

ANNA FILIPIAK

Choroba wędnięcia sosny

The pine wilt disease

ABSTRACT

Filipiak A. 2008. Choroba wędnięcia sosny. Sylwan 12: 9-19.

The article presents factors which can influence the occurrence the pine wilt disease, i.e. the causative agent of this disease – pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*, the transmission mechanism of pine wood nematode, the insect vectors – cerambycid beetles of the genus *Monochamus*, and environmental conditions which favour development of this disease. Furthermore, the methods of prevention of pine wilt disease are discussed.

KEY WORDS

pine wilt disease, *Bursaphelenchus xylophilus*, pine wood nematode, *Monochamus* spp., *Pinus* spp.

ADDRESSES

Anna Filipiak – Zakład Biologicznych Metod i Kwarantanny; Instytut Ochrony Roślin;
ul. Władysława Węgorzka 20; 60-318 Poznań; e-mail: A.Filipiak@ior.poznan.pl

Wstęp

Choroba wędnięcia sosny zaliczana jest do największych niebezpieczeństw zagrażających drzewostanom iglastym na półkuli północnej. Do tej pory największe straty spowodowane jej istnieniem wystąpiły na kontynencie azjatyckim. Jeszcze 10 lat temu sądzono, że warunki i klimat panujące w Europie nie sprzyjają pojawieniu się tej choroby na tym obszarze. Jednak stwierdzenie w 1999 roku jej występowania w Portugalii ukazało, że ryzyko rozwoju choroby w Europie jest większe niż pierwotnie uważano. Zagrożenie to dodatkowo wzrasta, kiedy weźmie się pod uwagę ponad miliard hektarów powierzchni leśnych, znajdujących się na terytorium Europy [Rutherford i in. 1990; Mota i in. 1999].

Pierwsze ogniska choroby wędnięcia sosny stwierdzono w Japonii na początku XX wieku. Jednak niepodjęcie przez wiele lat odpowiednich zabiegów zwalczających spowodowało, że bardzo szybko rozprzestrzeniła się ona do innych obszarów azjatyckich – Tajwanu, Korei i Chin – doprowadzając jednocześnie do ogromnych strat ekonomicznych i środowiskowych [Mamiya 1988; Mota i in. 1999]. Od 1973 roku straty drewna, jakie ponosiła Japonia na skutek tej choroby, przekraczały 1 mln m³ rocznie. Największą stratę odnotowano w roku 1979 (ponad 2,4 mln m³), kiedy to wycięto ponad 8 mln martwych drzew [Bergdahl 1988]. Nowe stanowiska, na których stwierdzano jej występowanie, próbowano likwidować poprzez wycinanie wszystkich martwych drzew oraz opryskiwanie chorych różnymi środkami chemicznymi. Jednak były to działania podjęte zbyt późno i obecnie znaczna część Azji boryka się z tym problemem.

Aż do lat siedemdziesiątych XX wieku, pomimo intensywnie prowadzonych badań, nie zidentyfikowano sprawcy choroby wędnięcia sosny. Początkowo sądzono, że bezpośrednią odpowiedzialność za nią ponoszą kózkowate z rodzaju *Monochamus* spp., gdyż na większości chorych i martwych drzew obecne były liczne ślady ich żerowania. Jednak wyniki dalszych, dokładniejszych badań wykazały, że sprawcą tej choroby jest nicieniec *Bursaphelenchus xylophilus* (fot.) [Mamiya, Kiyohara 1972].



Fot.

Bursaphelenchus xylophilus: A – samica; B – samiec (fot. A. Filipiak)

Bursaphelenchus xylophilus: A – Female; B – Male (photo A. Filipiak)

Do głównych czynników wpływających na rozwój choroby wędnięcia sosny zalicza się: patogeniczność nicieni, biologię wektora, rozpowszechnienie wrażliwych gatunków drzew oraz klimat [Rutherford i in. 1990].

***Bursaphelenchus xylophilus* – główny czynnik sprawczy**

Rodzaj *Bursaphelenchus* zawiera ponad 70 gatunków nicieni szeroko rozpowszechnionych na całym świecie, z czego około 25 powszechnie występuje w Europie [Mota i in. 1999]. Organizmy te związane są z drzewami iglastymi i liściastymi. Do chwili stwierdzenia, że *B. xylophilus* jest głównym sprawcą choroby wędnięcia sosny, nie przywiązywano dużej uwagi do nicieni z tego rodzaju.

Poza Azją, w której *B. xylophilus* powszechnie występuje, nicien ten spotykany jest również w USA, Kanadzie i Meksyku. Obecny jest tam zarówno na gatunkach rodzimych, jak i obcych. Jedynymi roślinami w tych krajach, na jakich zauważono objawy choroby wędnięcia sosny, są rośliny gatunków egzotycznych dla tych obszarów, m.in. *Pinus sylvestris*, a także plantacje iglaków ozdobnych i drzewek bożonarodzeniowych oraz nasadzenia wiatrochronne. Natomiast nie stwierdzono żadnych objawów chorobowych powodowanych przez tego szkodnika na gatunkach rodzimych [Bergdahl 1988]. Na podstawie badań wysunięto hipotezę, że na początku XX wieku *B. xylophilus* został przeniesiony wraz z transportem drewna z USA do Japonii, skąd

następnie rozprzestrzenił się do innych krajów azjatyckich [Mamiya 1988; Togashi, Shigesada 2006].

