

MAGDALENA DZIĘGIELEWSKA, ANDRZEJ T. SKWIERCZ

Współwystępowanie nicieni owadobójczych i szkodników drzew w zbiorowiskach leśnych w północnej Polsce

Co-occurrence of entomopathogenic nematodes and tree pests in forest communities of northern Poland

ABSTRACT

Dzięgielewska M., Skwiercz A. T. 2018. Współwystępowanie nicieni owadobójczych i szkodników drzew w zbiorowiskach leśnych w północnej Polsce. Sylwan 162 (12): 1007-1017.

Repeating outbreaks of the Scots pine pests, effecting in stands damages, are the most important problems of forest protection. In extreme cases they pose a real threat to the stability of stands. Naturally occurring entomopathogenic nematodes are important regulatory factors in insect populations. Many species are employed as biological agents to control the insect pests. The objectives of this research was to describe the influence of potential forest pests on occurrence and abundance of entomopathogenic nematodes. Entomopathogenic nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) were studied in woodland soils in northern Poland. Soil samples were collected from 2010 to 2015 from coniferous forests with abundant suitable insect hosts: the beetle grubs of *Melolontha melolontha* L. living in the soil (Coleoptera: Scarabaeidae) and foliage feeders Diprionidae spp. (Hymenoptera) and the caterpillar of *Dendrolimus pini* L., *Panolis flammea* Den. et Schiff. and *Bupalus piniarius* L. butterflies. Nematodes occurred in all type of forest and 171 soil samples were taken from 40 localities. Each study plot was approximately 100 m² and 20 cm deep; 50 individual samples were taken using Egnér's stick, making the bulk sample approximately 600 cm³ in volume. The presence of entomopathogenic nematodes in the soil samples were determined using a standard *Galleria mellonella* baiting technique. Entomopathogenic nematodes were isolated from 52 soil samples (30,4%). Three species of the genus *Steinernema* (*Steinernema feltiae*, *S. affine*, *S. silvaticum*) and anyone of the genus *Heterorhabditis* were recorded. *S. feltiae* was the most common species and distinguished by the largest ecological flexibility especially to hosts. The largest number of *S. feltiae* samples was isolated in the places of butterfly outbreak *P. flammea* and also in the places of mass occurrence of beetle grubs of *M. melolontha*. In the feeding places of beetle of Scarabaeidae a high share of *S. affine* was noted too. The more rarely noted was *S. silvaticum* especially in outbreak of Diprionidae spp. The most abundance of entomopathogenic nematodes community was 140 000 ind./m² in sites with *M. melolontha* grubs.

KEY WORDS

Steinernema, *Heterorhabditis*, woodland, insect pests, host preference

ADDRESSES

Magdalena Dzięgielewska ⁽¹⁾ – e-mail: entomology@zut.edu.pl
Andrzej T. Skwiercz ⁽²⁾

⁽¹⁾ Katedra Fizjologii Roślin i Biochemii, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie; ul. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin

⁽²⁾ Katedra Fizjologii, Fitopatologii i Diagnostyki Molekularnej, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski; ul. Prawocheńskiego 17, 10-720 Olsztyn

Wstęp

Lasy pokrywają ponad 29% powierzchni Polski [Ciesielska, Ciesielski 2017]. W drzewostanach dominują głównie gatunki iglaste, w tym sosna zwyczajna *Pinus sylvestris* L., która zajmuje około 60% powierzchni lasów [Raport... 2017]. Przewaga sosny powoduje, że w jednogatunkowych i równowiekowych borach rosnących na ubogich i zdegradowanych siedliskach powstają korzystne warunki dla rozwoju i gradacji szkodników [Głowacka i in. 2013].

W ostatnich latach w kompleksach leśnych położonych w północno-zachodniej części kraju obserwuje się gradacje bardzo groźnych pierwotnych szkodników drzew iglastych [Perlińska, Hamera-Dzierżanowska 2016]. Większość z nich w ciągu swojego życia ma kontakt z podłożem i może stanowić potencjalne źródło pożywienia dla nicieni owadobójczych szukających w glebie żywiciela [Mráček, Sturhan 2000; Mráček i in. 2005; Půža, Mráček 2007].

Biologiczne metody ochrony roślin stają się alternatywą dla chemizacji środowiska, stąd celem niniejszych badań było określenie powiązań między nicieniami owadobójczymi z rodzin Steinernematidae i Heterorhabditidae a ich potencjalnymi żywicielami współwystępującymi w zbiorowiskach leśnych.

Teren badań

Badania terenowe prowadzono w latach 2010-2015 w ekosystemach leśnych położonych w granicach województw zachodniopomorskiego, pomorskiego, lubuskiego i wielkopolskiego, w nadleśnictwach w obrębie RDLP Szczecin i RDLP Gdańsk. Badany obszar znajduje się w granicach dwóch krain przyrodniczo-leśnych: w Krainie Bałtyckiej, na Pobrzeżu Południowobałtyckim oraz w Krainie Wielkopolsko-Pomorskiej, na Pojezierzu Zachodniopomorskim i Południowobałtyckim [Kondracki 2009; Zielony, Kliczkowska 2012].

Na terenie RDLP Szczecin dominują lasy iglaste z sosną zwyczajną, zajmującą 77,9% powierzchni [Zachas 2002]. Średnia roczna temperatura na tym terenie wynosi blisko 9°C, zaś długość okresu wegetacyjnego 215-220 dni. Wielkość opadów atmosferycznych na Pomorzu waha się w ciągu roku od 550 do 650 mm [Borówka 2002]. Lesistość RDLP Gdańsk wynosi około 30% i charakteryzuje się dominacją buczyn, kwaśnych dąbrów, subatlantyckich grądów oraz borów sosnowych i zbiorowisk nadmorskich [Plan... 2015]. Klimat okolic Gdańska wykazuje cechy klimatu morskiego. Średnia roczna temperatura mieści się w granicach 6,8-8,0°C. Opady roczne na tym terenie wynoszą średnio 600-700 mm [Zielony, Kliczkowska 2012]. Położenie geograficzne, warunki klimatyczne (ścieranie się klimatu kontynentalnego z atlantyckim, anomalie pogodowe) oraz duża zmienność siedliskowa sprzyjają gradacji szkodników na badanym terenie [Zachas 2002].

