

HANNA KWAŚNA, WOJCIECH SZEWCZYK, JOLANTA BEHNKE-BOROWCZYK

Gatunki *Phytophthora* i *Pythium* w glebie i w korzeniach dębu szypułkowego na terenach popowodziowych w Nadleśnictwie Wołów*

Phytophthora and *Pythium* species in soils and in roots of the pedunculate oaks in periodically flooded areas in Wołów Forest District

ABSTRACT

Kwaśna H., Szewczyk W., Behnke-Borowczyk J. 2015. Gatunki *Phytophthora* i *Pythium* w glebie i w korzeniach dębu szypułkowego na terenach popowodziowych w Nadleśnictwie Wołów. Sylwan 159 (7): 531-539.

Phytophthora and *Pythium* species (*Oomycota*) are known to be serious pathogens of forest trees. Little is known, however, about their presence in Polish oak forests and their role in the oak decline, especially in the flooded areas. The aim of this study was (1) to detect and compare populations of microorganisms from *Oomycota* and fungi in roots and soil of healthy and declining pedunculate 30-126 years old oak stands, which had been flooded by the Odra River for three months in 1997 and one month in 2010, (2) to demonstrate the relationship between different chemical factors of soil and the occurrence of microorganisms, and (3) to assess the contribution of *Oomycota* to oak decline. Study was carried out in Wołów Forest District (south-western Poland). Microorganisms were isolated from fine (1-5 mm in diameter) roots and non-rhizosphere soil collected from 0-50 cm horizon. Isolation procedure from roots included surface sterilization and plating the root segments on the nutrient agar. An oak leaf baiting method was used for isolation of *Oomycota* from soil. Identification of microorganisms was based on morphology and sequencing of the ITS1/2 rDNA. *Oomycota* was represented by: *Globisporangium*, *Phytophthora* and *Pythium* and fungi mostly by: *Aspergillus*, *Chaetosphaeria*, *Cylindrocarpon*, *Mortierella*, *Mucor*, *Penicillium*, *Trichoderma* and *Umbelopsis*. *Globisporangium attrantheridium* (syn. *Pythium attrantheridium*) occurred locally and was found in roots of only one flooded oak. This is the first record of this species on oak and in Poland. *G. intermedium*, *P. gibbosa*/*P. gregata*, *P. plurivora* and *Pythium* sp. were found in soil of flooded and non-flooded (control) oak stands. The organisms occurred in podzolized brown soils, brown alluvial soils and gley soils that had most nitrogen (21-60 mg/kg), various amounts of calcium (61.1-347.6 mg/100g) and moderate acidity (pH=3.85-4.2). There was often a significant association between exposure to flood and the health status of oak trees assessed by the scale of defoliation. *Oomycota* seemed to be only moderately associated with increased tree defoliation as a symptom of oak decline.

KEY WORDS

pedunculate oak, fungi, *Globisporangium*, *Oomycota*, flood, *Phytophthora*, *Pythium*

ADDRESSES

Hanna Kwaśna – e-mail: kwasna@up.poznan.pl

Wojciech Szewczyk – e-mail: wszew@up.poznan.pl

Jolanta Behnke- Borowczyk – e-mail: jbehnke@up.poznan.pl

*Praca stanowi część badań realizowanych w ramach tematu finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki nr NN309712140.

Wstęp

Zamieranie dębów to choroba występująca w wielu rejonach świata, również w Polsce [Oleksyn, Przybył 1987; Oszako 2000; Rizzo i in. 2002]. Powodowana jest przez zespół czynników niekorzystnych dla drzew; najczęściej przez okresowe niesprzyjające warunki klimatyczne (globalne ocieplenie, susze), powódzie, niski poziom wód gruntowych, uszkodzenia przez owady i porażenie przez grzyby. Objawy obejmują przerzedzenie korony, zamieranie gałęzi, wilgotne plamy i przebarwienia na pniach i w drewnie. W Polsce choroba występuje na powierzchni 2752 ha [Małecka 2013], głównie w południowej i zachodniej części kraju. Obecność mikroorganizmów z gromady *Oomycota* (*Globisporangium*, *Phytophthora*, *Pythium*) w korzeniach i glebie może odgrywać znaczną rolę w przebiegu choroby. Mogą one powodować uszkodzenia korzeni cienkich i zakłócenie gospodarki wodnej, przyczyniając się do defoliacji i zamierania koron. Porażają nawet do 90% korzeni, kolonizując korę i drewno [Tsao 1990].

