

***Cephalcia abietis* (L.) (Hymenoptera: Pamphiliidae) - un nou dăunător al pădurilor de molid din România**

N. Olenici

Olenici N., 2017. *Cephalcia abietis* (L.) (Hymenoptera: Pamphiliidae) - a new pest of the Norway spruce forests in Romania. Bucov. For. 17(1): 7-36.

Abstract. Defoliation of some Norway spruce stands, caused by *Cephalcia abietis*, was first reported in Romania in the autumn of 2015. The outbreak has affected 58 ha in the Eastern Carpathians and 190 ha in the Southern Carpathians. The species was previously known only as a faunistic element in the country and very little information on its biology, ecology, detection, forecast and population control is available in the Romanian literature. This paper is a synthesis of information concerning the web-spinning spruce sawfly, whose aim is to fill the knowledge gap. *C. abietis* is a species with a vast distribution area, but repeated outbreaks were reported especially from Central Europe. In the outbreak areas, the most insects of a generation need 2-3 years to complete their development, so that an intense flight and a stronger defoliation take place every 2-3 years. Although mortality factors affecting the populations of *C. abietis* are very numerous, they fail to keep defoliator populations under control and outbreaks may extend for a long time. Mass multiplication occurs mainly in pure Norway spruce stands older than 60 years, at medium altitudes (600-1000 m), in places exposed to periodic drought or pollution. Biological and ecological peculiarities of this species make the prognosis of defoliation much more labor intensive than that for other defoliators, although quite uncertain. The chemical control, with partially selective insecticides (chitin synthesis inhibitors), was usual during recent decades, while biological control is still in the experimental phase. Consequently, greater emphasis should be placed on preventing mass multiplication of this species.

Keywords spruce web-spinning sawfly, biology, ecology, outbreaks, detection, control.

Author. Nicolai Olenici (olenicifp@yahoo.com) - National Institute for Research and Development in Forestry "Marin Drăcea", Câmpulung Moldovenesc Station, Calea Bucovinei 73 bis, 725100 Câmpulung Moldovenesc, Suceava; **Manuscript** received January 30, 2017; revised February 12, 2017; accepted February 14, 2017; online first February 17, 2017.

Introducere

Modificările suferite de ecosistemele terestre fac ca unele organisme să aibă de suferit, să

își reducă efectivele populaționale și în unele cazuri să dispară, astfel încât în prezent se consideră că suntem în fața celui de al 6-lea mare val de extincții în masă din îndelungata istorie

a planetei noastre (Barnosky et al. 2011, Pievani 2014, McCallum 2015). Totodată, unele organisme beneficiază de aceste schimbări și se înmulțesc mai mult decât în trecutul pe care îl cunoaștem, iar când acestea concurează cu omul pentru resursele naturale sunt etichetate ca „dăunători”. Astfel de specii de insecte, care doar în ultimele decenii au ajuns să fie catalogate ca dăunători ai pădurilor din România, sunt *Pristiphora abietina* (Christ 1791) (Olenici & Olenici, 2005) și *Ips duplicatus* (Sahlberg 1836) (Olenici et al. 2009), ambele afectând în special culturile de molid [*Picea abies* (L.) H. Karst.] din afara arealului. În cursul anului 2015 s-au semnalat însă defolieri ale arborilor de molid pe suprafețe destul de mari în Carpații Orientali (58 ha la Composesoratul Văcărești, județul Harghita) și în Carpații Meridionali (190 ha la ocoalele silvice Mușătești și Vidraru, județul Argeș) cauzate de larvele unei specii care nu a mai fost menționată la noi decât ca element faunistic – *Cephalcia abietis* (Linnaeus 1758).

Având în vedere faptul că în literatura de specialitate scrisă în limba română există doar informații sumare despre această specie (a se vedea Ene 1971), în lucrarea de față se prezintă o sinteză a cunoștințelor actuale despre acest dăunător, care este menită să ajute personalul din administrația silvică și pe toți cei interesați să cunoască particularitățile biologice ale speciei, dar și modalitățile de depistare, prognoză, monitorizare și control al populațiilor ei.

Încadrare sistematică și sinonime

Cephalcia abietis (Linnaeus 1758) [urn:lsid:faunaeur.org:taxname:354247] face parte din Ordinul Hymenoptera, Subordinul Symphyta, Superfamilia Pamphilioidea, Familia Pamphiliidae, Subfamilia Cephalciinae (Taeger & Blank 2013). Din același gen, în Europa mai sunt 11 specii (Taeger et al. 2006) dintre care *Cephalcia hartigii* (Brems-Wolf 1849) se dezvoltă pe brad (Battisti & Cescatti 1992),

Cephalcia lariciphila (Wachtl 1898) pe larice (Pschorn-Walcher 1982), iar celelalte specii pe molid (Battisti & Zanocco 1994, Liston 1995, Battisti & Sun 1996, Battisti et al. 1997, Battisti & Boato 1998, Battisti et al. 1998, Guinet 2003).

În afară de *C. abietis*, Taeger et al. (2006) menționează ca fiind prezente în România și speciile *C. arvensis* Panzer 1804 și *C. erythrogaster* (Hartig, 1837), iar Roller & Haris (2008) completează lista cu speciile *C. alpina* (Klug, 1808) și *C. hartigii*.

Specia a fost descrisă inițial sub denumirea de *Tenthredo abietis* Linnaeus 1758, dar ulterior apare în literatură sub diverse denumiri, precum: *Lyda hypotrophica* Hartig 1834, *Lyda klugi* Hartig 1836 (1837), *Lyda scutellaris* C.G. Thomson 1871, *Cephaleia testacea* Gimmerthal 1836 și *Cephaleia abietis* Klima 1937 (Blank et al. 2012, Noblecourt 2016). Aceste denumiri nu sunt însă considerate sinonime ale speciei discutate, deoarece sistematica genului *Cephalcia* a fost destul de confuză până nu demult (a se compara Beneš 1976, van Achterberg & van Aartsen 1986, Zhelokhovtsev et al. 1994, Taeger & Blank 2013), astfel că în ultimele trei decenii au fost descrise două noi specii (Battisti & Zanocco 1994, Battisti & Boato 1998) și numele altor trei specii de *Cephalcia* din Europa au fost restaurate (Blank et al. 1998, Battisti et al. 1998, Taeger & Blank 2013).

Răspândire

În Europa, *C. abietis* a fost semnalată din Austria, Belgia, Bulgaria, Cehia, Croația, Danemarca, Elveția, Estonia, Finlanda, Franța, Germania, Italia, Letonia, Norvegia, Olanda, Polonia, România, Rusia, Slovacia, Suedia și Ucraina (Taeger et al. 2006). Arealul speciei cuprinde și Siberia, China și insula Sahalin (Vitasaari 1982, citat de Midtgaard 1986). Altitudinal ajunge la peste 1700 m (Hellrigl 2006).

După datele din literatură (Roller & Haris

2008 și referințele bibliografice aferente), în România specia a fost semnalată din următoarele locuri: Măgura - județul Brașov, Valea Bucin din Munții Gurghiuului, Hodod – județul Satu-Mare (?), Harghita-Băi – județul Harghita, Bicaș-Chei – județul Neamț, Măgura - județul Cluj (actualmente Măgura Ierii) și Măgura Cislădiei – județul Sibiu.

Morfologie

Novák et al. (1992) descriu adulții acestei specii ca fiind viespi cu abdomenul turtit dorso-ventral și capul mult lățit, cu antenele alcătuite din 22-28 articole, aproape la fel de lungi ca și corpul insectei și cu al 3-lea segment aproximativ de aceeași lungime ca segmentele 4-5 luate împreună. Capul și toracele sunt negre cu pete galbene, dar picioarele și abdomenul au colorit galben-roșcat până la brun-roșcat. Aripile sunt aproape transparente, doar spre vârf ușor cenușii, astfel încât nervurile negre se observă foarte bine. Femelele au 13-15 mm lungime, anvergura aripilor de 22-27 mm și abdomenul oval, în timp ce masculii au 10-13 mm lungime, anvergura aripilor de 20-24 mm, abdomenul aproape dreptunghiular și cu aproape toate segmentele marcate dorsal cu negru (fig. 1).

Adulții de *C. abietis* se pot confunda ușor cu cei ai altor specii de *Cephalcia*, față de care sunt totuși mai robuști, exceptând cei de *C. alashanica* Gussakovskij 1935 (van Achterberg & van Aartsen 1986). Femelele se deosebesc de cele de *C. alashanica* după culoarea clipeului, prin faptul că cele de *C. abietis* nu au pe margine porțiuni colorate în galben. În plus, fosele temporale sunt situate mai departe de marginea ochilor. Masculii se deosebesc după culoarea sternitelor abdominale. La *C. abietis* sternitele 3-5 sunt brune-gălbui, uniform colorate, în timp ce la *C. alashanica* jumătatea anterioară este neagră (van Achterberg & van Aartsen 1986).

Ouăle proaspăt depuse sunt cilindrice, cu capetele rotunjite, de 1,7 x 0,7 mm și au co-



UGA2113002

Figura 1 Mascul și femelă de *Cephalcia abietis*
Male and female of Cephalcia abietis
(Foto: Petr Kapitola, Central Institute for Supervising and Testing in Agriculture, Bugwood.org)



UGA2113003

Figura 2 Ouă de *Cephalcia abietis*
Cephalcia abietis eggs
(Foto: Petr Kapitola, Central Institute for Supervising and Testing in Agriculture, Bugwood.org)

lorit verde întunecat, dar înainte de ecloziunea larvelor se măresc, ajungând la 2,3 x 1,1 mm și capătă un colorit mai deschis, verde cenușiu (fig. 2) (Novák et al. 1992).

Larvele (omizi false) au trei perechi de picioare toracale și o pereche de cerci pe ultimul segment abdominal. În primele cinci vârste au colorit verde-cenușiu, cu două benzi longitudi-

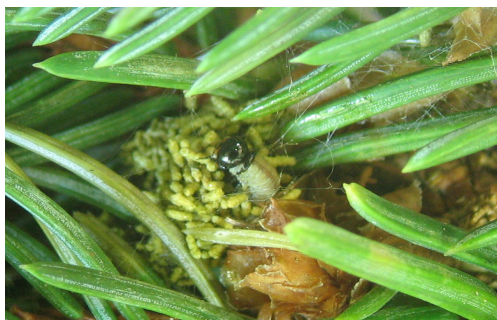


Figura 3 Larvă de *Cephalcia abietis* parțial ieșită din cuib
Cephalcia abietis larva partially out of the nest



Figura 4 Vedere frontală a capului și a plăcii subanale la nimfa de *C. abietis*
Frontal view of the head and subanal plate of C. abietis prepupa

nale dorsale și una ventrală puțin evidente și cu părțile mai puternic chitinizate negre-lucitoare (fig. 3). În ultima vârstă majoritatea larvelor (cca. 90%) sunt de culoare verde intens, iar restul galbene-aurii. Exemplarele galbene sunt mutanți care apar în mod recesiv (Schedl 1991).

Capsula cefalică și picioarele sunt negricioase (Novák et al. 1992). Tot negre, lucitoare sunt unele părți ale corpului mai puternic chitinizate pe primul inel toracal și ultimul inel abdominal. Pe frunte larvele au un semn în formă de „X” de culoare mai întunecată (fig. 4a) (Schwerdtfeger 1981), iar placa subanală are o pată neagră sub forma unei benzi longitudinale neregulate (fig. 4b), desenele de pe frunte și de pe placa subanală fiind elemente de diferențiere față de larvele celorlaltor specii (Battisti & Sun 1996). La maturitate, larvele ajung la 20-25 mm lungime și cele din care vor ieși masculi sunt mai mici decât cele din care vor ieși femele, având capsula cefa-



Figura 5 Eonimfe de *Cephalcia abietis*
Cephalcia abietis eonymphs



Figura 6 Pronimfă de *C. abietis* cu ochi de pupă complet format
A pronymph of C. abietis with fully developed pupal eye

lică de 2,0-2,2 mm și respectiv 2,5-2,7 mm lățime (Heqvist 1956).

Eonimfele (fig. 5), respectiv larvele retrase în sol pentru iernare au același aspect ca și larvele în ultima vârstă. Exemplarele care în primăvara următoare se vor transforma în pupe se numesc pronimfe și se deosebesc de eonimfe prin faptul că prezintă ochi de pupă (fig. 6), respectiv câte o pată ovală, cu un colorit uniform brun întunecat până la negru, clar delimitată, situată puțin mai în spate și deasupra ochiului de larvă și a antenei, pe fiecare parte laterală a capului. Aceasta nu trebuie să fie confundată cu pata de pe obraz, prezentă la unele larve, care are însă o mărime variabilă, un contur neclar și este situată înaintea marginii posterioare a capului (Scheidter 1916, Heqvist 1956).

Pupele sunt de tip liber, au același colorit ca și nimfele, iar la femele se observă pe al 8-lea segment abdominal primordiile ovipozitorului (Novák et al. 1992).

Ciclul biologic

Ieșirea adulților din sol și zborul depind în mare măsură de clima locală și de evoluția vremii din fiecare an (Jensen 1988). În mod normal, în Europa Centrală, la altitudini de 650-850 m, dar și în țările nordice apariția adulților are loc după jumătatea lunii mai, până spre sfârșitul lunii iunie, timp de cca. 4 săptămâni (Heqvist 1956, Martinek 1980, Jensen 1988, Eichhorn & Bogenschütz 2000). Totuși, în locuri cu climă mai caldă sau în primăverile timpurii, primii adulți pot ieși încă de la mijlocul lunii aprilie (Heqvist 1956, Novák et al. 1992) sau chiar la începutul lunii aprilie (Parst 1916). Pe de altă parte, dacă vremea este rece și ploioasă în perioada normală de apariție a viespilor, ieșirea se poate prelungi până la 6(8) săptămâni, iar majoritatea viespilor ies în iunie și în prima parte a lunii iulie (Martinek 1980, Jensen 1988, Eichhorn & Bogenschütz 2000).

Durata de viață a adulților este de cca. 2 săptămâni în cazul femelelor și de 3-4 săptămâni în cazul masculilor (Heqvist 1956) și numai masculii zboară activ, mai ales în zilele calde, însorite, în timp ce femelele se cațără pe tulpinile arborilor pentru a ajunge în partea superioară a coroanelor și planează când trec de pe un arbore pe altul (Schwerdtfeger 1981, Pschorn-Walcher 1982). Zborul masculilor are loc în imediata apropiere a solului, concentrați pe spații mici în roiuri (Schmutzenhofer 1985), în locurile însorite din arboret și - atunci când zborul este întârziat cu 2-3 săptămâni din cauza frigului - majoritatea adulților ies și zboară simultan, lăsând impresia unui zbor foarte intens (Immler 2006).

Împerecherea are loc pe suprafața solului (Schmutzenhofer 1985), îndată după ieșirea adulților (Heqvist 1956, Pschorn-Walcher 1982) și depunerea ouălor începe la 2-3 zile după împerechere (Gruppe 1993). Ouăle sunt depuse câte 4-12 pe un ac, de jur împrejur, în jumătatea de la vârf a acului, apoape exclusiv pe lujerii din anul anterior (Schwerdtfeger 1981, Novák et al. 1992), dar uneori și pe acele formate în anul curent (Heqvist 1956).

Dezvoltarea embrionară la cca. 20°C durează 6 zile (Gruppe 1993), dar în natură durează 2-4 săptămâni (Pschorn-Walcher 1982, Schmutzenhofer 1985). Larvele proaspăt eclozate se deplasează spre baza ramurii pe care au fost depuse ouăle, până la o ramificație a acesteia, unde se adună în număr mare și împreună fac o țesătură din fire de mătase, situată pe partea de jos a ramurii, țesătură care cu timpul se umple de resturi de ace, excremente și exuvii (Schwerdtfeger 1981) (fig. 7-8). În interiorul acestor cuiburi, fiecare larvă are propriul tub țesut din fire, din care iese ca să taie câte un ac pe care îl consumă în cuib (Escherich 1942, citat de Klimetzek & Vité 1989), iar între cuiburi sunt țesute tuburi care le unesc, formând colonii și mai mari (Novák et al. 1992).

Dezvoltarea larvară durează 6-8 săptămâni (Heqvist 1956, Pschorn-Walcher 1982), timp în care larvele trec prin 5 vârste (masculii) sau 6 vârste (femelele) (Battisti & Sun 1996). După ultima năpârlire larvele nu mai țes (Novák et al. 1992). La încheierea dezvoltării în coroanele arborilor, larvele părăsesc cuiburile din arbori și cad pe sol, ceea ce se întâmplă pentru majoritatea larvelor în lunile august și septembrie, dar cele mai timpurii se pot găsi



Figura 7 Cuiburi de *Cephalcia abietis* la începutul atacului.