Lesistość w Nadleśnictwie Gdańsk wynosi ponad 33% [Plan... 2015]. Dominującym typem siedliskowym lasu w Nadleśnictwie jest las mieszany świeży (LMśw – 54,6%), las świeży (Lśw – 28,2%) i bór mieszany świeży (BMśw – 11,3%). W obrębie Nadleśnictwa Gdańsk wyznaczono 3 stanowiska (L55-L57) zlokalizowane w dwóch typach siedliskowych lasu (BMśw, LMśw), z dominacją w drzewostanie sosny i świerku, w których stwierdzono masowe występowanie korników, głównie kornika drukarza *Ips typographus* L.

W Nadleśnictwie Kościerzyna przeważają drzewostany II i III klasy wieku, w większości na gruntach porolnych, które łącznie zajmują blisko 50% powierzchni leśnej [Plan... 2008]. Największy udział procentowy siedlisk reprezentują: bór świeży (52,91%) i bór mieszany świeży (28,30%) zajmujące siedliska ubogie na glebach bielcowych oraz las mieszany świeży (14,37%) średnio żyzny występujący na glebach brunatnych. W drzewostanie dominuje sosna zwyczajna.

Na terenie Nadleśnictwa wybrano jedno stanowisko (L58) w borze mieszanym świeżym (BMśw), gdzie stwierdzono masowe występowanie kornika drukarza.

Ukształtowanie powierzchni terenu Nadleśnictwa Kolbudy jest silnie zróżnicowane. Wysokość terenu i waha się od 0-10 m n.p.m. (Żuławy Wiślane) do 315 m n.p.m. [Plan... 2016]. Dominującym typem siedliskowym w Nadleśnictwie jest las mieszany świeży (63,7%). W Nadleśnictwie Kolbudy wytypowano 2 stanowiska (L59-L60), na których odnotowano gradację kornika drukarza *I. typographus* L.

Nadleśnictwo Kliniska swoim zasięgiem obejmuje południowy obszar Puszczy Goleniowskiej, pokrywający piaszczystą Równinę Goleniowską, gdzie duże powierzchnie zajmują siedliska świeżego boru sosnowego (*Leucobryo-Pinetum* Mat.) z sosną zwyczajną w warstwie drzew [Stachak i in. 2009]. Na terenie Nadleśnictwa stwierdzono występowanie w stopniu średnim i silnym szkodników liściożernych, boreczników *Diprionidae* spp., i wytypowano 5 stanowisk (L45-L49) w borze świeżym, w centrach gradacyjnych występowania borecznika sosnowca *Diprion pini* L.

Powierzchnia leśna w nadleśnictwach Karwin i Międzychód stanowi odpowiednio ponad 23 i ponad 24 tys. ha. W obu nadleśnictwach dominują siedliska borowe, gdzie sosna jest podstawowym gatunkiem lasotwórczym [Kusiak, Dymek-Kusiak 2002]. W Nadleśnictwie Międzychód wybrano 9 stanowisk badawczych zlokalizowanych w trzech typach siedliskowych lasu: 4 w borze świeżym (L21-L23, L26), 2 w lesie mieszanym świeżym (L24 i L27) i 3 w borze mieszanym świeżym (L25, L28-L29). Na wybranych powierzchniach wykazano gradację trzech szkodników pierwotnych: strzygoni choinówki *P. flammae* Den. et Schaff (L24-L26), barczatki sosnowki *Dendrolimus pini* L. (L21-L23) i pędraków *Melolontha melolontha* L. (L27-L29). W Nadleśnictwie Karwin wszystkie stanowiska zlokalizowane były w borze świeżym (L30-L37), w centrach gradacyjnych barczatki sosnowki *D. pini* L.

Obszar Nadleśnictwa Łobez odznacza się urozmaiconą rzeźbą terenu i szatą roślinną. Wśród typów siedliskowych lasu dominuje bór mieszany świeży (33,2%), las świeży (25,6%) i las mieszany świeży (23,6%) [Plan... 2002]. Gatunkiem dominującym jest sosna zwyczajna, która występuje na większości siedlisk i powierzchniowo zajmuje 48,4%. Na siedliskach borowych tworzy lite drzewostany z niewielką domieszką modrzewia, świerka, buka i dębu. Na przestrzeni ostatnich kilku lat obserwowano na terenie Nadleśnictwa wysokie zagrożenie upraw leśnych ze strony pędraków (Coleoptera: Melolonthinae), zwłaszcza *M. melolontha* L. i *Phyllopertha horticola* L. Pędraczyska zlokalizowano w borze mieszanym świeżym (L39, L43, L44) i lesie mieszanym świeżym (L38, L40-L42).

Lasy Nadleśnictwa Trzebież tworzą kompleks leśny zwany Puszcza Wkrzańską. Na piaszczystych glebach Puszczy przeważają bory sosnowe: bór mieszany świeży (40,6% powierzchni leśnej) i bór świeży (35,1% powierzchni leśnej) [Stachak i in. 2009]. Gatunkiem wyraźnie dominującym jest sosna, która występuje prawie na wszystkich siedliskach i zajmuje 80,3% powierzchni leśnej. W obrębie Nadleśnictwa wyznaczono 5 stanowisk (L50-L54) zlokalizowanych w trzech typach siedliskowych lasu (Bśw, BMśw, LMśw), w których stwierdzono masowe występowanie poprocha cetyniaka *Bupalus piniarius* L.

