CZU: 551.524:595.792.17 **https://doi.org/10.59295/sum6(186)2025_16**

INFLUENȚA REGIMULUI TERMIC ASUPRA PROCESULUI BIOTEHNOLOGIC DE MULTIPLICARE A PARAZITULUI BRACON HEBETOR (SAY, 1836)

Corina GLIBICIUC, Tudor NASTAS,
Universitatea de Stat din Moldova

Entomofagul Bracon hebetor este un ectoparazitoid larvar cu dezvoltare ontogenetică strict dependentă de regimul termic. Investigările efectuate în condiții controlate au demonstrat că intervalul termic optim pentru dezvoltarea stadiilor imature este de 25-27°C, în care ciclul de viață se finalizează în 12-15 zile. La temperaturi de 15-17°C, dezvoltarea este semnificativ încetinită, prelungind ciclul ontogenetic până la aproximativ 32 de zile. Valorile termice extreme de 10°C și 32°C, nu a înregistrat emergența adulților. Stadiile de ecluzare, dezvoltare larvară și pupare au manifestat variații semnificative în funcție de regimul termic, subliniind susceptibilitatea termică a entomofagului. Rezultatele obținute demonstrează că intervalul de 25-27°C constituie intervalul termic optim pentru reproducerea și multiplicarea eficientă a speciei Bracon hebetor în context biotehnologic.

Cuvinte-cheie: *Bracon hebetor, Galleria mellonella, imago, ou, larvă, pupă,regim termic.*

THE INFLUENCE OF THERMAL REGIME ON THE BIOTECHNOLOGICAL PROCESS OF MULTIPLICATION OF PARAZIT BRACON HEBETOR (SAY, 1836)

The entomophagous Bracon hebetor is a larval endoparasitoid with ontogenetic development strictly dependent on the thermal regime. Investigations carried out under controlled conditions have demonstrated that the optimal thermal range for the development of immature stages is 25-27°C, in which the life cycle is completed in 12-15 days. At temperatures of 15-17°C, development is significantly slowed down, extending the ontogenetic cycle to approximately 32 days. At extreme thermal values of 10°C and 32°C, no adult emergence was recorded. The hatching, larval development and pupation stages showed significant variations depending on the thermal regime, highlighting the thermal susceptibility of the entomophagous. The results obtained demonstrate that the range of 25-27°C constitutes the optimal thermal range for the efficient reproduction and multiplication of the B. hebetor species in a biotechnological context.

Keywords: *Bracon hebetor, Galleria mellonella, imago, egg, larva, pupa, thermal regime.*

Introducere

Specia *Bracon hebetor Say* este un ectoparazit larvar al mai multor molii [1]. Entomofagul dat a fost colectat în zona de centru a Republicii Moldova, ulterior a fost multiplicat și folosit ca agent biologic în controlul larvelor de dăunători la culturile de roșii, soia și porumb [2]. Interdependența dintre factorii termici și durata de dezvoltare a insectelor a fost supusă cercetărilor de mai mulți savanți. Această relație constituie o variabilă ecologică esențială în cadrul modelării dinamicii populaționale a insectelor, având un impact semnificativ asupra structurii de populații și a proceselor ecologice asociate [3].

Temperatura este un factor important în dezvoltarea stadiilor imature a speciilor. Este evident că dezvoltarea ciclurilor ontogenetice a speciilor de entomofagi se extind, iar mortalitatea lor este amplificată la extremele termice, atât la temperaturi scăzute, cât și ridicate. Fenologia și sincronia interacțiunii entomofag-gazdă sunt influențate la fel de factorii termici. Rata de dezvoltare reprezintă inversul perioadei de dezvoltare, exprimată în zile. Aceste rate sunt aplicate în modelele de dezvoltare, în care datele sunt integrate zilnic. Estimarea exactă a ratei de creștere și dezvoltare a agenților de control naturali, cum ar fi paraziții și prădătorii, sunt elemente fundamentale în dezvoltarea strategiilor eficiente de gestionare a populațiilor de dăunători. Aceasta permite o înțelegere detaliată a interacțiunii dintre dăunători și entomofagii lor naturali, precum și a factorilor, care influențează succesul acestor interacțiuni, cum ar fi temperatura, umiditatea, disponibilitatea hranei și alți factori ecologici.