Nests of Cephalcia abietis shortly after beginning of the attack

(Photo: Petr Kapitola, Central Institute for Supervising and Testing in Agriculture, Bugwood.org)



Figura 8 Ramuri complet defoliate, cu aglomerări de excremente în cuiburile făcute de larvele de *C. abietis*.

*Completely defoliated branches with clusters of faeces in the nests made by the larvae of *C. abietis** (Photo: F. Popescu)

pe sol încă de la sfârșitul lui iulie (Eichhorn & Bogenschütz 2000), iar cele mai târzii la începutul lui octombrie (Martinek 1980). Îndată după ce ajung pe sol, larvele pătrund prin stratul de litieră în solul mineral la 5-15(20) cm adâncime (Heqvist 1956, Mráček 1977, Novák et al. 1992), deoarece sunt foarte sensibile la deshidratare (Heqvist 1956) și își fac câte o cămăruță ovoidă din pământ, ai cărei pereți sunt întăriți printr-o secreție produsă de larvă (Klimetzek & Vité 1989), cămăruță în care ierneză într-o poziție caracteristică (fig. 9), în formă de cârlig (Pschorner-Walcher 1982). Adâncimea la care larvele se adăpostesc în sol depinde probabil în mare măsură de textura și umiditatea solului, Führer & Fischer (1994) menționând că marea majoritate a larvelor se găsesc în primii 10 cm de sol mineral.

După ce se adăpostesc în sol, insectele (cunoscute în acest stadiu sub denumirea de eonimfe) își pot continua dezvoltarea dacă temperatura este suficient de ridicată (Gruppe 1993), respectiv dacă depășește pragul de 13°C (Baier 1994). În caz contrar, ele intră în diapauză. Continuarea dezvoltării se recunoaște după începerea diferențierii ochiului de pupă (Eichhorn & Pausch 1986), iar insectele respective se numesc pronimfe. Schimbărilor exterioare le corespund schimbări de natură hormonală și



Figura 9 Nimfă de *C. abietis* în cămăruța din pământ
*A nymph of *C. abietis* in the earth-walled chamber*

de dezvoltare sexuală (Baier 2000). Trecerea de la stadiul de eonimfă, la cel de pronimfă poate avea loc în același an în care larvele respective s-au hrănit în coroană (așa-zisa «dezvoltare subită») sau după mai multe luni ori chiar ani de diapauză, de regulă în luna iulie, iar toamna (în septembrie-octombrie) pronimfele ajung să fie complet dezvoltate, cu ochiul de pupă în forma definitivă (Eichhorn & Pausch 1986, Eichhorn 1990). Acestea intră în diapauză deoarece transformarea în pupe nu are loc decât după ce trec printr-o perioadă de frig (Gruppe 1993), care este de minimum două luni la -1°C (Baier 1994). Reluarea dezvoltării pronimfelor pentru a se transforma în pupe începe când temperatura solului depășește 3°C (Eichhorn & Bogenschütz 2000). Stadiul de pupă durează 2-3 săptămâni (Novák et al. 1992).

În dezvoltarea pronimfelor se pot distinge 4 faze (denumite și stadii, P1-P4), care se deosebesc după gradul de diferențiere a ochiului de pupă (Eichhorn & Pausch 1986, Eichhorn 1990). Dacă temperatura în mediul în care se află insectele se menține peste 13°C, dezvoltarea de la eonimfă până la stadiul de pronimfă cu ochi de pupă complet format are loc continuu, fără diapauză. Ritmul dezvoltării depinde de temperatură, optimul termic fiind între 13°C și 22°C (Baier 1994). Dacă temperatura scade sub 13°C, insectele (eonimfele și pronimfele aflate în primele două stadii de dezvoltare - P1 și P2) intră în diapauză și își reiau dezvoltarea

când este depășit pragul termic menționat, cel mai devreme la sfârșitul lunii iulie (Eichhorn & Bogenschütz 2000). Prin urmare, durata diapauzei este dependentă de regimul termic, dar și de momentul în care larvele coboară din arbori, ceea ce depinde de evoluția vremii în perioada hrănirii, de calitatea hranei și de densitatea populației de larve active (Baier 1994). În plus, este posibil ca și alți factori, de natură genetică, să determine durata diapauzei (Eichhorn & Bogenschütz 2000). Unii autori (Martinek 1980, Bogenschütz 1986, Eichhorn 1988) menționează că o parte din pronimfe își încheie dezvoltarea abia în primăvară, după care se și împușează, însă Baier (1994) consideră că așa ceva nu este posibil, deoarece trecerea la stadiul de pupă necesită supunerea pronimfelor complet dezvoltate la temperaturi negative.

Caracteristici ale populațiilor

Fecunditatea și fertilitatea

Unii autori (Ene 1971, Schwerdtfeger 1981, Brauns 1991, Novák et al. 1992) menționează faptul că femelele depun câte 100-120 de ouă, în timp ce alții (Scheidter 1916, Nüsslin & Rhumbler 1922, Martinek 1980, Gruppe 1993, Eichhorn & Bogenschütz 2000) menționează un număr mult mai redus, de regulă sub 50. Diferența considerabilă dintre valorile menționate se datorează faptului că sunt avute în vedere lucruri diferite. Autorii dintâi se referă la fecunditatea femelelor de *C. abietis*, respectiv la potențialul reproductiv maxim al unui individ pe parcursul întregii sale vieți (Bradshaw & McMahon 2008), denumită și fecunditate potențială (Jervis et al. 2005), iar ceilalți se referă la fertilitate (în accepțiunea dată acestui termen de Bradshaw & McMahon 2008), adică la numărul mediu de ouă efectiv depuse de o femelă, ceea ce Jervis et al. (2005) numesc fecunditate realizată. Scheidter (1916) a constatat că fiecare ovar are câte 8 ovariole și fiecare ovariolă conține 6-8 oocite, ceea ce

înseamnă un potențial de 100-120 ouă/femelă, valori confirmate de Eichhorn (1990) și de Eichhorn & Bogenschütz (2000). Ultimii autori menționați specifică totuși faptul că - în același loc de studiu - numărul mediu de oocite dezvoltate de o femelă a variat în intervalul 1988-1995 între 46 și 112, ceea ce se s-ar putea datora modificării factorilor endogeni pe parcursul gradației. O situație aparte o reprezintă femelele care provin din larve ce au fost parazitare, dar care au reușit să încapsuleze parazitul și să se dezvolte până în stadiul de adult. Acestea au o fecunditate diminuată considerabil (cu cca. 53%) în comparație cu cele care nu au fost parazitare (Kudela 1957, citat de Eichhorn 1990).

Faptul că din numărul potențial de ouă sunt depuse, de regulă, mai puțin de 50% se datorează în mare măsură condițiilor de vreme nefavorabile, care fac ca maturizarea ouălor în ovariole să dureze mai mult, timp în care poate surveni moartea femelelor (Scheidter 1916, Heqvist 1956).

Raportul sexelor

Din ouăle fecundate se dezvoltă femele și din cele nefecundate rezultă masculi (partenogeneză arenotocă). Totuși, pe o perioadă mai lungă de timp (câțiva ani), raportul sexelor (masculi: femele) în rândul adulților care ies din sol este aproape de 1:1 (Eichhorn 1990), deși masculii predomină în faza de erupție, iar femelele în faza de latență (Eichhorn & Bogenschütz 2000). În cursul unui singur an, la începutul zborului proporția masculilor în cadrul populației este mult mai mare decât cea a femelelor, deoarece masculii ies din sol cu 1-2 săptămâni mai devreme decât femelele (Heqvist 1956, Pschorn-Walcher 1982, Eichhorn & Bogenschütz 2000), dar ulterior ponderea masculilor este echilibrată de cea a femelelor (Eichhorn 1990). Cele două forme cromatice existente în rândul nimfelor de *C. abietis* diferă în ce privește ponderea celor două sexe, nimfele de culoare galbenă generând de cca. 4 ori mai mulți masculi decât femele (Eichhorn 1990).

Voltinism

În funcție de căldura de care beneficiază larvele începând din momentul pătrunderii în sol, transformarea lor succesivă în eonimfe, pronimfe, pupe și adulți se poate încheia după prima iernare în sol (ciclu de 1 an), după a doua iernare (ciclu de 2 ani) sau după 3-4 iernări (ciclu de 3-4 ani). De regulă, durata dezvoltării este pentru majoritatea indivizilor de 2-3 ani, dar ponderea insectelor care își încheie ciclul biologic într-un singur an, în doi ani sau în mai mulți ani pare a fi variabilă în funcție de zona geografică, dar și de condițiile meteorologice din perioada de hrănire a larvelor. Când în perioada dezvoltării larvare este vreme caldă și fără precipitații, un procent mai mare de insecte vor avea durata generației de 1 an, deoarece dezvoltarea lor în coroanele arborilor se încheie până în 15 august (uneori chiar înainte de sfârșitul lunii iulie), când este încă suficient de cald pentru continuarea dezvoltării lor după pătrunderea în sol, cum s-a constatat și în cazul speciei *C. arvensis* (Battisti 1994a). Dacă vremea este răcoroasă, va crește ponderea insectelor care își vor încheia dezvoltarea abia în al 3-lea an (Pschorn-Walcher 1982). Deși în Cehoslovacia Martinek (1980) a constatat că doar 2-9% dintre insecte își încheie dezvoltarea într-un singur an, local proporția acestora poate ajunge până la 50% (Eichhorn & Pausch 1986, Martinek 1986). Referindu-se la diverse populații de *C. abietis* din Europa Centrală, Martinek (1980), Pschorn-Walcher (1982) și Eichhorn & Pausch (1986) menționează că cel mai frecvent dezvoltarea insectelor se încheie în doi ani, dar Führer & Fischer (1994) specifică faptul că - în cazul gradațiilor din Austria și Bavaria de după 1970 - atacurile intense au avut loc la interval de 3 ani, ceea ce ar putea însemna prevalența unui ciclu biologic de 3 ani, care corespunde cu situația din Baden-Württemberg, de la o altitudine de 570 m (Eichhorn & Bogenschütz 2000). Și în cazul ultimei gradații din Austria, care a început în 2013 în zona Waldviertel (la Zwettl), majoritatea insectelor

și-au încheiat dezvoltarea în 3 ani (Schafellner et al. 2016). De asemenea Baier & Otto (2000) afirmă că în Turingia, în anii 1980, se producea un zbor relativ intens din 2 în 2 ani, dar după 1990 perioada dintre zborurile intense a crescut la 3 ani. În Scandinavia, în anii 1940-1941, atacurile intense s-au succedat la interval de 3 ani (Heqvist 1956), lăsând să se înțeleagă că dezvoltarea majorității insectelor se încheia după un ciclu de 3 ani (Eichhorn 1988).

Densitatea populației

Populațiile de nimfe din sol se caracterizează printr-o mare variabilitate temporală și spațială. Astfel, în Pădurea Boemiei (Austria Superioară), în trei focare în care în 1986 o parte dintre arbori au fost total defoliați, densitatea populației în luna mai 1987 a fost de 996-1833 nimfe/m², iar în alte trei focare unde defolierea a fost slabă s-au găsit 526-602 nimfe/m², în timp ce în arboretele din apropiere fără urme vizibile de atac au fost 12-25 nimfe/m² (Führer & Fischer 1994). În Austria Inferioară, după atacul din 2013, s-au găsit în medie 640 nimfe/m², cu un maximum de 1390 nimfe/m², în zona cu atac vizibil, și 10 nimfe/m² dincolo de limita zonei cu atac vizibil (Steyrer et al. 2014). Densitatea medie a populației de nimfe în Turingia a variat în intervalul 1981-1998 între 450 nimfe/m² (1981) și 45 nimfe/m² (1990 și 1998) (Baier & Otto, 2000). Exemple similare există și din alte zone de gradație (Baden-Württemberg, Bavaria, Cehia etc.) și toate evidențiază densități foarte mari ale populației în focarele cu defoliere puternică (până la 1500-2500 nimfe/m²) și densități mai reduse în zonele cu focare în care defolierea a fost slabă, dar și prezența insectei în zonele fără semne vizibile de atac.

Distribuția spațială

Densitatea populației variază nu doar de la o zonă la alta, respectiv de la zone cu atac vizibil, la cele fără atac vizibil, ci și pe suprafețe

reduse, de la un arbore la altul, indicând o distribuție foarte neuniformă a insectelor, atât în stadiul de nimfă (în sol), cât și în stadiul de adult, aspect valabil nu doar la populațiile aflate în gradație (Baier & Otto 2000, Lemme & Petercord 2010a, 2010b), ci și la cele aflate în latență (Rodeghiero & Battisti 2000). Astfel, la o populație aflată în latență, Rodeghiero & Battisti (2000) au constatat mai multe insecte (nimfe și adulți) în imediata apropiere, respectiv pe arborii care aveau semne de ușoară defoliere din anul precedent, decât în apropierea arborilor vecini care nu aveau semne de defoliere. Mai mult, în coroanele arborilor cu urme de defoliere numărul mediu de larve mature/femelă a fost mai mare decât la ceilalți arbori, ceea ce s-ar putea datora calității diferite a hranei furnizate de diferiți arbori. Se pare că acele arborilor vizibil afectați de factori abiotici (cu ace mai mici și parțial îngălbenite) au o valoare nutritivă inferioară pentru larvele de *C. abietis*, ceea ce determină o reducere a ratei de supraviețuire și a celei de creștere (Führer & Fischer 1994) și implicit o defoliere mai slabă (Baier & Otto 2000).

La nivel de arbore, distribuția nimfelor în sol este de asemenea neuniformă și nu s-au evidențiat anumite preferințe pentru anumite direcții sau pentru o anumită distanță față de tulpină (Schmutzenhofer 1985, Baier & Otto 2000).

Și distribuția pe verticală a nimfelor în sol este neuniformă. Într-un arboret din Turingia, Baier & Otto (2000) au găsit 23,6% din numărul total de nimfe în orizontul L-Of-Oh, 41,6% în Ah, 33,7% în primii 5 cm ai orizontului A și 1,1% în următorii 5 cm din orizontul A. Mráček (1982) menționează și el că a găsit nimfe de *C. abietis* atât în stratul de humus, cât și în partea minerală a solului, în timp ce Führer & Fischer (1994) menționează că nu au găsit nici o nimfă în orizontul organic al solului și 95,7% dintre nimfe au fost în primii 10 cm ai orizontului A, 68,8% fiind în primii 5 cm, iar 4,3% între 10 și 15 cm adâncime. De asemenea, Steyrer et al. (2014) menționează că nimfele se găsesc doar în partea minerală a solului.

Structura populației

De un interes aparte este structura populațiilor de *C. abietis* când insectele sunt în stadiul de nimfă, atât pentru faptul că aceasta nu este atât de schimbătoare precum este în cazul stadiilor active, cât și pentru faptul că ea oferă informații care – corelate cu cele referitoare la densitatea populațiilor – permit cunoașterea cu oarecare probabilitate a intensității zborului în următorul sezon de vegetație. În acest sens interesează proporția eonimfelor și a pronimfelor, respectiv a celor patru stadii de pronimfă (P1-P4). Eichhorn (1990) precizează că informații complete despre dezvoltarea nimfelor de-a lungul unui an se pot obține analizând probe recoltate în 5 perioade, și anume: 1) la începutul lunii mai, înainte de începerea ieșirii adulților; 2) la sfârșitul lunii iunie, după încheierea ieșirii adulților; 3) în luna august, înainte ca primele larve să coboare din arbori; 4) în septembrie după coborârea din arbori a majorității larvelor; 5) înainte de venirea iernii. Probele din seriile 2 și 3 dau informații despre faza inițială a metamorfozei (trecerea de la eonimfă la stadiile 1 și 2 de pronimfă), iar probele 4 și 5 dau informații despre mortalitatea din timpul metamorfozei, precum și despre proporția exemplarelor care se vor transforma în adulți și vor ieși din sol.

Factorii de mortalitate

În cazul acestei specii, factorii biotici și abiotici care determină moartea insectelor în diverse stadii de dezvoltare sunt numeroși. Adulții sunt consumați de ciori și gaițe (Heqvist 1956), de furnici din genurile *Formica* și *Camponotus* și de specii de păianjeni din genul *Platybunus* (Arachnida, Opiliones, Phalangidae) (Eichhorn 1990).

