

УДК 595.7.082

Маркіна Т.Ю. <http://orcid.org/0000-0001-6783-9814>, Scopus ResearcherID56736553600

Бачинська Я.О: <http://orcid.org/0000-0001-6783-1704>

Молчанова О.Д. <http://orcid.org/0000-0003-1049-7236>

Баркар В.П. <https://orcid.org/0000-0002-0965-9755>

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ УТРИМАННЯ НА БІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ *HERMETIA ILLUCENS* L. (DIPTERA: STRATIOMYIDAE) ЗА УМОВ ШТУЧНОГО КУЛЬТИВУВАННЯ

©Маркіна Т.Ю.¹, Бачинська Я.О.¹, Молчанова О.Д.², Баркар В.П.²

¹Харківський національний педагогічний університет імені Г.С. Сковороди

²ІТІ «Біотехніка» НААН України, смт. Хлібодарське

t.yu.markina@gmail.com; bachinska2301@gmail.com; lentochka.bio@gmail.com; barkarvitalij@gmail.com

<https://doi.org/10.34142/2708-5848.2021.23.2.07>

Штучне розведення перспективного виду комах *Hermetia illucens* L. потребує детального вивчення впливу різних температурних режимів утримання на різні стадії онтогенезу за для удосконалення технологічного процесу утримання біоматеріалу. В ході досліджень було вивчено вплив діапазону температур від +15 до +26 °C на біологічні показники личинок мух. Дослідження показали, що за температури +15 °C розвиток продовжується до 34 діб у личинки і 17 діб у лялечки, (мухи виходять с дефектами, яєць не відкладають) в той час, як за температури +24-26 °C період розвитку був найкоротшим. За температури +26 °C життєздатність личинок була значимо вищою ніж за + 15 °C. Встановлена залежність маси личинок та лялечок від температури утримання комах. При низьких температурах маса личинок та лялечок значимо зменшується. Температура в досліджуваному діапазоні +20-26 °C значимо не вплинула на індивідуальну плодючість самок.

Встановлено позитивний вплив тимчасового зниження температури утримання передлялечки до +7 °C на швидкість переходу на наступну стадію розвитку та загальну життєздатність комах. Проведені дослідження показали перспективність використання низьких температур для оптимізації біоматеріалу. Запропонований спосіб оптимізації може сприяти підвищенню загальної життєздатності популяції та добору особин з підвищеними темпами розвитку.

Додаткова догодівля личинок, які почали активно перетворюватись у передлялечку тривалий час не ефективна. Це призводить до додаткових затрат корму, подовження періоду розвитку та зниження ефективності виробництва.

Культивування *H. illucens* в штучних умовах на території України можливе, за умов дотримання оптимальних для даного виду параметрів. Температуру доцільно використовувати як фактор оптимізації біоматеріалу для реалізації програм розведення.

Ключові слова: штучне розведення, *Hermetia illucens* L., техноценоз, температура, оптимізація, життєздатність.

Вид *Hermetia illucens* Linnaeus, 1758 або Чорний солдат (*Black Soldier Fly*) – це представник ряду Diptera родини Львинок (Stratiomyidae), що належить до підряду (Brachycera Ortorrhapha) та інфрапідряду (Stratiomyomorpha) [1] (Woodley, Norman, 2001). Хоча його природним ареалом вважається Північна і Південна Америка, зараз *H. illucens* зустрічається в усьому світі в тропічних та помірних регіонах [13], але відсутність стійкості до холоду виключає його поширення Північною Європою [14, б].

Останнім часом даний вид викликає інтерес, як утилізатор органічних відходів,

продуцент високоякісної протеїнової їжі для тварин, хітину та хітозану для фармацевтичної промисловості. Різноманітність субстратів, які личинки *H. illucens* можуть переробляти та ефективність, з якою вони це роблять, є найвищими серед мух [10].

Чорна львинка є ідеальним кандидатом для масового виробництва. Дорослі особи є недокучливими комахами, а личинки толерантні до щільності утримання (14 кг / м²). Встановлено, що свинячий навоз здатний прокормити більше 9 кг/м² личинок на день [7].

