

## Występowanie *Erysiphe alphitoides* w drzewostanach dębowych dotkniętych klęską powodzi\*

Occurrence of *Erysiphe alphitoides* in oak stands affected by flood disaster

Wojciech Szewczyk<sup>1\*\*</sup>, Robert Kuźmiński<sup>2</sup>, Małgorzata Mańka<sup>1</sup>, Hanna Kwaśna<sup>1</sup>,  
Piotr Łakomy<sup>1</sup>, Marlena Baranowska-Wasilewska<sup>1</sup>, Jolanta Behnke-Borowczyk<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Katedra Fitopatologii Leśnej, ul. Wojska Polskiego 71c, 60-625 Poznań;

<sup>2</sup> Katedra Entomologii Leśnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 71c, 60-625 Poznań

\*\* Tel. +48 61 8487713, e-mail: wszew@up.poznan.pl

**Abstract.** Pedunculate oak (*Quercus robur* L.) is the most valuable deciduous tree species in Poland. For almost 30 years, an oak decline resulting from stress factors leading to a decrease of tree vitality in the long-term has been observed.

The aim of the present study was to determine the proportion of leaves infected by the fungus *Erysiphe alphitoides*, the cause of powdery mildew, in post-flood oak stands situated in the Forest District Wołów (51°32'N, 16°62'E) as well as to evaluate effects of powdery mildew with respect to the oak decline.

In order to record the powdery mildew incidence, we selected three trees in each of the ten investigated oak stands, and 200 leaves were collected from the upper part of the crowns. The percentage of infected leaves as well as the reduction of carbon assimilation capacity was assessed. Furthermore, we evaluated the average reduction of carbon assimilation capacity and the percentage of withering branch tips in 25 adjacent trees.

Incidences of powdery mildew were observed in seven out of the ten stands. The maximum tree damage did not exceed 22% leaf infection and mean defoliation within the study areas ranged from 18% to 61.4%. Non-withering branch tips were observed in one post-flood area as well as in one area situated outside the flooded region. Within the remaining areas studied, the average proportion of withering branch tips ranged from 0.4% to 13.8%.

Statistical analyses showed that differences between the investigated stands with regard to the rate of powdery mildew occurrence were not significant. Correlating the means, however, revealed a relationship between powdery mildew incidence and branch tip withering. This relationship is a possible indication of the ongoing oak dieback. No statistically significant relationship between tree defoliation and powdery mildew incidence was found. The lack of statistical significance, as observed here, implies that water stagnation within the investigated stands had no effect on *Erysiphe alphitoides* infection.

**Keywords:** defoliation, branch tip withering, oak decline, Forest District Wołów

\*Tezy zawarte w niniejszym artykule zostały zaprezentowane na konferencji ekonomiczno-leśnej „Ekonomiczne problemy realizacji wielofunkcyjnej gospodarki leśnej w Polsce” – Kołobrzeg, 4–6 grudnia 2013 r.

### 1. Wstęp

Dąb szypułkowy (*Quercus robur* L.) to najcenniejszy pod względem gospodarczym i przyrodniczym liściasty gatunek lasotwórczy w Polsce. Drzewostany dębowe zajmują ok. 6% ogólnej powierzchni leśnej kraju (Ceitel 2006). Od blisko 30 lat w całej Polsce obserwujemy masowe zamieranie drzewostanów dębowych (Przybył 1995; Oszako 2007; Szewczyk et al. 2012). Naukowcy udowadniają, że kompleks chorobowy,

jakim jest zamieranie drzew, to wynik długotrwałego procesu, który prowadzi do zmniejszenia żywotności dębów wskutek działania czynników stresowych zwiększających podatność drzewa na działalność czynników biotycznych (Oszako 2007).

Nadleśnictwo Wołów od 1997 roku doświadcza skutków powodzi, która dotknęła 4075 ha lasów. W 2010 roku tereny w tym Nadleśnictwie ponownie zostały podtopione. Zalane zostały drzewostany dębowe, w których stale występują objawy zamierania.

Wpłynęło: 26.08.2014 r., recenzowano: 29.09.2014 r., zaakceptowano: 9.10.2014 r.

Jednym z wielu gatunków grzybów zaliczanych do odpowiedzialnych za pogarszanie się kondycji dębów jest *Erysiphe alphitoides* (Griffon & Maubl.) U. Braun & S. Takam – sprawca choroby aparatu asymilacyjnego dębów. Poraża drzewa należące do wszystkich klas wieku. Zainfekowane blaszki liściowe przedwcześnie zamierają i opadają, dęby zmniejszają swój przyrost, są osłabione, przez co łatwiej ulegają innym chorobom, np. opieńkowej zgniliznie korzeni powodowanej przez grzyby rodzaju *Armillaria*. Porażone dęby zwykle nie osiągają odpowiednio wcześnie tzw. dojrzałości zimowej, co czyni je bardziej podatnymi na szkodliwe działanie przymrozków wczesnych. Występowaniu choroby sprzyjają również wahania poziomu wód gruntowych (Mańka 2005).

