

PAWEŁ ZARZYŃSKI, BOGUSŁAW ANDRES

Laboratoryjna ocena możliwości wykorzystania wybranych związków fenolowych naturalnie występujących w drewnie do zabezpieczania drewna lipowego przed rozkładem przez grzyby*

Laboratory assessment of usability of selected phenolic compounds naturally existing in wood for protection of lime wood against decay caused by fungi

ABSTRACT

Zarzyński P., Andres B. 2010. Laboratoryjna ocena możliwości wykorzystania wybranych związków fenolowych naturalnie występujących w drewnie do zabezpieczania drewna lipowego przed rozkładem przez grzyby. Sylwan 154 (8): 515-523.

Paper presents results of laboratory experiments on the usability of selected phenolic compounds naturally existing in wood for artificial wood protection against wood decay caused by fungi. Some of these substances are believed to work as inhibitors of mycelium's growths and prevent wood against biological destruction. Six different phenolic compounds were tested individually or mixed together. Lime wood samples were artificially saturated by their water solutions using vacuum methods. Then they were put on the mycelium of *Laetiporus sulphureus* and *Trametes versicolor*. The samples were taken out after 30, 60 and 90 days. The loss of their weight was compared with control samples saturated only by water. The differences between these results allowed to improve the potential ability of particular natural compounds for artificial wood protection against biological decay.

KEY WORDS

wood decay, *Tilia cordata*, wood protection, phenolic compounds, *Laetiporus sulphureus*, *Trametes versicolor*

ADDRESSES

Paweł Zarzyński⁽¹⁾ – e-mail: pawel.zarzyński@wp.pl

Bogusław Andres⁽²⁾ – e-mail: boguslaw_andres@sggw.pl

⁽¹⁾ Katedra Ochrony Lasu i Ekologii; Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego; ul. Nowoursynowska 159; 02-766 Warszawa

⁽²⁾ Katedra Nauki o Drewnie i Ochrony Drewna; Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego; ul. Nowoursynowska 159; 02-766 Warszawa

Wstęp

Drewno jest materiałem o niejednorodnej i stosunkowo skomplikowanej budowie chemicznej. Stanowiące około 95% jego suchej masy makroskładniki, takie jak celuloza, hemicelulozy czy lignina są znane od dawna i szeroko opisywane w literaturze [Krzysik 1978]. Pozostałe 5% suchej masy drewna stanowi mieszanina bardzo wielu różnych substancji: wosków, żywic, terpenów, itp. Jej skład nie został jeszcze do końca poznany. Znaczący udział wśród tych substancji odgrywają związki o charakterze fenolowym. Zdaniem wielu badaczy pełnią one w drewnie

* Praca naukowa finansowana ze środków Komitetu Badań Naukowych w latach 2004-2006 jako projekt badawczy nr 2 P06L 044 27

rozmaite funkcje, w tym mogą stanowić naturalne inhibitory wzrostu grzybni przeciwdziałające jego rozkładowi przez grzyby saprotroficzne i pasożytnicze [Rayner, Boddy 1988; Theander, Lundgren 1989; Charlwood, Rhodes 1990; Davin i in. 1992; Wallace, Fry 1994; Kermasha i in. 1995; Obst 1998; Evensen i in. 2000].

Na podstawie analiz jakościowo-ilościowych drewna przeprowadzonych metodami chromatograficznymi można stwierdzić, że występuje w nim co najmniej 47 różnych związków o charakterze fenolowym. Spośród nich co najmniej 38 substancji jest możliwych do zidentyfikowania i zaszeregowania. Związki te są obecne w próbkach drewna pobranych od wszystkich poddanych badaniom gatunków drzew, jednak występują w bardzo zróżnicowanych ilościach w zależności od gatunku [Zarzyński 2009a].

