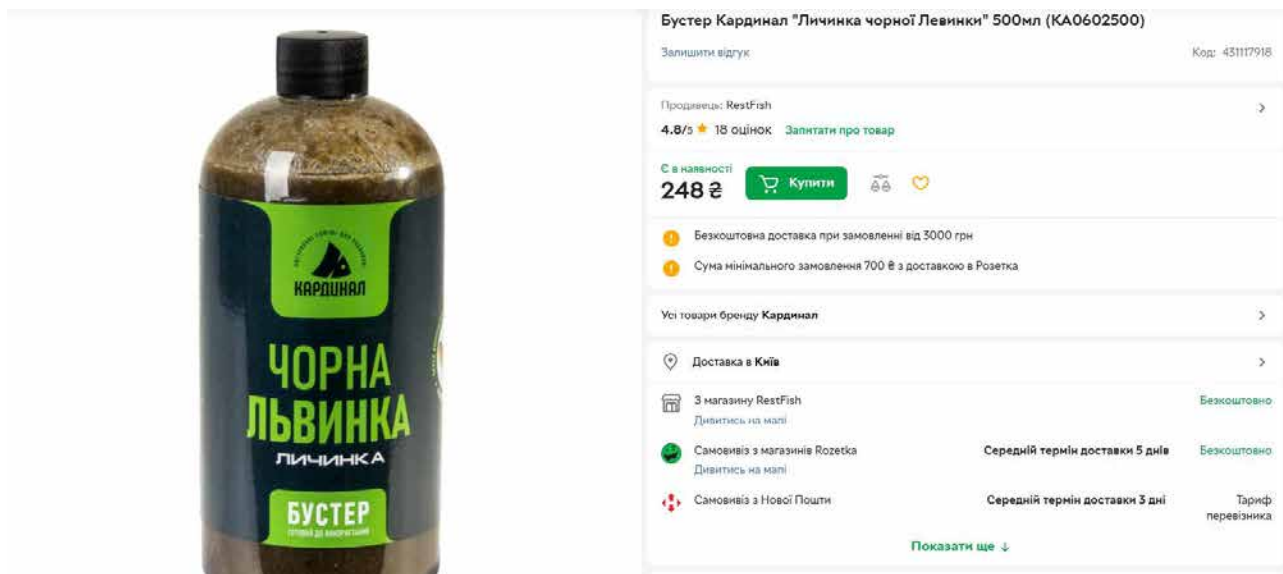


Рисунок А.9 – Бустер Кардинал «Личинка чорної львинки», 500 мл.

Джерело: <https://rozetka.com.ua/ua/431117918/p431117918/>

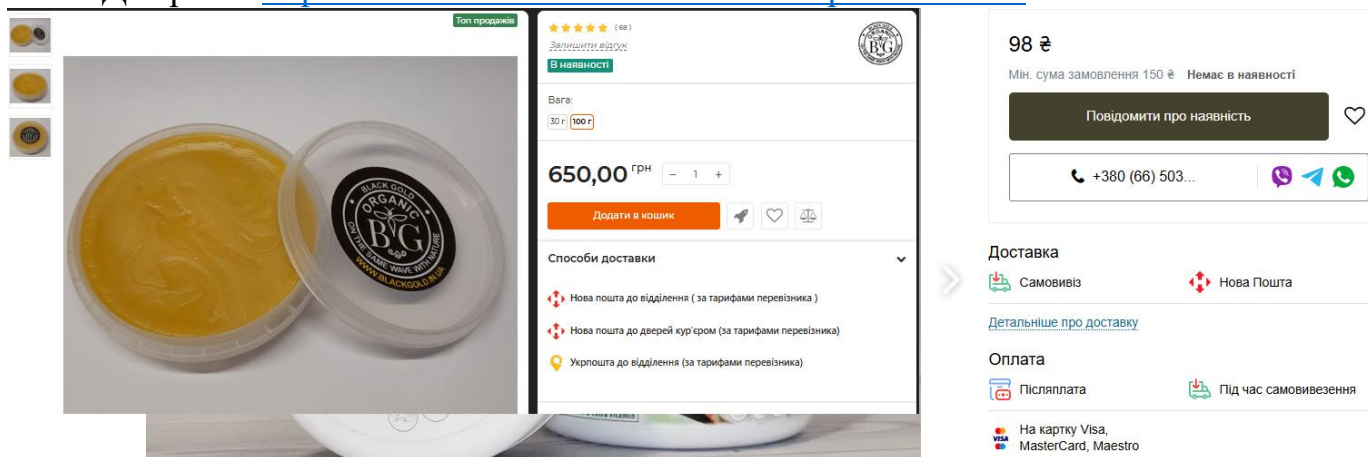


Рисунок А.10 – Жир з личинки Black soldier fly, 100 гр.

