

TEZA DE DOCTORAT

Protecția arboretelor tinere de rășinoase în contextul modificărilor climatice

(REZUMAT AL TEZEI DE DOCTORAT)

Doctorand **Amelia Augusta Tudoran**

Conducător de doctorat **Prof.univ. Dr. Ion Oltean**

Co-conducător **Lector Dr. Adriana Puentes**

CLUJ-NAPOCA, 2022



INTRODUCERE

Pădurile prin complexitatea lor structurală și funcțională, sunt absolut indispensabile pentru menținerea unor echilibre în natură, pentru buna funcționare a întregii biosfere. Dăunătorii stadiului de regenerare sau a plantațiilor tinere forestiere cauzează o serie de probleme economice la nivel internațional, în special trombarul puiștilor de molid, *Hylobius abietis* L., care produce pagube de milioane de euro anual prin atacul său asupra puiștilor proaspăt plantați, dar și în pepiniere.

Schimbările climatice și încălzirea globală aduce cu sine o serie de provocări care necesită adaptarea managementului actual al ecosistemelor forestiere cât și a metodelor de protecție. Schimbările climatice se pot manifesta în diferite moduri în funcție de zonă; principalele schimbări vor fi asupra temperaturii și a apei.

Pentru a putea face față unora dintre aceste provocări este necesar să adaptăm metodele de protecție împotriva dăunătorilor. Accentul este pus pe prevenția atacului și mai apoi pe controlul acestuia. În acest sens, această teză abordează un subiect puțin studiat, cunoscut sub numele de efectele asociative. Efectele asociative se referă la asocierea unei plante de interes sau plantă focală cu o plantă care poate oferi protecție.

Efectele asociative au fost investigate la scară largă în păduri mature dar în stadiul de regenerare aceste efecte au fost mai puțin studiate. Pentru a le evalua efectul asupra trombarului puiștilor de molid, am ales asocierea unei specii preferate (molidul) și a uneia mai puțin preferate (fagul) cu scopul de a răspunde la întrebarea: dacă molidul are vecin specia de fag, va suferi un atac de intensitate mai slabă decât dacă este alături de un alt vecin din specia de molid?

O altă metodă ecologică de control a dăunătorilor mai puțin studiată este utilizarea bacteriilor entomopatoge care se regăsesc în mediu natural, cum este *Bacillus thuringiensis* care a fost puțin investigat în domeniul forestier. În acest context, această teză evaluează susceptibilitatea trombarului la trei tulpini Bt: *Bt ssp. tenebrionis*, *Bt ssp. galleriae* și *Bt ssp. israelensis*.

1. Structura tezei de doctorat

Teza de doctorat cuprinde în total 123 pagini și a fost structurată în două părți:

- Stadiul actual al cunoașterii – partea I (38 pagini)
- Contribuția personală – partea a II a (85 pagini)

A doua parte a tezei însumează un număr de 85 pagini, structurate în 6 capitole, care prezintă obiectivele urmărite, particularitățile mediului natural, materialele și metodele de lucru, rezultatele obținute și discuții, concluzii și recomandări pe baza rezultatelor obținute, precum și originalitatea și contribuțiile inovative ale acesteia. Teza cuprinde în total un număr de 22 tabele, 35 de figuri și 234 titluri bibliografice.

2. Obiectivele cercetării

În plantațiile tinere de molid speciile de dăunători pot afecta puternic starea de vegetație a arboretului, uneori fiind cauza uscării arborilor. De aceea se impune o atență

monitorizare a acestora în vederea stabilirii unei ample strategii de control, astfel încât densitatea numerică a populației să fie menținută la valori cât mai reduse.

Reducerea numărului de puieți atacați de trombarul puieților de molid *H. abietis* L. este un obiectiv urmărit în permanență de către organele silvice. Controlul acestui dăunător în prezent presupune utilizarea unor pesticide, mijloace silviculturale și în unele cazuri material genetic rezistent, dar, deoarece utilizarea pesticidelor nu mai este o opțiune trebuie să ne orientăm spre alte mijloace de control, ecologice.