Промислове використання *H. illucens* здійснюється переважно в країнах з теплим кліматом на відкритому просторі у вольєрах. При розведенні комах у країнах з холодним кліматом та в замкнених приміщеннях, в першу чергу слід враховувати їх чутливість до абіотичних чинників. Ефективне розведення даного виду в регіонах із холодним кліматом потребує створення оптимальних гідротермічних умов, в яких вид може нормально функціонувати, розвиватися та розмножуватись. Основні гідротермічні параметри необхідні для розвитку комах досліджувались рядом авторів [5]. Так, у роботах Дж. К. Томберліна зі співавторами *H. illucens* L. вирощували на зерновому раціоні при +27, +30 та +36°C. Вживання 4–6-денних личинок до дорослої стадії становило в середньому 74–97 % при +27 і +30 ° С, показано що більш висока

температура негативно впливає на показник життєздатності [8]. В працях інших авторів було досліджено вплив температури та раціону живлення на розвиток *H. illucens*, де показано різницю біологічних показників у варіантах спільної дії цих факторів [4]. Нажаль, не дивлячись на популярність теми розведення даного виду, дуже багато питань, щодо оптимізації біоматеріалу з використанням температурного фактору залишаються не вивченими.

Метою наших досліджень було вивчення оптимального температурного діапазону для успішного культивування *H. illucens* в лабораторних умовах на всіх стадіях розвитку, впливу від'ємних температур на тривалість онтогенезу та життєздатність комах та оптимізації біоматеріалу за допомогою негативних температур.

МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження проводились на кафедрі зоології Харківського національного педагогічного університету імені Г.С. Сковороди та на експериментальній базі Інженерно технологічного інституту «Біотехніка» НААН України (пгт. Хлібодарське, Одеська область).

При виборі методів дослідження ми керувалися завданнями програми розведення комах та еколого-біологічними особливостями виду. В основу експерименту було покладено загально-прийняті методики екологічних та ентомологічних досліджень [1, 2].

В дослідженнях використовували іспанську популяцію *Hermetia illucens* L.

Для утримання імаго використовували інсектарії розміром (Д×Ш×В) (50 см х 37 см х 100 см). Проблема додаткового освітлення була реалізована за допомогою

лампи LUMEN LIGHTIMG потужністю 2 х 40 Вт, підключеної до мережі 220 В.

Для відкладання яєць використовували гофрований картон нарізаний смужками. Яйця зберігали в чашках Петрі до виходу личинки, близько 3-4 діб.

Яйця з третього дня інкубації поміщали в пластикові контейнери (23 см × 13 см × 10 см) в яких знаходилося штучне поживне середовище з висівок зерна. Передлялечки та лялечки зберігались в контейнерах (16 см × 6 см × 13 см).

В ході досліджень враховували наступні біологічні показники: життєздатність личинок, %; терміни розвитку на стадії яйця, доба; терміни розвитку на стадії личинки, доба; терміни розвитку на стадії передлялечки, доба; індивідуальну плодючість самок, шт.; середню масу передлялечки, мг.; середня маса лялечки, мг.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Відомо, що отримання високо життєздатного матеріалу можливе лише за умов створення життєвого екологічного оптимуму для конкретного виду.

Як відмічають автори [2, 3], незважаючи на те, що всі фізичні фактори середовища впливають на комах комплексно, дія кожного з них не

рівноцінна. У зв'язку з пойкилотермією комах температура оточуючого середовища визначає інтенсивність обміну їх речовин, темпи онтогенезу, тривалість життя, плодючість, кількість генерацій, інтенсивність живлення, розміри тіла і його забарвлення, поведінкові реакції. Температура і вологість прямо впливають на чисельність популяції та її життєздатність, можуть викликати загибель організму при різкому відхиленні їх значень від екологічного оптимуму (екстремальні температури і вологість) [2, 3].

Незважаючи на весь спектр необхідних факторів середовища *H. illucens* відрізняється невибагливістю, а її личинки – всеїдністю та здатністю розвиватися при вологості повітря до 70 %, температурі – близько +26 -+30 °С, наявності питної води та певного діапазону освітлення. Згідно з дослідженнями, мінімальне освітлення, необхідне для парування дорослих особин

мухи, становить 70 мкмоль/м²/с, максимальне – 100 мкмоль/м²/с [7].

Для відкладання мухами яєць оптимальне значення температури має підтримуватись на рівні +27 °С із відносною вологістю навколишнього середовища 60 %. За таких умов спостерігається парування та відкладання яєць 80 % самок [9, 12].

Дослідження впливу температури на біологічні показники *H. illucens* в лабораторних умовах, проводили шляхом апробації діапазону температур на різних стадіях розвитку комах. Дослід проводили в 3-х повторах з постійним контролем температури повітря для кожного варіанту окремо, вологість повітря становила – 60-70 % для всіх варіантів. Нами було апробовано діапазон температур від +15 до +26 °С на стадії личинки. Результати досліджень наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Вплив температури утримання на біологічні показники *Hermetia illucens* L.