Джерело: <https://blackgold.in.ua/black-soldier-fly/zhir-z-lichinki-black-soldier-fly-100-g>

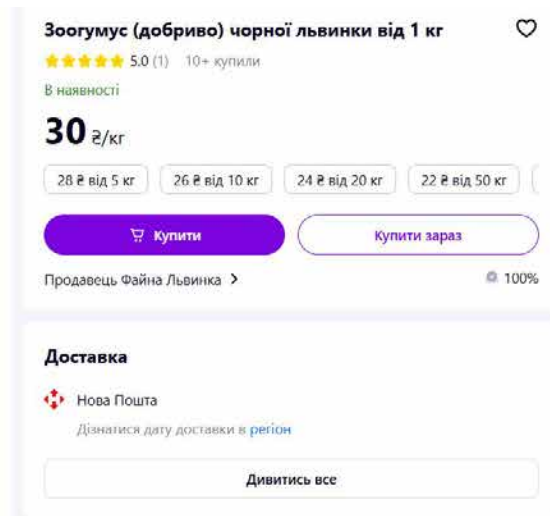


Рисунок А.11 – Зоогумус (добриво) з личинки Black soldier fly, 100 гр.

Джерело: <https://prom.ua/ua/p2355831587-zoogumus-dobriwo-chornoyi.html>

Таблиця 1 – Орієнтовна вартість вирощування чорної львинки протягом п'яти личинкових циклів, або одного року

Етап	Малі масштаби			Промисловий масштаб		
	загальна вартість		відсоток від загальної вартості, %	загальна вартість		відсоток від загальної вартості, %
	MWK	гривень		MWK	гривень	
Встановлення стадії розплоду (залучення самок)	56 000	1 349,1	12,7	120 000	2 890,7	2,3
Стадія льоту (збір личинок в теплицю)	351 050	8 457,0	79,7	2 121 100	51 098,8	41,4
Стадія яйця	14 500	349,3	3,3	310 000	7 468,1	6,0
Стадія вилуплення	7 200	173,5	1,6	114 500	2 758,4	2,2
Стадія росту личинки	11 500	277,0	2,6	1 136 000	27 367,0	22,2
Тимчасова робота	0,0	0,0	0,0	1 326 930	31 966,7	25,9
Всього	440 250	10 605,9	x	5 128 930	123 559,6	x

Джерело: [складено на основі <http://dx.doi.org/10.22004/ag.econ.338590>]

Таблиця 2 – Комплексне дослідження інтерпретацій орієнтовного доходу від личинок чорної львинки протягом п'яти личинкових циклів, або одного року

Найменування	Ціна, кг	Урожайність, кг		Прогнозований дохід			
		дрібно-масштабні	промислові	дрібномасштабні		промислові	
				MWK	гривень	MWK	гривень
Реалізація сухих личинок	250	9 540	28 917	2 385 000	57 456,3	7 229 250	174 157,7
Реалізація відходів	70	2 150	6 450	150 500	3 625,7	451 500	10 877,0
Всього				2 535 500	56 958,2	7 680 750	185 034,7

Джерело: складено на основі [<http://dx.doi.org/10.22004/ag.econ.338590>]

Таблиця 3 – Досвід визначення економічної життєздатності фермерських господарств з виробництва чорної львинки за 10 років, грн

Рік	Ціна	Вигода	Знижка, 12 %	Вартість із знижкою	Вигода зі знижкою	ЧПВ
	(I)	(II)	(III)	(I/III)	(II/III)	(II – I)/(III)
1	10 566,0	50 286,0	1,1	9 605,5	45 714,5	36 109,1
2	5 280,0	55 572,0	1,3	4 061,5	42 747,7	38 686,2
3	5 280,0	55 572,0	1,4	3 771,4	39 694,3	35 922,9
4	5 280,0	55 572,0	1,6	3 300,0	34 732,5	31 432,5
5	5 280,0	55 572,0	1,8	2 933,3	30 873,3	27 940,0
6	5 280,0	55 572,0	2,0	2 640,0	27 786,0	25 146,0
7	5 280,0	55 572,0	2,2	2 400,0	25 260,0	22 860,0
8	5 280,0	55 572,0	2,5	2 112,0	22 228,8	20 116,8
9	5 280,0	55 572,0	2,8	1 885,7	19 847,1	17 961,4
10	5 280,0	55 572,0	3,1	1 703,2	17 926,5	16 223,2
Всього	58 086,0	608 521,1		34 412,7	306 810,8	272 398,1