Obiectivele cercetării au fost:

1. Monitorizarea unor dăunători din arboretele tinere din D.S. Cluj

La acest obiectiv am procedat la monitorizarea a două specii de dăunători:

- Viespea cu ferăstrău a molidului, *Pristiphora abietina* Crist
- Trombarul puieților de molid, *Hylobius abietis* L

2. Utilizarea efectelor asociative pentru a media atacul produs de către *Hylobius abietis* L. asupra puieților de molid

Pentru realizarea acestui obiectiv s-a procedat la:

- Identificarea și selectarea speciei utilizată ca mediator,

Am utilizat două specii de puieți: molid și fag. Testele au fost efectuate în laborator și în teren

- Testarea efectelor asociative în laborator,

În laborator am efectuat testarea în trei variante experimentale:

- V1 = puieț de molid alături de alt puieț de molid;
- V2 = puieț de fag alături de alt puieț de fag;
- V3 = puieț de molid alături de alt puieț de fag.

- Testarea efectelor asociative în parchet forestier,

În teren am efectuat testarea în două variante experimentale în 5 repetiții:

- V1 = variantă plantată numai cu molid;
- V2 = variantă plantată în amestec de molid și fag.

3. Evaluarea efectelor bacteriei *Bacillus thuringiensis* asupra trombarului *Hylobius abietis* L.

Pentru realizarea acestui obiectiv au fost testate produse comerciale conținând diferite tulpini ale bacteriei: *galleriae*, *israeliensis* și *tenebrionis*.

- Testarea toxicității produselor după ingestie,
- Testarea unor combinații de tulpini conținute în produse comerciale,
- Testarea evitării hranei tratate versus non-tratată.

4. Evaluarea efectului unor buffere asupra trombarului *Hylobius abietis* L.

Pentru acest experiment am utilizat 7 variante de buffere:

- V1. Buffer carbonat de sodiu: 25 mM, pH 10.5
- V2. Buffer carbonat de sodiu 25 mM, pH 9.2
- V3. Buffer carbonat de sodiu 50 mM, pH 10.5
- V4. Buffer carbonat de sodiu 50 mM, pH 9.2

- V5. Buffer HEPES 50 mM, pH 7,5
- V6. Buffer TRIS-HCl 50 mM, pH 8
- V7. Buffer PBS X1, pH 7,4

3. Material și metodă

3.1. Monitorizarea unor dăunători din arboretele tinere din D.S. Cluj

Pentru monitorizarea viespei cu ferăstrău a molidului, *Pristiphora abietina* Crist s-au efectuat observații în anul 2019 în trei ocoale ale Direcției Silvice Cluj (O.S. Cluj, O.S. Dej și O.S. Gherla), atât în pădurile proprietate de stat cât și în pădurile private aflate în administrarea ocoalelor silvice. În fiecare unitate amenajistică (u.a.) s-a controlat dacă este prezentă specia și s-a evaluat frecvența atacului.

Dacă într-un u.a. s-a semnalat specia și la un singur punct de control am considerat că unitatea este atacată (infestată), specia fiind în latență.

De asemenea, în același mod s-a verificat și prezența trombarul puietilor de molid, *Hylobius abietis* L, în trei ocoale silvice: O.S. Beliș, O.S. Dej și O.S. Turda.

3.2. Utilizarea efectelor asociative pentru a media atacul produs de către *Hylobius abietis* L. asupra puietilor de molid

Pentru a putea examina efectele asociative ale fagului asupra intensității atacului trombarului pe puietii de molid, am organizat un experiment în laborator, în care trombarii au posibilitatea de a alege sursa de hrană, utilizând o arenă circulară în laborator. În arenă în șase poziții a fost amplasată câte o pereche de plante în trei variante: molid cu molid, fag cu fag, molid cu fag. Un număr de 24 de trombari de ambele sexe au fost infometaji timp de 48 de ore, iar apoi plasați în mijlocul arenei Aceștia au avut posibilitatea de a alege între cele 3 variante. Trombarii au fost lăsați în arenă timp de 48 de ore. Am efectuat observații de două ori pe zi și am înregistrat numărul de trombari aflați în perimetrul unei poziții și dacă aceștia se hrănesc sau nu pe plantele din combinația puietilor. Odată ce trombarii au fost scoși din arenă am măsurat fiecare rană de pe tulpină și ramuri, provocată de hrănirea acestora. Am efectuat un număr total de 14 repetări ale studiului în perioada martie – iulie 2019.

