

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ САЖКА ДЛЯ ІМАГО ПРИ МАСОВОМУ РОЗВЕДЕННІ ЗОЛОТООЧКИ ЗВИЧАЙНОЇ

В.Я. Ходорчук¹, І.М. Беспалов²

²кандидат технічних наук

^{1,2}Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН
вул. Маякська дор., 26, смт Хлібодарське Одеського р-ну Одеської обл., 67667, Україна
e-mail: ¹khodor.od@gmail.com, ²inbesp@gmail.com
ORCID: ¹0000-0001-6542-0290, ²0000-0001-6063-6842

Надійшла 21.04.2023

Мета. Визначити залежність продуктивності сажка для імаго від його площі та на підставі отриманих даних обґрунтувати можливі напрями підвищення техніко-економічної ефективності устаткування для розведення комах. **Методи.** У виробничих умовах масового розведення золотоочки використано метод однофакторного експерименту, статистичний метод опрацювання результатів за допомогою ПК та розрахунково-порівняльний аналіз графіків отриманих залежностей. **Результати.** Досліджували чотири варіанти сажка різної площі. Для цього виготовили по три сажки кожного варіанта, в яких одночасно розводили комах з дотриманням повного технологічного циклу. Послідовно проводили три досліди. Основним показником вибрали питому продуктивність сажка — кількість яєць, отриманих за час збирання з одиниці площі. Проведено статистичне опрацювання даних. Побудовано графіки залежності середньої продуктивності сажків від їх площі, здійснено усереднення продуктивності за трьома дослідями. Встановлено, що зі зменшенням площі сажка вдвічі порівняно з базовим зразком, де вона дорівнювала 576 см², майже вдвічі підвищується його продуктивність. У разі збільшення площі до 1225 см² середню продуктивність сажка можна вважати незмінною. **Висновки.** Встановлена залежність питомої продуктивності сажка від його площі дає змогу вибирати її оптимальне значення при проектуванні комплексу устаткування. За збільшення площі сажка вдвічі середню питому продуктивність можна вважати постійною. Собівартість сажків порівняно з базовим зразком знижується, кількість зменшується вдвічі. Таким чином, економічна ефективність комплексу устаткування підвищується завдяки зменшенню вартості обладнання та скороченню трудовитрат на розведення комах.

Ключові слова: ентомофаг, устаткування, виробництво, збільшення площі, підвищення ефективності.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovissnyk202306-07>

Золотоочка звичайна (*Chrysoperla carnea* steph.) є ефективним ентомофагом, який широко використовують для боротьби зі шкідливими комахами. Масове розведення

золотоочки базується на різних технологіях та устаткуванні, розробка яких була і залишається актуальним завданням біологічного захисту рослин [1–4].

В Інженерно-технологічному інституті «Біотехніка» НААН у 2008 р. розробили нову технологію та комплект устаткування для масового розведення золотоочки [5, 6]. Техніко-економічні показники запропонованого обладнання значно перевищили аналогічні показники відомих аналогів. У зазначених працях обґрунтовано визначальний вплив конструкції сажків на технічні рішення основного устаткування, а також на техніко-економічні показники комплексу. У сажках створюється обмежений життєвий простір для комах, що перебувають на трьох стадіях розвитку: личинка, кокон, імаго (метелик). У комплект було закладено сажки з габаритним горизонтальним перерізом 25×25 см, корисна площа якого становила 576 см^2 (далі — базовий сажок для порівняння). Кількість сажків залежно від планової продуктивності може варіювати від сотень до тисяч.

Подальша діяльність за цим напрямом була спрямована на підвищення техніко-економічної ефективності технологічного комплексу з використанням різних методик системного проєктування [7, 8]. Така мета є оптимізаційною і має сприяти пошуку нових компромісних рішень та оптимальних критеріїв ефективності. З огляду на це обґрунтовано доцільність оцінки ефективності розведення золотоочки через технологічну собівартість виготовлення комплексу сажків і боксів [9, 10]. Цей метод розрахунку економічної ефективності використовують, впроваджуючи будь-які нововведення в існуючі технологічні процеси. У таких випадках повний розрахунок собівартості не здійснюють, а обмежуються лише порівнянням варіантів за змінними параметрами [11].