Celem pracy było określenie udziału liści dębów porażonych przez *Erysiphe alphitoides* w drzewostanach popowodziowych w Nadleśnictwie Wołów oraz określenie wpływu mączniaka na występowanie symptomów zamierania.

## 2. Metodyka

Powierzchnie obserwacyjne zlokalizowano w drzewostanach dębowych Nadleśnictwa Wołów (51°32'N 16°62'E)

w dolinie rzeki Odry. Okres wegetacyjny trwa tu 226 dni, średnia temperatura roczna wynosi +8,2°C, a przeciętna suma opadów 612 mm. Dla celów badawczych wybrano 10 drzewostanów, które były zalane wodą podczas powodzi w 1997 i 2010 roku. Charakterystykę powierzchni zawiera tabela 1 (Plan Urządzania Lasu dla Nadleśnictwa Wołów 2005). W celu określenia występowania mączniaka na blaszkach liściowych w wybranych drzewostanach wytypowano po 3 drzewa, z których pobrano 200 liści z górnej części korony, najbardziej poddanej wpływowi światła słonecznego. Następnie, na podstawie obecności objawów etiologicznych *E. alphitoides*, określono procentowy udział liści porażonych. Dokonano oceny ubytku aparatu asymilacyjnego drzew, z których pobrano liście. Dla 25 drzew okalających ustalono średni ubytek aparatu asymilacyjnego opracowanym przez Boreckiego i Keczyńskiego (1992) oraz określono procentowy udział usychających wierzchołków gałęzi.

Policzono wartość średnią mierzonych parametrów oraz błąd standardowy (SE). Przed zastosowaniem analizy wariancji, dane transformowano za pomocą funkcji:  $z = \log_{10}(y+1)$

**Tabela 1. Charakterystyka powierzchni badawczych**

Table 1. Characteristics of study areas

Numer powierzchni Study area number	Gatunek panujący Dominant species	Siedlisko- wy typ lasu Forest site type	Po- wierzchnia (ha) Area (ha)	Zwarcie Canopy density	Zadrzewienie Growing stock	Bonitacja Soil class	Wiek Age	Charakter powierzchni Area type
1	Db	Lł	11,08	umiarkowane moderate canopy closure	0,8	II	71	popowodziowy post-flood
2	8Db 2Lp	Lł	20,58	umiarkowane moderate canopy closure	1,1	II	81	popowodziowy post-flood
3	4Db 2Db 2Ol 1Brz	Lw	3,69	umiarkowane moderate canopy closure	1,0	II I II II	85	poza obszarem powodzi outside flood area
4	Db	Lł	7,60	przerywane broken canopy closure	0,8	II	96	popowodziowy post-flood
5	9Db 1Lp	Lł	3,92	umiarkowane moderate canopy closure	1	I	81	popowodziowy post-flood
6	Db	Lł	2,50	przerywane broken canopy closure	0,8	III	126/86	popowodziowy post-flood
7	7Db 3Lp	Lł	2,90	umiarkowane moderate canopy closure	0,9	II	101 56	popowodziowy post-flood
8	5Db 5Lp	Lśw	1,37	przerywane broken canopy closure	1,1	II	91	popowodziowy post-flood
9	8Db 2Lp	Lł	1,68	umiarkowane moderate canopy closure	0,9	I	86	popowodziowy post-flood
10	9Db 1Św	Lśw	5,32	umiarkowane moderate canopy closure	0,8	II	101	poza obszarem powodzi outside flood area

**Objaśnienia / Explanations:** Lśw – las świeży / fresh hardwood forest, Lw – las wilgotny / moist hardwood forest, Lł – las łęgowy / flood plain forest, Db / oak, Lp / linden, Ol / alder, Brz / birch, Św / spruce

lub, w przypadku wartości procentowych ( $p$ ), stosowano transformację Blissa.

Ocenę wpływu lokalizacji powierzchni na badane cechy wykonano na podstawie jednoczynnikowej analizy wariancji. Wykorzystano następujący model statystyczny:

$$y_{ij} = \mu + a_i + e_{ij}$$

gdzie:

$y_{ij}$  – wartość cechy  $j$ -tej na powierzchni o  $i$ -tej lokalizacji,

$\mu$  – średnia wartość obserwowanej cechy,

$a_i$  – efekt  $i$ -tej lokalizacji,

$e_{ij}$  – efekt błędu.

W przypadku, gdy wynik analizy wariancji był pozytywny, tzn. udowodniono wpływ lokalizacji danej powierzchni na wielkość badanej cechy, wykonywano wielokrotny test rozstępu Duncana, wykrywający istotne różnice pomiędzy lokalizacjami. Jako miarę współzależności między średnimi cechami dla poletek zastosowano korelację rang Spearmana ( $\rho$  Spearmana, rho Spearmana).