Od momentu zdiagnozowania czynnika sprawczego tej choroby, na całym świecie rozpoczęto szeroko rozumiany monitoring nad rozprzestrzenianiem się tego szkodnika. W 1985 roku EPPO umieściło *B. xylophilus* na liście A1 organizmów kwarantannowych, a dwa lata później również polska lista szkodników kwarantannowych została poszerzona o ten gatunek. Obecnie znajduje się on na liście szkodników kwarantannowych w ponad 40 krajach [Skwiercz 1988; Zhao i in. 2007].

W wyniku przeprowadzanego od 1996 roku przez kraje członkowskie Unii Europejskiej przeglądu drzewostanów pod kątem obecności *B. xylophilus* w Europie, w 1999 roku stwierdzono jego występowanie w Portugalii [Mota i in. 1999]. Było to pierwsze, i jak dotąd jedyne, doniesienie o obecności tego kwarantannowego organizmu w Europie. W związku z jego wykryciem, wszystkie kraje członkowskie Unii Europejskiej zobowiązane zostały do regularnych przeglądów importowanego drewna na obecność tego nicienia. Stwierdzenie występowania *B. xylophilus* może przynieść kolosalne straty, gdyż drewno importowane z takiego kraju musi być poddane odpowiednim zabiegom termicznym [Rozporządzenie... 2004]. W celu zminimalizowania ryzyka związanego z możliwością przedostania się *B. xylophilus* z Portugalii do innych obszarów, utworzono tam specjalną strefę porażenia (50 km²), w której szkodnik ten został wykryty oraz strefę buforową, bezpośrednio do niej przylegającą, a obejmującą powierzchnię o szerokości 20 km od granicy obszaru porażonego. Zastosowana prewencja odniosła sukces, gdyż do tej pory nie stwierdzono występowania tego szkodnika w krajach sąsiadujących z Portugaliją [Mota i in. 1999; Braasch 2001; Sousa i in. 2001].

B. xylophilus wchodzi w skład grupy nicieni określanej jako *xylophilus*, do której należą również inne gatunki nicieni z tego rodzaju, a mianowicie: *B. mucronatus*, *B. fraudulentus*, *B. kolymensis*, *B. conicaudatus*, *B. luxuriosae*, *B. doui*, *B. singaporensis* i *B. macromucronatus* [Gu i in. 2008]. Oprócz wielu wspólnych cech charakterystycznych dla rodzaju *Bursaphelenchus*, nicienie z grupy *xylophilus* wyróżniają się występowaniem cech, które powodują brak możliwości odróżnienia ich od pozostałych gatunków. Są to: kształt spikuli samca oraz fałd oskórka przykrywający otwór płciowy samicy [Tomalak 2004]. Konieczność prawidłowej identyfikacji każdego z tych gatunków jest niezmiernie ważna, gdyż błędna ocena występowania *B. xylophilus* na danym terytorium, może wywołać niepotrzebny alarm związany z wykryciem kwarantannowego organizmu, a co za tym idzie, znaczne problemy związane z importem drewna z takiego kraju. Dlatego też od kilku lat, główne metody jakie wykorzystywane są do prawidłowej identyfikacji nicieni z grupy *xylophilus*, to badania molekularne (PCR-RFLP lub PCR ze specyficznymi starterami) [Matsunaga, Togashi 2004; Burgermeister i in. 2005]. Szczególnie jeden z gatunków nicieni z tej grupy (*B. mucronatus*), wykazuje znaczne podobieństwo morfologii, bionomii i ekologii do *B. xylophilus*. Zarówno *B. xylophilus*, jak i *B. mucronatus* występują na takich samych gatunkach drzew, jak również przenoszone są przez te same owady [Mamiya, Enda 1979; Braasch i in. 2001; Jikumaru, Togashi 2001]. Ponadto, w wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że *B. mucronatus* podobnie jak *B. xylophilus*, może być patogeniczny w stosunku do zasiedlanego gospodarza. *B. mucronatus* jest często znajdowany w martwych lub zamierających drzewach sosnowych, jednak do tej pory nic nie wiadomo o możliwości wywołania przez niego choroby wędnięcia sosny [Kanzaki, Futai 2006]. Nicieni ten jest szeroko rozpowszechniony w całej Eurazji, w tym również i w Polsce oraz w Kanadzie. Nie stwierdzono jednak jego występowania w Stanach Zjednoczonych. Jediną różnicą w budowie morfologicznej tych dwóch gatunków jest zakończenie ogona samicy. Samice *B. mucronatus* zawierają na jego końcu niewielki wyrostek

– mukron, którego pozbawione są samice *B. xylophilus*. Jednak dokładniejsze badania przeprowadzone nad różnymi izolatami pochodzącymi z Ameryki Północnej wykazały, że samice *B. xylophilus* pochodzące z tego kontynentu mogą posiadać zarówno okrągły ogon (formy R), jak i nieznaczny wyrostek (formy M). Brak jednoznacznej możliwości identyfikacji tych dwóch, bardzo podobnych do siebie gatunków powoduje, że i w tym przypadku jedynym pewnym ich potwierdzeniem jest diagnostyka molekularna [Rutherford i in. 1990; Iwahori i in. 2000].