Ouăle de *C. abietis* sunt parazitare de specii de *Trichogramma* (Hymenoptera, Trichogrammatidae): *T. embryophagum* (Hartig 1838), *T. cephalciae* Hochmut and Martinek 1963 și *T. zeirapherae* Walter 1985 (Matinek

1980, Walter 1985, Walter 1986, Eichhorn & Bogenschütz 2000). În Suedia, Heqvist (1956) menționează ca parazit al ouălor de *C. abietis* specia *T. evanescens* Westwood 1833, dar identitatea acestei specii este și în prezent incertă (Polaszek 2010), astfel că este posibil ca specia observată de Heqvist să fi fost una dintre cele trei menționate anterior.

În Europa Centrală, *T. cephalciae* este specia majoritară, dar acolo unde sunt focare nu doar de *C. abietis*, ci și de *Zeiraphera griseana* (Hübner 1799), *T. zeirapherae* poate fi majoritară (Walter 1986). Rata parazitării poate ajunge în unii ani la peste 90%, prevenind astfel uneori defolierile severe, dar – fiind invers dependentă de densitatea gazdei – uneori rămâne sub 10% (Martinek 1980, Walter 1986, Eichhorn 1990). Se pare că la altitudini sub 700 m *T. cephalciae* se află în afara zonei de optimum ecologic și că ratele de parazitare sunt totdeauna sub 50% (Martinek 1980), cum au constatat și Eichhorn & Bogenschütz (2000) în apropiere de Ulm (Germania), la 570 m altitudine.

Ca prădători ai ouălor de *Cephalcia* se menționează larve de *Raphidia* (Raphidioptera, Raphidiidae) (Nüsslin & Rhumbler 1922) și adulți de buburuze (Coccinellidae) (Eichhorn 1990). De asemenea se menționează mortalități importante în unele situații provocate de cauze necunoscute (Heqvist 1956, Martinek 1980).

Trăind în cuiburi care acumulează tot mai multe resturi de ace și excremente, larvele de *C. abietis* sunt în bună măsură protejate de dușmani naturali câtă vreme sunt în coroană (Eichhorn 1988, Schedl 1991), ele fiind atacate de către parazitoizi doar în primele două vârste. Parazitoizii sunt reprezentați de 13 specii de ichneumonide și de tachinidul *Myxexoristops abietis* Herting 1964, specii care își încheie dezvoltarea când gazdele lor sunt în stadiile de eonimfă sau pronimfă (Jahn 1978, Martinek 1980, Eichhorn 1988). Speciile de ichneumonide cele mai frecvente și mai abundente sunt: *Homaspis rufinus* (Gravenhorst 1829), *Homaspis narrator* (Gravenhorst 1829), *Sinophorus crassiferum* (Thomson 1887), *Olesicampe*

monticola (Hedwig 1938), *Xenoschesis fulvipipes* (Gravenhorst 1829), *Xenoschesis mordax* (Thomson 1883) (Martinek 1980, Eichhorn 1988, 1990; Eichhorn & Bogenschütz 2000). Procentul de larve parazitare poate depăși uneori 50% și paraziții cei mai importanți sunt *H. narrator* și *H. rufinus*. Deoarece larvele parazitare mor în mai mare măsură decât larvele neparazitare, procentul nimfelor parazitare de același grup de parazitoizi este de regulă sub 50%. În cazul unora dintre parazitoizi, ouăle sau larvele lor în prima vârstă sunt încapsulate în proporție de 30-40% și chiar peste 50%, fiind astfel împiedicată dezvoltarea lor în larvele de *Cephalcia*. Deoarece rata de parazitare se reduce odată cu creșterea densității populației defoliatorului, parazitoizii nu pot regla dinamica populațiilor de *C. abietis* (Eichhorn 1990, Eichhorn & Bogenschütz 2000).

Larve în coroană sunt atacate de larve de *Phaeostigma notata* (Fabricius 1781) (menționată de Heqvist (1956) sub denumirea de *Raphidia notata* F.) și de *Raphidia ophiopsis* Linnaeus 1758 (Nüsslin 1905, Nüsslin & Rhumbler 1922), iar pe sol larvele abia căzute din arbori sunt atacate de furnici de pădure din genul *Formica* (Wellenstein 1957).

În sol nimfele sunt afectate de diverși prădători, dintre care Mráček & Spitzer (1983) menționează larvele de *Thereva handlirschi* Kröber 1912, *Thereva valida* Loew 1847 (Diptera: Therevidae), *Rhagio notatus* (Meigen 1820) și *Rhagio scolopaceus* (Linnaeus 1758) (Diptera: Rhagionidae). Křístek (1967, citat de Kula & Švarc 2010) menționează între prădătorii nimfelor de *C. abietis* larvele de elateride, a căror densitate în zona de gradație a defoliatorului a ajuns până la 40 larve/m², dominantă fiind specia *Dalopius marginatus* (Linnaeus 1758) care este o specie carnivoră. Führer & Fischer (1991) consideră că o contribuție substanțială la reducerea populațiilor defoliatorului o au mistreții, dacă densitatea populației de mistreți este suficient de mare (cca. 1 exemplar/ha), însă cercetări mai vechi și mai recente au arătat că reducerea populațiilor de către mistreți este de până la 30%, întrucât ei consumă

doar larvele aflate aproape de suprafața solului (Vietinghoff-Riesch 1952, Baier & Otto 2000, Steyrer et al. 2014).

De asemenea, stadiile de eonimfă, pronimfă și pupă sunt parazitare de nematodul *Steinernema kraussei* (Steiner 1923), a cărui importanță a fost stabilită doar în ultimele decenii, boala cauzată de acesta fiind confundată anterior cu o boală bacteriană (Mráček 1986). Nimfele parazitare de această specie mor în cca. 24-48 ore după pătrunderea nematodelor în corpul lor (Kaya 1985, Eichhorn 1988) ca urmare a septicemiei cauzate de bacteria *Xenorhabdus bovienii* Akhurst and Boemare 1993 care trăiește în simbioză cu această specie de nematod (Boemare 2002, Stock & Goodrich-Blair 2008) și care provoacă o descompunere foarte rapidă a nimfelor, astfel încât în câteva săptămâni după ce au fost parazitare ele dispar complet și nu se mai regăsesc în sol (Führer & Fischer 1994).

Ratele momentane de parazitare a nimfelor de către nematod sunt relativ reduse (cca. 3%), exceptând cele din lunile septembrie-octombrie, după coborârea larvelor din coroanele arborilor, când pot ajunge la 25-28% (Mráček 1977, 1982, Eichhorn 1988, 1990, Fischer & Führer 1990, Führer & Fischer 1994, Eichhorn & Bogenschütz 2000). De aceea, Eichhorn (1990) consideră că impactul acestei specii de nematod asupra populațiilor de *C. abietis* este redus în comparație cu impactul pe care îl au paraziții care atacă ouăle și larvele defoliatorului.

Pe de altă parte, Mráček (1986) și Führer & Fischer (1994) consideră că această specie are un rol important în dinamica populațiilor defoliatorului, prin faptul că densitatea populației de nematode și rata de parazitare crește odată cu densitatea populației defoliatorului până la un prag de 600 nimfe/m². În plus, având mai multe generații pe an, nematodul poate distruge 24-27% din populația de nimfe în fiecare an, în afară de nimfele parazitare imediat după căderea pe sol și aceasta timp de 2-3 sau chiar mai mulți ani, cât timp rămân nimfele în sol.

Rata redusă de parazitare raportată în unele cazuri s-ar putea datora densităților reduse

a populației de *C. abietis* sau pH-ului foarte scăzut al solului, la mai puțin de 10 nimfe/m² sau la pH sub 3,3 rata de parazitare tinzând către zero (Fischer & Führer 1990, Führer & Fischer 1994).

Fischer (1996) menționează ca parazit al eonimfelor, pronimfelor, pupelor și adulților abia ieșiți din pupă și specia *Steinernema feltiae* (Filipjev 1934), care la 15°C își încheie dezvoltarea în 21 zile și care într-un focar de *C. abietis*, în intervalul mai-octombrie, a avut o rată de parazitare de 32%, preferând larvele abia căzute pe sol, pupele și adulții abia formați.

De asemenea, Eichhorn (1988) menționează ca parazit al nimfelor de *C. abietis* și specia *Neoplectana janickii* Weiser [= *Steinernema janickii* (Weiser & Köhler 1955)], dar Hunt & Subbotin (2016) consideră această specie ca având un statut incert (species inquirenda).

Alți factori biotici de mortalitate sunt reprezentați de diverse specii de fungi, precum *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill. (1912), *Aspergillus flavus* Link (1809), *Metarrhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin (1883), *Paecilomyces farinosus* (Holm ex S. F. Gray) Brown & Smith 1957 și *Cordiceps stylophora* Berk & Broome 1857 (Donaubauer 1959, Kurir 1977, Mráček 1977, Mráček 1986), dar impactul lor asupra populațiilor de nimfe este în general redus.

De asemenea, un virus ce provoacă poliedroză nucleară a fost semnalat din Austria (Schimitschek 1951), dar impactul asupra nimfelor pare a fi destul de redus, în timp ce în cazul larvelor din coroană poate provoca îmbolnăvirea în masă (Jahn 1962).

Dintre factorii abiotici, se pare că un rol important îl au uneori temperaturile scăzute. În iernile cu strat subțire de zăpadă, când solul îngheață până la cel puțin 10 cm adâncime, o parte dintre nimfe mor prin înghețare (Donaubauer 1959).

Pe ansamblu, mortalitatea nimfelor în sol poate ajunge uneori la aproape 50-70% în primul an (Gruppe 1993, Eichhorn 1990) și până la 94-98% după doi-trei ani (Parst 1916, Martinek 1980).

Gradații cunoscute

Nüsslin & Rhumbler (1922) și Pschorn-Walcher (1982) menționează gradații pe suprafețe mari în a doua jumătate a secolului al XIX-lea în Württemberg, în zona Bodensee începând din 1862, apoi în Silezia la Alt-Reichenau (1880-1886), în Saxonia (zona localității Geyer, 1884 și 1887), Erzgebirge (1895-1902), Böhmerwald (1892/1893) și Fichtelberg (1890-1896).

În prima jumătate a secolului al XX-lea s-au produs gradații în Württemberg și Șvabia (la Roggenburg) în anii 1911-1913, în Westfalia - 1917-1918, în Suedia, mai întâi la St. Olof, apoi și la Kronovall și Christinehov în anii 1940-1950 (Parst 1916, Krausse 1917, Heqvist 1956, Pschorn-Walcher 1982).

În a doua jumătate a secolului al XX-lea au fost semnalate în mod repetat atacuri în Austria Inferioară în perioada 1950-1976 (Jahn 1976, 1978) și un nou focar de 10 ha a apărut în 2013 (Steyrer et al. 2014, Schafellner et al. 2016), iar în Austria Superioară au fost atacuri în Pădurea Boemiei, în anii 1980, pe suprafețe mici (cca. 50 ha fiecare focar) (Führer & Fischer, 1991).

Eichhorn & Pausch (1986) menționează o gradație de *Cephalcia abietis* în partea de est a Bavariei (Frankenwald, Fichtelgebirge, Oberpfälzer Wald, Bayerischen Wald), în anii 1979-1985, când arboretele cu defoliere de peste 20% însumau o suprafață de cca. 25.000 ha. În unele zone suprafețele compacte atacate au ajuns până la 1000 ha, în alte locuri suprafețele au fost mai mici, dar chiar și în asemenea cazuri s-au semnalat local defolieri totale. Pentru aceeași zonă, Petercord (2009) specifică faptul că *C. abietis* a reprezentat un dăunător permanent până în 1997, fiind necesare combateri repetate pe suprafețe mari pentru menținerea pădurii care era afectată și de poluare, iar după 12 ani s-a înregistrat o nouă creștere a efectivului de pronimfe în iarna 2008/2009.

În Baden-Württemberg, în intervalul 1979-1996 unele arborete de molid situate la vest de Iller au suferit defolieri puternice (Eichhorn &

Bogenschütz 2000).

Atacuri ale acestui dăunător s-au produs în perioada 1981-1997 și în Pădurea Turingiei (Thüringer Wald) și în Munții Metaliferi (Erzgebirge), în arborete de molid afectate de poluare (Baier & Otto, 2000). Suprafețele afectate în 1997 au fost de 2000 ha în Saxonia și cca. 10.500 ha în Turingia, fiind necesare lucrări de combatere pe 1000 ha și respectiv 5300 ha (Anonymus 1997).

În perioada 1976-1999 gradații ale mai multor specii de *Cephalcia* au avut loc în Munții Beskizi, unde - de asemenea - arboretele de molid sufereau din cauza poluării (Jachym 2003, 2007).

În Cehia, între 1950 și 1970 s-au semnalat atacuri pe suprafețe mari în nordul Boemiei, în special în Erzgebirge, în zona Gablonz, în Adlergebirge și Riesengebirge, iar în intervalul 1961-1970 și în sudul Boemiei (Pschorn-Walcher 1982). În ultimele decenii s-au semnalat atacuri ale speciilor de *Cephalcia* în arborete de molid pe mai mult de 100.000 ha (Holuša 2011), în anii 1980 înregistrându-se atacuri puternice pe 48.000 ha și gradația a culminat în 1986 (Liška & Holuša 2000).

Xiao et al. (1992, citat de Battisti & Sun 1996), menționează o gradație de *C. abietis* pe molidul corean (*Picea koraiensis* Nakai), la 1600 m altitudine, în Mongolia Interioară. Aceasta pare a fi singura gradație de la o altitudine așa de mare, altitudine comparabilă cu cea la care s-a produs gradația din județul Argeș.

Fluctuațiile temporale ale populațiilor de *C. abietis* se caracterizează prin perioade lungi de gradație care se pot extinde uneori pe intervale de câteva decenii, așa cum se întâmplă în Munții Sudeți (Szujecki 1987, Kalandra 1963 citat de Schwerdtfeger 1979), unde arboretele de molid diferă mult de arboretele naturale și provin din sămânță de origine necunoscută (Szujecki, 1987). Natura cronică a focarelor se datorează în special structurii de vârstă eterogene a populației, care rezultă din dezvoltarea larvară inegală după terminarea hrănirii lor (Liška & Holuša 2000).

Intrarea populației în gradație presupune existența unor condiții de vreme caldă și fără precipitații în perioada de zbor și de oviposiție a viespilor, pe cât posibil câțiva ani la rând (Eichhorn 1990). În astfel de condiții - odată ce este depășită o anumită densitate - ratele mari de transformare a nimfelor în adulți pot conduce rapid la erupție. Ulterior, evoluția vremii în cursul sezonului de vegetație poate influența în mod decisiv înmulțirea defoliatorului, determinând direct sau indirect (prin intermediul paraziților) oviposiția și rata de supraviețuire a larvelor.

Fluctuarea sincronă pe spații largi a populațiilor de *C. abietis* se datorează evoluției vremii în diferiți ani. Încălzirea bruscă a vremii în primăvară, după o perioadă lungă în care solul a fost acoperit cu zăpadă, determină o sincronizare a metamorfozării și a ieșirii insectelor din sol, fapt ce duce la o limitare a posibilităților de parazitare a pupelor și a adulților aflați încă în sol de către nematodul *Steinernema kraussei* (Führer & Fischer 1994), dar și a ouălor de către speciile de *Trichogramma* (Martinek, 1980). Apoi vremea caldă și cu foarte puține precipitații favorizează zborul și oviposiția (în mai-iunie) și dezvoltarea larvară în perioada hrănirii (iunie-august) (Pschorn-Walcher 1982, Eichhorn 1990), iar reducerea umidității solului în urma căldurii și lipsei de precipitații determină o diminuare a densității populațiilor de nematode entomoptogene din sol și implicit o reducere a parazitării conimfelor și pronimfelor de *Cephalcia* (Führer & Fischer 1994).

Vremea rece umedă din primăvară, cu scăderi ale temperaturii sub punctul de îngheț poate duce la moartea în masă a femelelor abia ieșite și la diminuarea cu cca. 50% a ouălor depuse de femelele ieșite mai devreme, dar și la reducerea considerabilă a activității adulților de *Trichogramma* (Martinek 1980).

Pe de altă parte, seceta și anumite substanțe din depunerile atmosferice determină modificări ale conținutului biochimic al acelor de molid, afectând astfel valoarea lor nutritivă care se repercutează asupra performanțelor biologice ale insectelor (rată de supraviețuire, vite-

ză de dezvoltare, masa corporală) (Schwenke 1962, Führer & Fischer 1994).