Na podstawie analizy statystycznej tempa rozkładu próbek drewna poszczególnych gatunków drzew przez różne gatunki grzybów testowych w porównaniu z udziałem w suchej masie tego drewna poszczególnych związków fenolowych, można wyodrębnić grupę potencjalnych inhibitorów wzrostu grzybni. Należy do nich 10 substancji: 2-cyklopenten-1-on-2-hydroksy-3-metylo, 2-metoksy-4-propenylo fenol (izoeugenol), 3',5'-dimetoksyacetofenon, furanon (2-furanon), 1,4-butanodiamina-2,3-dimetoksy N,N,N',N' tetrametyl, rezorcynol (rezorcyna, 1,3-dihydroxybenzen), 1,6-anhydro-beta-D-glukopiranoza (levoglukosan), kwas acetylobenzoesowy-2,5-dimetoksy, 2,5-furanodion-3-metylo oraz 2,6-dimetoksy fenol (syringol) [Zarzyński 2009b]. Testy pożywkowe tych związków nie potwierdzają jednak ich predyspozycji w tym zakresie. Niemal wszystkie testowane substancje o charakterze fenolowym naturalnie występujące w drewnie najprawdopodobniej nie wykazują istotnych zdolności do powstrzymania wzrostu grzybni na pożywce. Jedynie eugenol oraz izoeugenol posiadają znikome właściwości fungistatyczne, które nie wydają się być wystarczające z punktu widzenia ich ewentualnego zastosowania do praktycznego zwalczania grzybów rozkładających drewno [Zarzyński 2009c].

Nie można jednak wykluczyć, że mimo przypuszczalnego braku potencjalnych zdolności fungistatycznych *in vitro* (w pożywce) w tradycyjnym rozumieniu tego określenia (a więc umiejętności do przenikania bezpośrednio do komórek grzybni i blokowania procesów oddychania, upośledzania możliwości wymiany substancji z otoczeniem oraz uniemożliwiania syntezy białek, kwasów nukleinowych i ergosterolu [Borecki 1996; Kryczyński 2000]) niektóre z testowanych związków chemicznych mogą wykazywać dużo większą skuteczność w tym zakresie. Celem niniejszej pracy było zweryfikowanie tej teorii przez poddanie próbek drewna nasyconych roztworami wybranych związków chemicznych o charakterze fenolowym naturalnie występujących w drewnie oraz ich mieszanin kontrolowanemu rozkładowi na grzybni grzybów testowych w warunkach laboratoryjnych. Uzyskane wyniki mogą przesądzić o możliwości ewentualnego wykorzystania tych związków do praktycznej ochrony drewna przed jego korozją biologiczną.

Materiał i metody

Badania laboratoryjne przeprowadzono w oparciu o wytyczne zawarte w normie PN-EN 350-1 [2000]. Posłużono się metodą klockową, polegającą na ocenie stopnia kontrolowanego rozkładu próbek drewna nasyconych roztworami testowanych związków chemicznych przez grzyby testowe. Wytypowano 6 związków fenolowych naturalnie występujących w drewnie 25 badanych gatunków drzew [Zarzyński 2009a] oraz 4 ich mieszaniny, które podczas przeprowadzonych uprzednio testów pożywkowych metodą AG wykazywały najwyższy stopień fungitoksyczności [Zarzyński 2009c].

Do testów laboratoryjnych wykorzystano próbki wykonane z sezonowanego drewna *Tilia cordata* pochodzącego z rdzeniowej części pnia. Zostały one przygotowane przez specjalistyczny zakład stolarski współpracujący z Katedrą Nauki o Drewnie i Ochrony Drewna SGGW. Ogółem wykonano około 450 próbek o wymiarach 50×25×15 mm. Próbki były klimatyzowane w suchym i przewiewnym pomieszczeniu przez okres 60 dni, do uzyskania stałej masy. Przed zastosowaniem w badaniach wszystkie próbki zważono na wadze laboratoryjnej z dokładnością do 0,001 g.

Do wysterylizowanych (autoklawowanie w temperaturze 121°C przez przynajmniej 30 minut) słoików Wecka o pojemności 1500 ml rozlano po 20 ml pożywki agarowo-maltozowo-brzeczkowej o składzie: agar Difco – 20 g, ekstrakt maltozowy Difco – 15 g, woda destylowana – 750 ml, brzeczka piwna niechmielona – 250 ml. Zastosowana brzeczka pochodziła z Browaru „Jabłonowo” i pobrana została w tym samym czasie z jednego pojemnika, miała więc identyczny skład chemiczny, dzięki czemu uzyskaną pożywkę można uznać za zestandaryzowaną. Po 24 godzinach na zestalonej pożywce zaszczerpiono inokulaty grzybów testowych, którymi były *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill oraz *Trametes versicolor* (L.) Lloyd. Gatunki te występują powszechnie w naturze oraz powodują odmienne typy rozkładu drewna (*Laetiporus sulphureus* – rozkład brunatny, *Trametes versicolor* – rozkład biały jednolity). Stanowią ponadto klasyczne grzyby testujące stosowane w badaniach laboratoryjnych nad rozkładem drewna. Wykorzystane szczepy grzybni pochodziły z kolekcji czystych kultur grzybniowych Zakładu Fitopatologii i Mikologii Leśnej SGGW i zostały wcześniej wyizolowane z drewna dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) pochodzącego z lasów Nadleśnictwa Radziwiłłów.