Доведено, що технологічна собівартість виготовлення комплексу обладнання буде мінімальною за максимально можливою площі сажка. Відповідно до розробленої моделі техніко-економічної ефективності було обґрунтовано та вибрано габаритний горизонтальний переріз сажків для личинок та імаго 25×50 см і на підставі цього у 2020 р. спроектовано новий технологічний комплекс [9].

Тривалі експлуатаційні випробування запропонованого сажка розміром 25×50 см показали його недоліки порівняно з базовим. Насамперед йдеться про його прямокутну форму з відношенням сторін $1 : 2$ — вона

виявилась дуже незручною для роботи лаборантів та ускладнила конструкцію стелажів і боксів. З огляду на це було вирішено повернутися до квадратної форми та провести експериментальні дослідження з визначення оптимальної площі сажка для імаго (далі CI).

Мета досліджень — визначити залежність продуктивності сажка для імаго від його площі та обґрунтувати можливі напрями підвищення техніко-економічної ефективності устаткування для розведення комах.

Матеріали і методи досліджень. В однофакторному експерименті використовували чотири варіанти сажків різної площі (табл. 1). Кожний варіант сажка досліджували у трикратній повторності шляхом розведення комах одночасно у трьох однакових сажках. Для досліджень було виготовлено по три експериментальних зразки сажків для кожного варіанта, тобто загалом 12 сажків. У сажок закладали кокони золотоочки, з них виходили імаго, які в подальшому відкладали яйця на змінну кришку сажка. У досліджуваних технологіях яйця — це вихідна продукція.

На попередніх етапах роботи [11] було обґрунтовано, що визначальною умовою моделювання площі має бути незмінність висоти шару комах, від якої залежить висота сажка, а також поверхнева густина комах на початку життєвого циклу в ньому.

Обґрунтовано, що оптимальна висота внутрішньої стінки сажка для імаго становить 30 мм. Кількість коконів золотоочки, які вносили до сажка, розраховували з регламентної поверхневої густини 1,18 коконів на 1 см^2 (маса 1000 коконів золотоочки — 9,90 г). До інших абіотичних параметрів, які згідно з технологічним регламентом необхідно підтримувати незмінними, належать температура, вологість повітря та освітленість сажка всередині.

Основним технологічним показником сажка для імаго вибрано питому продуктивність W (яець на 1 см^2), що визначається відношенням кількості яець, отриманих за весь час збирання, до корисної площі сажка S (см^2). Помноживши W на загальну площу всіх сажків, отримали загальну продуктивність Q технологічного комплексу за певний час. Отже, мета експерименту полягає у визначенні залежності

$$W = f(S). \quad (1)$$

На етапі проєктування Q було прийнято, що залежність $W = f(S)$ має бути відомою для того, щоб визначити площу сажків, значення якої буде базовим для всіх можливих критеріїв ефективності. Основний підхід до розв'язання такого оптимізаційного завдання полягає в розрахунку конкретних значень площі та порівнянні очікуваних економічних ефектів [12]. Такий підхід виключає необхідність розроблення економіко-математичної моделі об'єкта та критеріального функціоналу у вигляді системи математичних рівнянь.

Отримані в результаті експериментів значення питомої продуктивності (1) опрацьовували із застосуванням загальноприйнятих комп'ютерних програм [13, 14] і подавали у вигляді

$$W = W_c \pm \Delta W, \quad (2)$$

де W_c — середньоарифметичний (далі — середній) показник продуктивності; ΔW — довірчий інтервал для ймовірності 0,95.

Результати досліджень. На підставі отриманих даних було розроблено ескізу конструкторську документацію та виготовлено 12 експериментальних зразків сажків для імаго (рис. 1).

Принципове конструктивне рішення сажка базується на результатах досліджень макетів інших сажків з комахами з урахуванням даних попередніх праць [5, 6, 10]. Кювета внутрішньою висотою 30 мм виготовлена з прозорого листового акрилу товщиною 5 мм, має днище із ситотканини, що забезпечує повітрообмін внутрішнього об'єму із зовнішнім середовищем. Для цього також прокладають дві-три опори, які створюють 15–18-міліметровий зазор між сіткою та поверхнею, на якій стоїть сажок. Крім того, опори забезпечують можливість поздовжнього переміщення (ковзання) сажків та їх