Pe spații mici, topoclima joacă un rol important. Gradațiile au loc preponderent în zone cu precipitații bogate inclusiv în timpul iernii, în special pe versanții adăpostiți de vânt, unde zăpada se acumulează în cantitate mai mare și stratul de zăpadă se menține o perioadă îndelungată (100-200 zile/an). Aceasta contribuie pe de o parte la reducerea mortalității pronimfelor și pupelor în sol, iar pe de altă parte face ca apariția în număr mare a adulților și oviposiția să aibă loc într-o perioadă mai caldă (Führer & Fischer 1994).

De asemenea, natura substratului (roca mamă), depunerile atmosferice și alți factori care determină o acidificare a solului pot contribui la creșterea ratei de supraviețuire a nimfelor de *Cephalcia* și la intrarea populației în faza de gradație prin faptul că un pH sub 4,0 inhibă în mod semnificativ activitatea de căutare a gazdei de către nematodul *S. kraussei* și densitatea populației acestui dușman natural al defoliatorului tinde spre zero (Führer & Fischer 1994).

Predispoziția stațiunilor, arboretelor și arborilor la atac

Cephalcia abietis este specie monofagă, fiind întâlnită doar pe molid (*Picea abies*, *Picea obovata*, *Picea koraiensis*) (Pschorn-Walcher 1982, Battisti & Sun, 1996). Preferă arboretele de molid de peste 60 ani și doar în mod excepțional atacă și în culturi mai tinere, inclusiv cele de 3-4 ani, când se află în imediata apropiere a focarelor (Nüsslin & Rhumbler 1922, Schwerdtfeger 1981). Biotopul optim al speciei este reprezentat de arboretele pure de molid din zona munților mijlocii (cel mai frecvent la altitudinii de 600-800 m), unde produce vătămările cele mai grave (Jahn 1976, Schmutzenhofer 1985, Novák et al. 1992). În Austria gradațiile s-au produs cu precădere acolo unde molidul a fost extins sub formă de monoculturi în zona amestecurilor de molid-brad-fag ori a

fost introdus artificial în zona amestecurilor de stejari cu alte foioase (Jahn 1976, Schmutzenhofer 1985).

În diverse situații s-a observat că focarele de *C. abietis* s-au format în arboretele afectate de secetă, cum sunt cele de pe culmi și de pe versanții însoriți (Schwenke 1962, Schmutzenhofer 1985, Kula 1990) și că densitatea populației de nimfe în sol crește odată cu panta terenului și cu reducerea consistenței arboretului (Kula 1990). De asemenea, se menționează că focarele se găsesc în arborete poluate (Sierpinski 1984, Baltensweiler 1985, Martinek, 1992), în special pe soluri acide (Kula 1990). Totuși, în arboretele în care impactul poluării asupra arborilor este atât de puternic încât se poate sesiza vizual, densitatea populațiilor de *Cephalcia* este mai redusă decât în arboretele aparent sănătoase (Kula 1990), ceea ce înseamnă că acele arborilor puternic afectați de poluare reprezintă pentru larve o hrană de calitate inferioară comparativ cu acele din ar-

borii sănătoși, cu consecințe negative în ce privește supraviețuirea larvelor și masa acestora (Führer & Fischer 1994, Baier & Otto 2000).

Sintetizând informațiile disponibile până la începutul anilor 1990', Führer & Fischer (1994) menționează că sunt predispuse la înmulțiri în masă stațiunile și respectiv arboretele de molid care - într-un fel sau altul - favorizează creșterea ratei de supraviețuire a insectelor. În acest sens importante par a fi: i) o topoclimă caracterizată prin cantități mari de zăpadă, durată lungă a stratului de zăpadă și încălzirea relativ rapidă în primăvară, datorită expoziției; ii) o acidificare avansată a solului (pH-H₂O cu valori sub 4,0 în stratul de la suprafață); iii) arborete pure de molid aflate în clasele de vârstă IV-V; iv) stresul resimțit de arbori este mai puțin intens, astfel încât simptomele de stres sunt greu sesizabile sau inexistente; aprovizionarea cu azot este suficientă, iar cea cu sulf este sub domeniul critic.

Caracteristicile vătămării (atacului)

Defolierea arborilor (fig. 10) începe în partea exterioră a coroanelor și progresează spre interior (Novák et al. 1992), respectiv din partea superioară a coroanei, spre bază (Nüsslin & Rhumbler 1922, Schwerdtfeger 1981). Deoarece femelele preferă să depună ouăle pe ramurile situate la 1-2 m sub vârful coroanei, în special pe partea însorită a coroanei (Heqvist 1956, Pschorn-Walcher 1982), Schmutzenhofer (1985) menționează că atacul are loc mai ales în partea centrală a coroanei.

Sunt consumate acele de 1-3 ani, iar cele mai tinere (din anul curent) rămân de regulă nevătămate, dar dacă acele vechi se termină sunt consumate și acele noi (Heqvist 1956). În Austria, Schmutzenhofer (1985) a constatat că larvele consumă în mod obișnuit și acele din anul curent, putând duce la defolieri totale ale arborilor. De asemenea, în Turingia, în condiții de poluare intensă a arboretelor, acele noi sunt consumate în mod curent (Baier & Otto 2000).



Figura 10 Arbore de molid puternic defoliat în 2015 de către larvele de *Cephalcia*.
Spruce tree severely defoliated in 2015 by the web-spinning sawfly larvae

În majoritatea cazurilor, larva taie câte 8 sau mai multe ace pe care le aduce la capătul tubului în care ea se adăpostește și abia apoi începe să le consume, astfel că aproximativ 20% dintre acestea sunt risipite (Heqvist 1956). Țesăturile făcute de larve (Heqvist 1956). Țesăturile făcute de larve, care treptat acumulează tot mai multe resturi de ace, excremente și exuvii ajung să cuprindă o mare parte din lungimea ramurilor și atrag atenția mai ales după ce capătă un colorit maroniu-roșiatic, spre sfârșitul lunii august (Immler 2006). Începând din toamnă, acestea cad și se pot găsi uneori în număr mare pe sol sau pe puietii instalați la adăpostul arboretului matur.

Defolierea arborilor este neuniformă, în centrul focarelor unii arbori putând avea mare parte din coroană complet defoliată (Steyrer et al. 2014). Variabilitatea foarte mare a intensității atacului este descrisă din câteva zone de gradație a dăunătorului de către Jahn (1976). El menționează, de exemplu, că în 1970, la Sieghartser Berg a fost afectată o suprafață de 70 ha, din care 27 ha cu defoliere evidentă și 7 ha cu defoliere cuprinsă între 50% și 70%, iar în centrul focarului 1,5 ha cu defoliere aproape completă. Variabilitatea foarte mare a atacului și faptul că atacul progresează din partea superioară a coroanelor spre bază face ca cel mai adesea atacul să devină vizibil abia în anul erupției (Brauns 1991).

Amploarea defolierii se poate estima cel mai bine toamna, după ce vântul scutură din coroanele arborilor Țesăturile făcute de larve (Novák et al. 1992). Locurile cu atac mai intens se recunosc după rămăturile făcute de mistreți la suprafața solului în căutarea de hrană (Steyrer et al. 2014).

Impactul defolierilor

Deoarece, de regulă, acele din anul current nu sunt consumate și mugurii nu sunt vătămați, arborii înverzesc din nou în anul următor, drept pentru care - în trecut - *C. abietis* nu a fost considerată ca fiind un dăunător foarte important (Schwerdtfeger 1981). Totuși, în

anii următori atacului, arborii intră în vegetație mai târziu și creșterile se diminuează, astfel că cei care au fost defoliați doar parțial își revin abia după doi ani (Schmutzenhofer 1985), iar dacă defolierea este totală (inclusiv acele de pe lujerii din ultimul an), arborii se usucă (Nüsslin & Rhumbler 1922). Defolierea puternică poate duce la uscarea arborilor și ca urmare a înghețării mugurilor neprotejați de ace în timpul iernii (Jahn 1976). De asemenea, slăbirea arborilor în urma defolierilor îi predispune la atacul dăunătorilor secundari (Schwerdtfeger 1981, Führer & Fischer 1991).

Pagubele cauzate de reducerea creșterii în grosime a arborilor sunt puțin studiate. În Suedia, în arborete de molid de 65-70 ani, o defoliere de cca. 33% a determinat o reducere a creșterii în suprafața de bază de la 5% la 2% (Heqvist 1956).

În cazul arboretelor deja vătămate de poluare sau de alți factori dăunători abiotici ori antropogeni, defolierea cauzată de *Cephalcia* poate duce la uscarea unui procent important de arbori (până la 50%), așa încât dăunătorul trebuie considerat ca unul de primă importanță (Baier & Otto, 2000). În Munții Beskizi, defolierile cauzate de acest dăunător, împreună cu acțiunea altor factori abiotici (secetă, temperaturi foarte mari) și biotici (*Armillaria*, gândaci de scoarță) au contribuit la declinul arboretelor de molid din zonă (Grodzki, 2007).

Depistare, stabilirea densității populațiilor și monitorizarea evoluției acesteia

Depistarea prezenței dăunătorului se poate face cel mai ușor după defolierea cauzată de larve și după grămezile de excremente ce se observă în arborii atacați abia la sfârșitul verii și toamna (Parst 1916). Confirmarea identificării corecte a dăunătorului și eventuala identificare a altor specii din același gen, care atacă arborii de molid împreună cu *C. abietis*, se poate face prin colectarea și analizarea de larve, nimfe și adulți.

Pentru elaborarea prognozei cu privire la in-

tensitatea zborului și a defolierii din anul următor sau din viitorul apropiat, în arboretele afectate de defolior se stabilește densitatea populației în stadiile de nimfă (eonimfă, pronimfă) și eventual pupă, adult și ou (sau larvă în prima vârstă). În stadiile de nimfă și pupă, stabilirea densității populației (număr insecte/m²) se face prin recoltarea și analizarea unor probe de sol. Pentru insectele aflate în stadiul de adult, densitatea populației se poate exprima fie în număr de adulți la unitatea de suprafață a solului, caz în care determinarea densității se face folosind fotoelectoare instalate pe sol, fie în număr de femele/arbore, caz în care se folosesc inele de clei sau capcane „guler” instalate pe arbori. Când insectele sunt în stadiul de ou sau de larvă activă în coroană, densitatea populației exprimată în număr de ouă sau larve/arbore sau pe ramură se stabilește prin analize de ramuri. Felul în care se procedează în mod concret variază mai mult sau mai puțin de la o țară la alta.

Heqvist (1956) menționează folosirea metodei liniei-transect (Linientaxierungsmethode) pentru stabilirea densității populației de larve din sol în Suedia. De-a lungul transectului, la fiecare 50 m se prelevează larvele găsite în sol pe o suprafață de 50 x 50 cm.

În Polonia, depistarea în stadiul de larvă în diapauză se face în cursul toamnei (15 septembrie - 15 octombrie) pe toată suprafața pe care s-au depistat urme de atac (defolierea arborilor), după o procedură unitară (Jachym 1999, Anonymus 2012). Fiecare porțiune compactă de pădure care a fost afectată de atac se împarte în unități de lucru de câte 5 ha și în fiecare unitate de lucru se aleg câte 8 arbori reprezentativi pentru arboret atât în ce privește mărimea coroanei, cât și intensitatea defolierii. În zona de proiecție a coroanei fiecărui arbore reprezentativ, spre nord sau spre est față de tulpină, la jumătatea distanței dintre tulpină și perimetrul proiecției coroanei, se sapă câte o groapă de 25 x 25 x 25 cm din care se culeg toate larvele de *Cephalcia* și pe baza observațiilor privind prezența ochilor de pupă se stabilește câte dintre larve sunt pronimfe. În final

se calculează numărul mediu de larve/groapă și numărul mediu de pronimfe/groapă, care se compară apoi cu numărul critic pentru a se stabili gradul de infestare. Acolo unde se estimează că ar fi necesare tratamente în anul următor, în primăvara următoare se repetă prelevarea de probe pentru stabilirea densității populației în stadiul de pronimfă sau pupă.

În Cehia se fac sondaje în sol de 50 x 50 x 25 cm sau de 25 x 25 x 25 cm, câte 5 respectiv 10 sondaje la fiecare 10 ha din suprafețele controlate, în cazul unor grații mai puțin extinse; dacă suprafețele afectate de gradație sunt mai mari se efectuează câte 10 respectiv 20 sondaje pentru fiecare 50 ha de suprafață afectată (Liška & Holuša 2000).

În Austria, Steyrer et al. (2014) au folosit de asemenea metoda liniei-transect, însă în zona atacată s-au folosit două transecte, unul pe direcția E-V, și altul pe direcția N-S, în primul caz distanța dintre punctele de eșantionaj fiind de 50 m, iar în al doilea caz de 30 m, pentru o suprafață de 10 ha fiind făcute 21 sondaje, gropile săpate fiind de 30 x 33 x 30 cm.

În Bavaria, în 2010 s-a trecut la un nou sistem de monitorizare a populațiilor de *C. abietis* în stadiul de nimfă. În loc de 3-5 sondaje de 50 x 50 cm în fiecare arboret afectat, s-a trecut la 4-6 sondaje de 30 x 33 cm în fiecare arboret afectat de atac (Lemme & Petercord 2010a,b). Dacă în primele patru sondaje se găsesc mai puțin de 14 pronimfe, se sistează prelevarea probelor în arboretul respectiv, iar dacă numărul de pronimfe este mai mare de 14, se mai fac încă două sondaje, dar nu mai mult, deoarece la un număr și mai mare de sondaje precizia determinării densității populației crește foarte puțin. Cei 4(6) arbori de molid aleși pentru efectuarea sondajelor trebuie să fie uniform distribuiți în arboretul analizat și să se situeze la cel puțin 25 m de la marginea arboretului (LWF 2017).

În Polonia, în suprafețele unde se estimează că ar fi necesare tratamente în anul următor, se amplasează capcane tip „guler” Geolas® (fig. 11) pentru a captura femelele care urcă pe tulpinile arborilor ca să depună ouăle în coroana

arborilor (Jachym 1999). Numărul mediu de femele/capcană se compară cu numărul critic și se stabilește gradul de infestare în acest stadiu. Monitorizarea zborului cu ajutorul capcanelor permite totodată să se stabilească vârful de zbor și încheierea perioadei de zbor intens, după care trebuie să înceapă depistarea în stadiul de ou sau larvă abia eclozată, ultima verificare înainte de a se decide dacă se aplică sau nu tratamente asupra larvelor din coroana arborilor.

Pentru a monitoriza ieșirea adulților din sol, în Cehia se folosesc fotoeclectoare de sol de 1 x 1 x 0,1 m, câte 10 buc./50 ha (Holecová 2012).

Pentru stabilirea densității populației în stadiul de ou, în Polonia se doboară arbori reprezentativi în ce privește mărimea coroanei și gradul de defoliere și se culeg câte 4 ramuri din fiecare treime a coroanei (Anonymous 2012). Se verifică foarte atent acele respectivelor ramuri și se culeg cele care au ouă de

Cephalcia, după care ouăle de pe fiecare ramură se numără și se verifică dacă sunt viabile sau parazitare. Numărul mediu de ouă viabile pe ramură se înmulțește cu numărul de ramuri vii/arbore și se stabilește densitatea populației în stadiul de ou, care se compară cu numărul critic pentru a determina gradul de infestare.

În Cehia, se analizează câte 2 de arbori de probă, însoriți, pentru fiecare 100 ha. Din fiecare arbore se prelevează 3 verticile complete (15-20 ramuri) din zona de trecere dintre treimea superioară și cea mijlocie a coroanei (Liška & Holuša 2000).

Necesitatea estimării densității populației în stadii succesive se datorează faptului că în multe cazuri prognoza efectuată toamna (după numărul de pronimfe la unitatea de suprafață) nu se adeverește (Martinek 1980, Bogenschütz 1986). Astfel, Eichhorn & Bogenschütz (2000) au constatat la Erolzheim, în Germania, că în 10 ani consecutivi densitatea populației în stadiul de adult, estimată după sondajele din toamnă (când insectele erau în stadiul de pronimfă), s-a confirmat (cu o eroare de cel mult 10%) în doar 50% din cazuri. Acest fapt se datorează - între altele - variabilității spațiale mari a densității populației, care nu poate fi surprinsă cu un număr redus de probe (fotoeclectoare), ceea ce face ca legătura dintre densitatea populației în stadiul de pronimfă și cea în stadiul de adult stabilită cu fotoeclectoare instalate pe sol să fie mai slabă decât legătura dintre densitatea în stadiul de pronimfă și capturile la capcanele „guler” (Baier & Otto 2000).