Na świecie znanych jest wiele gatunków *Phytophthora* zagrażających lokalnym drzewostanom leśnym. Dla dębów patogeniczne okazały się przede wszystkim *P. alni* Brasier & S.A. Kirk, *P. cambivora* (Petri) Buisman, *P. cinnamomi* Rands, *P. citricola* Sawada, *P. cryptogea* Pethybr. & Laff., *P. gonapodyides* (Petersen) Buisman, *P. kernoviae* Brasier, Beales & S.A. Kirk, *P. quercina* Jung, *P. pseudosyringae* T. Jung & Delatour, *P. plurivora* T. Jung & T.I. Burgess i *P. ramorum* Werres, De Cock & Man in't Veld. Izolowano je z korzeni i gleby dziewięciu gatunków dębu w Europie i Azji [Brasier i in. 1993; Jung i in. 1996, 1999, 2000, 2002, 2003a, b; Robin i in. 1998, 2001; Balci, Halmshlager 2003a, b; Jönsson 2004; Romero i in. 2007]. Najczęściej izolowany gatunek – *P. quercina* – wystąpił w czterech różnych strefach klimatycznych i na sześciu gatunkach dębu. Spośród przedstawicieli rodzaju *Pythium* patogeniczne dla dębów okazały się *P. anandrum* Drechsler i *P. spiculum* B. Paul (syn. *Globisporangium spiculum* (B. Paul) Uzuhashi, Tojo & Kakish.) [Romero i in. 2007; Akilli i in. 2013].

Dęby korzystają głównie z zasobów wód gruntowych, co powoduje słaby rozwój systemu korzeniowego w górnej warstwie gleby. Długotrwałe podwyższenie poziomu wody gruntowej, okresowa powódź i podtopienia prowadzą do redukcji korzeni, zmniejszonej penetracji gleby, a następnie do zamierania pojedynczych pędów, fragmentów koron lub całych koron. Stąd okresowy nadmiar wody, po którym następuje susza, są wyjątkowo niebezpieczne dla dębu. Obserwacje drzewostanów liściastych i doświadczenia infekcyjne na siewkach dębu pokazały, że uszkodzenie korzeni przez *Phytophthora* wzrasta zarówno po suszy, jak i po okresowym silnym nawilgoceniu [Marçais i in. 1993; Belisario i in. 1997; Robin i in. 2001; Sánchez i in. 2002; Jung i in. 2003a]. Zdaniem Maurel i in. [2001] efekt suszy związany z redukcją korzeni jest bardziej dotkliwy dla starszych dębów. Udział drzewostanów dębowych w Polsce wynosi prawie 7%, więc poznanie uwarunkowań zamierania dębów ma istotne znaczenie tak z naukowego, jak i praktycznego punktu widzenia.

Celem pracy była: (1) detekcja gatunków *Globisporangium*, *Phytophthora* i *Pythium* (*Oomycota*) w korzeniach i glebie dębu szypułkowego w Nadleśnictwie Wołów po powodzi wywołanej wodami Odry w latach 1997 i 2010, (2) analiza wpływu właściwości chemicznych gleby na występowanie *Oomycota*, i (3) analiza wpływu obecnych w korzeniach i glebie *Oomycota* na zamieranie dębów.

Materiał i metody

Powierzchnie doświadczalne z dębem szypułkowym (*Q. robur* L.) w wieku od 30 do 126 lat znajdowały się w Nadleśnictwie Wołów, w dolinie rzeki Odry (51,329°N, 16,629°E) w odległości 4-20 km od siebie. W latach 1997 i 2010 powierzchnie zostały zalane przez wody Odry (tab. 1). Gatunkiem panującym był dąb szypułkowy. Wykazywał objawy zamierania dębów. Gatunkami domieszkowymi były brzoza, lipa, olsza, świerk i wiąz. Zadrzewienie wynosiło 0,8-1,1. Zwarcie drzewostanów było umiarkowane do przerywanego. Zawartość składników pokarmowych w poziomie glebowym 0-50 cm prezentuje tabela 1. Okres wegetacyjny w dolinie Odry trwa 226 dni. Średnia roczna temperatura powietrza wynosi 8,2°C, a średni roczny opad 612 mm (dane z lat 2000-2010 ze Stacji Meteorologicznej Nadleśnictwa Wołów w Tarchalicach).