Modelele fenologice și biotehnologice, care se bazează pe înregistrarea și analiza fenomenelor biologice ale agenților de control natural și ale dăunătorilor, au devenit un instrument crucial în prognoza și optimizarea intervențiilor ecologice. Aceste modele permit anticiparea momentului optim pentru aplicarea măsurilor de control, având în vedere sincronia dintre fazele de dezvoltare a dăunătorilor și agenților de control naturali. Această abordare bazată pe date științifice și prognoze precise a dus la o reducere semnificativă a dependenței de pesticide, promovând utilizarea mai eficientă și sustenabilă a resurselor ecologice pentru controlul dăunătorilor. Aplicarea acestor metode contribuie la creșterea eficienței intervențiilor ecologice, oferind soluții mai precise, adaptabile și mai puțin dăunătoare mediului, îmbunătățind astfel sustenabilitatea pe termen lung a sistemelor agricole și a ecosistemelor [4]. Factorul termic are un rol important pentru majoritatea speciilor, a căror dezvoltare și reproducere sunt practic limitate la temperaturi, în special pentru acele specii care intră în diapauză [5].

Scopul studiului dat se referă la estimarea influenței factorilor termici asupra procesului biotehnologic de înmulțire a parazitului *Bracon hebetor*.

Materiale și metode

Experimentele au fost efectuate în condiții controlate de laborator, unde au fost testate 5 variante cu regim termic constant: 10°C, 16°C, 20°C, 27°C și 32°C. Pe întreg parcursul experiențelor s-a menținut fotoperioada de 16 ore cu lumină – 8 ore în întuneric, iar umiditatea relativă a aerului constituia 60±5%. Materialul biologic utilizat în cadrul experiențelor a fost reprezentat de stadia imago a entomofagului *Bracon hebetor*, obținut prin metoda de înmulțire pe larvele gazdei *Galleria mellonella* (Lepidoptera: Pyralidae). Materialul biologic a fost întreținut în camera climatică de tipul „Niteh" cu reglarea parametrilor de temperatură. În variante au fost utilizați a câte 90 de entomofagi. Fiecare variantă a fost testată în trei repetări cu a câte 3 cupluri de entomofag, iar în fiecare repetare au fost introduse câte trei larve de *G. mellonella* pentru a estima gradul de parazitare. Interacțiunile dintre entomofag și gazdă au fost minuțios monitorizate pe parcursul a 12 ore, unde s-a înregistrat activitatea ovipozitară a femelelor de *Bracon hebetor* pe larvele de *G. mellonella*. Ulterior, larvele de *G. mellonella* paralizate au fost transferate individual în placa Petri sterile și menținute la temperaturile sus-menționate, în scopul evaluării procesului de dezvoltare a stadiilor imature a entomofagului. Etapele de dezvoltare au fost urmărite sistematic, până la emergența adulților de *Bracon hebetor*, pentru a cuantifica impactul temperaturii asupra parametrilor biologici esențiali. (fig. 1)



Figura 1. Adulții parazitului *Bracon hebetor*: a) femela și b) masculul

Parametrii biologici monitorizați au inclus asemenea indici biologici ca: numărul total al ouălor depuse de femele în raport cu variantele de temperatură, rata de supraviețuire și dezvoltarea stadiei larvare, precum și durata totală de dezvoltare, exprimată în timpul necesar pentru emergența adulților. De asemenea, au fost înregistrate și eventualele variații comportamentale ale stadiei imago în funcție de variantele termice. Variantele cu diferite temperaturi selectate pentru această cercetare au fost alese strategic, în scopul aco-

peririi a unui spectru larg de condiții termice posibile în mediul natural, și pentru a evidenția rolul critic al temperaturii în reglarea proceselor fiziologice și de dezvoltare a entomofagului. Variantele testate au avut o formă standard, care sunt prezentate în fig. 2.



Figura 2. (Original). Pupa în cocon a entomofagului *Bracon hebetor* și variantele testate

Rezultate și discuții

Se cunoaște că multiplicarea entomofagilor este dependentă în mare măsură de factorul de temperatură. Pentru optimizarea procesului biotehnologic de multiplicare a entomofagului *Bracon hebetor* au fost efectuate o serie de experienţe cu modelarea factorilor de temperatură, unde s-a expus un regim termic de la +8°C *până la +32*°C. Rezultatele obținute sunt prezentate în tab. 1.

