

Andrzej Szczepkowski¹

Odporność drewna buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.), z drzew o zróżnicowanym stanie zdrowotnym, na rozkład powodowany przez grzyby

Resistance of wood of European beech (*Fagus sylvatica* L.) trees representing various health conditions to decay caused by fungi

Abstract. In the paper natural resistance of wood of healthy and damaged European beech (*Fagus sylvatica* L.) trees to the activity of wood decaying fungi producing a white rot – *Fomes fomentarius* (L.) J. J. Kickx and *Trametes versicolor* (L.) Lloyd and a brown rot – *Coniophora puteana* (Schumach.) P. Karst was examined. The wood samples came from stands aged 80–145 bearing signs of decline and excessive self-thinning of beech trees. The stands were located in three forest districts situated in the lowland and three – in the upland/highland region, representing Poland’s main sources of beech wood. Two healthy and damaged sample trees were collected from each stand. Wood samples cut out from the trunk at the butt-end of beech trees were used for analysis. The wood decay test was done according to the norm PN-EN 350-1. After sixteen weeks of incubation, the wood of damaged trees was decayed to a larger extent than that of healthy ones by all three test fungal species. The mean loss of the wood mass from healthy and damaged trees caused by *C. puteana* was 28.6 and 29.7 per cent, by *T. versicolor* – 23.3 and 25.0 per cent and by *F. fomentarius* – 18.5 and 20.8 per cent, respectively. The statistically significant difference (Mann-Whitney test) of 1.1 per cent on wood loss was detected only for the wood decayed by *C. puteana*. Analysis of tree pairs showed a lower resistance of the wood from damaged trees in comparison with healthy ones to the decay caused by the fungi in the majority of the examined beech provenances. No geographical variability in wood mass was found between healthy and damaged trees caused by the activity of the test fungi.

Key words: Basidiomycetes, beech wood, brown rot, *Coniophora puteana*, *Fomes fomentarius*, forest decline, health status, natural wood resistance, *Trametes versicolor*, white rot.

1. Wstęp

Buk zwyczajny (*Fagus sylvatica* L.) należy do głównych europejskich gatunków lasotwórczych. W wielu krajach odgrywa ważną rolę ekologiczną i ekonomiczną. W ostatnich latach nadmierne wydzielanie się drzew w drzewostanach liściastych dotknęło również buczyny. Silne, nierzadko wielkoobszarowe osłabienie buków, prowadzące do ich zamierania nie jest zjawiskiem nowym. Problem „zamierania buka”, choroby o złożonej i niedostatecznie wyjaśnionej etiologii, znany jest od połowy XIX wieku (Shigo 1964; Zycha 1960; Parker 1974;

Schütt et Lang 1980; Eisenbarth et al. 2001). Objawowo definiowana jednostka chorobowa „zamieranie buka” nazywana jest inaczej „śluzotokiem buka” lub „nekrozą kory buka”. Wzmózone zamieranie buków pojawia się co kilkanaście lub kilkadziesiąt lat w średniowiekowych i starszych drzewostanach bukowych (jednogatunkowych i mieszanych) w różnym nasileniu, zarówno na obszarze wyżynnogórskim jak i nizinnym, szczególnie na wilgotnych stanowiskach. Nasilenie symptomów chorobowych i wzrost rozmiaru uszkodzeń następuje najczęściej po wystąpieniu ekstremów pogodowych (surowe zimy z niskimi temperaturami, suche i gorące lata z

¹ Zakład Mikologii i Fitopatologii Leśnej, Katedra Ochrony Lasu i Ekologii, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, ul. Nowoursynowska 159, 02–776 Warszawa, Fax:+48 225938171, e-mail: andrzej_szczepkowski@sggw.pl

wahaniami poziomu wód gruntowych, następujące po wyjątkowo mokrych latach), którym towarzyszą czynniki biotyczne (mszyca *Cryptococcus fagisuga* Lind. i grzyby z rodzaju *Neonectria*), a także, jak ostatnio wykazano, patogeny rodzaju *Phytophthora* (Jung 2009). Osłabione drzewa i drzewostany aktywizują rozwój owadów i grzybów, a także innych organizmów chorobotwórczych (Parker 1974; Houston et al. 1979; Houston 1980; Lonsdale 1980; Lunderstädt 1992, 2002; Eisenbarth et al. 2001; Sierota 2001; Szczepkowski et Schollenberger 2001; Szczepkowski et Szyndel 2001; Szczepkowski et Tarasiuk 2005).

Sytuacje stresowe, jakim poddane są drzewa, wywołują u nich wiele zmian o charakterze fizjologicznym, zaburzenia w gospodarce hormonalnej i zakłócenia bilansu wodnego. Zmiany takie prowadzą do utraty odporności drzew na czynniki szkodliwe, jednak u niektórych osobników w zagrożonej populacji obserwuje się niekiedy większy stopień odporności na zaistniałe stresowe warunki środowiska. Czy w związku z tym, drewno buków charakteryzujących się zróżnicowanym stanem zdrowotnym, ocenianym na podstawie architektury korony i fitopatologicznej oceny pni, różni się odpornością na grzyby powodujące destrukcję drewna?

Wyniki badań prowadzonych nad jakością drewna pozyskanego głównie z terenów znajdujących się pod wpływem przemysłowych zanieczyszczeń powietrza, są niejednoznaczne, a czasami sprzeczne. Przeważają poglądy o braku wpływu emisji przemysłowych na jakość drewna (Schulz et al. 1988). Porównawcze badania nad występowaniem grzybów i ich wpływu na odporność drewna drzew zdrowych i uszkodzonych dotyczyły głównie gatunków iglastych: świerk, jodła, sosna (Aufsess 1986; Liese 1986; Schmidt et al. 1986; Schmidt et Wahl 1987). W Polsce problematyka ta była przedmiotem badań Aleksandrowicz-Trzcńskiej (1994), Fojutowskiego (1999) i Bartkowiaka z zespołem (2000). Dotychczas nie stwierdzono istotnego wpływu szkodliwych gazów i pyłów na odporność drewna na działanie grzybów. Bardzo niewiele opracowań dotyczy porównania odporności drewna gatunków liściastych różniących się stopniem zdrowotności na działanie grzybów (Schmidt et al. 1986; Szczepkowski 2001).