Materiał badawczy stanowiły korzenie cienkie (o średnicy 1-5 mm) pobrane losowo z głębokości 0,5 m, każdorazowo z trzech częściowo odkopanych, losowo wybranych drzew w leśnictwach Dębno, Stryjno i Tarchalice (2012) oraz gleba pobrana z głębokości 0,5 m, spod poziomych korzeni bocznych trzech drzew w leśnictwach Dębno, Garwól, Prawików, Stryjno i Tarchalice, w lipcu 2012 i ponownie w lipcu 2013. Korzenie płukano w strumieniu wody wodociągowej, powierzchniowo dezynfekowano w etanolu o stężeniu 96% (3 s) i NaOCl o stężeniu 1% (10 min), ponownie płukano (3×10 min) w sterylnej wodzie destylowanej, osuszano w temperaturze 25°C przez 1 godz., cięto na inokula długości 0,5 cm i wykładano na pożywkę kukurydzianą (CMA; Fluka, Nr kat. 42347, pH 6,0) z dodatkiem 10 µg/ml pimarycyny, 200 µg/ml ampicyliny, 10 µg/ml rifamycyny, 25 µg/ml PCNB i 50 µg/l hymexazolu (PARPH). Z każdej próby wykładano 18 inokulów.

Analizy chemiczne gleby wykonano w AgroEkspert® z Kościelca. Metodą Kjeldahla oznaczono N, NO₃ i NH₄, metodą Schachtschabela – K i Mg, metodą płomieniowej emisyjnej spektrometrii atomowej – Na i Ca, a metodą Egnera-Riehma – P₂O₅. Próbkę gleby zalewano wodą destylowaną. Na lustro wody, 4 cm nad górną powierzchnią gleby, wykładano młode liście dębu szypułkowego jako pułapki. Po 5-10 dniach inkubacji w temperaturze 25°C pobierano liście z nekrotycznymi plamami, płukano je w sterylnej wodzie destylowanej (3×10 min) i osuszano. Fragmenty nekrotyczne wycinano i dzielono na inokula, które wykładano na pożywkę CMA+PARPH. Wykładano 6-12 inokulów z próby. Wyroste kultury *Oomycota* lub grzybów przeszczepiano na sterylne podłoża. Kultury identyfikowano na podstawie morfologii na pożywce glukozowo-ziemniaczanej (PDA; 39 g/l Difco PDA, pH 5,5), agarze syntetycznym (SNA; 1 g/l KH₂PO₄, 1 g/l KNO₃, 0,5 g/l MgSO₄×7H₂O, 0,5 g/l KCl, 0,2 g/l glukoza, 0,2 g/l sacharoza, 20 g/l agar), agarze Czapka z ekstraktem drożdżowym (CYA; 30 g/l sacharoza, 5 g/l ekstrakt drożdżowy, 1 g/l KH₂PO₄, 10 ml/l koncentrat Czapka, 15 g/l agar) i 2-procentowym agarze maltozowym (MEA; 20 g/l ekstrakt maltozowy, 20 g/l glukoza, 1 g/l pepton, 20 g/l agar), posługując się kluczami mykologicznymi. *Oomycota* oraz reprezentatywne kultury grzybów identyfikowano metodą sekwencjonowania odcinka ITS1/2 rDNA ze starterami ITS1 (5' TCCGTAGGT-GAACCTGCGG 3'), ITS4 (5' TCCTCCGCTTATTGATATGC 3'), ITS5 (5' GGAAGTAA-AAGTCGTAACAAGG 3'), ITS 6 (5' GAAGGTGAAGTCGTAACAAGG 3') lub ewfitsrev 1 (5' TCCTCCGCTTATTGATATGCTT 3') [White i in. 1990]. Otrzymane sekwencje porównywano z sekwencjami referencyjnymi z bazy EMBL (European Molecular Biology Laboratory), posługując się programem BLAST.

W latach 2011-2013 wykonano ocenę defoliacji koron 25 oznakowanych drzew na każdej powierzchni. Ubytek aparatu asymilacyjnego wyrażono w procentach, z dokładnością do 10%, według Boreckiego i Keczyńskiego [1992]. Indywidualny (w przypadku pojedynczego drzewa

Tabela 1.

Czas stagnacji wody (t), typ gleby oraz zawartość [mg/kg] składników pokarmowych w poziomie 0-50 cm gleby badanych drzewostanów dębowych
Water stagnation time (t), soil type, and nutrient content [mg/kg] in 0-50 cm horizon of soils under analysed oak stands