B. xylophilus został wielokrotnie stwierdzany w roślinach, na których nie były widoczne żadne symptomy chorobowe. Znajdowano go w różnych gatunkach sosen, m.in. *P. thunbergii* i *P. densiflora*, które wcześniej wykazywały największą wrażliwość na tę chorobę. W wyniku dokładniejszych badań ustalono, że poszczególne izolaty *B. xylophilus* wykazują różną patogeniczność w stosunku do zasiedlanego gospodarza. Na kontynencie azjatyckim udowodniono występowanie zarówno patogenicznych, słabo patogenicznych, jak i całkowicie niepatogenicznych izolatów tego gatunku [Kiyohara, Bolla 1990]. Ma to istotne znaczenie, gdyż nie każde stwierdzenie obecności *B. xylophilus* w roślinach musi jednocześnie oznaczać wystąpienie w najbliższym czasie pierwszych symptomów chorobowych.

W celu wyjaśnienia tak znaczących różnic w patogeniczności różnych izolatów, przeprowadzono szczegółowe badania nad budową tego szkodnika. W trakcie ich trwania stwierdzono, że nicien ten przenosi różne gatunki bakterii. Wysunięto więc hipotezę, że jego patogeniczność w stosunku do danej rośliny występuje wtedy, kiedy zawiera on w swoim ciele bakterie, natomiast kiedy jest ich pozbawiony, okazuje się on całkowicie obojętny. W organizmie *B. xylophilus* stwierdzono występowanie bakterii z dwóch rodzajów: *Pseudomonas* spp. i *Pantoea* spp. Największa śmiertelność drzew występowała, kiedy nicien przynosił bakterie z rodzaju *Pseudomonas* spp., natomiast w przypadku przenoszenia bakterii z rodzaju *Pantoea* spp., śmiertelność roślin odnotowywana była w zdecydowanie mniejszym stopniu. Istnieje konieczność przeprowadzenia jeszcze wielu badań związanych z rolą bakterii w rozwoju choroby więdnienia sosny, gdyż dotychczas ukazało się niewiele informacji dotyczących tej zależności [Han i in. 2003].

Owady jako wektory

B. xylophilus nie ma możliwości samodzielnego przenoszenia się z jednego drzewa na drugie, dlatego też do tego celu wykorzystuje różne gatunki owadów. Głównymi wektorami tych nicieni są żerdzianki *Monochamus* spp. oraz inne liczne chrząszcze z rodzin kózkowatych i ryjkowcowatych [Mamiya, Enda 1972; Linit 1988; Tomalak 2000]. Do momentu stwierdzenia, że żerdzianki są głównymi wektorami *B. xylophilus*, uważane one były jedynie za techniczne i fizjologiczne szkodniki drzew iglastych niemal w całym regionie klimatu umiarkowanego i subtropikalnego [Kozłowski 2003]. Na świecie stwierdzono występowanie około 20 gatunków żerdzianek mających zdolność do przenoszenia tych nicieni. W Azji głównym wektorem omawianych nicieni jest *M. alternatus*, a w Ameryce Północnej – *M. carolinensis*. Żaden z tych gatunków w Europie nie występuje, jednak stwierdzono tutaj obecność pięciu innych gatunków żerdzianek, które mają zdolność do ich przenoszenia (*M. galloprovincialis*, *M. sator*, *M. sutor*, *M. saltuarius* i *M. urussovi*). W Polsce gatunki te również występują, a pierwszy z nich uważany jest za potencjalnie głównego wektora tego szkodnika w Europie. W naszym kraju spotykany jest na całym obszarze, najliczniej zaś w zachodniej jego części. Występuje na różnych gatunkach sosen, jednak najczęściej na sośnie pospolitej, a niekiedy notowany jest również na modrzewiu i świerku. Owad ten odbywa żer uzupełniający na drzewach zdrowych, natomiast składanie jaj odbywa się na osłabionych i obumierających, a także powalonych i ściętych grubszych gałęziach

i wierzchołkach drzew. Żerdzianki rozwijają w ciągu roku zwykle tylko jedno pokolenie, a w niesprzyjających warunkach (chłodny klimat, susza itp.) ich rozwój może zostać przedłużony nawet do dwóch lat [Evans i in. 1996; Kozłowski 2003].

