

HANNA SZMIDLA, MIŁOSZ TKACZYK, MONIKA MAŁECKA, ZBIGNIEW SIEROTA

## Ocena liczebności pędraków Melolonthinae w pułapkach trocinowych w uprawach sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.)\*

Assessing the number of Melolonthinae larvae in the sawdust traps in young Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) plantations

### ABSTRACT

Szmidla H., Tkaczyk M., Małecka M., Sierota Z. 2018. Ocena liczebności pędraków Melolonthinae w pułapkach trocinowych w uprawach sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.). Sylwan 162 (7): 590-597.

Root-feeding insects are an increasingly studied group of herbivores, whose impact on plant productivity and are some of the most damaging forest pests in Europe. Due to the mass feeding on the roots of seedlings and older trees in young plantation and stands, Melolonthinae larvae are classified as pests, which are the most dangerous on the land dedicated to afforestation. The research was located in the Wyszków Forest District (52°43'15" N; 21°39'03" E) on the mixed coniferous and mixed deciduous forest habitats. This study evaluated sawdust traps as the method for assessing abundance of Melolonthinae larvae in Scots pine plantations established artificially from open nursery, container production, and from natural regeneration. In spring 2015 i) 'small sawdust pits' in rows between seedlings, and ii) pits without soil in adjacent inter-rows as control were prepared. In spring and autumn 2016, and in spring 2017 sawdust and soil from both variants of pits were sieved and Melolonthinae larvae were counted and compared. The obtained results were analyzed in two ways. The first analysis compared the occurrence of grubs in small pits with or without sawdust, while the other one analysed influence of the time of making small pits, independently for the variant with or without sawdust. The final stage was to compare the number of Melolonthinae larvae in small pits between the origin of the seedlings. We found a greater number of grubs in spring assessment than in autumn. Both kinds of small pits showed higher number of Melolonthinae larvae when compared to traditional method of 'great pits'. The number of Melolonthinae larvae was significantly higher on the plots with container seedlings than the others. The conceptual assumptions of this alternative and environmentally safe method of 'sawdust traps' seems to be optimistic.

### KEY WORDS

*Melolontha* spp., young forest plantations, root-pest monitoring

### ADDRESSES

Hanna Szmidla <sup>(1)</sup> – e-mail: h.szmidla@ibles.waw.pl  
Miłosz Tkaczyk <sup>(1)</sup> – e-mail: m.tkaczyk@ibles.waw.pl  
Monika Małecka <sup>(1)</sup> – e-mail: m.malecka@ibles.waw.pl  
Zbigniew Sierota <sup>(2)</sup> – e-mail: zbigniew.sierota@uwm.edu.pl

\*Badania przeprowadzono w ramach tematu 500 426, finansowanego ze środków Funduszu Leśnego przez Dyрекcję Generalną Lasów Państwowych.

<sup>(1)</sup> Zakład Ochrony Lasu, Instytut Badawczy Leśnictwa; Sękocin Stary, ul. Braci Leśnej 3, 05-090 Raszyn

<sup>(2)</sup> Katedra Leśnictwa i Ekologii Lasu, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie; Plac Łódzki 2, 10-727 Olsztyn

## Wstęp

Chrabąszczowate (Melolonthinae) zarówno w fazie larwy (pędraka), jak i imago powodują znaczące straty ekonomiczne w uprawach i starszych drzewostanach wielu gatunków drzew. Z powodu masowego żerowania na korzeniach siewek i starszych drzewek w uprawach i młodnikach zaliczane są do szkodników, które w największym stopniu utrudniają prace związane z odnowieniami i zalesieniami.