Leśnictwo Forest Range	t	Gleba Soil	NO ₃	NH ₄	N	K	Mg	Na	Ca	P ₂ O ₅	pH _{H2O}
1	Prawików	A	Mbr	2,55	3,70	18,5	9,05	7,60	308,1	5,15	4,00
2	Prawików	A	Mbr	2,00	1,85	11,5	7,70	6,85	242,7	1,35	4,65
3	Garwól	C	OG	2,65	17,30	60,0	11,20	2,90	61,1	1,15	3,85
4	Tarchalice	A	Mbr	2,05	7,75	29,5	4,20	1,60	28,7	2,50	4,10
5	Dębno	A	Mbr	1,50	5,45	21,0	12,85	8,00	347,6	1,95	3,90
6	Dębno	A	Mbr	1,20	3,65	14,5	3,25	0,95	17,4	3,80	4,25
7	Prawików	A	Mbr	1,95	6,70	26,0	7,50	9,10	351,7	1,30	4,05
8	Tarchalice	B	Brw	0,90	7,65	25,5	3,85	11,10	67,4	1,35	4,20
9	Dębno	A	Mbr	1,15	5,10	18,5	17,65	6,85	208,0	2,95	4,00
10	Stryjno	C	OG	1,15	6,50	23,0	3,20	0,70	6,6	2,65	4,45
11	Tarchalice	B	Mbr								

A – 3 miesiące w 1997 roku, 1 miesiąc w 2010 roku, B – brak stagnacji wody, C – kontrola (poza obszarem powodzi), Brw – brunatna wiaściwa, Mbr – mała brunatna, OG – opadowo-glejowa
A – 3 months in 1997 and 1 month in 2010, B – no water stagnation, C – control (out of the flood range), Brw – Cambic, Mbr – Cambic Fluvisol, OG – Stagnic Albeluvisol

Tabela 2.

Liczba gatunków *Oomycota* i grzybów w glebie (G) i korzeniach cienkich (K) drzew szypułkowych na wybranych powierzchniach w Nadleśnictwie Wołów
Number of *Oomycota* and fungi in soil (G) and in fine roots (K) of pedunculate oaks in selected plots in Wołów Forest District

	1		4		5		8		11		10	
	G 2012	K 2012	G 2013	K 2013	G 2012	K 2012	G 2013	K 2012	G 2013	K 2012	G 2013	
<i>Acremonium</i> sp.												1,8 (1)
<i>Aspergillus flavus</i> Link + <i>A. kanagawaensis</i> Nohira + <i>A. niger</i> Tiegh. + <i>A. versicolor</i> (Vuill.) Tirab.					5,5 (1)	1,8 (1)		11,1 (3)				1,8 (1)
<i>Clonostachys candelabrum</i> (Bonord.) Schroets												3,7 (2)
<i>Chaetosphaeria vermicularioides</i> (Sacc. & Roum.) W. Gams & Hol.-Jech.					37,0 (2)			16,6 (1)				
<i>Cylindrocarpon didymum</i> (Harting) Wollenw.					44,4 (2)		30,0 (1)	66,6 (2)				44,4 (2)
<i>Globisporangium attrantheridium</i> (Allain-Boulé & Lévesque) Uzuhashi, Tojo & Kakish. (HQ64347-100%)*							3,7 (1)					

Tabela 2. ciąg dalszy

	1	4	5	8	11	3	10
	G 2012	K 2012	G 2013	K 2012	G 2013	K 2012	G 2013
<i>G. intermedium</i> (de Bary) Uzuhashi, Tojo & Kakish. (HQ643579-99%)						1	
<i>Ilyonectria radicata</i> (Gerlach & L. Nilsson) P. Chaverri & Salgado			1,8 (1)				5,5 (2)
<i>Mariannaea elegans</i> (Corda) Samson							
<i>Mortierella alpina</i> Peyronel + <i>M. elongata</i> Linnem. (GU446646-98%) + <i>M. exigua</i> Linnem. + <i>M. gamsii</i> Milko + <i>M. horticola</i> Linnem. (HQ630322-99%) + <i>M. hyalina</i> (Harz) W. Gams + <i>M. humilis</i> Linnem. ex W. Gams + <i>M. macrocystis</i> W. Gams (JQ272448-100%) + <i>M. parvispora</i> Linnem. (NR_077185-96%) + <i>M. pulchella</i> Linnem. (HQ630351-100%) + <i>M. verticillata</i> Linnem		11,1 (1)	2	56,9 (3)	4	2	3,7 (1)
<i>Mucor moelleri</i> (Vuill.) Lendin. + <i>Mucor</i> spp.			3,7 (1)				12,9 (2)
<i>Mycelium radicans-atrovirens</i> Melin							5,5 (1)
<i>Penicillium</i> spp.		4	100,0 (3)	6		11,1 (1)	5
<i>Pesticula radicata</i> (T. Kowalski & C. Barmik) P.R. Johnst.							48,1 (3)
<i>Phytophthora gibbosa</i> T. Jung, Stukely & T.I. Burgess/ <i>P. gregata</i> T. Jung, Stukely & T.I. Burgess (JQ730722/HQ012934-99%)				1			3,7 (1)
<i>Phytophthora plurivora</i> (JX989804-99%)							1
<i>Pythium</i> sp.							
<i>Sporothrix schenckii</i> var. <i>luriei</i> Ajello & Kaplan							46,2 (3)
<i>Trichoderma deliquescens</i> (Sopp) Jaklitsch + <i>T. atroviride</i> Karsten + <i>T. koningi</i> Oudem. (AF538622/ AF055219-99%) + <i>T. strictiple</i> Bissett + <i>T. strigosum</i> Bissett + <i>T. viride</i> Pers. + <i>Trichoderma</i> spp.	1	22,2 (2)	34,7 (3)	3		38,8 (3)	1
<i>Umbelopsis vinacea</i> (Dixon-Stew.) Arx							58,3 (2)
Niezarodnikujące (12 gatunków)			49,9 (3)				25,9 (3)
Non-sporulating (12 species)							
Liczba izolatów; Number of isolates		27	22		47		36
Liczba gatunków; Number of species		5	15		12		20
Średnia defoliacja w latach 2011-2013 [%]	44	50 ^b	25 ^a	34	51 ^c	25	41
Average defoliation in 2011-2013							13 ^a

