

PAWEŁ ZARZYŃSKI

Odporność wybranych gatunków drewna na rozkład biały jednolity w warunkach *in vitro*

Resistance of some wood species against the white rot decay in *in vitro* conditions

ABSTRACT

Zarzyński P. 2019. Odporność wybranych gatunków drewna na rozkład biały jednolity w warunkach *in vitro*. Sylwan 163 (5): 385-395. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2018144>.

The paper reports the laboratory research on the natural wood resistance against white pattern fungal wood decomposition. Wood samples of 25, both European and exotic, tree species were collected and used (tab. 1). All samples were dried and weighted, then put on the mycelium of four different white rot causing fungi species: *Fomes fomentarius* ((L.: Fr.) Kickx), *Schizophyllum commune* (Fr.: Fr.), *Stereum hirsutum* ((Willd.: Fr.) Gray) and *Trametes versicolor* ((L.: Fr.) Pilát). After 30, 60 and 90 days of exposition the samples were put out, cleaned, dried and weighted again. The weight loss indicated the range of wood decomposition and allowed to estimate its natural resistance against fungal wood decay. The results showed that in laboratory conditions the range of all fungi species trophic abilities were much wider than the one observed in nature. Examined fungi were able to destroy wood from trees they never occur on. The reasons of this could be both mechanical (the absence of bark – natural barrier for fungi) and chemical (the less of chemical substances occurring in wood of living trees that could be responsible for its natural resistance against fungi).

KEY WORDS

wood decomposition, *Fomes fomentarius*, *Schizophyllum commune*, *Stereum hirsutum*, *Trametes versicolor*

ADDRESSES

Paweł Zarzyński – e-mail: pawel.zarzyński@wp.pl

ul. K. Jarzábka 20/8, 05-500 Piaseczno

Wstęp

Zgnilizna biała jednolita stanowi typ rozkładu drewna opierający się na nieselektywnej degradacji jego głównych składników budulcowych [Ważny 1968]. Jest powodowana przez liczne gatunki grzybów saprotroficznych i pasożytniczych. Należą do nich m.in.: *Fomes fomentarius* ((L.: Fr.) Kickx), *Schizophyllum commune* (Fr.: Fr.), *Stereum hirsutum* ((Willd.: Fr.) Gray) i *Trametes versicolor* ((L.: Fr.) Pilát) [Gumińska, Wojewoda 1983; Kotłaba 1984; Ryvarden, Gilbertson 1993, 1994]. Wiele spośród grzybów będących sprawcami tego typu rozkładu zalicza się do poważnych szkodników rozkładających drewno w drzewostanach, na składach oraz w postaci drewna użytkowego.

Odporność na rozkład przez dany gatunek grzyba w dużej mierze zależy od gatunku drewna. Zagadnienie to było przedmiotem licznych badań mających na celu potwierdzenie i określenie

preferencji troficznych poszczególnych gatunków grzybów powodujących zgniliznę białą jednolitą oraz tempa rozkładu niszczonego przez nie drewna, zarówno gatunków strefy umiarkowanej [Liu i in. 2009; Szczepkowski 2010a, b; Bari i in. 2019], jak i egzotycznych [Nsolomo i in. 2000; Suprapti 2010; Okino i in. 2015; Roszaini i in. 2016]. Badaniom tym poddawano jednak głównie gatunki drewna typowe dla naturalnych preferencji troficznych poszczególnych gatunków grzybów używanych do testów, z pominięciem tych, na których w naturze nie występują. Tymczasem nie jest wykluczone, że zdolności tych organizmów do rozkładu drewna w warunkach *in vitro* mogą znacząco różnić się od występujących w przyrodzie.

Celem niniejszej pracy było określenie w warunkach laboratoryjnych zakresu zdolności troficznych oraz preferencji pokarmowych wybranych czterech gatunków grzybów (*F. fomentarius*, *S. commune*, *S. hirsutum* i *T. versicolor*) – sprawców rozkładu białego jednolitego – względem drewna 25 różnych gatunków drzew europejskich, introdukowanych i egzotycznych oraz wyznaczenie grupy gatunków, których drewno jest odporne na ich niszczące działanie. Lepsze poznanie wymienionych cech tej grupy organizmów może przyczynić się do opracowania nowych, skuteczniejszych metod ich zwalczania, co pozwoliłoby na ograniczenie wyrządzanych przez nie szkód w przemyśle i gospodarce leśnej.

Material i metody

W pracy wykorzystano czyste kultury grzybni grzybów sprawców białej jednolitej zgnilizny drewna (*F. fomentarius*, *S. commune*, *S. hirsutum* i *T. versicolor*). Grzybnia ta została pozyskana w lasach Nadleśnictwa Radziwiłłów (centralna część Polski, około 80 km na zachód od Warszawy). Wykorzystano drewno 25 gatunków drzew, w tym 16 krajowych i introdukowanych w Polsce oraz 9 egzotycznych, niespotykanych w naszym klimacie (tab. 1). Dokonując wyboru, sugerowano się takimi czynnikami jak powszechność ich występowania, znaczenie gospodarcze oraz domniemana odporność na rozkład przez grzyby. Z sezonowanego drewna wykonano próbki o wymiarach 50×25×15 mm. W przypadku gatunków drzew, w których drewnie wyróżnić można biel oraz twardele, próbki zostały wykonane wyłącznie z drewna twardeleowego. Z kolei w przypadku pozostałych gatunków do wykonania próbek posłużyło drewno z wewnętrznej, centralnej części pni. Następnie oznaczono gęstość w stanie absolutnie suchym zgodnie z wytycznymi zawartymi w normie ISO 13061-2:2014. Do testów wybrano próbki, które wykazywały typową wartość gęstości (w zakresie średnia \pm odchylenie standardowe) (tab. 1).

Badanie odporności drewna na rozkład przez grzyby przeprowadzono na podstawie wytycznych zawartych w normie PN-EN 350: 2016-10. Do wysterylizowanych (autoklawowanie w temperaturze 121°C przez przynajmniej 30 minut) naczyń szklanych o pojemności 1500 ml rozlano po 20 ml pożywki agarowo-malozowo-brzeczkowej o następującym składzie: agar Difco – 20 g, ekstrakt malozowy Difco – 15 g, woda destylowana – 750 ml, brzeczka piwna niechmielona 250 ml. Brzeczka zastosowana w badaniach pochodziła z Browaru Jabłonowo i pobrana została w tym samym czasie z jednego pojemnika, dzięki czemu uzyskaną pożywkę można uznać za zestandaryzowaną. Po 24 godzinach na zestalonej pożywiec zaszczerpiono inokulaty grzybni grzybów testowych. Zamknięte naczynia zostały umieszczone w cieplarni w temperaturze 21°C. Po 14 dniach na wyhodowanej w nich grzybni umieszczono na podkładkach szklanych po dwie próbki drewna wysterylizowane uprzednio metodą radiacyjną. Sterylizacja radiacyjna próbek drewna została wykonana w Instytucie Chemii i Techniki Jądrowej w Warszawie. Zastosowanie podkładek szklanych zabezpieczało próbki drewna przed przenikaniem do nich wilgoci z pożywki, co mogłoby prowadzić do zafałszowania wyników. Naczynia umieszczono ponownie w cieplarni i poszczególne partie wyjmowano po 30, 60 i 90 dniach. Dla każdego czasu inkubacji prze-

Tabela 1.