Obecnie najgroźniejszymi gatunkami szkodników z podrodziny Melolonthinae są chrabąszcz majowy (*Melolontha melolontha* L.) i chrabąszcz kasztanowiec (*Melolontha hippocastani* Fabr.). W ostatnim roku areal występowania imagines obydwu chrabąszczy wyniósł 23 tys. ha, a ich pędraków ponad 10 tys. ha [Jabłoński i in. 2017; Sukovata 2017]. Pędraki innych gatunków Melolonthinae będących szkodnikami korzeni, tj. guniaka czerwczyka *Amphimallon solstitiale* L., wałkarza lipczyka *Polyphylla fullo* L. i jedwabka brunatnego *Serica brunnea* L., nie mają aktualnie większego znaczenia gospodarczego w leśnictwie [Sukovata 2017].

Do 2010 roku powszechnie stosowano zwalczanie chrabąszczowatych różnymi pestycydami – zarówno przeciwko imago, jak i larwom [Malinowski 2010]. Regulacje prawne obowiązujące na obszarze Unii Europejskiej znacznie ograniczyły zakres stosowania metody chemicznej [Dyrektywa... 2009; Rozporządzenie... 2009]. Drastycznie zmniejszyła się liczba insektycydów dopuszczonych do użycia w ochronie lasu, przy czym dodatkowo została ona ograniczona przez zasady obowiązujące w lasach certyfikowanych przez FSC. Wymusiło to konieczność zwrócenia uwagi na bardziej bezpieczne dla środowiska metody agrotechniczne lub biologiczne [Martyniuk 2012].

Wśród stosowanych i wciąż badanych nowych metod uprawowych i biologicznych, jak wykorzystanie bioinsektycydów na bazie grzybów entomopatogenicznych rodzaju *Beauveria* [Luterek, Szmidt 1997] bądź pasożytniczych nicieni [Kowalska 2001; Kreft i in. 2012], podjęto próbę wykorzystania świeżych trocin iglastych jako swoistej pułapki zanácającej pędraki [Małecka i in. 2014]. Przesłanką takiego pomysłu był fakt, że dwutlenek węgla uwalniany z rozkładanej celulozy korzeni roślin, a także inne związki lotne [Weissteiner i in. 2012], działają jako swoisty atraktant wabiący larwy owadów. Pozytywny efekt takiego postępowania, a także pewne uwagi i propozycje odnośnie do sposobu oceny zagrożenia i terminu wykonywania oceny zostały zasygnalizowane przez Małecką i in. [2014].

Na potrzeby niniejszej pracy sformułowano trzy hipotezy badawcze: a) ocena wykonana wiosną wskaże na większy udział pędraków w uprawie niż ocena jesienna, b) liczba pędraków w dołkach z trocinami będzie większa niż w dołkach kontrolnych oraz c) pochodzenie materiału sadzeniowego nie ma związku z liczebnością pędraków w uprawie.

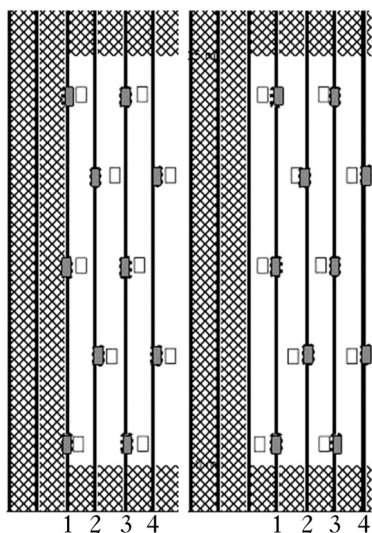
## Materiał i metody

Powierzchnie badawcze zlokalizowano w Nadleśnictwie Wyszaków (52°43'15"76 N, 21°39'03"56 E). Badania prowadzono w 3 pododdziałach, w których przed odnowieniem przeprowadzono rutynowe kontrole występowania szkodników korzeni [Instrukcja... 2012]. Imagines chrabąszcza majowego w liczbie 1-4 sztuk znaleziono jedynie na powierzchni w oddziale 197b, co mogło wskazywać na znaczne zagrożenie tej powierzchni przez chrabąszczowate.