Toate aceste etape de studiu au fost efectuate în laboratorul "Pine weevil lab" al Departamentului de Ecologie din cadrul Universității de Științe Agricole (SLU), Uppsala, Suedia.

Pentru studierea efectelor asociative în teren, am plantat un număr de 640 de puietii (din care: 160 bucăți aparținând speciei *Fagus sylvatica* și 480 bucăți *Picea abies*) în 5 blocuri experimentale situate în diferite zone ale unui parchet situat lângă comuna Tierp, zona centrală a Suediei. În fiecare bloc experimental au fost câte două variante. Într-o variantă am plantat molid pur, iar în cealaltă variantă am plantat molid în amestec cu fag. Fiecare bloc a avut dimensiunea de 8 x 8 metri iar puietii au fost plantați în rânduri la 50 cm distanță unul față de celălalt, rezultând un număr de 64 de puietii per bloc. În blocurile mixte (puietii de fag amestecați cu puietii de molid) puietii au fost amplasați alternând speciile la fiecare poziție, evitând a avea doi puietii din aceeași specie alăturați. Pentru a stabili intensitatea atacului produsă de trombarul puietilor de

molid am efectuat 4 observații în perioada lunilor iulie și septembrie 2019. La fiecare observație am înregistrat dacă puietul a fost atacat sau nu, suprafața rănilor provocate de hrănire, supraviețuirea puietului și dacă planta a fost roasă de jur împrejurul tulpinii..

3.3. Evaluarea efectelor bacteriei *Bacillus thuringiensis* asupra trombarului *Hylobius abietis* L.

Pentru realizarea acestui obiectiv au fost testate produse comerciale conținând diferite tulpini ale bacteriei *Bacillus thuringiensis: galleriae, israeliensis și tenebrionis*.

La acestea s-a procedat la evaluarea toxicității fiecărui biopreparat aplicat separat, la evaluarea toxicității când aceste biopreparate le-am utilizat în amestec, respectiv dacă trombarul a evitat materialul tratat preferând puietul netratat.

Fiecare biopreparat bacterian a fost testat în două concentrații și s-a stabilit mortalitatea la la 3, 7, 14 și 21 zile din fiecare variantă.

3.4. Evaluarea efectului bufferelor asupra trombarului *Hylobius abietis* L.

Pentru a mări miscibilitatea biopreparatele bacteriene, mai ales a celor care nu sunt solubile în apă, adesea se apelează la utilizarea unor buffere (soluții tampon). În experiențele de testare a eficacității unor biopreparate bacteriene în combaterea unor specii de dăunători, bufferul utilizat nu trebuie să influențeze acțiunea biopreparatului sau a speciei combătute. Am testat 7 variante de buffer la care am verificat efectul acestora în activitatea de hrănire a trombarilor și rata de mortalitate a adulților de *Hylobius abietis*. Crenguțele de molid au fost tratate cu fiecare buffer, iar apoi câte 10 trombarii au fost hrăniți cu crenguțele tratate timp de 14 zile. Experianța s-a efectuat în 8 repetiții. Trombari din fiecare vas petri au fost cântăriți individual la începutul experimentului, iar apoi la 7 zile și la 14 zile am verificat: rata supraviețuirii, greutatea trambarilor și cantitatea de hrană consumată.

4. Rezultate și discuții

4.1. Rezultate privind monitorizarea unor dăunători din arboretele tinere din D.S. Cluj.

În arboretele tinere de rășinoase din D.S. Cluj, suprafețele infestate cu *Pristiphora abietina* Crist. sunt foarte reduse comparativ cu suprafața totală a fondului forestier.

În toate ocoalele silvice monitorizate cele mai multe suprafețe infestate sunt în pădurile private, comparativ cu pădurile proprietate de stat.

În arboretele infestate cu *Pristiphora abietina* Crist. atât în pădurile private cât și în cele proprietate de stat, gradul de atac este foarte slab, specia fiind în faza de latență.

