

Paweł Zarzyński¹

Wpływ iniekcji wybranych substancji fenolowych do pni żywych drzew na rozkład drewna powodowany przez grzyby

The influence of phenolic compounds injections to the stems of living trees on wood decay caused by fungi

Abstract. In this paper results of an experiment with artificial application of some phenolic compounds to the stems of living trees are shown. It was made to increase natural wood resistance against fungi responsible for its decay. 35 young oak-trees growing in the stands from central Poland were chosen. First, they were carefully measured and their average masses were calculated. Then they were divided on seven groups, each one consisting of 5 trees. Five of these groups were treated with chosen phenolic compounds: eugenol, isoeugenol, resorcinol, pyrogallol and 2-furaldehyde. The sixth group was treated only with water and the last one was a control group (without any treatment). Phenolic compounds and water were applied directly to the stems using hydrostatic injections. The application was made three times in 7-day period. Seven days after the last treatment all 35 trees were cut down and collected wood samples were measured, dried and weighted. Then, the samples were exposed on the mycelium of two testing fungus species: *Laetiporus sulphureus* and *Trametes versicolor*. After 30 and 60 days wood samples were put out, dried and weighted once again. Then the loss of their mass was calculated. The experiment showed that wood collected from trees treated only with water and from control trees (without any injections) was decayed much faster than wood collected from trees injected with every of 5 tested phenolic compounds.

The experiment showed that phenolic compounds play an important role in natural wood protection against fungi causing huge damages to trees. They are able to be applied straightly to the stems and protect them ‘from inside’.

Key words: tree injection, natural wood protection, eugenol, isoeugenol, 2-furaldehyde, resorcinol, pyrogallol

1. Wstęp

Zdaniem wielu badaczy zajmujących się chemią drewna wśród obecnych w nim organicznych związków chemicznych o charakterze fenolowym znajdują się substancje mające właściwości fungistatyczne, które odpowiadają za naturalną ochronę drewna przed rozkładem powodowanym przez grzyby (m.in. Charlwood et Rhodes 1989, Davin et al. 1992, Evensen et al. 2000, Kermasha et al. 1995, Obst 1998, Theander et Lundgren 1989, Wallace et Fry 1994). Wyniki analiz chemicznych wskazują, że w drewnie 25 badanych gatunków drzew występuje co najmniej 38 substancji fenolowych w ilościach zróżnicowanych w zależności od danego gatunku

drzewa (Zarzyński 2009a). Z kolei laboratoryjne badania stopnia rozkładu surowca drzewnego przez wybrane grzyby pasożytnicze i saprotroficzne wykazały istnienie dużych różnic w tym zakresie (Zarzyński 2007, 2009 b,c,d). Analiza statystyczna korelacji powyższych cech ujawniła istnienie licznych powiązań pomiędzy zawartością w drewnie niektórych substancji o charakterze fenolowym a stopniem jego rozkładu przez określone gatunki grzybów (Zarzyński 2009e).

Na podstawie uzyskanych wyników wytypowano 10 związków fenolowych – potencjalnych naturalnych inhibitorów wzrostu grzybni. Testy laboratoryjne wytypowanych substancji przy zastosowaniu metody żywokowej AG nie potwierdziły jednak tej hipotezy

¹ Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Katedra Ochrony Lasu i Ekologii, Zakład Mikologii i Fitopatologii Leśnej, ul. Nowoursynowska 159/34, 02-766 Warszawa, Polska, Fax +48 22 59 38 154, e-mail: pawel.zarzyński@wp.pl

(Zarzyński 2009f). W warunkach *ex vivo*, a więc poza drewnem, testowane związki chemiczne nie wykazywały bowiem zdolności fungistatycznych istotnych z punktu widzenia ochrony drewna, znacznie ustępując pod tym względem tradycyjnym fungicydom syntetycznym (Zarzyński 2004a).