Powierzchnie zostały odnowione: a) w oddz. 197b rocznymi sadzonkami ze szkółki otwartej Nadleśnictwa Wyszków, b) w oddz. 225a rocznymi mykoryzowanymi sadzonkami ze szkółki kontenerowej w Nadleśnictwie Jabłonna oraz c) w oddz. 203a wykorzystano odnowienie naturalne, które wcześniej zostało zainicjowane podczas cięć w ramach rębni Ib. Ponieważ jedna z hipotez badawczych zakładała sprawdzenie wpływu zastosowania trocin jako atraktantu dla pędraków w uprawach o różnym pochodzeniu materiału sadzeniowego (odnowienie naturalne, sadzonki z odkrytym systemem korzeniowym i sadzonki kontenerowe), zdecydowano się na przeprowadzenie badań w trzech dostępnych, lecz różnych oddziałach. Powierzchnie badawcze były położone na siedliskach lasu mieszanego świeżego (oddz. 203a) oraz boru mieszanego świeżego (oddz. 225a i 197b). Przed ich odnowieniem glebę przygotowano w bruzdy z użyciem pługa LPZ 75. Sadzonki w oddziałach 225a i 197b zostały posadzone ręcznie w rzędach w więźbie 0,7×1,2 m. Sadzonki z zakrytym system korzeniowym sadzono za pomocą kostura rurowego. W każdej uprawie losowo wyznaczono po trzy poletka o długości 15 m zawierające 8 rzędów sadzonek.

W maju 2015 roku na każdej działce wykopano między sadzonkami 20 otworów o wymiarach 0,2×0,2×0,3 m (szerokość×długość×głębokość) przemiennie w każdym rzędzie i nazwano je „małymi odkrywkami”. Każdy otwór wypełniono świeżymi, wilgotnymi trocinami sosnowymi (warstwa o grubości 20 cm) i przykryto warstwą lokalnej gleby o grubości 10 cm. Po roku w końcu maja 2016 roku (ocena wiosenna) i pod koniec września 2016 roku (ocena jesienna), a po 2 latach na początku czerwca 2017 roku (druga ocena wiosenna) odkrywki zostały poddane ocenie poprzez wykopanie trocin i przesianie ich przez sita. Równocześnie 50 cm obok sadzonek, z jednej strony międzyrzędzia, wykopano otwory o podobnych wymiarach (20 odkrywek kontrolnych) i przesiano glebę w poszukiwaniu pędraków (ryc. 1).

Osobno dla każdej powierzchni doświadczalnej wykonano analizy dotyczące a) porównania liczebności pędraków w odkrywkach z trocinami i w kontrolnych (międzyrzędzia), stosując nieparametryczny test Manna-Whitneya oraz b) porównania liczebności pędraków w zależności od terminu przeprowadzenia oceny odkrywek (tj. 12, 16 i 24 miesiące od dodania trocin do gleby), oddzielnie dla wariantu z trocinami i kontrolnego (test Kruskala-Wallisa). Ponadto przeanalizowano liczebność pędraków w odkrywkach trocinowych i kontrolnych w zależności od rodzaju



Ryc. 1.

Usytuowanie małych odkrywek na poletkach w uprawie z trocinami (szary) w rzędach, między sadzonkami i bez trocin (biały) sąsiadująco w międzyrzędziach

Location of small pits on plots in plantation with sawdust (grey) in rows between seedlings and without sawdust (white) in inter-rows

sadzonek użytych do założenia uprawy (test Kruskala-Wallis). Dla dokładnego określenia różniących się grup zastosowano wielokrotne porównanie średnich rang (w przypadku uzyskania wartości  $p < 0,05$ ). Podstawową jednostką służącą do przeprowadzenia analiz były małe odkrywki (próba), oceniane w dwóch rzędach na trzech poletkach doświadczalnych, co stanowiło powtórzenie. Całość analiz wykonano przy użyciu pakietu statystycznego Statistica 13.1 (Dell, Inc.).