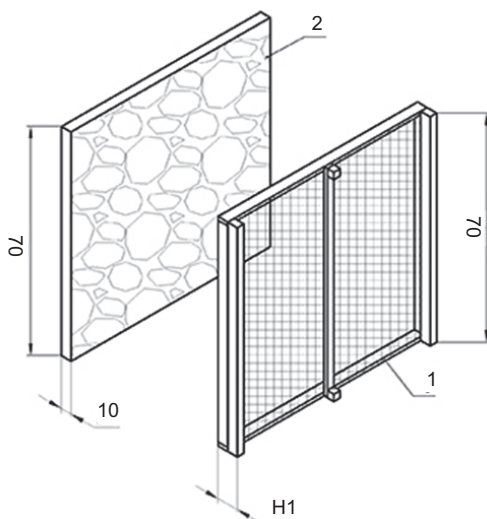


Рис. 1. Загальний вигляд сажка: 1 – кювета; 2 – кришка

розміщення один над одним (до чотирьох екземплярів) для формування вертикальних блоків. Кришка сажка виготовлена з МДФ-плити товщиною 10 мм, внутрішня поверхня обклеєна тканиною, на яку самки золотоочки відкладають яйця.

Експериментальні дослідження проводили в лабораторії з дотриманням повного циклу розведення золотоочки згідно з технологічним регламентом. Упродовж жовтня 2021 р. — лютого 2022 р. було проведено три послідовних досліди тривалістю кожного 40–45 діб. Результат добового збирання яєць золотоочки у трьох сажках варіанта 3CI (табл. 1) — 3CI1–3CI3 — показано на рис. 2.

Загальну продуктивність кожного з трьох сажків 3CI визначали як суму добових збирань яєць, що становила відповідно до варіантів 4,505 г, 4,616 та 3,737 г (рис. 2). Аналогічно отримали результати для варіантів 1CI, 2CI, 4CI. Загалом почергово

1. Розміри сажків для імаго золотоочки

Варіант сажка	Зовнішній розмір, мм	Внутрішній розмір, мм	Корисна площа, см ²	Коефіцієнт зміни площі
1CI	180 × 180	170 × 170	289	0,502
2CI	250 × 250	240 × 240	576	1,000
3CI	310 × 310	300 × 300	900	1,563
4CI	360 × 360	350 × 350	1225	2,127

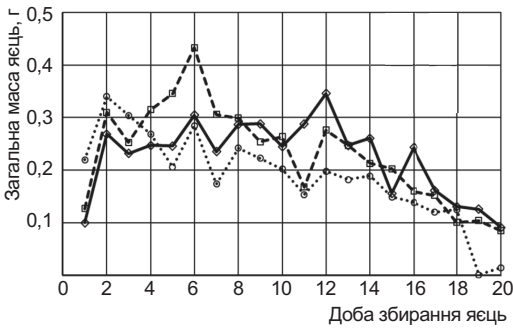


Рис. 2. Добовий графік збирання яєць у сажках ЗСІ: —●— ЗСІ1; —■— ЗСІ2; ...○... ЗСІ3

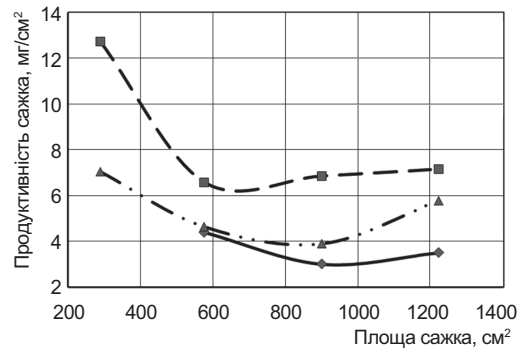


Рис. 3. Залежність продуктивності сажка від його площі: —◇— дослід 1, —■— дослід 2, —▲— дослід 3

провели три досліді. Результати статистичного опрацювання відповідними комп'ютерними програмами [13, 14] даних, отриманих під час кожного з дослідів, показано на рис. 3.

Певні розбіжності результатів досліджень зумовлені об'єктивними чинниками, основним з яких є вплив пори року (осінь, зима) на життєві показники комах. Водночас загальний характер залежності зберігається. Після цього проводили статистичне усереднення результатів трьох дослідів. У табл. 2 та на рис. 4 наведено значення середньої продуктивності W_c та її довірчі інтервали для трьох сажків, отримані у трьох дослідіах. Це дало для кожного варіанта площі сажка вибірку з дев'яти значень.