Celem przeprowadzonych badań było określenie i porównanie odporności drewna bukowego drzew zdrowych i zamierających na rozkład powodowany przez trzy gatunki grzybów podstawkowych: gnilicę mózgowatą *Coniophora puteana* (Schumach.) P. Karst., hubiaka pospolitego *Fomes fomentarius* (L.) J. J. Kickx i wrośniaka różnobarwnego *Trametes versicolor* (L.) Lloyd. Materiał do analiz pochodził z różnych regionów Polski, co daje również możliwość zwrócenia uwagi na

ewentualną zmienność przestrzenną (geograficzną) badanej cechy drewna buka.

2. Materiały i metody

Pochodzenie drewna

Drewno do badań¹ pochodziło z tych nadleśnictw, w których w ostatnich dekadach występowały wzmożone objawy zamierania i nadmiernego wydzielania się buka. Aby ograniczyć wpływ warunków środowiska na badaną cechę, z tego samego drzewostanu wybierano parę drzew („zdrowe” – „zamierające”) w tym samym wieku. W przypadku nieznaledzenia takiej pary w jednym drzewostanie, wybierano ją z dwóch różnych drzewostanów, ale o podobnej charakterystyce przyrodniczo-leśnej. Materiał do badań pochodził z drzewostanów bukowych zlokalizowanych w 6 nadleśnictwach: Świerczyna (Kraina I Bałtycka), Milicz (Kraina III Wielkopolsko-Pomorska), Rogów i Tomaszów (Kraina VI Małopolska), Łądek Zdrój (Kraina VII Sudecka) i Wetlina (Kraina VIII Karpacka) reprezentujących główne bazy surowca tego gatunku (ryc. 1). Z drzewostanów wybierano po dwa drzewa o przeciętnej grubości, należące do I lub II klasy Krafsta, charakteryzujące się prostym pniem, bez widocznych uszkodzeń, m.in. zrakowaceń, pęknięć, owocników grzybów, śladów występowania owadów (Szczepkowski 2005). Drzewa reprezentowały



Rycina. 1. Lokalizacja nadleśnictw, w których pozyskano buki do badań odporności drewna, z drzew o zróżnicowanym stanie zdrowotnym, na rozkład powodowany przez grzyby

Fig. 1. Location of the forest districts from which beech trees representing different health condition were collected for testing wood resistance to the decay caused by the fungi

¹ Drewno wykorzystane w badaniach pozyskano podczas realizacji tematu nr 50603020007 finansowanego przez DGLP.

Tabela 1. Charakterystyka buków o zróżnicowanym stanie zdrowotnym użytych w badaniach odporności drewna na rozkład powodowany przez grzyby

Table 1. Characteristics of beech trees representing different health condition used for testing wood resistance to the decay caused by fungi

Nadleśnictwo Forest district	Siedliskowy typ lasu Forest habitat type	Pierśnica (cm) DBH (cm)		Wiek (lata) Age (years)
		Drzewo zdrowe Healthy tree	Drzewo uszkodzone Damaged tree	
Lądek Zdrój	LMG	45,0	49,5	140
Milicz	Lśw	58,0	56,0	132
Rogów	LMśw	38,5	37,5	88
Świerczyna	Lśw	48,0	62,5	110 ^a , 145 ^b
Tomaszów	LWyż	52,0	51,5	131
Wetlina	LG	41,5	39,0	80

Objaśnienia: a – drzewo zdrowe, b – drzewo uszkodzone

Designations: LMśw – fresh mixed deciduous forest, Lwyż – upland deciduous forest, LMG – montane mixed deciduous forest, Lśw – fresh deciduous forest, LG – montane deciduous forest; a – healthy tree, b – damaged tree

dwie kategorie witalności według klasyfikacji Roloffa (1989) i Dmyterko (1999): drzewo witalne (stopień 0 lub 0/1) i drzewo uszkodzone (stopień 3 lub 2/3). Próbki drewna bukowego wyrobiono z odziomkowej części kłody pozyskanych drzew w wieku 80–145 lat (tab. 1). Drzewa ścinano w drugiej połowie sezonu wegetacyjnego. Do badań użyto próbek o wymiarach 1,5×2,5×5,0 cm wyrobionych ze środkowej strefy, położonej między kambium a rdzeniem, przekroju poprzecznego kłody.

Gatunki grzybów testowych

W badaniach użyto trzech gatunków grzybów podstawkowych Basidiomycetes. Gatunki testowe grzybów wybrano tak, aby reprezentowały dwa różne typy rozkładu drewna, miały znaczenie gospodarcze, występowały powszechnie w drzewostanach bukowych i były szeroko stosowane w badaniach mykologicznych drewna. Brunatny typ rozkładu drewna reprezentowała gnilica mózgowata *Coniophora puteana* (Schumach.) P. Karst., a biały typ rozkładu drewna – hubiak pospolity *Fomes fomentarius* (L.) J. J. Kickx i wrośniak różnobarwny *Trametes versicolor* (L.) Lloyd. Izolaty pochodziły z kolekcji czystych kultur Zakładu Mikologii i Fitopatologii Leśnej SGGW.

Test rozkładu

Podstawowe procedury postępowania podczas badań wykonano zgodnie z normą PN-EN 350-1¹.

Po klimatyzacji w warunkach powietrznie suchych (aż do osiągnięcia stałej masy) próbki zmierzono z dokład-

nością 0,01 mm i zważono z dokładnością 0,001 g. W teście rozkładu jeden wariant doświadczenia (jeden gatunek grzyba, jedna powierzchnia, dwa stopnie zdrowotności drzewa) reprezentowało 20 próbek drewna. W sumie jeden gatunek grzyba rozkładał 120 próbek (po 60 z drzew zdrowych i zamierających). W każdym wariancie doświadczenia użyto po trzy dodatkowe próbki drewna z drzew zdrowych i uszkodzonych, które wysuszono w temperaturze 105°C do stałej masy i zważono w celu obliczenia przeciętnej wilgotności próbek po klimatyzacji, a następnie obliczono teoretyczną absolutnie suchą masę każdej próbki przed testem rozkładu według wzoru:

$$M_{to} = \frac{100M_u}{(100+u)}$$

gdzie:

 M_{to} – teoretyczna absolutnie sucha masa próbki (g), M_u – masa próbki po klimatyzacji (g), u – przeciętna wilgotność próbek po klimatyzacji (%).

