

Cercetări asupra comportamentului kairomonal și sinomonal în relația tritrofică: *Zea mays* L. (Gramineae) - *Ostrinia nubilalis* HBN. (Lepidoptera: Crambidae) și *Lydella thompsoni* HERT. (Diptera: Tachinidae)

Gheorghe STAN, Corina DÎRGEAN, Călin URUCI, Bogdan COLARESCU, Gabriel HERLO, Laura REDIȘ, Alexandru CRIŞAN,
Ioan OPREAN

Summary

Researches on kairomonal and synomonal behaviors within a three-trophic relationship among *Zea mays* L. (Gramineae), *Ostrinia nubilalis* HBN. (Lepidoptera: Crambidae) and *Lydella thompsoni* HERT. (Diptera: Tachinidae)

The three trophic (tritrophic) interactions among *Zea mays* L. (Gramineae), *Ostrinia nubilalis* HBN. (Lepidoptera: Crambidae) and *Lydella thompsoni* HERT. (Diptera: Tachinidae) were analysed in laboratory conditions through a different types of airflow olfactometers. The bioassays showed that larvae of *O. nubilalis* were attracted by *Z. mays* plant or leaf extracts and *L. thompsoni* females responded to volatiles from *O. nubilalis* larvae. These behaviors suggesting that there is an active interaction between host plant and herbivore and between parasitoid and their phytophagous host and these relations are mediated by kairomones. A locomotory activity and response behavior of *L. thompsoni* females was observed in the presence of both, plant volatiles from young and mature leaves and leaf extract. This behavior suggested the presence of synomones, but the host-plant complex elicited the highest number of visits of *L. thompsoni* females. The response pattern of the parasitoid was characterized by the following sequences: flight initiation, upwind anemotaxis flight (klinochinetic and orthokinetic persistent movements), casting, landing and oviposition movements. The results suggest that *Z. mays* volatiles have a real potential for use in increasing parasitism of *O. nubilalis* by *L. thompsoni*. The rearing of the *O. nubilalis* in laboratory doesn't modify the response behavior of *L. thompsoni*. The olfactometric bioassay of *L. thompsoni* mated females evidenced a response to synthetic sex pheromone (Z11-14:Ac + E11-14:Ac + 14:Ac; 97:3:10; 60 µg) especially, but the pres-

ence of plant volatiles had a synergic effect. The response behavior of parasitoid to volatiles of the other plants that the host doesn't feed suggests the presence of antimone and their role in tritrophic complex is discussed. The adaptative value of semiochemicals (kairomones and synomones or other semiochemicals as attractants, arrestants, repellents, deterrents, toxins) for plants and animals coevolution is analyzed, too.

Keywords: kairomones, synomones, insect behavior, coevolution, parasitoids, biotechnology, olfactometric bioassays, plant-host complex, tritrophic, antimones, *Zea mays*, *Ostrinia nubilalis*, *Lydella thompsoni*.

Introducere

Entomofagii = insecte auxiliare (parazitoizii și prădătorii insectelor fitofage) au evoluat în cadrul unui context multitolofic. Ei fac parte din al treilea nivel trofic, iar comportamentul și fiziologia lor sunt deci implicit influențate de elemente ale nivelului trofic secund (insectele fitofage) cât și ale primului nivel trofic (planta gazdă). Interacțiunile complexe dintre fitofagi și planta gazdă, de o parte, și între fitofagi și entomofagi, pe de altă parte, pot fi înțelese numai în cadrul acestui complex tritrophic (PRICE et al. 1980; VET & DICKE 1992).

Problematica complexă a controlului și combaterii dăunătorilor este astăzi pe plan mondial una din cele mai importante acțiuni, cu semnificații mari atât pentru cercetarea fundamentală, cât mai ales pentru domeniul aplicativ, având implicații directe în protecția mediului, sănătatea omului și a animalelor sau obținerea de produse agro-alimentare nepoluate. Există o gamă largă de dăunători, dar în cadrul lor insectele rămân cu semnificație aparte. Ele au cea mai mare biodiversitate în cadrul celor 5 regnuri ale viului însă marele avantaj este că doar 0, 1% sunt dăunătoare (acestea însă produc anual în lume daune agriculturii, silviculturii, pomiculturii și legumiculturii de 30-40 miliarde dolari).

Conceptul de combatere propriu-zisă în cadrul acestui grup, **Combaterea Insectelor Dăunătoare** (Insect Pest Control), este astăzi efectiv exclus din vorbirea curentă a specialiștilor, deoarece în concepțiile moderne dăunătorii constituie și ei verigi importante în lanțurile trofice și în rețelele trofice, fapt pentru care biologii trebuie să-i accepte ca și pe speciile folositoare sau indiferente. În literatura de specialitate a ultimilor ani cercetările biologice se înscriu pe linia conceptului **efarmoniei** (WILMANNS 1999), paralel cu introducerea biotehnologiilor de monitorizare, management și control a ecosistemelor și biocenozelor, pe linia noilor concepte. A apărut astfel o terminologie nouă, cum ar fi: **Management Integrat al Dăunătorilor** (Integrated Pest Management - IPM) (BRAR & KHUSH 1993; BERRY 2000), **Management Inteligent al Plantelor** (Intelligent Plant Management - INPM) (COBB 1997),

Managementul integrat al Culturilor (Integrated Crop Management - ICM) (BERRY 2000; MATTHEWS & THOMAS 2000;) sau **Management Ecologic al Dăunătorilor** (Ecological Pest Management - EPM) (TSHERNYSHEV 1995; NOVOTNY & TURCANI 1997).

Se înțelege evident că sunt necesare noi modalități de intervenție, cu introducerea metodelor și procedeeelor biologice și biotehnice, paralel cu diminuarea până la eliminare a tratamentelor cu pesticide și înlocuirea lor cu biopesticide (BIGLER 1997; HAMMER 1997; MOELCK et al. 2000). Există concepția unanim acceptată între specialiști că nu aspectele tehnice sunt importante ci gradul de pregătire al biologilor care trebuie să cunoască biologia, ecologia și comportamentul speciilor țintă, implicit corelat cu modelarea matematică (BOEWE & WEISS 1997), iar conceptele de control sau combatere să fie asociate cu cel al reconstrucției ecologice și dezvoltării durabile (PALMER et al. 1997). Un alt aspect deosebit de important în domeniu este utilizarea metodelor moderne de cercetare, uniformizarea relativă a metodelor și tehnologiilor și procesarea pe calculator (SHIN & MOK 2000; NOLDUS et al. 2001).

O gamă mai largă de cercetări au avut în vedere posibilitatea folosirii **mediatorilor chimici** (semiochemicals = ectohormoni = sociohormoni = ecohormoni = telergoni), între care feromonii, kairomonii, sinomonii și alomonii sunt cei mai importanți, ca modalitate de utilizare în monitorizarea, managementul sau combaterea speciei *Ostrinia nubilalis* (sfredelitorul porumbului). Cercetările au urmărit punerea la punct a unor biotecnologii prin utilizarea eficientă a **biopesticidelor**. În această categorie intră: substanțe active (extracte de plante, compuși chimici izolați din anumite plante), microorganisme (virusuri, bacterii, micoplasme, fungi) și macroorganisme entomopatogene (protozoare, nematode, acarieni, insecte auxiliare = entomofagi – prădători sau paraziți).

Lucrarea prezintă rezultatele unui studiu preliminar privind experimentarea și evidențierea în condiții de laborator a relațiilor interspecifice, coordonate de mediatori chimici (kairomoni și sinomoni), existente în cadrul complexului tritrophic *Zea mays* – *Ostrinia nubilalis* – *Lydella thompsoni*.

Material și metodă

Material biologic. Pentru acest gen de investigații s-au folosit două populații de larve de *O. nubilalis*: provenite din linii de creștere pe dietă artificială în laborator (CRIȘAN et al. 1990) și aduse direct din câmp (extrase din tulpini de porumb, ardei). Pentru studiul nivelului de parazitare și procurația populației de *L. thompsoni* toamna, după recoltarea porumbului, bucăți de tulpini infestate cu *O. nubilalis* (prezența atacului a fost evidențiată prin orificiile de intrare ale larvelor din vecinătatea nodurilor) au fost aduse în laborator și menținute în condițiile de creștere ale speciei *O. nubilalis* (CRIȘAN et al. 1990; CRIȘAN & STAN 1995). În laborator s-au folosit două sușe provenite din populații naturale din zonele Oravița și Arad (Macea). Din pupele extrase

din tulpinile de porumb s-a urmărit comportamentul de emergență al adulților, respectiv al parazitoizilor la care s-a notat specia și s-a estimat procentul de parazitare. Adulții de *L. thompsoni* s-au sexat și s-au menținut separat pe sexe și separat de cabinetul termostataț al speciei *O. nubilalis*, dar în aceleași condiții de creștere (temperatura: $24 \pm 1^{\circ}\text{C}$; 17:7 ore lumină: întuneric; UR $\geq 70\%$; intensitatea luminii în SF $> 800 \text{ lx}$, iar în FF = 0, 3-20 lx.). Femele de 0-2 zile au fost folosite în testările olfactometrice. O parte din adulți au constituit sursa de material biologic pentru împerechere, în vedere studiului biologiei, comportamentului, aclimatizării și creșterii speciei în condiții de laborator.

