

## ПЕРЕРОБКА ВІДХОДІВ РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ ЛИЧИНКАМИ МУХИ ЧОРНА ЛЬВИНКА (*HERMETIA ILLUCENS* L.)

**О. Д. Молчанова**, завідувач науково-дослідним відділом промислової ентомології  
ORCID ID: 0000-0003-1049-7236

**Т. Ю. Маркіна**, доктор біологічних наук, професор, науковий співробітник  
ORCID ID: 0000-0002-6313-9814

**В. П. Баркар**, завідувач науково-дослідним сектором ентомофагів відкритого ґрунту

ORCID ID: 0000-0002-0965-9755

**О. Б. Трібунцова**, молодший науковий співробітник  
ORCID ID: 0000-0001-5847-9008

Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН України

*Досліджено процес розведення мухи чорна львинка на відходах рослинного походження, визначено біологічні та технологічні показники отриманого біоматеріалу. Доведено, що отримання високожиттєздатної культури комах можливе за умов годування личинок пшеничними висівками, макухою, сумішшю кавун + диня некондиційні, кабачками некондиційними, сумішшю картопля + морква + капуста некондиційні; злаками хлібними некондиційними. Запропоновано структуру підприємства з переробки відходів, що включає чотири етапи: отримання личинок 1-го віку для переробки відходів; підготовка відходів для переробки личинками; переробка відходів; завершальний (отримання гумусу та личинок).*

**Ключові слова:** біотехнологія, чорна львинка, переробка, відходи рослинного походження.

**Постановка проблеми.** Переробка відходів рослинного походження – це питання, вирішення якого є актуальним завданням сьогодення. Проблема накопичення відходів визнана більшістю розвинених країн світу. Для її подолання постійно вдосконалюються способи утилізації, запроваджують процедури їх переробки та технології біологічного очищення та спалювання. Основною причиною нагромадження великої кількості відходів у результаті сільськогосподарської діяльності, є незадовільна організація їх утилізації. Рішенням цієї екологічної проблеми може стати переробка органічних відходів за допомогою личинок мухи чорна львинка (*Hermetia illucens* Linnaeus, 1758) (Diptera: Stratiomyidae). Метою цієї роботи є дослідження переробки різних відходів сільськогосподарського виробництва рослинного походження за допомогою личинок мухи чорна львинка та обґрунтування структури і послідовності технологічних процесів біотехнологічного підприємства.

**Аналіз актуальних досліджень.** Накопичення відходів сільськогосподарського виробництва призводить до погіршення екологічних умов існування людини та порушує гомеостатичні

властивості екосистем. Слід зазначити, що в зв'язку з глобальним потеплінням та накопиченням парникових газів спалювання, як традиційний спосіб утилізації відходів, вважається шкідливим процесом і в багатьох країнах значно обмежений. Це спонукає все більше звертати увагу на можливість використання біологічних методів переробки відходів.

На пострадянському просторі в агропромисловому комплексі спостерігається залишок великої кількості відходів, що не використовуються. Значна кількість відходів йде у відвал за відсутністю на більшості підприємств сучасної технологічної бази для переробки вторинної сировини [1]. Проблема відходів агропромислового комплексу, які не використовуються, є характерною для багатьох країн [2]. Сучасна практика поводження з рослинними відходами передбачає або їх складування на відкритих майданчиках або спалювання залишків збирання врожаю на полях. Таким чином, щорічно мають місце значні втрати невикористаних поживних речовин, які містяться у відходах [3].

В економічно розвинених країнах переробці відходів агропромислового виробництва

приділяється значна увага. Наприклад, такі країни як Німеччина, Японія та Великобританія імпортують вторинну сільськогосподарську сировину з метою її подальшої переробки. Причиною цього визначають застарілість обладнання в інших країнах та відсутність інвестувань, при тому, що продукти переробки цих відходів експортуються з Німеччини.

Рішенням цієї проблеми може стати переробка органічних відходів за допомогою личинок мухи чорна львинка (*H. Illucens* L.) з подальшим використанням личинок, як повноцінного білкового корму для тварин, і переробленого субстрату, як добрива для рослинництва [4-10].