Istnieją dwie drogi przenoszenia *B. xylophilus* przez owady – pierwotna i wtórna. Pierwotne przeniesienie ma miejsce podczas żeru uzupełniającego, natomiast wtórne podczas składania jaj. Nicienie obecne w drewnie, wabione sygnałami chemicznymi wydzielanymi przez przeobrażające się owady (m.in. CO₂ i nienasycone kwasy tłuszczowe), wędrują w kierunku ich kolebek poczwarkowych [Stamps, Linit 2001]. Na krótko przed wylotem chrząszczy nicienie linieją z formy larwalnej J3 do J4, a następnie wnikają do ciała owadów. Larwa stadium J4 (ang. dauer larva) jest jedyną formą, która umożliwia im przebywanie w ciele owadów. Nicienie gromadzą się pod pokrywami i w tchawkach owadów i przebywają tam aż do momentu odbycia przez chrząszcze żeru uzupełniającego [Naves i in. 2006]. Ma to miejsce na przełomie maja i czerwca, kiedy to nicienie opuszczają ciało żerdzianek. Liczba nicieni przenoszona przez chrząszcze może się bardzo różnić. Odnotowano przypadki, kiedy w jednym osobniku *Monochamus* spp. liczebność nicieni przekraczała 289 tysięcy, jednak przeciętna liczba *B. xylophilus* przenoszona przez jednego chrząszcza waha się od 1 do 10 tysięcy osobników, co jest ilością wystarczającą do wywołania pierwszych symptomów chorobowych rośliny [Togashi, Shigesada 2006]. Po wydostaniu się z ciała owadów nicienie bardzo szybko przenikają do kanałów żywicznych drzewa, gdzie odżywiają się zwykle strzępkami rozwijających się w tym środowisku grzybów. Gatunkami grzybów, które sprzyjają szybkiemu ich rozwojowi są *Botrytis cinerea* i *Ophiostoma minus* [Maehara, Futai 2000; Maehara i in. 2006; Sriwati i in. 2007]. Pierwszym objawem zamierania drzewa jest zmniejszenie wycieku olejków eterycznych, widoczne zaledwie 10-20 dni od momentu wniknięcia nicieni. Kolejnymi objawami postępującej choroby jest żółknięcie i zamieranie igieł, odwodnienie oraz zasychanie gałęzi [Bergdahl 1988]. W rejonie występowania *B. xylophilus*, chore drzewa pojawiają się najczęściej na przełomie lipca i sierpnia, ponad 90% z nich zamiera przed końcem października. Śmierć wrażliwych gatunków drzew najczęściej ma miejsce w ciągu 30-90 dni od momentu infekcji nicieni. Bardziej odporne gatunki zamierają zazwyczaj dopiero wiosną lub wczesnym latem następnego roku [Mamiya 1988]. Pod koniec sezonu wegetacyjnego osłabione drzewa stają się atrakcyjnym miejscem lęgowym dla różnych wektorów tych nicieni [Edwards, Linit 1992]. Przeciętnie jedna samica *M. alternatus* składa od 40 jaj (w chłodne i deszczowe lata) aż do 80 (w sezonach normalnych) [Togashi, Shigesada 2006]. Wylatujące w następnym sezonie wegetacyjnym z kolebek poczwarkowych chrząszcze, przenoszą w swoim ciele *B. xylophilus*. Ich lot jest zazwyczaj ograniczony do odległości nieprzekraczającej 5 km [Evans i in. 1996]. Tak więc, dla rozwoju choroby wędnięcia sosny istotnie ważna jest odległość pokonywana przez owady, gdyż od tego może zależeć jej rozwój na nowych stanowiskach.

Rośliny żywicielskie

Największą wrażliwość na *B. xylophilus* wykazuje sosna (*Pinus* spp.), jednak obecność tego nicienia stwierdzono również na jodle (*Abies*), cyprysiku (*Chamaecyparis*), cedrze (*Cedrus*), modrzewiu (*Larix*), świerku (*Picea*) i jedlicy (*Pseudotsuga*) [Braasch 2001]. Ocenia się, że w USA występuje około 30, a na całym świecie około 40 gatunków sosen mogących być potencjalnymi gospodarzami dla *B. xylophilus*. Poszczególne gatunki sosny wykazują różną wrażliwość na tego nicienia. Uważa się, że najbardziej wrażliwe występują w Eurazji – włączając Japonię – natomiast najbardziej odporne w Ameryce Północnej. Amerykańskie gatunki sosny posiadają wrodzoną barierę odpornościową przed tym szkodnikiem, gdyż zarówno rosnące na tym kontynencie,

jak i sadzone w krajach azjatyckich, wykazują całkowitą odporność na tego nicienia. Stwierdzenie to jest kolejnym dowodem, że *B. xylophilus* jest gatunkiem endemicznym dla amerykańskich drzew sosnowych [Bergdahl 1988; Akiba 2006].

Do najbardziej wrażliwych gatunków sosen występujących w Azji zalicza się *P. thunbergii* i *P. densiflora* [Bergdahl 1988]. Straty drewna ponoszone przez kraje azjatyckie dotyczą właśnie tych gatunków drzew. W Europie sosny te nie występują, jednak w USA, rośliną egzotyczną najbardziej porażaną przez tę chorobę jest m.in. *P. sivestris* i *P. nigra*, gatunki szeroko rozpowszechnione w całej Europie, w tym także i w Polsce. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że również inne gatunki europejskie, m.in. *P. pinaster* i *P. mugo* wykazują dużą wrażliwość na ten czynnik chorobotwórczy. Może to sugerować, że w przypadku przedostania się tego szkodnika do innych krajów europejskich, mógłby on znaleźć odpowiednich gospodarzy do swojego zdomowienia się, a następnie rozprzestrzenienia.

Warunki klimatyczne sprzyjające rozwojowi choroby

B. xylophilus jest gatunkiem ciepłolubnym, dlatego też najlepsze warunki dla jego rozwoju występują na obszarach, w których średnia temperatura najcieplejszego miesiąca w roku wynosi od 25°C do 30°C. Pełny cykl rozwojowy tego szkodnika w temperaturze 25°C trwa od 4 do 5 dni [Tan i in. 2005; Wang i in. 2005]. W takich warunkach, w ciągu 28 dni samica może złożyć około 80 jaj. W wyniku przeprowadzonych doświadczeń stwierdzono, że progowa temperatura dla rozwoju *B. xylophilus* wynosi 9,5°C, co może świadczyć, że szkodnik ten mógłby rozwijać się również w północnych obszarach Europy. Dotychczas nie odnotowano jednak występowania choroby wędnięcia sosny na terenach, gdzie temperatura najcieplejszego miesiąca w roku nie przekraczała 20°C. Niemniej, zły stan fitosanitarny lasu (m.in. stres wywołany suszą, zatrucie środowiska, czy też mikroorganizmy chorobotwórcze) może być czynnikiem znacznie ułatwiającym rozwój tej choroby również na terenach chłodniejszych [Rutherford i in. 1990].