Po inokulacji zamknięte naczynia zostały umieszczone w cieplarni w temperaturze 21°C. Po 21 dniach na wyhodowanej w nich grzybni umieszczono na podkładkach szklanych po dwie próbki drewna nasycone 0,1% roztworami wodnymi związków fenolowych (izoeugenol, eugenol, rezorcynol, 2,6-dimetoksyfenol, pirogalol, 2-furaldehyd) i ich mieszanin (eugenol + izoeugenol, pirogalol + rezorcynol, eugenol + rezorcynol i izoeugenol + rezorcynol). Wszystkie mieszaniny wykonano w stosunku 1:1. Nasywanie próbek przeprowadzono w Zakładzie Ochrony Drewna Katedry Nauki o Drewnie i Ochrony Drewna SGGW. Posłużono się metodą próżniową przy zastosowaniu suszarki próżniowej SHELLAB typ 1425 połączonej z pompą próżniową BUCHI V-700 z kontrolerem próżni V-850. Część próbek, mających stanowić materiał kontrolny, nasycono wodą destylowaną bez dodatku innych substancji chemicznych.

Naczynia szklane z umieszczonymi w nich próbkami drewna wstawiono na powrót do cieplarki i poszczególne ich partie wyjmowano po 30, 60 i 90 dniach. Dla każdego testowanego związku chemicznego i czasu inkubacji przebadano 6 próbek (3 naczynia). Po wyjęciu z naczyń kawałki drewna zostały oczyszczone z resztek grzybni, wysuszone w cieplarni i zważone na wadze laboratoryjnej z dokładnością 0,001 g. Ubytek masy odzwierciedlał stopień rozkładu danej próbki przez grzyby. Został on wyrażony w procentach według wzoru:

$$\Delta M = (M_0 - M_1) / M_0 \cdot 100$$

gdzie:

ΔM – procentowy ubytek masy próbki [%],

M_0 – masa próbki przed inkubacją [g],

M_1 – masa próbki po inkubacji [g].

Masę poszczególnych próbek przed inkubacją określono na podstawie grupy 50 próbek porównawczych, które zważono po klimatyzacji i następnie wysuszono w suszarce elektrycznej w temperaturze 103°C do masy absolutnie suchej. Czas suszenia wynosił minimalnie 72 godziny.

Bezpośrednio po wyjęciu z suszarki, próbki porównawcze zostały powtórnie zważone na wadze laboratoryjnej z dokładnością 0,001 g. Następnie obliczono średnią procentową wilgotność próbek. Masę poszczególnych próbek testowych przed inkubacją określono na podstawie wzoru:

$$M_{t_0} = 100 \cdot M_u \cdot (100 - u)$$

gdzie:

M_{t_0} – masa absolutnie suchej próbki [g]

M_u – masa próbki po klimatyzacji [g]

u – średnia wilgotność próbek [%].

Różnice ubytku masy drewna między próbkami drewna nasyconymi każdym z testowanych związków chemicznych lub ich mieszaniną a próbkami kontrolnymi testowano przy pomocy analizy wariancji i testu porównań wielokrotnych (metoda NIR – Najmniejszej Istotnej Różnicy). Oddzielne analizy przeprowadzono dla 30-, 60- i 90-dniowego okresu rozkładu przy poziomie ufności 95%.