Tabelul 1. Ciclul ontogenetic de dezvoltare a entomofagul Bracon hebetor în funcție de regimul termic

Variantele	Regimul termic (t°C)	Durata dezvoltării ciclului ontogenetic (zile)
I	8-10	-
II	14-16	32
III	18-20	16-18
IV	25-27	12-14
V	30-32	-

În rezultatul analizei datelor obținute în cadrul investigațiilor efectuate a fost evidențiată existența unei relații invers proporționale între factorii termici aplicați și longevitatea ciclului ontogenetic de dezvoltare a entomofagului *Bracon hebetor*. Astfel, s-a constatat că în condițiile unor temperaturi egale cu 14°C – 16°C longevitatea de dezvoltare a entomofagului de la stadiul de ou până la stadiul imago s-a extins considerabil, atingând o durată medie de aproximativ 32 de zile. Acest lucru s-a atribuit încetinirii proceselor metabolice și fiziologice caracteristice entomofagilor în condiții de temperatură redusă, ceea ce afectează ritmul de dezvoltare al stadiilor ontogenetice. Pe de altă parte, în condițiile unor temperaturi optime pentru dezvoltarea entomofagului *Bracon hebetor* (25°C – 27°C), s-a demonstrat că longevitatea ciclului ontogenetic s-a redus semnificativ și constituie doar 12-14 zile. Această accelerare a dezvoltării se explică prin intensificarea proceselor biochimice, care stimulează transformările morfologice și fiziologice în cadrul fiecărui stadiu ontogenetic. Totodată, s-a remarcat că la temperaturi ridicate, situate în apropierea limitei superioare de toleranță termică (30°C – 32°C), s-a constatat o inhibare semnificativă a dezvoltării stadiului imago, iar în unele cazuri o imposibilitate totală de finalizare a ciclului ontogenetic. Acest prag critic de temperatură indică o zonă de stres termic pentru entomofagul *Bhebetor*, în care funcțiile vitale și capacitatea de dezvoltare sunt afectate, ceea ce provoacă majorarea gradului mortalității și reducerea eficienței biologice. De aici reiese că temperatura constituie un factor

esențial în reglarea procesului biotehnologic de înmulțire a entomofagului *Bracon hebetor*, influențând în mod direct atât rata dezvoltării, cât și succesul emergenței stadiului imago. Din această cauză identificarea limitelor termice optime este crucială pentru stabilirea condițiilor eficiente de multiplicare și pentru sporirea potențialului de utilizare a acestui agent biologic în strategiile de combatere integrată a dăunătorilor.

Investigațiile regimului termic asupra ratei medii de pontă a femelelor entomofagului *Bracon hebetor* în condiții controlate a evidențiat variații semnificative. Valorile medii ale numărului de ouă depuse de către femele au fost determinate experimental și sunt prezentate în tab. 2.

Tabelul 2. Influența regimului termic asupra fertilității femelelor de *Bracon hebetor*

Varianta	Numărul mediu de ouă/ femelă	Diferența față de martor (m-M)	Grupa de eficiență
25-27°C (martor)	45,3	-	-
8-10°C	0	-45,3	III
14-16°C	22,6	-22,7	III
18-20°C	29,0	-16,3	III
30-32°C	0	-45,3	III

$DEM_{005} = 2,3$

Datele obținute demonstrează elocvent faptul că ponta femelelor este strâns dependentă de temperatura mediului, înregistrând niveluri reduse la extremele intervalului termic și atingând valori maxime în condiții considerate termic optime pentru activitatea biologică a entomofagului *Bracon hebetor*.

Astfel, rezultatele experimentale evidențiază o relație directă și semnificativă între factorii termici și succesul reproductiv al entomofagului *Bracon hebetor*, exprimat prin numărul de ouă depuse și rata de ecluzare. De asemenea, s-a constatat că temperatura reprezintă un factor determinant în reglarea fertilității femelelor și a dezvoltării embrionale. Temperatura optimă pentru pontă și ecluzare s-a dovedit a fi cuprinsă în intervalul de 25°C și 27°C. În aceste condiții s-a înregistrat atât cel mai mare număr mediu de ouă depuse, cât și cea mai ridicată rată de ecluzare (47,0%). Aceasta indică o favorabilitate maximă a regimului termic pentru procesele fiziologice implicate în reproducere.

Totodată, s-a demonstrat că la temperaturi suboptime, precum 14-16°C, are loc o scădere semnificativă a viabilității ouălor, rata de ecluzare fiind doar de 23,2%, ceea ce sugerează o încetinire a proceselor metabolice și o reducere a dezvoltării embrionare.

Deși la temperatura de 18-20°C s-a observat o îmbunătățire moderată a ratei de ecluzare (29,8%), aceasta rămâne inferioară comparativ cu valoarea maximă, ceea ce indică faptul că intervalul termic respectiv este favorabil, dar nu într-atât de optim pentru reproducerea cu succes a acestui entomofag.