Ці комахи належать до небагатьох видів безхребетних, здатних цілодобово розвиватися в чистій культурі у замкненому просторі за штучно створених умов промислового виробництва. Особливості розвитку комах дозволяють використання їх у біотехнологічних цілях, що є однією із основних переваг даного виду [11]. *H. Illucens* розвивається у найрізноманітніших відходах, що розкладаються, у тому числі гнилих фруктах та овочах. Використання личинок цього виду для переробки органічних відходів пропонують як перспективну і ефективну технологію багато авторів [12-16]. Зазначено, що технологія видалення органічних залишків з використанням *H. illucens* більш ефективна, ніж традиційні технології компостування, та ґрунтується на здатності личинок мухи в найкоротші терміни знищувати великі маси різних органічних відходів. Поїдаючи відходи, личинки *H. illucens* за кілька днів знижують їх масу удвічі-втричі. Екологічний зиск від використання ентомологічних технологій переробки харчових відходів безсумнівний. Їх впровадження в переробку харчових (і не лише) відходів надасть змогу в разі знизити складування і величезні поклади непереробленої сировини.

У світі існують приклади компаній, які вже використовують *H. illucens*, це Hermetia Baruth GmbH (Німеччина), Agri Protein Technologies (Південна Африка) та Corporation Enterra Feed (Канада) [17]. Корпорація екологічних технологій та інжинірингу (Environmental Technology and Engineering Corporation) винайшла біотрансформатор личинок *H. illucens* для домашнього використання.

У 2007 в Інституті ентомології провінції Гуандун (Китай) розроблено систему біоконверсії для ефективної широкомасштабної переробки органічних відходів. Система досягла задовільного скорочення, знезараження та переробки відходів [18]. У Південній Італії розташована дослідна установка, де переробка 10 тонн побутових відходів дозволяє отримати 300 кг сушених личинок та 3346 кг компосту. Продуктивність підприємства може досягати 30 т відходів за день [19]. Подібні виробництва в Україні на цей час відсутні, що спонукає проводити дослідження та розробляти технологічні схеми підприємств з переробки відходів сільськогосподарського виробництва з використанням личинок мух вищевказаного виду.

**Мета роботи.** Встановити можливість переробки відходів рослинного походження харчової промисловості та сільськогосподарського виробництва личинками мухи *H. illucens*. Визначити технологічні параметри переробки відходів, структуру підприємства і послідовність процесів та операцій переробки.

**Матеріали та методи дослідження.** Для проведення досліджень була використана штучна популяція *H. illucens*, що підтримується у центрі маточних культур комах ІП «Біотехніка» НААН України.

Впродовж життєвого циклу муха проходить чотири стадії: яйце, личинка, лялечка та імаго [20]. Личинки мухи за кольором блідо-жовті (рис. 1).



Рис. 1. Личинки *H. illucens* 3-го віку. Фото Молчанової О.Д.

Личинки зазвичай виростають до 18-20 мм [21]. Зазначено, що в останній віковій групі вони

здатні досягати розміру 27 мм [19]. Передлялечки змінюють свій колір від білувато-жовтого до темно-коричневого [22, 23].

Дорослі особини *H. illucens* сягають розмірів від 15 до 20 мм. Маючи жирове тіло, сформоване

на стадії личинки, імаго не мають потреби в харчуванні, тому лижучий ротовий апарат слабо виражений (рис. 2) та придатний тільки для споживання води. Органи травлення відсутні, що унеможлиблює безпосереднє споживання їжі.



Рис. 2. Імаго *H. illucens*. Фото Молчанової О.Д.

Експерименти проводили в інсектарному боксі за оптимальних для виду гігротермічних умов – температура повітря +25 – 27 °С, відносна вологість 55 – 65% за стандартними методиками роботи з комахами [24-26]. У кожному варіанті по три повторності.

Дослід проводили з різними варіантами поживного субстрату для вирощування личинок:

1. Контроль – вирощування личинок на пшеничних висівках.

2. Вирощування личинок на картопляному жомі.

3. Вирощування личинок на відходах олійного виробництва (макуха).

4. Вирощування личинок на відходах виробництва грибів.

5. Вирощування личинок на жомі виноградному.

6. Вирощування личинок на жомі цукрових буряків.

7. Вирощування личинок на жомі яблук.

8. Вирощування личинок на овочевих залишках.

9. Вирощування личинок на плодах шовковиці некондиційних.

10. Вирощування личинок на плодах сливи некондиційних.

11. Вирощування личинок на винограді некондиційному.

12. Вирощування личинок на качанах кукурудзи обрушених.

13. Вирощування личинок на стеблах кукурудзи сухих.

14. Вирощування личинок на суміші кавуна та дині некондиційних.

15. Вирощування личинок на кабачках некондиційних.

16. Вирощування личинок на суміші картоплі, моркви, капусти некондиційних.

17. Вирощування личинок на бадиллі картопляному.

18. Вирощування личинок на бадиллі огірковому.

