

УДК 636.087.3

© 2022

## ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ЕНТОМОЛОГІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ МУХИ ЧОРНА ЛЬВИНКА

В.П. Баркар<sup>1</sup>, О.Б. Трібунцова<sup>2</sup>

Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН  
вул. Маяцька дорога, 26, смт Хлібодарське Біляївського р-ну Одеської обл., 67667, Україна  
e-mail: biotechnica.od@gmail.com  
ORCID: <sup>1</sup>0000-0002-0965-9755, <sup>2</sup>0000-0001-5847-9008

Надійшла 8.11.2022

**Мета.** Порівняти вплив відходів з різних ентомологічних виробництв на розвиток мухи чорна львинка. **Методи.** Експерименти проводили за температури 25,5 – 26,5 °С та відносної вологості повітря 55 – 65%. Пшеничні висівки масою 100 г заливали окропом (180 мл), після охолодження використовували для інкубації яєць і відродження личинок. Після досягнення 3 мм їх вилучали та переміщували в ємності з різними видами вологого субстрату масою 100 г по 250 шт. Повторність 3-разова. Оглядали біоматеріал щодня, за потреби додавали вологу та корм. Для визначення середньої маси личинок старшого віку з кожного садка відбирали по 30 особин. Їх промивали водою та за допомогою фільтрувального паперу вилучали зайві речовини. Підраховували середнє арифметичне по кожному варіанту. Життєздатність личинок визначали як співвідношення кількості личинок старшого віку і початкової. Садки з личинками встановлювали в невеликі лотки, куди переміщували передлялечок. Комах переміщували в закриті вентилязовані садки. З кожної проби відбирали по 30 лялечок, зважували та обчислювали середнє значення. Життєздатність лялечок визначали як співвідношення кількості імаго, що відродились, і кількість лялечок. **Результати.** Найбільша маса була у личинок, які розвивалися на відходах млинової вогнівки, суміші із відходів зернової молі та млинової вогнівки, відходів великої воскової молі та висівок (272 – 293 мг). Життєздатність личинок була найвищою за сумісного використання відходів зернової молі та овочевої суміші – 98%. Найвища життєздатність лялечок (96,2%) спостерігалась у варіанті, де використовували відходи млинової вогнівки. **Висновки.** Загалом по досліді найкращі результати отримано за використання відходів млинової вогнівки та відходів зернової молі спільно з овочевою сумішшю.

**Ключові слова:** *Hermetia illucens*, поживне середовище, субстрат, лялечки, життєздатність, термін розвитку.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agroviznyk202212-07>

Муха чорна львинка (*Hermetia illucens* Linnaeus, 1758) (Diptera: Stratiomyidae) поширена в країнах з теплим кліматом, що забезпечує їй розвиток упродовж усього року. Наразі багато країн світу широко впро-

ваджують розведення комах в умовах техноценозу. На це існує кілька причин. Передлялечки мухи та продукти їх переробки є кормом для багатьох тварин [1]. Зокрема визначено, що борошно *H. illucens*

може замінити рибне борошно на 50% у кормах для форелі [2]. Уміст білка в передлялечках становить 399–431 г/кг [3]. Високий уміст білка та жиру підсилює потенціал використання *H. illucens* у комбікормах. Комаха може перетворювати органічні відходи на дорогоцінне джерело поживних речовин (білки, ліпіди та хітин), які сприяють зменшенню навантаження на навколишнє середовище та потенціалу забруднення [4]. Крім того, вивчається питання використання *H. illucens* для отримання біодизеля, оскільки личинки характеризуються високим умістом жиру. Характеристики отриманого біопалива порівняли з біодизелем на основі ріпакової олії. Ці результати свідчать, що *H. illucens* може бути реальною нехарчовою сировиною для виробництва біодизеля [5, 6]. У результаті життєдіяльності личинок комах утворюється високоякісне біодобриво, що також позитивно впливає на екологічну ситуацію [7]. Також завдяки личинкам комах може відбуватися переробка органічних відходів, які істотно забруднюють навколишнє середовище, насамперед у розвинутих країнах [8, 9].