Materiał i metody

Próby glebowe z większości stanowisk pobierano trzykrotnie w sezonie (wiosna, lato, jesień) w miejscach masowego występowania owadów (ogniska gradacyjne) – szkodników drzew iglastych, które potencjalnie mogłyby być żywicielami nicieni owadobójczych z rodzin Steinernematidae i Heterorhabditidae. Ogniska gradacyjne szkodników pierwotnych sosny zostały wytypowane w oparciu o Instrukcję... [2012], na podstawie danych uzyskanych z poszczególnych nadleśnictw,

gdzie corocznie wykonywano jesienne poszukiwania szkodników w stałych partiach kontrolnych (PK), w drzewostanach sosnowych lub wielogatunkowych z przewagą sosny w wieku powyżej 20 lat. Jesienne poszukiwania szkodników pierwotnych sosny służą do oceny zagrożenia drzewostanów sosnowych przez szkodniki liściożerne, m.in. takie gatunki jak: strzygonia choinówka *P. flammea* Den. et Schiff. i poproch cetyniak *B. piniaria* L. (zimujące w stadium poczwarki w ściółce pod okapem drzewostanu), barczatka sosnowka *D. pini* L. (zimująca w stadium gąsienicy w podłożu) oraz gatunki z rodziny borecznikowatych (Diprionidae), które zimują m.in. w stadium larwy w kokonach w glebie [Szujewski 1998].

Pędraczyska, czyli obszary leśne, na których występowały pędraki chrabąszcza majowego *M. melolontha* L., zostały wskazane przez Zespoły Ochrony Lasu na podstawie corocznej wiosennej kontroli liczebności szkodników korzeni wykonanej na gruntach porolnych (Nadleśnictwo Łobez) lub na gruntach przeznaczonych pod szkółki (nadleśnictwa Międzychód i Karwin), według ogólnie przyjętej metodyki.

Glebę w drzewostanach świerkowych pobierano na podstawie wcześniejszego rozpoznania, a także aktualnej kondycji zdrowotnej drzew przeprowadzanej przez pracowników nadleśnictw znajdujących się w obrębie RDLP Gdańsk, zgodnie z przyjętą metodyką. Bieżąca lustracja drzewostanów pozwala na lokalizację miejsc potencjalnie zagrożonych przez szkodniki wtórne (gniazda pokornikowe z roku ubiegłego, pozostawione drzewa zasiedlone lub miejsca, z których były one usunięte w okresie zimowym itp.).

Łącznie z 40 stanowisk wytypowanych w lasach pobrano 171 prób glebowych. Z każdej wytyczonej powierzchni badawczej (około 100 m²) przy użyciu laski Egnera (średnica 2,5 cm) pobierano z głębokości 20 cm 50 próbek jednostkowych, stanowiących próbę zbiorczą o łącznej objętości około 600 cm³. Glebę przewożono w plastikowych, perforowanych workach do laboratorium, gdzie każdą próbkę glebową dokładnie mieszano i przesypano do sześciu plastikowych pojemników o objętości 100 cm³. Dla utrzymania odpowiedniej wilgotności (70-80%) badaną glebę sukcesywnie nawilżano wodą (5-15 ml).

Obecność nicieni owadobójczych w próbach glebowych określono standardową metodą „owadów pułapkowych” *Galleria mellonella* [Bedding, Akhurst 1975; Mráček 1980]. Śmiertelność owadów *G. mellonella* porażonych przez nicienie oceniano po 5 dniach od założenia doświadczenia. Część martwych owadów wykładano na odwrócone szkiełko zegarkowe dla pozyskania larw inwazyjnych nicieni do oznaczeń taksonomicznych [White 1927]. Drugą część sekcjonowano i liczone osobniki dorosłe nicieni w celu oszacowania zagęszczenia nicieni (osobnik/m²) według wzoru [Půža, Mráček 2007]:

$$TNA = MNA \times MV/SV$$

gdzie:

- TNA – całkowite zagęszczenie larw inwazyjnych nicieni (J3) w przeliczeniu na 1 m²,
- MNA – średnie zagęszczenie larw inwazyjnych nicieni (J3) we wszystkich podpróbkach,
- MV – objętość gleby pobranej do głębokości 20 cm (200 000 cm³) z powierzchni 1 m²,
- SV – objętość pojedynczej próbki (150 cm³).

Doświadczenie kontynuowano do momentu, gdy „owady pułapkowe” *G. mellonella* nie były już infekowane przez nicienie, maksymalnie do 15 dnia doświadczenia. Izolację nicieni z gleby przeprowadzono w temperaturze 20°C.

Nicienie wyizolowane i utrwalone w formalinie o stężeniu w 4% identyfikowano na podstawie cech morfologicznych i morfometrycznych larw inwazyjnych (J3) oraz osobników dorosłych drugiego pokolenia [Poinar 1990; Hominick i in. 1997; Nguyen, Smart 1997; Nguyen 2007].

Analizę statystyczną przeprowadzono w programie Statistica 8.0. W analizie wykorzystano test istotności różnic między wskaźnikami struktury (częstość stwierdzeń nicieni w badanych próbach w różnych ekosystemach) i test istotności różnic między średnimi przy założeniu normalnego rozkładu zmiennych ($p < 0,05$).

Wyniki i dyskusja

Ogniska gradacyjne owadów wykazano głównie w drzewostanach sosnowych, w których stwierdzono występowanie pięciu gatunków szkodników pierwotnych: pędraków *Melolontha melolontha* L. – szkodników glebowych (Coleoptera: Scarabaeidae) i foliofagów, tj. boreczników (Hymenoptera: Diprionidae spp.) i motyli (Lepidoptera: *Dendrolimus pini* L., *Panolis flammea* Den. et Schiff., *Bupalus piniarius* L.) oraz korników należących do groźnych szkodników wtórnych drzew iglastych (tab. 1).

Najwięcej prób glebowych pobrano w pędraczyskach *M. melolontha* (35% prób) oraz w miejscach masowego występowania barczatki sosnowki *D. pini*, stwierdzonej głównie w nadleśnictwach Międzychód i Karwin (25% prób) (tab. 2).

Chrabąszcz majowy został odnotowany we wszystkich badanych typach siedliskowych lasów – zarówno w borze świeżym i borze mieszanym świeżym, jak i w drzewostanie liściastym

Tabela 1.