19. Вирощування личинок на злаках хлібних некондиційних.

20. Вирощування личинок на соломі пшеничній.

21. Вирощування личинок на соломі ячмінній.

22. Вирощування личинок на стеблах, листях, кошиках соняшнику.

Відомо, що яйцекладки мухи відкриті, яйця м'які, прикріплені до субстрату та склеєні між собою виділеннями статевих залоз, вилучення окремих яєць без пошкоджень ускладнено, тому добір матеріалу для дослідів проводили на стадії личинки першого віку.

Різні види рослинних відходів розміщували в садках розміром 127 × 95 × 100 мм по 200 г відходів у кожному варіанті. Харчовий субстрат був м'якої вологості консистенції. Для цього у відходи за необхідністю додавали невелику кількість води та ретельно перемішували. У кожному садку з середовищем додавали по 500 штук личинок.

При поїданні личинками субстрату додавали новий корм, що був попередньо зважений. Час годування визначали візуально за зовнішнім виглядом середовища, або за станом личинок, які у пошуку корму піднімалися на поверхню субстрату.

У ході дослідів визначали такі показники: середню масу личинок однієї вікової групи (мг); середню масу лялечок (мг); життєздатність

личинки (%); тривалість розвитку від стадії яйця до стадії передлялечки (діб).

Середню масу личинок в усіх варіантах досліду визначали як середнє арифметичне від маси зважених 30 особин у триразовій повторності.

Для збирання передлялечок садки з личинками встановлювали у лотки розміром 150 × 130 × 50 мм. Відбирали по 30 передлялечок та визначали середню масу. При проведенні досліджень фіксували термін перетворення личинок у передлялечки, підраховували кількість отриманих передлялечок. Життєздатність личинок визначали як співвідношення кількості передлялечок до кількості личинок, внесених у субстрат, виражене у відсотках.

**Виклад основного матеріалу.** Вивчено процес вирощування мухи на двадцяти двох видах відходів рослинного походження, в якості контролю використаня пшеничні висівки.

Встановлено, що на відходах грибів, жомі цукрових буряків, соломі колосових (пшениця та

ячмінь) розвиток мухи практично не відбувався, були зафіксовані тільки одиничні екземпляри личинок першого віку (табл. 1). Також досить низькі показники життєздатності спостерігали при вирощуванні личинок на картопляному та огірковому бадиллі – 21 та 23% відповідно, сухих стеблах кукурудзи – 28% та обрушених кукурудзяних качанах – 35%. Достовірно високу ( $p < 0,001$ ) життєздатність спостерігалась у варіантах годування пшеничними висівками 96%, макухою 84%, сумішшю кавун + диня некондиційні 95%, кабачками некондиційними 92%, сумішшю картопля + морква + капуста некондиційні 91%; злаками хлібними некондиційними 84%. В інших варіантах життєздатність складала від 50 до 80%.

Достовірно вища ( $p < 0,01$ ) по відношенню до інших варіантів відмічена середня маса личинок та лялечок при вирощуванні на середовищах з висівок; обрізків та очисток овочевих; сумішші кавун + диня некондиційних; картоплі + моркви + капусти некондиційних; злаків хлібних некондиційних; стебел, листя та кошиків соняшнику (табл. 1).

Таблиця 1

**Біологічні показники *H. illucens* при вирощуванні на відходах рослинного походження**

Склад поживного субстрату	Середня маса, мг		Життєздатність личинок, %	Тривалість розвитку, до стадії передлялечки ±2
	Личинки старшого віку	Лялечки		
Висівки (контроль)	270±1,5**	160±0,14	96±3,8*	30
Картопляний жом	170±1,3	110±0,11	71±1,8	51
Макуха	175±1,2	150±0,12	84±3,0*	38
Відходи від грибів	-	-	-	-
Жом винограду	90±3,2	65±0,11	78±2,1	37
Жом цукрових буряків	-	-	-	-
Жом яблук	130±2,1	93±0,12	58±1,1	44
Обрізки та очистки овочеві	230±2,4**	210±0,52	76±2,0	41
Плоди шовковиці (некондиційні)	100±1,2	60±0,14	49±1,4	54
Плоди сливи (некондиційні)	110±1,5	70±0,12	83±2,7	71
Виноград (некондиційний)	120±2,3	70±0,11	71±1,7	47
Качани кукурудзи обрушені	100±1,1	63±0,13	35±1,2	-
Стебла кукурудзи сухі	60±2,1	40±0,11	28±1,0	53
Кавун + диня(некондиційні)	210±5,2**	180±0,14	95±3,7*	-
Кабачки(некондиційні)	160±1,4	90±0,12	92±3,4*	60
Картопля + морква + капуста (некондиційні)	150±2,3**	100±0,12	91±3,0*	55
Бадилля картопляне	90±1,7	60±0,11	21±0,6	-
Бадилля огірків	50±1,6	290±0,17	23±0,7	-
Злаки хлібні (некондиційні)	300±1,9**	220±0,15	84±2,8*	35
Солома пшениці	50±1,7	30±0,15	-	-
Солома ячменю	-	-	-	-
Стебла, листя, голови соняшника	120±1,2**	110±0,11	7±0,2	-