Органічні речовини у тілі комах накопичуються на стадії личинки. Імаго *H. illucens* не мають потреби в харчуванні, тому органи травлення у них практично відсутні. Дорослі особини лише розмножуються та мають слабо розвинений ротовий апарат для споживання вологи [10]. Личинки харчуються різноманітними органічними речовинами з наявністю білка. У дослідженнях використовують комбікорм, рослинні відходи, біогазовий дигестат, відходи з ресторанів [3]. Також визначено, що *H. illucens* розвиваються у таких поживних середовищах (ПС), як пшеничні висівки, картопляний жом, відходи олійного виробництва, виноградний жом, жом цукрових буряків, яблук, різноманітні некондиційні фрукти та овочі [10]. Досить непоганий результат дає застосування відходів пивоварного виробництва [11]. Очевидно, що різноманітні субстрати впливають на кількість та якість біоматеріалу.

Окремим напрямом ми вважаємо використання для розвитку комах відходів ентомологічного виробництва. По-перше, напрацювання ентомофагів для захисту рослин від

шкідників розвивається по всьому світу. Це призводить до накопичення відповідних відходів. По-друге, культивування *H. illucens* у багатопрофільних біофабриках водночас з іншими комахами дає змогу мінімізувати логістичні проблеми.

**Мета досліджень** — охарактеризувати вплив відходів з різних ентомологічних виробництв на розвиток *H. illucens*.

**Матеріали та методи досліджень.** Для вивчення можливості утилізації відходів личинками та отримання найбільшої біомаси личинок мух чорна львинка було закладено серію дослідів з використанням як корму для личинок відходів трьох ентомологічних виробництв, для пом'якшення і насичення їх живильними речовинами додавали овочі, а також за потреби — воду.

Під час досліджень використано такі відходи ентомологічних виробництв: ПС (мелений ячмінь) після вилучення гусениць млинової вогнівки (*Ephestia kuehniella* Zeller, 1879) старшого віку для вирощування бракона (*Habrobracon hebetor* Say, 1857) (далі — відходи млинової вогнівки); зерно ячменю після виходу імаго фітофага з зерен при напрацюванні зернової молі (*Sitotroga cerealella* Olivier, 1789) для напрацювання трихограми (*Trichogramma evanescens* Westwood, 1833) та годування хижих комах (далі — відходи зернової молі); залишки ПС після вилучення гусениць великої воскової молі (*Galleria mellonella* Linnaeus, 1758) для вирощування бракона (далі — відходи воскової молі).

Дослід проводили з різними варіантами ПС для вирощування комах:

1. Контроль — вирощування личинок на пшеничних висівках.
2. Вирощування личинок на відходах млинової вогнівки.
3. Вирощування личинок на відходах зернової молі.
4. Вирощування личинок на відходах великої воскової молі.
5. Вирощування личинок на відходах млинової вогнівки та відходах зернової молі у співвідношенні 50:50.
6. Вирощування личинок на подрібнених відходах зернової молі.
7. Вирощування личинок на відходах зернової молі та овочевій суміші у співвідношенні 50:50.

8. Вирощування личинок на відходах млинової вогнівки та овочевій суміші у співвідношенні 50:50.

9. Вирощування личинок на овочевій суміші.

Використовували овочеву суміш: картопля — 25%, капуста білокачанна — 25, морква — 25, буряк — 25%. Суміш робили з обрізків, очищень і некондиційних овочів.

Подрібнювали відходи зернової молі за допомогою кормоподрібнювача Елікор-1.

Перед дослідженнями відходи у вакуумних пакетах поміщали у морозильну камеру побутового холодильника та витримували 3 доби за температури  $-9... -10\text{ }^{\circ}\text{C}$  (для загибелі залишків комах у середовищі). Після холодової обробки відходи виймали з морозильної камери та чекали, коли вони нагріються до температури приміщення.

Експерименти проводили в таких гігротермічних умовах: температура повітря — від  $25,5$  до  $26,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; відносна вологість повітря —  $55-65\%$ . Потрібні умови створювалися у боксі інсектарію. Повторність дослідів 3-разова.