### 3. Wyniki

Mączniaka prawdziwego dębu stwierdzono w 7 z 10 badanych drzewostanów. Na powierzchni 1 na wszystkich drze-

wach poddanych analizie było porażonych od 3 do 12% liści. W pozostałych lokalizacjach, gdzie stwierdzono występowanie choroby, objawy porażenia występowały najczęściej na dwóch drzewach spośród trzech badanych. Maksymalne porażenie drzew nie przekraczało 22% liści. Ocena ubytku aparatu asymilacyjnego wykazała, że stopień defoliacji drzew był różny na poszczególnych powierzchniach i wynosił od 18 do 61,4%. Na powierzchniach 4 i 10 nie stwierdzono usychających wierzchołków gałęzi. Na pozostałych powierzchniach średni udział procentowy usychających wierzchołków gałęzi wynosił od 0,4% do 13,8%. Wykonana analiza wariancji wykazała istotne różnice między powierzchniami dla defoliacji i usychających wierzchołków, ale różnice w nasileniu występowaniu mączniaka między poszczególnymi powierzchniami nie były istotne (tab. 2), trudno, więc dopatrywać się związku między występowaniem tej choroby w drzewostanach a powodzią (tab. 3). Korelacja między średnimi dowiodła istnienia zależności między występowaniem mączniaka i usychaniem wierzchołków gałęzi. Na powierzchniach, gdzie stwierdzono więcej uschniętych wierzchołków gałęzi, nasilenie występowania mączniaka było większe, co potwierdza wysoka, dodatnia, wartość współczynnika rho (0,7165) oraz poziom istotności 0,0197 ( $<0,05$ ). Z kolei analizując zależność między defoliacją drzew i występowaniem mączniaka

**Tabela 2. Wyniki analizy wariancji dla badanych cech korony**

Table 2. ANOVA results on crown features observed

Defoliacja (%) Defoliation (%)		Usychające wierzchołki gałęzi (%) Withering branch tips (%)		Liście porażone mączniakiem (%) Leaves infected by powdery mildew (%)	
<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
19,14	0,0000	16,77	0,0000	1,74	0,1444

**Tabela 3. Średnie i wyniki testu wielokrotnych porównań dla badanych cech korony**

Table 3. Means and multiple comparison test results on crown features studied

Numer powierzchni Study area number	Defoliacja (%) Defoliation (%)		Usychające wierzchołki gałęzi (%) Withering branch tips (%)		Liście porażone mączniakiem (%) Leaves infected by powdery mildew (%)	
	$\bar{x}$	SE	$\bar{x}$	SE	$\bar{x}$	SE
1	55,00 ab	4,23	13,80 a	5,12	7,00 NS	2,65
2	61,40 b	3,78	5,60 b	0,97	0,67 NS	0,67
3	52,00 abc	3,37	7,60 ab	1,48	5,00 NS	5,00
4	50,40 acd	3,03	0,00 c	0,00	0,00 NS	0,00
5	18,00 e	3,10	7,68 ab	1,70	9,33 NS	4,98
6	42,00 cdf	4,12	16,00 d	1,63	3,67 NS	2,73
7	35,60 f	2,40	1,20 c	0,66	0,67 NS	0,33
8	58,80 ab	4,01	0,40 c	0,10	0,00 NS	0,00
9	18,60 e	2,91	5,40 b	1,15	9,67 NS	6,49
10	38,80 df	2,60	0,00 c	0,00	0,00 NS	0,00

**Objaśnienia / Explanations:** a, b, c ... liczby w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie / numbers in columns marked with same letter do not significantly differ, NS – brak istotności wpływu / not significant effect, SE – błąd standardowy / standard error

stwierdzono ujemną korelację ( $\rho$  -0,4185). Wyniki obserwacji zawiera tabela nr 4.

#### 4. Dyskusja

Mączniak prawdziwy dębu powodowany przez *E. alphitoides* jest jedną z najczęstszych chorób dębu szypułkowego w Europie (Mańka 2005; Hajji et al. 2009). Obecność tego patogenu jest powszechnie uważana za mniej szkodliwą dla drzew dojrzałych niż dla młodszych. Choroba ta może mieć duże znaczenie dla życia drzewa, ponieważ w połączeniu z występowaniem innych

czynników, takich jak defoliacja powodowana przez owady, może przyczynić się do jego śmierci (Delatour 1983; Thomas et al. 2002; Marçais et Breda 2006; Hajji et al. 2009). Wydaje się, że w ostatnich latach mączniak przyczynił się również do wystąpienia zjawiska zamierania dębów w północno-zachodnich Niemczech (Thomas et al. 2002). Mączniak wymieniany jest, obok owadów, jako główny czynnik defoliacji dębów. Od momentu pojawienia się choroby powodowanej przez ten grzyb, może upłynąć 5–10 lat, zanim dojdzie do zatrzymania jej rozwoju i powolnego ustępowania, czasem może dojść do wyzdrowienia (Denman et al. 2010).