Pentru monitorizarea zborului adulților se pot folosi și alte tipuri de capcane, dar Holuša et al. (2007) au constatat o corelație statistic semnificativă doar între numărul de femele capturate cu capcanele „guler” și densitatea populației în stadiul de pronimfă în cursul toamnei. În plus, aceste capcane sunt mult mai adecvate pentru a surprinde dinamica ieșirii din sol și urcării în arbori a femelelor, în timp ce inelele de clei nu furnizează rezultate corecte deoarece sunt percepute de către femele ca obstacole pe care adeseori încearcă să le evite coborând de pe tulpină (Baier & Otto 2000).



Figura 10 Capcană guler tip Geolas® pentru capturarea femelelor de *Cephalcia abietis*
Geolas® collar trap for capturing the females of Cephalcia abietis

Numerele critice

Densitatea populației considerată drept număr critic pentru acest dăunător diferă destul de mult de la țară la țară. În Suedia, Heqvist (1956) menționează că o populație cu o densitate de 147 larve/m² ar putea distruge o treime până la două treimi din acele arborilor de molid și că o defoliere totală este de așteptat la o densitate de 180-200 larve/m², precizând că numărul critic pentru un arboret normal de molid de 60-70 ani este de 180-200 larve sănătoase/m². Este de presupus că se face referire la numărul de pronimfe, nu și la conimfe, deoarece - în mod normal - doar pronimfele sunt luate în considerare la efectuarea prognozei.

În Austria, Jahn (1976) a constatat că - în condiții de mediu favorabile - defolieri foarte puternice au loc la o densitate de 200 pronimfe sau adulți/m², dar totodată menționează că și o populație de 30 pronimfe/m² este suficientă pentru a produce defolieri importante, motiv pentru care consideră că o densitate a populației de 20 pronimfe/m² ar trebui să fie un semnal de avertizare pentru observarea cu atenție a evoluției populației dăunătorului din locul respectiv. De asemenea, Schmutzenhofer (1985) menționează că 110-250 pronimfe sau adulți/m² au produs defolieri foarte puternice până la defolieri totale și că măsurile de combatere ar trebui începute atunci când pe culmi, în arboretele de molid de 60 ani, densitatea de pronimfe se situează în intervalul 15-35 insecte/m².

În Bavaria, în cazul arboretelor în care arborii nu au frunzișul rărit din diverse cauze, Lemme & Petercord (2010a,b) recomandă ca număr critic 100 pronimfe/m². Pe de altă parte, Eichhorn & Bogenschütz (2000) - pe baza observațiilor efectuate timp îndelungat în Baden-Württemberg - menționează că la o densitate de 50 femele/m² (valoare prevăzută pe baza sondajelor de sol sau pe baza capturării insectelor cu fotoelectoare) trebuie să se verifice succesul ovipoziției în coroanele arborilor, dar nu specifică la ce densitate a populației în stadiul de ou se justifică aplicarea unor măsuri de combatere. În Turingia aplicarea tratamen-

telor cu pesticide se consideră justificată de la o densitate de 5 depuneri (30-50 ouă viabile)/ramură de 50 cm lungime, care corespunde nivelului 3 de defoliere (Baier & Otto 2000).

În Cehia, Martinek (1980) consideră că o densitate de 80-100 pronimfe/m², adică aproximativ 40 femele/m² reprezintă o densitate a populației de adulți care ar putea da naștere unei populații suficient de numeroase, astfel încât să se producă o defoliere puternică, dacă nu acționează principalii factori de mortalitate în stadiile de ou și de larvă în primele vârste. Mai nou, Liška & Holuša (2000) și Holecová (2012) menționează ca număr critic 100 pronimfe (sau adulți)/m² în cazul arboretelor sănătoase și peste 30 pronimfe (adulți)/m² în arboretele deja defoliate de alți factori (în funcție de gradul de defoliere). Pentru stadiul de ou, numărul critic este de 50 ouă/ramură în arboretele sănătoase și 25 ouă/ramură în arboretele deja defoliate de alți factori (Liška & Holuša 2000).

În Polonia, Jachym (1999) și instrucțiunile pentru protecția pădurilor (Anonymus 2012) dau ca numere critice 160 pronimfe/m², respectiv 520 femele/arbore (capturate la capcane "guler") sau 7600 ouă/arbore.

Evaluarea defolierii

Defolierea cauzată de larvele de *C. abietis* este foarte neuniformă, atât la nivel de arbore, cât și la nivel de arboret, ceea ce face ca estimarea valorii medii la nivel de arboret să fie foarte problematică. Totuși, estimarea acesteia este necesară, deoarece - așa cum s-a arătat - numerele critice sunt - în general - valabile pentru arborete sănătoase, cu frunzișul întreg, iar acolo unde arboretul este defoliat de diverși factori, la efectuarea prognozei trebuie să se țină cont de gradul de defoliere. În cazul arboretelor neafectate de alți factori vătămători (poluare, secetă etc.) și care au avut frunzișul normal înaintea atacului de *Cephalcia*, evaluarea defolierii s-ar putea face prin aprecierea transparenței coroanei, așa cum se procedează la evaluarea stării de sănătate a arborilor în ca-

drul monitoringului european (Eichhorn et al. 2010). Când arborii sunt însă afectați și de alți factori, aprecierea devine mult mai problematică, mai ales când defolierile sunt slabe și mijlocii. De aceea, Baier & Otto (2000) au propus o scară de evaluare care ia în considerare proporția ramurilor cu cuiburi de larve și numărul mediu de cuiburi/ramură raportat la întreaga coroană, după cum urmează: 0 - fără urme de defoliere; 1 - cuiburi izolate, până la o medie de cel mult un cuib/ramură; 2 - mai multe cuiburi izolate, în medie 2-5 cuiburi/ramură; 3 - pe cel mult 25% din ramuri sunt cuiburi care confluează, în medie fiind mai mult de 5 cuiburi/ramură; 4 - până la 75% din ramuri au cuiburi care confluează; 5 - pe mai mult de 75% din ramuri cuiburile confluează. Nu se specifică însă câți arbori ar trebui observați pentru a avea un rezultat reprezentativ pentru arboret.

Prevenirea atacurilor

Pentru a preveni înmulțirea în masă și atacurile de *Cephalcia*, se recomandă ca molidul să se cultive doar în stațiuni adecvate acestei esențe forestiere, utilizând proveniențe locale și să se evite plantarea lui acolo unde primăvara târziu și la începutul verii se înregistrează perioade de secetă (Battisti et al. 2000). În locurile mai predispuse la atac (pe culmi, expoziții însoțite) ar trebui să se creeze arborete de amestec (Liška & Holuša 2000), iar în arboretele mature să se facă tăieri selective care să favorizeze alte specii de arbori și/sau să ducă la o diversificare a vârstei arborilor (Battisti et al. 2000).

Combatere

Combaterea mecanică

Pentru a împiedica femelele să ajungă în coroana arborilor și să depună ouă, în trecut s-a recomandat utilizarea inelelor de clei pe tulpinile arborilor, la înălțimea pieptului. Metoda era prescrisă pentru situațiile în care densita-

tea populației depășea pragul de 50 nimfe/m², dar chiar și în asemenea situații rentabilitatea combaterii era discutabilă (Parst 1916, Nüsslin & Rhumbler 1922), mai ales că uneori o bună parte dintre femele reușeau să treacă de inele de clei și să urce în coroane. O variantă modernă a metodei s-a aplicat în Italia, în 1988-1989, în cazul unei gradații de *C. arvensis*, unde s-au folosit benzi de polipropilenă încleiate, de 10-30 cm lățime. Tratatamentul a determinat o reducere cu cca. 54-71% a densității ouălor depuse în coroană și reducerea defolierii de la cca. 80-90% în suprafețele netratate, la numai 15-30%. Costurile au fost de cca. 1500 lire italiene/ha, din care 60% manoperă și 40% materiale (Masutti et al. 1990).

Combaterea chimică

Începând din 1940, combaterea acestui dăunător s-a făcut aproape exclusiv prin tratarea arboretelor cu insecticide după eclozarea larvelor. În Suedia, în 1943 s-a utilizat arseniat de calciu, în 1947 s-a combătut cu DDT și în 1950 cu 10% HCH, dar eficiența ultimelor două tratamente a fost de numai 50% și respectiv 60% (Heqvist 1956).

În Austria, la începutul anilor 1970 s-au folosit pentru combatere insecticide organofosforice (Malathion ULV-C 2 litri/ha, Nexion ULV-35 1,5 litri/ha și Dipterex 500-ULV, 2 litri/ha) și eficacitatea tratamentelor la larvele aflate în primele două vârste a fost de 50-80%. În cazul plantațiilor atacate, puieții s-au tratat cu Lindan și eficacitatea a fost de 100% (Jahn 1976).

În Cehia, în anii 1970 s-au făcut tratamente cu Actelic EC 50 (pirimiphos methyl) și cu Ambush 25 EC (permethrin) împotriva adulților și larvelor active de *C. abietis*, dar eficacitatea tratamentelor a fost slabă și în plus au determinat reducerea ratei de parazitare a larvelor de către parazitoizii din familia Ichneumonidae (Mráček 1986). În anii 1980, s-au folosit insecticidele Evisekt și Dimilin pentru combaterea larvelor de *C. arvensis* (Krístek & Švestka 1986, Martinek & Šrot 1986).

În Polonia, dăunătorul *C. abietis* a fost com-

bătut în 1998 pe 741 ha cu Dimilin 480 SC (480 g/l diflubenzuron) în doză de 0,3 l/ha și 0,2 l/ha, precum și cu Rimon 10EC (Novaluron – benzoylurea, 100 g/l) în doză de 0,23 l/ha (doar experimental). Insecticidele s-au folosit împreună cu IKAR 95EC (2,5 l/ha) și apă (5 l/ha), tratamentele ULV fiind aplicate cu un elicopter MI 2R cu atomizor AR 470.04. Aplicarea tratamentelor s-a făcut imediat după încheierea zborului viespile, în interval de o săptămână, și eficacitatea – stabilită la două săptămâni după tratament – a fost de 81-100% pentru Dimilin – 0,3 l/ha, 91% pentru Dimilin – 0,2 l/ha și 93% pentru Rimon (Jachym 1999).

În 2009, în Cehia dăunătorul a fost combătut pe o suprafață de 221,5 ha cu Dimilin 48 SC (0,18 litri/ha) amestecat cu adjuvantul DEDAL 90 EC (3,30 litri/ha) și apă (6,52 litri/ha) însumând 10 litri amestec/ha. Tratamentul s-a aplicat cu un elicopter mic, folosind tehnologia ULV (Anonymous 2010). În prezent, pentru tratamente, se recomandă tot produse care au efect de inhibare a sintezei chitinei (Holecová 2012).

Datele prezentate evidențiază faptul că obținerea unor rezultate foarte bune în cazul tratamentelor efectuate cu aviația este dificilă, deoarece persistența insecticidelor moderne este redusă în raport cu durata de dezvoltare a lavelor și cuiburile larvelor sunt obstacole greu de penetrat de către insecticide (Schmutzenhofer 1985).

Combaterea biologică

Combaterea biologică a acestui dăunător este încă în faza experimentală. S-au făcut încercări atât cu nematodul *Steinernema kraussei*¹, cât

¹ Nematodul *S. kraussei* a fost descris din Westphalia, dintr-un focar de *C. abietis*, și apoi a fost descoperit în Cehoslovacia (Mráček 1977, 1986), în alte zone ale Germaniei (Eichhorn 1988), Austria (Fischer & Führer 1990, Führer & Fischer 1991, 1994), Elveția (Steiner 1996), Bulgaria (Shishiniova et al. 1997), Islanda (Spiridonov et al. 2004), Spania (Campos-Herrera 2007), Slovenia (Laznik et al. 2009), Iran (Nikdel & Niknam 2010), Portugalia (Valadas et al. 2014), Turcia (Gokce et al. 2013), Polonia (Tumialis et al. 2014), SUA și Canada (Stock et al. 1999). În prezent se consideră că este o specie cu răspândire holarctică (Tumialis et al. 2014), astfel încât este foarte probabil să fie prezentă și în România. Este întâlnită mai ales în soluri nisipoase sau luto-nisipoase din zona de dealuri și de munte, cu multă materie organică,

și cu ciupercile *Isaria farinosa* și *Beauveria bassiana*.

În fosta Cehoslovacie, tratarea experimentală a solului cu larve de *S. kraussei* (40 nematode/cm²) a condus la diminuarea cu 81-97% a densității populației de larve de *Cephalcia abietis* în timpul iernii și nematodele s-au găsit în sol și după un an, fapt ce lasă să se înțeleagă că acest nematod s-ar putea folosi în combaterea biologică a defoliatorului (Mráček 1986, Mráček & David 1986).

O rată de parazitare a nimfelor de 61% s-a obținut și în cazul speciei *C. lariciphila*, când solul a fost tratat cu *Steinernema feltiae* folosind o doză de 200 nematode/cm² (Georgis & Hague 1988). În Italia, s-au testat patru specii de nematode împotriva larvelor de *C. arvensis*, și anume: *Heterorhabditis* sp., *Steinernema carpocapsae* (Weiser 1955), *S. feltiae* și *S. kraussei*, cu o doză de 100 nematode/cm² (Battisti 1994b). Primele două specii nu au avut nici un efect asupra defoliatorului, în timp ce *S. feltiae* și *S. kraussei* au determinat o reducere a populației cu 56% și respectiv 36,4% atunci când tratamentul s-a aplicat înainte de căderea larvelor pe sol. Tratamentul aplicat după pătrunderea larvelor în sol a avut efect doar în cazul nematodului *S. feltiae*, reducerea populației

slab până la puternice acide, în păduri, pășuni alpine, dar și alte habitate (Steiner 1996, Shishiniova et al. 1997, Sturhan 1999, Stock et al. 1999, Mráček et al. 2005), fiind însă specia dominantă în pădurile de conifere (Půža & Nermut 2015). În Portugalia, specia a fost găsită în cambisuluri, dar nu și în alte tipuri de sol (Valadas et al. 2014).

Depistarea nematodului în țări sau în habitate în care nu se întâlnesc nimfe de *Cephalcia* denotă că acesta parazitează și alte specii de insecte, inclusiv larve de Curculionidae, cum a constatat Gradinarov (2003) în Bulgaria.

Prezența și abundența nematodelor în sol este pozitiv corelată cu prezența și abundența speciei gazdă, nematodul fiind mult mai frecvent și mai abundent în focarele de înmulțire în masă a defoliatorului, densitatea acestuia variind chiar pe distanțe foarte scurte în funcție de densitatea speciei gazdă (Mráček et al. 2005, Půža et al. 2007), însă rata de parazitare a nimfelor de către nematode crește odată cu densitatea populației de nimfe doar până la un prag de 600 nimfe/m² (Führer & Fischer 1994). În solurile ultra acide (pH<3,5), procentul nimfelor de *C. abietis* parazitare de nematode este foarte mic, fiind probabil afectată capacitatea nematodelor de a căuta larvele-gazdă (Fischer & Führer 1990) și ratele optime de parazitare se obțin la valori ale pH-ului de 5,2-6,6, valori la care se poate ajunge eventual prin aplicarea de amendamente cu calcar sau magneziu (Führer & Fischer 1994).

defoliatorului în acest caz fiind de 32,3%.

Din perspectiva rezultatelor proprii și a celor obținute de Georgis & Hague (1988), Battisti (1994b) consideră rezultatul publicat de Mráček (1986) ca fiind discutabil. Observând că *S. kraussei* nu a parazitat nici o nimfă de *C. arvensis* atunci când tratamentul s-a aplicat după intrarea larvelor în sol, Battisti (1994b) a interpretat acest fapt ca un indiciu că această specie de nematode folosește strategia așteptării și atacului prin surprindere (Kaya & Gaugler 1993), nu cea de căutare a larvelor care sunt deja imobile în sol. Totuși, studii mai noi (Campbell et al. 2003, Půža & Mráček 2010, Laznik & Trdan 2016) arată că *S. kraussei* este un nematod care caută în mod activ insectele-gazdă, capabil să se deplaseze pe distanțe relativ mari și să pătrundă adânc în sol.

Ținând cont de faptul că stadiile cele mai sensibile la infecție sunt larvele abia căzute pe sol, pronimfele și pupele, precum și faptul că ratele de parazitare cele mai mari se înregistrează toamna, utilizarea eficientă a acestui nematod în combaterea biologică a defoliatorului ar presupune aplicarea tratamentului înainte de coborârea larvelor pe sol, în anii cu defolieri semnificative și/sau toamna devreme în anul care precede un zbor intens. În ambele situații, reducerea costurilor se poate face tratând doar zonele cu focare, unde densitatea populației de insecte este mai mare.