Джерело: складено на основі [<http://dx.doi.org/10.22004/ag.econ.338590>]

Таблиця 4 – Зіставний аналіз підходів до визначення економічної життєздатності промислового вирощування чорної львинки за 10 років, грн

Рік	Ціна	Вигода	Знижка, 12 %	Вартість із знижкою	Вигода зі знижкою	ЧПВ
	(I)	(II)	(III)	(I/III)	(II/III)	(II – I)/(III)
1	123 084,7	184 338,0	1,1	111 895,2	167 580,0	55 684,8
2	56 686,3	184 338,0	1,3	43 604,9	141 798,5	98 193,6
3	56 686,3	184 338,0	1,4	40 490,2	131 670,0	91 179,8
4	56 686,3	184 338,0	1,6	35 429,0	115 211,3	79 782,3
5	56 686,3	184 338,0	1,8	31 492,4	102 410,0	70 917,6
6	56 686,3	184 338,0	2,0	28 343,2	92 169,0	63 825,8
7	56 686,3	184 338,0	2,2	25 766,5	83 790,0	58 023,5
8	56 686,3	184 338,0	2,5	22 674,5	73 735,2	51 060,7
9	56 686,3	184 338,0	2,8	20 245,1	65 835,0	45 589,9
10	56 686,3	184 338,0	3,1	18 285,9	59 463,9	41 178,0
Всього	633 261,6	1 843 380,0		378 226,9	1 033 662,8	655 435,9

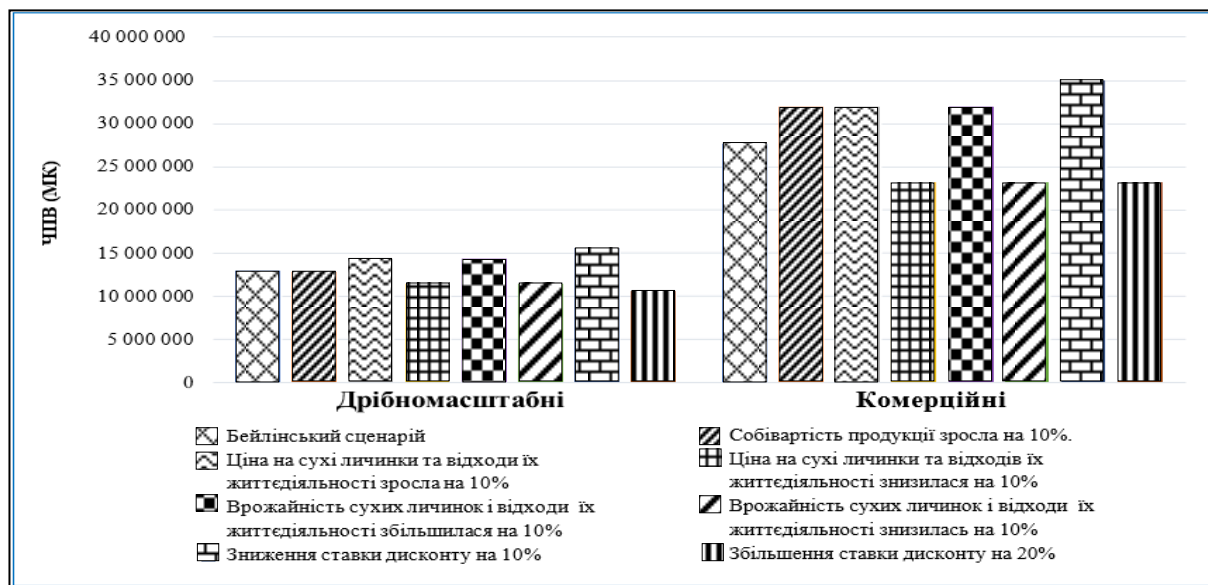


Рисунок 1 – Чиста приведена вартість вирощування чорної львинки за різними сценаріями

Джерело: складено на основі [<http://dx.doi.org/10.22004/ag.econ.338590>]