Według literatury (Rayner et Boddy 1988, Evensen et al. 2000) substancje fenolowe potrafią jednak łączyć się z obecnymi w drewnie białkami, obniżając tym samym dla danego gatunku grzyba dostępność zaatakowanej przez niego tkanki drzewnej. Nie jest więc wykluczone, że niektóre z testowanych związków chemicznych podane bezpośrednio do drewna, a zwłaszcza do drewna żywych drzew, mogą wykazywać taki właśnie mechanizm działania, w naturalny sposób skutecznie zabezpieczając je przed rozkładem przez grzyby, mimo braku posiadania typowych zdolności fungistatycznych możliwych do wykrycia w warunkach *ex vivo*. Aby potwierdzić to założenie, wykonano doświadczenie terenowe polegające na iniekcji roztworów wodnych wybranych substancji fenolowych do pni żywych dębów rosnących w drzewostanie. Uzyskane z nich drewno oceniono następnie pod kątem jego rozkładu przez grzyby, otrzymując wyniki obrazujące rzeczywistą zdolność (lub jej brak) do „zabezpieczania drewna” w warunkach naturalnych przed rozkładem powodowanym przez grzyby, wykazywaną w warunkach *in vivo* przez badane substancje chemiczne.

2. Materiały i metody

Badania terenowe wykonano na młodych (ok. 30-letnich) dębach szypułkowych (*Quercus robur* L.) rosnących w lasach Nadleśnictwa Radziwiłłów (Leśnictwo Młodzieszyn, Uroczysko Januszew, oddz. 41). Każde z drzew objętych doświadczeniem zostało wstępnie pomierzone przy użyciu wysokościomierza optycznego Suunto (wysokość) oraz średnicomierza (pierzniça), a następnie oszacowano jego miąższość przy zastosowaniu następującego wzoru empirycznego (Bruchwald et al. 1994):

$$V_{bk} = F_3 G_0 H (m^3)$$

gdzie:

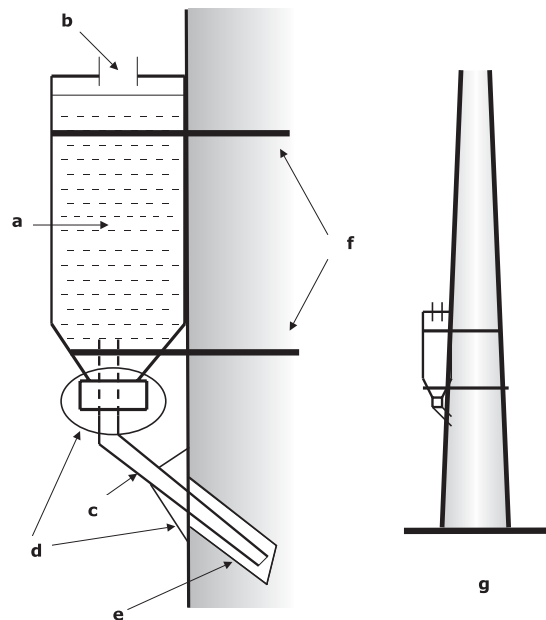
$$F_3 = 0,4302 \times D - 0,0334$$

Na tej podstawie, korzystając z danych uzyskanych we wcześniejszych badaniach (średnia gęstość drewna dębowego wynosi $0,5783 \text{ g/cm}^3$) (Zarzyński 2009a), obliczono przybliżoną masę drewna i przyjęto jednorazową dawkę związku fenolowego przeznaczonego do iniekcji na kilogram drewna, równą jego pięciokrotnej maksymalnej naturalnej zawartości odnotowanej w drewnie 25 badanych gatunków drzew testowych (Za-

rzyński 2009a). Związki fenolowe były podawane trzykrotnie, w odstępach 7-dniowych, przy zastosowaniu metody iniekcyjnej. Dane dendrometryczne drzew poddanych badaniom, wraz z wielkością jednorazowych dawek podawanych związków chemicznych, przedstawiono w tabeli 1.

Zastosowano wariant hydrostatyczny opracowany przez autora (Zarzyński 2004b), polegający na zawieszaniu na pniach butelek plastikowych wypełnionych 0,5% roztworem związku fenolowego lub, w przypadku drzew kontrolnych – wodą. Każda butelka zaopatrzona była w rurkę gumową. W pniu na wysokości 1 m od ziemi nawiercono za pomocą wiertarki elektrycznej otwór pod kątem 45° w stosunku do podłoża i wprowadzono do niego koniec rurki. Brzegi otworu uszczelniano kitem szklarskim w celu zapobieżenia ewentualnym wyciekom na zewnątrz. W ten sposób, pod wpływem działania sił hydrostatycznych, związek fenolowy wnikał stopniowo bezpośrednio do drewna. Eksperymentowi temu poddano łącznie 30 drzew. Sposób wykonania iniekcji hydrostatycznej został przedstawiony schematycznie na rysunku 1.