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

Для інкубації яєць і відродження з них личинок використовували ПС з пшеничних висівок. Пшеничні висівки (100 г) та орізп (180 мл) ретельно змішували та чекали, коли харчовий субстрат досягне температури приміщення. ПС поміщали у прямокутну пластикову ємність з бортиками  $550\times 430\times 100$  мм шаром  $\varnothing 200$  мм і заввишки 20 мм, навколо шару доріжкою посипали сухі висівки, щоб личинки не розповзалися. Усередину зверху ПС встановлювали пристрій для інкубації яєць. Яйця чорної львинки розташовували на сітці, яку встановлювали на поверхню пристрою. Після відродження личинки потрапляють скрізь сітку до поверхні пристрою, а потім проникають у ПС. У цьому субстраті відроджені личинки досягали розміру 3 мм. Личинок із ПС забирали за допомогою змоченого водою пензлика та промивали водою,

а її залишки вилучали фільтрувальним папером.

ПС зазначеного вище складу розміщували у садки розміром  $145\times 110\times 105$  мм у відповідній кількості. Для надання потрібної консистенції субстрату додавали воду та ретельно змішували. У кожний садок розміщували по 100 г харчового субстрату та додавали 250 личинок чорної львинки. Поверхню субстрату закривали чорною непрозорою плівкою для запобігання його швидкого висихання та проникнення світла.

Щодня біоматеріал оглядали, за потреби додавали корм і воду. Під час проведення досліджень визначали такі біологічні та технологічні показники: середню масу личинок старшого віку, мг; життєздатність личинок, %; кількість передлялечок, шт.; середню масу лялечок, мг; життєздатність лялечок, %; кількість отриманих імаго, шт.; термін розвитку (від яйця до імаго), дб; масу використаного корму, г; температуру середовища існування,  $^{\circ}\text{C}$ .

Середню масу личинок старшого віку визначали так: з кожного садка (з відповідним середовищем) за допомогою пінцета відбирали по 30 личинок мухи. Личинок поміщали на сито та промивали водою, температура якої становила  $26-28\text{ }^{\circ}\text{C}$ , що попередньо 2 доби була відстояна у скляній ємності. Після цього речовину з поверхні личинок вилучали фільтрувальним папером, а личинок зважували. Обчислювали середнє значення маси личинок старшого віку, які були відібрані з кожного ПС окремо.

Середню масу личинок  $M_e$  визначали за такою формулою:

$$M_e = \frac{m_e}{n}, \quad (1)$$

де  $m_e$  — загальна маса личинок, мг;  $n$  — кількість личинок у пробі, шт.

Після визначення середньої маси личинок їх повертали у субстрат для подальшого розвитку.

Життєздатність личинок  $Q, \%$ , визначали за формулою:

$$Q = \frac{l}{L} \cdot 100, \quad (2)$$

де  $l$  — отримана кількість личинок старшої вікової групи, шт.;  $L$  — початкова кількість личинок, унесених у субстрат, шт.;

100 — коефіцієнт для перерахування у відсоток.

Цей показник визначали як співвідношення кількості личинок, унесених у субстрат для подальшого вирощування, і кількості личинок старшої вікової групи.

Для збирання передлялечок садки з личинками встановлювали у невеликі лотки з невисокими бортиками. Процес переміщення передлялечок з ПС у лотки відбувався завдяки тому, що вони за своїми біологічними особливостями для залялювання шукають сухе місце, покидаючи вологе ПС з продуктами життєдіяльності. Щодня визначали кількість переміщення передлялечок.

Після виходу передлялечок з ПС їх розміщували у ємності з вентиляційними отворами та чекали коли вони перетворюються на лялечок. З кожного варіанта харчового субстрату та повторності передлялечок розміщували в кожній ємності.

Для визначення середньої маси лялечок з проби відбирали їх по 30 шт. Середню масу лялечок  $L_m$  визначали за формулою:

$$L_m = \frac{l_m}{n}, \quad (3)$$

де  $l_m$  — загальна маса лялечок, мг;  $n$  — кількість у пробі, шт.

Лялечок тримали у садках до повного вильоту з них дорослих особин. Щодня фіксували кількість, яка вилетіла, та вилучали їх із садків.

Життєздатність лялечок  $Q_1$ , %, визначали як співвідношення кількості лялечок, розміщених у садок, і кількості імаго, що вийшли з лялечок, та після цього обчислювали за формулою:

$$Q_1 = N/M \cdot 100, \quad (4)$$

де  $N$  — кількість імаго, що вийшли зі стадії лялечки, шт.;  $M$  — кількість лялечок, розміщених у садок, шт.; 100 — коефіцієнт для перерахування у відсоток.