Metody ograniczania choroby wędnięcia sosny

Pomimo intensywnych prób mających na celu całkowite zlikwidowanie choroby wędnięcia sosny, do tej pory nie udało się osiągnąć sukcesu w tym zakresie.

Na wszystkich nowych stanowiskach, na których stwierdza się obecność tej choroby, stosowane są kombinacje różnych metod ograniczających jej występowanie. Stosowanie jednego tylko zabiegu nie przynosi pożądanych rezultatów. Do tej pory nie udało się opracować zabiegu, który umożliwiłby unieszkodliwienie głównego czynnika sprawczego tej choroby. Pomimo stosowania przeciwko niemu różnych środków opartych m.in. na abamektynie, bromku metylu, olejków ziołowych z kolendry lub z cynamonu, nie udało się doprowadzić do zlikwidowania tego szkodnika [Kawakami i in. 2004; Jung-Ok i in. 2006]. Dlatego też główną szansę w ograniczeniu tego zjawiska zaczęto upatrywać między innymi w usuwaniu wszystkich martwych i chorych drzew. Jest to zabieg, który podejmowany jest natychmiastowo w przypadkach stwierdzenia tej choroby na nowych stanowiskach. Ma to na celu ograniczenie rozprzestrzenienia się jej na zdrowe rośliny. Dużą szansę w zmniejszeniu intensywności tej choroby znalaziono również w zwalczaniu żerdzianek poprzez stosowanie przeciwko nim różnych insektycydów oraz likwidowanie ich żerowisk. Zabieg ten ma na celu ograniczenie możliwości wylotu chrząszczy mogących być potencjalnymi wektorami tych nicieni na zdrowe rośliny. Działania te doprowadziły w wielu regionach azjatyckich do zmniejszenia populacji żerdzianek, jednak nie udało się całkowicie wyeliminować tych organizmów.

Od kilkunastu lat na całym świecie prowadzone są intensywne badania nad poszukiwaniem innych metod ograniczających występowanie tej choroby. Znaczna część badań dotyczy możliwości biologicznego zwalczania nicieni i ich wektorów (m.in. grzyb *Beauveria bassiana* stosowany jest przeciwko *Monochamus* spp.), stosowania atraktantów przeciwko owadom (m.in. kairomony), jak również poszukiwania i krzyżowania odpornych gatunków sosen. Z pojedynczych drzew *P. thunbergii* i *P. densiflora*, które w Japonii wykazują odporność na chorobę wędnięcia sosny, przeszczepiane są sadzonki, z których następnie selekcjonuje się nowe rośliny jako prawdopodobnie odporne [Allison i in. 2001; Kuroda 2004; Bing i in. 2007].

Od pewnego czasu znaczna część badań poświęcana jest również indukowanej odporności, która wywoływana jest poprzez infekowanie siewek sosny niepatogenicznymi izolatami *B. xylophilus*. Roślina taka poddana później infekcji izolatami patogenicznymi wykazuje już obniżoną wrażliwość na tego szkodnika. Jak zauważono w trakcie badań, rośliny nie zamierały w przeciągu kilku miesięcy, lecz proces ten rozłożony był w znacznie dłuższym czasie. Indukowana odporność nie powoduje całkowicie zatrzymania choroby, lecz jedynie jej opóźnienie. Pomimo pewnej szansy sukcesu tej metody, nie wydaje się ona na razie na tyle satysfakcjonująca, aby wprowadzić jej stosowanie do praktyki. Do tej pory zadowalające wyniki uzyskano jedynie w stosunku do siewek sosny, gdyż doświadczenia w stosunku do starszych drzew nie kończyły się opóźnieniem rozwoju choroby. Niewątpliwie konieczne jest przeprowadzenie większej ilości badań nad izolatami *B. xylophilus*, gdyż idea tej metody wydaje się obiecująca, zważywszy że żadna z wcześniej stosowanych metod również nie powodowała całkowitego zatrzymania rozwoju choroby wędnięcia sosny [Kosaka i in. 2001; Takeuchi i in. 2006].

Jedną z metod zalecanych do wczesnej diagnostyki występowania choroby wędnięcia sosny jest stosowanie odpowiednich wskaźników do pomiaru pH rośliny. Doświadczalnie zostało potwierdzone, że w drzewach opanowanych przez *B. xylophilus*, znacznie wzrasta zawartość kwasów, skutkując jednocześnie obniżeniem pH rośliny. Zastosowanie w odpowiednim czasie wskaźników do pomiaru pH mogłoby zatem przyczynić się do zdecydowanie szybszego wykrycia choroby wędnięcia sosny [Yu-Yan i in. 2000].

Podsumowanie

Bezpośrednim czynnikiem warunkującym możliwość wystąpienia choroby wędnięcia sosny jest nicien *B. xylophilus*, jednak rozwój i intensywność choroby uzależnione są od szeregu czynników, a mianowicie: od biologii wektora, podatności roślin i czynników klimatycznych.