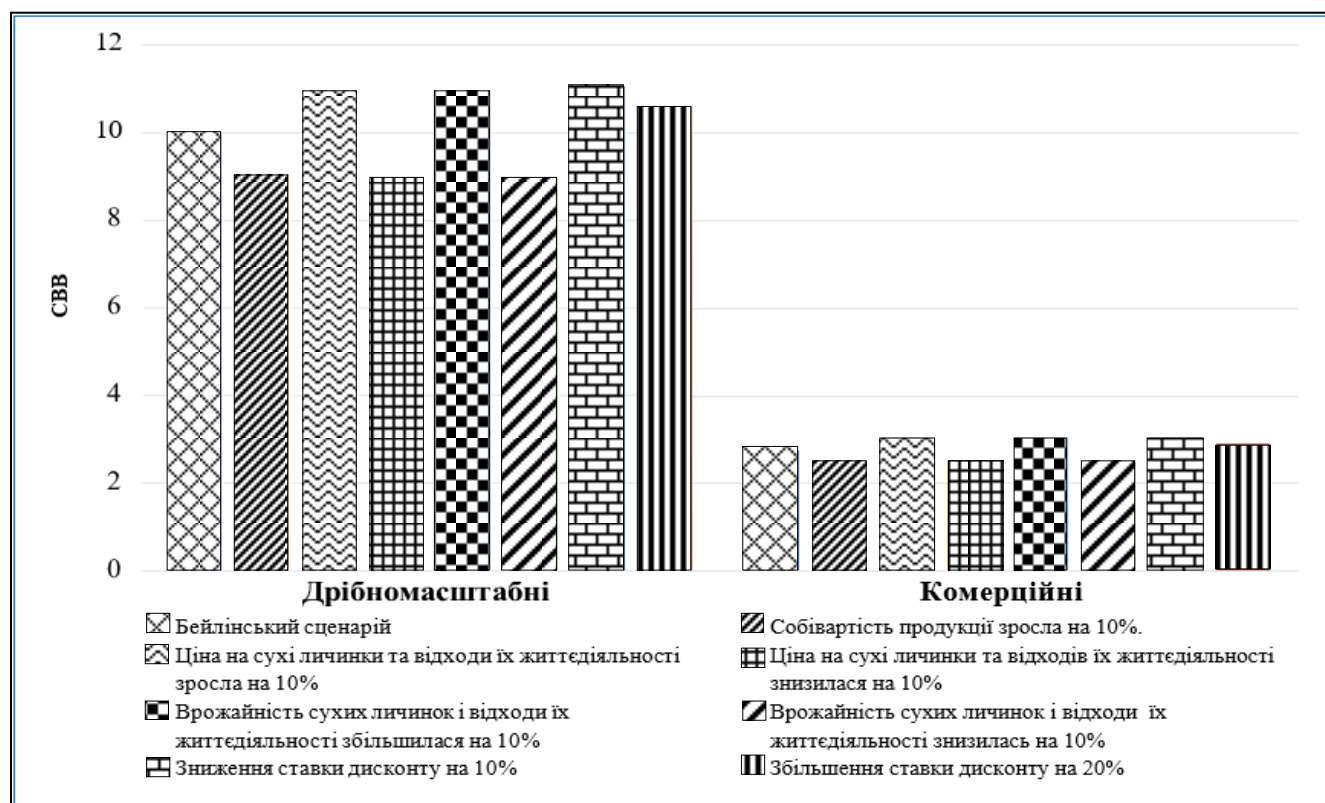


Рисунок 2 – СВВ на основі різних сценаріїв при різних рівнях виробництва чорної львинки

Джерело: складено на основі [<http://dx.doi.org/10.22004/ag.econ.338590>]



Рисунок 3 – Контейнер для розведення та збирання личинок чорної львинки

Джерело: <http://www.redwormcomposting.com/the-share-board/vermimans-diy-bsfl-bin/>



Рисунок 4 – Зовнішній вигляд BioPod Plus: 1. Шарнір. 2. Корпус. 3. Міграційний трамплін. 4. Кришка. 5. Основна кришка. 6. Контейнер для збирання зрілих личинок.

Джерело: складено на основі опрацювання матеріалів і даних авторів [https://scholarworks.umass.edu/sustainableumass_studentshowsocase/14]



Рисунок 5 – Передлялечки чорної львинки, які потрапили в жолоб з піском

Джерело: складено на основі [<https://www.globalseafood.org/advocate/black-soldier-fly-larval-production-in-a-stacked-production-system/>]



Рисунок 6 – Щойно відкладені яйця чорної львинки в гофрокартоні

Джерело: складено на основі [<https://www.globalseafood.org/advocate/black-soldier-fly-larval-production-in-a-stacked-production-system/>]