În pădurile private din D.S. Cluj, procentul suprafețelor atacate din totalul suprafeței inventariate în funcție de vârsta arboretului a fost cuprins între 54,9% la arboretele de 25 de ani și 76% în arboretele cu o vârstă de 30 de ani. La pădurile de stat acest parametru a fost cuprins între 22,8% în arboretele cu o vârstă de 25 de ani și 54% în arboretele de 40 de ani. La fiecare categorie de vârstă procentul suprafețelor atacate este mai ridicat în pădurile private.

Din cele 139,9 ha cu arboretele tinere de rășinoase aflate în proprietate privată, specia *Hylobius abietis* a fost semnalată pe pe 18,7 ha în anul 2018, respectiv 26,4 ha în anul 2019. În fiecare an intensitatea atacului asupra puieților din arboretele în proprietate privată a fost foarte slabă în O.S. Huedin și O.S. Turda (au fost maxim 4 adulți/100 puieți plantați), iar în O.S. Beliș intensitatea a fost slabă (au fost maxim 9 adulți/100 puieți plantați).

În arboretele tinere de rășinoase proprietate de stat cu vârsta de 1-4 ani s-a monitorizat trombarul pe o suprafață de 518,6 ha. Din această suprafață specia a fost semnalată pe 147,6 ha în anul 2018, iar în 2019 suprafața infestată a fost de 195,2 ha. În fiecare an intensitatea atacului a fost foarte slabă în O.S. Beliș (au fost maxim 4 adulți/100 puieți plantați), iar în O.S. Huedin, O.S. Someșul Rece și O.S. Turda intensitatea a fost slabă (au fost maxim 8 adulți/100 puieți plantați)..

4.2. Rezultate privind utilizarea efectelor asociative pentru a media atacul produs de către *Hylobius abietis* L. asupra puieților de molid

Efectele asociative ca metodă de protecție a puieților de molid împotriva atacului produs de trombar, au fost studiate atât în condiții de laborator, cât și în condiții de teren.

În experimentul din laborator intensitatea atacului trombarului asupra puieților de molid a fost diferită în funcție de identitatea puiețului vecin. Puieții de molid au avut aproximativ 54% mai puțină scoarță consumată per plantă când au fost asociați cu un puieț de fag, comparativ cu cei asociați cu un alt puieț de molid.

Mai mult, numărul mediu de trombari localizați pe puieții de molid în varianta molid+fag a fost cu 54% mai puțin decât pentru varianta molid+molid.

Pe de altă parte, nu am găsit diferențe semnificative în cantitatea de hrană consumată pe puieții de fag când aceștia au fost plantați împreună cu un alt puieț de fag, comparativ cu varianta mixtă, molid+fag.

Spre deosebire de experimentul din laborator, în teren nu am găsit diferență semnificativă din punct de vedere statistic asupra atacului produs de trombari molidului.

Puieții de molid din varianta molid + molid și cei din varianta molid + fag au fost atacați în mod similar pe tot parcursul experimentului. Atacul a crescut în mod constant din iulie și până în septembrie pentru ambele variante până la atingerea unui plafon unde toate plantele din parcelele experimentale au fost atacate.

Cu toate acestea, am putut observa anumite tendințe ale atacului (dacă planta a fost atacată sau nu) și asupra ratei de decojire (dacă planta a fost roasă de jur împrejur sau nu), chiar dacă acestea nu au fost semnificative din punct de vedere statistic.

În timpul primei evaluări, rata atacului și a decojirii au fost relativ mai scăzute (7.3% și 4.5% mai scăzute) pentru puieții de molid în varianta molid+fag față de cei în varianta molid+molid, dar această diferență a dispărut în timp. Referitor la mortalitatea totală a puieților de molid (media pentru cele 4 observații), am observat o reducere a

mortalității pentru puietii în varianta molid+fag comparativ cu cei în varianta molid+molid, dar această diferență nu a fost semnificativă din punct de vedere statistic.

Pe lângă comunicarea dintre plante, un alt factor care diferă între experimentul din laborator și cel din teren este presiunea exercitată de densitatea trombarilor prezenți în teren, care este mult mai ridicată decât în laborator.

