
TEZA DE DOCTORAT

Evaluarea unor metode de monitorizare pentru stabilirea răspândirii și bioecologia speciilor de insecte invazive

(REZUMAT AL TEZEI DE DOCTORAT)

Doctorand **Helga NUSZER**

Conducător de doctorat **Prof. univ. dr. Ion OLTEAN**



INTRODUCERE

În contextul globalizării și al intensificării schimburilor comerciale internaționale, apariția și răspândirea speciilor de insecte invazive au devenit o preocupare majoră în domeniul protecției plantelor și al conservării biodiversității. Specii precum *Drosophila suzukii* și *Thrips setosus* reprezintă amenințări semnificative pentru culturile agricole și horticole, prin adaptabilitatea lor ecologică ridicată, capacitatea de colonizare rapidă și dificultatea de control în sistemele agricole.

Invazia este un proces ecologic normal, dar poate să fie stimulată de activitățile umane prin transportul, comerțul cu diferite materiale vegetale (Kenis *et al.*, 2008; Liebhold *et al.*, 2012; Eschen *et al.*, 2015). Acesta permite, adesea, ca speciile de dăunători să treacă bariere naturale care limitează dispersia lor (Levine & D'Antonio, 2003; Kollár, 2014).

În Europa cele mai multe specii de insecte străine invazive au fost introduse accidental, și un număr redus de specii au fost introduse intenționat, cele mai multe fiind pentru control biologic. Modificările climatice reprezintă un factor determinant în remodelarea ecologică a ecosistemelor europene. Printre cele mai semnificative efecte se numără facilitarea pătrunderii și aclimatizării speciilor alogene invazive, în special a celor cu o toleranță termică crescută. Încălzirea globală influențează în mod direct parametri ecologici critici, cum ar fi rata de supraviețuire, succesul reproductiv, ritmul dezvoltării ontogenetice și capacitatea de dispersie. Aceste schimbări creează condiții favorabile pentru extinderea arealului acestor specii precum *Drosophila suzukii* și *Thrips setosus*, care pot destabiliza comunitățile native, afectând structura și funcționarea ecosistemelor locale. În același timp, interacțiunea dintre dinamica climatică și mobilitatea acestor specii ridică provocări majore pentru strategiile de conservare și gestionare a biodiversității (Hrubík & Kollár, 2007; Roques, 2010).

Din cauza absenței inamicilor nativi și a condițiilor ecologice modificate, speciile de dăunători introduse accidental pot să-și crească brusc densitatea numerică a populației în noul areal (Hrubík & Kollár, 2007).

În vederea dezvoltării unor strategii eficiente de combatere și prevenire, este esențială cunoașterea detaliată a bioecologiei acestor specii, a ritmului și a mecanismelor de răspândire. În acest sens, metodele de monitorizare joacă un rol important, oferind date valoroase despre dinamica populațiilor, preferințele habitatului și perioadele de activitate.

STRUCTURA TEZEI DE DOCTORAT

Teza de doctorat intitulată **“Evaluarea unor metode de monitorizare pentru stabilirea răspândirii și bioecologia speciilor de insecte invazive”** este structurată în două părți principale însumând un număr de 132 de pagini care cuprind 9 capitole,

71 figuri, 7 tabele și 182 de referințe bibliografice. **Prima parte** a tezei dezbate stadiul actual al cunoașterii pe tematica specifică studiată și este structurată în două capitole care cuprind 22 pagini. **A doua parte** a tezei prezintă contribuția personală bazată pe rezultatele obținute în urma cercetării desfășurate pe parcursul perioadei experimentale și însumează un număr de 100 pagini, structurate în șapte capitole.

STUDIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII:

În **Capitolul 1** intitulat **Importanța speciilor invazive**, sunt sintetizate informații cu privire la stadiul actual al speciilor invazive; măsuri de prevenire și introducerea speciilor invazive și stadiul actual al metodelor de combatere împotriva dăunătorilor invazivi (metode mecanice, biologice și chimice).

Capitolul 2 intitulat **Specii invazive și biodiversitatea artropodelor** cuprinde aspecte referitoare la două specii care au fost luate în studiu, *Drosophila suzukii* și *Thrips setosus*, la care sunt prezentate originea și răspândirea, încadrarea sistematică, descrierea morfologiei externe a tuturor stadiilor de dezvoltare, ciclul biologic al acestora, plantele gazdă și modul de atac. Tot în acest capitol se prezintă importanța biodiversității artropodelor și indicatorii biodiversității.

CONTRIBUȚIA PERSONALĂ:

Capitolul 3 intitulat Scopul și obiectivele cercetărilor expune scopul principal al tezei de doctorat, alături de obiectivele stabilite pentru atingerea acestuia.

Capitolul 4 intitulat Descrierea zonei experimentale oferă informații cu privire la particularitățile mediului natural al cercetării.

Capitolul 5 intitulat Testarea unor momeli alimentare în monitorizarea speciei *Drosophila suzukii* prezintă rezultatele obținute în urma cercetării desfășurate în perioada 2019–2021 asupra speciei *Drosophila suzukii* care au permis evaluarea eficacității de atractivitate a trei momeli alimentare în patru ecosisteme.

Capitolul 6 intitulat Monitorizarea populației de *Thrips setosus* prin utilizarea panourilor colorate și a metodei Berlese-Tullgren prezintă rezultatele obținute în urma cercetării desfășurate în perioada 2020–2021 asupra monitorizării speciei *Thrips setosus* cu capcane de diferite culori și prin metoda Berlese-Tullgren la trei soiuri („Hot Red”, „Caipirinha”, „Early Blue”) într-o cultură de *Hydrangea macrophylla*.

Capitolul 7 intitulat Monitorizarea populațiilor de insecte cu capcana de aspirație prezintă rezultatele obținute privind eficacitatea acestei metode în evaluarea biodiversității într-un agroecosistem.

Capitolul 8 intitulat Concluzii și recomandări redă în mod argumentat concluziile cercetării împreună cu recomandările fundamentate pe rezultatele acestuia.

Capitolul 9 intitulat Originalitatea și contribuțiile inovative ale tezei prezintă aspectele inovative ale contribuției personale în raport cu tema studiată.

SCOPUL ȘI OBIECTIVELE CERCETĂRIILOR

Scopul prezentei teze de doctorat este stabilirea unor metode de monitorizare a unor specii de dăunători din diferite ecosisteme, care să faciliteze depistarea acestora, precum și evaluarea biodiversității dintr-un ecosistem. Obiectivele stabilite în cadrul acestei lucrări au fost formulate în mod coerent și ținut, astfel încât să contribuie la atingerea scopului general al cercetării.