 Kraj pochodzenia (Kraj) oraz średnia (M) gęstość [kg/m^3] drewna badanych gatunków* i jej odchylenie standardowe (SD)

 Origin (Kraj) as well as mean (M) and standard deviation (SD) [kg/m^3] of wood density for analysed species*

		M	SD	Kraj
Jodła pospolita Silver fir	<i>Abies alba</i> Mill.	439,5	43,3	PL
Klon jawor Sycamore	<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	540,1	14,0	PL
Olsza czarna Common alder	<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.	489,7	49,0	PL
Okume Gaboon	<i>Aucoumea klaineana</i> Pierre	395,7	13,9	COG
Brzoza brodawkowata European birch	<i>Betula pendula</i> Roth.	514,5	30,0	PL
Grab zwyczajny Hornbeam	<i>Carpinus betulus</i> L.	709,8	20,2	PL
Buk zwyczajny European beech	<i>Fagus sylvatica</i> L.	643,2	19,2	PL
Jesion wyniosły European ash	<i>Fraxinus excelsior</i> L.	626,9	42,4	PL
Kurbial Courbaril	<i>Hymenaea</i> sp.	931,6	22,9	BRA
Merbau Merbau	<i>Intsia</i> sp.	715,8	19,9	IND
Modrzew europejski European larch	<i>Larix decidua</i> Mill.	521,2	17,9	PL
Chlorofora Iroko	<i>Milicia excelsa</i> (Welw.) C. C. Berg.	524,1	16,8	COG
Wenge Wengé	<i>Millettia laurentii</i> De Wild.	738,2	28,7	COG
Bilinga Opepe	<i>Nauclea</i> sp.	726,9	39,4	COG
Świerk pospolity Norway spruce	<i>Picea abies</i> (L.) H. Karst.	429,5	34,2	PL
Sosna zwyczajna Scots pine	<i>Pinus sylvestris</i> L.	382,1	32,1	PL
Topola osika European aspen	<i>Populus tremula</i> L.	449,5	43,8	PL
Paduk afrykański African padauk	<i>Pterocarpus soyauxii</i> Taubert	640,5	44,7	COG
Dąb szypułkowy English oak	<i>Quercus robur</i> L.	580,6	20,3	PL
Dąb czerwony American red oak	<i>Quercus rubra</i> L.	642,5	24,2	PL
Wierzba krucha Willow	<i>Salix fragilis</i> L.	447,8	30,9	PL
Ipe Ipé	<i>Tabebuja</i> sp.	951,1	37,8	BRA
Lipa drobnolistna European lime	<i>Tilia cordata</i> Mill.	442,4	19,0	PL

Tabela 1. ciąg dalszy

		M	SD	Kraj
Obecze	<i>Triplochiton scleroxylon</i> K. Schum.	337,7	21,7	CAM
Obeche				
Wiąz szypułkowy	<i>Ulmus laevis</i> Pall	560,4	32,1	PL
White elm				

* nazwy według PN-EN 13556: 2005; names according to PN-EN 13556: 2005
 PL – Polska, IND – Indonezja, BRA – Brazylia, CAM – Kamerun, COG – Kongo
 PL – Poland, IND – Indonesia, BRA – Brazil, CAM – Cameroon, COG – Congo

badano 6 próbek (3 naczynia) drewna każdego gatunku drzewa. Po wyjęciu z naczyń zostały one oczyszczone z resztek grzybni, wysuszone w cieplarni w temperaturze 103°C i powtórnie zważone na wadze laboratoryjnej z dokładnością do 0,001 g. Ubytek masy próbek w porównaniu z pierwszym ważeniem odzwierciedlał stopień rozkładu danej próbki przez grzyby. Został on wyrażony w procentach według wzoru:

$$\Delta = [(G_0 - G_1) / G_0] \cdot 100\%$$

gdzie:

G_0 – masa próbki przed inkubacją [g],
 G_1 – masa próbki po inkubacji [g].

Łącznie wykorzystano 1800 próbek drewna umieszczonych w 900 naczyniach. Wstępna analiza statystyczna polegała na obliczeniu statystyk opisowych parametrów charakteryzujących ubytek masy drewna na grzybni poszczególnych gatunków grzybów. Następnie przeanalizowano tempo rozkładu różnych gatunków drewna z wykorzystaniem uogólnionych modeli regresyjnych (GLM). Jako czynnik wpływający na ubytek masy drewna analizowano gatunek drewna. Poszczególne gatunki grzybów oraz czas rozpadu analizowane były oddzielnie. Dokonano selekcji modeli GLM na podstawie statystyk AIC. Optymalny okazał się model z logarytmiczną funkcją łączącą (model multiplikatywny) oraz rozkładem Gamma dla czynnika losowego. Do estymacji parametrów modelu użyto metody aproksymacji Laplace'a. Do porównania rozkładu poszczególnych par gatunków drewna wykorzystano test HSD Tukeya wyliczony na podstawie modelu. Analizy statystyczne wykonane zostały przy użyciu oprogramowania SAS rel. 14.3. Jako poziom istotności przyjęto wartość 0,05. Grupy homogeniczne wyodrębniono na podstawie testu HSD Tukeya w wariancie dla równej liczebności prób.

Wyniki

Po 30, 60 i 90 dniach ekspozycji na grzybni stwierdzono różnice w ubytkach suchej masy próbek drewna pochodzących z poszczególnych gatunków drzew (tab. 2-4).