Próbki użyte w teście rozkładu nie podlegały sztucznemu suszeniu. Przed testem rozkładu próbki były dwukrotnie sterylizowane w autoklawie w temperaturze 121°C, pod ciśnieniem 0,12 MPa przez 20 i 10 min. Przerwa między zabiegami sterylizacji wynosiła 24 h. Wysterylizowane próbki moczo w sterylnej wodzie destylowanej przez ok. 0,5 godziny i następnie umieszczano po 2 próbki drewna w kolbach Kollego na trzytygodniowych kulturach grzybów testowych wyrosłych na 35 ml 2% pożywki agarowo-maltozowej Difco. Próbki drewna układano w kolbach Kollego na szklanych podkładkach w kształcie litery v. Po 16 tygodniach inkubacji w tem-

¹ PN-EN 350-1: 2000. Trwałość drewna i materiałów drewnopochodnych. Naturalna trwałość drewna litego. Wytyczne dotyczące zasad badania i klasyfikacji naturalnej trwałości drewna. Polski Komitet Normalizacyjny, 20 ss.

peraturze 22°C próbki wyjęto, oczyszczono z grzybni powierzchniowej, zważono, wstępnie wysuszono, a następnie wysuszono w temperaturze 105°C do stałej masy. Próbki ponownie zważono i obliczono skorygowany ubytek masy, stanowiący różnicę pomiędzy obliczoną początkową absolutnie suchą masą (teoretyczna absolutnie sucha masa) a końcową suchą masą każdej próbki, po czym wyznaczono ich wilgotność po teście rozkładu według PN-EN 350-1.

Gęstość drewna

Gęstość próbek określono metodą stereometryczną (Krzysik 1978) przy wilgotności drewna ok. 10% według wzoru:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

w którym:

- m – masa próbki (g),
- V – objętość próbki (cm³).

Analizy porównawcze zmienności ubytku masy drewna z buków zdrowych i zamierających, po stwierdzeniu braku zgodności z rozkładem normalnym testem Shapiro-Wilka, wykonano przy użyciu pakietu STATISTICA. Zastosowano testy nieparametryczne Manna-Whitneya i Kruskala-Wallisa oraz test t -Studenta przy analizie danych transformowanych z wykorzystaniem funkcji $\arcsin\sqrt{x}$ (w przypadku, gdy procentowy ubytek masy drewna wynosił 0, za wartość transformowaną przyjmowano $1/4n$, gdzie n – liczebność próby). Do weryfikacji istotności różnic przyjęto 95% granicę ufności ($p \leq 0,05$).

3. Wyniki

Gęstość

Zakres wartości gęstości próbek drewna bukowego użytych w teście rozkładu wahał się od 0,60 do 0,80 g×cm⁻³. Średnie wartości gęstości próbek drewna z drzew zdrowych zawierały się w przedziale od 0,71 (Tomaszów) do 0,76 g×cm⁻³ (Rogów), natomiast z drzew zamierających od 0,64 (Wetlina) do 0,73 g×cm⁻³ (Milicz) (tab. 2).

Rozkład drewna

Ubytek masy drewna buków zdrowych spowodowany przez *C. puteana* wynosił od 25,9% (Wetlina) do 30,7% (Tomaszów). W drewnie buków uszkodzonych grzyb spowodował ubytek masy od 25,3% (Świerczyna) do 32,5% (Rogów). W drewnie pochodzącym z 4 nad-

Tabela 2. Gęstość drewna próbek bukowych z drzew zdrowych i uszkodzonych poddanych testowi rozkładu
Table 2. Density of beech wood samples from healthy and damaged trees subjected to decay test

Nadleśnictwo Forest district	Drzewo zdrowe Healthy tree (g×cm ⁻³)	Drzewo uszkodzone Damaged tree (g×cm ⁻³)
Lądek Zdrój	0,72 – 0,75 – 0,80	0,67 – 0,70 – 0,76
Milicz	0,70 – 0,72 – 0,80	0,69 – 0,73 – 0,76
Rogów	0,72 – 0,76 – 0,80	0,70 – 0,72 – 0,76
Świerczyna	0,71 – 0,75 – 0,78	0,63 – 0,68 – 0,73
Tomaszów	0,68 – 0,71 – 0,73	0,68 – 0,71 – 0,74
Wetlina	0,71 – 0,76 – 0,80	0,60 – 0,64 – 0,66

leśnictw (Lądek Zdrój, Milicz, Rogów, Wetlina) spośród 6 badanych stwierdzono intensywniejszy rozkład drewna buków zamierających niż zdrowych przez ten gatunek grzyba (tab. 3).

Ubytek masy drewna buków zdrowych spowodowany przez *T. versicolor* wynosił od 19,6% (Wetlina) do 31,0% (Tomaszów). W drewnie buków uszkodzonych grzyb spowodował ubytek masy od 21,9% (Świerczyna) do 29,5% (Wetlina). W drewnie pochodzącym z 4 nadleśnictw (Lądek Zdrój, Milicz, Świerczyna, Wetlina) spośród 6 badanych stwierdzono intensywniejszy rozkład drewna buków zamierających niż zdrowych przez ten gatunek grzyba (tab. 3).

Ubytek masy drewna buków zdrowych spowodowany przez *F. fomentarius* wynosił od 9,0% (Świerczyna) do 25,9% (Tomaszów). W drewnie buków uszkodzonych grzyb spowodował ubytek masy od 14,0% (Świerczyna) do 28,4% (Lądek Zdrój). W drewnie pochodzącym z 4 nadleśnictw (Lądek Zdrój, Milicz, Świerczyna, Wetlina), tych samych, co w przypadku rozkładu przez poprzedni gatunek grzyba, stwierdzono intensywniejszy rozkład drewna buków zamierających niż zdrowych (tab. 3).