Principalele obiective au fost următoarele:

- Studiarea distribuției populației de *Drosophila suzukii* în funcție de tipul de ecosistem agricol și de soluțiile utilizate în capcane, comparând eficiența metodelor de atragere în locațiile monitorizate.
- Determinarea diferențelor în capturarea indivizilor de sexe diferite, analizând dacă există variații semnificative în atragerea masculilor și femelelor în funcție de habitat și compoziția momelii alimentare.
- Testarea atractivității ponourilor lipicioase de culori diferite: verde, roșu-purpuriu, roz, alb și galben fluorescent, în monitorizarea speciei *Thrips setosus*.
- Testarea metodei Berlese-Tullgren cu lumină roșie în monitorizarea speciei *Thrips setosus*.
- Identificarea principalele unități taxonomice dominante în zona agricolă vizată colectate cu aparatul de aspirare.
- Stabilirea unor posibile corelații între activitatea insectelor zoofage și practicile de protecție a plantelor.
- Calcularea indicilor de biodiversitate: Shannon–Wiener (H'), Margalef și Simpson (D), pentru entomofauna colectată.

STUDIUL 1 - Testarea unor momeli alimentare în monitorizarea speciei

Drosophila suzukii Matsumura

Introducere: În perioada 2019-2021, s-a inițiat un studiu în două locații din Renania de Nord-Westfalia: una situată în apropierea orașului Köln, iar cealaltă în Meckenheim, Germania. În zona Köln, studiul s-a desfășurat în trei sub-locații: o plantație de afin, o zona de compostare a resturilor vegetale provenite de pe câmpurile experimentale ale Landwirtschaftskammer NRW și într-o plantație de pomi. În Meckenheim, a fost inclusă o livadă de cireși.

Scopul studiului: Își propune să contribuie la aprofundarea cunoștințelor privind comportamentul, distribuția și metodele eficiente de monitorizare a speciei invazive *Drosophila suzukii* în agroecosisteme specifice regiunii Renania de Nord-Westfalia, Germania, având ca obiectiv optimizarea metodei de capturare a indivizilor de *Drosophila suzukii* prin utilizarea unor capcane alimentare special concepute la Institutul de Chimie Raluca Ripan din Cluj.

Materiale și metode: Momelile alimentare au fost formulate în trei variante

experimentale, fiecare având compoziție alimentară diferită:

- Variantă 1: conține 75% oțet de mere Răureni, având o concentrație de acid acetic de 50g/L + 25% vin roșu Merlot demisec + o picătură de detergent de vase cu aromă de mere, conform studiului realizat de (Landolt *et al.*, 2012).
- Variantă 2: în acest amestec, s-a folosit exclusiv oțet de mere Răureni fără adaos de vin. Pentru a îmbunătăți atractivitatea și proprietățile soluției, s-a adăugat o linguriță de zahăr brun. În plus, pentru a facilita detensionarea soluției, a fost inclusă o picătură de detergent de vase cu aromă de mere. Această formulare se bazează pe cercetările anterioare realizate de Burrack *et al.*, 2015.
- Variantă 3: Această variantă utilizează o proporție echilibrată de 50% vin roșu Merlot demisec și 50% oțet de mere Răureni. Pentru îmbunătățirea eficienței amestecului, a fost adăugată o picătură de detergent de vase cu aromă de mere. Formularea a fost inspirată de cercetările lui (Grassi *et al.*, 2014).

Recipientele în care s-au amplasat momelile alimentare au fost de două variante: prima variantă recipiente transparente, echipate cu un capac galben (Landolt *et al.*, 2012); a doua variantă a capcanelor a fost colorată în două nuanțe distincte. Partea inferioară a recipientului a fost tratată cu un pigment verde, în timp ce partea superioară a fost caracterizată printr-o nuanță violet-roșiatică, care s-a extins până la capac, acesta având o culoare galbenă (Tang & Guo, 2001; Yamaguchi *et al.*, 2010; Kelber *et al.*, 2013; Paulk *et al.*, 2013; Little *et al.*, 2019).

Aceste capcane au fost plasate la o înălțime de aproximativ 1,0 - 1,5 m față de sol. De asemenea, s-a menținut o distanță de 20 m între capcane, pentru a evita suprapunerea zonelor de atracție și pentru a obține un eșantion reprezentativ din fiecare locație. Capcanele au fost înlocuite săptămânal, respectând o rotație sistematică, menită să asigure eficiența metodei experimentale și să prevină acumularea de factori externi care ar putea influența rezultatele.

Rezultate și concluzii:

În timpul perioadei de monitorizare s-a observat o evoluție sezonieră bine conturată a populației *Drosophila suzukii*, cu variații semnificative influențate de condițiile climatice și biologice, mai ales de planta gazdă.

În fiecare an zburul s-a declanșat din luna aprilie, cu capturi reduse până în luna mai. Maximul curbei de zbor, în funcție de an și locație s-a semnalat în lunile iulie, august și septembrie.

În anul 2019 s-au capturat 63396 exemplare, din care: 5315 în cultura de afin (8,4% din totalul anual), 18669 din zona de compostare (29,4%) și 39412 din plantația de cireș (62,2%). S-au folosit numai capcane incolore.

În 2020, capcanele incolore și colorate, au capturat 108100 exemplare, din care: 7727 în cultura de afin (7,1% din totalul anual), 16143 din zona de compostare (14,9%), 65158 din plantația de cireș (60,3%) și 19072 din livada de pomi (17,6%).

În 2021, pe capcanele incolore și colorate, s-au capturat 29439 exemplare, din care: 2484 în cultura de afin (8,4% din totalul anual), 2862 din zona de compostare (9,7%), 11114 din plantația de cireș (37,9%) și 12979 din livada de pomi (44,1%).

În cei trei ani de studiu, în cele patru locații monitorizate s-au capturat 200935 exemplare, din care: 15526 în cultura de afin (7,71% din total capturilor), 37674 din zona de compostare (18,69%), 115684 din plantația de cireș (57,4%), iar 32051 din plantația de pomi (15,95%).

Diferența între numărul capturilor realizate în funcție de locație sunt asigurate statistic.

În funcție de varianta momelii alimentare din totalul capturilor realizate în cei trei ani 71757 exemplare au fost în V1 (35,7% din totalul capturilor), 43053 exemplare în V2 (21,4%) și 86125 exemplare în V3 (42,9%).

Pe capcanele incolore s-au capturat 139214 exemplare (69,28% din totalul capturilor), din care: 11041 în cultura de afin, 27761 din zona de compostare, 83227 din plantația de cireș, iar din plantația de pomi 17185.

Pe capcanele colorate s-au capturat 61721 exemplare (30,72% din totalul capturilor), din care: 4485 în cultura de afin, 9916 din zona de compostare, 32454 din plantația de cireș, iar din plantația de pomi 14866.

Dintre exemplarele colectate 99397 sunt femele (49,32% din totalul capturilor), iar 102141 sunt mascului (50,68% din totalul capturilor).

STUDIUL 2 - Monitorizarea populației de *Thrips setosus* prin utilizarea panourilor colorate și a metodei Berlese-Tullgren

Introducere: *Thrips setosus* este clasificat ca insectă polifagă, întrucât s-a observat că se hrănește cu o varietate largă de plante gazdă (Vierbergen & Loomans, 2016; Pijnakker *et al.*, 2019).