Obecnie wszystkie działania skierowane przeciwko tej chorobie oparte są na ograniczeniu rozprzestrzenienia się jej do nowych obszarów. Bardzo duży nacisk kładziony jest na skrupulatną kontrolę importowanych surowców drzewnych mogących zawierać nicienie *B. xylophilus*. Wyroby takie mogą być potencjalnym źródłem wektorów lub też atrakcyjnym miejscem do składania przez nie jaj. Służby graniczne mają obowiązek regularnego monitorowania wprowadzanych na teren kraju drewnianych wyrobów opakowaniowych, gdyż ryzyko obecności w nich *B. xylophilus* jest nadal duże.

Do tej pory wielokrotnie znajdowano tego szkodnika w surowcach drzewnych przewożonych przez różne kraje. Podczas jednego z ostatnich przeglądów przeprowadzanych w latach 2003-2005 przez chińską inspekcję, a dotyczących obecności *B. xylophilus* w opakowaniach materiałowych wykonanych z drewna, nicien ten został wykryty w 40 z 3416 przebadanych prób. Oprócz krajów, w których powszechnie występuje, wykryto go również w opakowaniach pochodzących m.in. z Brazylii, Tajlandii, Belgii, Holandii, Włoch i Hiszpanii [Gu i in. 2006]. Wyniki tego przeglądu uzmysłowiły konieczność dokładniejszej kontroli importowanych materia-

łów opakowaniowych, gdyż możliwość zadomowienia się tego szkodnika na nowym terenie jest bardzo duża. W większości państw europejskich występują zarówno odpowiednie gatunki drzew, jak i owadów, które mogłyby przyczynić się do szybkiego rozwoju choroby na nowych obszarach. Tak było w przypadku pojawienia się tego zjawiska w Japonii, a niespełna 10 lat temu również w Portugalii.

Nie ma wątpliwości, że choroba więdnienia sosny ciągle stanowi poważne zagrożenie dla drzewostanów sosnowych na całym świecie. Dlatego konieczne jest, aby każdy kraj skrupulatnie przestrzegał wszystkich rozporządzeń fitosanitarnych związanych z prawidłowym przewozem wszystkich surowców wykonanych z drewna, wykazujących szczególną wrażliwość na *B. xylophilus*.

Podziękowania

Autorka składa serdeczne podziękowania prof. dr. hab. Markowi Tomalakowi za cenne wskazówki podczas pisania tego artykułu.

Literatura

- Akiba M. 2006. Diversity of pathogenicity and virulence in the pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*. Journal of the Japanese Forest Society 88 (5): 383-391.
- Allison J. D., Borden J. H., Rory L. McIntosh R. L., Groot P., Gries R. 2001. Kairomonal response by four *Monochamus* species (Coleoptera: Cerambycidae) to bark beetle pheromones. Journal of Chemical Ecology 27 (4): 633-646.
- Bergdahl D. R. 1988. Impact of pinewood nematode in North America: present and future. Journal of Nematology 20 (2): 260-265.
- Bing H., Chun-Gen P., Lai-Fa W., Yong L., Xiang-Che S., Rong-Zhen Z. 2007. Survey, identification and virulence test of pathogens of the pine sawyer beetle, *Monochamus alternatus*, at Forest Farm of Maanshan, Anhui Province. Forest Research, Beijing 20 (2): 204-208.
- Braasch H. 2001. *Bursaphelenchus* species in conifers in Europe: distribution and morphological relationships. OEPP/EPPO 31: 127-142.
- Braasch H., Tomiczek Ch., Metge K., Hoyer U., Burgermeister W., Wulfert I., Schönfeld U. 2001. Records of *Bursaphelenchus* spp. (Nematoda: Parasitaphelenchidae) in coniferous timber imported from the Asian part of Russia. Forest Pathology 31: 129-140.
- Burgermeister W., Metge K., Braasch H., Buchbach E. 2005. ITS-RFLP patterns for differentiation of 26 *Bursaphelenchus* species (Nematoda: Parasitaphelenchidae) and observations on their distribution. Russian Journal of Nematology 13 (1): 29-42.
- Edwards O. R., Linit M. J. 1992. Transmission of *Bursaphelenchus xylophilus* through oviposition wounds of *Monochamus carolinensis* (Coleoptera: Cerambycidae). Journal of Nematology 24 (1): 133-139.
- Evans H. F., McNamara D. G., Braasch H., Chadoeuf J., Magnusson C. 1996. Pest risk analysis (PRA) for the territories of the European Union (as PRA area) on *Bursaphelenchus xylophilus* and its vectors in the genus *Monochamus*. OEPP/EPPO, 26: 199-249.
- Gu J., Braasch H., Burgermeister W., Zhang J. 2006. Records of *Bursaphelenchus* spp. intercepted in imported packing wood at Ningbo, China. Forest Pathology 36: 323-333.
- Gu J., Zheng W., Braasch H., Burgermeister W. 2008. Description of *Bursaphelenchus macromucronatus* sp.n. (Nematoda: Parasitaphelenchidae) in packaging wood from Taiwan and India – a new species of the 'xylophilus' group. Journal of Nematode Morphology and Systematics, 11(1): 31-40.
- Iwahori H., Kanzaki N., Futai K. 2000. A simple, polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism-aided diagnosis method for pine wilt disease. Forest Pathology 30: 157-164.
- Jikumaru S., Togashi K. 2001. Transmission of *Bursaphelenchus mucronatus* (Nematoda: Aphelenchoididae) through feeding wounds by *Monochamus saltuarius* (Coleoptera, Cerambycidae). Nematology 3 (4): 325-333.
- Jung-Ok K., Sang-Myung L., Yil-Seong M., Sang-Gil L., Young-Joon A. 2006. Nematicidal activity of plant essential oils against *Bursaphelenchus xylophilus* (Nematoda: Aphelenchoididae). Journal of Asia-Pacific Entomology 9 (2): 173-178.
- Kanzaki N., Futai K. 2003. Description and phylogeny of *Bursaphelenchus luxuriosae* sp. (Nematoda: Aphelenchoididae) isolated from *Acalolepta luxuriosa* (Coleoptera: Cerambycidae). Nematology 5: 565-572.
- Kanzaki N., Futai K. 2006. Is *Bursaphelenchus mucronatus* a weak pathogen to the Japanese red pine? Nematology 8 (4): 485-489.