Po 30 dniach ekspozycji na grzybnię *F. fomentarius* średni ubytek masy próbek drewna wszystkich gatunków wyniósł 0,84% (tab. 2). Najsilniej rozkładane były próbki drewna *Acer platanoides* (3,29%), a najslabiej *Hymnaea* sp. (0,01%). Po 60 dniach ekspozycji na grzybni średni ubytek masy próbek drewna wszystkich gatunków wyniósł 2,53% (tab. 3). Najsilniej rozkładane były próbki drewna *Ulmus carpinifolia* (11,24%), a najslabiej *Hymnaea* sp. (0,03%). Po 90 dniach ekspozycji na grzybni średni ubytek masy próbek drewna wszystkich gatunków wyniósł 3,46% (tab. 4). Najsilniej rozkładane były próbki drewna *C. betulus* (12,96%), a najslabiej *Pterocarpus soyauxii* (0,09%). Współczynnik zmienności tej cechy wynosił w zależności od gatunku drewna: dla 30 dni ekspozycji od 20,00 do 28,57%, dla 60 dni ekspozycji od 20,27 do 26,67%, a dla 90 dni ekspozycji od 22,22 do 25,64%.

Tabela 2.

Średni (\pm odchylenie standardowe) ubytek [%] masy próbek drewna po 30 dniach ekspozycji na grzybni grzybów powodujących białą jednolitą zgniliznę drewna

Mean (\pm standard deviation) weight loss [%] after 30 days of exposition to the mycelium of fungi species causing white wood decay

	<i>Fomes fomentarius</i>	<i>Schizophyllum commune</i>	<i>Stereum hirsutum</i>	<i>Trametes versicolor</i>
<i>Abies alba</i>	0,14 \pm 0,04 mno	0,08 \pm 0,012 d	0,06 \pm 0,015 hi	0,09 \pm 0,020 ijk
<i>Acer pseudoplatanus</i>	3,29 \pm 0,82 a	2,71 \pm 0,43 a	1,17 \pm 0,28 ab	6,67 \pm 1,52 a
<i>Alnus glutinosa</i>	0,73 \pm 0,18 defgh	0,41 \pm 0,06 b	0,17 \pm 0,04 efg	4,34 \pm 0,99 ab
<i>Aucoumea klaineana</i>	0,48 \pm 0,12 ghijk	0,03 \pm 0,005 c	0,03 \pm 0,008 ij	1,81 \pm 0,41 cdef
<i>Betula pendula</i>	1,72 \pm 0,43 abc	0,32 \pm 0,05 c	1,83 \pm 0,44 ab	1,19 \pm 0,27 f
<i>Carpinus betulus</i>	0,62 \pm 0,15 efghi	1,37 \pm 0,21 c	2,06 \pm 0,50 a	2,50 \pm 0,57 bcde
<i>Fagus sylvatica</i>	0,60 \pm 0,15 fghij	0,27 \pm 0,04 c	0,37 \pm 0,09 de	1,66 \pm 0,38 def
<i>Fraxinus excelsior</i>	0,97 \pm 0,24 cdefg	0,37 \pm 0,05 c	0,12 \pm 0,03 gh	3,49 \pm 0,80 abc
<i>Hymnaea</i> sp.	0,01 \pm 0,002 q	0,01 \pm 0,002 c	0,03 \pm 0,007 j	0,05 \pm 0,011 k
<i>Intsia</i> sp.	0,06 \pm 0,016 op	0,03 \pm 0,004 e	0,01 \pm 0,003 k	0,02 \pm 0,005 l
<i>Larix decidua</i>	0,21 \pm 0,05 klm	0,39 \pm 0,06 c	0,29 \pm 0,07 def	0,11 \pm 0,03 ij
<i>Milicia excelsa</i>	0,47 \pm 0,12 ghijk	0,05 \pm 0,007 c	0,04 \pm 0,011 ij	1,86 \pm 0,43 cdef
<i>Millettia laurentii</i>	0,35 \pm 0,09 fghij	0,07 \pm 0,010 c	0,26 \pm 0,06 def	0,26 \pm 0,06 gh
<i>Nauclea</i> sp.	0,09 \pm 0,02 cdefg	0,19 \pm 0,03 c	0,15 \pm 0,04 fg	0,06 \pm 0,01 jk
<i>Picea abies</i>	0,28 \pm 0,07 q	0,11 \pm 0,02 c	0,14 \pm 0,03 fg	0,24 \pm 0,05 gh
<i>Pinus sylvestris</i>	0,16 \pm 0,04 op	0,04 \pm 0,006 c	0,19 \pm 0,05 efg	0,10 \pm 0,02 ij
<i>Populus tremula</i>	0,72 \pm 0,18 klm	1,06 \pm 0,16 c	0,26 \pm 0,06 def	6,62 \pm 1,52 a
<i>Pterocarpus soyauxii</i>	0,04 \pm 0,01 fghij	0,02 \pm 0,003 c	0,03 \pm 0,007 j	0,04 \pm 0,010 kl
<i>Quercus robur</i>	0,26 \pm 0,07 cdefg	0,10 \pm 0,02 c	0,17 \pm 0,04 fg	0,16 \pm 0,04 hi
<i>Quercus rubra</i>	0,38 \pm 0,10 q	0,62 \pm 0,09 c	0,93 \pm 0,22 bc	0,39 \pm 0,09 g
<i>Salix fragilis</i>	1,35 \pm 0,34 op	1,51 \pm 0,27 c	0,43 \pm 0,10 d	3,51 \pm 0,80 abc
<i>Tabebuja</i> sp.	1,44 \pm 0,36 klm	1,31 \pm 0,21 c	1,50 \pm 0,36 ab	1,47 \pm 0,34 ef
<i>Tilia cordata</i>	3,13 \pm 0,78 fghij	1,05 \pm 0,16 c	1,36 \pm 0,33 ab	2,62 \pm 0,60 bcde
<i>Triplochiton scleroxylon</i>	1,41 \pm 0,35 cdefg	1,10 \pm 0,17 c	0,52 \pm 0,13 cd	1,31 \pm 0,30 ef
<i>Ulmus laevis</i>	2,01 \pm 0,50 q	1,06 \pm 0,16 c	0,06 \pm 0,015 hi	3,18 \pm 0,73 bcd

ta sama litera oznacza grupy homogeniczne tempa rozkładu drewna; the same letter indicate the homogenous groups in the rate of wood decay

W przypadku *S. commune* po 30 dniach ekspozycji na grzybni średni ubytek masy próbek drewna wszystkich gatunków wyniósł 0,57% (tab. 2). Najsilniej rozkładane były próbki drewna *A. pseudoplatanus* (2,71%), a najslabiej *Hymnaea* sp. (0,01%). Po 60 dniach ekspozycji średni ubytek masy próbek drewna wszystkich gatunków wyniósł 1,16% (tab. 3). Najsilniej rozkładane były próbki drewna *Populus tremula* (5,39%), a najslabiej *Hymnaea* sp. (0,04%). Z kolei po 90 dniach ekspozycji średni ubytek masy próbek drewna wszystkich gatunków wyniósł 1,28% (tab. 4). Najsilniej rozkładane były próbki drewna *P. tremula* (6,38%), a najslabiej *Hymnaea* sp. (0,05%). Współczynnik zmienności tej cechy wynosił w zależności od gatunku drewna: dla 30 dni ekspozycji od 13,33 do 20,00%, dla 60 dni ekspozycji od 14,00 do 17,50%, a dla 90 dni ekspozycji od 14,29 do 17,14%

Po 30 dniach ekspozycji na grzybnię *S. hirsutum* średni ubytek masy próbek drewna wszystkich gatunków wyniósł 0,49% (tab. 2). Najsilniej rozkładane były próbki drewna *C. betulus* (2,06%), a najslabiej *Intsia* sp. (0,01%). Po 60 dniach ekspozycji średni ubytek masy próbek drewna wszystkich gatunków wyniósł 0,85% (tab. 3). Najsilniej rozkładane były próbki drewna *P. tremula* (3,56%), a najslabiej *Intsia* sp. (0,03%). Z kolei po 90 dniach średni ubytek masy

Tabela 3.