Thrips setosus a fost identificat ca un dăunător semnificativ în contextul cultivării comerciale a hortensiilor, în principal datorită comportamentului său alimentar specific. Acest dăunător este cunoscut pentru provocarea unor daune considerabile prin perforarea celulelor plantelor și extragerea conținutului acestora, ceea ce duce la apariția unor semne vizibile de stres, precum decolorarea, cicatrici argintii, deformări și o reducere a vigoarei plantelor. Implicațiile economice ale acestor daune pot fi semnificative, afectând atât producția, cât și calitatea estetică a hortensiilor, care sunt foarte apreciate în industria plantelor ornamentale. Infestările cu *Thrips setosus* generează de obicei următoarele simptome: creșterea plantelor este malformată, apar cicatrici argintii în zonele cu celule necrotice, dungi albe și pete fecale verzi-negre pe frunze și flori (Pijnakker *et al.*, 2019).

Scopul studiului:

Evaluarea eficienței panourilor colorate în detectarea și estimarea densității populației de *Thrips setosus* în cultura de hortensie, prin analizarea variațiilor

sezoniere și comportamentale ale tripsului în funcție de culoarea panourilor și soiurile monitorizate.

Testarea metodei Berlese-Tullgren cu lumină roșie ca instrument complementar de monitorizare pentru extragerea *Thrips setosus* din materialul vegetal, cu scopul de a compara acuratețea și sensibilitatea acestei metode în raport cu capturile obținute pe panourile colorate.

Materiale și metode: Experimentul a fost realizat în sera aparținând Camerei Agriculturii din Köln, ocupând o suprafață de aproximativ 300 de m². În cadrul studiului, s-a testat eficiența panourilor colorate în monitorizarea populațiilor de trips. Panourile au fost vopsite manual în cinci culori distincte: verde, roșu-purpuriu, roz, alb și galben fluorescent. Acestea aveau dimensiuni de 5 cm × 10 cm.

Pentru testarea funcționalității panourilor colorate, au fost utilizate trei varietăți de hortensie „Hot Red”, „Caipirinha” și „Early Blue”

Capcanele au fost verificate săptămânal cu o lupă, iar indivizii de *Thrips setosus* au fost numărați separat pentru fiecare sex și pentru fiecare parte a panoului. Poziția panourilor în spațiul experimental a fost modificată săptămânal pentru a evita influențele legate de microclimatul local sau expunerea variabilă la lumină.

Pentru evaluarea caracteristicilor optice ale panourilor colorate utilizate în experiment, s-au efectuat măsurători de reflectanță în regiunile UV-VIS-NIR. Acestea au fost realizate cu ajutorul spectrometrului cu fibră optică HR2000+, care operează în intervalul spectral 200–1100 nm și oferă o rezoluție optică de 6,8 nm.

Pentru a obține o înțelegere cuprinzătoare a tendințelor de dezvoltare ale populației de *Thrips setosus*, a fost utilizată tehnica Berlese-Tullgren (Sapkota *et al.*, 2012). Această metodă este deosebit de eficientă pentru colectarea larvelor.

Rezultate și concluzii:

În cei doi ani de monitorizarea a capturilor de *Thrips setosus* din cultura de *Hydrangea macrophylla* s-au capturat 11461 exemplare, din care 4525 în 2020, reprezentând 39,5% din totalul capturilor și 6936 exemplare în 2021 reprezentând 60,5% din totalul capturilor.

În funcție de varietatea de *Hydrangea macrophylla*, 3799 exemplare au fost pe soiul „Hot Red”, reprezentând 33,1%; 4272 exemplare pe soiul „Caipirinha”, reprezentând 37,3%; 3390 exemplare pe soiul „Early Blue”, reprezentând 29,6%.

În fiecare an și la fiecare soi maximul capturilor s-a semnalat în luna iunie. În această lună au fost 3776 exemplare, reprezentând 33% din totalul capturilor din cei doi ani.

Între panourile colorate sunt diferențe semnificative în ceea ce privește capturile realizate. În cei doi ani și pe cele trei soiuri, panourile galben fluorescent au realizat 7058 capturi (reprezentând 62% din totalul capturilor), panourile verzi au avut 2457 exemplare (reprezentând 21%), panourile albe au avut 1540 capturi (reprezentând 13%).

Pe panourile roz și roșu-purpuri a fost cel mai redus număr de capturi, 406 exemplare, reprezentând numai 4% din totalul capturilor.

În ambii ani, atât la nivel de soi monitorizat cât și în funcție de culoarea panoului, procentul femelelor este mai mare, cu excepția anului 2020, când pe panourile galbene procentul masculilor a fost mai mare.

Prin tehnica Berlese-Tullgren în cei doi ani experimentali s-au capturat 7945 exemplare, din care 3431 în anul 2020 (reprezentând 43% din total), iar în 2021 s-au capturat 4514 exemplare (reprezentând 57% din total).

Pe frunzele de *Hydrangea macrophylla* în anul 2020 folosind tehnica Berlese-Tullgren s-au colectat 1370 exemplare, din care 832 larve (61% din total) și 538 adulți (39% din total), iar în anul 2021 au fost 2075 exemplare.

Pe florile de *Hydrangea* în anul 2020 folosind tehnica Berlese-Tullgren s-au colectat 2061 exemplare, iar în anul 2021 au fost 2439 exemplare.

STUDIUL 3 - Monitorizarea populațiilor de insecte cu capcana de aspirație

Introducere: În intervalul 2020–2021, a fost desfășurată o investigație entomologică detaliată în Regiunea Nordrhein-Westfalen (NRW), Köln, Germania, într-un agroecosistem experimental, caracterizat prin policultură și aplicarea anuală de erbicide și insecticide.

În contextul schimbărilor climatice, insectele joacă un rol esențial în funcționarea și menținerea echilibrului ecologic al multor ecosisteme. Acestea reprezintă o componentă esențială a acestei biodiversități, având un rol activ în polenizare, control biologic, descompunerea materiei organice și menținerea echilibrului trofic. De asemenea o înțelegere a dinamicii populațiilor de insecte devine tot mai vitală pentru elaborarea unor strategii de management sustenabil al resurselor biologice.

Scopul studiului este de a investiga biodiversitatea populațiilor de insecte în agrosisteme temperate utilizând capcană de aspirație ca metodă de monitorizare eficientă. Prin analiza cantitativă și calitativă a comunităților entomologice colectate în proximitatea câmpurilor experimentale tratate cu erbicide și insecticide, cercetarea urmărește: să identifice principalele ordine taxonomice dominante în zona agricolă vizată; să stabilească posibile corelații între activitatea insectelor benefice și practicile de protecție a plantelor; să contribuie la dezvoltarea unor strategii sustenabile de gestionare a biodiversității funcționale în ecosistemele agricole.