Występowanie nicieni owadobójczych z rodzin Steinernematidae i Heterorhabditidae w badanych typach siedliskowych lasu na terenie RDLP Szczecin i Gdańsk

Abundance of Steinernematidae and Heterorhabditidae nematodes in analysed forest habitat types in northern Poland

	N	NP	NPN	%PN	<i>S. feltiae</i>	<i>S. silvaticum</i>	<i>S. affine</i>	<i>Steinernema</i> spp.
Bśw	21	88	24	27 ^b	12	4	0	8
LMśw	13	50	22	44 ^a	12	1	6	3
BMśw	6	33	6	18 ^b	5	0	1	0
Razem Total	40	171	52		29	5	7	11

N – liczba stanowisk, NP – liczba pobranych prób, NPN – liczba prób z nicieniami, %PN – udział prób z nicieniami (ta sama litera oznacza brak istotnej różnicy przy $p = 0,05$),

N – number of sites, NP – number of samples, NPN – number of samples with nematodes, %PN – fraction of samples with nematodes (the same letter indicates lack of significant difference, $p = 0,05$)

Tabela 2.

Występowanie nicieni owadobójczych w ogniskach gradacyjnych wybranych szkodników pierwotnych i wtórnych w zbiorowiskach leśnych na terenie RDLP Szczecin i RDLP Gdańsk

Occurrence of entomopathogenic nematodes in the outbreaks of selected primary and secondary pests

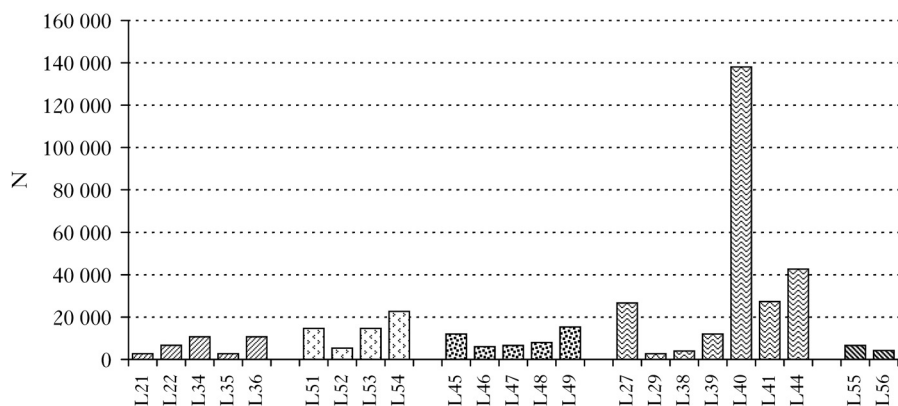
	<i>Dendrolimus pini</i>	<i>Bupalus piniarius</i>	<i>Panolis flammea</i>	<i>Diprion pini</i>	<i>Melolontha melolontha</i>	<i>Ips typographus</i>
Stanowiska Sites	L21-L23, L30-L37	L50-L54	L24-L26	L45-L49	L27-L29, L38-L44	L55-L60
NP	42	15	18	30	60	6
NPN	6	4	10	11	19	2
%PN	14	27	56	37	32	33
<i>S. feltiae</i>	5	2	10	1	9	2
<i>S. silvaticum</i>	–	2	–	3	–	–
<i>S. affine</i>	–	–	–	–	7	–

oznaczenia jak w tabeli 1; denotes as in table 1

z dębem bezszypułkowym. Na wiosnę, zwykle w pierwszej połowie maja, następuje wylot z gleby imagines *M. melolontha*. Żer uzupełniający dorosłych chrząszczy obserwowany jest głównie na liściach drzew liściastych, a także na modrzewiu [Woreta i in. 2016]. Najgroźniejsza jest trzecia generacja larw, która wiosną obgryza grubsze korzenie drzew i zjada w całości małe korzonki siewek i sadzonek [Szujewski 1998]. W miejscach masowego występowania pędraków chrabąszcza majowego wyizolowano dwa gatunki nicieni owadobójczych z rodziny Steinernematidae: *Steinernema feltiae* i *S. affine* (tab. 2). Częściej notowano w próbach nicienie *S. feltiae* (56%) niż *S. affine*, jednak różnice te nie były statystycznie istotne ($p < 0,05$). Ogółem zagęszczenie nicieni w pędraczyskach było zróżnicowane w zależności od miejsca poboru gleby i wahało się od ponad 2500 os./m² (stanowisko L29, Nadleśnictwo Międzychód) do prawie 140 tys. os./m² (stanowisko L40, Nadleśnictwo Łobez) (ryc. 1).

Główne centra zagrożenia lasów przez *D. pini* (Lepidoptera: Lasiocampidae) zlokalizowano w nadleśnictwach Karwin i Międzychód na terenie RDLP Szczecin. Barczatka zimuje w stadium gąsienicy w podłożu, między ściółką a glebą mineralną, zwykle w pobliżu pnia drzewa. Wczesną wiosną gąsienice opuszczają ściółkę i wędrują w korony drzew, gdzie żerują na igłach sosny, przechodząc kolejne linienia. Przepoczwarczenie gąsienic w oprzędach odbywa się w szczelinach kory drzew, na gałązkach, a przy masowym występowaniu nawet na runie leśnym. Na podstawie analizy prób glebowych stwierdzono bardzo niskie zagęszczenie nicieni owadobójczych w ogniskach gradacyjnego występowania *D. pini* w borach sosnowych, które wahało się od 2500 do 10 500 os./m² (ryc. 1). Z pobranej gleby w miejscach masowego występowania barczatki wyizolowano tylko jeden gatunek nicieni – tj. *S. feltiae* (tab. 2).