Średni (\pm odchylenie standardowe) ubytek [%] masy próbek drewna po 60 dniach ekspozycji na grzybni grzybów powodujących białą jednolitą zgniliznę drewna

Mean (\pm standard deviation) weight loss [%] after 60 days of exposition to the mycelium of fungi species causing white wood decay

	<i>Fomes fomentarius</i>	<i>Schizophyllum commune</i>	<i>Stereum hirsutum</i>	<i>Trametes versicolor</i>
<i>Abies alba</i>	2,90 \pm 0,73 cde	0,12 \pm 0,02 l	0,27 \pm 0,06 ijk	0,38 \pm 0,09 fg
<i>Acer pseudoplatanus</i>	3,95 \pm 0,99 bcd	4,39 \pm 0,69 a	1,89 \pm 0,46 abcd	10,39 \pm 2,38 ab
<i>Alnus glutinosa</i>	1,00 \pm 0,25 hi	0,67 \pm 0,10 fgh	0,98 \pm 0,24 def	9,56 \pm 2,19 ab
<i>Aucoumea klaineana</i>	0,84 \pm 0,21 hij	0,05 \pm 0,007 m	0,05 \pm 0,012 l	12,40 \pm 2,84 ab
<i>Betula pendula</i>	2,03 \pm 0,51 defg	1,04 \pm 0,16 def	2,27 \pm 0,55 abc	6,61 \pm 1,51 bc
<i>Carpinus betulus</i>	7,40 \pm 1,50 ab	1,95 \pm 0,31 b	2,71 \pm 0,66 ab	4,06 \pm 0,93 cd
<i>Fagus sylvatica</i>	2,68 \pm 0,67 cdef	0,70 \pm 0,11 efg	0,51 \pm 0,12 jk	4,18 \pm 0,96 cd
<i>Fraxinus excelsior</i>	1,55 \pm 0,39 efgh	0,42 \pm 0,07 hij	0,17 \pm 0,04 fghi	8,90 \pm 2,04 ab
<i>Hymenae sp.</i>	0,03 \pm 0,008 n	0,04 \pm 0,006 m	0,04 \pm 0,009 k	0,10 \pm 0,02 ij
<i>Intsia sp.</i>	0,12 \pm 0,03 m	0,04 \pm 0,007 m	0,03 \pm 0,006 lm	0,06 \pm 0,013 j
<i>Larix decidua</i>	0,75 \pm 0,19 ijk	0,60 \pm 0,09 ghi	0,32 \pm 0,08 m	0,17 \pm 0,04 hi
<i>Milicia excelsa</i>	3,01 \pm 0,75 cde	1,11 \pm 0,17 cde	0,18 \pm 0,04 hijk	6,58 \pm 1,51 bc
<i>Millettia laurentii</i>	0,93 \pm 0,23 hij	0,30 \pm 0,05 jk	0,30 \pm 0,07 ijk	0,25 \pm 0,06 gh
<i>Nauclea sp.</i>	0,41 \pm 0,10 kl	0,25 \pm 0,04 k	0,20 \pm 0,05 jk	0,73 \pm 0,17 f
<i>Picea abies</i>	1,33 \pm 0,33 ghi	0,38 \pm 0,06 ijk	0,65 \pm 0,16 efg	1,62 \pm 0,37 e
<i>Pinus sylvestris</i>	0,36 \pm 0,09 l	0,50 \pm 0,08 ghi	0,29 \pm 0,07 ijk	0,11 \pm 0,03 ij
<i>Populus tremula</i>	9,13 \pm 2,29 a	5,39 \pm 0,85 a	3,56 \pm 0,86 a	9,14 \pm 2,09 ab
<i>Pterocarpus soyauxii</i>	0,07 \pm 0,016 mn	0,06 \pm 0,009 m	0,05 \pm 0,012 lm	0,07 \pm 0,016 j
<i>Quercus robur</i>	0,41 \pm 0,10 kl	0,41 \pm 0,06 ij	0,21 \pm 0,05 jk	0,16 \pm 0,04 hi
<i>Quercus rubra</i>	0,49 \pm 0,12 jkl	0,79 \pm 0,12 efg	1,00 \pm 0,24 def	1,84 \pm 0,42 e
<i>Salix fragilis</i>	3,73 \pm 0,93 cd	1,71 \pm 0,27 b	1,21 \pm 0,29 cde	6,69 \pm 1,53 bc
<i>Tabebuja sp.</i>	1,46 \pm 0,36 fghi	1,32 \pm 0,21 bcd	1,67 \pm 0,40 bcd	1,54 \pm 0,35 e
<i>Tilia cordata</i>	4,27 \pm 1,07 bc	2,05 \pm 0,32 b	1,72 \pm 0,41 bcd	2,99 \pm 0,68 de
<i>Triplochiton scleroxylon</i>	3,17 \pm 0,79 cd	1,36 \pm 0,21 bcd	0,62 \pm 0,15 efgh	2,92 \pm 0,67 de
<i>Ulmus laevis</i>	11,24 \pm 2,81 a	3,38 \pm 0,53 a	0,35 \pm 0,09 ghij	14,74 \pm 3,37 a

ta sama litera oznacza grupy homogeniczne tempa rozkładu drewna; the same letter indicate the homogenous groups in the rate of wood decay

próbek drewna wszystkich gatunków wyniósł 2,04% (tab. 4). Najsilniej rozkładane były próbki drewna *P. tremula* (12,00%), a najsłabiej *Intsia sp.* (0,05%) (tab. 4). Współczynnik zmienności tej cechy wyniósł w zależności od gatunku drewna: dla 30 dni ekspozycji od 21,43 do 30,00%, dla 60 dni ekspozycji od 20,00 do 25,71%, a dla 90 dni ekspozycji od 21,43 do 26,00%.