Примітка: \* $p < 0,001$ по відношенню до варіантів з низькою життєздатністю; \*\* $p < 0,01$ по відношенню до інших варіантів

За результатами досліджень встановлено, що термін розвитку мухи чорна львинка на відходах

сільського господарства рослинного походження різного типу відрізняється. В контролі, при

культивуванні на висівках пшениці він тривав 30 діб. В той час як на злаках хлібних некондиційних був більше на 5 діб. Відносно короткий термін розвитку спостерігався при використанні виноградного жому та макухи – 37 та 38 діб відповідно. Найбільший термін спостерігався при вирощуванні на фруктах некондиційних (слива) – 71 доба. Встановлення причин такого явища потребують подальших досліджень. Безумовно можна стверджувати, що різна поживна цінність субстрату обумовлює відмінності у біологічних показниках культури комах.

Нами встановлена ефективність використання мухи чорна львинка для переробки різноманітних видів відходів сільського господарства рос-

линного походження, але необхідно враховувати різну тривалість процесу переробки для кожного виду відходів. Така технологія може бути використана при створенні підприємств з переробки відходів рослинного походження в Україні.

Аналіз ситуації у світі показав, що товарною продукцією підприємства з переробки відходів, залежно від попиту, можуть бути: личинки; передлялечки мухи; біогумус. Підприємство повинно бути оснащеним спеціальним обладнанням для подрібнення та переробки відходів, кваліфікованим персоналом, мати зручну інфраструктуру для підвозу відходів та доставки продуктів їх переробки до споживачів.

Нами запропонована структура такого підприємства (рис. 3).