La temperatura de 30-32°C nu s-a înregistrat ecluzare, ceea ce confirmă faptul că regimurile termice excesiv de ridicate au un efect inhibitor asupra dezvoltării embrionare, putând determina apariția unor dezechilibre fiziologice letale în stadiul incipient de dezvoltare.

Toate variantele testate, cu excepția temperaturii de 25-27°C, au fost încadrate în grupa III de eficiență biologică, conform unei clasificări standard ce reflectă gradul de favorabilitate a condițiilor experimentale asupra performanțelor reproductive. Această încadrare semnalează că, în afară de temperatura de 25-27**°C**, celelalte regimuri termice analizate nu asigură condiții adecvate pentru reproducerea eficientă și viabilitatea descendenței în condiții controlate.

Astfel, în cadrul studiului realizat a fost evaluat succesul reproducător al femelelor de *B. hebetor* prin cuantificarea descendenței larvare obținute în urma pontei. Ouăle au fost depuse pe gazda selectată de *Gallerria mellonella*, iar dezvoltarea acestora a fost monitorizată la diferite regimuri termice. Rezultatele au evidențiat obținerea unui număr semnificativ de larve viabile, confirmând fertilitatea ouălor și eficiența procesului reproductiv în funcție de parametrii termici analizați (tabel 3).

Tabelul 3. Influenţa regimului termic asupra ratei medii de dezvoltare a larvei de *Bracon hebetor*

Varianta	Larve dezvoltate (în medie)	Diferenţa faţă de martor (m-M)	Grupa de eficienţă
25-27°C (martor)	42,7	-	-
8-10°C	0	-42,7	III
14-16°C	20,3	-22,4	III
18-20°C	27,0	-15,7	III
30-32°C	0	-42,7	III

$DEM_{005} = 3,0$

În cadrul acestui experiment s-a evaluat influenţa regimului termic asupra dezvoltării stadiei de larvă a entomofagului *Bracon hebetor*. Regimul termic stabilit de 25-27°C a servit drept martor, reprezentând condiţiile optime în care dezvoltarea a fost maximă - cu o medie de 94,3% larve dezvoltate. Celelalte variante au fost comparate cu acest reper pentru a evalua gradul influenţei termice. Temperaturile extreme (8-10°C şi 30-32°C) au decăzut, deoarece nu au fost depuse ouă şi astfel evidenţiind impactul negativ al abaterilor termice majore. La temperatura de 14-16°C, gradul de dezvoltare a stadii de larvă a fost de circa 89,8% din suma ouălor depuse. Aceasta ne-a demonstrat că la această temperatură are loc o majorare a ratei de larve nedezvoltate pe parcursul dezvoltării cu circa 4,5% faţă de varianta martor. Analiza datelor la acest regim termic a confirmat că răsfrângerea continuă pe întreg parcursul de dezvoltare ontogenetică a entomofagului, adică obţinem cu circa 36,8% mai puţine larve faţă de varianta martor. La temperatura de 18-20**°C** a fost fixată o dezvoltare moderată a entomofagului, cu o medie de circa 93% de larve dezvoltate din ouăle depuse. Dar analiza integrală a datelor ne-a demonstrat şi în cazul dat o reducere semnificativă a larvelor obţinute, cu circa 31% faţă de varianta martor. Rezultatele obţinute în varianta dată ne demonstrează că temperaturile apropiate de zona optimă pot menţine un grad funcţional acceptabil al dezvoltării entomofagului.

Ulterior, în rezultatul analizei datelor obţinute s-au determinat **şi** variaţii considerabile în ceea ce priveşte formarea pupei şi raportul **între masculi şi feme**le. Rezultatele obţinute sunt redate în tab. 4.

Tabelul 4. Influenţa regimului termic asupra ratei medii de dezvoltare a pupei şi a raportului înte sex ratio ♂ : ♀ *Bracon hebetor*

Varianta	Total pupe obţinute	Total imago ecluzaţi	Imago		Raportul între ♂ : ♀
			♂	♀	
25-27°C (martor)	40,0	37,0	23,4	13,6	1,7 : 0,5
8-10°C	0	0	0	0	0
14-16°C	17,0	15,0	11,4	3,6	3,2 : 0,3
18-20°C	24,0	21,0	16,0	5,0	3,3 : 0,3
30-32°C	0	0	0	0	0

Ulterior s-a analizat numărul pupelor formate, totalul stadiei imago ecluzaţi, distribuţia lor pe sexe şi raportul sexual în funcţie de regimul termic testat. S-a demonstrat că şi în acest caz varianta cu regimul termic de 25°C-27°C a reprezentat temperatura optimă pentru dezvoltarea entomofagului. Astfel, dintr-un total de 40 de pupe formate, au ecluzat 37 imago, ceea ce corespunde unei rate de circa 92,5%. Dintre aceştia, circa 63,2% au fost masculi şi circa 36,8% femele. Raportul sexual a constituit 1,7:0,6, indicând o predominanţă moderată a masculilor în populaţia obţinută. La regimul termic de 8°C-10°C şi 30°C-32°C dezvoltarea a fost omisă, deoarece nu a fost fixată fertilitatea femelelor.