Варіант t°С	Життєздатність личинки, %	маса личинки, мг	маса лялечки, мг	Співвідношення статей, % (♀/♂)	Індивідуальна плодючість, шт.	Тривалість розвитку, доба	
						личинка	лялечка
+15	85±2.23	1.86±0.03	0.92±0.04	-	-	34	17
+20	95±1.03	2.01±0.01	1.22±0.02	48/42	458	20	14
+24	98±2.10	2.24±0.10	1.55±0.02**	50/50	540	15	10
+26	99±1.14*	2.26±0.02*	1.64±0.01**	50/50	556	14	10

Примітка: * P≤0.05; **P≤0.01

Встановлена залежність тривалості розвитку від температури показала, що за температури +15 °С розвиток продовжується до 34 діб у личинки і 17 діб у лялечки, (мухи виходять с дефектами, яєць не відкладають) в той час, як за температури +24–26 °С він був найкоротшим. За температури +26 °С життєздатність личинок була значимо вищою ніж за + 15 °С.

Встановлена залежність маси личинок та лялечок від температури. При низьких температурах маса личинок та лялечок значимо зменшується на 0.4 г та на 0.72 г відповідно. Температура в досліджуваному

діапазоні +20–26 °С значимо не вплинули на індивідуальна плодючість самок.

В подальшому нами було проведено дослідження щодо впливу від'ємних температур на життєздатність личинок *H. illucens*. Даний експеримент проводили з використанням холодильної камери. В результаті було з'ясовано, що температура від 0 до –4 °С є смертельно небезпечною для личинок львинки. Цей факт унеможливило акліматизацію даного виду на території України.

Проведене дослідження впливу температури на швидкість лялькування

показали, що передлялечки здатні перейти в стадію лялечки за оптимальної температури +24–25 °С в період від 7 до 10 діб. Мінімально допустимою є температура від +17 °С при якій розвиток затримується й може сягати до 15–17 діб. Отримані нами результати узгоджуються з твердженнями інших авторів, які стверджують, що різниця температур навіть у 3 °С призводить до суттєвих змін у пристосованості самців та самок, впливаючи на особливості їх життя [томберлен].

Технологічний цикл розведення *H. illucens* передбачає отримання необхідної кількості біоматеріалу за короткий період часу. Але в некерованих ситуаціях промислового виробництва необхідно передбачити наслідки. У зв'язку з цим доцільним є дослідження впливу знижених температур на біологічні показники культури. Лабораторну популяцію мух утримували у оптимальних для виду

умовах. Досліди проводили на стадії передлялечки. Було випробувано вплив температур у таких варіантах:

1. Контроль – розвиток особин в оптимальних для виду умовах.
2. Утримання передлялечок при температурі +21 °С.
3. Утримання передлялечок при температурі +7 °С.
4. Утримання передлялечок при температурі – 5 °С.

Спостереження за руховою активністю проводили до моменту загибелі особин, або переходу на наступну стадію розвитку. В ході експерименту було визначено такі показники: життєздатність передлялечок, %; життєздатність лялечок, %; тривалість стадії передлялечки, тривалість стадії лялечки. Результати проведених досліджень наведено в табл.2.

Таблиця 2

Вплив температури утримання на життєздатність передлялечок та лялечок *Hermetia illucens* L.

Температурний режим утримання комах	Життєздатність передлялечок, %	Життєздатність лялечок, %
Контроль +26°C	79.8 ±1.4	87.3±2.2
Утримання при +7 °С	47.2±1.2**	29.4±3.2**
Утримання при –5 °С	0	0
Утримання при +21 °С	24±2.4***	7.7 ±1.6***

Примітка: * p≤0.05; **p≤0.01; ***p≤0.001

В результаті проведених досліджень було встановлено позитивний вплив зниження температури утримання передлялечки до +7 °С на швидкість переходу на наступну стадію розвитку та загальну життєздатність комах. Так на 8-й день спостережень 47.2% особин перетворились у лялечку. В подальшому за умов оптимального утримання лялечок їх життєздатність склала 29.4% – з них вийшли імаго. Таким чином проведені дослідження показали перспективність використання низьких температур для оптимізації біоматеріалу.

У варіанті зниження температури до –5 °С на 6-й день спостерігалась загибель усіх особин. Таким чином, можна

стверджувати, що стадія передлялечки не стійка до від'ємних температур.