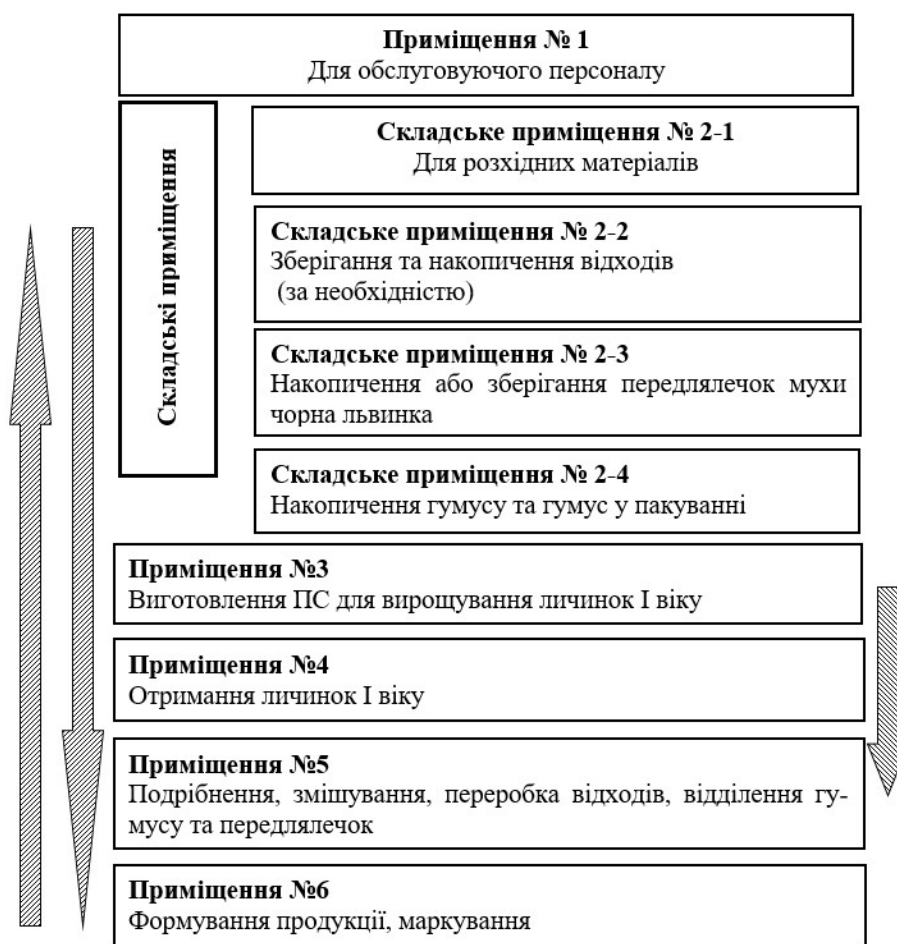


Рис.3. Структура підприємства з переробки відходів

При організації переробки відходів необхідно мати п'ять основних приміщень та передбачені складські приміщення для розхідних матеріалів, зберігання та накопичення відходів (за необхідністю), накопичення або зберігання передлялечок, накопичення та пакування гумусу. Основні приміщення використовують для

обслуговуючого персоналу; виготовлення поживного середовища для вирощування личинок I віку; отримання личинок I віку; подрібнення, змішування, переробки відходів, відділення гумусу та передлялечок; формування продукції, маркування.

В процесі переробки відходів необхідно створити оптимальні гідро-термічні умови утримання личинок, що буде сприяти більш скорішому процесу їх перетворення у корисну

продукцію, яку можливо використовувати у подальшому. Технологічні параметри процесу переробки відходів за допомогою личинок чорної львинки наведені у таблиці (табл. 2).

Таблиця 2

**Технологічні параметри процесу переробки відходів за допомогою личинок *H. illucens***

Технологічний процес	Харчовий субстрат	Температура повітря у зоні утримання комах, °С	Відносна вологість повітря у зоні утримання, %	Аерація повітря у зоні утримання	Освітлення у зоні утримання
Інкубація яєць, отримання личинок I віку	Пшеничні висівки + окріп Додаткове зволоження	25-26	60	Згідно з наказом МОЗ Укр. №254А від 20.09.97р., 0,2-0,7 м/с	Необов'язково
Переробка відходів (виращування личинок)	Відходи рослинного походження чи їх суміші Додаткове зволоження	22-24	65	Згідно з наказом МОЗ Укр. №254А від 20.09.97р., 0,2-0,7 м/с	Необов'язково
Вилучення з субстрату передлялечок	-	22-24	65	Згідно з наказом МОЗ Укр. №254А від 20.09.97р., 0,2-0,7 м/с	Необов'язково
Підготовка субстрату до пакування	-	-	45-60	Згідно з наказом МОЗ Укр. №254А від 20.09.97р., 0,2-0,7 м/с	-

Технологічний процес переробки відходів можливо розділити на чотири етапи: отримання личинок I віку для переробки відходів; підготовка відходів для переробки личинками; переробка відходів; отримання гумусу та личинок (рис. 4).

**Отримання личинок I віку.** На цьому етапі здійснюються такі операції: виготовлення поживного середовища для вирощування личинок I віку; розміщення яєць у пристрої для інкубації; інкубація яєць; заселення поживного середовища личинками, що тільки відродилися з яєць.

Через дві-три доби з яєць відроджуються личинки, їх заселяють у ПС. Через сімдесят діб личинки молодшого віку готові для заселення у резервуар для переробки відходів.

**Підготовка відходів для переробки.** Після доставки відходів на підприємство їх сортують. За допомогою кормоподрібнювача подрібнюють тверді та крупні фракції відходів. Кормоподрібнювач розташовують так, щоб

подрібнені відходи потрапляли до бункера шнекового транспортеру. Шнековий транспортер призначений для переміщення подрібнених відходів у резервуари для переробки.

**Переробка відходів.** Резервуар для переробки відходів має розмір 2,0 × 3,0 × 0,3 м і розміщений на станині, його внутрішній об'єм становить 1,8 м<sup>3</sup>, робочий об'єм, в якому знаходиться субстрат з личинками – 0,9 м<sup>3</sup>. В резервуар з відходами, або сумішшю відходів, додають харчовий субстрат з личинками чорної львинки I віку. Необхідну кількість визначають згідно з масою відходів, які переробляють, та їх складом.

В процесі вигодовування личинок поверхню резервуара з поживним середовищем та личинками, що ростуть, прикривають заслінками ролетного типу для створення темряви та збереження вологості. Підприємство переробки повинно бути оснащене дощувальною установкою та ємністю для води.