W przypadku *Trametes versicolor* po 30 dniach ekspozycji średni ubytek masy próbek drewna wszystkich gatunków wyniósł 1,75% (tab. 2). Najsilniej rozkładane były próbki drewna *A. pseudoplatanus* (6,67%), a najsłabiej *Intsia sp.* (0,02%). Po 60 dniach ekspozycji średni ubytek masy próbek drewna wszystkich gatunków wyniósł 4,25% (tab. 3). Najsilniej rozkładane były próbki drewna *Ulmus carpiniifolia* (14,74%), a najsłabiej *Intsia sp.* (0,06%). Po 90 dniach ekspozycji przeciętny ubytek masy próbek drewna wszystkich gatunków wyniósł 6,47% (tab. 4). Najsilniej rozkładane były próbki drewna *Alnus glutinosa* (24,46%), a najsłabiej *Intsia sp.* (0,06%). Współczynnik zmienności tej cechy wyniósł w zależności od gatunku drewna: dla 30 dni ekspozycji od 16,67 do 27,27%, dla 60 dni ekspozycji od 20,00 do 27,27%, a dla 90 dni ekspozycji od 20,00 do 34,58%.

Tabela 4.

Średni (\pm odchylenie standardowe) ubytek [%] masy próbek drewna po 90 dniach ekspozycji na grzybni grzybów powodujących białą jednolitą zgniliznę drewna

Mean (\pm standard deviation) weight loss [%] after 90 days of exposition to the mycelium of fungi species causing white wood decay

	<i>Fomes fomentarius</i>	<i>Schizophyllum commune</i>	<i>Stereum hirsutum</i>	<i>Trametes versicolor</i>
<i>Abies alba</i>	3,30 \pm 0,83 bcd	0,14 \pm 0,02 k	0,37 \pm 0,09 hij	3,55 \pm 0,81 gh
<i>Acer pseudoplatanus</i>	9,56 \pm 2,39 a	4,58 \pm 0,72 ab	2,23 \pm 0,54 cd	13,06 \pm 2,99 bc
<i>Alnus glutinosa</i>	1,26 \pm 0,31 fgh	0,94 \pm 0,15 efg	3,37 \pm 0,82 c	24,46 \pm 5,37 a
<i>Aucoumea klaineana</i>	2,14 \pm 0,54 def	0,09 \pm 0,014 kl	0,14 \pm 0,03 l	14,61 \pm 3,34 ab
<i>Betula pendula</i>	3,80 \pm 0,95 bc	1,30 \pm 0,20 cdef	11,97 \pm 2,90 a	10,69 \pm 2,44 bcd
<i>Carpinus betulus</i>	12,96 \pm 3,24 a	2,04 \pm 0,32 c	6,19 \pm 1,50 b	5,42 \pm 1,24 efg
<i>Fagus sylvatica</i>	2,73 \pm 0,68 cde	0,90 \pm 0,14 efg	0,74 \pm 0,18 fg	4,37 \pm 1,00 fg
<i>Fraxinus excelsior</i>	1,62 \pm 0,41 efg	0,49 \pm 0,08 ij	0,28 \pm 0,07 ijk	12,58 \pm 2,88 bc
<i>Hymnaea</i> sp.	0,48 \pm 0,12 j	0,05 \pm 0,008 m	1,63 \pm 0,40 de	0,14 \pm 0,03 mn
<i>Intsia</i> sp.	0,13 \pm 0,03 k	0,07 \pm 0,012 lm	0,05 \pm 0,013 m	0,06 \pm 0,015 o
<i>Larix decidua</i>	0,84 \pm 0,21 hi	0,74 \pm 0,12 ghi	0,52 \pm 0,13 gh	0,72 \pm 0,16 jk
<i>Milicia excelsa</i>	3,87 \pm 0,97 bc	1,15 \pm 0,18 defg	0,25 \pm 0,06 jkl	8,18 \pm 1,87 cde
<i>Millettia laurentii</i>	1,00 \pm 0,25 gh	0,34 \pm 0,05 j	0,32 \pm 0,08 hijk	0,29 \pm 0,07 l
<i>Nauclea</i> sp.	0,44 \pm 0,11 j	0,39 \pm 0,06 j	0,21 \pm 0,05 kl	0,97 \pm 0,22 j
<i>Picea abies</i>	1,36 \pm 0,34 fgh	0,40 \pm 0,06 j	1,56 \pm 0,38 de	8,32 \pm 1,90 cde
<i>Pinus sylvestris</i>	0,39 \pm 0,10 j	0,53 \pm 0,08 hij	0,38 \pm 0,09 hij	0,43 \pm 0,10 kl
<i>Populus tremula</i>	10,72 \pm 2,68 a	6,38 \pm 1,00 a	12,00 \pm 2,91 a	14,77 \pm 3,38 ab
<i>Pterocarpus soyauxii</i>	0,09 \pm 0,02 k	0,07 \pm 0,011 lm	0,07 \pm 0,016 m	0,10 \pm 0,02 no
<i>Quercus robur</i>	0,45 \pm 0,11 j	0,43 \pm 0,07 j	0,29 \pm 0,07 ijk	0,16 \pm 0,04 m
<i>Quercus rubra</i>	0,53 \pm 0,13 ij	0,84 \pm 0,13 fgh	1,06 \pm 0,26 ef	2,16 \pm 0,49 hi
<i>Salix fragilis</i>	4,92 \pm 1,23 b	1,78 \pm 0,28 cd	1,30 \pm 0,32 de	7,06 \pm 1,62 def
<i>Tabebuja</i> sp.	1,54 \pm 0,39 fg	1,33 \pm 0,21 cdef	1,81 \pm 0,44 de	1,69 \pm 0,39 i
<i>Tilia cordata</i>	4,75 \pm 1,19 b	2,08 \pm 0,33 c	2,09 \pm 0,51 cd	3,47 \pm 1,20 efg
<i>Triplochiton scleroxylon</i>	5,37 \pm 1,34 b	1,44 \pm 0,23 cde	1,75 \pm 0,42 de	9,68 \pm 2,22 bcd
<i>Ulmus laevis</i>	12,35 \pm 3,09 a	3,56 \pm 0,56 b	0,44 \pm 0,11 ghi	14,88 \pm 3,41 ab

ta sama litera oznacza grupy homogeniczne tempa rozkładu drewna; the same letter indicate the homogenous groups in the rate of wood decay