Аналіз даних свідчить, що зі зменшенням площі сажка вдвічі порівняно з базовим варіантом, де вона становить 576 см², питома продуктивність підвищується в середньому вдвічі. Згідно з пропонованою методикою техніко-економічного аналізу [10] собівартість виготовлення сажка зростає приблизно на 37%. Водночас собівартість комплексу сажків зменшується на 32% внаслідок зменшення вдвічі їх кількості. Проте за критерієм трудовитрат таке

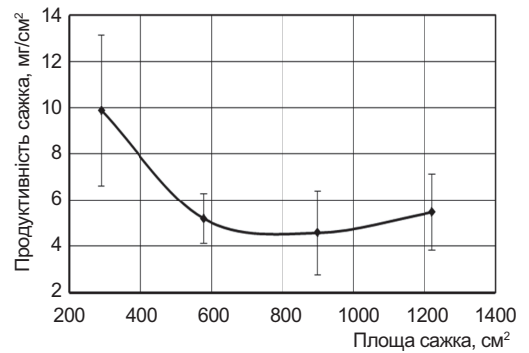


Рис. 4. Усереднення за трьома дослідіаи залежності продуктивності сажка від його площі

рішення при проектуванні буде доцільним тільки у разі малого обсягу розведення золотоочки.

Зі збільшенням площі сажка від 576 до 1225 см² середня продуктивність буде незмінною і становитиме 5,1 мг/см² (836 яєць на 1 см²), довірчий інтервал — 1,5 мг/см². При цьому собівартість сажка порівняно з базовим варіантом зменшиться на 26%. Це відкриває можливості для збільшення

2. Усереднення показників дослідів із сажками для імаго

Варіант сажка	Площа, см ²	Коефіцієнт зміни площі	Середня продуктивність сажка, мг/см ²	Довірчий інтервал, мг/см ²
1СІ	289	0,502	9,88	3,28
2СІ	576	1,000	5,20	1,07
3СІ	900	1,563	4,58	1,80
4СІ	1225	2,127	5,48	1,65

розміру сажків майже вдвічі з одночасним розв'язанням ергономічних проблем. Основний результат полягає в тому, що це

дає змогу збільшити потужність комплексу до промислового рівня — 9,6–19,2 млн яєць за цикл.

Висновки

Встановлена залежність питомої продуктивності сажка для імаго золотоочки від його площі дає можливість при проектуванні комплексу устаткування вибрати її оптимальне значення.

Визначено напрями підвищення техніко-економічної ефективності сажка. Зі зменшенням площі сажка вдвічі порівняно з базовим варіантом, де вона становить 576 см², питома продуктивність підвищується в середньому вдвічі. Щоправда, за критерієм трудовитрат таке рішення буде доцільним лише за малого обсягу

розведення комах.

Зі збільшенням площі сажка вдвічі середня питома продуктивність залишається незмінною. Собівартість сажків порівняно з базовим варіантом знижується, їх кількість удвічі зменшується. Таким чином, економічна ефективність комплексу зростає внаслідок зменшення вартості обладнання та скорочення трудовитрат на розведення комах. Це дає змогу підвищити потужність комплексу обладнання майже до промислового рівня.

Khodorchuk V.¹, Bespalov I.²

Engineering and Technological Institute "Biotekhnika" of NAAS; 26 Maiaksa Doroha Str., vil. Khlivodarske, Odesa district, Odesa oblast, 67667, Ukraine; e-mail: ¹khodor.od@gmail.com, ²inbesp@gmail.com; ORCID: ¹0000-0001-6542-0290, ²0000-0001-6063-6842

Study of the productivity of imago cage during mass breeding of aphid lion

Goal. To determine the dependence of the productivity of the imago cage on its area, and, based on the data obtained, to justify the possible ways of increasing the technical and economic efficiency of the equipment for breeding insects. **Methods.** In the production conditions of mass breeding of aphid lion, the method of one-factor experiment, the statistical method of processing the results using a PC, and the calculation and comparative analysis of the graphs of the obtained dependencies were used. **Results.** Four variants of cages of different areas were studied. For this purpose, three cages of each variant were made, in which insects were bred at the same time in compliance with the full technological cycle. Three experiments were conducted consecutively. The main indicator was