## Wyniki

Liczba pędraków stwierdzonych w poszczególnych odkrywkach wykonanych na powierzchni odnowionej materiałem sadzeniowym ze szkółki otwartej wahała się od 1 do 5 sztuk. Analizy statystyczne liczebności pędraków w odkrywkach trocinowych i kontrolnych oraz w trzech terminach ich oceny (po 12, 16 i 24 miesiącach) w obu przypadkach wykazały brak istotnych różnic ( $p < 0,05$ ) (tab.) Ocena odkrywek na powierzchni odnowionej materiałem z zakrytym systemem korzeniowym wykazała istotnie większą względem wariantu kontrolnego liczbę pędraków w dołkach z trocinami (łącznie 24 sztuki). W przypadku odkrywek trocinowych znaczenie miał termin ich oceny – test wielokrotnego porównania średnich rang wykazał, że istotnie więcej pędraków znaleziono po 16 miesiącach od dodania trocin (tab.). Takiej zależności nie stwierdzono w przypadku odkrywek kontrolnych. Na powierzchni z odnowieniem naturalnym znaleziono zaledwie jednego pędraka podczas poszukiwań w odkrywkach. Z tego względu wykonanie analizy statystycznej było nieuzasadnione.

Ocena łącznej liczebności pędraków w odkrywkach trocinowych i kontrolnych na poszczególnych powierzchniach doświadczalnych wykazała, że w przypadku odkrywek trocinowych najwięcej larw chrabąszczowatych występowało wśród sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym (łącznie 24). Była to wartość istotnie wyższa względem pozostałych wariantów uprawy ( $p = 0,001$ ). Dla odkrywek kontrolnych nie stwierdzono istotności różnic ( $p = 0,499$ ).

Liczbę larw chrabąszczowatych znalezionych w trakcie badań w objętości dołka próbnego ( $0,012 \text{ m}^3$ ) przeliczono na objętość dołu ( $0,5 \text{ m}^3$ ), wykonywanego zgodnie z Instrukcją... [2012] do poszukiwań szkodników korzeni. Uzyskane wyniki uśrednione dla wszystkich powierzchni doświadczalnych wykazały, że po 1 roku od zabiegu trocinowania (maj 2016 roku) najwięcej

### Tabela.

Liczba pędraków w małych odkrywkach glebowych z trocinami i bez trocin (odpowiednio Z oraz BEZ) w Nadleśnictwie Wyszków

Number of larvae in small pits with sawdust (Z) and without sawdust (BEZ) in the Wyszków Forest District

	19.05.2016	2.09.2016	7.06.2017	p Kruskal-Wallis	Razem Total	p Mann- Whitney
Sadzonki ze szkółki otwartej Seedlings form open nursery						
Z	4 a	1 a	4 a	0,371	9 a	0,252
BEZ	5 a	1 a	1 a	0,148	7 a	
Sadzonki z produkcji kontenerowej Seedlings form the container production						
Z	0 a	16 b	8 a	0,001	24 a	0,001
BEZ	1 a	2 a	5 a	0,204	8 b	
Sadzonki z odnowienia naturalnego Seedlings from the natural regeneration						
Z	0 a	0 a	1 a	0,368	1 a	0,326
BEZ	0 a	0 a	0 a	0,897	0 a	

ta sama litera oznacza grupy homogeniczne; the same letter indicates homogeneous groups