Materiale și metode:

Monitorizarea entomofaunei insectelor a fost realizată în perioada aprilie–iulie a anilor 2020–2021. Pentru colectarea insectelor din zona câmpurilor experimentale a fost utilizată capcana de aspirație produsă de MEKU-Erich Pollähne GmbH. Această capcană permite colectarea artropodelor la o înălțime cuprinsă între 1,65 și 2 metri

deasupra solului, cu o putere de aspirație de aproximativ 32 m³/min. Viteza de flux ajunge la valori între 2 și 3 m/s, la o distanță de 250 mm față de centrul de aspirație.

În interiorul capcanei este instalat un ventilator REITZ, montat pe patru amortizoare de vibrații. Insectele atrase au fost colectate cu ajutorul unei pâlnii, la capătul căreia se aflau recipiente din plastic de 500 ml, care au fost schimbate săptămânal. Colectarea probelor a fost controlată cu ajutorul unui temporizator programabil. Dispozitivul funcționa în timpul săptămânii între orele 9:00 și 19:00. După fiecare sesiune de colectare, sistemul revenea automat în poziția de repaus (închisă), împiedicând astfel pătrunderea particulelor în recipiente în timpul pauzelor de funcționare.

Toate probele colectate din zona de studiu au fost identificate conform lucrărilor de referință. Procesul de identificare a fost sprijinit suplimentar de entomologi din cadrul Landwirtschaftskammer NRW-Köln, care dețin o expertiză semnificativă în domeniul taxonomiei insectelor.

Diversitatea speciilor de insecte din zona de studiu a fost analizată prin calcularea unor indici ecologici recunoscuți pentru evaluarea biodiversității, precum indicele Margalef, indicele Shannon-Wiener Diversity și indicele Simpson. Acești parametri au fost utilizați pentru a explica structura comunității entomologice, luând în considerare varietatea, uniformitatea și dominanța speciilor identificate în cadrul agroecosistemului analizat.

Rezultate și concluzii:

În cei doi ani de captură a insectelor și păianjenilor cu ajutorul aparatului de aspirare s-au colectat 101232 exemplare, din care 50573 în 2020 și 50659 în anul 2021.

În cei doi ani numărul total al capturilor a fost relativ constant, confirmând stabilitatea populațiilor din cadrul ecosistemului investigat.

Speciile colectate, sistematic aparțin la 17 familii din 9 ordine.

Din ordinul Diptera s-au capturat 49095 exemplare, reprezentând 48,5% din capturile celor doi ani.

Din ordinul Thysanoptera s-au capturat 24595 exemplare, reprezentând 24,3% din totalul capturilor.

Din ordinul Coleoptera s-au capturat 8850 exemplare, reprezentând 8,7% din totalul capturilor.

Păianjenii capturați au fost în număr de 1098 exemplare, reprezentând 1,1% din totalul capturilor.

Din ordinele Hemiptera, Lepidoptera, Neuroptera și Psocoptera s-au capturat 117594 exemplare, reprezentând 17,3% din totalul capturilor.

Dintre speciile zoofage s-au capturat exemplare din familia Staphylinidae, Coccinellidae și Cantharidae (ordinul Coleoptera), din familia Ichneumonidae și Proctotrupidae (ordinul Hymenoptera) și familia Chrysopidae (ordinul Neuroptera).

Indicii de biodiversitate au evidențiat tendințe de restructurare comunitară prin variații în abundență, bogăție și dominanță, cu implicații funcționale majore asupra stabilității ecosistemice și a serviciilor ecosistemice oferite de entomofauna utilă.

RECOMANDĂRI

1. Pentru depistarea și monitorizarea densității numerice a populației de *Drosophila suzukii* se recomandă utilizarea de momeli alimentare produse la Institutul de cercetare în chimie "RALUCA RIPAN" UBB Cluj-Napoca, iar pentru *Thrips setosus* se recomandă amplasarea de panouri lipicioase de culoare galbenă fluorescent sau metoda Berlese-Tullgren.

2. Aceste metode sunt recomandate să fie aplicate în culturile ecologice pentru combaterea dăunătorilor prin captarea în masă a adulților.

3. În studiile de cercetare a biodiversității, utilizarea aparatului de aspirare permite o evaluare corespunzătoare a structurii speciilor de atropode din cadrul entomofaunei.

CONTRIBUȚIILE INOVATIVE ALE TEZEI

S-a efectuat monitorizarea speciei *Drosophila suzukii* în două zone din regiunea North Rhine-Westphalia, Germania (Köln și Meckenheim).

Pentru monitorizare s-au utilizat trei variante de momeli alimentare produse la Institutul de cercetare în chimie "RALUCA RIPAN" UBB Cluj-Napoca, și s-a stabilit eficacitatea fiecărei momeli în captarea adulților de *Drosophila suzukii* pentru a fi recomandate în activitatea practică a agricultorilor.

La aduții de *Drosophila suzukii* s-a determinat structura pe sexe a acestora.

S-a efectuat monitorizarea speciei de *Thrips setosus* (specie recent semnalată în zona investigată) pe trei soiuri de *Hydrangea macrophylla* prin utilizarea panourilor lipicioase colorate și s-a stabilit performanța atractivității acestora.

Pentru *Thrips setosus* a fost utilizată pentru prima dată metoda Berlese-Tullgren.

La capturile de *Thrips setosus* s-a determinat stadiile mobile de dezvoltare (adulți și larve), iar la adulți s-a stabilit structura pe sexe a acestora.

Pentru evaluarea biodiversității artropodelor din Regiunea Nordrhein-Westfalen (NRW), Köln, s-a utilizat aparatul de aspirare.

A stabilit structura entomofaunei colectate, iar prin calcularea indicilor de biodiversitate a evaluat tendința de evoluție a speciilor din 9 ordine.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

1. Burrack, H. J., Asplen, M., Bahder, L., Collins, J., Drummond, F. A., Guédot, C., & McPhie, D. R. (2015). Multistate comparison of attractants for monitoring *Drosophila suzukii*