Biotestările olfactometrice. Evidențierea modelelor comportamentale kairomonal și sinomonal s-a făcut cu ajutorul unor modele diferite de olfactometre (Fig. 1). S-au investigat următoarele aspecte: (1) - răspunsul larvelor și adulților de *O. nubilalis* la frunze, tulpini și extract de frunze de porumb; (2) – răspunsul femelelor de *L. thompsoni* la mediatori chimici eliberați de larvele de *O. nubilalis* în prezența și absența plantei gazdă; (3) – evidențierea unui posibil efect kairomonal al feromonului sexual al speciei *O. nubilalis*; (4) - răspunsul femelelor de *L. thompsoni* în prezența frunzelor sau extractelor de frunză de porumb. Testările au fost efectuate diferențiat, în scotofază (SF) sau în fotofază (FF) în funcție de experiment. S-au folosit serii de 5-10 larve sau adulți/experiment, iar fiecare serie a fost replicată de 7-10 ori.

a. Comportamentul de răspuns al larvelor la mediatori eliberați de planta gazdă a fost interpretat prin metoda preferință – nonpreferință (alegere – respingere) caracterizat de următoarele secvențe comportamentale: **preferință** (orientare-deplasare spre sursă, staționare lângă sursă, consum), **nonpreferință** (\pm orientare-deplasare spre sursă, tatonare, evitare, îndepărțare). În funcție de experiment, în situația în care nu a existat o sursă de hrănă comportamentul s-a apreciat după „alegerea finală” (VET et al. 1983; NOLDUS & LENTEREN 1985). Testările s-au făcut cu un model original de olfactometru cu cuști (Fig. 1, C) la care s-au atașat 3 dispozitive (a, b, c), ca platformă de observare pentru larve. În principiu este vorba de sistemul de preferință – nonpreferință 1 din 2 sau 1 din 4. Frecvent s-a folosit prima variantă.

S-a folosit extract apos și extract în clorură de metilen, aplicat prin spray-ere pe frunze de porumb sau pe hârtie de filtru.

b. Comportamentul de răspuns al femelelor de *O. nubilalis*, virgine și împerecheate, la mediatori chimici eliberați de planta gazdă și extract de plantă s-a analizat prin biotestare cu ajutorul modelelor utilizate în studiul comportamentului feromonal și sinomonal (Fig. 1; A, B, D, E).

c. Comportamentul de răspuns al femelelor de *L. thompsoni* la mediatori chimici eliberați de larvele de *O. nubilalis* în prezența și absența plantei gazdă și a altor variante experimentale (ex. feromon sexual natural și sintetic) s-a studiat în cuștile speciale, olfactometrul cu cuști și cel tubular (Fig. 1; A, B, D, E). Răspunsul a fost caracterizat de următoarele secvențe: **inițierea zborului, deplasare chemo-anemotactică spre sursă, aterizare lângă sursă, tatonarea sursei, comportament de ovipozitare.** În testări olfactometrice

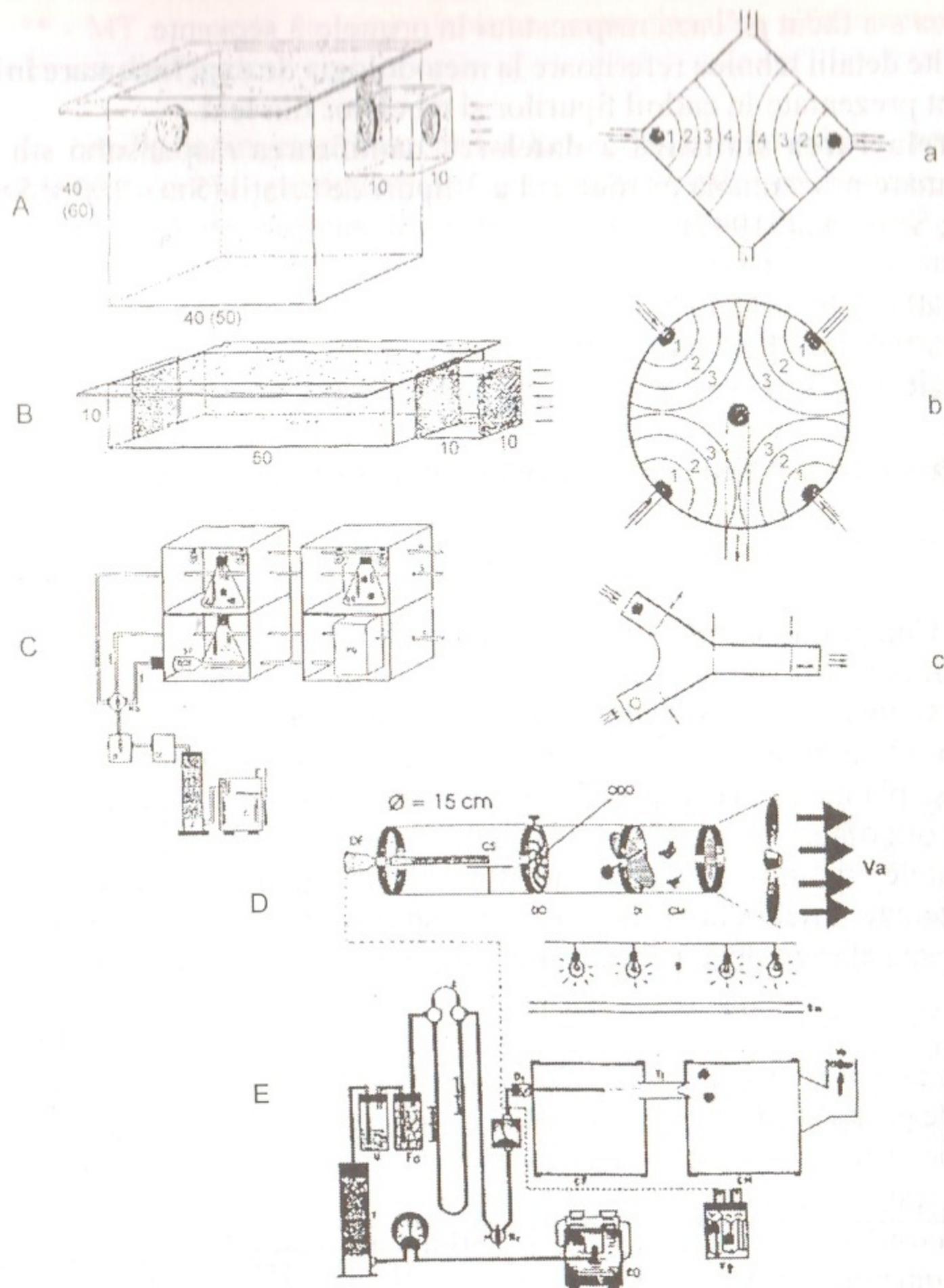


Fig. 1. Modelele de olfactometre folosite în studiul comportamentului kairomonal și sinomonal în relația tritropfică dintre *Zea mays*, *Ostrinia nubilalis* și *Lydella thompsoni*. **A, B** – modele de cuști din Stiplex™ cu delimitări din plasă de sârmă utilizate în studiul reacției de răspuns a adulților de *O. nubilalis* la stimuli de la planta gazdă și la femelele de *L. thompsoni* în reacția de răspuns la larvele de *O. nubilalis* și la fromonul sexual natural și sintetic; **C** – olfactometru cu cuști, cu posibilități multiple de combinare a diferiților stimuli, utilizat în studiul reacției de răspuns a larvelor de *O. nubilalis* la diferiți stimuli; **a, b, c** – 3 modele de platforme de observare a comportamentului larvelor de *O. nubilalis*; **D** – olfactometru tubular; **E** – olfactometru cu cuști (detalii explicative în STAN 1995, 1996).

aprecierea s-a făcut pe baza răspunsului în primele 3 secvențe.

Alte detalii tehnice referitoare la metodologia de experimentare în laborator sunt prezentate în cadrul figurilor și tabelelor din text.

Prelucrarea statistică a datelor. Cuantificarea răspunsului s-a făcut prin estimare procentuală cu ajutorul a 3 tipuri de relații (STAN 1995; STAN et al. 1996; STAN et al. 1997):

$$\%R = [(N_c - N_t) / N_c] \times 100 \quad (1)$$

$$\%R = 100 - [(n_x / N_v) \times 100] \quad (2)$$

$$\%R = (n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_x) / N \quad (3)$$

Semnificația a fost analizată cu ajutorul D'sNMRT și „t”-test.

Rezultate

1. Comportamentul de răspuns al larvelor de *Ostrinia nubilalis* la mediatori chimici eliberați de planta gazdă – *Zea mays*. Rezultatele au evidențiat acțiunea fagoattractantă și stimulatoare a plantei gazdă (*Zea mays*) față de larvele de *O. nubilalis* fapt ce sugerează o relație de coevoluție între insecta fitofagă și planta gazdă, aspect în general tipic mai ales în cazul speciilor mono- și oligofage.

Datele obținute în diferite variante de testare pentru larve de vârstă 0-1 sunt prezentate în Tabelul 1. Se observă răspunsul ridicat la frunze și tulpini macerate sau atacate deja, precum și un răspuns bun la extractul alcoolic.

Tabelul 1
Comportamentul de răspuns al larvelor de *Ostrinia nubilalis* la mediatori chimici eliberați de planta gazdă și extract alcoolic din planta gazdă – *Zea mays*, în diferite variante de experimentare prin testare olfactometrică (larve tinere după eclozare; 10 larve / test; 10 repetiții).