În condiţii de temperatură scăzută moderat (14°C-16°C) s-a observat o dezvoltare redusă. Din 17 pupe obţinute au ecluzat 15 imago, corespunzând unei rate de circa 88,2%. Dintre aceştia, masculii au fost majo-

ritari (11,4 ♂ și 3,6 ♀), iar raportul sexual a fost de 3,2:0,3, ceea ce evidențiază o rată a masculilor accentuată a descendenței la temperaturi reduse.

Temperatura de 18°C-20°C a susținut o dezvoltare mai bună față de regimul anterior, unde s-au format 24 de pupe, dar au ecluzat 21 de imago, cu o rată de 87,5%. Raportul dintre masculi și femele a fost puternic dezechilibrat în favoarea masculilor (16,0 ♂ și 5,0 ♀), raportul sexual fiind de 3,3:0,3.

Aceste rezultate ne demonstrează că temperaturile mai scăzute favorizează determinarea sexului masculin a entomofagului, iar temperaturile înalte depășesc pragul fiziologic de toleranță pentru dezvoltarea normală a stadiilor ontogenetice a entomofagului *Bracon hebetor.* Datele obținute sunt esențiale pentru stabilirea parametrilor optimi în biotehnologia de obținere a entomofagului, contribuind la optimizarea utilizării entomofagului *Bracon hebetor* în programele de control biologic al dăunătorilor agricoli.

Concluzii

1. S-a constatat că regimul termic influențează direct asupra ciclului ontogenetic de dezvoltare a entomofagului *Bracon hebetor,* determinând succesul reproductiv.
2. A fost demonstrat că temperatura optimă în procesul biotehnologic pentru reproducerea entomofagului *Bracon hebetor* este de 25**°C**-27°C.
3. S-a constatat că regimul termic mai scăzut sau mai ridicat decât cel optimal apreciat influențează negativ asupra stadiilor de dezvoltare ontogenetică a entomofagului *Bracon hebetor*.

Bibliografie:

1. QUICKE, D. L. J., VAN ACHTERBERG, C. Phylogeny of the subfamilies of the family Braconidae (Hym.: Ichneumonidae). *Zoology Verhaulst*. 1990. 158, 1-95.
2. BRADOWSKY, V., BRADOWSKAYA, N., POGORLETSKAYA, A. Advances in the elaboration of methods for the entomophage rearing and application. *International Symposium „Actual Problems of Zoology and Parasitology: Achievements and Prospects",* 13 october 2017. Chisinau, 2017. 283-286. ISBN 978-9975-66-590-2.
3. JAROSIK, V., HONEK, A., DIXON, A. F. G. Developmental rate isomorphy in insects and mites. *American Naturalist*, 160, 2002. 497-510.
4. KRUGNER, R., DAANE, K. N., LAWSON, A. B. & YOKOTA, G. Y. Temperature development of *Macrocentrus iridescens* (Hymenoptera: Braconidae) as a parasitoid of the obliquebanded leafroller (Lepidoptera: Tortricidae): implications for field synchrony of parasitoid and host. *Biological control*, 42, 2007. 110-118.
5. LIU, Y. H., TSAI, J. H. Effect of temperature on development, survivorship, and fecundity of Lysiphlebia mirzai (Hymenoptera: Aphidiidae), a parasitoid of *Toxoptera citricida* (Homoptera: Aphididae). *Environmental Entomology*, 31(2), 2002. 418-424.

N. B.: *The research was carried out within the Subprogram 011103 Development of ecologically harmless means of reducing the impact of harmful organisms of agricultural crops against the background of climate change, funded by the Ministry of Education and Research.*

Date despre autor:

Corina GLIBICIUC, academiciană și cercetătoare afiliată Institutului de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor din cadrul Universității de Stat din Moldova.
ORCID:.org/0009-0005-6238-2440
E-mail: corina.glibiciuc@sti.usm.md

Tudor NASTAS, cercetător și academician proeminent în științe biologice la Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor din cadrul Universității de Stat din Moldova**.**
ORCID:.org/0000-0002-0322-710X
E-mail: tudor.nastas@sti.usm.md

Prezentat: 16.09.2025