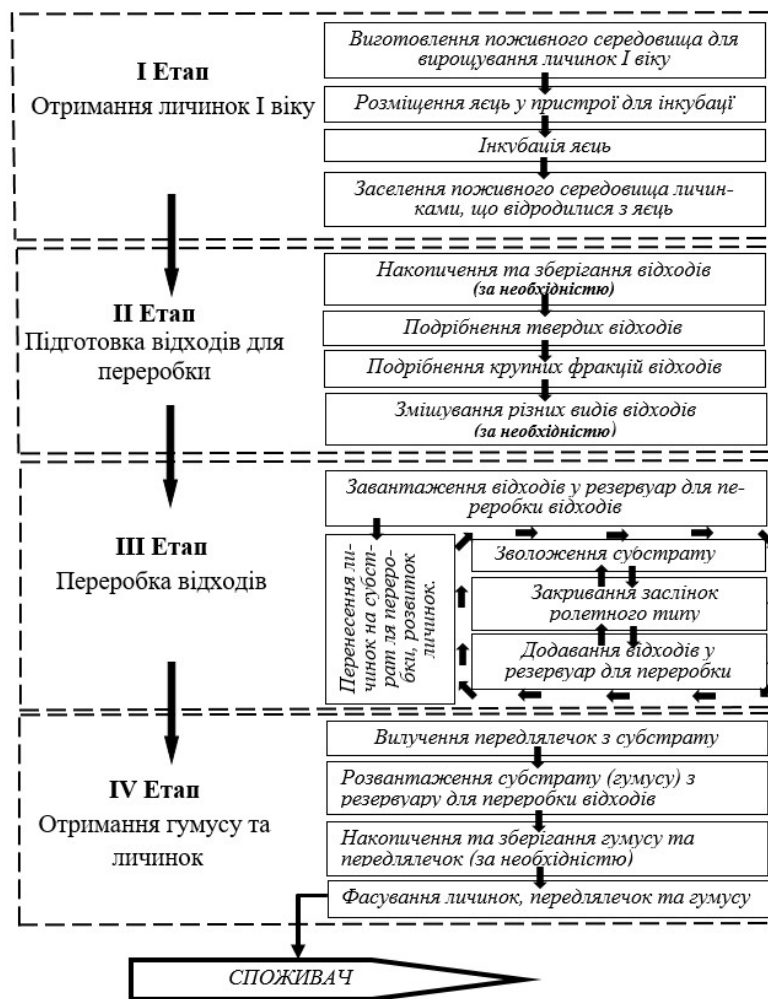


Рис.4. Схема переробки відходів з використанням личинок *H. illucens*

#### Отримання гумусу та передлялочок.

Четвертий етап завершальний. Після закінчення переробки, яка триває 30-55 днів залежно від складу відходів та умов утримання, здійснюють вилучення передлялочок з субстрату. Перероблений субстрат піддають сушці та здійснюють його пакування. Личинки та передлялечки, залежно від попиту, реалізують живими або сушать та переробляють в муку.

#### Висновки.

1. Доведено ефективність використання мухи чорна львинка для переробки різних відходів сільськогосподарського виробництва рослинного походження.

2. Відмічено достовірно вищі ( $p < 0,01$ ) по відношенню до інших варіантів показники середньої маси личинок та лялечок при вирощуванні на середовищах з висівків; обрізків та очисток овочевих; сумішші кавун + диня некондиційних; сумішші картоплі + моркви + капусти некондиційних; злаків хлібних некондиційних; стебел, листя та кошиків соняшника.

3. Встановлено вплив поживного субстрату на тривалість розвитку личинок. Вигодування на висівках пшеничних тривало 30 днів, на злаках хлібних некондиційних на 5 днів більше. Відносно короткий термін розвитку спостерігався при використанні виноградного жому та макухи – 37 та 38 днів відповідно. Найбільший термін розвитку було зафіксовано при вирощуванні личинок на фруктах некондиційних (слива) – 71 доба. Показано необхідність врахування залежності темпів розвитку личинок від типу поживного середовища.

4. Розроблено схему підприємства з переробки відходів, що включає чотири етапи: отримання личинок I віку для переробки відходів; підготовка відходів для переробки личинками; переробка відходів; отримання гумусу та личинок.

5. Побічною сировиною переробки відходів є личинки і передлялечки мухи та біогумус.