- Kawakami F., Soma Y., Komatsu H., Matsumoto Y. 2004. Effects of some fumigants of pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus* infesting wooden packages. Mortality and CT product in methyl bromide fumigation with high loading of wood packing materials. Research Bulletin of the Plant Protection Service, Japan 40: 7-12.
- Kiyohara T., Bolla R. I. 1990. Pathogenic variability among populations of the pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*. Forest Science 36: 1061-1076.
- Kosaka H., Aikawa T., Ogura N., Tabata K., Kiyohara T. 2001. Pine wilt disease caused by the pine wood nematode: the induced resistance of pine trees by the avirulent isolates of nematode. European Journal of Plant Pathology 107: 667-675.
- Kozłowski M. W. 2003. Rodzime i egzotyczne żerdzianki, *Monochamus* spp. (Coleoptera, Cerambycidae) jako wektory węgorka sosnowca, *Bursaphelenchus xylophilus*. Sylwan 1: 24-34.
- Kuroda K. 2004. Inhibiting factors of symptom development in several Japanese red pine (*Pinus densiflora*) families selected as resistant to pine wilt. Journal of Forest Research 9: 217-224.
- Linit M. J. 1988. Nematode-vector relationships in the pine wilt disease system. Journal of Nematology 20 (2): 227-235.
- Maehara N., Futai K. 2000. Population changes of the pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus* (Nematoda: Aphelenchoididae), on fungi growing in pine-branch segments. Applied Entomology and Zoology 35 (3): 413-417.
- Maehara N., Tsuda K., Yamasaki M., Shirakikawa S., Futai K. 2006. Effect of fungus inoculation on the number of *Bursaphelenchus xylophilus* (Nematoda: Aphelenchoididae) carried by *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae). Nematology 8 (1): 59-67.
- Mamiya Y. 1988. History of pine wilt disease in Japan. Journal of Nematology 20 (2): 219-226.
- Mamiya Y., Enda N. 1972. Transmission of *Bursaphelenchus lignicolus* (Nematoda: Aphelenchoididae) by *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae). Nematologica 18: 159-162.
- Mamiya Y., Enda N. 1979. *Bursaphelenchus mucronatus* n. sp. (Nematoda: Aphelenchoididae) from pine wood and its biology and pathogenicity to pine trees. Nematologica 25: 353-361.
- Mamiya Y., Kiyohara T. 1972. Description of *Bursaphelenchus lignicolus* n. sp. (Nematoda: Aphelenchoididae) from pine wood and histopathology of nematode-infested trees. Nematologica 18: 120-124.
- Matsunaga K., Togashi K. 2004. A simple method for discriminating *Bursaphelenchus xylophilus* and *B. mucronatus* by species-specific polymerase chain reaction primer pairs. Nematology 6: 273-277.
- Mota M. M., Braasch H., Bravo M. A., Penas A. C., Burgermeister W., Metge K., Sousa E. 1999. First report of *Bursaphelenchus xylophilus* in Portugal and in Europe. Nematology 1 (7-8): 727-734.
- Naves P. M., Camacho S., Sousa E., Quartau A. 2006. Entrance and distribution of the pinewood nematode *Bursaphelenchus xylophilus* on the body of its vector *Monochamus galloprovincialis* (Coleoptera: Cerambycidae). Entomologia Generalis 29 (1): 71-80.
- Rutherford T. A., Mamiya Y., Webster J. M. 1990. Nematode - induced pine wilt disease: factors influencing its occurrence and distribution. Forest Science 36 (1): 145-155.
- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 1 lipca 2004. Dziennik Ustaw Nr 159: 1665.
- Skwiercz A. T. 1988. *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner et Bühner, 1934) (= *B. lignicolus*) (Mamiya et Kiyohara, 1972) (Nematoda: Aphelenchoididae) - pasożyt roślin. Sylwan 11-12: 73-77.
- Sousa E., Bravo M. A., Pires J., Naves P., Penas A. C., Bonifacio L., Mota M. M. 2001. *Bursaphelenchus xylophilus* (Nematoda: Aphelenchoididae) associated with *Monochamus galloprovincialis* (Coleoptera: Cerambycidae) in Portugal. Nematology 3 (1): 89-91.
- Sriwati R., Takemoto S., Futai K. 2007. Cohabitation of the pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*, and fungal species in pine trees inoculated with *B. xylophilus*. Nematology 9 (1): 77-86.
- Stamps W. T., Linit M. J. 2001. Interaction of intrinsic and extrinsic chemical cues in the behaviour of *Bursaphelenchus xylophilus* (Aphelenchida: Aphelenchoididae) in relation to its beetle vectors. Nematology 3 (4): 295-301.
- Takeuchi Y., Kanzaki N., Futai K. 2006. How different is induced resistance against the pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*, by two avirulent microbes? Nematology 8 (3): 435-442.
- Tan J., Ye J., Wu X., Zhu Y., Li Y. 2005. A study on disease development and early diagnosis of pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*, infection of Japanese black pine. Nematology 7 (4): 481-485.
- Togashi K., Shigesada N. 2006. Spread of the pinewood nematode vectored by the Japanese pine sawyer: modeling and analytical approaches. Population Ecology 48 (4): 271-283.
- Tomalak M. 2000. Ograniczanie występowania patogenów roślin drzewiastych poprzez zwalczanie ich naturalnych wektorów. Chemiczna Metoda Ochrony Roślin Drzewiastych przed Chorobami - Pozytywne Aspekty i Zagrożenia. Materiały z IV Konferencji Sekcji Chorób Roślin Drzewiastych Polskiego Towarzystwa Fitopatologicznego, 5-7.07.2000, Rogów-Skierniewice, 35-44.
- Tomalak M. 2004. Ocena przydatności dostępnych metod do identyfikacji taksonomicznej kwarantannowego nicienia - węgorka sosnowca [*Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner et Bühner) Nickle]. Progress in Plant Protection 44: 452-461.
- Wang Y., Yamada T., Sakaue D., Suzuki K. 2005. Variations on the life history parameters and their influence on rate of population increase of different pathogenic isolates of the pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*. Nematology 7 (3): 459-467.