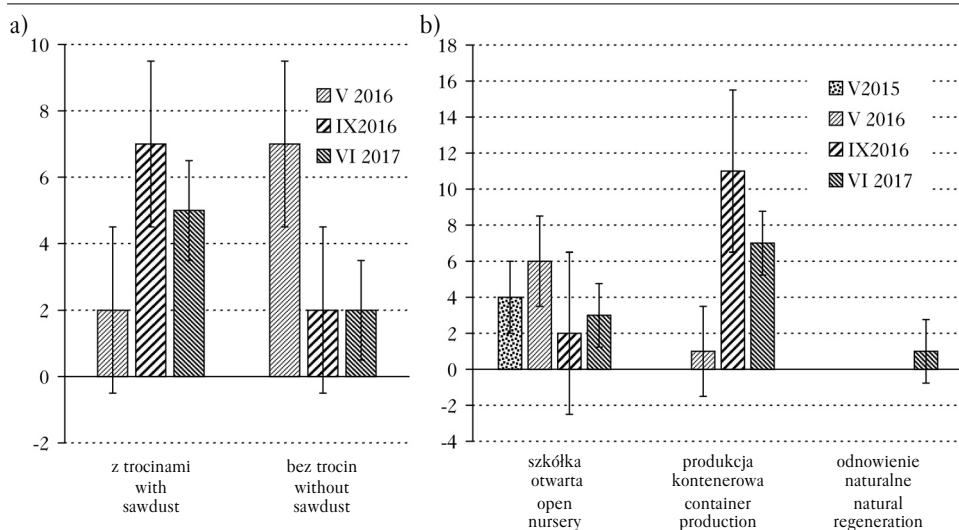
pędraków gromadzi się w odkrywkach kontrolnych w międzyrzędziach (średnio 7 szt./dół), a w ocenie jesiennej (wrzesień 2016 roku) oraz wiosennej następnego roku (czerwiec 2017 roku) więcej pędraków (odpowiednio 7 i 5 szt.) stwierdzono w odkrywkach trocinowych (ryc. 2a).

Z porównania liczebności pędraków w uprawie z sadzonkami ze szkółki otwartej wynika, że najwięcej pędraków (6 szt./dół) stwierdzano po upływie roku od zabiegu (maj 2016 roku). W kolejnych terminach oceny liczba pędraków zmniejszała się (ryc. 2b). Odwrotną sytuację zarejestrowano w uprawie z sadzonkami z produkcji kontenerowej – najwięcej pędraków znajdowano w dwóch ostatnich terminach oceny (odpowiednio: 11 i 7 szt.). W uprawie z sadzonkami z odnowienia naturalnego obecność larw (1 pędrak/dół) stwierdzono jednorazowo w ostatnim terminie oceny, po 2 latach od założenia doświadczenia.

## Dyskusja

W maju 2016 roku więcej pędraków zarejestrowano w międzyrzędziach niż pod sadzonkami. Międzyrzędzia w pierwszych latach rozwoju uprawy zapewniają większą wilgotność oraz dostępność związków odżywczych dla korzeni roślin [Andrzejczyk i in. 2003], a zapewne także dla pędraków [Malinowski 2010]. Z kolei we wrześniu migracja pędraków miała odmienny kierunek i więcej ich stwierdzano poza międzyrzędziami – w trocinach między sadzonkami. Tendencja ta utrzymała się do oceny w czerwcu 2017 roku. Okres 25 miesięcy był wystarczający do zasiedlenia trocin przez różne grzyby glebowe [Kwaśna i in. 2016], a zatem i do rozkładu zawartej w trocinach celulozy. Wydzielany w tym procesie dwutlenek węgla mógł oddziaływać na pędraki jako atraktant [Weissteiner in. 2012], stymulując je do migracji i agregacji w trocinach.

Zastanawia fakt, że zwiększoną liczebność larw Melolonthinae notowano w odkrywkach z trocinami w uprawie odnowionej sosną z zakrytym systemem korzeniowym. Jedną z przyczyn tej sytuacji może być skład podłoży użytkowanych w produkcji kontenerowej, których podstawo-



Ryc. 2.

Średnia (słupki) i odchylenie standardowe (wąsy) dla liczby pędraków [N/0,5 m<sup>2</sup>] na powierzchniach doświadczeń w kolejnych terminach oceny zależnie od obecności trocin w małej odkrywce (a) oraz pochodzenia sadzonek sosny (b)

Mean (bar) and standard deviation (whisker) number of Melolonthinae larvae [N/0,5 m<sup>2</sup>] on experimental plots in subsequent assessment periods depending on the presence of sawdust in a small pit (a) and the origin of Scots pine seedlings (b)

wym komponentem jest torf wysoki [Szabla, Pabian 2009], uwalniający w miarę postępowania procesów rozkładu dwutlenek węgla, co dodatkowo, oprócz trocin, zanęca pędraki [Weissteiner i in. 2012].