Zgodnie z wytycznymi normy PN-EN 350:2016-10 dotyczącymi określania klas trwałości naturalnej drewna wobec ataku grzybów przy zastosowaniu badań laboratoryjnych można stwierdzić, że w przypadku *F. fomentarius* bardzo trwałe (najwyższy stopień odporności w pięciostopniowej skali trwałości) na rozkład jest drewno *Hymnaea* sp., *Intsia* sp. oraz *P. soyauxii*, zaś nietrwałe (najniższy stopień w pięciostopniowej skali trwałości) drewno *Abies alba*, *A. pseudoplatanus*, *Betula pendula*, *C. betulus*, *Larix decidua*, *Milicia excelsa*, *Picea abies*, *P. tremula*, *Salix fragilis*, *Tilia cordata*, *Triplochiton scleroxylon* i *Ulmus laevis*. Wobec rozkładu powodowanego przez *S. commune* bardzo trwałe jest drewno *Aucoumea klaineana*, *Hymnaea* sp., *Intsia* sp. i *P. soyauxii*, zaś nietrwałe drewno *A. pseudoplatanus*, *A. glutinosa*, *B. pendula*, *C. betulus*, *L. decidua*, *M. excelsa*, *P. tremula*, *Quercus rubra*, *S. fragilis*, *Tabebuja* sp., *T. cordata*, *T. scleroxylon* i *U. laevis*. W przypadku rozkładu dokonywanego przez *S. hirsutum* bardzo trwałe drewno mają *A. klaineana*, *Intsia* sp. i *P. soyauxii*, a nietrwałym drewnem charakteryzują się *A. pseudoplatanus*, *A. glutinosa*, *B. pendula*, *C. betulus*, *L. decidua*, *P. abies*, *P. tremula*, *Q. rubra*, *S. fragilis*, *Tabebuja* sp., *T. cordata* i *T. scleroxylon*. Wobec rozkładu powodowanego przez *T. versicolor* bardzo trwałe jest drewno *Hymnaea* sp., *Intsia* sp., *M. laurentii*, *P. soyauxii*

i *Quercus robur*, zaś nietrwale drewno *A. alba*, *A. pseudoplatanus*, *A. glutinosa*, *A. klaineana*, *B. pendula*, *C. betulus*, *Fraxinus excelsior*, *L. decidua*, *M. excelsa*, *P. abies*, *P. tremula*, *S. fragilis* i *U. laevis*.

Dyskusja

Zakres odporności drewna poszczególnych gatunków drzew na rozkład przez wykorzystane w badaniach gatunki grzybów – sprawców rozkładu białego jednolitego drewna – nie do końca odpowiada charakterystyce wykazywanej przez nie w środowisku naturalnym, zaś w niektórych przypadkach bywa zasadniczo odmienny.

F. fomentarius jest w naturze typowym gatunkiem polifagicznym, zdolnym do przeprowadzania rozkładu drewna bardzo szerokiej grupy drzew i krzewów liściastych. Charakteryzuje się rozległym rozmieszczeniem geograficznym. Występuje w pasie borealnym i subborealnym całej kuli ziemskiej (Europa, Azja, wschodnia część Ameryki Północnej), a także w Afryce [Ryvarden, Gilbertson 1993]. Według Kotlaby [1984] w warunkach klimatycznych Europy Środkowej jego głównymi gospodarzami są *Fagus sylvatica* (42% przypadków) oraz przedstawiciele rodzaju *Betula* (głównie *B. pendula* i *B. pubescens* Ehrh.) (16%). W mniejszym stopniu występuje na drewnie drzew z rodzajów *Populus* (4%), *Acer* (4%), *Quercus* (3%), *Juglans* (3%), *Tilia* (2%) i *Carpinus* (2%). Łącznie stwierdzono jego obecność na drewnie 40 gatunków drzew, w tym również: *Prunus mahaleb* L., *Fraxinus angustifolia* Vahl, *Pyrus communis* L., *Salix alba* L. i *Ulmus laevis* Pall. Również Ryvarden i Gilbertson [1993] jako głównych żywicieli podają następujące rodzaje drzew (poczynając od najbardziej typowych): *Betula*, *Fagus*, *Alnus*, *Acer*, *Carpinus*, *Fraxinus*, *Juglans*, *Malus*, *Populus*, *Prunus*, *Sorbus*, *Quercus* i *Tilia*. Twierdzą również, że wyjątkowo grzyb ten może występować również na drewnie drzew iglastych z rodzaju *Larix*. Według Grzywacza [1990] gatunek ten najczęściej poraża drzewa z rodzajów *Betula* i *Fagus*, a rzadziej *Quercus*, *Carpinus*, *Populus*, *Ulmus*, *Salix* i innych. Podobne preferencje troficzne tego gatunku w naturze wskazują Domański i in. [1967] oraz Łakomy i Kwaśna [2008].

Tymczasem badania zakresu preferencji i zdolności troficznych *F. fomentarius* w warunkach laboratoryjnych wykazały, że po 90 dniach ekspozycji na grzybni najszybciej rozkładało się drewno *Carpinus betulus* (prawie 13% ubytku suchej masy drewna), *Ulmus carpiniifolia* (ponad 12%) i *Populus tremula* (niemal 11%). Drewno *Fagus sylvatica* – najczęstszego naturalnego gospodarza tego gatunku – było rozkładane stosunkowo niechętnie i po 90 dniach ekspozycji na grzybni ubytek jego suchej masy nie przekroczył 3%. Podobnie było w przypadku drewna *Betula pendula*, które zostało rozłożone w niespełną 4%. Co ciekawe, podobny stopień rozkładu drewna stwierdzono w przypadku *Abies alba* – gatunku, na którym grzyb ten nigdy nie występuje w naturze.

Kolejny z gatunków grzybów, które posłużyły do testowania naturalnej odporności drewna na rozkład biały jednolity – *S. commune* – występuje jako saprotrof, rzadziej pasożyt na drewnie rozmaitych gatunków drzew liściastych, a niekiedy również iglastych [Gumińska, Wojewoda 1983]. Charakteryzuje się typowo polifagicznymi zdolnościami – jest w stanie rozkładać nawet nadpalone drewno na pożarzyskach [Łakomy, Kwaśna 2008]. Powoduje płytką zgniliznę wyłącznie części bielastej [Mańka 2005]. W warunkach laboratoryjnych wykazywał podobne preferencje pokarmowe, rozkładając najefektywniej drewno drzew liściastych, takich jak *P. tremula*, *A. platanooides* i *U. carpiniifolia*. Nie stwierdzono natomiast znaczącego rozkładu drewna drzew iglastych, co wydaje się jednak zrozumiałe, zważywszy że próbki te zostały wykonane z drewna twardzielowego, którego grzyb ten nie jest w stanie rozkładać również w warunkach naturalnych.