- (Diptera: Drosophilidae) in blueberries and caneberries. *Environmental Entomology*, 44(3), 704-712.
2. Eschen, R., Roques, A., & Santini, A. (2015). Taxonomic dissimilarity in patterns of interception and establishment of alien arthropods, nematodes and pathogens affecting woody plants in Europe. *Diversity and Distributions*, 21(1)36-45.
 3. Grassi, A., Anfora, G., Maistri, S., Maddalena, G., De Cristofaro, A., Savini, G., & Ioriatti, C. (2014). Development and efficacy of Droskidrink, a food bait for trapping *Drosophila suzukii*. In: IOBC VIII Workshop on Integrated Soft Fruit Production. 26-28 May 2014, Vigalzano di Pergine, Italy.
 4. Hrubík, P., & Kollár, J. (2007). The non-indigenous insect pests of woody plants in city environment conditions in Slovakia. In *Proceeding of the international conference «Alien arthropods in south East Europe-crossroad of three continents* (pp. 88-94).
 5. Kelber, A. & Henze, M. J. (2013). Colour vision: parallel pathways intersect in *Drosophila*. *Curr. Biol.* 23(23), R1043-R1045.
 6. Kenis, M., Auger-Rozenberg, M-A., Roques, A., Timms, L., Pe're, C., Cock, M.J.W., Settele, J., Augustin, S., & Lopez-Vaamonde, C. (2008). Ecological effects of invasive alien insects. *Biol Invas* 11, 21-45.
 7. Kollár, J. (2014). Alien pest species on woody plants in urban conditions of Slovakia. *Plants in Urban Areas and Landscape*, 70-73.
 8. Landolt, P., Adams, T., Davis, T., & Rogg, H. (2012). Spotted Wing *Drosophila*, *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae), Trapped with Combinations of Wines and Vinegars. *Florida Entomologist*. 95(2), 326-332.
 9. Levine, J. M., & D'antonio, C. M. (2003). Forecasting biological invasions with increasing international trade. *Conservation Biology*, 17(1), 322-326.
 10. Liebhold, A., Brockerhoff, E., Garrett, L., Parke, J., & Britton, K. (2012). Live plant imports: the major pathway for the forest insect and pathogen invasions of the US. - *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10(3), 135-143.
 11. Little, C. M., Rizzato, A. R., Charbonneau, L., Chapman, T., & Hillier, N. K. (2019). Color preference of the spotted wing *Drosophila*, (*Drosophila suzukii*). *Scientific Reports*, 9(1), 16051.
 12. Paulk, A., Millard, S. S. & van Swinderen, B. (2013). Vision in *Drosophila*: seeing the world through a model's eyes. *Ann Rev Entomol* 58(1), 313-332.
 13. Pijnakker, J., Overgaag, D., Guilbaud, M., Vangansbeke, D., Duarte, M. & Wäckers, F. (2019). Biological Control of the Japanese Flower Thrips *Thrips Setosus* Moulton (Thysanoptera: Thripidae) in Greenhouse Ornamentals, IOBC-WPRS Bull, 147, 107-112.
 14. Roques, A. (2010). Alien forest insects in a warmer world and a globalised economy: impacts of changes in trade, tourism and climate on forest biosecurity. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 40(Suppl), 77-94.
 15. Sapkota, T.B., Mazzoncini, M., Bàrberi, P., Antichi, D., Silvestri, N. (2012). Fifteen Years of No till Increase Soil Organic Matter, Microbial Biomass and Arthropod Diversity in Cover Crop-Based Arable Cropping Systems, *Agron. Sustain. Dev.*, 32, 853-863.
 16. Tang, S. & Guo, A. (2001). Choice behavior of *Drosophila* facing contradictory visual cues. *Science* 294(5546), 1543-1547.
 17. Vierbergen, G., & Loomans, A.J.M. (2016). Thrips *Setosus* (Thysanoptera: Thripidae), the Japanese Flower Thrips, in Cultivation of Hydrangea in the Netherlands, *Entomologische berichten*, 76(3), 103-108.
 18. Yamaguchi, S., Desplan, C., Heisenberg, M. (2010). Contribution of photoreceptor subtypes to spectral wavelength preference in *Drosophila*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(12), 5634-5639.

PhD THESIS

Evaluation of monitoring methods to determine the spread and bioecology of invasive insect species

(SUMMARY OF THE DOCTORAL THESIS)

PhD Student **Helga NUSZER**

Scientific coordinator **Prof. Ion OLTEAN, PhD**



INTRODUCTION

In the context of globalization and the intensification of international trade, the emergence and spread of invasive insect species have become a major concern in the field of plant protection and biodiversity conservation. Species such as *Drosophila suzukii* and *Thrips setosus* represent significant threats to agricultural and horticultural crops, due to their high ecological adaptability, rapid colonization capacity and difficulty in control in agricultural systems.

Invasion is a normal ecological process, but it can be stimulated by human activities through the transport and trade of different plant materials (Kenis *et al.*, 2008; Liebhold *et al.*, 2012; Eschen *et al.*, 2015). This often allows pest species to cross natural barriers that limit their dispersal (Levine & D'Antonio, 2003; Kollár, 2014).

In Europe, most invasive alien insect species have been introduced accidentally, and a small number of species have been intentionally introduced, most of them for biological control. Climate change is a determining factor in the ecological remodeling of European ecosystems. Global warming directly influences critical ecological parameters, such as survival rate, reproductive success, ontogenetic development rate and dispersal capacity. These changes create favorable conditions for the expansion of the range of these species such as *Drosophila suzukii* and *Thrips setosus*, which can destabilize native communities, affecting the structure and functioning of local ecosystems. At the same time, the interaction between climate dynamics and the mobility of these species poses major challenges for biodiversity conservation and management strategies (Hrubík & Kollár, 2007; Roques, 2010).

Due to the absence of native enemies and altered ecological conditions, accidentally introduced pest species can suddenly increase their population density in the new area (Hrubík & Kollár, 2007). In order to develop effective control and prevention strategies, detailed knowledge of the bioecology of these species. In this regard, monitoring methods play an important role, providing valuable data on population dynamics, habitat preferences and periods of activity.

STRUCTURE OF THE DOCTORAL THESIS

The doctoral thesis entitled “**Evaluation of monitoring methods to determine the spread and bioecology of invasive insect species**” is structured into two main parts, comprising a total of 132 pages, which include 9 chapters, 71 figures, 7 tables, and 183 bibliographic references. **The first part** of the thesis discusses the current state of knowledge related to the specific research topic and is structured into two chapters totaling 22 pages. **The second part** presents the original contribution based on the results obtained during the experimental research period, covering 100 pages and structured into seven chapters.

CURRENT STUDY OF KNOWLEDGE:

Chapter 1, entitled **The Importance of Invasive Species**, summarizes information on the current status of invasive species; measures to prevent and introduce invasive species and the current status of methods of control against invasive pests (mechanical, biological and chemical methods).

Chapter 2, entitled **Invasive Species and Arthropod Biodiversity**, includes aspects related to two species that were studied, *Drosophila suzukii* and *Thrips setosus*, for which the origin and spread, systematic classification, description of the external morphology of all stages of development, their biological cycle, host plants and mode of attack are presented. This chapter also presents the importance of arthropod biodiversity and biodiversity indicators.

PERSONAL CONTRIBUTION:

Chapter 3 entitled Research purpose and objectives sets out the main purpose of the doctoral thesis, along with the objectives established to achieve it.

Chapter 4 entitled Description of the experimental area provides information on the particularities of the natural environment of the research.

Chapter 5 entitled Testing of food baits in monitoring the *Drosophila suzukii* species, presents the results obtained from the research carried out in the period 2019–2021 on the *Drosophila suzukii* species which allowed the evaluation of the attractiveness effectiveness of three food baits in four ecosystems.