Ubytek masy drewna buków zdrowych i uszkodzonych istotnie różnił się (test Manna-Whitneya) w przypadku rozkładu przez *C. puteana* próbek pochodzących z 3 nadleśnictw (Milicz, Tomaszów, Wetlina), w przypadku *T. versicolor* również z 3 nadleśnictw (Lądek Zdrój, Tomaszów, Wetlina), a w przypadku *F. fomentarius* tylko z jednego nadleśnictwa (Świerczyna). W dwóch nadleśnictwach (Tomaszów, Wetlina) różnice były istotne w przypadku rozkładu przez 2 gatunki grzybów (*C. puteana* i *T. versicolor*), przy czym większy ubytek drewna wystąpił u drzew zdrowych (również spowodowany przez *F. fomentarius*) w próbkach z To-

Tabela 3. Ubytki masy drewna bukowego pochodzącego z drzew zdrowych i uszkodzonych spowodowane działaniem grzybów testowych

Table 3. Losses of beech wood mass of healthy and damaged trees subjected to decay test

Nadleśnictwo Forest district	Grzyb testowy Test fungus					
	<i>Coniophora puteana</i>		<i>Trametes versicolor</i>		<i>Fomes fomentarius</i>	
	Zdrowe drzewo Healthy tree (%)	Uszkodzone drzewo Damaged tree (%)	Zdrowe drzewo Healthy tree (%)	Uszkodzone drzewo Damaged tree (%)	Zdrowe drzewo Healthy tree (%)	Uszkodzone drzewo Damaged tree (%)
Lądek Zdrój	28,9	31,0	20,0	25,1	22,5	28,4
Milicz	28,5	31,5	23,3	23,4	21,8	27,7
Rogów	29,1	32,5	25,9	25,4	19,5	15,7
Świerczyna	28,4	25,3	19,9	21,9	9,0	14,0
Tomaszów	30,7	27,7	31,0	24,5	25,9	23,3
Wetlina	25,9	30,3	19,6	29,5	12,5	15,6
Średnia ogólna	28,6	29,7	23,3	25,0	18,5	20,8

Pogrubiona czcionka – statystycznie istotna różnica między ubytkiem drewna drzew zdrowych i uszkodzonych spowodowanym przez testowe gatunki grzybów (test Manna-Whitneya, $p \leq 0,05$); podkreślenie – statystycznie istotna różnica między ubytkiem drewna drzew zdrowych i uszkodzonych spowodowanym przez testowe gatunki grzybów (test t-Studenta dla danych transformowanych z wykorzystaniem funkcji $\arcsin\sqrt{x}$)

Bold letters – statistically significant difference between the loss of the wood of healthy and damaged trees caused by the test fungi species (Mann-Whitney test, $p \leq 0.05$); underlying – statistically significant difference between the loss of the wood of healthy and damaged trees caused by the test fungi species (Student-t test for transformed data using an $\arcsin\sqrt{x}$ function)

maszowa, a w drewnie z Wetliny odwrotnie, większy ubytek stwierdzono w próbkach z drzew uszkodzonych.

Średni ubytek masy drewna powodowany przez poszczególne gatunki grzybów testowych był większy u buków zamierających we wszystkich badanych nadleśnictwach, przy czym istotna statystycznie (test Manna-Whitneya) różnica, wynosząca zaledwie 1,1%, wystąpiła tylko w przypadku dekompozycji przez *C. puteana* (tab. 3). Podobne wyniki uzyskano przy analizie danych transformowanych z wykorzystaniem testu *t*-Studenta (tab. 3).

W nadleśnictwach reprezentujących niżową część kraju (Milicz, Rogów, Świerczyna) stwierdzono wyraźnie mniej par (2) drzew istotnie różniących się (test Manna-Whitneya) ubytkiem masy drewna spowodowanym przez testowe grzyby między drzewami zdrowymi a uszkodzonymi w porównaniu z nadleśnictwami położonymi w wyżynogórskich regionach, gdzie takich par było 5. Wśród tych 5 par drzew, trzy wykazały większy ubytek masy drewna drzew uszkodzonych niż zdrowych. Natomiast w przypadku obu par drzew, różniących się istotnie analizowaną cechą, reprezentujących pochodzenia nizinne buka, stwierdzono mniejszą odporność na rozkład drewna drzew uszkodzonych (tab. 3).

W przypadku rozkładu drewna buków zdrowych przez poszczególne gatunki grzybów testowych wyróż-

niono po dwie grupy jednorodne pod względem pochodzenia geograficznego (test Kruskala-Wallis) (tab. 4). W skład poszczególnych grup jednorodnych weszły drzewa o zróżnicowanym pochodzeniu: z obszaru wyżynogórskiego i niżowego. Granice między grupami są nieostre. W kategorii drzew uszkodzonych ubytek masy drewna spowodowany przez 2 gatunki grzybów (*C. puteana* i *T. versicolor*) nie różnicuje badanych pochodzeń buka. Jedynie w przypadku rozkładu przez *F. fomentarius* ubytek drewna różnicował badane pochodzenia buków na 3 grupy jednorodne o nieostrych granicach (tab. 5). Analizując charakter badanej cechy, nie stwierdzono zmienności uwarunkowanej położeniem drzewostanu (brak geografizmu).

4. Dyskusja

Odporność drewna na czynniki biotyczne jest jedną z ważnych cech użytkowych, decydujących o możliwości jego zastosowania. Znajomość odporności drewna bukowego na działanie grzybów powodujących jego rozkład, z drzewostanów uszkodzonych, charakteryzujących się nadmiernym wydzielaniem drzew na skutek oddziaływania różnorodnych czynników szkodliwych,

Tabela 5. Grupy jednorodne dla nadleśnictw w zależności od ubytku masy drewna bukowego z drzew uszkodzonych spowodowanego przez gatunki grzybów testowych (test rang Kruskala-Wallisa, $p \leq 0,05$)

Table 5. Homogeneous groups for the forest districts determined by the loss of wood mass from damaged beech trees caused by the test fungi (the Kruskal-Wallis test, $p \leq 0.05$)

Nadleśnictwo Forest district	Wartość R R value	Grupy jednorodne Homogeneous groups		
<i>Coniophora puteana</i>				
		1		
Tomaszów	18,18	×		
Świerczyna	24,00	×		
Wetlina	29,80	×		
Lądek Zdrój	34,30	×		
Milicz	35,75	×		
Rogów	40,35	×		
<i>Fomes fomentarius</i>				
		1	2	3
Świerczyna	18,35	×		
Rogów	21,55	×	×	
Wetlina	22,35	×	×	
Tomaszów	31,60	×	×	×
Milicz	43,70		×	×
Lądek Zdrój	45,45			×
<i>Trametes versicolor</i>				
		1		
Świerczyna	21,05	×		
Milicz	24,90	×		
Tomaszów	30,60	×		
Lądek Zdrój	32,25	×		
Rogów	33,70	×		
Wetlina	40,50	×		

może być pomocna przy opracowywaniu wytycznych postępowania hodowlano-ochronnego w takich drzewostanach oraz do celów praktycznego użytkowania (Szczepkowski et al. 2004).