W przypadku *S. hirsutum* naturalnym substratem jest martwe drewno drzew i krzewów liściastych [Gumińska, Wojewoda 1983]. Łakomy i Kwaśna [2008] podają, że grzyb ten najczęściej

zasiedla drewno drzew z rodzajów *Quercus*, *Fagus* i *Alnus*, sporadycznie atakuje również żywe drzewa. Badania laboratoryjne częściowo potwierdziły ten zakres preferencji: grzybnia testowanego gatunku zdecydowanie najszybciej rozkładała drewno *P. tremula* i *B. pendula*, a w nieco mniejszym stopniu drewno pochodzące z praktycznie wszystkich europejskich i niektórych egzotycznych drzew liściastych. Stosunkowo odporne na rozkład przez ten gatunek okazało się drewno drzew iglastych (choć w przypadku *P. abies* stwierdzono zauważalny rozkład). Do zdecydowanie najodporniejszych zaliczyć trzeba natomiast drewno niektórych gatunków egzotycznych, a zwłaszcza *Intsia* sp. i *P. soyauxii*, które po 90 dniach ekspozycji na grzybni *S. hirsutum* nie wykazywało praktycznie żadnych śladów deprecjacji.

Interesujące wyniki dały również badania naturalnej odporności drewna na rozkład przez *T. versicolor*. W naturze grzyb ten jest typowym polifagiem, występującym jako saprotrof lub pasożyt słabości na bardzo licznych gatunkach drzew i krzewów liściastych, a sporadycznie również iglastych. Kolonizuje również drewno użytkowe, składowane i konstrukcyjne [Łakomy, Kwaśna 2008]. Wśród najczęstszych gospodarzy *T. versicolor* Kotłaba [1984] wymienia *F. sylvatica* (18% przypadków), drzewa z rodzaju *Quercus* (16%), *Betula* (14%) oraz *C. betulus* (9%). Łącznie według tego autora stwierdzono obecność tego grzyba na 71 gatunkach drzew i krzewów, w tym m.in.: *A. negundo* L., *A. tataricum* L., *A. viridis* (Chaix) DC., *Catalpa bignonioides* Walter, *C. speciosa* (Walter ex Barney) Engelm., *Cercis siliquastrum* L., *Lonicera tatarica* L., *Paulownia tomentosa* (Thunb. ex Murr.) Steudel, *Prunus armeniaca* L., *P. dulcis* (Mill.) D. A. Webb i *P. persica* (L.) Batsch. Także Ryvarden i Gilbertson [1994] jako potencjalnych żywicieli tego gatunku wymieniają niemal wszystkie rodzaje drzew i krzewów liściastych, w tym: *Acer*, *Aesculus*, *Alnus*, *Arbutus*, *Betula*, *Castanea*, *Catalpa*, *Cissus*, *Cornus*, *Corylus*, *Cratageus*, *Cystisus*, *Erica*, *Eucalyptus*, *Fagus*, *Forsythia*, *Frangula*, *Fraxinus*, *Hakea*, *Hippophäe*, *Juglans*, *Laburnum*, *Laurus*, *Ligustrum*, *Lonicera*, *Malus*, *Morus*, *Myrica*, *Platanus*, *Populus*, *Prunus*, *Pyrus*, *Rhamnus*, *Robinia*, *Rosa*, *Quercus*, *Salix*, *Sorbus*, *Syringa*, *Tilia* i *Ulmus*. Jako sporadycznych gospodarzy *T. versicolor* wymieniają oni również drzewa i krzewy iglaste z rodzajów: *Abies*, *Cupressus*, *Juniperus*, *Larix*, *Picea* i *Pinus*. Pojedyncze przypadki jego występowania na drzewach iglastych potwierdzają też inne źródła [Overholts 1953 za Domański i in. 1967]. Badania nad rozkładem drewna przez ten grzyb w warunkach laboratoryjnych udowodniły jego zdolność do szybkiego rozkładu drewna pochodzącego z gatunków takich jak *Betula pendula*, *Fagus sylvatica* i *Quercus robur* [Łakomy i in. 2005].

Wykonane testy laboratoryjne zdają się potwierdzać typowo polifagiczny charakter tego gatunku grzyba. Jego grzybnia była w stanie sprawnie rozkładać drewno niemal wszystkich gatunków drzew. Do najszybciej dekomponowanych należało drewno *Alnus glutinosa* (24% ubytku suchej masy po 90 dniach ekspozycji na grzybni), *Ulmus carpiniifolia*, *Populus tremula* i *Aucoumea klaineana* (po 15%) oraz *Acer platanoides* i *Fraxinus excelsior* (po 13%). Poza tym ubytki suchej masy przekraczające po 90 dniach ekspozycji 5% zanotowano jeszcze w przypadku drewna 6 innych gatunków drzew: *Betula pendula*, *Carpinus betulus*, *Milicia excelsa*, *Picea abies*, *Salix fragilis* i *Triplochiton scleroxylon*. W grupie tej występują gatunki drzew egzotycznych dla dendroflory europejskiej, jednak – biorąc pod uwagę kosmopolityczny charakter *T. versicolor* – wydaje się to całkiem naturalne. Zaskoczeniem może być natomiast znaczny stopień dekompozycji drewna świerkowego, na którym w naturze grzyb ten występuje tylko wyjątkowo.

Na podstawie uzyskanych wyników można zakładać, że główną przyczyną warunkującą preferencje pokarmowe grzybów rozkładu białego jednolitego w naturze nie jest skład chemiczny drewna stanowiącego podłoże do ich rozwoju. O ile w przypadku gatunków będących typowymi saprotrofami (*S. commune*, *S. hirsutum*) zakres odporności drewna poszczególnych gatunków drzew na rozkład w warunkach laboratoryjnych jest zbliżony do obserwowanego

w naturze, o tyle dla gatunków częściowo pasożytniczych (*F. fomentarius*, *T. versicolor*) różni się on dość znacznie. Jako naturalny czynnik ograniczający występowanie niektórych gatunków grzybów pasożytniczych, a nawet częściowo saprotroficznych na drewnie drzew rosnących w drzewostanach wskazać można przyczyny natury mechanicznej, takie jak np. obecność różnych typów kory stanowiącej barierę trudną lub wręcz niemożliwą do przeniknięcia przez zarodniki grzybów. Poza tym występowanie wyżej wymienionych różnic można tłumaczyć złożonym charakterem drewna oraz obecnością w nim w warunkach naturalnych (a więc w organizmach rosnących, żywych drzew) wielu metabolitów i substancji chemicznych niewystępujących w nim po śmierci drzewa, np. naturalnych substancji powstrzymujących wzrost grzybni grzybów pasożytniczych [Charlwood, Rhodes 1989; Theander, Lundgren 1989; Davin i in. 1992; Wallace, Fry 1994; Kermasha i in. 1995; Obst 1998]. Ich brak w warunkach laboratoryjnych najprawdopodobniej znacząco zmienia zakres odporności drewna na rozkład przez grzyby pasożytnicze. Wiedza na ten temat jest jednak jeszcze niedostateczna, zaś jej poszerzenie wymaga przeprowadzenia szczegółowych badań i analiz chemicznych drewna oraz weryfikacji ich wyników w testach laboratoryjnych tempa wzrostu grzybni w kulturach *in vitro*.