Chapter 6 entitled Monitoring the *Thrips setosus* population using colored panels and the Berlese-Tullgren method presents the results obtained from the research carried out in the period 2020–2021 on the monitoring of the *Thrips setosus* species with traps of different colors and by the Berlese-Tullgren method on three varieties ("Hot Red", "Caipirinha", "Early Blue") in a *Hydrangea macrophylla* crop.

Chapter 7 entitled Monitoring insect populations with the suction trap presents the results obtained on the effectiveness of this method in assessing biodiversity in an agroecosystem.

Chapter 8 entitled Conclusions and recommendations, presents well-supported conclusions drawn from the research, along with recommendations based on its results.

Chapter 9 entitled Originality and innovative contributions of the thesis, presents the innovative aspects of the personal contribution in relation to the topic studied.

RESEARCH PURPOSE AND OBJECTIVES

The purpose of this doctoral thesis is to establish methods for monitoring pest species in different ecosystems, which would facilitate their detection, as well as the assessment of biodiversity in an ecosystem. The objectives established in this work

were formulated in a coherent and targeted manner, so as to contribute to achieving the general purpose of the research.

The main objectives were the following:

- Studying the distribution of the *Drosophila suzukii* population depending on the type of agricultural ecosystem and the solutions used in traps, comparing the efficiency of the attraction methods in the monitored locations.
- Determining the differences in the capture of individuals of different sexes, analyzing whether there are significant variations in the attraction of males and females depending on the habitat and the composition of the food bait.
- Testing the attractiveness of sticky ponours of different colors: green, red-purple, pink, white and fluorescent yellow, in the monitoring of the *Thrips setosus species*.
- Testing the Berlese-Tullgren method with red light in the monitoring of the *Thrips setosus species*.
- Identifying the main dominant taxonomic units in the targeted agricultural area collected with the suction device.
- Establishing possible correlations between the activity of zoophagous insects and plant protection practices.
- Calculation of biodiversity indices: Shannon–Wiener (H'), Margalef and Simpson (D), for the collected entomofauna.

1st STUDY - Testing of food baits in monitoring the *Drosophila suzukii* species

Introduction: In the period 2019-2021, a study was initiated at two locations in North Rhine-Westphalia: one near Köln and the other in Meckenheim, Germany. In the Köln area, the study was carried out at three sub-locations: a blueberry plantation, a composting area for plant residues from the experimental fields of the Landwirtschaftskammer NRW and in a tree plantation. In Meckenheim, a cherry orchard was included.

The aim to contribute to deepening knowledge on the behavior, distribution and effective methods of monitoring the invasive species *Drosophila suzukii* in agroecosystems specific to the North Rhine-Westphalia region, Germany, with the objective of optimizing the method of capturing *Drosophila suzukii* individuals by using food traps specially designed at the Raluca Ripan Institute of Chemistry in Cluj.

Materials and methods: The food baits were formulated in three experimental variants, each with a different food composition:

- Variant 1: contains 75% Răureni apple cider vinegar, with an acetic acid concentration of 50g/L + 25% semi-dry Merlot red wine + a drop of apple-flavored dishwashing detergent, according to the study conducted by (Landolt *et al.*, 2012).

- Variant 2: in this mixture, exclusively Răureni apple cider vinegar was used without the addition of wine. To improve the attractiveness and properties of the solution, a teaspoon of brown sugar was added. In addition, to facilitate the release of tension in the solution, a drop of apple-flavored dishwashing detergent was included. This formulation is based on previous research by Burrack *et al.*, 2015.
- Variant 3: This variant uses a balanced ratio of 50% semi-dry Merlot red wine and 50% Răureni apple cider vinegar. To improve the effectiveness of the mixture, a drop of apple-flavored dishwashing detergent was added. The formulation was inspired by the research of (Grassi *et al.*, 2014).

The containers in which the food baits were placed were of two types: the first type was transparent containers, equipped with a yellow lid (Landolt *et al.*, 2012); the second type of traps was colored in two distinct shades. The lower part of the container was treated with a green pigment, while the upper part was characterized by a reddish-violet shade, which extended to the lid, which had a yellow color (Tang & Guo, 2001; Yamaguchi *et al.*, 2010; Kelber *et al.*, 2013; Paulk *et al.*, 2013; Little *et al.*, 2019).

These traps were placed at a height of approximately 1.0 - 1.5 m above the ground. A distance of 20 m was also maintained between traps, to avoid overlapping attraction areas and to obtain a representative sample from each location. The traps were replaced weekly, following a systematic rotation, designed to ensure the efficiency of the experimental method and prevent the accumulation of external factors that could influence the results.

Results and conclusions:

During the monitoring period, a well-defined seasonal evolution of the *Drosophila suzukii* population was observed, with significant variations influenced by climatic and biological conditions, especially by the host plant.

Each year, the flight began in April, with reduced catches until May. The maximum of the flight curve, depending on the year and location, was reported in July, August and September.

In 2019, 63,396 specimens were captured, of which: 5315 in the blueberry crop (8.4% of the annual total), 18669 in the composting area (29.4%) and 39412 in the cherry orchard (62.2%). Only colorless traps were used.

In 2020, colorless and colored traps captured 108100 specimens, of which: 7727 in the blueberry crop (7.1% of the annual total), 16143 in the composting area (14.9%), 65158 in the cherry plantation (60.3%) and 19072 in the fruit orchard (17.6%).

In 2021, 29439 specimens were captured on colorless and colored traps, of which: 2484 in the blueberry crop (8.4% of the annual total), 2862 in the composting

area (9.7%), 11114 in the cherry orchard (37.9%) and 12979 in the fruit orchard (44.1%).

In the three years of the study, 200935 specimens were captured in the four monitored locations, of which: 15526 in the blueberry crop (7.71% of the total catches), 37674 in the composting area (18.69%), 115684 in the cherry orchard (57.4%), and 32051 in the fruit orchard (15.95%).

The difference between the number of catches made depending on the location is statistically ensured.

Depending on the food bait variant, out of the total catches made in the three years, 71757 specimens were in V1 (35.7% of the total catches), 43053 specimens in V2 (21.4%) and 86125 specimens in V3 (42.9%).

On colorless traps, 139214 specimens were captured (69.28% of the total catches), of which: 11041 in the blueberry crop, 27761 from the composting area, 83227 from the cherry plantation, and 17185 from the tree plantation.

On colored traps, 61721 specimens were captured (30.72% of the total catches), of which: 4485 in the blueberry crop, 9916 from the composting area, 32454 from the cherry plantation, and 14866 from the tree plantation.

Of the specimens collected, 99397 are females (49.32% of the total catches), and 102141 are males (50.68% of the total catches).

2nd STUDY – Monitoring the *Thrips setosus* population using colored panels and the Berlese-Tullgren method

Introduction: *Thrips setosus* is classified as a polyphagous insect, as it has been observed to feed on a wide variety of host plants (Vierbergen & Loomans, 2016; Pijnakker et al., 2019).