* numer sekwencji referencyjnej w EMBL i stopień podobieństwa; ^{a,b,c} ta sama litera oznacza istotność różnicy (test χ^2 , p=0,05); numery powiększeni jak w tabeli 1
 * number of the reference sequence in EMBL and the percentage of similarity; ^{a,b,c} the same letter indicates significant difference according to χ^2 test at p=0,05; plot numbers according to table 1

z korzeniami zasiedlonymi przez *Oomycota*) lub średni (w przypadku gleby zasiedlonej przez *Oomycota*) procent defoliacji koron drzew porównywano z kontrolą testem zgodności χ^2 przy $p=0,05$.

Wyniki

Na powierzchniach zalewanych i niezalewanych (kontrolnych) przez wody Odry w latach 1997 i 2010 stwierdzono występowanie pięciu gatunków *Oomycota* (tab. 2). *Globisporangium attrantheridium* wystąpił lokalnie, tylko na korzeniach jednego z trzech badanych dębów zalewanych w leśnictwie Dębno. *Globisporangium intermedium* i *P. plurivora* wyizolowano z gleby dębów niezalewanych (kontrolnych) w leśnictwie Garwól. *Phytophthora gibbosa*/*P. gregata* była obecna w glebie powierzchni zalewanych w leśnictwie Tarchalice i korzeniach dębu niezalewanego w leśnictwie Stryjno. *Pythium* sp. wystąpiło tylko w glebie powierzchni zalewanych w leśnictwie Tarchalice. Wymienionym *Oomycota* towarzyszyły grzyby głównie z rodzajów *Aspergillus*, *Chaetosphaeria*, *Cylindrocarpon*, *Mortierella*, *Mucor*, *Penicillium*, *Trichoderma* i *Umbelopsis*. Z gleb pobranych w leśnictwach Dębno (pow. 6, 9), Garwól (pow. 3), Prawików (pow. 1, 2, 7) i Tarchalice (pow. 8) w 2013 roku izolowano tylko gatunki *Penicillium*. Liczba gatunków mikroorganizmów była niższa w/na korzeniach dębów okresowo zalewanych. Dęby z korzeniami lub glebą kolonizowaną przez *Oomycota* wykazywały umiarkowane do silnych objawy zamierania dębów (tab. 3). Defoliacja w latach 2011-2013 wynosiła średnio (13-) 25-51% (tab. 2). Stopień defoliacji na powierzchniach wolnych od *Oomycota* był podobny, np. na powierzchni 2 wynosił 31-61%, na powierzchni 6 42-50%, na powierzchni 7 27-36%, a na powierzchni 9 9-46%.

Dyskusja

Globisporangium, *Phytophthora* i *Pythium* były stwierdzane lokalnie, w korzeniach i glebie dębu szypułkowego zalewanego i niezalewanego w przeszłości przez wody powodziowe w Nadleśnictwie Wołów. Stwierdzenie ich obecności jest istotne, ponieważ przedstawiciele tych rodzajów posiadają pierwszoplanowe znaczenie dla kondycji europejskich lasów dębowych. Związek między obecnością w korzeniach dębów *Phytophthora* spp. i zamieraniem dębów w centralnej i wschodniej Europie stwierdzili Jung i in. [1996, 1999, 2000, 2002, 2003a, b], Balci i Halmschlager [2003a, b] oraz Jankowiak i in. [2014]. Silne zniszczenie korzeni dębu szypułkowego przez *P. quercina* w warunkach przemiennej suszy i podtopienia wykazali Jung i in. [2003a].