the specific productivity of the cage — the number of eggs obtained during the collection time from a unit of area. Statistical processing of the data was carried out. Graphs of the dependence of the average productivity of cages on their area were constructed, and productivity was averaged over three experiments. It was established that with the reduction of the area of the cage by half compared to the base sample, where it was equal to 576 cm², its productivity almost doubled. If the area increases to 1225 cm², the average productivity of the cage can be considered unchanged. **Conclusions.** The established dependence of the specific productivity of the cage on its area makes it possible to choose its optimal value when designing a set of equipment. If the cage area is doubled, the average specific productivity can be considered constant. Compared to the basic sample, the cost of cages is reduced, and the quantity is halved. Thus, the economic efficiency of the set of equipment increases due to a reduction in the cost of the equipment and a reduction in labor costs for breeding insects.

Key words: entomophagus, equipment, production, area increase, efficiency improvement.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovysnyk202306-07>

Бібліографія

1. Leppla N.C., Morales-Ramos J.A., Shapiro-Ilan D.I., Guadalupe Rojas M. Mass production of beneficial organisms, invertebrates and entomopathogens. Amsterdam: Academic Press, 2022. 640 p.

2. Adhikari J., Karki A., Gautam B. Mass rearing techniques of Green Lacewings *Chrysoperla carnea*

Stephens. A Review. *Research & Reviews: Journal of Agricultural Science and Technology*. 2020. V. 9. N 2. P. 83–96.

3. McEwen P., Kidd N., Bailey, E., Eccleston L. Small-scale production of the common green lacewing *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuropt.,

Chrysopidae): Minimizing costs and maximizing output. *Journal of Applied Entomology*. 2001. V. 123. P. 303–306. doi: <https://doi.org/10.1046/j.1439-0418.1999.00371.x>

4. Ashfaq M., Nasreen A., Cheema G.M. A new technique for mass rearing of Green Lacewing on commercial scale. *Journal of Applied Sciences*. 2002. V. 2. P. 925–926. doi: <https://doi.org/10.3923/jas.2002.925.926>

5. Сапожнікова М.М., Білоусов Ю.В., Бельченко М.В. Технологія імаго звичайної золотоочки *Chrysoperla affinis* Steph. (NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE). *Вісник аграрної науки Південного регіону: міжвідомчий тематич. наук. зб.* Одеса, 2012. Вип. 12–13. С. 128–138.

6. Krutyakova V. Effective Technological equipment for mass production of entomophagous insects and mites used for biological control. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 2017. V. 7. P. 179–186. doi: <http://dx.doi.org/10.9734/AJOB/2017/32296>

7. Jones C. Design methods. 2nd ed. New York: John Wiley and Sons Ltd. 1992. 472 p.

8. Беспалов І., Ходорчук В. Fundamentals of engineering design of technological complexes for industrial production of entomophages. *Materials of the International Scientific Conference «Plant Protection in Traditional and Ecological Agriculture»*. Chisinau: Institute of Genetics, Physiology and Plant

Protection. 2018. P. 163–167.

9. Крутякова В.І. Техніко-економічний аналіз проектних рішень технологічного комплексу промислового виробництва ентомофагів. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 11. С. 75–80. doi: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201911-11>

10. Krutyakova V., Беспалов І., Ручинс А., Булгачов В. Determination of technical and economic efficiency of equipment for mass breeding of entomophages. *International Scientific Conference «Engineering for rural development»* (May 20–22, 2020). Jelgava. 2020. P. 1162–1167. doi: <https://doi.org/10.22616/erdev.2020.19.tf281>

11. Беспалов І.М., Ходорчук В.Я. Масштабування сажків з комахами при створенні технологічних комплексів промислового виробництва ентомофагів. *Інформаційний бюлетень СПРС МОББ*. № 53. Одеса: ТЕС, 2018. С. 40–49.

12. Ходорчук В.Я., Беспалов І.М. Техніко-економічна оптимізація модульних комплексів промислового виробництва ентомофагів. *Інформаційний бюлетень СПРС МОББ*. № 49. Одеса: ТЕС, 2016. С. 261–264.

13. Berk K.N., Carey P. Data analysis with Microsoft Excel. Boston: Brooks/Cole, Cengage Learning. 2010. 613 p.

14. Carlberg C. Statistical analysis. Microsoft Excel[®] 2013. Indianapolis: GUE, 2014. 635 p.