Kolejną przesłanką w tych rozważaniach jest proces sterowanej mykoryzacji sadzonek konterowych, zapewniający obecność aktywnej grzybni w substracie, co mogło również wpłynąć na agregację pędraków na ocenianej powierzchni. Istnieje wiele badań wskazujących na pozytywne i negatywne interakcje między owadami żywiącymi się korzeniami a żywiącymi się grzybami mykoryzowymi [Gange i in. 1994; Gange 2001; Johnson, Gregory 2006]. Ponce i in. [2004] udowodnili, że symbioza mykoryzowa może prowadzić do zmiany składu flawonoidów w korzeniach koniczyny białej (*Trifolium repens* L.), zwiększając intensywność żerowania pędraków chrząszcza *Sitona lepidus* Gyllenhal in Schönherr, 1834. Z kolei kolonizacja korzeni roślin przez grzyby mykoryzowe może mieć negatywny wpływ na owady żyjące w ryzosferze [Hunter 2001].

Kolonizacja korzeni przez grzyby mykoryzowe powoduje w nich znaczne zmiany chemiczne i to właśnie one są najbardziej prawdopodobną przyczyną szkodliwego oddziaływania na żerujące na korzeniach larwy fitofagów. W korzeniach mykoryzowych wytwarzane są bowiem fenol, terpenoidy i izoflawony, których szkodliwe działanie na owady potwierdzono w wielu badaniach [Maier i in. 1995; Morandi 1996; Peipp i in. 1997; Vierheilig i in. 1998].

Na uwagę zasługuje niska liczebność pędraków na powierzchni, która podlegała odnowieniu naturalnemu. Powierzchnię założono na siedlisku lasu mieszanego świeżego, który w świetle wyników badań Sierpińskiego [1968] oraz Niemczyk i in. [2012] powinien być jednym z bardziej atrakcyjnych siedlisk dla chrabąszczowatych. Zmniejszoną liczbę pędraków może tłumaczyć intensywne przygotowanie gleby (wyoranie larw) oraz zabiegi pielęgnacyjne (wykaszenie) mające na celu ograniczenie konkurencji ze strony roślinności runa i chwastów w stosunku do nalotu. Przy mniejszym stopniu rozwoju pokrywy runa notowane są mniejsze szkody ze strony pędraków [Švestka 2007]. Wynika to z faktu, że samice chrabąszczowatych do składania jaj wybierają powierzchnie zacienione oraz z rozwiniętą roślinnością runa i chwastami.

Niewielkie odłowory larw chrabąszczowatych na powierzchni z odnowieniem naturalnym Reinecke i in. [2008] tłumaczą tym, że pędraki chrabąszcza majowego w poszukiwaniu korzeni roślin żywicielskich kierują się stężeniem CO<sub>2</sub> w glebie, jednak orientacja ta znika, gdy w środowisku glebowym pojawiają się inne sygnały chemiczne pochodzenia roślinnego, np. metabolity wtórne.

Podsumowując – założenia koncepcyjne tej alternatywnej i bezpiecznej dla środowiska metody „pułapek trocinowych” wydają się obiecujące, co potwierdzają wyniki badań aktywności mikrobiologicznej [Brzeski, Szczech 1999] (w tym mykologicznych [Kwaśna i in. 2000] oraz bakteryjnych [Kubiak i in. 2017]) gleb poddanych trocinowaniu. Trociny w glebie stają się także miejscem rozwoju grzybów entomopatogenicznych, takich jak *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill., *B. brongniartii* (Sacc.) Petch i *Metarhizium anisopliae* (Metschn.) Sorokun [Kwaśna i in. 2016], które znajdują zastosowanie w biologicznej ochronie przed pędrakami [Luterek, Szmidt 1997].