У процесі досліджень фіксували терміни перетворення личинок на передлялечок, лялечок та дорослих мух, фіксуючи терміни тривалості стадій розвитку.

У процесі експерименту у садки у міру знищення личинками субстрату додавали новий корм, що був попередньо зважений. Час годування визначали візуально за зовнішнім виглядом ПС або за личинками, які у пошуку корму піднімалися на поверхню субстрату. Після завершення експерименту визначали кількість корму, що було додано у кожний садок під час вирощування личинок.

**Біологічні показники чорної львинки, вирощеної на відходах ентомологічних виробництв**

Відходи	Середня маса, мг		Життєздатність личинок, %	Кількість передлялечок, шт.	Життєздатність лялечок, %	Середня кількість отриманих імаго, шт.	Термін розвитку (від яйця до імаго), діб	Усього використаного корму, г
	личинки старшого віку	лялечок						
Висівки	275±5,51	158±3,16	89,6±3,40	224 ± 7,39	78,6±1,81	176±6,51	38±0,77	175±5,15
ВМВ	293±8,79	134±4,15	93,6±2,43	234 ± 6,32	96,2±3,12	225±5,51	37±0,54	206±4,45
ВМВ + ОС	234±8,42	103±2,88	94±3,11	235±4,81	85,5±2,81	201±3,87	42±0,61	403±8,46
ОС	160±5,28	156±5,77	78±2,57	195±5,07	87,7±3,32	171±4,15	48±0,53	1048±18,86
ВЗМ + + ВМВ	273±6,83	201±5,83	91,2±3,13	228±4,87	80,7±2,91	184±4,12	37±0,46	240±6,43
ВЗМ + ОС	212±6,57	119±3,93	98±3,51	245±5,31	73,5±2,57	180±3,13	38±0,47	295±7,15
ВЗМ подрібнені	244±8,54	120±3,47	93,2±2,67	233±3,15	81,1±3,18	189±3,54	33±0,34	270±5,13
ВЗМ	233±7,42	174±4,69	72,4±2,43	181±4,16	65,2±2,41	118±3,44	36±0,35	250±6,41
ВВВМ	272±5,53	204±5,31	86±2,92	215±5,61	59,1±1,54	127±4,04	41±0,51	165±3,12

Примітки. ВМВ — відходи млинової вогнівки; ВЗМ — відходи зернової молі; ВВВМ — відходи великої воскової молі; ОС — овочева суміш.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Проведено аналіз результатів досліджень (таблиця). Визначено, що найбільша маса була у личинок, які розвивалися на ПС із відходів млинової вогнівки, суміші із відходів зернової молі та млинової вогнівки, відходів великої воскової молі та висівок. Найменша маса — у личинок, у яких ПС була суміш овочів. Коли до овочевої суміші додавали відходи зернової молі, то маса личинок зростала в середньому на 52 мг, а при додаванні відходів млинової вогнівки — на 74 мг. Це пов'язано насамперед із харчовою цінністю ПС.

Життєздатність личинок найменшою була в досліді з ПС із відходів зернової молі та становила 72,4, овочевої суміші — 78%. Проте за сумісного використання цей показник був найвищим — 98%. Це можна пояснити тим, що овочі окремо мають

низьку харчову цінність, тоді як структура відходів зернової молі не дає змоги личинкам повністю використати поживні речовини. Взаємодія цих інгредієнтів сприяє створенню ПС. Щодо життєздатності лялечок, то найвищою вона була у тих, які розвивалися на ПС із відходів млинової вогнівки (96,2%), найменшою — за використання як ПС відходів великої воскової молі (59,1%).

Досліджено також термін розвитку від яйця до імаго. Потрібно зазначити, що найтривалішим він був в особин, які розвивалися на ПС, що складалося винятково із суміші овочів, — 48 діб. Відповідно було використано і найбільше корму в даному випадку. Найменший термін спостерігався на подрібнених відходах великої зернової молі, що знову ж таки пов'язано з харчовою цінністю ПС.