Aplicarea tratamentului în anii premergători zborurilor intense ar putea fi mai eficientă și din perspectiva protejării parazitoidilor care se dezvoltă în corpul nimfelor de *Cephalcia*, știut fiind faptul că dacă nematoadele infectează nimfe parazitare, va muri și parazitoidul, în timp ce parazitoidii care își încheie dezvoltarea în corpul nimfelor nu sunt afectați de nematode (Georgis & Hague 1982, Mráček & Spitzer 1983, Battisti 1994b).

Tratarea solului cu nematode pe suprafețe mari, în condițiile în care apar focarele de *Cephalcia* (zonă de munte, arborete situate la culmi etc.), este totuși deosebit de problematică din punct de vedere tehnic și economic. Mult mai probabilă este găsirea unei soluții

care să implice aplicarea de tratamente aeriene cu nematode când larvele sunt în coroană, așa cum s-a încercat și la alte specii defoliatoare (Triggiani & Tarasco 2002, Arthurs et al. 2004, van Tol & Raupp 2005). Deocamdată, aplicarea foliară a nematodelor s-a experimentat doar în cazul speciei *C. lariciphila*, folosind nematodul *S. feltiae*² în doze de 5.000-20.000 nematode/ramură de 1 m lungime. În acest caz doar 3,4-29,4% dintre larvele defoliatorului au fost parazitare (Georgis & Hague 1988). Parazitarea mai redusă s-ar putea datora stresului la care sunt supuse nematoadele când sunt expuse la umiditatea mai redusă din aerul atmosferic și la radiația solară (Menti et al. 1997, Shapiro-Ilan et al. 2015), dar în prezent se folosesc diferiți adjuvanți pentru protejarea nematodelor în spațiul aerian, astfel încât eficacitatea tratamentelor să crească (Dito et al. 2016, Shapiro-Ilan et al. 2016).

Actualmente există două produse comerciale pe bază de *S. kraussei*, utilizabile pentru combaterea larvelor de *Otiorhynchus sulcatus* (Fabricius 1775) (BASF 2013, Shapiro-Ilan et al. 2014, EPPO 2016, Bioline AgroSciences Ltd, 2017), dar este puțin probabil ca utilizarea unui asemenea produs în silvicultură să fie rentabilă, atâta timp cât prețul produselor pe bază de nematode entomopatogene este prohibitiv chiar și pentru utilizarea lor în agricultură (Půža & Nermut 2015). Produsul Nemasys® de la BASF, pe bază de *S. kraussei*, costă 10,95 £ pentru un pachet cu 6 milioane nematode, utilizabil pentru a trata doar 12 m², iar pachetul cu 50 milioane nematode, utilizabil pentru a trata 100 m² costă 29,95 £ (Anonymous, 2017).

În ce privește ciuperca *Isaria farinosa* (Holmsk.) Fr. 1832 [= *Paecilomyces farinosus* (Holmsk.) A.H.S. Br. & G. Sm. 1957], testele de laborator au arătat că blastosporii ei au o patogenitate sporită față de ouăle de *C. abietis* dacă sunt deja germinați în momentul aplicării tratamentului, comparativ cu blastosporii negerminați (Prenerová 1995), și că mortalitatea larvelor de *C. abietis* este relativ rapidă (LT50² După Arthurs et al. (2004) ar fi vorba despre *Steinernema carpocapsae* (Weiser 1955), care în anii 1983-1990 a fost menționată în literatură sub denumirea de *S. feltiae*.

de la 2,6 până la 11,1 zile) (Markova 2000). În experimente mai recente cu produse pe bază de *I. farinosa* (pastă de blastospori în ulei și pastă de blastospori înghețați), folosindu-se o doză de 5×10^{10} blastospori/m², s-a obținut o mortalitate a ouălor de *C. abietis* de 95% în 8 zile, în condiții de laborator, și o reducere cu două treimi a populației de larve în condiții de teren (Prenerová 2007).

Beauveria bassiana a fost studiată de Do-naubauer (1959). El consideră că tratarea solului cu sporii ciupercii nu ar putea să determine o reducere a populației de nimfe de *Cephalcia*, deoarece condițiile optime pentru ciupercă sunt reprezentate de o temperatură de 27,5°C și o umiditate relativă de aproape 100%, condiții care în sol din pădure doar ocazional se pot întâlni. În plus, în sol ciuperca ar afecta nu doar nimfele dăunătorului, ci și parazitizii.

O altă posibilitate de utilizare a acestei ciuperci entomopatogene în combaterea defoliatorului ar fi când larvele sunt în coroană. În condiții de laborator s-a observat că tratarea larvelor cu spori de *B. bassiana* determină moartea lor la fel de relativ rapid ca și în cazul tratării cu *I. farinosa* (Markova 2000). Tot în condiții de laborator, o sușă de *B. bassiana* izolată din Liban s-a dovedit a fi mai eficientă decât Dimilin SC48 când s-a aplicat asupra ouălor sau larvelor (L1-L3) de *Cephalcia tannourinensis* Chevin 2002, lăsând să se întrevadă posibilitatea utilizării acestei ciuperci în combaterea defoliatorului în stadiu de larvă activă (Abdo et al., 2008). Actualmente există numeroase produse comerciale pe bază de *B. bassiana* (Jaronski 2014), dar nu se cunosc experimente de teren în care asemenea produse să fi fost testate împotriva larvelor sau nimfelor de *C. abietis*.

În Polonia, pentru ținerea sub control a populațiilor de *Cephalcia falenii*, o specie biologică asemănătoare cu *C. abietis*, s-au folosit furnicile de pădure (Pisarski & Czechowski 1990), dar nu cunoaștem date publicate cu privire la impactul transferului de furnici în zonele de gradație asupra populațiilor defoliatorului.

Combaterea integrată

Din perspectiva combaterii integrate, Führer & Fischer (1991) au propus o schemă de combatere a dăunătorului urmând mai multe strategii, și anume: 1) combaterea larvelor tinere din coroanele arborilor prin tratamente aviochimice sau microbiologice și/sau eliberarea de parazi-toizi ai larvelor; 2) tratarea solului cu spori de *Beauveria bassiana* pentru a ucide adulții ce ies din sol și larvele care coboară din coroană; 3) combaterea biologică a eonimfelor, pronimfelor și pupelor prin intermediul mistreților și cu ajutorul nematodului *S. kraussei*. Aplicarea celei de a treia strategii constă în îngrădirea suprafeței atacate și popularea acesteia cu mistreți timp de 1 an la o densitate de cca. 1 mistreț/ha, precum și administrarea de amendamente care să crească pH-ul solului până la valori cuprinse între 5,0 și 7,0 astfel încât să se îmbunătățească condițiile de viață pentru nematodul *S. kraussei* și astfel să crească rata de parazitare a nimfelor de către acesta, soluție recomandată și de Jaworska (1993).

Combaterea nimfelor prin înțăruierea mistreților în zonele cu focare de *Cephalcia* este o metodă ce a fost recomandată înainte de dezvoltarea combaterii chimice (Escherich 1942, citat de Führer & Fischer 1991), dar din rațiuni de ordin economic este aplicabilă doar pe suprafețe mici. În plus, o densitate mare a populației de mistreți ar putea avea numeroasele efectele negative asupra ecosistemului (Barrios-Garcia & Ballari 2012, Carpio et al. 2014), efecte care să nu fie compensate de reducerea populației de *Cephalcia*.

Concluzii

Cephalcia abietis este o specie cu un areal vast, dar care a produs gradații repetate în special în Europa Centrală (Germania, Austria, Cehia și Polonia). În această zonă, majoritatea exemplarelor dintr-o generație își încheie dezvoltarea în 2-3 ani, astfel că zbor mai intens și defoliere

mai puternică se constată la fiecare 2-3 ani. Deși factorii de mortalitate care afectează populațiile de *C. abietis* sunt foarte numeroși, în zonele de gradație aceștia nu reușesc să țină populațiile defoliatorului sub control și gradațiile se pot extinde pe durată îndelungată. Înmulțirile în masă au loc cu precădere în arborete pure de molid în vârstă de peste 60 ani, situate în zona amestecurilor de fag cu rășinoase ori în afara arealului natural al molidului, la altitudini mijlocii (600-1000 m), în locuri expuse periodic la secetă sau care au fost afectate de poluarea industrială, pe soluri acide.

Particularitățile biologice și ecologice ale acestei specii fac ca prognoza să fie mult mai laborioasă decât în cazul altor specii și totodată destul de nesigură.

De-a lungul timpului s-au aplicat diverse metode de combatere, în ultimele decenii prevalând combaterea chimică cu insecticide parțial selective (inhibitori de sinteză a chitinei), nefiind încă disponibile mijloace și tehnologii de combatere biologică. În acest context, un accent mai mare ar trebui pus pe prevenirea înmulțirii în masă prin cultivarea molidului doar în stațiuni adecvate acestei esențe forestiere, cu luarea în considerare a schimbărilor climatice globale, evitarea degradării mediului prin poluare sau alte intervenții antropice, conservarea echilibrului biocenotic prin evitarea aplicării de pesticide neselective, precum și implementarea de măsuri care să favorizeze organismele utile (păsări insectivore, paraziți, furnici, nematode entomopatogene etc.) din pădure.

Mulțumiri

Lucrarea a fost elaborată în cadrul temei 16.9/2016-2017 “Asistență tehnică privind depistarea, prognoza, monitorizarea și măsurile de combatere a dăunătorului *Cephalcia abietis*”, finanțată de RNP- Romsilva, și al proiectului “Creșterea Competitivității Economice a Sectorului Forestier și a Calității Vieții prin Transfer de Cunoștințe, Tehnologie și Com-

petențe CDI” – CRESFORLIFE-P_40_380”, finanțat prin Programul Operațional Competitivitate 2014-2020.

Bibliografie

- Abdo C., Nemer N., Nemer G., Jawdah Y.A., Atamian H., Kawar N.S., 2008. Isolation of *Beauveria* species from Lebanon and evaluation of its efficacy against the cedar web-spinning sawfly, *Cephalcia tannourinensis*. Bio Control 53: 341–352. DOI: 10.1007/s10526-006-9062-0.
- Achterberg C. van, Aartsen B. van, 1986. The European Pamphiliidae (Hymenoptera: Symphyta), with special reference to The Netherlands. Zoologische Verhandlungen (Leiden) 234: 1-98.
- Anonymous, 1997. Waldzustandsbericht der Bundesregierung 1997 - Ergebnisse der Waldschadenserhebung. Deutscher Bundestag - 13. Wahlperiode, Drucksache 13/9442, 143 p. <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/13/094/1309442.pdf> (accesat 15.12.2016).
- Anonymous, 2010. Information on Forests and Forestry in the Czech Republic by 2009. Ministry of Agriculture of the Czech Republic, Prague, 36 p. [http://eagri.cz/public/web/file/94582/ Forest_and_Forestry_2009.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/94582/Forest_and_Forestry_2009.pdf) (accesat 15.12.2016).
- Anonymous, 2012. Instrukcja ochrony lasu. Część II -kontrola, ocena i prognozowanie zagrożeń lasu – czynności podstawowe (obowiązkowe). Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa, 131 p.
- Anonymous, 2017. Nemasys Vine Weevil Killer (*Steinernema kraussei*). <http://www.gardenandplants.co.uk/nemasys-vine-weevil-killer-steinernema-kraussei-958-p.asp>. (accesat 20.01.2017).
- Arthurs S., Heinz K.M., Prasifka J.R., 2004. An analysis of using entomopathogenic nematodes against above-ground pests. Bulletin of Entomological Research 94(4): 297-306. DOI: <https://doi.org/10.1079/BER2003309>.
- Baier U., 1994. Untersuchungen zur Temperaturabhängigkeit der Eonymphen-Pronymphen Umwandlung bei der Fichtengespinstblattwespe *Cephalcia abietis* L. (Hym., Pamphiliidae). Journal of Applied Entomology 118: 68-75. DOI:10.1111/j.1439-0418.1994.tb00780.x
- Baier U., 2000. Untersuchungen zum Häutungshormongehalt im Präpuppenstadium der Fichtengespinstblattwespe *Cephalcia abietis* L. In: Beiträge zur Waldschutzforschung in Thüringen. Mitteilungen der Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Gotha, Heft 17: 69-72.
- Baier U., Otto L.-F., 2000. Untersuchungen zur Großen Fichtengespinstblattwespe *Cephalcia abietis* L. In: Beiträge zur Waldschutzforschung in Thüringen. Mitteilungen der Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Gotha, Heft 17: 47-68.
- Baltensweiler W. 1985. “Waldsterben”: Forest pests and air pollution. Journal of Applied Entomology 99: 77-85. DOI: 10.1111/j.1439-0418.1985.tb01964.x.
- Barrios-Garcia M.N., Ballari S.A., 2012. Impact of wild boar (*Sus scrofa*) in its introduced and native range:

- a review. *Biological Invasions* 14: 2283–2300. DOI: 10.1007/s10530-012-0229-6
- Barnosky A.D., Matzke N., Tomiya S., Wogan G.O.U., Swartz B., Quental T.B., Marshall C., McGuire J.L., Lindsey E.L., Maguire K.C., Mersey B., Ferrer E.A., 2011. Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? *Nature* 471: 51–57. DOI: 10.1038/nature09678
- BASF, 2013. Nemasys® L - Biocontrol for Black Vine Weevil Control. <http://www.evergreengrowers.com/fileuploader/download/download/?d=0&file=custom%2Fupload%2FFile-1385575954.pdf> (accesat 27.01.2017).
- Battisti A., 1994a. Voltinism and diapause in the spruce web-spinning sawfly *Cephalcia arvensis*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 70: 105–113.105
- Battisti A., 1994b. Effects of entomopathogenic nematodes on the spruce web-spinning sawfly *Cephalcia arvensis* Panzer and its parasitoids in the field. *Biocontrol Science and Technology* 4(1): 95–102, DOI: 10.1080/09583159409355317-
- Battisti A., Boato A., Masutti L., 1997. Biogeografia di *Picea abies* e di imenotteri sinfiti defolianti nell'arco alpino meridionale. *Biogeografia* 19: 173–182.
- Battisti A., Boato A., Zanolico D. 1998. Two sibling species of the spruce web-spinning sawfly *Cephalcia fallenii* (Hymenoptera: Pamphiliidae) in Europe. *Systematic Entomology* 23: 99–108. DOI: 10.1046/j.1365-3113.1998.00050.x
- Battisti A., Cescatti A., 1992. Notes on host plant, larval features and life history of *Cephalcia hartigii* (Bremi) (Hym., Pamphiliidae). *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft* 65(3-4): 353–362.
- Battisti A., Boato A., Masutti L., 2000. Influence of silvicultural practices and population genetics on management of the spruce sawfly, *Cephalcia arvensis*. *Forest Ecology and Management* 128(3): 159–166. DOI: 10.1016/S0378-1127(99)00144-9
- Battisti, A., Sun, J., 1996: A survey of the spruce web-spinning sawflies of the genus *Cephalcia* Panzer in north-eastern China, with a guide to the identification of prepupae (Hym., Pamphiliidae). *Journal of Applied Entomology* 120: 275–280. DOI: 10.1111/j.1439-0418.1996.tb01606.x
- Battisti A., Zanolico D., 1994. Biosystematics of *Cephalcia arvensis* Panzer group. I. Description of *Cephalcia fulva* n. sp. (Hymenoptera, Pamphiliidae). *Redia, Firenze*, 77: 297–311.
- Beneš K., 1976. Revision of the European species of *Cephalcia* Panzer, 1805 (Hym. Pamphiliidae). *Studie ČSAV Praha, Academia* 3: 1–68.
- Bioline AgroSciences Ltd, 2017. Exhibitline Sk. <http://www.biolineagrosciences.com/products/exhibitline-sk/> (accesat 1.02.2017).
- Blank S.M., Groll E.K., Liston A.D., Prous M., Taeger A., 2012. ECatSym - Electronic WorldCatalog of Symphyta (Insecta, Hymenoptera). 4.0 beta, data version 39. Digital Entomological Information, Müncheberg. Release date: 2012 12 18. URL: <http://sdei.senckenberg.de/ecatsym/> (accesat 14.12.2016).
- Blank S.M., Shinohara A., Taeger A., 1998. Revisionary notes on pamphiliid sawflies (Hymenoptera, Symphyta: Pamphiliidae). *Mitteilungen Museum Naturkunde Berlin. Deutsche Entomologische Zeitschrift* 45(1): 17–31. DOI: 10.1002/mmnd.19980450104
- Boemare N., 2002. Biology, taxonomy and systematics of *Photorhabdus* and *Xenorhabdus*. In: Gaugler R. (ed.) *Entomopathogenic nematology*. CABI Publishing, New York, pp. 35–56. DOI: 10.1079/9780851995670.0035
- Bogenschütz H., 1986. Monitoring populations of defoliating sawflies in forests of Southwest Germany. *Forest Ecology and Management* 15(1): 23–30. DOI: 10.1016/0378-1127(86)90086-1
- Bradshaw C.J.A., McMahon C.R., 2008. Fecundity. In: Jørgensen S.E., Fath B.D. (Editor-in-Chief): *Population Dynamics*. Vol. [2] of *Encyclopedia of Ecology*, 5 vols. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, pp. 1535–1543.
- Brauns A., 1991. *Taschenbuch der Waldinsekten*. 4. Auflage. Gustav Fischer, Stuttgart, 860 p.
- Campbell J.F., Lewis E.E., Stock S.P., Nadler S., Kaya H.K., 2003. Evolution of host search strategies in entomopathogenic nematodes. *Journal of Nematology* 35: 142–145.
- Campos-Herrera R., Escuer M., Labrador S., Robertson L., Barrios L., Gutierrez C., 2007. Distribution of the entomopathogenic nematodes from La Rioja (Northern Spain). *Journal of Invertebrate Pathology* 95: 125–139. DOI: 10.1016/j.jip.2007.02.003
- Carpio A.J., Castro-López J., Guerrero-Casado J., Ruiz-Aizpurua L., Vicente J., Tortosa F.S., 2014. Effect of wild ungulate density on invertebrates in a Mediterranean ecosystem. *Animal Biodiversity and Conservation* 37(2): 115–125.
- Dito D.F., Shapiro-Ilan D.I., Dunlap C.A., Behle R.W., Lewis E.E., 2016. Enhanced biological control potential of the entomopathogenic nematode, *Steinernema carpocapsae*, applied with a protective gel formulation. *Biocontrol Science and Technology* 26(6): 835–848. DOI: 10.1080/09583157.2016.1159659
- Donaubauer E., 1959. Über eine Mykose der Latenzlarve von *Cephaleia abietis* L. *Sydowia* 13: 183–222.
- Eichhorn J., Roskams P., Ferretti M., Mues V., Szepesi A., Durrant D., 2010. Visual Assessment of Crown Condition and Damaging Agents. Manual Part IV. In: *Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests*. UNECE ICP Forests Programme Co-ordinating Centre, Hamburg, 49 p.
- Eichhorn O., 1988. Untersuchungen über Fichtengespinstblattwespen *Cephalcia* spp. Panz. (Hym., Pamphiliidae) II. Die Larven- und Nymphenparasiten. *Journal of Applied Entomology* 105: 105–140. DOI: 10.1111/j.1439-0418.1988.tb00166.x
- Eichhorn O., 1990. Untersuchungen über Fichtengespinstblattwespen *Cephalcia* spp. Panz. (Hym., Pamphiliidae) III. Populationsdynamische Faktoren und Gesamtschau. *Journal of Applied Entomology* 110: 321–345. DOI: 10.1111/j.1439-0418.1990.tb00130.x
- Eichhorn O., Bogenschütz H., 2000. Untersuchungen über Fichtengespinstblattwespen *Cephalcia* spp. Panz. (Hym., Pamphiliidae) IV. Massenwechsel von *Cephalcia abietis* L. im obereschwäbischen Forstrevier Erolzheim (Fbz. Ochsenhausen) *J. Appl. Ent.* 124: 121–139. DOI: 10.1046/j.1439-0418.2000.00458.x
- Eichhorn, O., Pausch, K.L., 1986: Untersuchungen über