Mod de aprecierea comportamentului	MT**	Stimul atractant (%R)*					
		I	II	III	IV	V	VI
Preferință	Ca	74, 2 ⁿ	81, 6 ^o	66, 6 ⁿ	87, 2 ^{op}	85, 3 ^{op}	83, 4 ^o
	Cb	58, 2 ^{mnr}	56, 8 ^{mr} _b	62, 3 ^{mn} _b	75, 2 ^a _b	84, 5 ^a _p	79, 2 ^a _{op}
	Cc	91, 2 ^{mo} _c	88, 1 ^s _c	69, 6 ⁿ _c	78, 6 ^p _b	97, 1 ^r _c	92, 8 ^{mo} _b

*- Aceeași literă (pe intervalul a-h) indică diferențe nesemnificative între cele 3 modele de olfactometru în cadrul aceleiași secvențe comportamentale; aceeași literă (pe intervalul m-s) indică diferențe nesemnificative, pentru același tip de olfactometru, dar în funcție de natura stimulului; D'sNMRT (P=0, 05); pentru fiecare secvență comportamentală martorul în testare a fost sursa de aer de aceeași intensitate dar fără nici un stimul;

I – frunză întreagă; II – frunză macerată; III – tulpină neatacată; IV – tulpină atacată; V – extract în clorură de metilen aplicat pe frunză; VI – extract în clorură de metilen aplicat pe hârtie de filtru.

** - MT = metoda de testare; notarea convențională a olfactometrelor corespunde cu cea din Fig. 1;

In condițiile în care s-au testat larve de diferite vîrste, rezultatele au evidențiat unele particularități comportamentale interesante, reacția comportamentală de răspuns fiind asociată cu forma de atac și dăunare. Aparent nu au existat diferențe semnificative privind răspunsul în funcție de vîrstă larvelor (Tabelul 2), dar orientarea chemo-anemotactică a fost mult mai pronunțată la larvele tinere decât la cele mature. Pentru larvele proaspăt eclozate comportamentul de orientare a fost dominant aleator, dar odată detectată sursa atractantă reacția de tatonare a fost mai accentuată decât la larvele mature. Fenomenul trebuie asociat cu importanța hranei pentru creștere și supraviețuire, rezultat tot al coevoluției. Diminuarea treptată a răspunsului la vîrstele adulte poate fi asociată cu modificările fiziologice asociate cu împuparea.

Tabelul 2

Testarea olfactometrică a comportamentului de răspuns la mediatori chimici eliberați de planta gazdă – *Zea mays*, în funcție de vîrstă larvelor, la *Ostrinia nubilalis*. (10 larve / test; 10 repetiții).

Mod de aprecierea comportamentului	MT**	Vîrstă larvelor (%R)*					
		0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6
Preferință	Ca	77, 4 ^m	89, 2 ^{np}	91, 5 ^{np}	88, 8 ^{npr}	87, 2 ^{nr}	44, 5 ^o
	Cc	87, 9 ^{a_m}	96, 8 ^{a_{pr}}	94, 2 ^{a_{npr}}	93, 5 ^{b_{npr}}	90, 4 ^{a_n}	53, 5 ^{a_b}

* - Aceeași literă (pe intervalul a-h) indică diferențe nesemnificative între cele 2 modele de olfactometru în cadrul aceleiași vîrste; aceeași cifră (pe intervalul m-s) indică diferențe nesemnificative, pentru același tip de olfactometru, dar în funcție de vîrstă larvelor; D'sNMRT ($P=0, 05$ și $P=0, 01$); pentru fiecare secvență comportamentală martorul în testare a fost sursa de aer de aceeași intensitate dar fără nici un stimул;

** - MT = metoda de testare; notarea convențională a olfactometrelor corespunde cu cea din Fig. 1;

De asemenea, au existat diferențe și în funcție de sursa din care a provocat materialul biologic (Tabelul 3). Este evident faptul că perturbarea comportamentului, fie prin extragere din tulpini fie din mediul artificial, a modificat răspunsul, iar reacția larvelor din vîrstele înaintate a fost caracterizată în primele momente de un comportament de evitare a luminii. Modelul comportamental de la *O. nubilalis*, cu atac în interiorul plantei, se deosebește de cel al speciilor cu formă de atac la suprafață. Chiar dacă și în cel de-al doilea caz larvele de vîrstă înaintată devin fotofobe, în testările olfactometriche similare în condiții de laborator la *Mamestra brassicae*, diferențele au fost tot dominant nesemnificative raportat la vîrstă larvelor (STAN et al. 1996). Se poate sugera existența unei relații de tip adaptativ sau chiar de tip coevoluție

și între *Mamestra brassicae* și *Brassica oleracea*, chiar dacă această specie este polifagă.

Tabelul 3

Comportamentul de răspuns (preferința) al larvelor de *O. nubilalis* la mediatori chimici eliberați de planta gazdă – *Zea mays*, în diferite variante experimentale, corelat cu sursa de proveniență a larvelor (10 larve/test; larve de vârstă 1-2 și 3-5; 10 repetiții; testare cu olfactometrul Ce*).

Sursa atractivă	Proveniență și vârstă larvelor (preferință; %R)**			
	Mediu artificial		De pe frunze; din tulipini	
	V1-2	V3-5	V1-2	V3-5
Frunză porumb (macerată)	76, 1 ^m _a	72, 2 ^m _a	94, 3 ⁿ _a	96, 2 ⁿ _a
Extract apos	84, 3 ^m	60, 1 ⁿ	92, 7 ^o	94, 3 ^o
Extract (în clorură de metilen)	79, 8 ^{ab} _m	58, 6 ^b _n	88, 6 ^a _o	94, 7 ^a _p

* - notarea convențională a olfactometrului corespunde cu cea din Fig. 1;

** - Aceeași literă (pe intervalul **a-h**) indică diferențe nesemnificative între sursele atractive, în cadrul aceleiași vîrste; aceeași cifră (pe intervalul **m-s**) indică diferențe nesemnificative, pentru aceeași sursă atractantă, indiferent de proveniența sau vârstă larvelor; „t”-test ($P=0,05$); pentru fiecare secvență comportamentală maritorul în testare a fost sursa de aer de aceeași intensitate dar fără nici un stimул.

2. Comportamentul de răspuns al femelelor de *Ostrinia nubilalis*, virgine și împerecheate, la mediatori chimici eliberați de planta gazdă și extract de *Zea mays*. Datele obținute sunt prezentate în Tabelul 4.

Tabelul 4

Testarea olfactometrică a răspunsului femelelor (virgine și împerecheate) de *Ostrinia nubilalis* la acțiunea mediatorilor chimici eliberați de planta gazdă *Zea mays* (testări cu olfactometrul D*; 10-12 femele mature sexual/test; 8-10 repetiții)

Sursa atractantă***	Statutul reproductiv al femelelor de <i>O. nubilalis</i> (%R)**		
	Femele virgine	Femele împerecheate	
		Înainte de ovipozitare	După ovipozitare
Frunze tinere întregi	16, 4 ^m _a	44, 4 ⁿ _c	48, 8 ⁿ _a
Frunze tinere macerate	22, 2 ^m _e	58, 5 ⁿ _d	44, 1 ^o _a
Frunze adulte întregi	44, 2 ^m _b	86, 3 ⁿ _b	81, 0 ^o _{bd}
Frunze mature macerate	41, 0 ^m _{bd}	92, 8 ⁿ _a	84, 6 ^o _{cd}
Extract apos fr. mature	39, 8 ^m _d	94, 3 ⁿ _a	83, 2 ^o _{bd}
Extract în clorură de metilen (fr. mature)	47, 2 ^m _{bd}	96, 7 ⁿ _a	79, 8 ^o _{bc}

* - notarea convențională a olfactometrului corespunde cu cea din Fig. 1;

** - Aceeași literă (pe intervalul **a-h**) indică diferențe nesemnificative între

sursele atractive, în cadrul aceleiași categorii de femele; aceeași cifră (pe intervalul m-s) indică diferențe nesemnificative, pentru aceeași sursă atractantă, indiferent de statutul reproductiv al femelelor; D'sNMRT; (P=0, 05); pentru fiecare secvență comportamentală martorul în testare a fost sursa de aer de aceeași intensitate dar fără nici un stimул;

*** - frunzele tinere au provenit de la plantule de 10-15 cm; frunzele mature semnifică planta de porumb în fenofaza premergătoare legării.

In toate variantele experimentale femelele virgine au prezentat un %R semnificativ mai mic decât cele împerecheate. De asemenea, cu excepția primelor două variante, au existat diferențe semnificative în cadrul grupului femelelor împerecheate; pentru cele care au ovipozitat deja (chiar și parțialrăspunsul a fost semnificativ mai mic față de cele care nu au depus pontă. Rezultatele sunt în concordanță cu observațiile din natură referitoare la modelul comportamental al speciei. Astfel, înainte de acoplare se realizează o agregare a adulților în ecosisteme sau habitate învecinate cu culturile de porumb și unde, ca urmare a chemării și cărării, are loc acoplarea. După aceea femelele se orientează spre planta gazdă unde are loc ovipozitarea. Un model similar al comportamentului are lor și la *Mamestra brassicae* (STAN et al. 1987; STAN et al. 1994). După ovipozitare un răspuns mai mare s-a remarcat în teste în care au fost femele care au mai prezentat încă suficient de multe ouă în bursa copulatoare (CHIŞ & STAN date nepubl.).