Boreczniki (Hymenoptera: Diprionidae spp.) roją się zwykle dwa razy do roku, na wiosnę i latem. Larwy żerują gromadnie na igłach drzew, a po zakończeniu żeru sporządzają oprzęd na gałązkach lub w glebie, przechodząc w stadium dorosłej larwy (eonimfy) [Szujewski 1998]. Do najczęściej notowanych boreczników, masowo atakujących drzewostany sosnowe w Nadleśnictwie Kliniska, należy borecznik sosnowiec *Diprion pini* L. Szczególnie groźne są larwy drugiego pokolenia, które żerują na młodych igłach sosen aż do jesieni, po czym schodzą do ściółki, pozostając w niej przez okres zimy, otoczone charakterystycznymi żółto-brunatnymi kokonami.



Ryc. 1.

Zagęszczenie nicieni owadobójczych z rodziny Steinernematidae (N [os./m²]) w glebie pobranej z miejsc gradacji szkodników pierwotnych i wtórnych w wybranych nadleśnictwach

Density of Steinernematidae entomopathogenic nematodes (N [ind./m²]) in soil taken from the sites where infestation took place

Międzychód: L21-L22, L27, L29; Karwin: L34-L36; Trzebież: L51-L54; Kliniska: L45-L49; Łobez: L38-L41, L44; Gdańsk: L55-L56

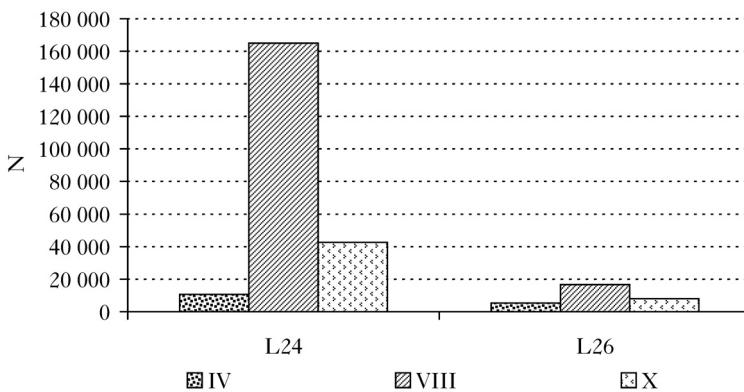
Z prób glebowych pobranych w tej części kraju wyizolowano dwa gatunki nicieni z rodziny Steinernematidae, tj. *S. feltiae* i *S. silvaticum*, jednak zagęszczenie nicieni w miejscach masowego pojawu boreczników było niskie i nie przekroczyło 20 tys. os./m² (tab. 2, ryc. 1).

Główne strefy zagrożenia drzewostanów sosnowych przez gąsienice strzygoni choinówki *P. flammae* zlokalizowane są w pasie północno-zachodniej Polski [Perlińska, Hamera-Dzierżanowska 2016]. Podczas prowadzonych obserwacji *P. flammae* wystąpiła w stopniu słabym i średnim w drzewostanach sosnowych w nadleśnictwach Karwin i Międzychód. Gąsienice strzygoni po wylęgu w maju zjadają młode igły lub ogryzają zieloną korę na pędach, od wierzchołka korony do jej środka. Od połowy lipca schodzą pod ściółkę na przepoczwarczenie. Zimują w stadium poczwarki [Szujewski 1998]. W centrach gradacji strzygoni *P. flammae* w Puszczy Noteckiej stwierdzono wysokie zagęszczenie nicieni *S. feltiae*, sięgające 60 tys. os./m² (ryc. 2). Wzrost zagęszczenia tych nicieni odnotowano szczególnie w okresie letnim, kiedy gąsienice strzygoni schodzą do podłoża i potencjalnie mogą mieć kontakt z nicieniami owadobójczymi.

Poproch cetyniak (*Bupalus piniarius* L.) to monofag sosnowy o dużym znaczeniu gospodarczym, którego gradacje obserwowane są przede wszystkim na północy i zachodzie Polski [Perlińska, Hamera-Dzierżanowska 2016]. Zimuje w stadium poczwarki w ściółce lub w warstwie próchnicznej gleby. Istotne zagrożenie ze strony poprocha cetyniaka, na poziomie średnim i silnym, zaobserwowano głównie w Nadleśnictwie Trzebież. Na większości badanych stanowisk, gdzie stwierdzono żerowiska *B. piniarius*, zagęszczenie nicieni owadobójczych w glebie nie przekroczyło 20 tys. os./m² (ryc. 1). Udział prób z nicieniami był niewielki (27%), jednak z pobranej gleby wyizolowano dwa gatunki nicieni z rodziny Steinernematidae: *S. feltiae* i *S. affine* (tab. 2).

Jednym z najważniejszych szkodników wtórnych, którego masowe występowanie obserwowano w ostatnim dziesięcioleciu na terenie RDLP Gdańsk, jest kornik drukarz. W centrach gradacyjnych tego szkodnika wyizolowano z gleby nicienie *S. feltiae*, a ich udział w przebadanych próbach nie przekroczył 33% (tab. 1). Zagęszczenie nicieni w podłożu, gdzie występował kornik, było niskie i nie przekroczyło 10 tys. os./m² (ryc. 1).

Nicienie owadobójcze z rodzin Steinernematidae i Heterorhabditidae występują w różnych typach siedliskowych lasów sosnowych, w których dominuje sosna (30,4% prób z nicieniami).



Ryc. 2.

Zagęszczenie *Steinernema feltiae* (N [os./m²]) w próbach glebowych pobranych w kwietniu, sierpniu i październiku w miejscach masowego występowania *Panolis flammae* Den. et Schiff. (Nadleśnictwo Międzychód, stanowiska L24 i L26)

Density of *Steinernema feltiae* (N [ind./m²]) in soil samples taken in April, August and October in places of mass occurrence of *Panolis flammae* Den. et Schiff. (Międzychód Forest District, sites L24 and L26)

Podobne wyniki uzyskali Tumialis i in. [2016], którzy najwięcej prób z nicieniami (37,7%) wykazali z gleb pobranych z drzewostanów iglastych.