Wnioski

- ✚ W warunkach laboratoryjnych testowane grzyby najszybciej rozkładają drewno gatunków krajowych, takich jak *Carpinus betulus*, *Ulmus carpiniifolia*, *Populus tremula* i *Acer platanoides*. Drewno gatunków egzotycznych (*Hymnaea* sp. i *Pterocarpus soyauxii*) rozkładane jest najwolniej, co najprawdopodobniej wynika z faktu, że gatunki te nie są naturalnymi źródłem pokarmu dla testowanych grzybów.
- ✚ Testowane grzyby rozkładu białego jednolitego drewna będące częściowymi lub obligatoryjnymi pasożytami wykazują w warunkach laboratoryjnych (*in vitro*) znacznie szerszy oraz odmienny zakres zdolności i preferencji troficznych niż w warunkach naturalnych (*in vivo*).
- ✚ Preferencje troficzne grzybów rozkładu białego jednolitego drewna będących saprotrofami badane w warunkach laboratoryjnych są w większości przypadków podobne jak w naturze.

Literatura

- Bari E., Daryaei M. G., Karim M., Bahmani M., Schmidt O., Woodward S., Tajick G., Mohammad A., Sistani A. 2019. Decay of *Carpinus betulus* wood by *Trametes versicolor* – an anatomical and chemical study. *International Biodeterioration & Biodegradation* 137: 68-77.
- Charlwood B. V., Rhodes M. J. C. 1990. *Secondary products from plant tissue culture*. Clarendon Press. Oxford.
- Davin L. B., Lewis N. G., Umezawa T. 1992. Phenylpropanoid metabolism: biosynthesis of monolignols, lignans and neolignans, lignins and suberins. W: Stafford A. A., Ibrahim R. K. [red.]. *Recent Advances in Phytochemistry* 27: 325-376.
- Domański S., Orłoś H., Skirgiełło A. 1967. *Grzyby*. Tom III. PWN, Warszawa.
- Grzywacz A. 1990. *Grzyby leśne*. PWRiL, Warszawa.
- Gumińska B., Wojewoda W. 1983. *Grzyby i ich oznaczanie*. PWRiL, Warszawa.
- ISO 13061-2:2014. *Physical and mechanical properties of wood – Test methods for small clear wood specimens. Part 2: Determination of density for physical and mechanical tests*.
- Liu X., Zhao M., Wang Q. 2009. Biological characteristics of five wood-rotting fungi and wood-decaying ability to *Betula platyphylla*. *Frontiers of Forestry in China* 4 (4): 508-515.
- Kermasha S., Goetghebeur M., Dumont J. 1995. Determination of phenolic compound profiles in maple products by high-performance liquid chromatography. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 43: 708-716.
- Kotlaba F. 1984. *Zeměpisné rozšíření a ekologie chorošů (Polyporales s. l.) v Československu*. Československá akademie věd, Praha.
- Łakomy P., Kwaśna H. 2008. *Atlas hub*. Oficyna Wydawnicza Multico, Warszawa.
- Łakomy P., Kwaśna H., Ratajczak A., Molińska-Glura M. 2005. Wood decomposition ability of some isolates of *Bjerkandera adusta* and *Trametes versicolor*. *Phytopathologia Polonica* 38: 7-19.
- Mańka K. 2005. *Fitopatologia leśna*. PWRiL, Warszawa.

- Nsolomo V. R., Venn K., Solheim H. 2000. The ability of some fungi to cause decay in the East African camphor tree, *Ocotea usambarensis*. Mycological Research 104 (12): 1473-1479.
- Obst J. R. 1998. Special (secondary) metabolites from wood. W: Bruce A., Palfreyman J. W. [red.]. Forest products biotechnology. London, Great Britain. 151-165.
- Okino E. Y. A., Pastore T. C. M., Camargos J. A. A., Coradin V. T. R., Teixeira D. E., Santana M. A. E., Fagg C. W. 2015. Accelerated laboratory test of three amazonian wood species called tauari, exposed to white- and brown-rot fungi and color response according to CIE L A B system. Ciência Florestal 25 (3): 581-593.
- Overholts L. O. 1953. The *Polyporaceae* of the United States, Alaska and Kanada. Univ. Mich. Stud. (ser. sci.) 19: 1-466.
- PN-EN 13556: 2005. Drewno okrągłe i tarcica. Terminologia stosowana w handlu drewnem w Europie.
- PN-EN 350: 2016-10. Trwałość drewna i materiałów drewnopochodnych. Badanie i klasyfikacja trwałości drewna i materiałów drewnopochodnych wobec czynników biologicznych.
- Roszaini K., Hale M. D., Salmiah U. 2016. In-vitro decay resistance of 12 Malaysian broadleaf hardwood trees as a function of wood density and extractives compounds. Journal of Tropical Forest Science 28 (4): 533-540.
- Ryvarden L., Gilbertson R. L. 1993. European Polypores. Part I. Grønlands Grafiske A/S, Oslo.
- Ryvarden L., Gilbertson R. L. 1994. European Polypores. Part II. Grønlands Grafiske A/S, Oslo.
- Suprapti S. 2010. Decay resistance of 84 Indonesian wood species against fungi. Journal of Tropical Forest Science 22 (1): 81-87.
- Szczepkowski A. 2010a. Odporność drewna buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.), z drzew o zróżnicowanym stanie zdrowotnym, na rozkład powodowany przez grzyby. Leś. Pr. Bad. 71 (1): 29-38.
- Szczepkowski A. 2010b. Odporność drewna dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.), z drzew o różnym stanie zdrowotnym, na rozkład powodowany przez grzyby. Leś. Pr. Bad. 71 (2): 125-133.
- Theander O., Lundgren L. N. 1989. Monoaryl natural products. W: Rowe J. W. [red.]. Natural Products of Woody Plants I. Springer-Verlag, Berlin. 369-399.
- Wallace G., Fry S. C. 1994. Phenolic components of the plant cell wall. International Review of Cytology 151: 229-267.
- Ważny J. 1968. Współczesne poglądy na rozkład drewna. Sylwan 112 (10): 31-38.