Pe de altă parte s-a constatat că frunzele tinere nu sunt atractive pentru femelele de *O. nubilalis*. Testările fiind efectuate pe organe de plantă sau extracte obținute din plante de talie relativ mare. În acest fel s-a înregistrat o reacție de răspuns probabil datorită faptului că în această fază de dezvoltare a plantei gazdă s-a diminuat acțiunea unor mediatori chimici inhibitori, determinați sau mai ales toxică, cu rol protectiv al plantelor tinere (VISSER 1986). O discriminare precisă la nivelul tuturor fenofazelor poate evidenția momentul în care planta devine vulnerabilă atacului fitofagilor. Cercetări similare au fost efectuate de noi și la *Mamestra brassicae* (STAN et al. 1987).

Procentul mare al răspunsului femelelor împerecheate dar care nu au depus pontă, la acțiunea unor mediatori chimici eliberați de planta gazdă preferențială, sugerează de asemenea o realție strânsă, de tip coevolutiv. Aspectul acesta a fost și mai evident în condițiile în care s-a comparat răspunsul femelelor acuplate în condițiile în care au provenit din două sușe (Tabelul 5). Datele sugerează o diminuare progresivă a răspunsului asociat cu creșterea speciei în laborator pe dietă artificială, în generații succesive. Este posibil ca fenomenele de aclimatizare și selecția artificială să influențeze modelul comportamental, mai ales că în dieta artificială nu au existat fagoatractanți.

Tabelul 5

Răspunsul comportamental al femelelor împerecheate de *O. nubilalis* (fără pontă depusă) la acțiunea mediatorilor chimici eliberați de planta gazdă *Zea mays*, în diferite variante experimentale, în funcție de sușa din care au provenit (%R apreciat numai prin secvențele de orientare și aterizare lângă sursă; testări cu olfactometrul D*; 10 femele mature sexual/test; 6-8 repetiții)

Sursa atractantă	Sușa de proveniență a femelelor de <i>O. nubilalis</i> și %R*		
	Populația din câmp (G ₀)**	Populația din laborator***	
		G ₁	G ₉
Frunze adulte întregi	79, 8 ^m _a	82, 8 ^m _a	41, 5 ⁿ _{ad}
Frunze mature macerate	94, 4 ^m _{bc}	86, 4 ⁿ _{ab}	54, 2 ^o _b
Extract apos fr. mature	91, 4 ^m _c	87, 7 ⁿ _b	64, 2 ^o _c
Extract în clorură de metilen (fr. mature)	96, 3 ^m _b	84, 9 ⁿ _{ab}	78, 4 ^o _d

* - Aceeași literă (pe intervalul a-h) indică diferențe nesemnificative între sursele atractive, în cadrul aceleiași populații de femele; aceeași cifră (pe intervalul m-s) indică diferențe nesemnificative, pentru aceeași sursă atractantă, indiferent de sușa din care au provenit femelele testate; "t"-test; (P=0, 05); pentru fiecare secvență comportamentală martorul în testare a fost sursa de aer pur (fără stimuli);

** - originea femelelor se află în materialul biologic (pupe) obținute din tulpinile de porumb la recoltare; emergența a avut loc în laborator iar apoi adulții au fost puși la împerecheat în vase de experiență;

*** - femelele populației din laborator au provenit din creșterea speciei pe dietă artificială (CRIȘAN et al. 1990).

3. Răspunsul femelelor de *L. thompsoni* la mediatori chimici eliberați de larvele de *O. nubilalis* în prezență și absență plantei gazdă.

Studiul comportamentului femelelor de *L. thompsoni* față de mediatori chimici eliberați de insecta fitofagă gazdă (larvele de *O. nubilalis*) a evidențiat un comportament kairomonal, dar reacția de răspuns a fost aparent mai pronunțată în prezența plantei gazdă (Tabelul 6). Reacția comportamentală a femelelor de *L. thompsoni* a depins de asemenea de statutul lor reproductiv: femelele împerecheate au prezentat un comportament de căutare mult mai activ decât cele virgine. Reacția comportamentală a femelelor în prezența larvelor a fost intensă și caracterizată de cele 5 elemente comportamentale tipice: inițierea zborului, deplasare chemo-anemotactică spre sursă, aterizare lângă sursă, tatonarea sursei, comportament de ovipozitare. Comportamentul a fost evident față de larvele mature și a crescut în intensitate în varianta în care pe lângă acestea a fost prezentă și planta gazdă, dar diferențele au fost nesemnificative. Mai mult, în prezența larvelor și a extractului de plantă răspunsul a fost mai slab. Datele indică un comportament kairomonal evident dar cel sinomonal se pare a avea o semnificație mai redusă la această specie

care parazitează și alte specii de lepidptere. Procentajul relativ mai redus al răspunsului poate fi asociat și cu faptul că *L. thompsoni* nu este cunoscut ca un prădător cu specificitate mare pentru *O. nubilalis*. Rămâne de stabilit în continuare dacă relația aceasta mediată de kairomoni este una adaptativă sau este vorba de coevoluție. În condiții naturale în zonele din S-V țării (Oravița și Arad), principalele specii parazitoide pentru *O. nubilalis* au aparținut familiilor Braconidae, Trichogrammatidae (Hymenoptera) și abia apoi familiei Tachinidae (Diptera) (PERJU & STAN date nepubl.). Datele se aseamănă parțial cu cele semnalate în Italia (MAINI & BURGIO 1990).

Tabelul 6

Evidențierea comportamentului kairomonal în cadrul relației dintre femelele de *Lydella thompsoni* și larvele de *Ostrinia nubilalis*. Testări olfactometrice în condiții de laborator (%R apreciat numai prin secvențele de orientare și aterizare lângă sursă); 5 femele/test; 8-10 repetiții; testări efectuate cu olfactometrul tip D*.

Varianta de stimul atractant (<i>O. nubilalis</i>)***	Sușa și statutul reproductiv al femelelor de <i>Lydella thompsoni</i> (%R)**	
	Virgine	Imperecheate
Larve (V_{0-1})	8, 7 ^m _a	12, 4 ⁿ _a
Larve (V_{2-3})	47, 2 ^m _b	50, 2 ^m _b
Larve (V_{4-5})	59, 8 ^m _{cd}	88, 9 ⁿ _c
Larve (V_{4-5}) + frunză de plantă gazdă	62, 2 ^m _c	86, 4 ⁿ _c
Larve (V_{4-5}) + extract apos de frunză	56, 4 ^m _d	86, 5 ⁿ _c

* - notarea convențională a modelului de olfactometru corespunde cu cea din Fig. 1;

** - Aceeași literă (pe intervalul a-h) indică diferențe nesemnificative între variantele de stimul atractant, în cadrul populației cu același statut reproductiv; aceeași cifră (pe intervalul m-s) indică diferențe nesemnificative, pentru aceeași sursă atractantă, indiferent de statutul reproductiv al femelelor de *L. thompsoni*; D'sNMRT; (P=0, 05); pentru fiecare secvență comportamentală martorul în testare a fost sursa de aer pur (fără stimuli);

*** - V_{0-5} = vîrstă larvelor.

4. Cercetări preliminare privind posibilul efect kairomonal al feromonului sexual al speciei *O. nubilalis*. Datele obținute sunt prezentate în Tabelul 7. Rezultatele preliminare ale acestui studiu nu evidențiază un efect kairomonal clar al feromonului sexual deși atraktivitatea au manifestat atât femelele virgine cât și cele împerecheate, mai ales față de feromonul sexual sintetic.

Răspunsul semnificativ mai mare, pentru femelele împerecheate, în prezența larvelor sau plantei gazdă sugerează rolul mai mare al mediatorilor din aceste surse în modelarea comportamentului kairomonal.

Studiile din câmp, în biotopurile învecinate culturilor cu planta gazdă, acolo unde are loc reproducerea speciei *O. nubilalis* nu au semnalat și prezența adulților de *L. thompsoni*. De asemenea, cercetări anterioare efectuate în condiții de câmp, cu privire la atraktivitatea și specificitatea feromonului sexual, au evidențiat că numărul cel mai mic de masculi capturați în capcane a fost înregistrat în interiorul culturii și a crescut progresiv spre marginea culturii cu planta gazdă. În schimb, cercetările noastre privind atacul larvar și evoluția procentului de parazitare nu au pus în evidență diferențe semnificative. Si la *Trichogramma maidis* diferențele au fost nesemnificative dar au existat variații importante ale nivelului de parazitare pentru o aceeași specie, pe durata a 3 ani consecutiv (PERJU et al. date nepubl.).

Datele obținute sugerează existența unor relații mediate de kairomoni între populația insectei fitofage și populațiile de parazitoizi, dar feromonul sexual pare a fi mai puțin implicat în aceste interrelații, mai ales că secvențele de chemare și curtare nu implică la *O. nubilalis* și prezența plantei gazdă. Răspunsul mai mare în variantele în care a fost prezentă larva și planta gazdă sugerează rolul mai mare al kairomonilor tipici și a sinomonilor în cadrul relațiilor interspecifice, iar comportamentul indus a fost mai evident la femelele împerecheate. În acest caz s-a putut stabili o relație adaptativă sau de coevoluție, parazitarea având loc numai în cultura cu planta gazdă.

Tabelul 7

Testări olfactometrice preliminare pentru evidențierea unui posibil efect kairomonal al feromonului sexual al speciei *Ostrinia nubilalis*. %R a fost apreciat numai prin secvența de orientare și aterizare lângă sursă; 4-5 femele/test; 5-7 repetiții; modelul E* de olfactometru.