Naturalna odporność drewna na rozkład przez grzyby uwarunkowana jest szeregiem jego cech i właściwości, dlatego uważana jest za jeden z mierników jakości drewna (Cartwright et Findlay 1951; Ripachek 1967; Schmidt 2006).

Gęstość jest jedną z najważniejszych właściwości drewna. Choć nie ma wyraźnej korelacji pomiędzy gęstością a trwałością naturalną drewna (PN-EN 350-2)¹, to wiele cech drewna, w tym odporność na rozkład

Tabela 4. Grupy jednorodne dla nadleśnictw w zależności od ubytku masy drewna bukowego z drzew zdrowych spowodowanego przez gatunki grzybów testowych (test rang Kruskala-Wallisa, $p \leq 0,05$)

Table 4. Homogeneous groups for the forest districts determined by the loss of wood mass from healthy beech trees caused by the test fungi (Kruskal-Wallis test, $p \leq 0.05$)

Nadleśnictwo Forest district	Wartość R R value	Grupy jednorodne Homogeneous groups	
<i>Coniophora puteana</i>			
		1	2
Wetlina	17,65	×	
Świerczyna	28,45	×	×
Lądek Zdrój	31,20	×	×
Milicz	31,70	×	×
Rogów	31,95	×	×
Tomaszów	42,05		×
<i>Fomes fomentarius</i>			
		1	2
Świerczyna	12,75	×	
Wetlina	19,10	×	×
Rogów	35,20	×	×
Milicz	36,40		×
Lądek Zdrój	37,70		×
Tomaszów	41,85		×
<i>Trametes versicolor</i>			
		1	2
Wetlina	19,65	×	
Świerczyna	20,00	×	
Lądek Zdrój	20,90	×	
Milicz	32,10	×	×
Rogów	40,25	×	×
Tomaszów	50,10		×

przez grzyby, zależy od gęstości. Gęstość badanego drewna bukowego z drzew zdrowych mieści się w zakresie charakterystycznym dla tego gatunku (Wagenführ et Schreiber 1974; Krzysik 1978; PN-EN 350-2). Natomiast uzyskane wyniki gęstości drewna z drzew zamierających były bardziej zróżnicowane i wskazują w kilku przypadkach na wyraźnie niższą średnią wartość tej cechy w porównaniu z danymi z literatury. W trzech nadleśnictwach (Lądek Zdrój, Świerczyna, Wetlina) stwierdzono wyraźnie mniejszą średnią gęstość drewna buków zamierających niż zdrowych. Nie jest to jednak wynik zaskakujący, gdyż we wcześniejszych badaniach Szczepkowski z zespołem (2004) wykazali istotnie

¹ PN-EN 350-2: 2000. Trwałość drewna i materiałów drewnopochodnych. Naturalna trwałość drewna litego. Wytyczne dotyczące naturalnej trwałości i podatności na nasycenie wybranych gatunków drewna mających znaczenie w Europie. Polski Komitet Normalizacyjny, 39 ss.

mniejszą gęstość i wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien drewna bukowego z drzew zamierających w porównaniu z drzewami zdrowymi. U drzew gatunków iglastych, rosnących pod wpływem emisji przemysłowych, stwierdzano zarówno mniejszą gęstość drewna w stosunku do drewna drzew tych samych gatunków, rosnących w rejonach bez oddziaływania emisji, jak i brak zależności między gęstością drewna a stopniem uszkodzenia drzewostanów (Bauch 1986; Götttsche-Kühn et Fröhwald 1986; Fröhwald 1986; Aleksandrowicz-Trzcńska 1994).

W badaniach naturalnej odporności drewna na działalność grzybów bardzo istotną rolę odgrywają właściwości użytych szczepów grzybowych. Wykorzystane w badaniach izolaty testowych gatunków grzybów charakteryzowały się dobrymi właściwościami dekompozycji drewna, mimo że warunki doświadczenia (po zakończeniu testu) nie były optymalne, gdyż wilgotność próbek drewna po teście rozkładu przez *C. puteana* wynosiła ok. 35%, a po oddziaływaniu *T. versicolor* i *F. fomentarius* ok. 30%. Po 16 tygodniach doświadczenia największy ubytek masy drewna bukowego (prawie 30%) spowodował grzyb *C. puteana*. W nieco mniejszym stopniu badane drewno rozkładał *T. versicolor*, średnio odnotowano ok. 25% ubytek masy drewna, a w najmniejszym stopniu (ubytek masy ok. 20%) *F. fomentarius*. Rosnev i Stiptzov (1986), badając zdolność rozkładu drewna bukowego przez te same trzy gatunki grzybów, stwierdzili taką samą kolejność (po 4 miesiącach rozkładu) pod względem zdolności do dekompozycji tego gatunku drewna, przy czym ubytki masy, zwłaszcza spowodowane przez grzyby wywołujące białą zgniliznę, były znacznie mniejsze w porównaniu z prezentowanymi w niniejszej pracy wynikami. Porównywalny (ok. 22%) ubytek masy drewna bukowego po 90 dniach oddziaływania *C. puteana* stwierdził Videlov z zespołem (1987).

Spadek możliwości adaptacyjnych drzew oraz utrata przez nie odporności związane są często z szybkim tempem zmian środowiska wywołanym działalnością człowieka i uaktywnieniem się różnorodnych czynników szkodliwych pochodzenia biotycznego i abiotycznego. Osłabione drzewa mogą być bardziej podatne na atak patogenów, w tym nawet słabych patogenów fakultatywnych, dokonujących rozkładu drewna żywych drzew. Aczkolwiek w warunkach laboratoryjnych próbki drewna ze świerków o zróżnicowanym stopniu uszkodzenia drzew, pochodzące z obszaru dotkniętego kłeską zamierania lasu, nie wykazywały istotnych różnic w ubytku masy spowodowanym przez *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref., *T. versicolor* (Schmidt et al. 1986), *C. puteana*, *Gloeophyllum abietinum* (Bull.) P. Karst. i *Oligoporus placenta* (Fr.) Gilb. et Ryvarden (Liese 1986), w porównaniu z drewnem świerków zdrowych.