W doświadczeniu wykorzystano 5 związków chemicznych o charakterze fenolowym naturalnie występu-



Rycina 1. Schemat iniekcji hydrostatycznej do drewna żywego drzewa: a – butelka z cieczą roboczą; b – otwór wentylacyjny; c – rurka gumowa; d – masa uszczelniająca (kit szklarski); e – otwór wywiercony w drewnie; f – druty mocujące butelkę do pnia, g – sposób zamocowania butelki na pniu

Figure 1. The scheme of fungicide's solution hydrostatic injection to the stem of living tree: a – bottle with fungicide's solution; b – ventilation opening; c – gum pipe; d – leak stopper (putty); e – hole drilled in the stem; f – fixing wires; g – the way of bottle's confirmation to the stem

Tabela 1. Parametry dębów szypułkowych stanowiących materiał badawczy w doświadczeniu terenowym
 Table 1. Dendrometrical characteristics of common oak trees used in the experiment

Nr drzewa Number of tree	H (m)	D (m)	F_3	V_{bk} (m ³)	M (kg)	Fungicyd Fungicide	Dawka jednorazowa Single dose (g)
1	7	0,132	0,459756	0,044019	25,45635	2-furaldehyd / 2-furaldehyde	3,513
2	5	0,133	0,496259	0,034455	19,92528	2-furaldehyd / 2-furaldehyde	2,750
3	3,5	0,07	0,517997	0,006974	4,03287	rezorcynol / resorcinol	4,622
4	5,5	0,101	0,505467	0,022262	12,87422	eugenol / eugenol	6,347
5	7	0,151	0,492069	0,06165 2	35,65339	2-furaldehyd / 2-furaldehyde	4,920
6	9	0,133	0,496259	0,062019	35,86551	2-furaldehyd / 2-furaldehyde	4,950
7	3	0,093	0,508263	0,010353	5,986852	pirogallol / pyrogallol	0,797
8	6	0,083	0,512138	0,016617	9,609865	eugenol / eugenol	4,738
9	8	0,148	0,492729	0,067778	39,19624	woda / water	-
10	4	0,116	0,500813	0,02116	12,23698	izo Eugenol / izoeugenol	2,607
11	3	0,064	0,521111	0,005027	2,906928	rezorcynol / resorcinol	3,331
12	8	0,155	0,49121	0,074112	42,85914	woda / water	-
13	3,5	0,067	0,519517	0,006407	3,705444	rezorcynol / resorcinol	4,246
14	4,5	0,109	0,502899	0,021106	12,20588	izo Eugenol / izoeugenol	2,601
15	5,5	0,146	0,493177	0,045388	26,24787	2-furaldehyd / 2-furaldehyde	3,623
16	4,5	0,097	0,506834	0,016846	9,74192	pirogallol / pyrogallol	1,295
17	3,5	0,074	0,516079	0,007765	4,49025	woda / water	-
18	4,5	0,099	0,506143	0,017524	10,13396	eugenol / eugenol	4,996
19	4,5	0,108	0,50321	0,020734	11,99036	eugenol / eugenol	5,911
20	7,5	0,155	0,49121	0,06948	40,18044	woda / water	-
21	3	0,062	0,522213	0,004727	2,733853	rezorcynol / resorcinol	3,133
22	5	0,084	0,511729	0,014172	8,195802	pirogallol / pyrogallol	1,091
23	4	0,08	0,513399	0,010317	5,966475	pirogallol / pyrogallol	0,794
24	4,5	0,137	0,495277	0,032838	18,98999	izo Eugenol / izoeugenol	4,045
25	3	0,102	0,505135	0,012377	7,157344	woda / water	-
26	4	0,102	0,505135	0,016502	9,543126	pirogallol / pyrogallol	1,269
27	4	0,102	0,505135	0,016502	9,543126	kontrola / control	-
28	3	0,079	0,513832	0,007552	4,367364	rezorcynol / resorcinol	5,005
29	7,5	0,147	0,492952	0,062715	36,26798	kontrola / control	-
30	7,5	0,142	0,494093	0,058657	33,92107	kontrola / control	-
31	4,5	0,103	0,504806	0,018918	10,94043	eugenol / eugenol	5,394
32	7	0,078	0,514268	0,017193	9,942591	kontrola / control	-
33	5,5	0,073	0,51655	0,011885	6,872957	kontrola / control	-
34	7	0,091	0,508999	0,023162	13,39432	izo Eugenol / izoeugenol	2,852
35	7	0,107	0,503523	0,031678	18,31925	izo Eugenol / izoeugenol	3,902