Varianta de feromon**	Statutul reproductiv al femelelor de <i>L. thompsoni</i> (%R)***	
	Femele virgine	Femele împerecheate
FSN	NS	21, 2 _a
ECFS	19, 4 _a ^m	17, 7 _a ^m
FSS	29, 6 _b ^m	19, 5 _a ⁿ
FSS + larvă	32, 1 _b ^m	71, 8 _c ⁿ
FSS + frunză pl. gazdă	22, 4 _a ^m	78, 9 _d ⁿ
FSS + larvă + frunză	44, 5 _c ^m	74, 2 _c ⁿ

* - notarea convențională a modelului de olfactometru corespunde cu cea din Fig. 1;

** - FSN = feromon sexual natural (femele virgine); 3 femele în chemare/vas; ECFS = extract crud de feromon sexual (3EF); FSS = feromon sexual sintetic (s-a folosit varianta evidențiată cea mai atractivă și specifică în condiții de laborator și câmp: Z11-14:Ac + E11-14:Ac + 14:Ac; 97:3:10; 60 ug)(CRIȘAN et al. 1995);

*** - Aceeași literă (pe intervalul **a-h**) indică diferențe nesemnificative între

variantele de feromon, în cadrul populației cu același statut reproductiv; aceeași cifră (pe intervalul m-s) indică diferențe nesemnificate, pentru aceeași variantă de feromon sexual, indiferent de statutul reproductiv al femelelor de *L. thompsoni*; D'sNMRT; (P=0, 05); pentru fiecare secvență comportamentală martorul în testare a fost sursa de aer pur (fără stimuli); NS = răspuns nesemnificativ.

5. Răspunsul femelelor de *L. thompsoni* la mediatori chimici eliberați de planta gazdă (*Zea mays*) a speciei *O. nubilalis*. Rezultatele obținute sugerează existența unui comportament sinomonal (Tabelul 8) deși, deocamdată, s-a testat un număr mic de adulți. Ca și în cazul modelului comportamental indus la larve, frunzele tinere de porumb nu au fost atractive nici pentru adulții de *L. thompsoni*. Pe de altă parte, femelele împerecheate au fost semnificativ mai atrase de planta gazdă. Este interesant comportamentul de răspuns al masculilor. Deși în număr semnificativ mai mic (comparativ cu femelele împerecheate) aceștia au manifestat atraktivitate față de substanțele volatile emise de planta gazdă. Modelul sugerează că reproducerea parazitoidului este coevolutiv asociată cu planta gazdă sursă de hrană și loc de ovipozitare pentru fitofag. La fel de interesant este modelul comportamental față de alte plante care nu au nici o legătură cu sursa de hrană pentru larvele de *O. nubilalis*. Astfel, pentru urzică, morcov sau pătrunjel sugerăm posibila existență a antimonilor care determină agregarea parazitoidului în habitate protective sau în relație cu agregarea fitofagului în momentul reproducerii.

Discuții

Alături de feromoni, ca mediatori chimici cu acțiune dominant intraspecifică, cercetările în domeniul ecologiei chimice au pus în evidență prezența și importanța mediatorilor chimici cu acțiune interspecifică în declanșarea și coordonarea modelelor comportamentale. **Kairomonii** sunt eliberați de către indivizii unei specii și determină o atarcție a indivizilor altelei specii, dar au valoare adaptativă numai pentru receptor (în cazul experimentului nostru porumbul atrage insecta fitofagă - *Ostrinia*, respectiv, larva de *Ostrinia* atrage femela de *Lydella thompsoni*, iar aceasta va ovipozita pe același gazdă). **Sinomonii** sunt eliberați de către indivizii unei specii și determină o atarcție a indivizilor altelei specii, dar au valoare adaptativă pentru ambii parteneri (varza eliberează mediatori chimici care atrag insecta entomofagă în zona unde va găsi o gazdă pentru ovipozitare, situație în care va proteja și planta gazdă).

Cunoașterea și înțelegerea relațiilor dintre insectele fitofage și plantele gazdă are o importanță deosebită în elaborarea metodelor de protecția culturilor. Pe de altă parte, studiile biochimice efectuate asupra mediatorilor chimici eliberați de către plantele gazdă vor deschide noi posibilități de intervenție eficientă în protecția plantelor de cultură prin punerea la punct a unor noi generații de pesticide. Practic, acest gen de cercetări au vizat în timp două

mari direcții de investigare: (1) - problematica protecției plantelor (pornind de la faptul că plantele eliberează mediatori chimici = kairomoni, care atrag insectele fitofage); (2 – cunoașterea sistemelor protective ale plantelor împotriva insectelor (LABEYRIE 1986). Astfel, pe linia celei de-a doua direcții, după 1960 s-au extins și cercetările referitoare la principiile coevoluției plantelor și animalelor, ca relații complexe în interiorul biocenozelor. Corelat cu fenomenul de coevoluție a fost înțeles și fenomenul adaptării (încă abordat de unii ca și coevoluție). Coevoluția dintre plante și animale este simplă: insectele fitofage acționează în cadrul unei populații polimorfice de plante asemănător forțelor selecției. (deci numai plantele care prin mutații au introdus chimicale toxice în conținutul biochimic pot evita insectele fitofage sau alți dăunători). În cazul în care o specie dăunătoare atacă o anumită plantă dar nu se constată nici o reacție de tip feed-back la nivel evolutiv din partea populației de plante se poate vorbi doar de un fenomen de adaptare. În cazurile relației dintre *O. nubilalis* (specie oligofagă) și *Zea mays* este aşadar vorba de coevoluție.

Tabelul 8

Testarea olfactometrică a răspunsului adulților de *Lydella thompsoni* la acțiunea mediatorilor chimici eliberați de planta gazdă *Zea mays* sau plante nespecifice ca și gazdă pentru hrănire sau ovipozitare (testări cu olfactometrul **D**, **E***; 3 femele/test; 3 repetiții)

Sursa atractantă***	Statutul reproductiv al adulților de <i>L. thompsoni</i> (%R)**		
	Femele		Masculi (amestec)
	Virgine	Imperecheate	
Frunze tinere întregi	NS	NS	NS
Frunze tinere macerate	NS	4, 6 _a	NS
Frunze adulte întregi	8, 7 _a ^m	14, 8 _b ⁿ	9, 5 _a ^m
Frunze mature macerate	12, 9 _b ^m	72, 8 _c ⁿ	12, 2 _a ^m
Extract Ap. (fr. mature)	10, 7 _b ^m	54, 2 _{dh} ⁿ	NT
Extract ClMet. (fr. mature)	35, 3 _{ce} ^m	58, 5 _d ⁿ	37, 4 _{de} ^m
Ardei (fruct)	28, 8 _d ^m	68, 8 _c ⁿ	NT
Extract ClMet. (ardei)	37, 9 _c ^m	71, 4 _c ⁿ	NT
Urzică (frunze)	33, 4 _e ^m	66, 7 _e ⁿ	NT
Extract ClMet. (urzică)	31, 1 _f ^m	48, 5 _f ⁿ	NT
Pătrunjel (frunze)	33, 4 _e ^m	62, 7 _g ⁿ	NT
Morcov (frunze)	29, 2 _d ^m	51, 6 _{fh} ⁿ	NT

* - notarea convențională a olfactometrului corespunde cu cea din Fig. 1;

** - Aceeași literă (pe intervalul **a-h**) indică diferențe nesemnificative între sursele atractive, în cadrul aceleiași grupe de adulți; aceeași cifră (pe intervalul **m-s**) indică diferențe nesemnificative, pentru aceeași sursă atractantă, indiferent de

statutul reproductiv și sexul adulților; "t"-test; ($P=0,05$); pentru fiecare secvență comportamentală martorul în testare a fost sursa de aer curat (fără stimuli); NS = nesemnificativ; NT = netestat;

*** - frunzele tinere au provenit de la plantule de 10-15 cm; frunzele mature semnifică planta de porumb în fenofaza premergătoare legării; Extract Ap. = extract apăs; extract ClMet. = extract în clorură de metilen; în ambele variante extractul s-a aplicat pe hârtie de filtru;

In relația tritrofică – porumb – sfredelitor – entomofag, pentru insecta auxiliară s-a studiat comportamentul speciei *Lydella thompsoni*, nivelul de parazitare al acesteia în câmp (S-V României; Banat), pe larvele de *Ostrinia nubilalis*, fiind cuprins între mediile de 14,7% în zona Oravița și 18,2% în zona Arad. Pentru relațiile interspecifice luate în studiu și caracteristice pentru zona de S-V a României *Lydella thompsoni* nu reprezintă un parazitoid specific pentru *Ostrinia nubilalis*, dar densitatea populației locale a fost semnificativ mai mare decât nivelul de parazitare semnalat în zona Cluj (CRIȘAN date nepubl.). Ca și parazitoid larvar la *Ostrinia nubilalis*, *Lydella thompsoni* a fost identificată și pentru populații din SUA, dar procentul a fost doar în jur de 10%, principalul parazitoid fiind *Macrocentrus grandii* cu 17,4% (ONSTAD et al. 1991; LOSEY et al. 1992). Alții entomofagi care au fost identificați, atât pentru populațiile de *Ostrinia* din Banat cât și în Italia, aparțin speciilor *Exorista larvarum* L., *Compsilura concinnata* Mg., *Lydella senilis* MEIG., *Lydella ambulans* ROND. (Diptera: Tachinidae), *Synophorus turionus* (RATZ.), *Eriborus terebrans* (GRAV.) (Hymenoptera: Ichneumonidae), *Habrobracon hebetor* SAY., *Chelonus annulipes* WESTM. (Hymenoptera: Braconidae), *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) (MUREȘAN et al. 1989; MAINI & BURGIO 1990, 1991). Cercetări privind prezența unor entomofagi specifici în reglarea nivelului populațiilor de *Ostrinia nubilalis* s-au făcut și în alte zone (GALICHET 1986; MA et al. 1992).