În experimentul nostru, nu am măsurat sau estimat densitatea de *Hylobius abietis* direct, dar, având în vedere că locul unde am amplasat experimentul a fost un parchet proaspăt, nescarificat, a atras un număr mare de trombari. Frecvența plantelor atacate a fost foarte ridicată la 10 zile de la plantare. Este posibil ca această presiune exercitată de trombari să fi diminuat orice beneficiu pe care asocierea cu fagul l-ar fi adus.

4.3. Rezultate privind evaluarea efectelor bacteriei *Bacillus thuringiensis* asupra trombarului *Hylobius abietis* L.

Toate cele trei tulpini de *Bacillus thuringiensis* au fost toxice pentru adulții de *Hylobius abietis*, dar acestea au influențat în mod diferit greutatea, mortalitatea și hrănirea. Sub aspectul cantității totale de hrană consumate, toate tulpinile Bt (mai puțin *Bt galleriae* de concentrație scăzută) au redus cantitatea de hrană totală consumată la 3 respectiv 7 zile consecutive de expunere la hrană tratată comparativ cu grupul de control. În medie, reducerea cantității de hrană consumată (pentru ambele concentrații, scăzută și ridicată) în timpul celor 7 zile, a variat considerabil între tratamente, în cazul *Bt galleriae* a avut loc o scădere de aproximativ 30%, 42% pentru *Bt tenebrionis* și 70% pentru *Bt israeliensis*.

Această reducere a hrănirii s-a menținut chiar și pentru cele 7 zile ulterioare când trombarii au fost hrăniți cu hrană netratată cu Bt. Din nou, cantitatea de scoarță consumată în cele 7 zile de hrănire cu hrană netratată a urmărit aceeași scădere ca și în cele 7 zile anterioare, cea mai mare scădere a fost observată în cazul *Bt israeliensis*, urmat de *Bt tenebrionis* și *Bt galleriae* (82%, 38% și respectiv 11% reducere). Aceste diferențe au fost semnificative din punct de vedere statistic doar pentru *Bt israeliensis* și *Bt tenebrionis*.

Sub aspectul mortalității, toate tratamentele (cu excepția *Bt galleriae* concentrație joasă, BL) au demonstrat că un număr mai mare de indivizi au murit comparativ cu grupul de control pe toată durata experimentului și perioadei de observație (7 zile de hrană tratată cu Bt + 7 zile ulterioare de hrană netratată + 7 zile ulterioare de observație în cutie separată cu hrană netratată). Cea mai mare rată a mortalității s-a semnalat la *Bt israeliensis*, aceasta fiind de 70-82% când biopreparatul s-a utilizat în concentrație ridicată, fiind semnificativă din punct de vedere statistic.

La aplicarea unor combinații de produse Bt, am observat că *Hylobius abietis* nu prezintă susceptibilitate mai mare comparativ cu produsele individuale. Tratamentele care au conținut *Bt israeliensis* au fost cele mai toxice și letale comparativ cu produsele individuale.

4.3. Rezultate privind evaluarea efectului bufferelor asupra trombarului *Hylobius abietis* L.

În ceea ce privește mortalitatea trombarilor am constatat că în variantele de buffer care sunt pe bază de carbonat de sodiu la 14 zile mortalitatea este cuprinsă între 10% și 20%. În aceste variante trombarii au consumat și cea mai redusă cantitate de hrană și s-a semnalat și o scădere în greutate comparative cu cea inițială. În celelalte variante toți trombarii au supraviețuit după hrănirea cu materialul tratat.

Singura variantă în care cantitatea de hrană consumată a fost mai mare comparativ cu martorul este varianta cu bufferul HEPES 50 mM, pH 7,5 în care la 7 zile au consumat 357,4 mm², iar în a doua săptămână 311,12 mm². În această variantă s-a semnalat și cea mai mare creștere în greutate a trombarilor, aceasta fiind de 0,01g.

5. Concluzii și recomandări

1. În arboretele tinere de rășinoase din D.S. Cluj, suprafețele infestate cu *Pristiphora abietina* Crist. sunt foarte reduse comparativ cu suprafața totală a fondului forestier.

2. În toate ocoalele silvice monitorizate cele mai multe suprafețe infestate sunt în pădurile private, comparativ cu pădurile proprietate de stat.