Цікаві результати показав варіант утримання передлялечок за температури +21 °С. Такий режим сприяв подовженню періоду передлялечки, тобто спостерігалась затримка розвитку до 32 діб (на 8-му добу у лялечку перетворилось лише 24% особин), що негативно вплинуло на їх життєздатність, яка склала 7.7%. Це свідчить про те, що утриманні *H. illucens* вимагає чіткого дотримання температурного режиму утримання комах.

У технологічному процесі виробництва *H. illucens* етап переходу лялечки в передлялечку недостатньо збалансований і може тривати певний

додатковий час, що обумовлено природною гетерогенністю популяції. Це передбачає додаткові затрати на корм і знижує економічну ефективність виробництва. Метою наших досліджень було вивчення впливу догодювання на біологічні показники культури *H. illucens* при штучному культивуванні. Експеримент включав такі варіанти:

1. Утримання личинок останніх днів останнього віку з додаванням корму.

2. Утримання личинок останніх днів останнього віку без додавання корму.

Варіанти досліду формували в період, коли 50% популяції перетворились у передлялечку. Особин обирали ваговим способом (з вагою більше за середню). Комах утримували за оптимальних для виду умов (температура +21 °С, вологість 60–70%). Результати експерименту наведено у табл.3.

Таблиця 3

Вплив додаткового живлення на життєздатність *Hermetia illucens* L.

Варіант	Життєздатність личинок, %	Життєздатність лялечок, %
З додаванням корму	93.4±2.1**	76.5±3.2**
Без додавання корму	57.7±1.7	28.6±2.1

Примітка: ** $p \leq 0.001$;

У результаті проведених досліджень встановлено, що з догодівлею личинок їх життєздатність личинок значимо, на 35,7% перевищувала життєздатність личинок у варіанті без догодівлі. Така ж тенденція спостерігалась і з показником життєздатності лялечок. Вона у першому варіанті на 47,9% значимо перевищувала показник другого варіанту. Але необхідно відмітити достатньо тривалий період догодівлі, який складав 19 діб. Це вплинуло і на тривалість виходу імаго, яка розтягнулась на 38 діб.

Таким чином можна стверджувати, що догодівля популяції, яка почала активно перетворюватись у передлялечку тривалий

час не ефективна. Це призводить до додаткових затрат корму, подовження періоду розвитку. Отримані дані необхідно враховувати при проведенні селекційної роботи спрямованої на підвищення «дружності» при розвитку популяції.

Таким чином, проведені дослідження показали, що культивування *H. illucens* в штучних умовах на території України можливе, за умов дотримання оптимальних для даного виду параметрів. Температуру доцільно використовувати як фактор оптимізації біоматеріалу для реалізації програм розведення.

ВИСНОВКИ

1. Доведено негативний вплив зниження температури утримання на тривалість розвитку та життєздатність личинок *H. illucens*.
2. Встановлена залежність маси личинок та лялечок від температури утримання. При низьких температурах маса личинок та лялечок значимо зменшується.
3. Температури в досліджуваному діапазоні +20–26 °С значимо не вплинули на індивідуальна плодючість самок.
4. Встановлено позитивний вплив зниження температури утримання передлялечки до +7 °С на швидкість переходу на наступну стадію розвитку та загальну життєздатність комах. Прийом можна застосовувати для оптимізації біоматеріалу.

5. Показано відсутність позитивного ефекту додаткового живлення личинок в період перетворення у передлялечку.