Cercetări în condiții naturale, asupra acestui complex tritrofic, au fost efectuate în Franța (GALICHET 1986) și Italia (MAINI 1974; MAINI & BURGIO 1990). În SUA, specia indigenă *Ostrinia penitalis* a fost parazitată de *Lydella grisescens* (HSIAO & HOLDAWAY 1966).

Dacă ne referim doar la speciile de lepidoptere larvele se hrănesc pe una sau mai multe specii de plante iar modalitatea în care o anumită plantă este aleasă și preferată este corelată cu fenologia ambelor specii și este în principal rezultatul preferinței pentru ovipozitare a adultului, a preferinței larvei pentru hrănire și a diferitelor nivele de combinație între cele două (WIKLUND 1975).

Implicarea mediatorilor chimici în modelarea comportamentului kairomonal și sinomonal implică 3 secvențe: producerea și eliberarea (de către sursă gazdă sau negazdă), propagarea (transportul; chemo-anemotactic) și perceperea (VISSER 1986; RENWICK 1989). În cadrul comportamentului kairomonal în relația insectă fitofagă – plantă substanțele volatile emise de planta gazdă servesc pentru recunoașterea acesteia în vederea hrănirii și ovipozitării.

Ambele tipuri de relații (plantă – larvă și plantă – adult) sunt caracterizate de relații caracteristice, cu valoare adaptativă. Dacă hrănirea larvelor la speciile de lepidoptere, pe o anumită plantă gazdă, are uneori importanță fundamentală pentru creștere și supraviețuire (ex. la speciile monofage), comportamentul adulților poate fi mai mult sau mai puțin dependent de planta gazdă. Modelul comportamental în acest caz este asociat cu ovipozitarea și poate fi diferit între sexe.

La speciile monofage (dar nu numai aici) prezența plantei gazdă este esențială și în declanșarea și coordonarea secvențelor și fazelor comportamentului de reproducere și feromonal (chemare, curtare, acuplare). Asocierea între planta gazdă și reproducere este remarcabilă în stabilirea modelului comportamental specific (LABEYRIE, 1971). Astfel, în cazul în care o plantă gazdă emite mediatori chimici care atrag ambele sexe, atraktivitatea femelei în cadrul comportamentului feromonal este limitată. Coevoluția va defini modele comportamentale înguste cu semnificație adaptativă slabă. Când sunt atrase numai femelele, feromonul va acționa la distanță, pe spații largi ceea ce permite atragerea unui număr mare de masculi și cu un fond genetic variabil, cu semnificație mare pentru specie. Din acest punct de vedere, *Ostrinia nubilalis* se înscrie în cel de-al doilea model comportamental. În relația de față *O. nubilalis* – *Z. mays* observațiile din câmp au arătat că aceste secvențe au loc în biotopuri sau ecosisteme învecinate cu planta de cultură (CRİŞAN et al. 1995; STAN et al. 1994). Intervin apoi o serie de aspecte asociate și cu modul de hrănire a larvelor și adulților. Pentru unele specii studiile au evidențiat că în cazul în care adulții explorează diferite surse de hrana, mediatorii emisi de planta gazdă sunt atractivi atât pentru femele cât și pentru masculi (VISSER 1986). Se pare că acest aspect nu este general valabil ci este dependent de categoria trofică a speciei și implicit de nivelul relațiilor interspecifice stabilite (adaptare, coevoluție). Astfel, la *M. brassicae* modelul comportamental al celor două sexe după acuplare este diferit (STAN et al. 1987; STAN et al. 1994) și se pare că este numai parțial valabil și în cazul speciei *O. nubilalis*. Astfel s-au capturat și masculi de *O. nubilalis* în capcane cu fenilacetaldehidă (CANTELO & JACOBSON 1979). Fenilacetaldehida este un compus chimic component al porumbului, considerat un atractant cu caracter general (adică nu are o specificitate redusă doar la o singură specie de plantă gazdă). Cercetări efectuate atât în câmp cât și în laborator au evidențiat clar atraktivitatea unor compuși chimici emisi de către plante față de femele care au ovipozitat pe sursa atractivă sau în vecinătatea acesteia. Femelele vîgine și împerecheate cât și masculii virgini de *Heliothis virescens* au fost atrași în biotestările cu tunelul de vînt de mediatori chimici din extractul de flori de *Gossypium hirsutum* (TINGLE & MITCHELL 1992). Tot extractul de bumbac a fost deosebit de atractiv și pentru *Pectinophora gossypiella* SAUNDERS fiind sugerată ideea că în acest caz de monofagie florile constituie și sursă de hrana pentru adulți (WIESENBORN & BAKER, 1990). Asociat cu hrănirea larvelor sau cu ovipozitarea femelelor, mediatorii chimici emisi de planta gazdă joacă rol important și în

modelarea unor tipuri de comportament complementar, cum ar fi aggregarea, dispersia, asocierea (RENWICK 1989).

Efectul sinergic al unui component într-un complex experimental are uneori semnificație aparte. Din datele din Tabelul 8 se poate sugera și un efect sinergic al plantei gazdă în amplificarea sau derularea eficientă a unor secvențe ale reproducerii. Cercetări efectuate cu tunelul de vânt, în condiții de laborator, la specia *Trichoplusia ni* (HUBNER) au evidențiat că femelele neîmperecheate sau masculii au fost atrași mai puternic de către femele dacă a fost prezentă și planta gazdă (bumbacul). Creșterea atraktivității sexuale a femelelor a fost interpretată ca un rezultat al stimulării producerii și eliberării de feromon în prezența plantei gazdă. Pe de altă parte mai mulți masculi au fost atrași atunci când substanțe volatile din frunzele de bumbac au fost eliberate peste femele, decât în cazul în care volatilele eliberate de femele au fost trecute peste frunzele de bumbac, înainte de experimentare în tunel (LANDOLT et al. 1994). Masculii au atras de asemenea femelele deoarece feromonul mascul a cuprins un amestec de linalol și cresol, dar atraktivitatea a sporit în prezența plantei gazdă.

Relațiile dintre insecte și plante se mențin în evoluție prin două procese aparent separate: (1) – adaptarea unei insecte la o plantă sau specii de plante preferențiale (în acest fel se stabilește în timp o relație coevolutivă); (2) – stabilirea unei corelații între planta gazdă preferențială pentru ovipozitare și implicit preferința pentru hrană a larvelor. În primul caz, adaptarea este determinată de o serie de factori biotici, biochimici, ecologici (ex. cerințe biogeografice și de habitat, corelații fenologice interspecifice; necesități fiziologice ca sursă de hrană, abundența plantelor, relații intra- și interspecifice dintre plante, boli, prădători și paraziți, factori climatici și edafici etc). În cazul al doilea, corelația dintre hrana pentru larve și sursa de ovipozitare pentru femele este controlată (după unii autori) doar de un singur factor selectiv (ex. mortalitatea larvelor prin imposibilitate de a accepta planta pe care adultul a ovipozitat, ca o sursă de hrană pentru supraviețuire). Gradul de polifagie al speciilor este variabil iar relația supraviețuire larvară – preferință de ovipozitare poate fi extrem de diversificată. Stabilirea unui model coevolutiv cu o stare de echilibru, prin implicarea celor două componente ale corelației, implică astfel cel puțin 3 situații distințe (WIKLUND 1975).

Indiferent de tipul de relație care se stabilește (plantă – larvă sau adult – plantă) modelele comportamentale sunt deosebit de interesante cu o gamă de variație de la larg-specifice la specificitate extremă, dependent de o serie de factori. În plus, preferința unei insecte fitofage pentru un anumit compus sau amestec de compuși chimici eliberați de planta gazdă poate fi modificată pe două căi; genetic și olfactiv direct. Aceasta poate duce la apariția de noi rase, prin speciație, iar fenomenele adaptative și de coevoluție sunt deosebit de interesante (VISSER 1986). Pe de altă parte, deosebit de interesante sunt modificările induse la nivelul atraktivității, datorită fenomenelor de interferență dintre compuși diferiți emiși în natură în condițiile în care există

o permanentă interacțiune între aceștia ca rezultatul al tipurilor și numărului de culturi. Aceste tipuri complexe de interacțiuni pot duce la derularea unor modele comportamentale diferite, atât în câmp (față de laborator) cât și numai în câmp dar în diferite zone (CROMARTIE 1981; KAREIVA 1983). Cunoașterea precisă a acestor modele comportamentale este esențială în aplicarea metodelor biologice și biotehnice în controlul și combaterea dăunătorilor.

Din cele discutate aici am pus accent pe mediatorii chimici care din punctul de vedere al coevoluției dintre plante și animale, au valoare atractant sau stimulant. Gama acestor mediatori implică prezența și a celorlalte categorii (repelenți, deterenți, toxine) prin care planta se apără într-o anumită fază a dezvoltării sale. Coevoluția asigură însă modalități eficiente de protecție a speciilor fitofage. Producți intermediari sau finali în sinteza acestora constituie precursori în sinteza ulterioară a unor mediatori chimici cu rol esențial în supraviețuirea speciilor și realizarea adaptării și echilibrului coevolutiv.

