

Наукова діяльність

ТВАРИННИЦТВО

© В. М. Джус, Л. В. Бондаренко, 2025
УДК 595.77:591.13

DOI: 10.32636/agroscience.2025-(4)-1-4

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРНО-ВОЛОГІСНОГО РЕЖИМУ
НА БІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЛИЧИНОК *HERMETIA ILLUCENS*

Владислав ДЖУС, аспірант
Леся БОНДАРЕНКО, кандидат ветеринарних наук
Білоцерківський національний аграрний університет, м. Біла Церква пл. Соборна, 8/1, Україна
e-mail: lvbondarenko@ukr.net

Штучне розведення перспективного виду комах *Hermetia illucens* є складним процесом і потребує детального вивчення впливу різних факторів на процес вирощування. Зокрема важливим є вплив температурно-вологісного режиму, який значною мірою впливає на такі ключові фактори, як швидкість росту, конверсія корму, виживання та якість личинки. В ході дослідження було вивчено вплив діапазону температури від +15 до +35 °C, також діапазон вологості від 30 до 90 %. Дослідження показали, що оптимальна температура для розвитку личинок *Hermetia illucens* становить 26-29 °C. У цьому діапазоні температур личинки найшвидше розвиваються (14-15 днів). Найоптимальніший діапазон температури вирощування лялечок – 26-32 °C.

Дослідження показали, що температурно-вологісний режим є одним із найважливіших факторів, що впливають на розвиток личинок *H. illucens*. Визначені оптимальні умови можуть бути використані для створення ефективних технологій вирощування цих комах. Отримані дані важливі для розвитку біотехнології та вирішення проблем утилізації органічних відходів.

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на вивчення впливу на розвиток личинок інших факторів, таких як склад субстрату, щільність популяції, світловий режим. Також перспективним є вивчення генетичного різноманіття *H. illucens* та його впливу на адаптацію до різних умов утримання.

Ключові слова: *Hermetia illucens*, штучне розведення, температура, волога, інсектарій.

Вступ

Личинки *Hermetia illucens*, дедалі більше привертають увагу науковців та виробників як перспективний ресурс для переробки органічних відходів та отримання високоякісного білка. Ці комахи здатні ефективно конвертувати органічні матеріали, що дозволяє вирішувати актуальні проблеми утилізації відходів та забезпечення тварин кормами (Alvarez 2012, Golub 2023, Markina 2018). Однак, для успішного культивування *Hermetia illucens* у промислових масштабах необхідно детально вивчити вплив різних факторів на їхній розвиток (Yu 2019, Sheppard 2022).

Личинки *Hermetia illucens* можуть використовуватися як корм для птиці, риби, свиней, великої рогатої худоби та навіть домашніх тварин (Burlaka 2022, De Marco 2015, Diener 2011, Molchanova 2021).

Вони є цінним джерелом білка для тварин завдяки високому вмісту легкозасвоюваного білка з ідеальним амінокислотним профілем, багатому набору мінералів (залізо, кальцій, фосфор) та вітамінів (групи B), а також відносно низькому вмісту жиру, що робить їх ідеальним кормом для тварин, які схильні до ожиріння (Kozhuhar 2019, Kovaleva 2022).

Застосування личинок сприяє вирішенню проблем утилізації органічних відходів та підвищенню ефективності виробництва тваринницької продукції.

Однак, для широкого впровадження личинок *Hermetia illucens* у тваринництво необхідно вирішити ряд питань, пов'язаних з технологією їх масового розведення (Makkar 2014, Lalander 2023). Личинки *H. illucens* мають великий потенціал для використання в тваринництві як високоякісне та екологічно чисте джерело білка (Kroeckel 2022, Paola 2023).

Температура та вологість є двома ключовими абіотичними факторами, які суттєво впливають на фізіологічні процеси в організмі комах, зокрема на швидкість розвитку, виживаність та продуктивність.

Оптимальні температурно-вологісні умови сприяють активному росту личинок, підвищенню їхньої маси та скороченню тривалості розвитку. Навпаки, відхилення від оптимальних значень можуть призвести до зниження життєздатності популяції, уповільнення розвитку та зменшення продуктивності.

Метою даного дослідження було дослідити різні режими температури і вологості при вирощуванні личинок *Hermetia illucens*, а саме на такі біологічні показники як тривалість розвитку, маса тіла, виживаність та продуктивність. Отримані результати можуть бути використані для оптимізації умов культивування цього виду комах та підвищення ефективності виробництва білкової кормової добавки.