Dodatkowo uzyskano potwierdzenie dużej niezgodności wyników otrzymanych metodą małych odkrywek glebowych w stosunku do pracochłonnej i kosztownej metody obowiązującej leśników w Polsce [Instrukcja... 2012]. Podczas klasycznej kontroli występowania szkodników systemów korzeniowych stwierdzono w glebie pojedyncze osobniki chrabąszczowatych (oddziały 197b) lub ich brak (oddziały 225a i 203a). Natomiast w trakcie oceny metodą małych odkrywek glebowych uzyskano znacznie większą wykrywalność szkodników, co w większym stopniu oddawało rzeczywisty stan zagrożenia powstających upraw.

## Podziękowania

Autorzy dziękują kierownictwu i pracownikom Nadleśnictwa Wyszaków za umożliwienie wykonania badań oraz cenną pomoc w trakcie prac terenowych.

## Literatura

- Andrzejczyk T., Drozdowski S., Szeligowski H. 2003. Wpływ przygotowania gleby na zagęszczenie, wzrost i jakość samosiewów sosny w warunkach podokapowych. *Sylwan* 147 (3): 19-27.
- Brzeski M. W., Szczech M. 1999. Effect of continuous soil amendment with coniferous sawdust on nematodes and microorganisms. *Nematologia Mediterranea* 27: 159-166.
- Dyrektiva Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/128/WE z dnia 21 października 2009 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania na rzecz zrównoważonego stosowania pestycydów. 2009. Dz. Urz. UE L 309.
- Gange A. C. 2001. Species-specific responses of a root- and shoot-feeding insect to arbuscular mycorrhizal colonization of its host plant. *New Phytologist* 150: 611-618.
- Gange A. C., Brown V. K., Sinclair G. S. 1994. Reduction of black vine weevil larval growth by vesicular-arbuscular mycorrhizal infection. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 70: 115-119.
- Hunter M. D. 2001. Out of sight, out of mind: the impacts of root-feeding insects in natural and managed systems. *Agricultural and Forest Entomology* 3 (1): 3-9.
- Instrukcja ochrony lasu. 2012. Ośrodek Rozwojowo-Wdrożeniowy LP w Bedoniu.
- Jabłoński T., Tarwacki G., Jaworski T. 2017. Szkodniki liściożerne drzew leśnych. W: Krótkoterminowa prognoza występowania ważniejszych szkodników i chorób infekcyjnych drzew leśnych w Polsce w 2017 r. Analizy i Raporty. Sękocin Stary, Instytut Badawczy Leśnictwa. 26-35.
- Johnson S. N., Gregory P. J. 2006. Chemically mediated host-plant location and selection by root-feeding insects. *Physiological Entomology* 31(1): 1-13.
- Kowalska J. 2001. Próba zastosowania nicieni owadobójczych oraz metody integrowanej w zwalczaniu pędraków chrabąszcza majowego *Melolontha melolontha* L. w uprawie leśnej. *Sylwan* 145 (2): 89-95.
- Kreft A., Skrzypek H., Kazimierzczak W. 2012. Entomopatogeniczne nicienie w ochronie roślin przed szkodnikami glebowymi. W: Skrzecz I., Sierpińska A. [red.]. Kierunki rozwoju patologii owadów w Polsce. Instytut Badawczy Leśnictwa. 270-278.
- Kubiak K., Damszel M., Sikora K., Przemieniecki S., Małecka M., Sierota Z. 2017. Colonization of Fungi and Bacteria in Stumps and Roots of Scots Pine after Thinning and Treatment with Rotstop. *Journal of Phytopathology* 165 (3): 143-156.
- Kwaśna H., Małecka M., Sierota Z., Jaworski T. 2016. Effects of sawdust amendment on forest soil fungal community and infestation by cockchafers. *Dendrobiology* 75: 87-97.
- Kwaśna H., Sierota Z., Bateman G. L. 2000. Fungal communities in fallow soil before and after amending with pine sawdust. *Applied Soil Ecology* 14 (2): 177-182.
- Luterek A., Szmid A. 1997. Entomologia leśna z zarysem ekologii owadów. Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu, Poznań.
- Maier W., Peipp H., Schmidt J., Wray V., Strack D. 1995. Levels of a terpenoid glycoside (blumenin) and cell wall-bound phenolics in some cereal mycorrhizas. *Plant Physiology* 109: 465-470.
- Malinowski H. 2010. Niechemiczne metody ochrony szkółek i upraw leśnych przed owadami uszkadzającymi systemy korzeniowe drzew i krzewów. Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary.
- Małecka M., Sierota Z., Tarwacki G. 2014. Wpływ zastosowania trocin w uprawie jednorocznej sosny zwyczajnej na liczebność pędraków chrabąszczy. *Sylwan* 158 (8): 604-613.
- Martyniuk S. 2012. Czynniki wpływające na wykorzystanie biopestycydów mikrobiologicznych w ochronie roślin. *Progress in Plant Protection* 52 (4): 957-962.
- Morandi D. 1996. Occurrence of phytoalexins and phenolic compounds in endomycorrhizal interactions, and their potential role in biological control. *Plant and Soil* 185: 241-251.
- Niemezyk M., Sukovata L., Krajewski S., Kopyrk W., Kolk A., Jaworski T. 2012. Modyfikowanie środowiska leśnego w „uporczywych” pędraczkach metodami hodowlano-ochronnymi w kierunku zmian niekorzystnych dla rozwoju chrabąszczy. Raport końcowy BLP 335. Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary.
- Peipp H., Maier W., Schmidt J., Wray V., Strack D. 1997. Arbuscular mycorrhizal fungus induced changes in the accumulation of secondary compounds in barley roots. *Phytochemistry* 44: 581-587.
- Ponce M. A., Scervino J. M., Erra-Balsells R., Ocampo J. A., Godeas A. M. 2004. Flavonoids from shoots and roots of *Trifolium repens* (white clover) grown in presence or absence of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices*. *Phytochemistry* 65 (13): 1925-1930.
- Reinecke A., Mueller F., Hilker M. 2008. Attractiveness of CO<sub>2</sub> released by root respiration fades on the background of root exudates. *Basic Appl. Ecol.* 9: 568-576.

- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1107/2009 z dnia 21 października 2009 r. dotyczące wprowadzania do obrotu środków ochrony roślin i uchylające dyrektywy Rady 79/117/EWG i 91/414/EWG. 2009. Dz. Urz. UE L 309/1.
- Sierpiński Z. 1968. Zasiadanie gleb leśnych Polski przez pędraki chrabąszczy należących do podrodziny chrabąszczywaty (Melolonthinae). Prace IBL 366.
- Sukovata L. 2017. Szkodniki korzeni drzew i krzewów leśnych. W: Krótkoterminowa prognoza występowania ważniejszych szkodników i chorób infekcyjnych drzew leśnych w Polsce w 2017 r. Analizy i Raporty. Sękocin Stary, Instytut Badawczy Leśnictwa. 26-35.
- Švestka M. 2007. Ecological conditions influencing the localization of egg-laying by females of the cockchafer (*Melolontha hippocastani* F.). Journal of Forest Science 53: 16-24.
- Szabla K., Pabian R. 2009. Szkółkarstwo kontenerowe. Nowe technologie i techniki w szkółkarstwie leśnym. CILP, Warszawa.
- Vierheilig H., Bago B., Albrecht C., Poulin M. J., Piche Y. 1998. Flavonoids and arbuscular mycorrhizal fungi. Advances in Experimental Medicine and Biology 439: 9-33.
- Weissteiner S., Huetteroth W., Kollmann M., Weissbecker B., Romani R. 2012. Cockchafer larvae smell host root scents in soil. PLoS ONE 7(10): e4582.