Wyniki

W doświadczeniu przebadano łącznie 396 próbek drewna umieszczonych w 198 naczyniach. W przypadku drewna lipowego testowanego za pomocą *Laetiporus sulphureus*, po 30 dniach ekspozycji na grzybni najwolniej rozkładane były próbki nasycone 2,6-dimetoksyfenolem (średni ubytek masy 0,65%), mieszaniną eugenolu i izoeugenolu (0,72%) oraz 2-furaldehydem (0,90%), zaś najszybciej próbki nasycone mieszaniną eugenolu i rezorcynolu (1,87%), izoeugenolu i rezorcynolu (1,42%) oraz wodą (próbki kontrolne) (1,34%) (tab. 1). Przy założonym poziomie ufności nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic między tempem rozkładu próbek kontrolnych a tempem rozkładu próbek nasyconych którąkolwiek z testowanych substancji fenolowych lub ich mieszanin (tab. 2). Dla drewna testowanego przez 60 dni najwolniej rozkładane były próbki nasycone 2-furaldehydem (1,67%), eugenolem (1,96%) i pirogalolem (1,96%), zaś najszybciej próbki nasycone mieszaniną eugenolu i izoeugenolu (3,02%), wodą (próbki kontrolne) (2,43%) oraz 2,6-dimetoksyfenolem (2,35%) (tab. 1). Podobnie jak w przy-

Tabela 1.

Średni procentowy ubytek masy próbek drewna lipowego nasyconych wybranymi substancjami fenolowymi w porównaniu z próbkami kontrolnymi nasyconymi wodą – grzyb testujący *Laetiporus sulphureus*

The average percentage loss of mass of lime wood samples saturated by chosen phenolic compounds in comparison with control samples saturated by water – testing fungus *Laetiporus sulphureus*

	Po 30 dniach	Po 60 dniach	Po 90 dniach
Izo Eugenol	1,33	2,07	4,96
Eugenol	1,20	1,96	2,02
Rezorcy nol	1,28	2,04	2,56
2,6-dimetoksyfenol	0,65	2,35	2,64
Pirogalol	1,25	1,96	2,23
2-furaldehyd	0,90	1,67	5,64
Eugenol + izoeugenol	0,72	3,02	13,33
Pirogalol + rezorcynol	1,21	2,23	2,33
Eugenol + rezorcynol	1,87	2,06	2,6
Izo Eugenol + rezorcynol	1,42	2,03	3,15
Kontrola	1,34	2,43	5,93

padku doświadczenia 30-dniowego, również nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic między tempem rozkładu próbek kontrolnych a tempem rozkładu próbek nasyconych którąkolwiek z testowanych substancji fenolowych lub ich mieszanin (tab. 2). W przypadku drewna testowanego na grzybni tego samego gatunku grzyba przez okres 90 dni, najwolniej rozkładane były próbki nasycone eugenolem (2,02%), pirogalolem (2,23%) oraz mieszaniną pirogalolu i rezorcynolu (2,33%). Z kolei do najszybciej rozkładanych należały próbki nasycone mieszaniną eugenolu i izoeugenolu (13,33%), wodą (próbki kontrolne) (5,93%) oraz 2-furaldehydu (5,64%) (tab. 1). Statystyczną istotność różnicy w tempie rozkładu wobec próbek kontrolnych stwierdzono wyłącznie w przypadku mieszaniny eugenolu i izoeugenolu. Pozostałe związki i mieszaniny nie różniły się tempem rozkładu od próbek kontrolnych (tab. 2).

Dla drewna lipowego testowanego na grzybni *Trametes versicolor* po 30 dniach ekspozycji najwolniej rozkładane były próbki nasycone 2-furaldehydem (3,06%), pirogalolem (3,69%) i 2,6-dimetoksyfenolem (4,38%). Z kolei najszybszy rozkład zanotowano dla próbek nasyconych rezorcynolem (5,73%), eugenolem (5,39%) oraz mieszaniną eugenolu i rezorcynolu (5,19%) (tab. 3). Statystycznie istotną różnicę w tempie rozkładu wobec próbek kontrolnych stwierdzono jednak wyłącznie w przypadku 2-furaldehydu (tab. 4). W wariancie doświadczenia trwającym 60 dni najwolniejszym tempem rozkładu charakteryzowały się próbki nasycone eugenolem (5,53%), 2-furaldehydem (9,56%) oraz 2,6-dimetoksyfenolem (11,69%). Najszybsze tempo rozkładu zanotowano dla próbek nasyconych wodą (22,76%), pirogalolem (15,94%) oraz mieszaniną izoeugenolu i rezorcynolu (15,87%) (tab. 3). Przy założonym poziomie ufności stwierdzono statystyczną istotność różnic między tempem rozkładu próbek kontrolnych a tempem rozkładu próbek nasyconych każdą z testowanych substancji fenolowych lub ich mieszanin (tab. 4). Po 90 dniach ekspozycji na grzybni *Trametes versicolor* najwolniej rozkładane były próbki drewna nasycone 2,6-dimetoksyfenolem (17,93%), 2-furaldehydem (19,18%) oraz mieszaniną pirogalolu i rezorcynolu (26,39%). Do najszybciej rozkładanych zaliczały się próbki nasycone eugenolem (33,64%), wodą (32,45%) oraz mieszaniną eugenolu i rezorcynolu (31,26%) (tab. 3). Statystyczną istotność różnicy w tempie rozkładu wobec próbek kontrolnych stwierdzono w przypadku izoeugenolu, 2,6-dimetoksyfenolu, 2-furaldehydu, a także mieszanin eugenolu i izoeugenolu oraz pirogalolu i rezorcynolu (tab. 4).