Література

1. 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.
2. Harnden LM, Tomberlin JK (2016) [Effects of temperature and diet on black soldier fly, *Hermetia illucens* \(L.\) \(Diptera: Stratiomyidae\), development.](#) *Forensic Sci Int*. 266: 109-116. doi: 10.1016/j.forsciint.2016.05.007
3. Holmes L. (2010) Role of Abiotic Factors on the Development and Life History of the Black Soldier Fly, *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae). Masters thesis University of Windsor. ON, Canada. P. 168.
4. Kim S.A., Rhee M.S. (2016) Highly enhanced bactericidal effects of medium chain fatty acids (caprylic, capric, and lauric acid) combined with edible plant essential oils (carvacrol, eugenol, b-resorcylic acid, trans-cinnamaldehyde, thymol, and vanillin) against *Escherichia coli* O157:H7. *Food Control*. № 60. P. 447–454.
5. Markina T. Yu. (2019) Гомеостатические свойства искусственных популяций насекомых и способы управления их состоянием. Хар'ков: Планета-принт, 380 p.
6. Markina T.Y. (2016) New approaches to quality control for cultures of insects for rearing. *Biosystems Diversity* Vol. 24 No. 1 164–172. doi:10.15421/011620
7. Markina T.Y., Benkovskaya G.V. (2015) Mechanisms of homeostasis maintenance in laboratory populations of insects. *Russ J Ecol* 46, 365–369. DOI:10.1134/S1067413615040128
8. Müller A., Wolf D. Gutzeit H.O. (2017) The black soldier fly, *Hermetia illucens* – a promising source for sustainable production of proteins, lipids and bioactive substances. *Naturforsch.* 72(9–10): 351–363 DOI: 10.1515/znc-2017-0030
9. Narchuk E.P. (1976) New data on the fauna of lion flies (Diptera, Stratiomyidae) of the Mongolian People's Republic. *Insects of Mongolia*. 4: P. 463–471
10. Sheppard D.C., Tomberlin JK., Joyce J.A., Kiser B.C., Sumner S. M. (2002) Rearing methods for the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) in a colony. *Journal of Medical Entomology*. Vol. 39(4). P. 695–698.
11. Sheppard D.C., Newton G.L., Thompson S.A., Savage S.A. (1994) Value added manure management system using the black soldier fly. *Biores. Tech.* № 50. P. 275–279.
12. Spranghers T., Noyez A. et al. (2017) Cold hardiness of the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae). *Journal of economic entomology*. 110(4). P. 1501–1507.
13. Tomberlin J.K., Adler P.H., Myers H.M. (2009) Development of the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) in relation to temperature. *Environmental Entomology*. 38: 930–934. <https://doi.org/10.1603/022.038.0347>.
14. Tomberlin J.K., Sheppard D.C. (2002) Factors influencing mating and oviposition of black soldier flies (Diptera: Stratiomyidae) in a colony. *Journal of Entomological Science*. № 37. P. 345–352.
15. Woodley N.E., Norman E.A. (2001) World catalog of the Stratiomyidae (Insecta: Diptera). Backhuys Publishers. P.473.
16. Zhang J., Huang L., He J., Tomberlin J.K., Li J., Lei C., Sun M., Liu Z., Yu Z. (2010) An artificial light source influences mating and oviposition of black soldierflies, *Hermetia illucens*. *J. of Insect Sci.* № 10. P. 202.
17. Zlotin A.Z. (1989) Technical entomology. Reference manual. Kyiv: Naukova Dumka, 184 p.

UDC595.7.082

INFLUENCE OF TEMPERATURE ON THE BIOLOGICAL PARAMETERS OF HERMETIA ILLUCENS L. (DIPTERA: STRATIOMIEIDAE) UNDER ARTIFICIAL CULTIVATION

Markina T.Yu., Bachynska Ya.O., Molchanova O. D, Barkar V.P.

Artificial rearing of the promising species of insects *Hermetia illucens* L. requires a detailed study of the effect of different temperature regimes of keeping at different stages of ontogenesis in order to improve the technological process of keeping the biomaterial. In the course of the research, the influence of the temperature range from +15 to +26 °C on the biological parameters of fly larvae was studied. Studies have shown that at a temperature of +15 °C, development continues up to 34 days in the larva and 17 days in the pupa (flies have defects, and do not lay eggs), while at a temperature of +24–26 °C, the development period was the shortest. At a temperature of +26 °C, the viability of larvae was significantly higher than at +15 °C. The dependence of the mass of larvae and pupae on temperature has been proved. At low temperatures, the mass of larvae and pupae decreases significantly. The temperature in the studied range of +20–26°C did not significantly affect the individual fecundity of females.

Cultivation of *H. illucens* in artificial conditions in the territory of Ukraine is possible, provided that the optimal parameters for this species are observed. It is advisable to use temperature as a biomaterial optimization factor for the implementation of rearing programs.

The positive effect of a temporary decrease in the temperature of rearing of the prepupa to +7 °C on the rate of transition to the next stage of development and the overall viability of insects has been established. The studies have shown the promise of using low temperatures to optimize the biomaterial. The suggested optimization method can help increase overall viability by increasing the rate of development. Additional feeding of larvae that have begun to actively transform into a prepupa for a long time is not effective. This leads to additional feed costs, a lengthening of the development period and a decrease in production efficiency.

Key words: *artificial breeding, Hermetia illucens* L., *technocenosis, temperature, optimization, viability.*