H – wysokość drzewa (m) / tree height (m)

D – pierśnica drzewa w korze (m) / DBH (m)

F_3 – pierścicowa liczba kształtu dla miąższości drzewa bez kory / DBH form factor

V_{bk} – miąższość drzewa bez kory (m³) / tree volume without bark (m³)

M – przybliżona sucha masa drewna danego drzewa (kg) / approximate dry mass of wood (kg)

jących w drewnie (Zarzyński 2009a) wskazanych we wcześniejszych badaniach (Zarzyński 2009 e,f) jako potencjalne środki mogące mieć wpływ na tempo wzrostu grzybni grzybów posiadających zdolność do rozkładu drewna. Były to: eugenol, izoeugenol, 2-furaldehyd, rezorcynol i pirogalol. Iniekcji hydrostatycznej poddano łącznie 30 dębów (na każdy z 5 związków chemicznych przypadało po 5 drzew testowych, iniekcje

do pozostałych 5 drzew zawierały wyłącznie wodę). Poza tym wytypowano 5 drzew kontrolnych, których nie poddawano aplikacji.

Po 7 dniach od ostatniego, trzeciego podania roztworu związku fenolowego lub wody, każde drzewo ścięto i z jego pnia, bezpośrednio ponad oraz pod miejscem aplikacji fungicydu, pobrano wyrzynki drewna o długości 30 cm. Dodatkowo ścięto 5 dębów nietrakto-

wanych fungicydami ani wodą, mających stanowić materiał porównawczy. Wszystkie wyrzynki zostały wstępnie wysuszone poprzez 30-dniowe składowanie w suchym, przewiewnym miejscu. Następnie z ich zewnętrznych części wykonano heblowane próbki drewna do badań laboratoryjnych o wymiarach 50×25×15 mm. Wykonanie próbek zlecono wyspecjalizowanej stolarni przygotowującej materiały badawcze dla potrzeb Wydziału Technologii Drewna SGGW. Łącznie wykonano 350 próbek (po 10 próbek drewna z każdego drzewa testowego – w tym pięć z dolnego i pięć z górnego wyrzynka pnia). Następnie, przez 30 i 60 dni, w warunkach laboratoryjnych, próbki zostały poddane kontrolowanemu rozkładowi grzybni dwóch gatunków grzybów testowych: wrośniaka różnobarwnego [*Trametes versicolor* (L.: Fr.) Quel.] (biały jednolity rozkład drewna) i żółciaka siarkowego [*Laetiporus sulphureus* (Fr.) Murr.] (brunatny rozkład drewna). W tym celu wszystkie próbki pomierzono przy pomocy suwmiarki z dokładnością 0,1 mm i obliczono objętość każdej z nich. Następnie próbki wysuszono w suszarce elektrycznej w temperaturze 105°C (wstępne podsuszenie w temp. 60°C) do stanu absolutnie suchego. Czas suszenia wynosił minimalnie 72 godziny. Bezpośrednio po wyjęciu z suszarki próbki zostały zważone na wadze laboratoryjnej z dokładnością 0,001 g. Następnie obliczono gęstość każdej próbki (g/cm³). Do testów wybrano te próbki, które wykazywały podobną wartość tej cechy.

Do słoików Wecka o pojemności 1500 ml, wysterylizowanych w autoklawie (w temperaturze 121°C przez 30 minut), rozlano po 20 ml pożywki agarowo-maltozowo-brzeczkowej o następującym składzie: agar Difco – 20 g, ekstrakt maltozowy Difco – 15 g, woda destylowana – 750 ml, brzeczka piwna niechmielona – 250 ml. Brzeczka piwna zastosowana w badaniach pochodziła z Browaru „Jabłonowo” i pobrana została w tym samym czasie z jednego pojemnika. Po 24 godzinach na zestalonej pożywce zaszczerpiono inokulaty grzybni gatunków grzybów testowych. Zamknięte słoje zostały następnie umieszczone w cieplarni w temperaturze 21°C. Po 14 dniach na wyhodowanej grzybni umieszczono na podkładkach szklanych po dwie próbki drewna. Zastosowanie podkładek szklanych zabezpieczało próbki drewna przed przenikaniem do nich wilgoci z pożywki, co mogłoby prowadzić do zafałszowania wyników. Następnie słoje umieszczono ponownie w cieplarni i poszczególne partie wyjmowano po 30 i 60 dniach. Dla każdego okresu inkubacji przebadano 6 próbek (3 słoje) drewna pochodzącego z drzew poddanych aplikacji każdym z ww. środków oraz drzew kontrolnych z ponad i spod miejsca iniekcji. Wszelkie prace polegające na otwieraniu słoików, wkładaniu inokulatów i próbek drewna wykonywano w warunkach sterylnych, tj. w zamkniętej komorze laminarnej sterylizowanej przy pomocy promieni UV. Użyte