Thrips setosus has been identified as a significant pest in the context of commercial hydrangeas, mainly due to its specific feeding behavior. This pest is known to cause considerable damage by puncturing plant cells and extracting their contents, leading to visible signs of stress, such as discoloration, silvery scars, deformations and a reduction in plant vigor. The economic implications of this damage can be significant, affecting both the production and aesthetic quality of hydrangeas, which are highly valued in the ornamental plant industry. Infestations with *Thrips setosus* usually generate the following symptoms: plant growth is malformed, silvery scars appear in areas with necrotic cells, white streaks and green-black fecal spots on leaves and flowers (Pijnakker et al., 2019).

The aim

Evaluation of the efficiency of colored panels in detecting and estimating the population density of *Thrips setosus* in hydrangea culture, by analyzing the seasonal and behavioral variations of thrips depending on the color of the panels and the monitored varieties.

Testing the Berlese-Tullgren method with red light as a complementary monitoring tool for extracting *Thrips setosus* from plant material, with the aim of comparing the accuracy and sensitivity of this method in relation to the catches obtained on colored panels.

Materials and methods:

The experiment was carried out in the greenhouse of the Köln Chamber of Agriculture, covering an area of approximately 300 m². The study tested the effectiveness of colored panels in monitoring thrips populations. The panels were hand-painted in five distinct colors: green, purple-red, pink, white and fluorescent yellow. They were 5 cm × 10 cm in size.

To test the functionality of the colored panels, three varieties of hydrangea "Hot Red", "Caipirinha" and "Early Blue" were used.

The traps were checked weekly with a magnifying glass, and *Thrips setosus* individuals were counted separately for each sex and for each side of the panel. The position of the panels in the experimental space was changed weekly to avoid influences related to the local microclimate or variable light exposure.

To evaluate the optical characteristics of the colored panels used in the experiment, reflectance measurements were performed in the UV-VIS-NIR regions. These were performed using the HR2000+ fiber optic spectrometer, which operates in the spectral range of 200–1100 nm and provides an optical resolution of 6.8 nm.

To obtain a comprehensive understanding of the developmental trends of the *Thrips setosus* population, the Berlese-Tullgren technique was used (Sapkota *et al.*, 2012). This method is particularly effective for collecting larvae.

Results and conclusions:

In the two years of monitoring the catches of *Thrips setosus* from the *Hydrangea macrophylla* crop, 11461 specimens were captured, of which 4525 in 2020, representing 39.5% of the total catches and 6936 specimens in 2021, representing 60.5% of the total catches.

Depending on the variety of *Hydrangea macrophylla*, 3799 specimens were on the "Hot Red" variety, representing 33.1%; 4272 specimens on the "Caipirinha" variety, representing 37.3%; 3390 specimens on the "Early Blue" variety, representing 29.6%.

In each year and for each variety, the maximum catches were reported in June. In this month there were 3776 specimens, representing 33% of the total catches in the two years.

There are significant differences between the colored panels in terms of catches. In the two years and across the three varieties, the fluorescent yellow panels made 7058 catches (representing 62% of the total catches), the green panels had 2457 specimens (representing 21%), the white panels had 1540 catches (representing 13%).

On the pink and red-purple panels there was the lowest number of catches, 406 specimens, representing only 4% of the total catches.

In both years, both at the monitored variety level and depending on the panel color, the percentage of females is higher, except for 2020, when on the yellow panels the percentage of males was higher.

Through the Berlese-Tullgren technique in the two experimental years, 7945 specimens were captured, of which 3431 in 2020 (representing 43% of the total), and in 2021 4514 specimens were captured (representing 57% of the total).

On *Hydrangea macrophylla* leaves in 2020 using the Berlese-Tullgren technique, 1370 specimens were collected, of which 832 larvae (61% of the total) and 538 adults (39% of the total), and in 2021 there were 2075 specimens.

On *Hydrangea flowers* in 2020 using the Berlese-Tullgren technique, 2061 specimens were collected, and in 2021 there were 2439 specimens.

3rd STUDY – Monitoring insect populations with the suction trap

Introduction: In the period 2020–2021, a detailed entomological investigation was carried out in the Nordrhein-Westfalen (NRW) Region, Köln, Germany, in an experimental agroecosystem, characterized by polyculture and annual application of herbicides and insecticides.

In the context of climate change, insects play an essential role in the functioning and maintenance of the ecological balance of many ecosystems. They represent an essential component of this biodiversity, having an active role in pollination, biological control, decomposition of organic matter and maintaining the trophic balance. Also, an understanding of the dynamics of insect populations is becoming increasingly vital for the development of sustainable management strategies for biological resources.

The aim is to investigate the biodiversity of insect populations in temperate agrosystems using suction traps as an efficient monitoring method. Through quantitative and qualitative analysis of entomological communities collected in the vicinity of experimental fields treated with herbicides and insecticides, the research aims to: identify the main dominant taxonomic orders in the targeted agricultural area; establish possible correlations between the activity of beneficial insects and plant protection practices; contribute to the development of sustainable strategies for managing functional biodiversity in agricultural ecosystems.

Materials and methods:

The monitoring of insect entomofauna was carried out in the period April–July 2020–2021. The suction trap produced by MEKU-Erich Pollähne GmbH was used to collect insects from the experimental field area. This trap allows the collection of arthropods at a height of between 1.65 and 2 meters above the ground, with a suction power of approximately 32 m³/min. The flow velocity reaches values between 2 and 3 m/s, at a distance of 250 mm from the suction center.

A REITZ fan is installed inside the trap, mounted on four vibration dampers. The attracted insects were collected using a funnel, at the end of which were 500 ml plastic containers, which were changed weekly. Sample collection was controlled using a programmable timer. The device operated during the week between 9:00 a.m. and 7:00 p.m. After each collection session, the system automatically returned to the rest (closed) position, thus preventing particles from entering the containers during breaks in operation.

All samples collected from the study area were identified according to reference works. The identification process was further supported by entomologists from the Landwirtschaftskammer NRW-Köln, who have significant expertise in insect taxonomy.

The diversity of insect species in the study area was analyzed by calculating recognized ecological indices for assessing biodiversity, such as the Margalef index, the Shannon–Wiener Diversity index and the Simpson index. These parameters were used to explain the structure of the entomological community, taking into account the variety, evenness and dominance of the identified species within the analyzed agroecosystem.

Results and conclusions:

In the two years of capturing insects and spiders using the suction device, 101,232 specimens were collected, of which 50,573 in 2020 and 50,659 in 2021.

In the two years, the total number of captures was relatively constant, confirming the stability of the populations within the investigated ecosystem.

The species collected systematically belong to 17 families from 9 orders.

From the order Diptera, 49,095 specimens were captured, representing 48.5% of the captures of the two years.