Comportamentul kairomonal în relația parazitoid (entomofag) – fitofag prezintă o serie de particularități specifice. Cercetările noastre de laborator au evidențiat clar prezența sa în relația dintre *L. thompsoni* și *O. nubilalis*. Nu au mai fost efectuate cercetări similare la acest complex tritrofic, iar comportamentul kairomonal a fost abordat în special în cadrul relației dintre *O. nubilalis* și *Trichogramma maidis*, *T. brassicae* sau alți parazitoizi. Astfel, s-a semnalat că substanțe volatile emise de *O. nubilalis* (stadiul de ou, femelele virgine) au intensificat mobilitatea femelelor de *T. brassicae* (FRENOY et al. 1992). Compuși chimici identificați din oul de *Mamestra brassicae* și *Ostrinia nubilalis* (acizi grași, esteri alcoolici ai acizilor grași, compuși saturati hidrocarbonați: heneicosane, tricosane, pentacosane, heptacosane, nonacosane) au indus o intensificare a comportamentului de orientare împotriva curentului de aer în testarea olfactometrică (RENOU et al. 1992). În relația dintre *O. nubilalis* și *Eriborus terebrans* (Hymenoptera: Ichneumonidae) – parazitoid larvar ca și *L. thompsoni*, în testări olfactometrice efectuate în condiții de laborator, femelele parazitoidului au manifestat un comportament mai intens de orientare către larvele speciei gazdă, în prezența plantei gazdă, exrementelor, secreției orale și cuticulară a larvelor. Se sugerează rolul verdei pe distanță mică și mare (MA et al. 1992).

Dacă relația dintre parazitoid și fitofag (ou sau larvă) este evidentă și pentru alte complexe de specii, studiile au urmărit și rolul altor surse ale fitofagilor în modelarea comportamentului kairomonal. Astfel, la femelele de *Trichogramma evanescens* s-a înregistrat un comportament mai intens de cercetare în prezența frunzelor de varză tratate cu solzi de pe aripile de *Pieris brassicae* și *P. rapae*, în prezența femelelor virgine sau a femelelor de *M. brassicae* în chemare. Totuși, parazitoidul nu a răspuns la Z11-16:Ac, componentul major al feromonului sexual al speciei *M. brassicae* (NOLDUS & LENTEREN 1985). De asemenea, nici Z11-14:Ac, componentul major al feromonului sexual al speciei *O. nubilalis* nu a fost atractiv pentru *Trichogramma brassicae* (RENOU et al. 1992). De altfel și în studiul nostru olfactometric,

reacția de răspuns la varianta cea mai atractivă de feromon sexual sintetic pentru *O. nubilalis* în câmp, a fost de nivel redus.

Cercetări detaliate în complexele tritrofice au lămurit multe aspecte interesante privind rolul mediatorilor chimici în declanșarea și modelarea diferitelor categorii de comportament. Un astfel de model interesant este comportamentul sinomonal. Substanțele volatile emise de către specia gazdă (plantă sau fitofag, față de fitofag, respectiv, parazitoid) determină existența comportamentului kairomonal. Dacă mediatorii chimici emiși de către planta gazdă determină un comportament caracteristic de răspuns din partea paraziozilor sau prădătorilor vorbim de un comportament sinomonal (WHITMAN & ELLER 1990, 1992; TAKABAYASHI et al. 1991). Așa cum am precizat deja, *Lydella thompsoni* nu este cel mai characteristic parazitoid pentru *O. nubilalis*, dar cercetările noastre de laborator au evidențiat un comportament sinomonal clar în relația *L. thompsoni* – *Zea mays*. Un parazitoid larvar specific pentru *O. nubilalis* este *Macrocentrus grandii* (Hymenoptera: Braconidae) iar cercetările din laborator au evidențiat au evidențiat existența unui comportament de răspuns tipic la acțiunea diferitelor substanțe volatile emise de porumb (UDAYAGIRI & JONES 1992). Cunoașterea comportamentului sinomonal are semnificație deosebită din punct de vedere practic deoarece mediatorii chimici emiși de planta gazdă pot avea un rol potențial în creșterea nivelului de parazitare a insectelor fitofage.

Un alt aspect și mai interesant se referă la faptul că plantele care eliberează substanțe volatile care sunt atractive pentru paraziozi sunt în general mai puțin preferate de anumite specii de fitofagi. În plus, cercetări eco-ecologice moderne au semnalat daja faptul că relațiile în complexele tritrofice sunt mult mai complicate implicând și acțiunea chimicalelor repelente, deterente sau toxice, iar unele chimicale intervin chiar în „comunicarea” dintre specile de plante (TURLINGS & TUMLINSON 1991).

Este interesant că și unele specii de plante, în special cele din vecinătatea culturii de porumb unde s-a observat agregarea adulților de *O. nubilalis*, au emis mediatori chimici care au determinat o intensificare a comportamentului de orientare, în special la femelele împerecheate (STAN et al. date nepubl.). De regulă generală, la speciile oligofage și mai ales polifage s-a dovedit că femelele paraziozilor preferă nu numai mediatori chimici emiși de planta gazdă sursă de hrană, dar și de plante care nu sunt sursă de hrană (TAKABAYASHI et al. 1991). Un comportament similar a fost observat de noi în testările olfactometrice din laborator. Dacă reacția față de volatile emise de către ardei poate fi considerată una normală, *O. nubilalis* atacând și această plantă de cultură, reacția pozitivă față de morcov, pătrunjel sau urzică este nespecifică. Aceste plante au fost testate pornind de la observațiile din natură conform cărora, în aceste biotopuri s-a observat a mare agregare a adulților de *O. nubilalis* în perioada de reproducere. Tinând cont de faptul că în cadrul agroecosistemelor habitatele cu planta gazdă sunt temporare este logic ca paraziozii să dispună și de alte zone de agregare, dar probabil cel

mai frecvent situate în vecinătatea habitatelor unde se află și gazda. Dacă speciile de plante din aceste zone sunt relativ stabile în timp, se realizează o relație între ele și parazitoid sau chiar între toate cele 3 elemente ale complexului tritrofic. În acest caz cercetările au stabilit că este vorba de interacțiuni modelate de substanțe volatile denumite **antimoni**, iar aceste relații nu sunt cu valoare adaptativă nici pentru emițător nici pentru receptor (WHITMAN 1988; TAKABAYASHI & TAKAHASHI 1990).

Mulțumiri. Autorii mulțumesc d-lor, prof. dr. Klaus WEGMAN (Universitatea din Tübingen, Germania) și acad. Nicolae BOTNARIUC pentru discuții, sugestii și modul de abordare a cercetărilor asupra mediatorilor chimici și stabilirea rolului lor în coevoluția plantelor și animalelor.

BIBLIOGRAFIE

- BERRY C. 2000. The realities of pesticide use. Pest Manag. Sci., **56** (11): 947-949.
- BIGLER F. 1997. Use and registration of macroorganisms for biological crop protection. Bull. OEPP, **27** (1): 95-102.
- BRAR D. S., KHUSH G. S. 1993. Application of biotechnology in integrated pest management. J. Insect Sci., **6** (1): 7-14.
- CANTELOW W. W., JACOBSON M. 1979. Corn silk volatiles attract many pest species of moths. J. Environ. Sci. Health, **A14**: 695-707.
- COBB P. P. 1997. Biorational suppression of pests landscapes. J. Agric. Entomol., **14** (3): 333-337.
- CRIȘAN AL., ROMAN M. C., JELERIU S., TOMESCU N., STAN GH., COROIU I. 1990. Contribuții la cunoașterea speciei *Ostrinia nubilalis* HBN. (Lepidoptera: Pyralidae). I. Caracteristici ale dezvoltării sfredelitorului în condiții de laborator. Ann. Banat, St. Nat., **2**: 122-125.
- CRIȘAN AL., STAN GH., CHIŞ V. 1995. Reproduction and pheromonal behaviour in *Ostrinia nubilalis* HBN. (Lepidoptera: Crambidae) under laboratory conditions. 3. The olfactometric biaoassay of the male response to natural and synthetic sex pheromone. Bul. Inf. Soc. Lepid. Rom., **6** (3-4): 291-304.
- CROMARTIE W. J. Jr. 1981. The environmental control of insects using crop diversity. Pp. : 223-251. In: PIMENTEL D. (Ed.). CRC Handbook of Pest Management (I), Boca Raton, Florida, 597 pp.
- FRENOY C., DURIER C., HAWLITZKY N. 1992. Effect of kairomones from egg and female adult stages of *Ostrinia nubilalis* HBN. (Lepidoptera: Pyralidae) on *Trichogramma brassicae* BEZDENKO (Hymenoptera: Trichogrammatidae) female kinesis. J. Chem. Ecol., **18** (5): 761-773.
- GALICHET P. F. 1986. Adaptations régionales du cycle évolutif de *Lydella thompsoni* HERTING (Diptera: Tachinidae). Extensions et limites. Les Colloques de l'INRA, **36**: 51-60.
- HSIAO T. H., HOLDAWAY F. G. 1966. Seasonal history and host synchronization of *Lydella grisescens* (Diptera: Tachinidae) in Minnesota. Ann. Entomol. Soc.