Матеріали і методи

Дослідження проводились в умовах віварію науково-дослідного інституту харчових технологій і технологій переробки продукції тваринництва Білоцерківського Національного Аграрного Університету в два етапи.

Перший етап – визначення оптимальної температури, другий етап – визначення оптимальної вологості.

При виборі методів керувалися завданнями розведення комах, а також біологічними особливостями виду. В основу експерименту були покладені загальні зоогігієнічні методи дослідження параметрів мікроклімату.

Для вимірювання температури і вологості використовували термометр цифровий з гігрометром WDS-12 з діапазоном вимірювання температури від -50 °C до +70 °C і точністю вимірювання $\pm 0,1$ °C. Також з діапазоном вимірювання вологості від 10% до 98% і точністю вимірювання $\pm 1\%$. Заміри термогігрометра знімали в чотирьох місцях щоб досягти найточнішого результату: зверху 10 см від стелі, внизу 5 см від підлоги і по 15 см від бокових стін інсектарію. Контролювали температурний і вологісний режим 3 рази на добу протягом усього дослідження.

Для утримання популяції використовувалася інсектарій розміром (Д*Ш*В): (100 см *50 см *50 см) або 0.25 м². Виготовлений з екструзійного пінополістиролу товщиною 20 мм з контрольованими параметрами температури та вологості. Було створено кілька експериментальних

Результати та обговорення

Розуміння впливу температури на життєдіяльність личинок *Hermetia illucens* є важливим фактором для ефективного їх розведення. Змінюючи температуру, можна прискорювати або сповільнювати розвиток личинок для синхронізації різних стадій виробництва. Температура безпосередньо впливає на швидкість розвитку личинок *Hermetia illucens*, на тривалість і успішність метаморфозу – перетворення личинки на лялечку, а потім на дорослу комаху.

В таблиці 1 наведено вплив температури на тривалість розвитку, масу і збереженість личинок

груп з різними комбінаціями температурних та вологісних режимів. Регулярно проводились вимірювання маси личинок, тривалості розвитку кожної стадії, виживаності та продуктивності культури.

Для освітлення використовувалася лампочка 220В потужністю 8 Вт зі світловою температурою 4100 К, що відповідає діапазону сонячного світла. Світловий потік 680 Лм.

Для підтримання температури використовували інфрачервону лампочку потужністю 150 Вт, яка знаходилась 30 см від стіни і 30 см від підлоги інсектарію. Для автоматизації підтримання певної температури лампа була підключена до терморегулятора.

Для відкладання яєць використовували дощечки довжиною 10 см, шириною 3 см, товщиною 3 мм, скріплені канцелярською резинкою з проміжком між дощечками 1 мм.

Збір яєць проводився механічно за допомогою канцелярського ножа. Для інкубації яєць використовували чашки Петрі доки не виходила личинка, це займало 3-4 доби.

Після виходу личинки переміщали в контейнер (40 см *20 см *10 см) виготовлений з дерева. Личинки вирощувалися на штучному поживному середовищі з дерті (80% пшениці, 20% кукрудзи), субстрат зволожувався.

Коли личинка переходила у стадію лялечки, її відділяли від субстрату і чекали коли вилупиться муха.

Hermetia illucens. Проаналізувавши отримані дані можна зробити висновок, що тривалість розвитку личинок обернено пропорційна температурі: при більш високих температурах (26-32 °C) личинки розвиваються швидше, ніж при більш низьких температурах (15-18 °C). Маса личинок збільшується із зростанням температури до 26 °C, а потім при більш високих температурах спостерігається зниження. Збереженість личинок була найвищою при температурі 26-32 °C і знижувалася при більш низьких і більш високих температурах.

Таблиця 1. Вплив параметрів температури на біологічні показники личинок *Hermetia illucens*

t, °C	Тривалість розвитку, діб	Маса личинок, мг	Збереженість, %
+15	44	78,4 $\pm$ 1,0	89 $\pm$ 1.21
+18	35	89,6 $\pm$ 1,0	91 $\pm$ 1.13
+21	24	99,7 $\pm$ 2,0	92 $\pm$ 1.07
+23	19	103,2 $\pm$ 4,0	95 $\pm$ 1.01
+26	15	118,5 $\pm$ 6,0	98 $\pm$ 0,82
+29	14	124,8 $\pm$ 8,0	99 $\pm$ 0,7
+32	14	122,4 $\pm$ 8,0	99 $\pm$ 0,76
+35	19	98,5 $\pm$ 3,0	98 $\pm$ 0,95

Виходячи з даних таблиці 1, оптимальна температура для розвитку личинок *Hermetia illucens*

становить 26-29 °C. У цьому діапазоні температур личинки найшвидше розвиваються (14-15 днів),

досягають найбільшої маси (118,5-124,8 мг), мають найвищу виживаність (98-99%).