narzędzia zostały uprzednio odkażone w sterylizatorze w temp. 200°C i dodatkowo w 95% roztworze alkoholu etylowego. Po wyjęciu z naczyń próbki zostały oczyszczone skalpelem z resztek grzybni, powtórnie wysuszone w cieplarni i zważone na wadze laboratoryjnej z dokładnością 0,001 g. Ubytek masy próbek odzwierciedlał stopień rozkładu danej próbki przez grzyby. Został on wyrażony w procentach wg wzoru:

$$\Delta = \frac{G_0 - G_1}{G_0} \times 100 (\%)$$

gdzie:

Δ – procentowy ubytek masy próbki,
 G_0 – masa próbki (g) przed inkubacją,
 G_1 – masa próbki (g) po inkubacji.

Różnice ubytku masy drewna porównano za pomocą analizy wariancji i testu Tukeya, oddzielnie dla *Trametes versicolor* i *Laetiporus sulphureus*, dla 30- i 60-dniowego okresu rozkładu oraz dla próbek pobieranych z partii poniżej i powyżej miejsca podawania środków chemicznych. Założony poziom ufności wynosił 95%.

3. Wyniki

Otrzymane wyniki pozwalają ocenić różnice w tempie rozkładu drewna z drzew poddanych iniekcjom hydrostatycznym i z drzew testowych oraz drzew kontrolnych. Uzyskane dane wraz z rezultatami ich analizy statystycznej przedstawione zostały w tabeli 2 oraz na rycinie 2.

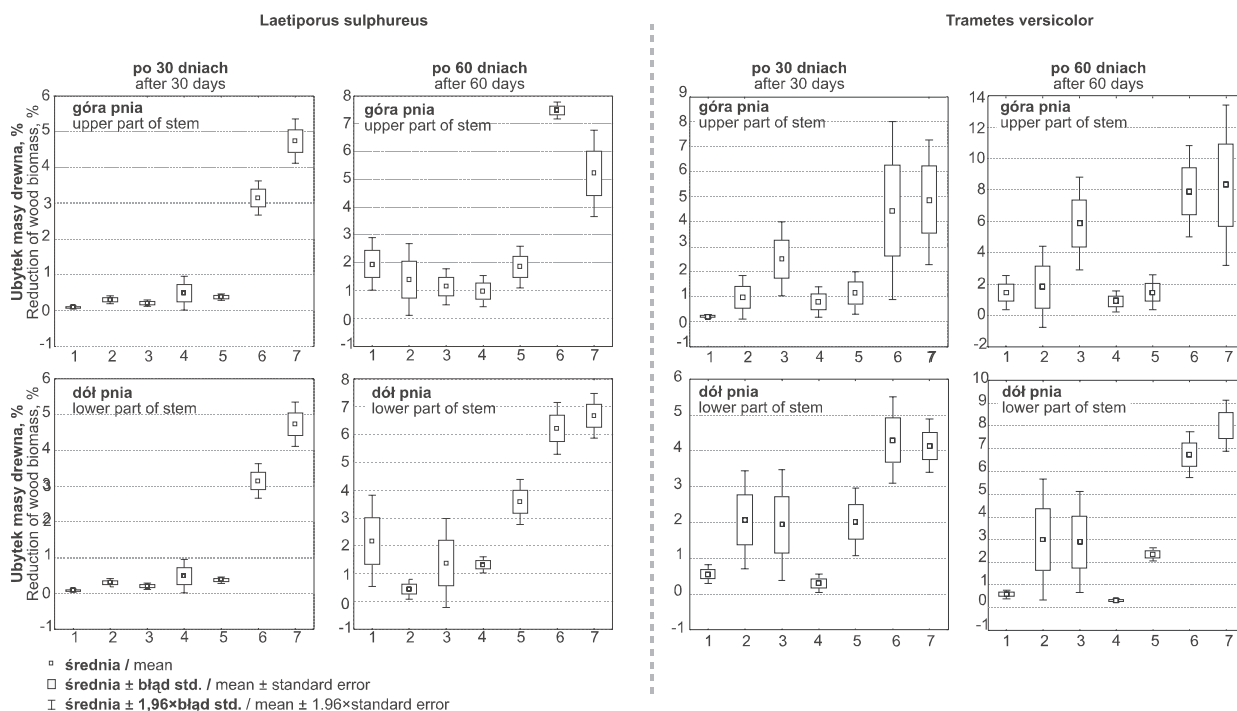
W przypadku drewna dębów poddanego rozkładowi przez grzybnię *Laetiporus sulphureus* po 30 dniach rozkładu wśród próbek pobranych z górnej części pnia najsilniej rozkładane były próbki pochodzące z drzew nasycanych wyłącznie wodą (3,6%) oraz drzew kontrolnych (2,9%), najsłabiej zaś próbki nasycane izoeugenolem (0,25%) i rezorcynolem (0,3%). Wśród próbek pochodzących z dolnej części pnia najsilniej rozkładane były próbki pochodzące z drzew kontrolnych (4,74%) oraz nasycanych wyłącznie wodą (3,15%), najsłabiej zaś próbki nasycane 2-furaldehydem (0,09%) oraz eugenolem (0,21%). Istotne pod względem statystycznym różnice między uzyskanymi wynikami wystąpiły w przypadku wszystkich pięciu testowanych związków chemicznych oraz wody i drzew kontrolnych.