**Список використаних джерел:**

1. Овчинникова Н.В., Александрова А. В., Щербаков В. Г., Алешин В. Н. Аналитические, технологические и региональные аспекты рационального оборота вторичных материальных ресурсов. *Вектор науки ТГУ*. 2011. № 4 (18). С. 34–37.
2. Сорока А. В, Терлецкая Н. Ф., Гапонюк А. Н., Антонюк А. С. Оценка состава отходов зерноперерабатывающих предприятий. *Журнал Белорусского государственного университета. Экология*. 2018. № 2. С. 124–128.
3. Биньковская А. В., Шанина Т. П. Оценка обращения с отходами растениеводства в Одесской области. *International Journal of Experimenta l Education*. 2013. № 11. С. 186–187.
4. Крутякова В. І., Маркіна Т. Ю., Молчанова О. Д., Ольшевська Л. В. Вирощування мухи чорна львинка на відходах рослинного походження: Матеріали Міжнародного семінару (онлайн) з нагоди Міжнародного року здоров'я рослин «Перспективи розвитку регіонального виробництва і застосування біологічних засобів захисту рослин від шкідників і хвороб», (Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» Національної академії аграрних наук України, Одеса, Україна, 10-11 вересня 2020 р.). Одеса, 2020. С. 111-113.
5. Маркіна Т. Ю., Шаламова І. С. Екологічні особливості та методика розведення *Hermetia illucens* Linnaeus, 1758 (Diptera:Stratiomyidae) у штучних умовах: Матеріали ІХ з'їзду Українського ентомологічного товариства (м. Харків, 20-23 серпня 2018 р.). Харків. 2018. С. 75 – 76.
6. Маркіна Т. Ю., Шаламова І. С., Молчанова О. Д. Перспективи використання *Hermetia illucens* Linnaeus, 1758 (Diptera:Stratiomyidae) в умовах України. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції з нагоди 100-річчя Національної академії аграрних наук України «Біологічний метод захисту рослин: досягнення і перспективи», (ІТІ «Біотехніка» НААН України, Одеса, Україна, 1-5 жовтня 2018). Одеса, 2018. С. 224-230.
7. Кожухар Р. С., Ольшевська Л. В. Муха Чорна львинка (*Hermetia illucens* L.) та її використання: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічна безпека та збалансоване природокористування в агропромисловому виробництві», (Інститут агроєкології, і природокористування Національної академії аграрних наук України, Київ, Україна, 3-5 липня 2019 р.). Київ, 2019. С. 128-131.
8. Alvarez L. The Role of Black Soldier Fly, *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae) in Sustainable Waste Management in Northern Climates. *Electronic Theses and Dissertations*. 2012. 171 p.
9. St-Hilliare S. et al. Fish offal recycling by the black soldier fly produces a foodstuff high in omega-3 fatty acids. *J. World Aquac. Soc.* 2007. Vol. 38(2). P. 309–313.
10. Roháček J., Hora M. A northernmost European record of the alien black soldier fly *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) (Diptera: Stratiomyidae). *Čas. Slez. Muz. Opava (A)*. 2013. P. 101–106.
11. Ушакова Н. А., Некрасов Р. В. Перспективы использования насе-комых в кормлении сельскохозяйственных животных. Биотехнология: состояние и перспективы развития: Материалы VIII Московского междуна-родного конгресса. ЗАО «Экспо-биохим-технологии», РХТУ им. Д. И. Менделеева. (Москва, 17–20 марта 2015 г.). Москва, 2015. С. 147–149.
12. Diener S., Solano N. M. S., Gutiérrez F. R., Zurbrügg C., Tockner K. Biological treatment of municipal organic waste using black soldier fly larvae. *Waste Biomass Valoriz.* 2011. 2 P. 357–363. – DOI: 10.1007/s12649-011-9079-1.
13. Kroeckel S., Harjes A, G. E., Roth I., Katz H., Wuertz S., Susenbeth A., Schulz C. When a turbot catches a fly: Evaluation of a pre-pupae meal of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as fish meal substitute – Growth per-formance and chitin degradation in juvenile turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture*. 2012. P. 345–352.
14. Stamer A., Wesselss S., Neidigk R., Hoerstgen-Schwark G. Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) larvae meal as an example for a new feed ingredients' class in aquaculture diets. Rahmann G., Aksoy U. (Eds.). Proceedings of the 4th ISOFAR Scientific Conference. 'Building Organic Bridges', at the Organic World Congress (Istanbul, Turkey 13–15 Oct. 2014). Istanbul, 2014. P. 1043–1046.
15. Meneguz M., Schiavone A., Dama A., Lussiana C., Renna M., Gasco L. Effect of rearing substrate on growth performance, waste reduction efficien-cy and chemical composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2021. Available to <http://hdl.handle.net/2318/1669138>. DOI:10.1002/jsfa.9127.
16. Vogel H., Müller A., Heckel D. G., Gutzeit H., Vilcinskas A. Nutri-tional immunology: Diversification and diet-dependent expression of antimi-crobial peptides in the black soldier fly *Hermetia illucens*. *Developmental and Comparative Immunology*. 2018. 78. P 141-148.
17. Müller A., Wolf D., Gutzeit H. O. The black soldier fly, *Hermetia illucens*– a promising source for sustainable production of proteins, lipids and bioactive substances. *Zeitschrift für naturforschung*. 2017. 72(9–10). P. 351–363. <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/znc-2017-0030/html>
18. Liu C., Wang C., Yao H. Comprehensive Resource Utilization of Waste Using the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.) (Diptera: Stratiomyidae). *Animals*. 2019. 9 (6). URL: <https://www.researchgate.net/publication/333763722> DOI: 10.3390/ani9060349
19. Salomone R., Saija G., Mondello G., Giannetto A. Environmental impact of food waste bioconversion by insects: Application of Life Cycle Assessment to process using *Hermetia illucens*. *Journal of Cleaner Production xxx* (2016) P. 1-16 DOI:10.1016/j.jclepro.2016.06.154
20. Paola G., Anabel M, S., Santos R. The effects of larval diet on adult life-history traits of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae), *Eur. J. Entomol.* 2013. Vol. 110(3). P. 461–468. URL: <http://www.eje.cz/pdfs/110/3/461/>
21. Čičková H., Newton G. L., Lacy R. C., Kozánek M. The use of fly larvae for organic waste treatment. *Waste Management*. 2015. 35. P 68-80.
22. Fernanda O., Klaus D., Richard L., Joseph R. O. Assessment of dip-tera: Stratiomyidae, genus *Hermetia illucens* (L., 1758) using electron microscopy. *Journal of entomology and zoology studies*. 2015. Vol. 3(5). P.147–152.
23. Diclaro I. I., Joseph W, Phillip E., Kaufman. Black soldier fly *Hermetia illucens* Linnaeus (Insecta: Diptera: Stratiomyidae). *Semantic scholar*. 2010. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Black-soldier-fly-Hermetia-illucens-Linnaeus-Diclaro-Kaufman/7a7c9114442e6172835606de4e9a2e2f9c816988>
24. Маркина Т. Ю. Беньковская Г. В. Механизмы поддержания гомеостаза в лабораторных популяциях насекомых.