**Tabela 4. Badane parametry drzew**

Table 4. Tree parameters studied

Numer powierzchni Study area number	Drzewa wytypowane Selected trees				Średnia dla całej powierzchni na podstawie 25 drzew Mean per studied area based on 25 trees	
	nr drzewa tree number	liście porażone mączniakiem (%) leaves infected by powdery mildew (%)	defoliacja (%) defoliation (%)	usychające wierz- cholki gałęzi (%) withering branch tips (%)	defoliacja (%) defoliation (%)	usychające wierzcholki gałęzi (%) withering branch tips (%)
1	1	12	50	5	55	13,8
	2	3	90	100		
	3	6	25	25		
2	1	0	40	0	61,4	5,6
	2	0	80	0		
	3	2	60	10		
3	1	0	30	0	52	7,6
	2	0	60	5		
	3	15	80	20		
4	1	0	80	0	50,4	0
	2	0	60	0		
	3	0	70	0		
5	1	17	50	10	18	7,68
	2	0	30	15		
	3	11	0	20		
6	1	9	30	20	42	16
	2	2	40	20		
	3	0	60	20		
7	1	1	50	0	35,6	1,2
	2	0	10	0		
	3	1	30	0		
8	1	0	80	0	58,8	0,4
	2	0	50	0		
	3	0	30	0		
9	1	22	30	10	18,6	5,4
	2	0	50	0		
	3	7	0	0		
10	1	0	10	0	38,8	0
	2	0	30	0		
	3	0	60	0		

Gatunkiem panującym w analizowanych drzewostanach był dąb szypułkowy, który posiada dużą zdolność do regeneracji korony i powrotu do stanu witalnego po ustąpieniu czynnika szkodliwego (tylko w 1 stopniu witalności) (Dmyterko 1998). Po powodzi z 1997 roku w drzewostanach w dolinie środkowej Odry zaobserwowano poprawę żywotności koron dębów. Zwiększyła się witalność koron oraz zmniejszyła się defoliacja drzew (Dobrowolska 2007). W uzyskanych wynikach nie stwierdzono istotnej zależności między defoliacją drzew a występowaniem mączniaka. Niewątpliwie do defoliacji w badanych drzewostanach dochodzi również z powodu żeru owadów. W drzewostanach tych stwierdzono wcześniej występowanie kuprówki rudnicy (*Euproctis chrysorrhoea* L.). W 2007 roku zaobserwowano obecność tego gatunku w litych drzewostanach dębowych i zadrzewieniach. Pojedyncze dęby opalone były już wcześniej (Szewczyk et Czeryba 2010). Problemy z foliofagami prawdopodobnie występowały na tym terenie już w XIX wieku, a próbą ich rozwiązania było sadzenie dębu szypułkowego formy późnej (Szewczyk et Czeryba 2010). Późno pędzące dęby są mniej narażone na żer zwójki zieloneczki (*Tortrix viridiana* L.), jednak są bardziej podatne na porażenie przez mączniaka (Hesmer 1955).

Brak istotnych różnic między powierzchniami pod względem nasilenia występowania mączniaka sugeruje, że powodzie z lat 1997 oraz 2010, które spowodowały długotrwałe stagnowanie wody w drzewostanach, nie przyczyniły się do infekcji tych drzewostanów przez mączniaka obecnie, tj. w roku 2013. Trudno również dopatrywać się związku między zwarciem drzewostanu, a tym samym insolacją, a występowaniem mączniaka. Giertych i Suszka (2010) potwierdzili silny związek między nasłonecznieniem koron a porażeniem przez *E. alphitoides*, co w świecie nauki jest zjawiskiem dobrze znanym (Mańka 2005). Bardzo ważną zależnością, którą udało się udowodnić w prowadzonych badaniach, jest silny związek między występowaniem mączniaka a obecnością usychających wierzchołków gałęzi. Wydaje się, że pędy porażone przez mączniaka nie osiągnęły na czas tzw. dojrzałości zimowej i uległy uszkodzeniu przez przymrozki wczesne (Mańka 2005). Bezlistne i usychające wierzchołki gałęzi możemy zaliczyć do jednych z symptomów zamierania dębów.

## Konflikt interesów

Autorzy deklarują brak potencjalnych konfliktów.

## Podziękowania i źródła finansowania

Praca stanowi część badań realizowanych w ramach tematu finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki nr NN309712140, pt. „Ekologiczne uwarunkowania zdrowotności drzewostanów dębowych dotkniętych klęską powodzi”.