From the order Thysanoptera, 24,595 specimens were captured, representing 24.3% of the total captures.

From the order Coleoptera, 8,850 specimens were captured, representing 8.7% of the total captures.

The mites captured numbered 1098 specimens, representing 1.1% of the total catches.

From the orders Hemiptera, Lepidoptera. Hemiptera, Neuroptera and Psocoptera, 117594 specimens were captured, representing 17.3% of the total catches.

Among the zoophagous species, specimens from the families Staphylinidae, Coccinellidae and Cantharidae (order Coleoptera), from the families Ichneumonidae and Proctotrupidae (order Hemiptera) and the family Chrysopidae (order Neuroptera) were captured.

Biodiversity indices highlighted trends in community restructuring through variations in abundance, richness and dominance, with major functional implications on ecosystem stability and ecosystem services provided by useful entomofauna.

RECOMMENDATION

1. For the detection and monitoring of the numerical density of the *Drosophila suzukii* population, it is recommended to use food baits produced at the “RALUCA RIPAN” Chemistry Research Institute, UBB Cluj-Napoca, and for *Thrips setosus*, it is recommended to place fluorescent yellow sticky panels or the Berlese–Tullgren method.

2. These methods are recommended to be applied in organic crops to combat pests by mass capture of adults.

3. In biodiversity research studies, the use of the suction device allows for a proper assessment of the structure of arthropod species within the entomofauna.

INNOVATIVE CONTRIBUTIONS OF THE THESIS

The *Drosophila suzukii* species was monitored in two areas of the North Rhine-Westphalia region, Germany (Köln and Meckenheim).

For monitoring, three variants of food baits produced at the “RALUCA RIPAN” Chemistry Research Institute, UBB Cluj-Napoca, were used, and the effectiveness of each bait in capturing adults of *Drosophila suzukii* was established in order to be recommended in the practical activity of farmers.

In the catches of *Drosophila suzukii*, their sex structure was determined.

The *Thrips setosus* species (a recently reported species in the investigated area) was monitored on three varieties of *Hydrangea macrophylla* by using colored sticky traps and their attractiveness performance was established.

For *Thrips setosus*, the Berlese–Tullgren method was used for the first time.

In the catches of *Thrips setosus*, the mobile stages of development (adults and larvae) were determined, and in adults, their sex structure was established.

The suction device was used to assess the biodiversity of arthropods in the North Rhine-Westphalia (NRW) region of Köln.

It established the structure of the collected entomofauna and, by calculating biodiversity indices, assessed the evolutionary trend of species in 9 orders.

SELECTIVE BIBLIOGRAPHY

1. Burrack, H. J., Asplen, M., Bahder, L., Collins, J., Drummond, F. A., Guédot, C., & McPhie, D. R. (2015). Multistate comparison of attractants for monitoring *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in blueberries and caneberries. *Environmental Entomology*, 44(3), 704-712.
2. Eschen, R., Roques, A., & Santini, A. (2015). Taxonomic dissimilarity in patterns of interception and establishment of alien arthropods, nematodes and pathogens affecting woody plants in Europe. *Diversity and Distributions*, 21(1)36-45.
3. Grassi, A., Anfora, G., Maistri, S., Maddalena, G., De Cristofaro, A., Savini, G., & Ioriatti, C. (2014). Development and efficacy of Droskidrink, a food bait for trapping *Drosophila*

- suzukii*. In: IOBC VIII Workshop on Integrated Soft Fruit Production. 26–28 May 2014, Vigalzano di Pergine, Italy.
4. Hrubík, P. & Kollár, J. (2007). The non-indigenous insect pests of woody plants in city environment conditions in Slovakia. In Proceeding of the international conference «Alien arthropods in south East Europe—crossroad of three continents (pp. 88-94).
 5. Kelber, A. & Henze, M. J. (2013). Colour vision: parallel pathways intersect in *Drosophila*. *Curr. Biol.* 23(23), R1043–R1045.
 6. Kenis, M., Auger-Rozenberg, M.-A., Roques, A., Timms, L., Pe're, C., Cock, M.J.W., Settele, J., Augustin, S., & Lopez-Vaamonde, C. (2008). Ecological effects of invasive alien insects. *Biol Invas* 11, 21-45.
 7. Kollár, J. (2014). Alien pest species on woody plants in urban conditions of Slovakia. *Plants in Urban Areas and Landscape*, 70-73.
 8. Landolt, P., Adams, T., Davis, T., & Rogg, H. (2012). Spotted Wing *Drosophila*, *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae), Trapped with Combinations of Wines and Vinegars. *Florida Entomologist*. 95(2), 326-332.
 9. Levine, J. M., & D'antonio, C. M. (2003). Forecasting biological invasions with increasing international trade. *Conservation Biology*, 17(1), 322-326.
 10. Liebhold, A., Brockerhoff, E., Garrett, L., Parke, J., & Britton, K. (2012). Live plant imports: the major pathway for the forest insect and pathogen invasions of the US. - *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10(3), 135-143.
 11. Little, C. M., Rizzato, A. R., Charbonneau, L., Chapman, T., & Hillier, N. K. (2019). Color preference of the spotted wing *Drosophila*, (*Drosophila suzukii*). *Scientific Reports*, 9(1), 16051.
 12. Paulk, A., Millard, S. S. & van Swinderen, B. (2013). Vision in *Drosophila*: seeing the world through a model's eyes. *Ann Rev Entomol* 58(1), 313–332.
 13. Pijnakker, J., Overgaag, D., Guilbaud, M., Vangansbeke, D., Duarte, M. & Wäckers, F. (2019). Biological Control of the Japanese Flower Thrips *Thrips Setosus* Moulton (Thysanoptera: Thripidae) in Greenhouse Ornamentals, IOBC-WPRS Bull, 147, 107-112.
 14. Roques, A. (2010). Alien forest insects in a warmer world and a globalised economy: impacts of changes in trade, tourism and climate on forest biosecurity. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 40(Suppl), 77-94.
 15. Sapkota, T.B., Mazzoncin, M., Bàrberi, P., Antichi, D., Silvestri, N. (2012). Fifteen Years of No till Increase Soil Organic Matter, Microbial Biomass and Arthropod Diversity in Cover Crop-Based Arable Cropping Systems, *Agron. Sustain. Dev.*, 32, 853–863.
 16. Tang, S. & Guo, A. (2001). Choice behavior of *Drosophila* facing contradictory visual cues. *Science* 294(5546), 1543–1547.
 17. Vierbergen, G., & Loomans, A.J.M. (2016). Thrips *Setosus* (Thysanoptera: Thripidae), the Japanese Flower Thrips, in Cultivation of Hydrangea in the Netherlands, *Entomologische berichten*, 76(3), 103-108.
 18. Yamaguchi, S., Desplan, C., Heisenberg, M. (2010). Contribution of photoreceptor subtypes to spectral wavelength preference in *Drosophila*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(12), 5634-5639.