Schmidt i inni (1986) uważają, że podobnie jak w przypadku świerka, tak i u buka występuje brak zależności między stopniem rozkładu przez grzyby drewna drzew uszkodzonych i zdrowych. Cytowani autorzy dokonali porównania (bez podania wyników analiz statystycznych) ubytku masy próbek drewna bukowego, wyrobionych z dwóch drzew uszkodzonych (18 próbek) i dwóch zamierających (18 próbek), pochodzących z jednego regionu Niemiec, spowodowanego przez *H. annosum* i *T. versicolor*. Pierwszy z grzybów rozkładał w nieco większym stopniu drewno z drzew uszkodzonych (różnica w ubytku masy 1%), a drugi w większym stopniu dokonał dekompozycji próbek z drzew zdrowych (różnica w ubytku masy 3%). Podobnie autor tej pracy (Szczepkowski 2001) nie stwierdził istotnych różnic w odporność drewna buków średniowiekowych (ok. 60 lat) o zróżnicowanym stopniu zdrowotności na rozkład przez grzyby (*F. fomentarius* i *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill).

Wyniki przeprowadzonych badań na materiale pozyskanym z buków dojrzewających i dojrzałych, podanych dość długiemu okresowi zamierania, reprezentującym sześć pochodzeń geograficznych buka, przy wykorzystaniu oryginalnej metodyki par drzew rosnących na tej samej powierzchni, z wykorzystaniem 3 gatunków grzybów wykazały istotną statystycznie różnicę w ubytku masy drewna między próbkami z drzew zamierających i zdrowych w przypadku oddziaływania *C. puteana*. Dla większości powierzchni/nadleśnictw odnotowano tendencję wskazującą na mniejszą odporność na rozkład przez grzyby drewna drzew zamierających w porównaniu z drewnem drzew zdrowych. Buki zamierające wykazały się wyższym ubytkiem masy drewna spowodowanym przez wszystkie trzy gatunki grzybów w 4 na 6 prób, chociaż nie zawsze dotyczyło to tych samych powierzchni (tab. 3).

Grzyby wydzielają enzymy, które w środowisku lekko kwaśnym szybciej powodują destrukcję podstawowych składników drewna. Być może, stwierdzone w materiale wykorzystanym do tych badań, nieco niższe wartości pH drewna drzew uszkodzonych w porównaniu z drzewami zdrowymi (Piętka et al. 2005) wpłynęły na uzyskane wyniki rozkładu, tj. nieco wyższy ubytek masy drewna u drzew zamierających niż zdrowych.

Z drugiej strony, wiadomo jak istotny wpływ na naturalną odporność drewna na rozkład przez grzyby odgrywa jego skład chemiczny. Przeprowadzona szczegółowa analiza udziału głównych składników drewna (celuloza, lignina, hemiceluloza, substancje ekstrakcyjne) buków uszkodzonych i zdrowych pochodzących ze Świerczyny i Wetliny nie wykazała istotnych różnic poza substancjami ekstrakcyjnymi, których w drewnie bukowym z drzew obumierających znaleziono więcej (Szczepkowski et al. 2007). Podwyższony poziom sub-

stancji ekstrakcyjnych stwierdzano również w drewnie uszkodzonych drzew iglastych w porównaniu ze zdrowymi (Puls et Rademacher 1986).

Substancje ekstrakcyjne zawierają liczne związki, m.in. o charakterze fenolowym, inhibujące rozwój grzybów (Rubin et Arcichowska 1971, Sjöström 1993; Grayer et Harborne 1994; Grzesiuk et al. 1999). A zatem, wydawałoby się, że próbki z drzew uszkodzonych będą bardziej odporne na rozkład powodowany przez zastosowane w doświadczeniu grzyby testowe niż próbki z drzew zdrowych. Jednak wyniki przeprowadzonych badań nie potwierdzają tego przypuszczenia. W drewnie buków średniowiekowych, zarówno zdrowych, jak i uszkodzonych, stwierdzono ponad 40 związków o charakterze fenolowym, których sumaryczna zawartość tylko nieznacznie rośnie wraz ze wzrostem stopnia uszkodzenia buków (Szczepkowski 1998).

W bogatej literaturze na temat produktów metabolizmu roślin dostrzega się ich dużą rolę w procesach obronnych (m.in. Bell 1981; Matern et Kneusel 1988; Dawson et al. 1989; Nicholson et Hammerschmidt 1992; Appel 1993; Grayer et Harborne 1994; Evensen et al. 2000). Jednak pomimo wielu badań prowadzonych nad wpływem wtórnych produktów przemiany materii u roślin (m.in. takie jak: fenole, stilbeny, alkaloidy, glikozydy, flawonoidy) na odporność tkanek na infekcje, tylko w stosunkowo nielicznych doświadczeniach jednoznacznie wykazano bezpośrednią współzależność pomiędzy ilościowym i jakościowym występowaniem ww. substancji w tkankach gospodarza a ich odpornością na porażenie przez organizmy chorobotwórcze (Stipanovic et al. 1991; Appel 1993).

Uważa się, że zjawisko to jest związane z bardzo małą fungitoksycznością ogółu związków fenolowych występujących w żywych roślinach (Berezin 1984, za Grzesiuk et al. 1999). Prawdopodobnie proces lignifikacji (fenolowe prekursorzy ligniny, biosynteza wolnych rodników) jest bardziej efektywnym mechanizmem odporności roślin na biopatogeny (Metlicki et Ozereckovskaja 1985, za Grzesiuk et al. 1999). Większa zawartość ligniny w drewnie wiąże się z jego większą odpornością na działanie grzybów (Ripachek 1967; Eriksson et al. 1990).