## Literatura

- Borecki T., Keczyński A. 1992. Atlas ubytku aparatu asymilacyjnego drzew leśnych. Agencja ATUT. Warszawa. ISBN 3-8001-3308-3.
- Ceitel J. 2006. Lasy dębowe w Polsce, w: Dęby. Nasze drzewa leśne. Monografie popularnonaukowe. Tom 11. Poznań Kórnik, Instytut Dendrologii PAN. 114–145.
- Delatour C. 1983. Les dépérissements de chênes en Europe. *Revue Forestière Française* 35: 265–282.
- Denman S., Kirk S., Webber J. 2010. Managing acute oak decline. *Forestry Commission Practice Note* FCPN015.
- Dmyterko E. 1998. Metody określania uszkodzenia drzewostanów dębowych. *Sylwan* 142(10), 29–38.
- Dobrowolska D. 2007. Witalność drzewostanów dębowych w dolinie środkowej Odry uszkodzonych podczas powodzi w 1997 r. *Sylwan* 151(07): 39–48.
- Giertych M.J., Suszka J. 2010. Influence of cutting off distal ends of *Quercus robur* acorns on seedling growth and their infection by the fungus *Erysiphe alphitoides* in different light conditions. *Dendrobiology* 64, 73–77.
- Hajji M., Dreyer E., Marçais B. 2009. Impact of *Erysiphe alphitoides* on transpiration and photosynthesis in *Quercus robur* leaves. *European Journal of Plant Pathology* 125: 63–72.
- Hesmer H. 1955. Die Späteiche in Westfalen und im Rheinland. *Forstarchiv* 26: 197–203.
- Mańka K. 2005. Fitopatologia leśna. Warszawa, PWRiL, ISBN 83-09-01793-6.
- Marçais B., Breda N. 2006. Role of an opportunistic pathogen in the decline of stressed oak trees. *Journal of Ecology* 94: 1214–1223.
- Oszako T. 2007. Przyczyny masowego zamierania drzewostanów dębowych. *Sylwan* 151 (6): 62–72.
- Plan Urządzania Lasu dla Nadleśnictwa Wołów na lata 2005–2014. 2005. Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej Oddział w Brzegu.
- Przybył K. 1995. Zamieranie dębów w Polsce. I. Objawy chorobowe i grzyby występujące na nadziemnych organach zamierających dębów *Quercus robur* L. oraz cechy orfologiczne grzybów *Ophiostoma quercu* i *O. piceae*. *Idee Ekologiczne* 8: 1–95.
- Szewczyk W., Czeryba Z. 2010. Ocena zdrowotności dębu na podstawie stopnia ubytku aparatu asymilacyjnego wybranych drzewostanów dębowych Nadleśnictwa Wołów. *Sylwan* 154(2): 100–106.
- Szewczyk W., Baranowska M., Bełka M. 2012. Assessment of oak tree health on the basis of assimilation apparatus diminished tree in selected oak tree stands of Smolarz Forest District. *Phytopathologia* 62, 51–59.
- Thomas F., M., Blank R., Hartmann G. 2002. Abiotic and biotic factors and their interactions as causes of oak decline in Central Europe. *Forest Pathology* 32: 277–307.

## Wkład autorów

W.S opracował koncepcję badawczą, wykonał obserwacje i analizował materiał badawczy, napisał manuskrypt. R.K brał udział w opracowaniu koncepcji badawczej, w obserwacjach i analizie materiału badawczego. M.M., H.K., P.Ł., M.B-W. oraz J.B-B. przyczynili się do tez zawartych w dyskusji wyników.

## Occurrence of *Erysiphe alphitoides* in oak stands affected by flood disaster

Wojciech Szewczyk<sup>1\*</sup>, Robert Kuźmiński<sup>2</sup>, Małgorzata Mańka<sup>1</sup>, Hanna Kwaśna<sup>1</sup>, Piotr Łakomy<sup>1</sup>,  
Marlena Baranowska-Wasilewska<sup>1</sup>, Jolanta Behnke-Borowczyk<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Poznań University of Life Sciences, Department of Forest Pathology, ul. Wojska Polskiego 71c, 60–625 Poznań, Poland;

<sup>2</sup> Department of Forest Entomology, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 71c, 60-625 Poznań, Poland.

\* Tel. +48 61 848 77 13, e-mail: wszew@up.poznan.pl

**Abstract.** Pedunculate oak (*Quercus robur* L.) is the most valuable deciduous tree species in Poland. For almost 30 years, an oak decline resulting from stress factors leading to a decrease of tree vitality in the long-term has been observed.

The aim of the present study was to determine the proportion of leaves infected by the fungus *Erysiphe alphitoides*, the cause of powdery mildew, in post-flood oak stands situated in the Forest District Wołów (51°32'N, 16°62'E) as well as to evaluate effects of powdery mildew with respect to the oak decline.

In order to record the powdery mildew incidence, we selected three trees in each of the ten investigated oak stands, and 200 leaves were collected from the upper part of the crowns. The percentage of infected leaves as well as the reduction of carbon assimilation capacity was assessed. Furthermore, we evaluated the average reduction of carbon assimilation capacity and the percentage of withering branch tips in 25 adjacent trees.

Incidences of powdery mildew were observed in seven out of the ten stands. The maximum tree damage did not exceed 22% leaf infection and mean defoliation within the study areas ranged from 18% to 61.4%. Non-withering branch tips were observed in one post-flood area as well as in one area situated outside the flooded region. Within the remaining areas studied, the average proportion of withering branch tips ranged from 0.4% to 13.8%.

Statistical analyses showed that differences between the investigated stands with regard to the rate of powdery mildew occurrence were not significant. Correlating the means, however, revealed a relationship between powdery mildew incidence and branch tip withering. This relationship is a possible indication of the ongoing oak dieback. No statistically significant relationship between tree defoliation and powdery mildew incidence was found. The lack of statistical significance, as observed here, implies that water stagnation within the investigated stands had no effect on *Erysiphe alphitoides* infection.

**Keywords:** defoliation, branch tip withering, oak decline, Forest District Wołów

### 1. Introduction

In Poland, pedunculate oak (*Quercus robur* L.) is the most important deciduous forest tree species in terms of economic and ecological values. Oak stands cover approximately 6% of the total forest area in the country (Ceitel 2006). For almost 30 years, there has been observed immense oak decline all through Poland (Przybył 1995, Oszako 2007, Szewczyk et al. 2012). Scientists keep providing evidence that the

decline syndrome has been a consequence of oak vitality decrease resulted from the effects of various stress factors increasing tree vulnerability to biotic agents (Oszako 2007).