Екологія. 2015. № 4. С. 294–299. DOI:10.1134/S1067413615040128

25. Маркина Т. Ю. Новые подходы к контролю качества культур при разведении. Вісник Дніпропетровського університету. Біологія, екологія.– 2016. Т.24, вип.1. С.164–172. DOI:10.15421/011620

26. Маркина Т. Ю. Гомеостатические свойства искусственных популяций насекомых и способы управления их состоянием: монография. Х.: Планета-принт, 2019. 380 с.

**Е. Д. Молчанова, Т. Ю. Маркина, В. П. Баркар, Е. Б. Трибунцова. Переработка отходов растительного происхождения личинками мухи черная львинка (*Hermetia illucens* L.)**

*Исследован процесс разведения мухи черная львинка на отходах растительного происхождения, определены биологические и технологические показатели полученного биоматериала. Доказано, что получение высоко жизнеспособной культуры насекомых возможно при условии кормления личинок пшеничными отрубями, жмыхом, смесью арбуз + дыня некондиционные, кабачками некондиционными, смесью картофель + морковь + капуста некондиционные; злаками хлебными некондиционными. Предложенная структура предприятия по переработке отходов включает четыре этапа: получение личинок I возраста для переработки отходов; подготовка отходов для переработки личинками; переработка отходов; завершающий (получение гумуса и личинок).*

**Ключевые слова:** биотехнология, черная львинка, переработка, отходы растительного происхождения.

**E. Molchanova, T. Markina, V. Barkar, E. Tribuntsova. Processing of plant waste by larvae of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.)**

*The process of breeding a black soldier fly on plant waste was investigated, biological and technological parameters of the obtained biomaterial were determined. It has been proved that obtaining a highly viable culture of insects is possible if the larvae are fed with wheat bran, oil cake, a mixture of watermelon + melon substandard, marrow substandard, a mixture of potatoes + carrots + cabbage substandard; substandard cereals. The proposed structure of an enterprise for waste processing includes four stages: obtaining larvae of the 1st instar for waste processing; preparation of waste for processing by larvae; waste recycling; final (obtaining humus and larvae).*

**Keywords:** biotechnology, black soldier, processing, plant waste.