Оптимальна температура забезпечує синхронний і ефективний перехід між стадіями розвитку, личинки ростуть швидше, проходять стадії розвитку за менший час і досягають більших розмірів.

Низькі температури призводять до сповільнення всіх фізіологічних процесів у личинках, включаючи харчування, ріст і розвиток. При дуже низьких температурах личинки можуть впадати в діапаузу – стан спокою, під час якого всі життєві процеси сповільнюються до мінімуму. Низькі температури збільшують тривалість розвитку личинок від яйця до лялечки і від лялечки до дорослої комахи.

Високі температури прискорюють розвиток личинок, але лише до певної межі.

Занадто високі температури можуть призвести до зневоднення личинок і їх загибелі. Високі температури можуть спричинити деформації тіла личинок і порушення процесів розвитку.

Проаналізувавши дані таблиці 2, де наведено вплив температури на ріст, розвиток, збереженість лялечок *Hermetia illucens*, можна зробити висновок, що найбільш оптимальний діапазон температури вирощування лялечок – 26-32 °C. Також за температури 23-26 °C показники допустимі, але не найкращі. Нижча температура суттєво негативно впливає на показники розвитку лялечок. Вища температура також негативно впливає на лялечок *Hermetia illucens*, це пов'язано з погіршенням апетиту, що несе за собою зниження маси, а також через дефіцит поживних речовин зниження збереженості.

Таблиця 2. Вплив параметрів температури на біологічні показники лялечок *Hermetia illucens*

t, °C	Тривалість розвитку, діб	Маса личинок, мг	Збереженість, %
+15	21	126,6±2,0	84±1.22
+18	18	132,5±2,0	87±1.16
+21	17	135,0±3,0	89±1.11
+23	15	166,3±6,0	93±1.08
+26	14	177,0±5,0	97±0,88
+29	12	182,4±6,0	98±0,95
+32	12	196,5±7,0	99±0,91
+35	15	155,2±5,0	97±1.01

Низькі температури негативно впливають на фізіологічні процеси, включаючи харчування, ріст і розвиток, внаслідок чого лялечка сильно не добирає у масі. Чим меншу масу матиме лялечка, тим менше майбутня муха відкладе яєць. Це негативно впливає на відтворення популяції. За низької температури

відмічається низька збереженість, що також негативно впливає на розмноження популяції.

З даних таблиці 3 можна зробити висновки, що найбільш оптимальний діапазон вологості становить 60-80 %, при цьому відмічаємо найкращі показники тривалості розвитку (14-15 діб), маси личинок (119,7-123,2 мг) і збереженості (99 %).

Таблиця 3. Вплив параметрів вологості на біологічні показники личинок *Hermetia illucens*

Вологість, %	Тривалість розвитку, діб	Маса личинок, мг	Збереженість, %
30	41	86,5±2,0	89±1.11
40	28	101,6±2,0	94±1.07
50	19	109,6±2,0	96±1.0
60	14	123,2±4,0	99±1.01
70	15	121,2±4,0	99±0,92
80	15	119,7±4,0	99±0,75
90	19	107,6±3,0	89±1.03

В діапазоні 40-50% показники дещо гірші, але задовільні, помітна тенденція зниження швидкості розвитку особливо на 40 %. Також нижчі показники середньої маси личинок та збереженості, але не критично.

При вологості 30% помітне суттєве збільшення тривалості розвитку до 41 доби, що на 27 діб довше від найкращого результату або майже у 3 рази довше. Також відбувається суттєве зниження маси личинок до 86,5 мг, що не є бажаним показником. При цьому спостерігається нижчий відсоток збереженості.

Високий показник вологості є небажаним. При 90 % вологості спостерігається зниження всіх показників, зокрема суттєве зниження збереженості. Це пов'язано із зниженням апетиту, що несе за собою дефіцит поживних речовин.

Личинки *Hermetia illucens* є невибагливими до вологості і можна працювати з діапазоном вологості від 40- 80 %, що є позитивною ознакою.

В таблиці 4 наведено вплив параметрів вологості на розвиток, ріст і збереженість лялечок *Hermetia illucens*. За даними таблиці видно, що лялечки стійкіші до вологісного режиму, ніж

личинки. Найбільш оптимальний діапазон вологості – 60-80 %, при ньому розвиток триває 12- 13 діб, маса лялечок коливається в межах 179,5-186,7 мг, збереженість становить 98-99 %.