## Висновки

*Показники у кожному варіанті були різними. Тому досить важко визначити, який субстрат найкращий, а який найгірший. Якщо брати загалом по досліді, то найгірші показники були за використання відходів великої воскової молі*

*та відходів зернової молі, найкращі — за відходів млинової вогнівки та зернової молі спільно з овочевою сумішшю. Використовувати той чи інший субстрат слід залежно від потреб виробництва.*

### Barkar V.<sup>1</sup>, Tribuntsova O.<sup>2</sup>

*Biotechnological Institute of Engineering and Technology of the National Academy of Sciences, 26 Mayatska doroga Str., Hlibodarske village, Bilyaiv district, Odesa region, 67667, Ukraine; e-mail: biotechnica.od@gmail.com; ORCID: <sup>1</sup>0000-0002-0965-9755, <sup>2</sup>0000-0001-5847-9008*

### **The use of entomological production waste for the cultivation of the black lionfish fly**

**Goal.** To compare the influence of waste from different entomological industries on the development of the black lionfly. **Methods.** The experiments were conducted at a temperature of 25.5–26.5 °C and a relative humidity of 55–65%. Wheat bran weighing 100 g was poured with boiling water (180 ml), after cooling it was used to incubate eggs and revive larvae. After reaching 3 mm, they were removed and moved into containers with different types of wet substrate weighing 100 g, 250 pieces each. Repetition 3 times. Biomaterial was inspected daily, moisture and feed were added as needed. To determine the average weight of older

larvae, 30 individuals were selected from each garden. They were washed with water and excess substances were removed using filter paper. The arithmetic mean was calculated for each option. The viability of larvae was determined as the ratio of the number of older and initial larvae. Cages with larvae were installed in small trays, where the prepupae were moved. Insects were moved to closed ventilated cages. From each sample, 30 pupae were selected, weighed and the average value was calculated. Pupa viability was determined as the ratio of the number of reborn adults to the number of pupae. **The results.** The largest mass was found in larvae that developed on the waste of mill fire, a mixture of grain moth waste and mill fire, large wax moth waste and bran (272–293 mg). The viability of larvae was the highest with the combined use of grain moth waste and vegetable mixture — 98%. The highest viability of pupae (96.2%) was observed in the version where waste from the mill fire was used. **Conclusions.** In general, according to the experiment, the best results were obtained with the use of mill fire waste

and grain moth waste together with a vegetable mixture.

**Key words:** *Hermetia illucens*, nutrient medium,

substrate, pupae, viability, term of development.

**DOI:** <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202212-07>

## Бібліографія

1. Kroeckel S., Harjes A.G.E., Roth I. et al. When a turbot catches a fly: Evaluation of a prepupae meal of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as fish meal substitute — Growth performance and chitin degradation in juvenile turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture*. 2012. P. 345–352.

2. 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.

3. Spranghers T., Ottoboni M., Klootwijk C. et al. Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates. *J. of the Science of Food and Agriculture*. 2017. № 97(8). P. 2594–2600. doi: 10.1002/jsfa.8081.

4. Abd El-Hack M.E., Shafi M.E., Alghamdi W.Y. et al. Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Meal as A Promising Feed Ingredient for Poultry: A Comprehensive Review. *Agriculture*. 2020. № 10. P. 339; [www.mdpi.com/journal/agriculture](http://www.mdpi.com/journal/agriculture). Received: 7 July 2020; Accepted: 3 August 2020; Published: 6 August 2020 doi: 10.3390/agriculture10080339

5. Leong Siew Yoong, Shamsul Rahman Mohamed Kuty, Amirhossein Malakahmad, Chew Khun Tan. Feasibility Study of Biodiesel 502 Production Using Lipids of *Hermetia Illucens* Larva Fed with Organic Waste. *Waste Management* (New York, N.Y.) 47, n° Pt A (janvier 2016). P. 84–90.

doi: 10.1016/j.wasman.2015.03.030

6. Li Q., Zheng L., Cai H. et al. From organic waste to biodiesel: Black soldier fly, *Hermetia illucens*, makes it feasible. 2011. V. 90. P. 1545–1548.

7. 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.

8. Diener S., Solano N.M.S., Gutiérrez F.R. et al. 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

9. 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.

10. Молчанова О.Д., Маркіна Т.Ю., Баркар В.П., Трібунцова О.Б. 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)

11. Meneguz M., Schiavone A., Dama A. et al. Effect of rearing substrate on growth performance, waste reduction efficiency and chemical composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. *J. of the Science of Food and Agriculture*. 2018. V. 98. P. 5776–5784. doi: 10.1002/jsfa.9127

12. 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. V. 110(3). P. 461–468.