Since 1997, the Forest District Wołów has experienced the effects of flood that affected 4075 ha of forests. In 2010, the area of the District was deluged again, including oak stands with decline symptoms.

One of the numerous fungus species taken into account as responsible for deterioration of oak health state is *Erysiphe al-*

Received: 26.08.2014, reviewed: 29.09.2014, accepted: 9.10.2014.

*phitoides* (Griffon & Maubl.) U. Braun & S. Takam – the injurer of oak assimilation apparatus. The fungus causes powdery mildew disease in oak across all age classes from young to old trees. Infected leaf areas die prematurely and fall down, then tree increments decrease, which is followed by increased vulnerability to other fungal diseases, for example, root rot caused by fungi from the genus *Armillaria*. Infected by powdery mildew, oaks often do not achieve the so called winter maturity stage in good time and become less resistant to harmful effects of early frost. The disease incidence is enhanced by ground water fluctuations (Mańka 2005).

The aim of the present study is to determine the share of oak leaves infected by *Erysiphe alphitoides* in oak stands growing in the Forest District Wołów as well as to evaluate the effects of powdery mildew incidence on the occurrence of oak decline symptoms.

## 2. Methods

The study areas were situated in the Odra river valley, in oak stands within the Forest District Wołów (51°32'N

16°62'E). In this region, the vegetation season lasts 226 days, average annual temperature is +8.2°C and the sum of precipitation on average amounts to 612 mm. For the study purpose, there were selected 10 oak stands that were waterlogged during the floods in 1997 and 2010. Characteristics of the study areas is presented in Table 1 (Forest District Wołów Management Plan 2005). Powdery mildew occurrence on leaves was evaluated in 3 selected oak trees on each study area. There were collected samples of 200 leaves collected from crown upper parts – those most exposed to sunlight. Next, based on *E. alphitoides* disease symptoms, the percentage share of infected leaves and assimilation apparatus loss were assessed. At the same time, in 25 oak trees surrounding the trees sampled, there were estimated assimilation apparatus losses in accordance with the Atlas of assimilation apparatus loss elaborated by Borecki and Keczynski (1992) and the percentage of withering branch tips was determined.

Mean values of the parameters measured and their standard errors (SE) were computed. Before analysis of variance (ANOVA) tests, the data obtained was transformed follow-

**Table 1.** Characteristics of study areas

Study area number	Dominant species	Forest site type	Area (ha)	Canopy density	Growing stock	Soil class	Age	Area type
1	Db	Lł	11.08	moderate canopy closure	0.8	II	71	post-flood
2	8Db 2Lp 4Db	Lł	20.58	moderate canopy closure	1.1	II	81	post-flood
3	2Db 2Ol 1Brz	Lw	3.69	moderate canopy closure	1.0	I II II	85	outside flood area
4	Db	Lł	7.60	broken canopy closure	0.8	II	96	post-flood
5	9Db 1Lp	Lł	3.92	moderate canopy closure	1.0	I	81	post-flood
6	Db	Lł	2.50	broken canopy closure	0.8	III	126/86	post-flood
7	7Db 3Lp	Lł	2.90	moderate canopy closure	0.9	II	101 56	post-flood
8	5Db 5Lp	Lśw	1.37	broken canopy closure	1.1	II	91	post-flood
9	8Db 2Lp	Lł	1.68	moderate canopy closure	0.9	I	86	post-flood
10	9Db 1Św	Lśw	5.32	moderate canopy closure	0.8	II	101	outside flood area

Explanations: Lśw – fresh hardwood forest, Lw – moist hardwood forest, Lł – flood plain forest, Db – oak, Lp – linden, Ol – alder, Brz – birch, Św – spruce

ing the equation  $z = \log_{10}(y+1)$ . In the case of percent values ( $p$ ), the probit function by Bliss was used.

Evaluation of the effect of the study area location was carried out with the use of one-way ANOVA. The following statistical model was applied:

$$y_{ij} = \mu + a_i + e_{ij}$$

where:

$y_{ij}$  – value of  $j$ -th feature in  $i$ -th area location

$\mu$  – mean value of observed feature,

$a_i$  – effect of  $i$ -th area location,

$e_{ij}$  – effect of error.

If the result of ANOVA was positive, that is, the effect of location of a given area was proved significant, Duncan's multiple range test was performed to determine significant differences between locations. Nonparametric measures of statistical dependencies between mean values obtained for the study areas were assessed using the Spearman's rank correlation coefficient (Spearman's rho, Spearman's)

### 3. Results

Powdery mildew incidence was observed in 7 out of 10 observed stands. Within the study area No. 1, in each of analysed trees, the percentage of infected leaves was