Prezentowana praca poszerza spektrum gatunków *Globisporangium* stwierdzanych na korzeniach dębu o *G. attrantheridium* (syn. *Pythium attrantheridium* Allain-Boulé & Lévesque) wyizolowany z terenu Leśnictwa Dębno. Gatunek ten został niedawno opisany jako nowy przez Allain-Boulé i in. [2004]. Niniejsze doniesienie jest pierwszym na temat jego obecności w Polsce i na dębie. Dotychczas gatunek ten był izolowany z marchwi z objawami plamistości i nekroz, ze słabo przyjmujących się sadzonek jabłoni i wiśni oraz z gleb ciepłych i wilgotnych w USA i Kanadzie.

Pozostałe stwierdzone *Oomycota* należą do powszechnie występujących także w naszych lasach. *Globisporangium intermedium* (de Bary) Uzuhashi, Tojo & Kakish. (syn. *Pythium intermedium* de Bary) jest znanym saprotrofem i patogenem. Może powodować zgorzel siewek, zgniliznę korzeni i zgorzel podstawy pędu gatunków iglastych i liściastych, zwłaszcza na glebach umiarkowanie ciepłych i wilgotnych [Domsch i in. 1980]. *Phytophthora gibbosa*, *P. gregata* i *P. plurivora* znajdowano w korzeniach i glebie chorujących drzewostanów olszowych, dębowych i orzechowych, zwłaszcza w warunkach wilgotnych [Belisario i in. 2006; Szabó i in. 2013; Jankowiak i in. 2014]. Mogą występować w glebach hydromorficznych, tworzących się w warunkach trwałego lub okresowego nadmiernego uwilgotnienia. *Phytophthora plurivora* jest izolowana częściej z gleby niż z korzeni [Jung i in. 1996; Szabó i in. 2013]. Badania Jankowiaka i in. [2014]

podkreślają wyraźny związek między obecnością *P. plurivora* i pogorszeniem kondycji dębu szypułkowego w Polsce. Gatunek ten należy do nielicznych, które zabijają całą roślinę w wyniku wywoływania rozległych nekroz na pędzie głównym. Gatunki *Pythium* znajdowane są w różnych glebach [Domsch i in. 1980] i często powodują zgniliznę korzeni.

Zagrożenie ze strony większości gatunków *Phytophthora* wzrasta na glebach płytkich i suchych, o nieregulowanych stosunkach wodnych [Balcì, Halmschlager 2003a]. Większość z tych organizmów jest w stanie przetrwać długotrwałą suszę, inne natomiast występują w miejscach kumulacji wody. Obecność *G. atrantheridium* w madzie brunatnej (leśnictwo Dębno) narażonej na okresowe wylewy rzeki sugeruje wysokie wymagania wilgotnościowe gatunku. Preferencje *Oomycota* do środowisk wilgotnych są związane z ich trybem życia. Często są to gatunki saprotroficzne, a patogeniczne tylko w sytuacji obniżonej odporności rośliny [Brasier i in. 1993]. Przedstawiciele *Globisporangium*, *Phytophthora* i *Pythium* spp. wystąpili wprawdzie nieliczne, ale na stonkowo dużym obszarze, na terenach odległych nawet o 4-20 km. Gleby, w których stwierdzono ich obecność, cechowała podwyższona zawartość azotu (21-60 mg/kg), różna zawartość wapnia (61,1-347,6 mg/100g) i umiarkowanie kwaśny odczyn (pH 3,85-4,2). Podwyższona zawartość azotu w glebie może zwiększać podatność drzew na infekcję w wyniku stymulacji wzrostu korzeni, wzrostu ich wilgotności i deformacji [Ukthede, Smith 1995]. Efekt może zależeć od gatunku drzewa. Azot nie wpływa na wzrost i rozwój samego organizmu *Phytophthora* [Kelly i in. 2013]. *Phytophthora* generalnie preferuje gleby o większej zawartości wapnia i odczynie w granicach 3,6 [Jönsson 2004; Jankowiak i in. 2014].

Globisporangium atrantheridium w korzeniach towarzyszyło 15 gatunków grzybów. Były to najczęściej gatunki saprotroficzne, rzadko patogeniczne (jak *C. didymum*). Tylko korzenie słabiej zasiedlone przez grzyby były kolonizowane przez *G. atrantheridium*. Preferencje *Oomycota* do korzeni zdrowych i nieskolonizowanych były wcześniej obserwowane przez Tsao [1990] i Jönsson [2004].