Na terenie dużych kompleksów leśnych położonych w północnej Polsce stwierdzono obecność trzech gatunków nicieni owadobójczych z rodziny Steinernematidae w miejscach masowego występowania ważnych gospodarczo owadów szkodników drzew. Znamienny jest fakt, że z badanych stanowisk nie wyizolowano nicieni z rodziny Heterorhabditidae zalecanych i stosowanych do biologicznego zwalczania glebowych szkodników roślin, m.in. pędraków [Bednarek 1999; Kowalska 2001]. Zagęszczenie nicieni owadobójczych na poszczególnych stanowiskach było zróżnicowane i zależało od miejsca i terminu poboru gleby (ryc. 2). Najwyższe średnie zagęszczenie larw inwazyjnych nicieni (ponad 135 tys./m²) zanotowano w glebach, w których zlokalizowano ogniska gradacyjne pędraków *M. melolontha*.

Dominującym gatunkiem nicieni wyizolowanym z gleb leśnych był *S. feltiae*, stwierdzony w 71% prób ze zidentyfikowanymi nicieniami (tab. 2). Nie wykazano istotnej różnicy między występowaniem *S. feltiae* w glebie a szkodliwymi gatunkami owadów współwystępującymi z tymi nicieniami w określonym zbiorowisku leśnym. To wskazuje na dużą elastyczność ekologiczną *S. feltiae* w stosunku do potencjalnego żywiciela (tab. 1, 2). Jednak największy procent prób glebowych z *S. feltiae* (34% prób) uzyskano z ognisk gradacyjnych strzygoni chojnowki *P. flammae* i pędraków *M. melolontha* (31% prób) (tab. 2). Najrzadziej nicienie *S. feltiae* były izolowane ze zbiorowisk leśnych zasiedlonych przez boreczniki sosnowe *D. pini*. Na uwagę zasługuje fakt, że nicienie *S. feltiae* współwystępowały w zbiorowiskach leśnych zarówno z najgroźniejszymi szkodnikami pierwotnymi, foliofagami, jak i ze szkodnikami wtórnymi, tj. kornikami Scolytinae (tab. 2). Dotychczas opisano infekcje korników powodowane m.in. przez nicienie z rodzajów: *Diplogaster* (*Contortylenchus diplogaster*), *Parasitorhabditis* sp. i *Bursaphelenchus* sp. [Burjanadze, Goginashvili 2009].

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że dwa pozostałe gatunki nicieni, tj. *S. silvaticum* i *S. affine*, rzadziej izolowane z gleb leśnych, wykazywały silniejsze powinowactwo do określonych żywicieli (tab. 2). Nicienie *S. affine* wystąpiły jedynie w pędraczyskach *M. melolontha* (100% prób), natomiast *S. silvaticum* w centrach gradacyjnych boreczników Diprionidae spp. w Nadleśnictwie Kliniska (60% prób z nicieniami) i poprocha cetyniaka *B. piniarius* w Nadleśnictwie Trzebież (tab. 2).

Z badań nad efektywnością porażania pędraków przez nicienie owadobójcze wynika, że skuteczność oddziaływania tych nicieni jest wypadkową wielu czynników, wśród których do najważniejszych należą stadium rozwojowe larwy-żywiciela oraz preferencje pokarmowe określonego gatunku nicienia [Kowalska 2001, 2004; Kreft i in. 2011; Matuska-Łyżwa i in. 2012]. Najlepsze wyniki w zwalczaniu pędraków uzyskano przy zastosowaniu nicieni owadobójczych z tzw. grupy *Steinernema glaseri* [Wang, Ishibashi 1999; Peters 2000; Kowalska 2007; Kreft i in. 2011]. Również w naturalnym środowisku znajdowano pędraki zainfekowane głównie przez nicienie z rodziny Steinernematidae [Peters 1996; Stock, Köppenhöfer 2003]. Wśród wymienianych gatunków nie znalazł się jednak *S. affine*, którego występowanie jest związane raczej z agrocenozami (pola uprawne, łąki, sady) [Hominick i in. 1995; Sturhan, Lišková 1998; Sturhan 1999; Dziągiewska 2003, 2004] lub z drzewostanami liściastym [Mráček i in. 2005; Půža, Mráček 2007; Tarasco, Triggiani 2007], nigdy jednak z drzewostanem iglastym [Mráček i in. 2005]. Natomiast inny gatunek wyizolowany tylko w lasach – *S. silvaticum* – wydaje się być słabo związany z terenami niezadrzewionymi, co również sugerowali Sturhan [1999] oraz Mráček i in. [2005].

Fakt, że w żadnej z pobranych prób glebowych (171 prób) nie stwierdzono nicieni z rodziny Heterorhabditidae, może sugerować, że nicienie te związane są z terenami otwartymi i rzadziej występują w zwartych kompleksach leśnych. Podobne wyniki uzyskano w Niemczech [Sturhan

1999], w Anglii [Hominick i in. 1995] i w Polsce [Tumialis i in. 2016], natomiast odmienne – gdy nicienie z tej rodziny stwierdzano również w zbiorowiskach leśnych – we Włoszech [Tarasco, Triggiani 2007], w Ameryce Północnej [Mráček, Webster 1993] i w Iranie [Eivazian Kary i in. 2009].

Powszechnie uważa się, że preferencje środowiskowe nicieni mają ścisły związek z występowaniem w ich otoczeniu odpowiednich żywicieli [Hominick i in. 1995; Sturhan 1996; Mráček i in. 1999; Sturhan 1999; Mráček, Bečvář 2000; Hominick 2002; Mráček i in. 2005]. Trudno nie zgodzić się z tą tezą, gdy wiadomo, że owady stanowią środowisko życia dla badanych nicieni, umożliwiając im rozmnażanie i rozwój [Kaya, Stock 1997].