При діапазоні вологості 40-50 % спостерігаються хороші показники тривалості розвитку (16-17 діб), дещо гірша маса лялечок (156,3-163,3 мг) і високі показники збереженості (95-97 %).

При низькій (30 %) і високій вологості (90 %) показники суттєво відрізняються від оптимальних, але різниця менша ніж у личинок, що свідчить про кращу стійкість лялечки до вологісного режиму ніж личинки. Це пов'язано з тим, що даний вид саме на стадії личинки накопичує поживні речовини і формується, а у стадію лялечки переходить більш сформованим.

Таблиця 4. Вплив параметрів вологості на біологічні показники лялечок *Hermetia illucens*

Вологість, %	Тривалість розвитку, діб	Маса лялечок, мг	Збереженість, %
30	20	137,7±2,0	91±1.11
40	17	156,3±3,0	95±1.08
50	16	163,3±6,0	97±1.02
60	12	179,5±6,0	99±0,85
70	13	182,6±5,0	99±0,99
80	13	186,7±5,0	98±1,03
90	16	166,3±6,0	92±1.12

Температурно-вологісний режим має синергетичний вплив на життєздатність і ріст личинок. Наприклад, за температури 27 °С і вологості 65-70 % досягається найкраща ефективність утилізації субстрату та максимальна

маса личинок. Водночас за відхилень від цих параметрів можуть виникати негативні наслідки, зокрема зниження конверсії органічної маси в біомасу личинок і підвищення відходів.

Висновки

Встановлено залежність між тривалістю розвитку, життєздатністю, масою личинок та лялечок і температурно- вологісним режимом.

Визначено оптимальну температуру вирощування личинок *Hermetia illucens* в діапазоні 26-32 °С і вологість в діапазоні 60-80%.

Встановлено негативний вплив зменшення або підвищення температури і вологості на тривалість розвитку та життєздатність личинки *Hermetia illucens*.

Отже, температурно-вологісний режим є критично важливим для успішного культивування личинок *Hermetia illucens*. Забезпечення оптимальних параметрів дозволяє досягти високої ефективності виробництва, знизити втрати та підвищити якість отриманої біомаси, що робить цей фактор одним із головних для масового вирощування личинок.

Список використаної літератури

Alvarez L. (2012) The Role of Black Soldier Fly, *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae) in Sustainable Waste Management in Northern Climates. Electronic Theses and Dissertations. P. 402.

Burlaka N.I., Kozarev E.M., Gurinchyk V.D. Reservoir for rearing larvae and collecting pre-pupae of the black lionfish. Biological method of plant protection: achievements and prospects. Materials of the international scientific conference (Odesa, October 4-5, 2022). Odesa, 2022. P. 56–59.

De Marco M., Martínez S., Hernandez F., Madrid J., Gai F., Rotolo R., Belforti M., Bergero D., Katz H., Dabbou S., Kovitvadhi A., Zoccarato I., Gasco L.,

У реальних умовах виробництва температурні та вологісні параметри можуть значно змінюватися. Вивчення стійкості личинок до таких коливань сприятиме адаптації технологічних процесів до нестабільного клімату та підвищенню надійності систем вирощування.

Застосування автоматизованих систем контролю клімату та сенсорних технологій допоможе точніше регулювати температурно-вологісний режим. Крім того, слід розглянути можливість використання штучного інтелекту для оптимізації параметрів вирощування.

Подальші дослідження у сфері впливу температурно-вологісного режиму на біологічні показники личинок *Hermetia illucens* відкривають широкі можливості для вдосконалення технологій їх культивування та оптимізації виробничих процесів.

Schiavone A. 2015. Nutritional value of two insect larval meals (*Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens*) for broiler chickens: apparent nutrient digestibility, apparent ileal amino acid digestibility and apparent metabolizable energy. *Anim. Feed Sci. Technol.* 209: 211–218

Diener S. D. Biological Treatment of Municipal Organic Waste using Black Soldier Fly Larvae. Waste and Biomass Valorization. 2011. No. 2. P. 357–363.

Furman D. P., Young R. D., Catts E. P. *Hermetia illucens* L. *Rev. Soc. Entomol. Argent.* 2019. P. 1959.

Golub E. A., Barkar V. P. Patterns of development of *Hermetia illucens* L. in tanks of

different sizes. Innovations in modern agro-industrial production: coll. mate. international of science -practice conf. (Odesa, September 21–22, 2023). [Electronic edition]. 2023. S. 134–137.