- Amer., **59** (1): 125-133.
- KAREIVA P. 1983. influence of vegetation texture on herbivore populations: resource concentration and herbivore movement. Pp. : 259-289. In: DENNO R. F., MCCLURE M. S. (Eds.). Variable Plants and Herbivores in Natural and Managed Systems, Acad. Press, New York, 717 pp.
- LABEYRIE V. 1971. Trophic relations and sex meetings in insects. Acta Phytopathol. Acad. Sci. Hung., **6** (1-4): 229-234.
- LABEYRIE V. 1986. Plant – insect relationships. Pp. 199-201. In: KAUL A. K., COMBES D. (Eds.) – Lathyrus and Lathyrism. 3-rd World Med. Res. Found., New York.
- LANDOLT P. J., HEATH R. R., MILLAR J. G., DAVIS-HERNANDEZ K. M., DUEBEN B. D., WARD K. E. 1994. Effects of host plant *Gossypium hirsutum* L., on sexual attraction of cabbage looper moths, *Trichoplusia ni* (HUBNER) (Lepidoptera: Noctuidae). J. Chem. Ecol., **20** (11): 2959-2974.
- LOSEY J. E., SONG P. Z., SCHMIDT D. M., CALVIN D. D., LIEWHR D. J. 1992. Larval parasitoids collected from overwintering European Corn Borer (Lepidoptera: Pyralidae) in Pennsylvania. J. Kans. Entomol. Soc., **65** (1): 87-90.
- MA R. Z., SWEDENBORG P. D., JONES R. L. 1992. Host-seeking behavior of *Eriborus terebrans* (Hymenoptera: Ichneumonidae) toward the European Corn Borer and the role of chemical stimuli. Ann. Entomol. Soc. Amer., **85** (1): 72-79.
- MAINI S. 1974. Ulteriori indagini sui parassiti di *Ostrinia nubilalis* Hbn. (Lepidoptera: Pyralidae) in provincia di Bologna. Boll. Ist. Entomol. Univ. Bologna, **32**: 133-151.
- MAINI S., BURGIO G. 1990. I parassitoidi di *Ostrinia nubilalis* Hbn. In Emilia Romagna. Informatore Fitopatologico, **9**: 19-28.
- MAINI S., BURGIO G., 1991. I *Trichogramma*. Informatore Fitopatologico, **7-8**, 19-28.
- MATTHEWS G. A., THOMAS N. 2000. Working towards more efficient application of pesticides. Pest Management Sci., **56** (11): 974-976.
- MUREŞAN F., MUSTEA D., SANDRU G., TOMŞA M. 1989. Aspecte privind reducerea populației sfredelitorului porumblui prin folosirea oofagului *Trichogramma maidis*. Probl. Prot. Plant., **XVII** (3): 253-266.
- NOLDUS L. P. J. J., LENTEREN J. C. VAN 1985. Kairomone for the egg parasite *Trichogramma evanescens* WESTWOOD. I. Effect of volatile substances released by two of its hosts, *Pieris brassicae* l. and *Mamestra brassicae* L. J. Chem. Ecol., **11** (6): 781-791.
- NOVOTNY J., TURCANI M. 1997. A new strategy for the ecological control of the gypsy moth (*Lymantria dispar*, Lepidoptera). Biologia (Bratislava), **52** (2): 337-341.
- ONSTAD D. W., SIEGEL J. P., MADDOX J. V. 1991. Distribution of parasitism by *Macrocentrus grandii* (Hymenoptera: Braconidae) in maize infested by *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae). Environ. Entomol., **20** (1): 156-159.

- PRICE P. W., BOUTON C. E., GROSS P., MCPHERON B. A., THOMPSON J. N., WEIS A. E. 1980. Interactions among three trophic levels: influence of plant interactions between insect herbivores and natural enemies. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, **11**: 41-65.
- RENOU M., NAGNAN P., BERTHIER A., DURIER C. 1992. Identification of compounds from the eggs of *Ostrinia nubilalis* and *Mamestra brassicae* having kairomone activity on *Trichogamma brassicae*. *Entomol. Exp. Appl.*, **63**: 291-303.
- RENWICK J. A. A. 1989. Chemical ecology of oviposition in photophagous insects. *Experientia*, **45**: 223-228.
- SHIN H. -T., MOK H. -K. 2000. ETHOM: Event-recording computer software for the study of animal behaviour. *Acta Zool. Taiwanica*, **11** (1): 47-61.
- STAN GH. 1995. Semnificația biotestelor din laborator și câmp pentru utilizarea eficientă a mediatorilor chimici în controlul și combaterea insectelor dăunătoare. Pp. 124-138. In: "Lucr. a 2-a Conf. Nat. Prot. Mediu Metode Mijloace Biol. Biotehn.", 29-31 mai, 1992, Brașov.
- STAN GH. 1996. Feromonii sexuali și comportamentul de reproducere la lepidoptere. *Ann. Univ. Oradea, Biologia*, **III**: 60-74.
- STAN GH., COROIU I., CHIŞ V., POP L. M. 1994. Studiul comportamentului și dinamicii populațiilor de *Mamestra brassicae* L. (Lepidoptera: Noctuidae) în ecosisteme naturale și agricole, prin cercetări cu capcane luminoase și capcane cu atractant sexual. *Bul. Inf. Soc. Lepid. Soc.*, **5** (1): 49-76.
- STAN GH., COROIU I., TOMESCU N., SCUTĂREANU P., POP L. M. 1987. *Mamestra brassicae* L. (Lepidoptera: Noctuidae): studies on the larval density and the capture of male moths with sex attractant in different ecosystems. *Studia Univ. Babeș-Bolyai, Biologia*, **32** (2): 11-17.
- STAN GH., STAN G., CHIŞ V. 1996. Comportamentul de hrănire a larvelor de *Mamestra brassicae* L. (Lepidoptera: Noctuidae) și răspunsul la acțiunea diferitelor specii de plante și a dietei artificiale cu extracte de plante și mediatori chimici sintetici. *Bul. Inf. Soc. Lepid. Rom.*, **7** (3-4): 189-203.
- TAKABAYASHI J., TAKAHASHI S. 1990. An allelochemical elicits arrestment in *Apanteles kariyai* in frass of non-host larvae *Acantholeucania loreyi*. *J. Chem. Ecol.*, **16**: 2009-2017.
- TAKABAYASHI J., NODA T., TAKAHASHI S. 1991. Plants produce attractants for *Apanteles kariyai*, a parasitoid of *Pseudaletia separata*: cases of „communication” and „misunderstanding” in parasitoid-plant interaction. *Appl. Entomol. Zool.*, **26** (2): 232-243.
- TINGLE F. C., MITCHELL E. R. 1992. Attraction of *Heliothis virescens* (F.) (Lepidoptera: Noctuidae) to volatiles from extracts of cotton flowers. *J. Chem. Ecol.*, **18** (6): 907-914.
- TSHERNSHEV W. B. 1995. Ecological pest management (EPM). General approach. *J. Appl. Entomol.*, **119** (5): 379-381.
- TURLINGS T. C. J., TUMLINSON J. H. 1991. Do parasitoids use herbivore-induced plant chemical defenses to locate hosts ?. *Fla. Entomol.*, **74** (1): 42-50.

- UDAYAGIRI S., JONES R. L. 1992. Flight behavior of *Macrocentrus grandii* GOIDANICH (Hymenoptera: Braconidae), a specialist parasitoid of European Corn Borer (Lepidoptera: Pyralidae): Factors influencing response to corn volatiles. Environ. Entomol., **21** (6): 1448-1456.
- VET L. E. M., DICKE M. 1992. Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context. Annu. Rev. Entomol., **37**: 141-172.
- VET L. E. M., VAN LENTEREN J. C., HEYMANS M., MEELIS E. 1983. An airflow olfactometer, for measuring olfactory responses of hymenopterous parasitoid and other small insects. Physiol. Entomol., **8**: 97-106.
- VISSER J. H. 1986. Host odor perception in phytophagous insects. Ann. Rev. Entomol., **31**: 121-144.
- WHITMAN D. W. 1988. Allelochemical interactions among plants, herbivores and their predators. Pp. 11-64. IN: BARBOSA P., LETURNEAR D. (Eds.). Novel Aspects of Insect Plant Interactions. John Wiley & Sons, New York.
- WHITMAN D. W., ELLER F. J. 1990. Parasitic wasps orient to green leaf volatiles. Chemoecology, **1**: 69-76.
- WHITMAN D. W., ELLER F. J. 1992. Orientation of *Microplitis croceipes* (Hymenoptera: Braconidae) to green leaf volatiles: dose-response curves. J. Chem. Ecol., **18** (10): 1743-1753.
- WIESENBORN W. D., BAKER T. C. 1990. Upwind flight to cotton flowers by *Pectinophora gossypiella* (Lepidoptera: Gelechiidae). Environ. Entomol., **19**: 490-493.
- WIKLUND C. 1975. The evolutionary relationship between adult oviposition preferences and larval host plant range in *Papilio machaon* L. Oecologia (Berlin), **18**: 185-197.
- WILMANNS O. 1999. The life history of vineyard plants: Findings and thoughts to life strategies and epharmony. Carolinea (57): 9-18.

Gheorghe STAN, Corina DÎRGEAN, Călin URUCU, Gabriel HERLO, Bogdan COLARESCU, Laura REDIȘ
Laboratorul de Zool. neverte.
Biol. comport.
Facultatea de Biologie,
Univ. Vest „Vasile Goldiș”
str. L. Rebreanu, 91-93
RO-2900 ARAD
biologie@inext.ro;
ghstan@yahoo.com

Ioan Oprorean
Laboratorul de Sinteze
Organice Institutul de Chimie
“Raluca Ripan” str. Fântânele,
30-33
RO - 3400
CLUJ-NAPOCA

Alexandru Crișan
Catedra de Zoologie
Facultatea de
Biologie și Geologie
str. Clinicilor, 5-7
RO - 3400
CLUJ-NAPOCA

Received: 3.07.2003
Accepted: 12.08.2003
Printed: 30.12.2003