3–12%. Within the remaining locations with disease occurrence, powdery mildew was most often observed on 2 out of 3 analysed trees. Maximum infection did not exceed 22% of the leaves. The assessment of assimilation apparatus loss showed that the defoliation degree differed depending on the study area and was from 18% to 61.4%. Within the study areas No. 4 and 10, there were observed no withering branch tips. In the rest of the areas analysed, the percentage of withering branch tips was from 0.4 to 13.8%. ANOVA results showed significant differences between the study areas with reference to defoliation degree and the number of withering branch tips. However, the differences in the intensity of powdery mildew occurrence within the areas were not significant (Table 2), hence there are no reasons to conclude that there exists a relationship between flooding and disease occurrence in the stands (Table 3). On the other hand, correlation between the means proved the existence of the relationship between powdery mildew presence and withering branch tips. Within the areas where more withering tips were found, there was also observed increased incidence of powdery mildew. The relationship was confirmed by a high value of rho (0.7165) at  $p = 0.0197 (< 0.05)$ . In turn, a negative correlation (rho  $-0.4185$ ) was found between tree defoliation and powdery mildew occurrence. The results of observations are presented in Table 4.

**Table 2.** ANOVA results on crown features observed

Defoliation (%)		Withering branch tips (%)		Leaves infected by powdery mildew (%)	
<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
19.14	0.0000	16.77	0.0000	1.74	0.1444

**Table 3.** Means and multiple comparison test results on crown features studied

Study area number	Defoliation (%)		Withering branch tips (%)		Leaves infected by powdery mildew (%)	
	$\bar{x}$	SE	$\bar{x}$	SE	$\bar{x}$	SE
1	55.00 ab	4.23	13.80 a	5.12	7.00 NS	2.65
2	61.40 b	3.78	5.60 b	0.97	0.67 NS	0.67
3	52.00 abc	3.37	7.60 ab	1.48	5.00 NS	5.00
4	50.40 acd	3.03	0.00 c	0.00	0.00 NS	0.00
5	18.00 e	3.10	7.68 ab	1.70	9.33 NS	4.98
6	42.00 cdf	4.12	16.00 d	1.63	3.67 NS	2.73
7	35.60 f	2.40	1.20 c	0.66	0.67 NS	0.33
8	58.80 ab	4.01	0.40 c	0.10	0.00 NS	0.00
9	18.60 e	2.91	5.40 b	1.15	9.67 NS	6.49
10	38.80 df	2.60	0.00 c	0.00	0.00 NS	0.00

Explanations: a, b, c ... numbers in columns marked with same letter do not significantly differ, NS – not significant effect, SE – standard error

#### 4. Discussion

Powdery mildew caused by *E. alphitoides* is one of the most important diseases of pedunculate oak (*Q. robur* L.) growing in Europe (Mańka 2005; Hajji et al. 2009). It is commonly believed that the presence of this pathogen is more harmful in young oak stands when compared to those older. The disease can have a significant effect on tree survival, since in unison with other factors, such as defoliation due to insect feeding, powdery mildew can lead to tree death (Delatour 1983; Thomas et al. 2002; Marcais et al.; Breda 2006; Hajji et al. 2009). It seems that in recent years, powdery mildew has also been a part of the cause of oak decline in north-western Germany (Thomas et al.

2002). Together with insect pests, powdery mildew is listed as the main factor in oak defoliation. Nevertheless, there can pass 5–10 years from the start of powdery mildew disease to the end its development and then slow retraction, sometimes finished with tree healing (Denman et al. 2010).

In the areas under the study, there dominated pedunculate oak – a tree species with high capability to regenerate its crown, followed by restoring its vitality after harmful factor withdrawal (only within the 1 degree of vitality) (Dmyterko 1998). After flooding in 1997, in forest stands situated in the valley of the middle Odra river, there was observed an improvement of oak crown vitality. Vitality of oak crowns increased and tree defoliation decreased (Dobrowolska 2007).

**Table 4.** Tree parameters studied

Study area number	Selected trees				mean per studied areabased on 25 trees	
	tree number	leaves infected by powdery mildew (%)	defoliation (%)	withering branch tips (%)	defoliation (%)	withering branch tips (%)
1	1	12	50	5	55	13.8
	2	3	90	100		
	3	6	25	25		
2	1	0	40	0	61.4	5.6
	2	0	80	0		
	3	2	60	10		
3	1	0	30	0	52	7.6
	2	0	60	5		
	3	15	80	20		
4	1	0	80	0	50.4	0
	2	0	60	0		
	3	0	70	0		
5	1	17	50	10	18	7.68
	2	0	30	15		
	3	11	0	20		
6	1	9	30	20	42	16
	2	2	40	20		
	3	0	60	20		
7	1	1	50	0	35.6	1.2
	2	0	10	0		
	3	1	30	0		
8	1	0	80	0	58.8	0.4
	2	0	50	0		
	3	0	30	0		
9	1	22	30	10	18.6	5.4
	2	0	50	0		
	3	7	0	0		
10	1	0	10	0	38.8	0
	2	0	30	0		
	3	0	60	0		

The results of the present study did not show any significant relationship between powdery mildew incidence and oak tree defoliation. Undoubtedly, tree defoliation can also be due to insect pest feeding. In the stands analysed, there was earlier observed the browntail moth (*Euproctis chrysorrhoea* L.). In 2007, this species was observed in solid oak stands as well as in trees growing on wooded land. Single oaks were always attacked by this insect (Szewczyk and Czeryba 2010). The problems connected with foliophages in this area arose probably in the 1800s, and one of the attempts to control insect pests was planting late flushing pedunculate oaks (Szewczyk and Czeryba 2010). These are less vulnerable to damage by the green oak moth (*Tortrix viridiana* L.), however – more sensitive to powdery mildew infection (Hesmer 1955).