Kovaleva D. AND. The influence of temperature on the life cycle of *Hermetia illucens* L. Kharkiv Nature Forum [Electronic edition]: V International. conf. of young scientists, Kharkiv, May 19–20, 2022 / Kharkiv. national ped. University named after G. WITH. Frying pans [etc.]; [edited by: Yu. D. Boychuk, I. AND. Ionov, D. IN. Leontiev and others]. – Kharkiv: KhNPU named after G. WITH. Skovorody, 2022. P. 167–169.

Kozhuhar R. S., Olshevska L.V. Black lionfly (*Hermetia illucens* L.) and its use: Materials of the International Scientific and Practical Conference "Environmental Safety and Balanced Nature Use in Agro-Industrial Production"., (Institute of Agroecology and Nature Use of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine, 3-5 July 2019). Kyiv, 2019. P. 128-131.

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*. 2022. P. 345–352.

Lalander C, Diener S, Magri ME, et al. (2023) Faecal sludge management with the larvae of the black soldier fly (*Hermetia illucens*): From a hygiene aspect. *Science of the Total Environment* 458–460: 312–318.

Makkar H. P. S., Tran G., Heuze V., Ankers P. 2014. State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Anim. Feed Sci. Technol.* 197: P. 1–33.

Markina T. Yu., Shalamova I. S., Molchanova O. D. Prospects for the use of *Hermetia illucens* Linnaeus, 1758 (*Diptera: Stratiomyidae*) in the conditions of Ukraine. *Materials of the International scientific and practical conference on the occasion of the 100th anniversary of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine "Biological method of plant protection: achievements and prospects"*, (ITI "Biotechnique" of the National Academy of Sciences of Ukraine, Odesa, Ukraine, October 1-5, 2018). P. 224-230.

Markina T. Yu., Shalamova I. WITH. Ecological features and methods of breeding *Hermetia illucens* Linnaeus, 1758 (*Diptera: Stratiomyidae*) in artificial conditions: Proceedings of the 9th Congress of the Ukrainian Entomological Society (Kharkov, August 20-23, 2018). Kharkiv. 2018. P. 75–76.

Molchanova O. D., Markina T. Yu., Barkar V. P., Tribuntsova O. B. Processing of plant waste by larvae of the black lionfly (*Hermetia illucens* L.). *Herald of Agrarian Science of the Black Sea Region*. 2021. Issue 3. P. 66–74.

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.* 2023. V. 110(3). P. 461–468.

Sheppard D. C., Tomberlin J. K., Joyce J. A., Kiser B. C., Sumner S. M. 2022. Rearing methods for the black soldier fly (*Diptera: Stratiomyidae*). *J. Med. Entomol.* 39: P. 695–698

Yu G.H., Chen Y.H., Yu Z.N., Cheng P. Research progress on the larvae and prepupae of black soldier fly *Hermetia illucens* used as animal feedstuff. *Chin. Bull. Entomol.* 2019;46: P. 41–45.

INFLUENCE OF TEMPERATURE AND HUMIDITY REGIME ON BIOLOGICAL INDICATORS OF *HERMETIA ILLUCENS* LARVAE

Vladyslav DZHUS, Lesia BONDARENKO
Bila Tserkva National Agrarian University

Artificial breeding of the promising insect species *Hermetia illucens* is a complex process and requires a detailed study of the influence of various factors on the cultivation process. In particular, the influence of the temperature and humidity regime is important, which significantly affects such key factors as growth rate, feed conversion, survival and larval quality. During the study, the influence of the temperature range from +15 to +35 °C was studied, as well as the humidity range from 30 to 90 %. Studies have shown that the optimal temperature for the development of *Hermetia illucens* larvae is 26-29 °C. In this temperature range, the larvae develop most quickly (14-15 days). Also, the most optimal temperature range for growing pupae is 26-32 °C.

The study showed that the temperature and humidity regime is one of the most important factors affecting the development of *H. illucens* larvae. The determined optimal conditions can be used to create effective technologies for the cultivation of these insects. The obtained data are important for the development of biotechnology and solving the problems of organic waste disposal.

Further research may be directed at examining the influence of other factors, such as substrate composition, population density, and light regime on larval development. It is also promising to study the genetic diversity of *H. illucens* and its influence on adaptation to different housing conditions.

Keywords: *Hermetia illucens*, artificial breeding, temperature, humidity, insectarium.

Отримано: 20.1.2025
Погоджено до друку: 27.1.2025