Tabela 2.

Różnica tempa rozkładu drewna nasyconego poszczególnymi substancjami fenolowymi i wodą (kontrola) po 30, 60 i 90 dniach ekspozycji – grzyb testujący *Laetiporus sulphureus*

Difference in decay pace between wood samples saturated by tested phenolic compounds and water (control) after 30, 60 and 90 days of exposition – testing fungus *Laetiporus sulphureus*

	Po 30 dniach	Po 60 dniach	Po 90 dniach
Izo Eugenol	-0,00350	-0,36180	-0,96596
Eugenol	-0,13637	-0,47231	-3,90691
Rezorcy nol	0,05278	0,39420	3,37388
2,6-dimetoksyfenol	-0,69054	-0,08610	-3,29401
Pirogalol	0,08219	0,47702	3,70332
2-furaldehyd	-0,44085	-0,76421	-0,29166
Eugenol + izoeugenol	-0,61824	0,58488	7,39794*
Pirogalol + rezorcynol	0,13011	0,20115	-3,24872
Eugenol + rezorcynol	0,52909	-0,37468	3,59674
Izo Eugenol + rezorcynol	0,08604	-0,40229	-2,78243

* wartość istotna na poziomie 0,05, test NIR; value significant at 0.05 level, LSD test

Tabela 3.

Średni procentowy ubytek masy próbek drewna lipowego nasyconych wybranymi substancjami fenolowymi w porównaniu z próbkami kontrolnymi nasyconymi wodą – grzyb testujący *Trametes versicolor*
The average percentage loss of mass of lime wood samples saturated by chosen phenolic compounds in comparison with control samples saturated by water – testing fungus *Trametes versicolor*

	Po 30 dniach	Po 60 dniach	Po 90 dniach
Izo Eugenol	5,12	14,46	28,01
Eugenol	5,39	5,53	33,64
Rezorcyrol	5,73	13,26	30,29
2,6-dimetoksyfenol	4,38	11,69	17,93
Pirogalol	3,69	15,94	29,56
2-furaldehyd	3,06	9,56	19,18
Eugenol + izoeugenol	4,56	12,58	28,24
Pirogalol + rezorcyrol	4,84	11,99	26,39
Eugenol + rezorcyrol	5,19	14,27	31,26
Izo Eugenol + rezorcyrol	5,07	15,87	29,96
Kontrola	4,48	22,76	32,45

Tabela 4.

Różnica tempa rozkładu drewna nasyconego poszczególnymi substancjami fenolowymi i wodą (kontrola) po 30, 60 i 90 dniach ekspozycji – grzyb testujący *Trametes versicolor*
Difference in decay pace between wood samples saturated by tested phenolic compounds and water (control) after 30, 60 and 90 days of exposition – testing fungus *Trametes versicolor*

	Po 30 dniach	Po 60 dniach	Po 90 dniach
Izo Eugenol	0,28310	-8,30049*	-4,44659*
Eugenol	0,55315	-17,22660*	1,19006
Rezorcyrol	-0,89129	9,49793*	2,16668
2,6-dimetoksyfenol	-0,45987	-11,06340*	-14,52030*
Pirogalol	1,14680	6,81211*	2,89026
2-furaldehyd	-1,77774*	-13,19340*	-13,27040*
Eugenol + izoeugenol	-0,27548	-10,18030*	-4,20980*
Pirogalol + rezorcyrol	0,00095	10,76570*	6,06572*
Eugenol + rezorcyrol	0,34837	-8,49040*	-1,19468
Izo Eugenol + rezorcyrol	0,22872	-6,88352*	-2,49351