- die Fiechtengespinstblattwespen *Cephalcia* spp., Panz. (Hym., Pamphiliidae). I. Zur Problematik des Generationszyklus von *Cephalcia abietis* L. Journal of Applied Entomology 101: 101-111. DOI: 10.1111/j.1439-0418.1986.tb00837.x
- Ene M., 1971. Entomologia forestieră. Editura Ceres, București, 427 p.
- EPPO, 2016. List of biological control agents widely used in the EPPO region. http://archives.eppo.int/EPPOStandards/biocontrol_web/bio_list.htm (accesat 20.01.2017)
- Escherich K. 1942. Die Forstinsekten Mitteleuropas. Ein Lehr- und Handbuch. Bd. 5 Hymenoptera und Diptera. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 746 p.
- Fischer P., Führer E., 1990. Effect of soil acidity on the entomophilic nematode *Steinernema kraussei* Steiner. Biology and Fertility of Soils 9:174-177. DOI: 10.1007/BF00335803
- Führer E., Fischer P., 1991. Towards integrated control of *Cephalcia abietis*, a defoliator of Norway spruce in central Europe. Forest Ecology and Management 39: 87-95. DOI: 10.1016/0378-1127(91)90166-S
- Führer E., Fischer, P., 1994. Die Gemeine Fichtengespinstblattwespe, *Cephalcia abietis* L. (Hym., Pamphiliidae), im Böhmerwald: zur Kenntnis der Verursachung und Vermeidung von Gradationen. In: Führer, E., Neuherber F. (Eds.) Zustandsdiagnose und Sanierungskonzepte für belastete Waldstandorte in der Böhmisches Masse. Ergebnisse einer FIW – Fallstudie. Forstliche Schriftenreihe Universität für Bodenkultur, Wien, Band 7, pp.209-235.
- Georgis R., Hague N.G.M., 1982. Interactions between *Neoaplectana carpocapsae* (Nematoda) and *Olesicampe monticola*, a parasitoid of the larch sawfly *Cephalcia lariciphila*. IRCS Medical Science: Microbiology, Parasitology and Infectious Diseases 10 (7/8): 617.
- Georgis R., Hague N.G.M., 1988. Field evaluation of *Steinernema feltiae* against the web-spinning larch sawfly *Cephalcia lariciphila*. Journal of Nematology 20(2): 317-320.
- Gokce C., Yilmaz H., Erbas Z., Demirbag Z., Demir I., 2013. First record of *Steinernema kraussei* (Rhabditiida: Steinernematidae) from Turkey and its virulence against *Agrotis segetum* (Lepidoptera: Noctuidae). Journal of Nematology 45(4): 253–259.
- Gradinarov D., 2003. New natural hosts of entomopathogenic nematodes (Rhabditiida: Steinernematidae, Heterorhabditiidae) from Bulgaria. Acta Zoologica Bulgarica 55: 59-64.
- Grodzki W., 2007. Spatio-temporal patterns of the Norway spruce decline in the Beskid Śląski and Żywiecki (Western Carpathians) in southern Poland. Journal of Forest Science 53: 38-44.
- Gruppe A., 1993. Untersuchungen zur Entwicklungszeit der Erdlarven von *Cephalcia abietis* L. (Hym., Pamphiliidae). Journal of Applied Entomologie 116: 487-493. DOI: 10.1111/j.1439-0418.1993.tb01225.x
- Guinet, J.-M., 2003. *Cephalcia pallidula* (Gussakovskij, 1935) (Hymenoptera, Pamphiliidae), symphyte nouveau pour la faune du Luxembourg. Bulletin de la Société des naturalistes luxembourgeois 103: 83-86.
- Hellrigl K., 2006. Erhebungen und Untersuchungen über Pflanzenwespen (Hymenoptera: Symphyta) in Südtirol-Trentino. Forest observer 2/3: 205-250.
- Heqvist, K.-J., 1956. Studier över större granspinnarstekeln (*Cephalcia abietis* L.) och dess uppträdande i Skåne. Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut (Sweden) 46(5): 1-54.
- Hochmut R., Martinek V., 1963. Beitrag zur Kenntnis der mitteleuropäischen Arten und Rassen der Gattung *Trichogramma* Westw. (Hymenoptera, Trichogrammidae). Zeitschrift für angewandte Entomologie 52: 255-274. DOI: 10.1111/j.1439-0418.1963.tb02036.x
- Holecová M., 2012. Úvod do lesníckej entomológie. AQ-BIOS, spol. s r. o., Bratislava. 162 p.
- Holuša J., 2011. Preimaginal development of *Cephalcia lariciphila* during an outbreak in the Czech Republic. Bulletin of Insectology 64(1): 55-61.
- Holuša J., Liška J., Drápela K., 2007. Metody monitoringu imag ploskohrbetek roku *Cephalcia* (Hymenoptera: Pamphiliidae) v kontextu s denzitami larev v období latence. Zprávy Lesnického Výzkumu 52(3): 258-264.
- Hunt D.J., Subbotin S.A., 2016. Taxonomy and systematics. In: Hunt D.J., Nguyen K.B. (eds.) Advances in entomopathogenic nematode taxonomy and phylogeny. Brill NV, Leiden, pp. 13-58.
- Immler T., 2006: Starker Blattwespenflug 2006. LWF aktuell 55: 48.
- Jahn E., 1962. Beobachtungen zu einer Schlafsuchterkrankung der Fichtengespinstblattwespe, *Lyda hypotrophica* Htg. (*Cephalcia abietis* L.) im Latenzstadium und während der Fraßperiode in den Kronen. Anzeiger für Schädlingskunde 35(7): 99-102. DOI: 10.1007/BF02330866
- Jahn E., 1976. Die Fichtengespinstblattwespe, *Cephalcia abietis* L., als gefährlicher Bestandes- und Kulturschädling in Österreich. Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzen- und Umweltschutz 49: 145-149.
- Jahn E., 1978. Über das Auftreten parasitischer Insekten von *Cephalcia abietis* L. im Waldviertel (Niederösterreich). Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz 51: 119-122. DOI: 10.1007/BF01903327
- Jachym M., 1999. Forecast and control of the spruce web-spinning sawflies (*Cephalcia* sp.) in the Beskid mountains in Poland in 1998. In: Forster B., Knizek M., Grodzki W. (eds.) Methodology of Forest Insect and Disease Survey in Central Europe. Proceedings of the Second Workshop of the IUFRO WP 7.03.10. April 20-23. 1999, Sion-Châteauneuf, Switzerland, pp: 164-167.
- Jachym M., 2003. Location, evolution and importance of *Cephalcia* spp. (Hym.: Pamphiliidae) populations in Carpathian Mountains. In: McManus M.L., Liebhold A.M. (eds) Proceedings Ecology, Survey and Management of Forest Insects. USDA Forest Service, General Technical Report NE-311: 145–146.
- Jachym M., 2007. Web-spinning sawflies of the genus *Cephalcia* Panzer (Hymenoptera, Pamphiliidae) in the *Picea abies* forests of the Beskid Mountains (Poland). Journal of Forest Science 53(special issue): 63-68.
- Jaronski S.T., 2014. Mass Production of Entomopathogenic Fungi: State of the Art. In: Morales-Ramos, J.A., Rojas, M.G., Shapiro-Ilan, D.I. (eds.) Mass Production

- of Beneficial Organisms: Invertebrates and Entomopathogens, Academic Press, Amsterdam, pp. 357-413. DOI: 10.1016/B978-0-12-391453-8.00011-X
- Jaworska M., 1993. Investigations on the possibility of using entomophilic nematodes in reduction of *Cephalcia abietis* (L.) (Hym., Pamphiliidae) population. *Polskie Pismo Entomologiczne* 62: 201-213.
- Jensen T.S., 1988. Phenology and spatial distribution of *Cephalcia* (Hym., Pamphiliidae) imagines in a Danish spruce forest. *Journal of Applied Entomology* 106: 402-407. DOI: 10.1111/j.1439-0418.1988.tb00610.x
- Jervis, M.A., Copland M.J.W., Harvey J.A., 2005. The life-cycle. In Jervis M.A. (ed.) *Insects as natural enemies - A practical perspective*. Springer, Dordrecht, pp. 73-165. DOI: 10.1007/978-1-4020-2625-6_2
- Kalandra A., 1963. Ein Beitrag zur Gradologie der Fichten-Gespinst-Blattwespe *Cephalcia abietis* L. im Adlergebirge in den Jahren 1950-1960. *Communicationes instituti forestalis Czechosloveniae* 3: 47-52.
- Kaya H.K., 1985. Entomogenous nematodes for insect control in IPM systems. In: Hoy M.A., Herzog D.C. (eds.) *Biological Control in Agricultural IPM Systems*. Academic Press, Orlando, pp. 283-302. DOI: 10.1016/B978-0-12-357030-7.50022-3
- Kaya H.K., Gaugler R., 1993. Entomopathogenic nematodes. *Annual Review of Entomology* 38: 181-206. DOI: 10.1146/annurev.en.38.010193.001145
- Klimetzek D., Vité J.P., 1989. Tierische Schädlinge. In: Schmidt-Vogt H. (ed.) *Die Fichte. Band II/2 – Krankheiten, Schäden, Fichtensterben*. Paul Parey, Hamburg und Berlin, pp. 40-133.
- Krausse A., 1917. Forstentomologische Exkursionen ins Eggegebirge zum Studium der Massenvermehrung der *Cephalcia abietis* L. *Archiv für Naturgeschichte. Abteilung A*, 6. Heft, pp. 46-49.
- Křístek J., 1967. Beitrag zum Studium der Prädation von Afterraupen der Fichtengespinstblattwespe (*Cephalcia abietis* L.) durch die Schnelkäfer. *Sb. 4. ved. konf. VÚLH Zvolen*, 13: 1-14.
- Kristek J., Švestka M., 1986. An outbreak of *Cephalcia arvensis* Pz. in northern Moravia. *Zborn. konf. VULH Zvolen* 23, pp.103-108 (in Czech).
- Kudela M., 1957. Hubení ploskohřbetky smrkové (*Cephalcia abietis* L.) insekticidy ve vztahu k jejím přirozeným nepřátelům. *Práce VÚL ČSR* 12: 191-247.
- Kula E., 1990. Stanovištní podmínky výskytu ploskohřbetky smrkové (*Cephalcia abietis*). *Lesnictví* 36(8): 625-643.
- Kula E., Švarc P., 2010. Distribution of wire worms of click beetles (Coleoptera, Elateridae) in the soil of forest ecosystems of the Kienhaida Nature Reserve (Ore Mountain). *Studia Oecologica* 3: 64-72.
- Kurir A., 1977. Über die Antagonisten der Fichtengespinstblattwespe *Cephalcia abietis* L. (Hym. Pamphiliidae), im Bodenquartier mit besonderer Berücksichtigung der Virulenz pathogener Pilze. *Zeitschrift für angewandte Entomologie* 84: 388-396. DOI: 10.1111/j.1439-0418.1977.tb04300.x
- Laznik Ž., Tóth T., Lakatos T., Vidrih M., Trdan S., 2009. First record of a cold-active entomopathogenic nematode *Steinernema kraussei* (Steiner) (Rhabditida: Steinernematidae) in Slovenia. *Acta agriculturae Slovenica* 93(1): 37-42. DOI: 10.2478/v10014-009-0005-1
- Laznik Ž., Trdan S., 2016. Attraction behaviors of entomopathogenic nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) to synthetic volatiles emitted by insect damaged potato tubers. *Journal of Chemical Ecology* 42:314-322 DOI 10.1007/s10886-016-0686-y
- Lemme H., Petercord R., 2010a. Neues Monitoringverfahren für die Fichtengespinstblattwespe in Bayern eingeführt. *Forstschutz Aktuell* 50: 20-23.
- Lemme, H., Petercord, R. 2010b. Weniger und dennoch genauer. *LWF aktuell*, 78: 54-55.
- Liška J., Holuša J., 2000. Ploskohřbetka smrková - *Cephalcia abietis* (L.). *Lesnická Práce* 11: 1-4.
- Liston A.D., 1995. Compendium of European Sawflies. List of species, modern nomenclature, distribution, foodplants, identification literature. *Chalastos Forestry, Gottfrieding*, 190 pp.
- LWF 2017. Monitoring Fichtengespinstblattwespe. <http://www.lwf.bayern.de/waldschutz/monitoring/063824/index.php> (accesat 14.01.2017).
- Markova G., 2000. Pathogenicity of several entomogenous fungi to some of the most serious forest insect pests in Europe. *Bulletin OILB/SROP* 23(2): 231-239.
- Martinek V., 1980. Zum Problem der Übervermehrung der Gemeinen Fichtengespinstblattwespe (*Cephalcia abietis* (L.)) (Hym., Pamphiliidae) in Böhmen. *Rozpravy Československé Akademie Věd, Řada Matematických a Přírodních Věd*, 90: 1-165.
- Martinek V., 1986. Schwankung der Vertretung der einjährigen Generation bei Gespinstblattwespen der Gattung *Cephalcia* Pz. (Hym., Pamphiliidae) und mögliche Ursachen. *Lesnictví* 32(11): 1021-1038 (in češ).
- Martinek V., 1992. The sawfly *Cephalcia falleni* (Dalm.) (Hym., Pamphiliidae) as a new pest on spruce in the Orlicke Mts. *Lesnictví-Forestry* 38, 205-220 (in češ a rezumat în engleză).
- Martinek V., Šrot M., 1986. An outbreak of the web-spinning sawfly *Cephalcia arvensis* in spruce forests by Náchod. *Lesnická Práce* 65: 117-121 (in češ).
- Masutti L., Costantini B., Battisti A., 1990. Infestazioni di *Cephalcia arvensis* in peccete delle Prealpi Venete. I. Primi risultati del controllo sull'Altopiano di Asiago. *Monti e Boschi*, 41(3): 17-21.
- McCallum M.L., 2015. Vertebrate biodiversity losses point to a sixth mass extinction. *Biodiversity and Conservation* 24(10): 2497-2519. DOI: 10.1007/s10531-015-0940-6
- Menti H., Wright D.J., Perry R.N., 1997. Dessication survival of populations of the entomopathogenic nematodes *Steinernema feltiae* and *Heterorhabditis megidis* from Greece and the UK. *Journal of Helminthology* 71: 41-46. DOI: 10.1017/S0022149X00000778
- Midtgaard, F. 1986. The Norwegian Xyelidae and Pamphiliidae (Hymenoptera). *Fauna norvegica Ser. B*. 34: 125-130.
- Mráček Z., 1977. *Steinernema kraussei*, a parasite of the body cavity of the sawfly *Cephalcia abietis* in Czechoslovakia. *Journal of Invertebrate Pathology* 30:87-94. DOI: 10.1016/0022-2011(77)90041-6
- Mráček Z., 1982: Horizontal distribution in soil, and seasonal dynamics of the nematode *Steinernema kraussei*, a parasite of *Cephalcia abietis*. *Zeitschrift für ange-*