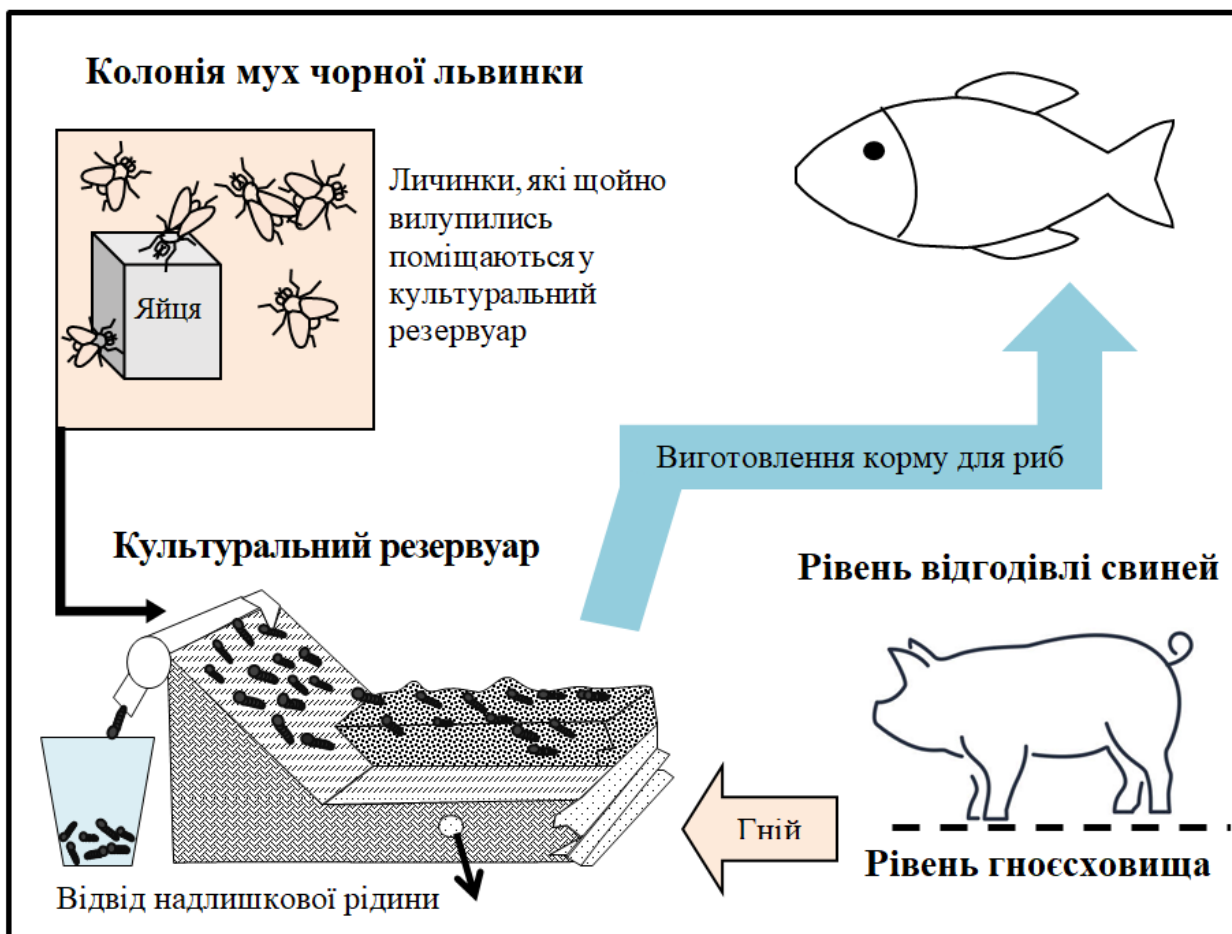


Рисунок 7 – Виробництво личинок чорної львинки безпосередньо під свинями
Джерело: складено на основі [<http://tinyurl.com/klzomvn>]

Наукове видання

Забезпечення конкурентоспроможності при формуванні
пропозиції на продукцію з чорної львинки в аспекті
інклюзивної моделі циркулярної біоекономіки

Методичні рекомендації

Укладачі: Заленська Є. А., Шарило Ю. Є., Вдовенко Н. М.,
Поплавська О. С., Плічко В. Ф., Коваль В. В., Дмитришин Р. А.,
Григор'єв Д. І., Рєзнік С. О., Коробова Н. М.

Підписано до друку 16.12.25 Формат 60x84\16

Ум. друк. арк. 3,2

Наклад 50 прим.

Зам. № 250872

Віддруковано у редакційно-видавничому відділі НУБіП України

вул. Героїв Оборони, 15, Київ, 03041 тел.: 527-81-55

тел.: 527-81-55