Wnioski

- ✦ Czynniki biotyczne stanowią ważny naturalny element ograniczający liczebność wielu groźnych szkodników pierwotnych sosny. Podczas prowadzonych badań stwierdzono współwystępowanie w ogniskach gradacyjnych barczatki sosnowki (*Dendrolimus pini* L.), strzygoni choinówki (*Panolis flammea* Den et Schiff.), paprocha cetyniaka (*Bupalus piniarius* L.), borecznika sosnowca (*Diprion pini* L.) i chrabąszcza majowego (*Melolontha melolontha* L.) – nicieni owadobójczych z rodziny Steinernematidae, które mogą stanowić ważny element naturalnego oporu środowiska względem szkodliwych foliofagów sosny.
- ✦ Na szczególną uwagę przy biologicznym zwalczaniu owadzych szkodników w drzewostanach sosnowych zasługują nicienie *S. feltiae* notowane w ogniskach gradacyjnych wszystkich badanych szkodników liściożernych sosny, szczególnie często w przypadku strzygoni choinówki *P. flammea*.
- ✦ Z uwagi na ograniczoną liczbę dopuszczonych do obrotu i stosowania w leśnictwie skutecznych insektycydów warto uwzględnić w szkółkach i uprawach leśnych zagrożonych przez pędraki możliwość zastosowania biopreparatów z nicieniami owadobójczymi z rodziny Steinernematidae, zwłaszcza *S. feltiae* i *S. affine*.
- ✦ Skuteczność zastosowania biopreparatów z nicieniami owadobójczymi względem groźnych foliofagów sosny wymaga dalszych badań i potwierdzenia w praktyce.

Literatura

- Bedding R. A., Akhurst R. 1975. A simple technique for the detection of insect parasitic rhabditid nematodes in soil. *Nematologica* 21: 109-110.
- Bednarek A. 1999. Nowe możliwości zwalczania pędraków chrabąszczy (*Melolonthinae*) w uprawach leśnych. *Sylwan* 143 (4): 107-113.
- Borówka R. K. 2002. Przyroda Pomorza Zachodniego. Oficyna In Plus, Szczecin.
- Burjanadze M., Goginashvili N. 2009. Occurrence of Pathogens and Nematodes in the Spruce Bark Beetles, *Ips typographus* (Col., Scolytidae) in Borjomi Gorge. *Entomology* 3 (1): 145-150.
- Ciesielska K., Ciesielski M. 2017. Lesistość w Polsce w przekrojach terytorialnych. *Wiadomości Statystyczne* 5 (672): 62-78.
- Dzięgielewska M. 2003. Znaczenie nicieni owadobójczych (Steinernematidae, Heterorhabditidae) w biologicznej ochronie sadów przed szkodnikami. *Folia Horticulturae, Supplement* 1: 626-628.
- Dzięgielewska M. 2004. Występowanie nicieni pasożytniczych (Steinernematidae, Heterorhabditidae) w sadach z okolic Szczecina. *Folia Univ. Agric. Stetin., Agricultura* 240 (96): 45-48.
- Eivazian Kary N., Niknam G. R., Griffin C. T., Mohammadi S. A., Moghaddam M. 2009. A survey of entomopathogenic nematodes of the families Steinernematidae and Heterorhabditidae (Nematoda: Rhabditida) in the north-west of Iran. *Nematology* 11: 107-116.
- Głowacka B. [red.]. 2013. *Metodyka integrowanej ochrony drzewostanów iglastych*. Praca zrealizowana na zlecenie Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych. Instytut Badawczy Leśnictwa w Sękocinie.
- Hominick W. M. 2002. *Biogeography*. W: Gaugler R. [red.]. *Entomopathogenic Nematology*. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Hominick W. M., Briscoe B. R., del Pino F. G., Heng J., Hunt D. J., Kozodoy E., Mráček Z., Nguyen K. B., Reid A. P., Spiridonov S., Stock P., Sturhan D., Waturu C., Yoshida M. 1997. Biosystematics of entomopathogenic nematodes: current status, protocols and definitions. *Journal of Helminthology* 71: 271-298.