- wandte Entomologie 94(1-5): 110-112. DOI: 10.1111/j.1439-0418.1982.tb02553.x
- Mráček Z., 1986. Nematodes and other factors controlling the sawfly, *Cephaleia abietis* (Pamphiliidae: Hymenoptera), in Czechoslovakia. Forest Ecology and Management 15: 75-79. DOI: 10.1016/0378-1127(86)90092-7
- Mráček Z., Bečvář S., Kindlmann P., Jersáková J., 2005. Habitat preference for entomopathogenic nematodes, their insect hosts and new faunistic records for the Czech Republic. Biological Control 34: 27 – 37. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2005.03.023 DOI: 10.1016/j.biocontrol.2005.03.023
- Mráček Z., David L., 1986. Preliminary field control of *Cephalcia abietis* L. (Hymenoptera, Pamphiliidae) larvae with steinernematid nematodes in Czechoslovakia. Journal of Applied Entomology 102(1-5): 260-263. DOI: 10.1111/j.1439-0418.1986.tb00920.x
- Mráček Z., Spitzer K., 1983. Interaction of the predators and parasitoids of the sawfly, *Cephalcia abietis* (Pamphiliidae: Hymenoptera) with its nematode *Steinernema kraussei*. Journal of Invertebrate Pathology 42: 397-399. DOI: 10.1016/0022-2011(83)90181-7
- Nikdel M., Niknam Gh., 2010. First report of a cold-active EPN *Steinernema kraussei* (Rhabditida, Steinernematidae) from Iran. Nematologia Mediterranea 38: 103-105.
- Noblecourt T., 2016. Liste systématique des Hyménoptères Symphytes de France. Quillan: Office National des Forêts, Laboratoire National d'Entomologie Forestière. Juin 2016, 94 p.
- Novák V., Hrozinka F., Starý B., 1992. Atlas schädlicher Forstinsekten. Übersetzt und bearbeitet von Karl Rack, 5., unveränderte Auflage. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 127 p.
- Nüsslin O., 1905. Leitfaden der Forstinsektenkunde. Paul Parey, Berlin, 454 p. DOI: 10.5962/bhl.title.16428
- Nüsslin O., Rhumbler L., 1922. Forstinsektenkunde. 3. neubearbeitete und vermehrte Auflage. Paul Parey, Berlin, 568 p.
- Olenici N., Duduman M.L., Tulbure C., Rotariu C., 2009. *Ips duplicatus* (Coleoptera, Curculionidae, Scolytinae) – un dăunător important al molidului din afara arealului natural de vegetație. Revista pădurilor, 124(1): 17-24.
- Olenici N., Olenici V., 2005. *Pristiphora abietina* (Christ) (Hymenoptera, Tenthredinidae) - un dăunător important al molidului din afara arealului natural de vegetație. Revista Pădurilor 120(1): 3-13.
- Parst 1916. Die Fichtengespinstblattwespe (*Lyda hypotrophica* Htg.) im Roggenburger Forst. Zeitschrift für angewandte Entomologie 3(1): 75–96.
- Petercord R., 2009. Waldschutz und Klimawandel - "Wet-tlauf" mit den Schädlingen? LWF Wissen 63: 61-69.
- Pievani T., 2014. The sixth mass extinction: Anthropocene and the human impact on biodiversity. Rendiconti Lincei 25:85–93. DOI: 10.1007/s12210-013-0258-9
- Pisarski B., Czechowski W., 1990. The course of artificial colonization of red wood ants in the Gorce National Park. Memorabilia Zoologica 44: 37-46.
- Polaszek A., 2010. Species diversity and host associations of Trichogrammain Eurasia. In: Cónsoli F.L., Parra J.R.P., Zucchi R.A. (eds.) Egg parasitoids in agroeco-systems with emphasis on *Trichogramma*, Springer, Dordrecht, pp. 237-266.
- Prenerová E., 1995. Accelerated germination by aeration: a novel method of preparation of germinated blastospores of *Paecilomyces farinosus* for practical application. Journal of Invertebrate Pathology 65: 225-229. DOI: 10.1006/jipa.1995.1034
- Prenerová E., 2007. Studium využitelnosti entomopatogenní houby *Paecilomyces farinosus* (Deuteromycota) proti vajíčkům a 1. instarům ploskohřbetky smrkové *Cephalcia abietis* (Insecta, Hymenoptera). In: Nováková A. (Ed.) Proceedings of the MICROMYCO 2007, České Budějovice, Czech Republic, September 4.-5., 2007. Institute of Soil Biology, Biology Centre, Academy of Sciences of the Czech Republic, v.v.i. České Budějovice. pp. 133-139.
- Pschorn-Walcher H., 1982. Unterordnung Symphyta, Pflanzenwespen. In: Schwenke W. (ed.) Die Forstschädlinge Europas. Bd. 4: Hautflügler und Zweiflügler, Paul Parey, Hamburg und Berlin, pp. 4-196.
- Půža V., Mráček Z., 2010. Mechanisms of coexistence of two sympatric entomopathogenic nematodes, *Steinernema affine* and *S. kraussei* (Nematoda: Steinernematidae), in a central European oak woodland soil. Applied Soil Ecology 45: 65–70. DOI: 10.1016/j.apsoil.2010.02.002
- Půža V., Mráček Z., Holuša J., 2007. Entomopathogenic nematodes and target soil insect pests in tree habitats in the Czech Republic, with focus on sawflies and cockchafers. In: Enkerli J. (ed.) Integrated Control of Soil Insect Pests IOBC/wprs Bulletin 30 (7): 105-107.
- Půža V., Nermut J., 2015. Entomopathogenic nematodes in the Czech Republic: Diversity, occurrence and habitat preferences. In: Campos-Herrera R. (ed.) Nematode Pathogenesis of Insects and Other Pests, Sustainability in Plant and Crop Protection 1, Springer, Dordrecht, Netherlands, pp. 421-429. DOI: 10.1007/978-3-319-18266-7_17
- Rodeghiero M., Battisti A., 2000. Inter-tree distribution of the spruce web-spinning sawfly, *Cephalcia abietis*, at endemic density. Agricultural and Forest Entomology 2: 291-296. DOI: 10.1046/j.1461-9563.2000.00078.x
- Roller L., Haris A., 2008. Sawflies of the Carpathians Basin, history and current research. Natura Somogyensis 11: 1-261.
- Schafellner C., Guber E., Zelinka P., Antonitsch A., 2016. Untersuchungen zur Populationsdynamik der Fichtengespinstblattwespe, *Cephalcia abietis*, in einem aktuellen Befallsgebiet im Waldviertel/Niederösterreich. In: Kohler M., Csapek G., Bauhus J., (eds.) Forstwissenschaftliche Tagung 2016 Freiburg im Breisgau, Abstracts. Pp. 204.
- Schedl W., 1991. Hymenoptera – Unterordnung Symphyta. Pflanzenwespen. Walter de Gruyter, Berlin, 132 p. DOI: 10.1515/9783110857900
- Scheidter, F., 1916. Beiträge zur Biologie und Anatomie der Fichtengespinstblattwespe, *Lyda hypotrophica* Htg. (*Cephaleia abietis* L.). Zeitschrift für angewandte Entomologie 3(1):97 - 116. DOI: 10.1111/j.1439-0418.1916.tb00558.x
- Schimitschek E., 1951. Über die Polyederkrankheit der Fichtengespinstblattwespe, *Lyda hypotrophica* Htg.

- (*Cephaleia abietis* L.). Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Mariabrunn 47: 70-73.
- Schmutzenhofer, H., 1985. Site characteristics and mass outbreaks of *Cephalcia abietis* in Austria. In: Bevan, D., Stoakley, J.T. (eds.) Site characteristics and population dynamics of lepidopteran and hymenopteran forest pests. Proc. IUFRO Conf. Dornoch, Scotland, 1-7 Sept. 1980. Forestry Comm., UK, Res. Dev. Pap. 135, 27-35.
- Schwenke, W., 1962: Über die Beziehungen zwischen dem Wasserhaushalt von Bäumen und der Vermehrung blattfressender Insekten. Zeitschrift für angewandte Entomologie 51(1-4): 371-376. DOI: 10.1111/j.1439-0418.1962.tb04099.x
- Schwerdtfeger F., 1979. Demökologie. Struktur und Dynamik tierischer Populationen. Paul Parey, Hamburg und Berlin. 447 p.
- Schwerdtfeger F., 1981. Die Waldkrankheiten. Ein Lehrbuch der Forstpathologie und des Forstschutzes. Paul Parey, Hamburg und Berlin, 486 p.
- Shapiro-Ilan D.I., Han R., Qiu X., 2014. Production of entomopathogenic nematodes. In: Morales-Ramos, J.A., Rojas, M.G., Shapiro-Ilan, D.I. (eds.) Mass Production of Beneficial Organisms: Invertebrates and Entomopathogens, Academic Press, Amsterdam, pp. 321-356. DOI: 10.1016/B978-0-12-391453-8.00010-8
- Shapiro-Ilan D.I., Hazir S., Lete L., 2015. Viability and virulence of entomopathogenic nematodes exposed to ultraviolet radiation. Journal of Nematology 47(3): 184-189.
- Shapiro-Ilan D.I., Cottrell T.E., Mizel R.F., Horton D.L., 2016. Efficacy of *Steinernema carpocapsae* plus fire gel applied as a single spray for control of the lesser peachtree borer, *Synanthedon pictipes*. Biological Control 94: 33-36. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2015.12.006
- Shishiniova M., Budurova I., Gradinarov D., 1997. Contribution to fauna of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae, Heterorhabditidae) from Bulgaria. Biotechnology et Biotechnological Equipment 11(1-2), 45-52. DOI: 10.1080/13102818.1997.10818916
- Sierpinski Z., 1984. Über den Einfluß von Luftverunreinigungen auf Schadinsekten in polnischen Nadelbaumbeständen. Forstwissenschaftliches Centralblatt 103(1): 83-91. DOI: 10.1007/BF02744217
- Spiridonov S., Lyons E., Wilson M., 2004. *Steinernema kraussei* (Rhabditida, Steinernematidae) from Iceland. Comparative Parasitology 71(2): 215-220. DOI: 10.1654/4100
- Steiner W.A., 1996. Distribution of entomopathogenic nematodes in the Swiss Alps. Revue Suisse de Zoologie, 103: 439-452. DOI: /10.5962/bhl.part.79955
- Steyrer G., Perny B., Hoch G., Schafellner C., 2014. Auftreten der Großen Fichtenspinnblattwespe im Waldviertel. Forstschutz Aktuell 60(61): 20-23.
- Stock S.P., Goodrich-Blair H., 2008. Entomopathogenic nematodes and their bacterial symbionts: The inside out of a mutualistic association. Symbiosis 46: 65-75.
- Stock S.P., Pryor B.M., Kaya H.K., 1999. Distribution of entomopathogenic nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) in natural habitats in California, USA. Biodiversity and Conservation 8: 535 - 549. DOI: 10.1023/A:1008827422372
- Sturhan D., 1999. Prevalence and habitat specificity of entomopathogenic nematodes in Germany. In: Gwynn R.L., Smits P.H., Griffin C., Ehlers R.-U., Boemare N., Masson J.-P. (eds) COST 819 – Entomopathogenic Nematodes – Application and Persistence of Entomopathogenic Nematodes. European Commission, Luxembourg, DG XII, pp. 123-132.
- Szujecki, A., 1987: Ecology of forest insects. (Series Entomologica, vol. 26). PWN - Polish Scientific Publishers, Warszawa, 601 p.
- Taeger A., Blank S.M., 2013. Fauna Europaea: Symphyta. Fauna Europaea version 2.6.2, <http://www.faunaeur.org> (accessed 18.6.2016).
- Taeger A., Blank S.M., Liston A.D., 2006. European sawflies (Hymenoptera: Symphyta) - A species checklist for the countries. In: Blank S.M., Schmidt S., Taeger A. (eds) Recent Sawfly Research: Synthesis and Prospects, pp. 399-504. Goecke & Evers, Keltern.
- Tol R.W.H.M. van, Raupp M.J., 2005. Nursery and tree application. In: Grewal P.S., Ehlers R.-U., Shapiro-Ilan D.I. (eds.) Nematodes as biocontrol agents. CAB International, pp. 167-190.
- Triggiani O., Tarasco E., 2002. Efficacy and persistence of entomopathogenic nematodes in controlling larval populations of *Thaumetopoea pityocampa* (Lepidoptera: Thaumetopoeidae). Biocontrol Science and Technology 12: 747-752. DOI: 10.1080/0958315021000039923
- Tumialis D., Gromadka R., Skrzeczek I., Pezowicz E., Mazurkiewicz A., Popowska-Nowak E., 2014. *Steinernema kraussei* (Steiner, 1923) (Rhabditida: Steinernematidae) – the first record from Poland. Helminthologia 51(2): 162-166. DOI: 10.2478/s11687-014-0224-9
- Valadas V., Laranjo M., Mota M., Oliveira S., 2014. A survey of entomopathogenic nematode species in continental Portugal. Journal of Helminthology 88(3): 327-341. DOI: 10.1017/S0022149X13000217
- Vietinghoff-Riesch A. Frhr., 1952. Die Bedeutung des Schwarzwildes bei Gradationen forstschädlicher Insekten. Forstwissenschaftliches Centralblatt 71: 29-47.
- Viitasaari M., 1982. Sahapistiaiset 2. Xyloidea ja Megalodontoidea. University of Helsinki, Reports 5, Helsinki: 1-72.
- Walter S., 1985. Eine neue Art aus der Verwandtschaft von *Trichogramma embryophagum* (Htg.): *T. zeirapherae* n. sp. (Hym., Trichogrammatidae). Entomologische Nachrichten und Berichte 29: 275-276.
- Walter S., 1986. Die Eiparasitierung von Fichtenspinnblattespen (*Cephalcia* Panzer) im Erzgebirge 1981-1983. Beiträge zur Entomologie 36(2): 217-223.
- Wellenstein G., 1957. Die Beeinflussung der forstlichen Arthropodenfauna durch Waldameisen (*Formica rufa* Gruppe), I. Teil. Zeitschrift für angewandte Entomologie 41(2): 368-385.
- Xiao G.-R., Huang X.-Y., Zhou S.-Z., Wu J.-A., Zhang P.-Y., 1992. Economic sawfly fauna of China. Beijing, Tianze Eldonejo (in Chinese).
- Zhelokhovtsev A.N., Tobias V.I., Kozlov M.A., 1994. Keys to the insects of the European part of the USSR. Vol. 3. Hymenoptera. Part 6. Symphyta. E.J. Brill, Leiden, 432 p.