3. În arboretele infestate cu *Pristiphora abietina* Crist. atât în pădurile private cât și în cele proprietate de stat, gradul de atac este foarte slab, specia fiind în faza de latență.

4. În urma acestui studiu am determinat ca identitatea speciilor vecine influențează atacul trombarului *Hylobius abietis* asupra puiștilor de molid.

5. Când condițiile de mediu pot fi controlate și menținute stabile, trombarul are tendința de a evita grupul de puiști asociați (molid + fag).

6. Cantitatea de hrană consumată în varianta mixtă (molid + fag) de pe puiștii de molid a fost mai redusă decât în cazul variantei molid + molid.

7. În condiții naturale efectele asociative își pierd din eficacitate. Distanța dintre plante în mediul natural poate fi un factor foarte important în acest proces.

8. Efectele asociative își pierd din eficacitate acolo unde presiunea trombarului este puternică și persistă pentru o perioadă mai lungă de timp.

9. *Bacillus thuringiensis* se dovedește a avea capacități toxice și letale asupra trombarului puiștilor de molid.

10. *Bt israeliensis* a produs o mortalitate de 65- 82% și 70-82% reducere a hrănirii comparativ cu grupul de control, la trombari adulți, aceasta având potențialul de a fi utilizată pentru managementul speciei *Hylobius abietis*.

11. Bufferele cu carbonat de sodiu afectează în mod negativ trombarii atât din punct de vedere al hrănirii cât și al ratei de supraviețuire. Aceste variante de buffer nu sunt recomandate pentru a fi utilizate în experimente care necesită utilizarea bufferelor cum ar fi testarea unor bacterii sau proteine care sunt solubilizate în buffer.

12. Varianta HEPES 50 mM, pH 7,5 este cea mai promițătoare. Bazându-ne pe rezultatele acestui experiment, acest buffer fiind foarte similar cu varianta control pentru toate variabilele studiate.

Recomandări

- Pentru a putea înțelege mai bine efectele asociative și pentru a putea îmbunătăți metodele de protecție a puieților de rășinoase împotriva speciei *Hylobius abietis*, studiile viitoare ar trebui să exmineze diferite distanțe între plante (plante focale și ne-focale).
- Diferite combinații cu specii nepreferate care ar putea media efecte asociative trebuie testate.
- Tulpinile de *Bacillus thuringiensis israeliensis* ar putea să fie utilizate în silvicultură ca o strategie de management pentru *Hylobius abietis*.
- Pentru protecția arboretelor de rășinoase se impune monitorizarea continuă a tuturor suprafețelor pentru a elabora o prognoză corectă care să prevină creșterea numerică a populațiilor de dăunători.

6. Originalitatea și contribuțiile inovative ale tezei

- Efectele asociative în silvicultură au fost puțin studiate până în prezent pentru speciile dăunătoare la stadiul de regenerare în păduri de conifere.
- Testarea preferinței trombarului asupra fagului a fost doar examinată, iar această teză demonstrează ca fagul nu este o specie preferată de trombar.
- *Bacillus thuringiensis* a fost testat în principiu în domeniul agriculturii, iar acesta este primul studiu care testează efectele Bt asupra adulților de *Hylobius abietis*.
- Studiul acesta demonstrează ca o proteină toxică *Bt israeliensis* care nu este specifică ordinului Coleoptera este cea mai letală pentru adulții de *Hylobius abietis*.
- S-a testat pentru prima dată efectul unor buffere asupra adulților de *Hylobius abietis*.

BIBLIOGRAFIA SELECTIVĂ

1. ADANG M.J., N. CRICKMORE, J.L. JURAT-FUENTES, 2014, Diversity of *Bacillus thuringiensis* crystal toxins and mechanism of action, *Advances in insect physiology*, 47, 39-87.
2. AGRAWAL A.A., A.L. JENNIFER, P.A. HAMBÄCK, 2006, Community heterogeneity and the evolution of interactions between plants and insect herbivores, *The Quarterly Review of Biology*, 81(4), 349-376.
3. ARIMURA G., K. MATSUI, J. TAKABAYASHI, 2009, Chemical and Molecular Ecology of Herbivore Induced Plant Volatiles: Proximate Factors and Their Ultimate Functions, *Plant and Cell Physiology*, 50(5), 911-923.
4. BARBOSA P., J. HINES, I. KAPLAN, H. MARTINSON, A. SZCZEPNIEC, Z. SZENDREI, 2009, Associational Resistance and Associational Susceptibility: Having Right or Wrong Neighbor, *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 40, 1-20.