- Hominick W. M., Reid A. P., Briscoe B. R. 1995. Prevalence and habitat specificity of steinernematid and heterorhabditid nematodes isolated during soil surveys of the UK and the Netherlands. *Journal of Helminthology* 69: 27-32.
- Instrukcja ochrony lasu. 2012. CILP, Warszawa.
- Kaya H. K., Stock S. P. 1997. Techniques in insect nematology. W: Lacey L. A. [red.]. *Manual of Techniques in Insect Pathology*. Academic Press, San Diego, London, Boston, New York, Sydney, Tokyo, Toronto. 287-296.
- Kondracki J. 2009. *Geografia regionalna Polski*. PWN, Warszawa.
- Kowalska J. 2001. Próba zastosowania nicieni owadobójczych oraz metody integrowanej w zwalczaniu pędzaków chrząszcza majowego *Melolontha melolontha* L. w uprawie leśnej. *Sylwan* 145 (2): 89-95.
- Kowalska J. 2004. Wpływ chrząszcza majowego *Melolontha melolontha* na liczebność aktywnych larw infekcyjnych w populacjach izolatów *Steinernema* spp. *Postępy w Ochronie Roślin* 44 (2): 857-860.
- Kowalska J. 2007. Effect of *Melolontha melolontha* grubs on persistence of entomopathogenic nematodes in soil. *IOBC/WPRS Bulletins* 30 (1): 23-26.
- Kreft A., Skrzypiek H., Kazimierzczak W., Lech-Pituch E., Skrabucha A. 2011. Efektywność porażania larw chrząszcza majowego (*Melolontha melolontha* L.) przez entomopatogeniczne nicienie. *Postępy w Ochronie Roślin* 51 (2): 871-874.
- Kusiak W., Dymek-Kusiak A. 2002. *Puszcza Notecka – monografia przyrodniczo-gospodarcza*. Wydawnictwo Przegład Leśniczy, Poznań.
- Matuska-Łyżwa J., Huruk S., Wiatr M. 2012. Możliwości wykorzystania rodzimych populacji nicieni entomopatogenicznych w zwalczaniu pędzaków chrząszczowatych (*Melolonthinae*). *Proceedings of ECOpole 6* (1): 293-296.
- Mráček Z. 1980. The use of Galleria traps for obtaining nematode parasites of insects in Czechoslovakia (Lepidoptera: Nematoda, Steinernematidae). *Acta Entomologica Bohemoslovaca* 77: 378-382.
- Mráček Z., Bečvář S. 2000. Insect aggregations and entomopathogenic nematode occurrence. *Nematology* 2 (3): 297-301.
- Mráček Z., Bečvář S., Kindlmann P. 1999. Survey of entomopathogenic nematodes from the families (Nematoda: Rhabditida) in the Czech Republic. *Folia Parasitologica* 46: 145-148.
- 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.
- Mráček Z., Sturhan D. 2000. Epizootic of the entomopathogenic nematode *Steinernema intermedium* (Poinar) in an aggregation of the bibionid fly, *Biblio marci* L. *Journal of Invertebrate Pathology* 76: 149-150.
- Mráček Z., Webster J. M. 1993. Survey of Heterorhabditidae and Steinernematidae (Rhabditida, Nematoda) in Western Canada. *Journal of Nematology* 25 (4): 710-717.
- Nguyen K. B. 2007. Methodology, morphology and identification. W: Nguyen K. B., Hunt D. J. [red.]. *Entomopathogenic nematode: Systematics, Phylogeny and Bacterial symbionts*. *Nematology Monographs and Perspectives* 5: 59-119.
- Nguyen K. B., Smart G. C. Jr. 1997. Scanning electron microscope studies of spicules and gubernacula of *Steinernema* spp. (Nematoda: Steinernematidae). *Nematologica* 43 (6): 465-480.
- Perlińska A., Hamera-Dzierżanowska A. 2016. Gradacje szkodników pierwotnych sosny w Lasach Państwowych. *Studia i Materiały CEPL* 46: 32-42.
- Peters A. 1996. The natural host range of *Steinernema* and *Heterorhabditis* spp. and their impact on insect populations. *Biocontrol Science and Technology* 6: 389-402.
- Peters A. 2000. Susceptibility of *Melolontha melolontha* to *Heterorhabditis bacteriophora*, *H. megidis* and *Steinernema glaseri*. *IOBC/WPRS Bulletin* 23 (8): 39-46.
- Plan Urządzenia Lasu dla Nadleśnictwa Gdańsk. 2015. RDLP Gdańsk.
- Plan Urządzenia Lasu dla Nadleśnictwa Kolbudy. 2016. RDLP Gdańsk.
- Plan Urządzenia Lasu dla Nadleśnictwa Kościerzyna. 2008. RDLP Gdańsk.
- Plan Urządzenia Lasu dla Nadleśnictwa Łobez. 2002. RDLP Szczecin.
- Poinar G. O. Jr. 1990. Taxonomy and Biology of Steinernematidae and Heterorhabditidae. W: Gaugler R., Kaya H. K. [red.]. *Entomopathogenic Nematodes in Biological Control*. CRC Press, Boca Raton. 23-61.
- Půža V., Mráček Z. 2007. Natural population dynamics of entomopathogenic nematode *Steinernema affine* (Steinernematidae) under dry conditions: Possible nematode persistence within host cadavers? *Journal of Invertebrate Pathology* 96: 89-92.
- Raport o stanie lasów w Polsce 2016. 2017. CILP, Warszawa.
- Stachak A., Kubus M., Nowak G., Nowakowska M. 2009. Współczesne puszcze – Wkrzańska, Bukowa i Goleñowska oraz ich otoczenie. W: Stachak A., Zachaś M. [red.]. *Leśny Kompleks Promocyjny Puszcze Szczecińskie. Krajobrazy leśne i otwartej przestrzeni*. RDLP w Szczecinie. 25-127.
- Stock S. P., Koppenhöfer A. M. 2003. *Steinernema scarabaei* n. sp. (Rhabditida: Steinernematidae), a natural pathogen of scarab beetle larvae (Coleoptera: Scarabaeidae) from New Jersey, USA. *Nematology* 5 (2): 191-204.
- Sturhan D. 1996. Studies on the natural occurrence and distribution of entomopathogenic nematodes. *Russian Journal of Nematology* 4: 98.
- Sturhan D. 1999. Prevalence and habitat specificity of entomopathogenic nematodes in Germany. *Proceeding of a workshop held at Todi, Perugia, Italy, 16-29 May 1995*. Luxembourg: European Commission. COST 819: 123-132.

- Sturhan D., Lišková M. 1998. Studies on the natural occurrence of entomopathogenic nematodes in the Slovak Republic. *Nematologica* 44 (5): 586.
- Szujecki A. 1998. Entomologia leśna. Tom II. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Tarasco E., Triggiani O. 2007. Entomopathogenic nematodes and forest insects in Italy. *IOBC/WPRS Bulletin*: 30 (1): 63-65.
- Tumialis D., Pezowicz E., Skrzecz I., Mazurkiewicz A., Maszewska J., Jarmuż-Pietraszczyk J., Kucharska K. 2016. Occurrence of entomopathogenic nematodes in Polish soils. *Ciência Rural* 46 (7): 1126-1129.
- Wang X. D., Ishibashi N. 1999. Infection of the entomopathogenic nematode, *Steinernema carpocapsae*, as affected by the presence of *Steinernema glaseri*. *Journal of Nematology* 31: 207-211.
- White G. F. 1927. A method for obtaining infective nematode larvae from cultures. *Science* 66: 302-303.
- Woreta D., Lipiński S., Wolski R. 2016. Wpływ pokarmu na imagines chrabąszczy *Melolontha melolontha* i *M. hippocastani*. *Leś. Pr. Bad.* 77 (1): 14-23.
- Zachas M. 2002. Stan zdrowotny i sanitarny lasów Regionalnej dyrekcji Lasów Państwowych w Szczecinie w latach 1990-2000. W: Siwecki R. [red.]. Reakcje biologiczne drzew na zanieczyszczenia przemysłowe. IV Krajowe Sympozjum. 29.05-1.06.2001 r., Poznań – Kórnik. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań. 157-168.
- Zielony R., Kliczkowska A. 2012. Regionalizacja przyrodniczo-leśna Polski. CILP, Warszawa.