* wartość istotna na poziomie 0,05, test NIR; value significant at 0.05 level, LSD test

Dyskusja

Porównanie stopnia rozkładu drewna pochodzącego z próbek nasączonych poszczególnymi związkami chemicznymi ze stopniem rozkładu drewna z próbek kontrolnych pozwoliło na weryfikację domniemych właściwości tych substancji w zakresie zabezpieczania drewna *Tilia cordata* przed rozkładem przez grzyby. Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że niektóre substancje fenolowe naturalnie występujące w drewnie wykazują ograniczone działanie impregnacyjne, zabezpieczające ten surowiec przynajmniej przed niektórymi gatunkami grzybów. W sposób szczególny dotyczy to *Trametes versicolor*, będącego typowym przedstawicielem grzybów powodujących biały jednolity rozkład drewna. Związkiem powstrzymującym rozwój jego grzybni o najwyraźniejszym działaniu wydaje się być 2-furaldehyd. W przypadku próbek drewna nasyconych jego roztworem stwierdzono istotne pod względem statystycznym różnice w tempie rozkładu względem próbek kontrolnych we wszystkich trzech wariantach czasowych doświadczenia. Obiecująco prezentuje się również 2,6-dimetoksyfenol, w którego

przypadku zanotowano najwolniejsze tempo rozkładu nasyconych nim próbek drewna w 90-dniowym wariancie doświadczenia. Może to wskazywać na potencjalną przydatność tego środka w praktyce do ochrony surowca drzewnego oraz zabezpieczania drewna użytkowego przed rozkładem przez grzyby.

Przeprowadzone badania wykazały bardzo interesujące działanie eugenolu. Próbki drewna nasycone roztworem tego związku były bardzo wolno rozkładane przez grzybnię *Trametes versicolor* po 60 dniach ekspozycji, jednak po 90 dniach działanie to praktycznie całkowicie zanikło i próbki były rozkładane w stopniu porównywalnym do próbek kontrolnych. Tym samym nie jest wykluczone, że eugenol może znaleźć praktyczne zastosowanie do krótkoterminowego zabezpieczania surowca drzewnego przed rozkładem przez grzyby (np. na składach drewna). Mniej lub bardziej krótkoterminowe działanie fungistatyczne charakteryzuje zresztą większość innych badanych substancji, których wyniki w testach 60-dniowych były na ogół dużo bardziej obiecujące niż w testach 90-dniowych.

W przypadku badań prowadzonych na grzybni *Laetiporus sulphureus* zastanawiającym może być fakt stosunkowo nieznacznego ubytku masy próbek kontrolnych, nasyconych wyłącznie wodą destylowaną (po 90 dniach ekspozycji na grzybni wynosił on średnio zaledwie 6%). Wcześniejsze badania tempa rozkładu drewna różnych gatunków drzew przez ten sam szczep grzybni pozwoliły stwierdzić średni ubytek masy próbek po analogicznym okresie ekspozycji równy od 0,31 do 16,01% (w zależności od gatunku drzewa z którego pochodziły próbki). Dla drewna *Tilia cordata* wartość ta wyniosła 15,48% [Zarzyński 2009d]. W badaniach tych zastosowano jednak nieco odmienną metodykę. Również wcześniejsze doświadczenia [Zarzyński 2005] prowadzone na innym szczepie grzybni tego gatunku dały podobne wyniki (od 17,21 do 21,09%, w zależności od części pnia, z której pochodziły próbki drewna). Na podkreślenie zasługuje jednak fakt, że w tym samym doświadczeniu inny szczep grzybni *Trametes versicolor* spowodował po 90 dniach ubytek masy próbek kontrolnych wykonanych z drewna lipowego równy średnio od 10,78 do 17,36%, a więc daleko mniejszy od wyników opisywanych w niniejszej pracy.