5. BRUDEA V., G. PEI, 2006, Bioecology and control researches concerning the little spruce sawfly *Pristiphora abietina* (Christ.) (Hymenoptera: Tenthredinidae), *Analele Științifice ale Universității "Al. I. Cuza", Iași, s. Biologie Animală, Tom LII, 131-136.*
6. CASTAGNEYROL B., M.V. KOZLOV, C. POEYDEBAT, M. TOÏGO, H. JACTEL, 2020, Associational resistance to a pest insect fades with time, *Journal of Pest Science, 93(1), 427-437.*
7. DOMÍNGUEZ-ARRIZABALAGA M., M. VILLANUEVA, B. ESCRICHE, C. ANCÍN-AZPILICUETA, P. CABALLERO, 2020, Insecticidal activity of *Bacillus thuringiensis* proteins against Coleopteran pests. *Toxins. 12(7), 430.*
8. DYDERSKI M.K., S. PAŹ, L.E. FRELICH, A.M. JAGODZIŃSKI, 2017, How much does climate change threaten European forest tree species distributions?. *Glob Change Biol. 24(3), 1150-1163.*
9. GUI-MING L., Z. XIANG-YUE, W. LU-QUAN, 2001, The use of *Bacillus thuringiensis* on Forest Integrated Pest Management, *Journal of Forestry Research, 12(1), 51-54.*
10. HAMBÄCK P.A., B.D. INOUE, P. ANDERSSON, N. UNDERWOOD, 2014, Effects of plant neighborhoods on plant-herbivore interactions: resource dilution and associational effects, *Ecology, 95(5), 1370-1383.*
11. INWARD D.J., D. WAINHOUSE, A. PEACE, 2012, The effect of temperature on the development and life cycle regulation of the pine weevil *Hylobius abietis* and the potential impacts of climate change, *Agricultural and Forest Entomology, 14(4), 348-357.*
12. KARBAN R., L.H. YANG, K.F. EDWARDS, 2014, Volatile communication between plants that affects herbivory: a meta-analysis, *Ecology letters, 17(1), 44-52.*
13. LALÍK M., J. GALKO, C. NIKOLOV, 2020, Non-pesticide alternatives for reducing feeding damage caused by the large pine weevil (*Hylobius abietis* L.), *Annals of Applied Biology, 177(1), 132-142.*
14. NORDLANDER G., C. HELLQVIST, K. JOHANSSON, H. NORDENHEM, 2011, Regeneration of European boreal forests: Effectiveness of measures against seedling mortality caused by the pine weevil *Hylobius abietis*, *Forest Ecology and Management, 262(12), 2354-2363.*
15. RUTTAN A., C.J. LORTIE, 2015, A systematic review of the attractant-decoy and repellent-plant hypotheses: do plants with heterospecific neighbours escape herbivory?, *Journal of Plant Ecology, 8(4), 337-346.*
16. SHI Y., W. MA, M. YUAN, F. SUN, Y. PANG, 2007, Cloning of vip1/vip2 genes and expression of Vip1Ca/Vip2Ac proteins in *Bacillus thuringiensis*, *World Journal of Microbiology and biotechnology, 23(4), 501-507.*
17. TOIVONEN R., H. VIIRI, 2006, Adult large pine weevils *Hylobius abietis* feed on silver birch *Betula pendula* even in the presence of conifer seedlings, *Agricultural and Forest Entomology, 8, 121-128.*
18. WAR A.R., G.K. TAGGAR, M.Y. WAR, B. HUSSAIN, 2016, Impact of climate change on insect pests, plant chemical ecology, tritrophic interactions and food production, *International Journal of Clinical and Biological Sciences, 1(02), 16-29.*
19. YAN Y., Y.C. WANG, C.C. FENG, P.H.M. WAN, K.T.T. CHANG, 2017, Potential distributional changes of invasive crop pest species associated with global climate change, *Applied geography, 82, 83-92.*