Jak już wspomniano różnice w zawartości ligniny w drewnie drzew zdrowych i uszkodzonych ze Świerczyny i Wetliny są niewielkie i mieszczą się w granicach zawartości podawanych w literaturze. Nieco większy udział ligniny stwierdzono w drewnie drzewa zamierającego z Wetliny, a odwrotnie w przypadku Świerczyny – w drewnie drzewa zdrowego. W ligninie wyodrębnionej z drewna pochodzącego z Wetliny znaleziono pewne różnice w budowie – wyrażające się intensywnością niektórych widm IR – pomiędzy drzewami zdrowymi i zamierającymi (Szczepkowski et al. 2007). Być może ta

cecha zdecydowała o tym, że wszystkie 3 gatunki grzybów użyte w badaniach w większym stopniu rozkładały drewno z Wetliny z drzew zamierających niż zdrowych.

W dostępnej literaturze nie znaleziono wyników badań przeprowadzonych w podobny sposób. Wydaje się, że w sytuacji obserwowanych zjawisk zamierania drzew i drzewostanów ta droga poszukiwań może mieć znaczenie zarówno praktyczne, jak i poznawcze w zakresie mechanizmów obronnych drzew.

5. Wnioski

1. Drewno buków uszkodzonych wykazało niższą odporność na rozkład przez wszystkie trzy testowe gatunki grzybów podstawkowych (*C. puteana*, *F. fomentarius*, *T. versicolor*) w porównaniu z drewnem drzew zdrowych.

2. Zmienność ubytku masy drewna drzew zdrowych i uszkodzonych nie jest uwarunkowana pochodzeniem geograficznym buków.

3. Uzyskane wyniki potwierdzają dane wskazujące na niższą jakość surowca bukowego z drzew uszkodzonych w porównaniu z drzewami zdrowymi.

Literatura

- Aleksandrowicz–Trzcńska M. 1994. Wpływ przemysłowych zanieczyszczeń powietrza na odporność drewna sosny na rozkład przez grzyby. [W:] Reakcje biologiczne drzew na zanieczyszczenia przemysłowe (red. R. Siwecki). III Krajowe Sympozjum, PAN. Instytut Dendrologii w Kórniku, Poznań – Kórnik. Wyd. Sorus, 529-535.
- Appel H. M. 1993. Phenolics in ecological interactions: the importance of oxidation. *Journal of Chemical Ecology*, 19 (7): 1521-1552.
- Aufsess H. 1986. Lagerverhalten von Stammholz aus gesunden und erkrankten Kiefern, Fichten und Buchen. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 44 (8): 325.
- Bauch J. 1986. Characteristics and response of wood in declining trees from forests affected by pollution. *IAWA Bulletin* n.s., 7 (4): 269-276.
- Bartkowiak M., Cofta G., Mazela B., Lutomski K. 2000. The resistance to brown rot fungi of spruce wood [*Picea abies* (L.) Karst.] from the industry polluted area of the Karkonosze Mountains to Basidiomycetes. *Folia Forestalia Polonica, Seria B*, 31: 87-101.
- Bell A. A. 1981. Biochemical mechanisms of disease resistance. *Annual Review Plant Physiology*, 32: 21-81.
- Berezin I. V. (red.). 1984. Biochimija immuniteta, pokoja, starenia rastenij. Izd. Nauka, Moskva.
- Cartwright K. S. G., Findlay W. P. K. 1951. Rozkład i konserwacja drewna. PWRiL, Warszawa, 332 ss.