Głównymi przyczynami występowania różnic w tempie rozkładu drewna danego gatunku drzewa przez grzybnię określonego gatunku grzyba może być wiele czynników, wśród których do najważniejszych należą pochodzenie szczepu grzybni oraz pochodzenie drewna (zarówno geograficzne, jak i w obrębie pnia). Wiele gatunków grzybów wykazuje bardzo znaczne wahania co do zakresu tempa rozkładu surowca drzewnego – szczegółowe badania na ten temat były prowadzone zwłaszcza w przypadku niektórych grzybów domowych [Ważny 1963]. Natomiast co do lokalizacji w obrębie pnia, najczęściej wolniej rozkładane jest drewno twarde (w przypadku gatunków drzew wytwarzających twarde) lub pochodzące z centralnej, tj. przyrdzeniowej części pnia (w przypadku pozostałych gatunków drzew) [Zarzyński 2005].

Opisywany eksperyment udowodnił istnienie ograniczonego działania fungistatycznego szeregu naturalnie występujących w drewnie związków o charakterze fenolowym oraz ich mieszanin. Należy jednak zaznaczyć, że jest ono o wiele słabsze niż działanie syntetycznych środków chemicznych stosowanych do ochrony drewna oraz nowoczesnych fungicydów systemicznych, takich jak Falcon 460 EC oraz Preventol R 80 [Zarzyński 2005]. Przewaga naturalnych związków polega jednak na mniejszym obciążeniu środowiska naturalnego. Poza tym mogą one znaleźć praktyczne zastosowanie również do zabezpieczania przed rozkładem drewna żywych drzew, w tym wyjątkowo cennych pomników przyrody, w przypadku których użycie środków syntetycznych wiązałoby się z licznymi kontrowersjami oraz stanowiłoby potencjalne zagrożenie dla ich życia i zdrowia.

Wnioski

- ✦ Badane naturalnie występujące w drewnie substancje o charakterze fenolowym oraz ich mieszaniny nie wykazują właściwości impregnacyjnych drewna względem grzybni *Laetiporus sulphureus* (grzyb rozkładu brunatnego).
- ✦ Niektóre z badanych substancji oraz ich mieszanin wydają się działać jako katalizatory przyspieszające wzrost grzybni *Laetiporus sulphureus* i zwiększające tempo rozkładania przez nią drewna. W sposób szczególny dotyczy to mieszaniny eugenolu i izoeugenolu.
- ✦ Większość badanych substancji i ich mieszanin wykazuje właściwości impregnacyjne drewna względem grzybni *Trametes versicolor* (grzyb rozkładu białego jednolitego). Dotyczy to w szczególności 2-furaldehydu, izoeugenolu, 2,6-dimetoksyfenolu, a także mieszanin eugenolu i izoeugenolu oraz pirogalolu i rezorcynolu.
- ✦ Nie stwierdzono, aby jakakolwiek z badanych substancji lub ich mieszanin działała jako katalizator, przyspieszając w istotny sposób wzrost grzybni *Trametes versicolor*.
- ✦ Wydaje się, że liczne substancje o charakterze fenolowym naturalnie występujące w drewnie mogą znaleźć potencjalne praktyczne zastosowanie do zabezpieczania tego surowca przed rozkładem przez grzyby typu białego jednolitego. Ich analogiczne zastosowanie względem grzybów rozkładu brunatnego wydaje się natomiast wątpliwe. Potwierdzenie tej tezy wymaga jednak dalszych praktycznych prób i doświadczeń.