No significant differences between the study areas with regard to the intensity of powdery mildew occurrence suggest that the floods in 1997 and 2010, which caused long-term waterlogging of forest stand sites, did not enhance fungal infections in these stands at present, that is in 2013. Based on the results of the present study, the reasons are not to be found for seeking relationships between stand canopy density (at the same time – sunlight exposure) and powdery mildew incidence. Giertych and Suszka (2010) confirmed commonly known strong relationships between sunlight exposure and *E. alphitoides* infections. Nevertheless, in the present study, there was observed a significant relationship between the incidence of powdery mildew and branch tip withering. It seems that branches attacked by powdery mildew did not achieve the so called winter maturity on time and were damaged by early frost (Mańka 2005). Leafless and dried out branch tips can be accounted for as one of the symptoms of oak decline.

## Conflict of interest

None declared.

## Acknowledgement and financial support

The study was carried out as a part of the grant No. NN309712140 financed National Science Centre: ‘Ecological conditions in healthiness of oak stands affected by flood disaster’.

## References

- Borecki T., Keczyński A. 1992. Atlas ubytku aparatu asymilacyjnego drzew leśnych. Agencja ATUT. Warszawa. ISBN 3-8001-3308-3.
- Ceitel J. 2006. Lasy dębowe w Polsce, in: Dęby. Nasze drzewa leśne. Monografie popularnonaukowe. Tom 11. Poznań Kórnik, Instytut Dendrologii PAN. 114–145.

- Delatour C. 1983. Les dépérissements de chênes en Europe. *Revue Forestière Française* 35: 265–282.
- Denman S., Kirk S., Webber J. 2010. Managing acute oak decline. *Forestry Commission Practice Note* FCPN015.
- Dmyterko E. 1998. Metody określania uszkodzenia drzewostanów dębowych [Methods of damage determination in oak trees]. *Sylwan* 142(10), 29–38.
- Dobrowolska D. 2007 – Witalność drzewostanów dębowych w dolinie środkowej Odry uszkodzonych podczas powodzi w 1997 r [Vitality of oak stands in the central Odra valley damaged during flood in 1997]. *Sylwan* 151(07): 39–48.
- Giertych M.J., Suszka J. 2010. Influence of cutting off distal ends of *Quercus robur* acorns on seedling growth and their infection by the fungus *Erysiphe alphitoides* in different light conditions. *Dendrobiology* vol. 64, 73–77.
- Hajji M., Dreyer E., Marçais B. 2009. Impact of *Erysiphe alphitoides* on transpiration and photosynthesis in *Quercus robur* leaves. – *European Journal of Plant Pathology* 125: 63–72.
- Hesmer H. 1955. Die Späteiche in Westfalen und im Rheinland. *Forstarchiv* 26: 197–203.
- Mańka K. 2005. Fitopatologia leśna. Warszawa, PWRiL, ISBN 83-09-01793-6.
- Marçais B., Breda N. 2006. Role of an opportunistic pathogen in the decline of stressed oak trees. *Journal of Ecology* 94: 1214–1223.
- Oszako T. 2007. Przyczyny masowego zamierania drzewostanów dębowych [Causes of oak stand decline]. *Sylwan* 151 (6): 62–72.
- Plan Urządzenia Lasu dla Nadleśnictwa Wołów na lata 2005–2014. Biuro Urządzenia Lasu i Geodezji Leśnej Oddział w Brzegu 2005.
- Przybył K. 1995. Zamieranie dębów w Polsce. I. Objawy chorobowe i grzyby występujące na nadziemnych organach zamierających dębów *Quercus robur* L. oraz cechy orfologiczne grzybów *Ophiostoma querci* i *O. piceae*. *Idee Ekologiczne* 8: 1–95.
- Szewczyk W., Czeryba Z. 2010. Ocena zdrowotności dębu na podstawie stopnia ubytku aparatu asymilacyjnego wybranych drzewostanów dębowych Nadleśnictwa Wołów [Assessment of the health condition of oak on the basis of the degree of assimilation apparatus losses in oak stands of the Wołów Forest District]. *Sylwan* 154 (2): 100–106.
- Szewczyk W., Baranowska M., Bełka M. 2012. Assessment of oak tree health on the basis of assimilation apparatus diminution of tree in selected oak tree stands of Smolarz Forest District. *Phytopathologia* 62, 51–59.
- Thomas F., M., Blank R., Hartmann G. 2002. Abiotic and biotic factors and their interactions as causes of oak decline in Central Europe. *Forest Pathology*, 32: 277–307.

## Authors' contribution

W.S. – research concept, observations and analysis of research material, manuscript. RK participation in development of research concept, observations and analysis of research material. M. M., H. K., P.L., M. B-W. and J. B-B. also contributed to the results contained in the discussion.

Translated by: Bożena Kornatowska