Rzadko udaje się skorelować stan korony drzew z obecnością *Phytophthora* w korzeniach i glebie [Robin i in. 1998; Camy i in. 2003]. Dęby kolonizowane lub rosnące w obecności *Oomycota* w Nadleśnictwie Wołów wykazywały umiarkowane do silnych objawy zamierania. Średnia defoliacja koron po 14-16 latach od pierwszego podtopienia wynosiła 25-51% i była tylko trochę wyższa od defoliacji dębów niekolonizowanych (13-50%). Obecność *Oomycota* zatem tylko w niewielkim stopniu przyczyniła się do pogorszenia kondycji drzew. U dębów kolonizowanych i niekolonizowanych obserwowano wyższe tempo defoliacji w latach późniejszych (po 15-16 latach), co wynika z wieku drzewostanów (71-126 lat). Tsao [1990] i Jönsson [2004] podają, że u starszych drzew korzenie zamierają wolniej. W międzyczasie funkcjonują dodatkowe korzenie tworzone w wyniku zdolności wykształconych ewolucyjnie pod wpływem nieustannych stresów [Jönsson 2004].

Podsumowanie

Globisporangium atrantheridium (syn. *Pythium atrantheridium*) wystąpił lokalnie na korzeniach dębu na terenach popowodziowych w Nadleśnictwie Wołów. *Globisporangium intermedium*, *Phytophthora gibbosa*/P. *gregata*, *P. plurivora* i *Pythium* sp. wystąpiły w glebie oraz w korzeniach dębów zalewanych i niezalewanych. Gleby zasiedlane przez *Oomycota* posiadały podwyższoną zawartość azotu, umiarkowaną zawartość wapnia i umiarkowaną kwasowość. Stwierdzono zależność między ekspozycją na powódź i zdrowotnością dębów mierzoną defoliacją koron. Niewielka populacja *Oomycota* w korzeniach i glebie raczej nie wpłynęła na pogorszenie się zdrowotności dębu w Nadleśnictwie Wołów.