- Dawson G. W., Hallahan D. L., Mudd A., Patel M. M., Pickett J. A., Wadhams L. J., Wallsgrove R. M. 1989. Secondary plant metabolites as targets for genetic modification of crop plants for pest resistance. *Pesticide Science*, 27: 191-201.
- Dmyterko E. 1999. Kryteria oceny uszkodzenia drzewostanów bukowych. *Sylwan*, 9: 31-45.
- Eisenbarth E., Wilhelm G. J., Berens A. 2001. Buchen-Komplexkrankheit in der Eifel und den angrenzenden Regionen. *Allgemeine Forst Zeitschrift für Wald und Forstwirtschaft*, 56: 1212-1217.
- Eriksson K. E. L., Blanchette R. A., Ander P. 1990. Microbial and enzymatic degradation of wood and wood components. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 407 ss.
- Evensen P. C., Solheim H., Hoiland K., Stenersen J. 2000. Induced resistance of Norway spruce, variation of phenolic compounds and their effects on fungal pathogens. *European Journal of Forest Pathology*, 30 (2): 97-108.
- Fojutowski A. 1999. Odporność drewna sosny z tarnobrzeskiego obszaru zagrożenia ekologicznego na działanie grzybów powodujących rozkład brunatny i siniznę. [W:] Drewno – materiał o wszechstronnym przeznaczeniu i zastosowaniu. XIII Konferencja Naukowa Wydziału Technologii Drewna SGGW. Fundacja „Rozwój SGGW” Warszawa, 35-42.
- Frühwald A. 1986. Technological properties of wood from trees in polluted regions. *IAWA Bulletin n.s.*, 7 (4): 389-397.
- Göttsche-Kühn H., Frühwald A. 1986. Holzigenschaften von Fichten aus Waldschadensgebieten. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 44 (8): 313-318.
- Grayer R. J., Harborne J. B. 1994. A survey of antifungal compounds from higher plants, 1982-1993. *Phytochemistry*, 37 (1): 19-42.
- Grzesiuk S., Kaczorowska I., Górecki R. J. (red.) 1999. Fizjologiczne podstawy odporności roślin na choroby. Wyd. ART, Olsztyn, 284 ss.
- Houston D. R., Parker E. J., Perrin R., Lang K. J. 1979. Beech bark disease: a comparison of the disease in North-America, Great Britain, France and Germany. *European Journal of Forest Pathology*, 9: 199-211.
- Houston D. R. 1980. Beech bark disease: what we do and do not know. *Annals of Forest Science*, 37 (4): 269-274.
- Jung T. 2009. Beech decline in Central Europe driven by the interaction between Phytophthora infections and climatic extremes. *Forest Pathology*, 39 (2): 73-94.
- Krzysik F. 1978. Nauka o drewnie. PWN, Warszawa, 653 ss.
- Lonsdale D. 1980. Nectria infection of beech bark in relation to infestation by *Cryptococcus fagisuga* Lindinger. *European Journal of Forest Pathology*, 10: 161-168.
- Lunderstädt J. 1992. Stand der Ursachenforschung zum Buchensterben. *Forstarch*, 63: 21-24.
- Lunderstädt J. 2002. Langzeituntersuchung zur Befallsdynamik der buchenwollschildlaus (*Cryptococcus fagisuga* LIND.) und der nachfolgenden Nekrosebildung in einem Buchen-Edellaubholz-Mischbestand. *Allgemeine Forst und Jagdzeitung*, 173: 193-201.
- Liese W. 1986. Biologische Resistenz und Tränkbarkeit von Fichtenholz aus Waldschadensgebieten. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 44 (8): 325-326.
- Matern U., Kneusel R. E. 1988. Phenolic compounds in plant disease resistance. *Phytoparasitica*, 16: 213-226.
- Metlicki L. V., Ozereckovskaja O. L. 1985. Kak rastenija zaseiseajutsja ot bolesnej. Izd. Nauka, Moskva.
- Nicholson R. L., Hammerschmidt R. 1992. Phenolic compounds and their role in disease resistance. *Annual Review Phytopathology*, 30: 369-389.
- Parker E. J. 1974. Beech bark disease. *Forest Records*, 96.
- Piętka J., Szczepkowski A., Tarasiuk S. 2005. Zależność między żywotnością polskich proveniencji buka (*Fagus sylvatica* L.) i dębów [*Quercus robur* L., *Q. petraea* (Matt.) Liebl.] a odczynem ich drewna. *Sylwan*, 3: 50-55.
- Puls J., Rademacher P., 1986. Chemische Untersuchungen an Fichten aus Waldschadensgebieten. *Holz Roh- und Werkstoff*, 44 (8): 307-312.
- Ripachek V. 1967. Biologiya derevorazrushayushchikh gribov. Izdatel'stvo "Lesnaya Promyshlennost'", Moskva, 276 ss.
- Roloff A. 1989. Kronenentwicklung und Vitalitätsbeurteilung ausgewählter Baumarten der gemäßigten Breiten. Schriften der Forstl. Fakultät Göttingen und der Niedersächsischen Forstl. Versuchsanstalt, Band 93. F.D. Sauerländer Verlag, Frankfurt, 258 ss.
- Rosnev B., Stiptzov V. 1986. On the resistance to rotting of the Beech (*Fagus sylvatica* L.) and the European hornbeam (*Carpinus betulus* L.). *Gorskostopanska nauka*, 6: 56-61.
- Rubin B., Arcichowska J. 1971. Biochemia i fizjologia odporności roślin. PWRiL, Warszawa, 320 ss.
- Schmidt O. 2006. Wood and tree fungi. Biology, damage, protection, and use. Springer, Germany, 334 ss.
- Schmidt O., Bauch J., Rademacher P., Göttsche-Kühn H. 1986. Mikrobiologische Untersuchungen an frischem und gelagertem Holz von Bäumen aus Waldschadensgebieten und Prüfung der Pilzresistenz des frischen Holzes. *Holz Roh- und Werkstoff*, 44 (8): 319-327.
- Schmidt O., Wahl G. 1987. Vorkomen von Pilzen und Bakterien im Stammholz von geschädigten Fichten nach zweijähriger Berieselung. *Holz Roh- und Werkstoff*, 45: 441-444.
- Schulz H., Aufseß H., Bues C. T., Fengel D., Grosser D. 1988. Eine Abhängigkeit von Holzqualität und Waldschaden besteht nicht. *Holz-Zentralblatt*, 114 (55): 858-859.
- Shigo A. L. 1964. Organism interactions in the beech bark disease. *Phytopathology*, 54: 250-278.
- Schütt P., Lang K. J. 1980. Buchen-Rindennekrose. Waldschutzmerkblatt 1. Parey, Hamburg, 6 s.
- Sierota Z. 2001. Choroby lasu. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa, 156 ss.
- Sjöström E. 1993. Wood Chemistry: Fundamentals and Applications. Academic Press, London, 293 ss.
- Stipanovic R. D., Mace M. E., Elissalde M. H., Bell A. A. 1991. Desoxyhemigossypol, a cotton phytoalexin. Structure-activity relationship. [W:] Naturally occurring pest bioregulators (ed. P. A. Hedin). *American Chemical Society Symposium Series*, 449: 336-351.
- Szczepkowski A. 1998. Objawy i skutki zamierania buka (*Fagus sylvatica* L.) w Polsce. Maszynopis rozprawy doktorskiej. SGGW, Warszawa, 122 ss.
- Szczepkowski A. 2001. The resistance of beech wood (*Fagus sylvatica* L.) to fungi causing decay from trees with various degree of damage. *Folia Forestalia Polonica, Seria B*, 32: 21-29.

- Szczepkowski A., Schollenberger M. 2001. Occurrence of pathogenic macrofungi and bacteria in beech forest stands of various degrees of decline symptoms. *Annals of Warsaw Agricultural University-SGGW, Forestry and Wood Technology*, 51: 77-84.
- Szczepkowski A., Szyndel M. S. 2001. Attempts to detect and to determine the significance of plant viruses in beech tree decline in Poland. *Phytopathologia Polonica*, 21: 45-53.
- Szczepkowski A., Tarasiuk S., Jednoralski G. 2004. Relationship between tree vitality and selected properties of beech (*Fagus sylvatica* L.) and oak [*Quercus robur* L. and *Q. petraea* (Matt.) Liebl.] wood of Polish provenances. *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry*, 46: 39-49.
- Szczepkowski A., Tarasiuk S. 2005. Stan zdrowotny zagrożonych zamieraniem drzewostanów bukowych w Polsce. *Acta Scientiarum Polonorum, Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria*, 4 (1): 71-85.
- Szczepkowski A., Nicewicz D., Koczoń P. 2007. The relationship between tree health and chemical composition of beech (*Fagus sylvatica* L.) and oak (*Quercus robur* L.) wood of Polish provenances. *Acta Scientiarum Polonorum, Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria*, 6 (3): 77-88.
- Videlov H., Rosnev B., Mihailov B. 1987. Investigation on the process of rotting of beech wood (*Fagus sylvatica* L.) cased by *Coniophora puteana* (Schum. ex Fr.) Karst. *Gorskostopanska nauka*, 5: 45-55.
- Wagenführ R., Schreiber Chr. 1974. Holzatlas. VEB Fachbuchverlag, Lipsk, 690 ss.
- Zycha H. 1960. Die kranken Buchen: Ursachen und Folgen. *Holz-Zentralblatt*, 146: 1-8.