Literatura

- Borecki Z. 1996. Nauka o chorobach roślin. PWRiL. Warszawa.
- Charlwood B. V., Rhodes M. J. C. 1990. Secondary products from plant tissue culture. Oxford. Clarendon Press.
- 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.
- Evensen P. C., Solheim H., Høiland K., Stenersen J. 2000. Induced resistance of Norway spruce, variation of phenolic compounds and their effects of fungal pathogens. Forest Pathology 30: 97-109.
- Kermasha S., Goetghebeur M., Dumont J. 1995. Determination of phenolic compound profiles in maple products by high-performance liquid chromatography. J. Agric. Food Chem. 43: 708-716.
- Krzyżyński S. 2000. Podstawy fitopatologii. Fundacja Rozwój SGGW. Warszawa.
- Krzyśik F. 1978. Nauka o drewnie. Państwowe Wydawnictwo Naukowe. Warszawa.
- Obst J. R. 1998. Special (secondary) metabolites from wood. W: Bruce A., Palfreyman J. W. [red.]. Forest products biotechnology. Taylor & Francis, London. 151-165.
- PN-EN 350-1. 2000. Trwałość drewna i materiałów drewnopochodnych. Naturalna trwałość drewna litego. Wytyczne dotyczące zasad badania i klasyfikacji naturalnej trwałości drewna.
- Rayner A. D. M., Boddy L. 1988. Fungal decomposition of wood – its biology and ecology. John Wiley and Sons. Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore.
- Theander O., Lundgren L. N. 1989. Monoaryl natural products. W: Rowe J. W. [red.]. Natural Products of Woody Plants I. Springer-Verlag, Berlin.
- Wallace G., Fry S. C. 1994. Phenolic components of the plant cell wall. Int. Rev. Cytol. 151: 229-267.
- Ważny J. 1963. Studia porównawcze nad różnymi szczepami grzybów *Coniophora cerebella* Pers. i *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr. Folia Forestalia Polonica 5: 37-62.
- Zarzyński P. 2005. Laboratoryjna ocena przydatności wybranych fungicydów systemicznych do zabezpieczania drewna przed rozkładem powodowanym przez grzyby. Acta Scientiarum Polonorum Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria 4 (1): 141-150.
- Zarzyński P. 2009a. Identyfikacja i analiza ilościowa substancji o charakterze fenolowym naturalnie występujących w drewnie wybranych gatunków drzew europejskich i egzotycznych. Leśne Prace Badawcze 70 (1): 27-39.
- Zarzyński P. 2009b. Ocena zależności między występowaniem w drewnie substancji o charakterze fenolowym a jego rozkładem przez wybrane gatunki grzybów saprotroficznych i pasożytniczych. Leśne Prace Badawcze 70 (2): 113-122.
- Zarzyński P. 2009c. The evaluation of *in vitro* fungitoxicity of chosen phenolic compounds naturally existing in wood by using the AG nutrient agar medium tests. Acta Scientiarum Polonorum Silvarum Colendarum et Industria Lignaria 8 (1): 43-54.
- Zarzyński P. 2009d. Zdolność do dekompozycji drewna wybranych gatunków grzybów – sprawców rozkładu typu brunatnego w warunkach *ex situ*. Sylwan 153 (8): 548-562.

SUMMARY**Laboratory assessment of usability of selected phenolic compounds naturally existing in wood for protection of lime wood against decay caused by fungi**

The chemical composition of wood is very complicated. It is made up by three main components: cellulose, lignin and a group of hemicelluloses, co-existing with a huge amount of other chemical substances. Among them there is a lot of phenolic compounds still not exactly identified and described. There are many suggestions in mycological literature that some of them might work as natural inhibitors of biological destruction of wood protecting this material against decay caused by fungi. To check this theory some phenolic compounds naturally existing in wood were selected basing on present wood analysis and researches. They were qualified to laboratory sample's test. Six different substances were tested individually (Isoeugenol, Eugenol, Resorcinol, 2,6-dimethoxyphenol, Pyrogallol, 2-Furaldehyde) and as 1:1 mixtures (Eugenol + Isoeugenol, Pyrogallol + Resorcinol, Eugenol + Resorcinol, Isoeugenol + Resorcinol). Lime wood samples were artificially saturated by water solutions of analysed compounds using vacuum methods. Some samples, intended as a control material, were saturated only by distilled water. Then all samples were put in laboratory conditions on mycelium of *Laetiporus sulphureus* (brown pattern of wood decay) and *Trametes versicolor* (white pattern of wood decay). After 30, 60, and 90 days they were taken out, cleaned, dried and weighted. The differences between loss of mass of samples saturated by particular phenolic compounds or their mixtures and control samples indicated the true usability of these substances for wood protection against testing fungi.

The results showed that none of tested substances was able to stop wood destruction caused by *L. sulphureus* effectively. Moreover, some of them seemed to work as natural catalysts, speeding up the growth of its mycelium. On the other hand some of tested phenolic compounds were able to stop growth of mycelium of *T. versicolor*. The most promising results were obtained for 2-Furaldehyde, Isoeugenol, 2,6-dimethoxyphenol, Eugenol + Isoeugenol and Pyrogallol + Resorcinol. The efficiency of their work (proofed by statistical analysis) was so intensive that they may be recognized as natural growth inhibitors of *T. versicolor* and, probably, other species of fungi causing white pattern of wood decay. It is possible that some of the phenolic compounds could be used in future for artificial wood conservancy but they should be tested before not only in laboratory but also in practical conditions.