Literatura

- Akilli S., Ulubaş-Serçe Ç., Katircioğlu Y. Z., Maden S. 2013. Does *Pythium anandrum* contribute to the dieback of sessile oak (*Quercus petraea*) in Turkey? Forest Pathology 43: 505-508.
- Allain-Boulé N., Tweddell R., Mazzola M., Bélanger R., Lévesque C. A. 2004. *Pythium attrantheridium* sp. nov.: taxonomy and comparison with related species. Mycological Research 108: 795-805.
- Balçı Y., Halmşchlager E. 2003a. *Phytophthora* species in oak ecosystems in Turkey and their association with declining oak trees. Plant Pathology 52: 694-700.
- Balçı Y., Halmşchlager E. 2003b. Incidence of *Phytophthora* species in oak forests in Austria and their possible involvement in oak decline. Forest Pathology 33: 157-74.
- Belisario A., Cacciola O., Magnano di San Lio G. 1997. *Phytophthora cactorum* on walnut seedlings in Italian nurseries. European Journal of Forest Pathology 27: 137-146.
- Belisario A., Maccaroni M., Vettraino A. M., Valier A., Vannini A. 2006. *Phytophthora* species associated with decline and death of English walnut in Italy and France. Acta Horticulturae 705: 401-407.
- Borecki T., Keczyński A. 1992. Atlas ubytku aparatu asymilacyjnego drzew leśnych. Agencja ATUT, Warszawa.
- Brasier C. M., Robredo F., Ferraz J. F. P. 1993. Evidence for *Phytophthora cinnamomi* involvement in Iberian oak decline. Plant Pathology 42: 140-5.
- Camy C., Delatour C., Marçais B. 2003. Relationships between soil factors, *Quercus robur* health, *Collybia fusipes* root infection and *Phytophthora* presence. Annals of Forest Science 60: 419-426.
- Domsch K. H., Gams W., Anderson Traute-Heidi. 1980. Compendium of Soil Fungi. Academic Press.
- Jankowiak R., Stępniewska H., Bilański P., Kolařík M. 2014. Occurrence of *Phytophthora plurivora* and other *Phytophthora* species in oak forests of southern Poland and their association with site conditions and the health status of trees. Folia Microbiologica (Praha) 59 (6): 531-42.
- Jönsson U. 2004. *Phytophthora* and oak decline – impact on seedlings and mature trees in forest soils. PhD Thesis-introductory. Lund, Sweden. 1-44.
- Jung T., Blaschke H., Neumann P. 1996. Isolation, identification and pathogenicity of *Phytophthora* species from declining oak stands. European Journal of Forest Pathology 26: 253-72.
- Jung T., Blaschke H., Oßwald W. 2000. Involvement of soilborne *Phytophthora* species in Central European oak decline and the effect of site factors on the disease. Plant Pathology 49: 706-18.
- Jung T., Blaschke H., Oßwald W. 2003a. Effect of environmental constraints on *Phytophthora*-mediated oak decline in central Europe. W: McComb J. A., Hardy G. E., Tommerup I. [red.]. *Phytophthora* in forests and natural ecosystems. Proceedings of the Second International Meeting of IUFRO Working Party 7.02.09, 2001. Albany, Western Australia. Murdoch University Print. 89-98.
- Jung T., Cooke D. E. L., Blaschke H., Duncan J. M., Osswald W. 1999. *Phytophthora quercina* sp. nov., causing root rot of European oaks. Mycological Research 103: 785-798.
- Jung T., Hansen E. M., Winton L., Osswald W., Delatour C. 2002. Three new species of *Phytophthora* from European oak forests. Mycological Research 106: 397-411.
- Jung T., Nechwatal J., Cooke D. E. L., Hartmann G., Blaschke M., Osswald W. F., Duncan J. M., Delatour C. 2003b. *Phytophthora pseudosyringae* sp. nov., a new species causing root and collar rot of deciduous tree species in Europe. Mycological Research 107: 772-789.
- Kelly S., Guest D., Daniel R. 2013. Elevated soil nitrogen increases the severity of dieback due to *Phytophthora cinnamomi*. Australasian Plant Pathology 42:155-162.
- Malecka M. 2013. Choroby korzeni. W: Krótkoterminowa prognoza występowania ważniejszych szkodników i chorób infekcyjnych drzew leśnych w Polsce w 2014 roku. Instytut Badawczy Leśnictwa. Analizy i Raporty 22: 144-146.
- Marçais B., Dupuis F., Desprez-Loustau M. L. 1993. Influence of water stress on susceptibility of red oak (*Quercus rubra*) to *Phytophthora cinnamomi*. European Journal of Forest Pathology 23: 295-305.
- Maurel M., Robin C., Capron G., Desprez-Loustau M. L. 2001. Effects of root damage associated with *Phytophthora cinnamomi* on water relations, biomass accumulations, mineral nutrition and vulnerability to water deficit of five oak and chestnut species. Forest Pathology 31: 353-369.
- Oleksyn J., Przybył K. 1987. Oak decline in the Soviet Union. Scale and hypotheses. European Journal of Forest Pathology 17: 321-336.
- Oszako T. 2000. Oak declines in Europe's forest – history, causes and hypothesis. W: Oszako T., Delatour C. [red.]. Recent advances on oak health in Europe. Warsaw, Poland: Forest Research Institute. 11-40.
- Rizzo D. M., Garbelotto M., Davidson J. M., Sloughter G. W., Koike S. T. 2002. *Phytophthora ramorum* as the cause of extensive mortality of *Quercus* spp. & *Lithocarpus densiflorus* in California. Plant Disease 86: 205-214.
- Robin C., Capron G., Desprez-Loustau M. L. 2001. Root infection by *Phytophthora cinnamomi* in seedlings of three oak species. Plant Pathology 50: 708-716.
- Robin C., Desprez-Loustau M. L., Capron G., Delatour C. 1998. First record of *Phytophthora cinnamomi* on cork and holm oaks in France and evidence of pathogenicity. Annals of Forest Science 55: 869-883.

- Romero M. A., Sanchez J. E., Jimenez J. J., Belbahri L., Trapero A., Lefort F., Sanchez M. E. 2007. New *Pythium* taxa causing root rot on Mediterranean *Quercus* Species in south-west Spain and Portugal. Journal of Phytopathology 155: 289-295.
- Sánchez M. E., Caetano P., Ferraz J., Trapero A. 2002. *Phytophthora* disease of *Quercus ilex* in south-western Spain. Forest Pathology 32: 5-18.
- Szabó I., Lakatos F., Sipos G. 2013. Occurrence of soilborne *Phytophthora* species in declining broadleaf forests in Hungary. European Journal of Plant Pathology 137:159-168.
- Tsao P. H. 1990. Why many *Phytophthora* root rots and crown rots of tree and horticultural crops remain undetected. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin 20. 11-17.
- Ukthede R. S., Smith E. M. 1995. Effect of nitrogen form and application method on incidence and severity of *Phytophthora* crown and root rot of apple trees. European Journal of Plant Pathology 101: 283-289
- White T. J., Bruns T., Lee S., Taylor J. W. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. W: Innis M. A., Gelfand D. H., Sninsky J. J., White T. J. [red.]. PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications. Academic Press. Inc. New York. 315-322.