- Yu-Yan W., Chao-Ran S., Hai-Yan L., Zhi-Hong G. 2000. A study on the techniques of the rapid quarantine detection for diseased wood caused by the pine wood nematode. *Scientia Silvae Sinicae* 36 (5): 59-62.
- Zhao L. L., Wei W., Kang L., Sun J. K. 2007. Chemotaxis of the pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*, to volatiles associated with host pine, *Pinus massoniana*, and its vector *Monochamus alternatus*. *Journal of Chemical Ecology* 33: 1207-1216.

SUMMARY

The pine wilt disease

The pine wilt disease caused by the pine wood nematode (PWN), *Bursaphelenchus xylophilus*, is the most serious forest disease in Japan and East Asia and it is currently considered to be one of the most serious threats to pine forests worldwide. The nematode is native to North America (Canada, USA, Mexico) and thought to have been carried to Japan at the beginning of the 20th century on timber exports. During the 1980s the nematode spread to China, Taiwan and South Korea, where it has subsequently caused serious damage to pine forests. In 1999 *B. xylophilus* was detected in Portugal. In 1985, the European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) placed the *B. xylophilus* on the A1 list of quarantine pests.

Tree mortality caused by PWN is associated with the presence of highly susceptible host species, suitable vector species and a high summer temperature.

B. xylophilus is transmitted from wilt-killed to healthy trees by the cerambycid beetles of the *Monochamus* genus. In Asia, the nematode is transmitted mainly by *M. alternatus*, in America – *M. carolinensis* and in Europe – *M. galloprovincialis*. *M. galloprovincialis* occurs also in Poland. PWNs invade healthy trees through maturation feeding wounds caused by vector beetles. The dynamics of pine wilt disease depends to a large extent on the number of nematodes carried by an individual beetle, which ranges from zero to over 200000.

In Asia, the most susceptible species are *Pinus thunbergii*, and *P. densiflora*. In America, *B. xylophilus* causes mortality only of exotic trees, especially *P. sylvestris* and *P. nigra*. These species are native and are also widespread in Europe. Dying of trees progresses very fast. Affected pine trees that appear healthy in early summer show yellow foliage and die by late autumn. As a consequence of the reduction of its defense mechanisms, the tree becomes attractive to adult insects that gather on the trunks to mate. The tree dies 30-40 days after infection, and may then contains millions of nematodes throughout the trunk, branches and roots.

The best conditions for development of this disease is a warm climate with temperature about 25-30° of the warmest month of year.

B. xylophilus belongs to the *xylophilus* group which includes also *B. mucronatus*, *B. fraudulentus*, *B. kolymensis*, *B. conicaudatus*, *B. luxuriosae*, *B. doui*, *B. singaporensis* i *B. macromucronatus*. These nematodes can be distinguished from all other *Bursaphelenchus* species by the shape of the male spicules and by the presence in the female of a vulval flap of a characteristic shape.

Eradicating the diseased trees and using insecticides has controlled pine wilt disease, but the public is now demanding environmentally friendly control methods. Research is continuing in order to find alternative means of control, such as biological control agents for both nematodes and vectors, insects attractants, breeding of resistant *Pinus* clones, and including resistance by inoculation of non-pathogenic isolates of *B. xylophilus*.

The main threat of introduction of the pine wilt disease to a new area is related with the import of the *B. xylophilus* – infested package wood. During surveys conducted in the different countries by inspection for the presence of nematodes, *B. xylophilus* and its vectors have been

intercepted a few times in a trade of wood and wood products. Full implementation of international standards on phytosanitary treatment of packing wood is the need in order to prevent further spread of the pine wood nematode.

The European Union member states are obliged to conduct a surveys of forests nematodes in order to assure early detection and further establishment of *B. xylophilus* in Europe. It is very important, because detected of *B. xylophilus* resulted in a ban on import of timber from countries where the pine wood nematode occurs.