Po 60 dniach rozkładu na grzybni *Laetiporus sulphureus* otrzymano zbliżone wyniki. Wśród próbek pochodzących z górnej części pnia najsilniej rozkładane były próbki z drzew nasycanych wyłącznie wodą (7,5%) oraz drzew kontrolnych (5,23%), najsłabiej zaś próbki nasycane pirogalelem (0,99%) i eugenolem (1,15%). Wśród próbek pochodzących z dolnej części pnia najsilniej rozkładane były próbki z drzew kontrolnych

Tabela 2. Średni procentowy ubytek masy drewna dębów traktowanych wybranymi substancjami fenolowymi eksponowanego na grzybni grzybów testujących (kolorem szarym zaznaczono przypadki różniące się istotnie pod względem statystycznym od wariantu kontrolnego i wody)

Table 2. Mean weight loss of wood from oaks treated by chosen phenolic compounds and exposed on mycelium of testing fungi species (grey color indicates statistically significant differences against control and water variants)

Położenie Location	Badany związek chemiczny Tested chemical compound	Grzyb testujący / Testing fungus			
		<i>Laetiporus sulphureus</i>		<i>Trametes versicolor</i>	
		po 30 dniach after 30 days	po 60 dniach after 60 days	po 30 dniach after 30 days	po 60 dniach after 60 days
Góra pnia Upper part of the stem	Kontrola / Control	2,90	5,23	4,80	8,31
	Woda / Water	3,60	7,50	4,45	7,93
	Eugenol / Eugenol	0,86	1,15	2,53	5,88
	Izoegenol / Isoeugenol	0,25	1,41	1,04	1,82
	Pirogalol / Pyrogallol	0,87	0,99	0,81	0,91
	Rezorcynol / Resorcinol	0,30	1,86	1,16	1,49
	2-furaldehyd / 2-furaldehyde	0,88	1,97	0,23	1,47
Dół pnia Lower part of the stem	Kontrola / Control	4,74	6,68	4,14	8,03
	Woda / Water	3,15	6,22	4,31	6,74
	Eugenol / Eugenol	0,21	1,38	1,93	2,90
	Izoegenol / Isoeugenol	0,30	0,45	2,08	3,01
	Pirogalol / Pyrogallol	0,49	1,32	0,30	0,33
	Rezorcynol / Resorcinol	0,38	3,58	2,01	2,34
	2-furaldehyd / 2-furaldehyde	0,09	2,19	0,56	0,60



Rycina 2. Ubytek masy drewna drzew traktowanych związkami fenolowymi w przypadku dwóch grzybów testowych: *Laetiporus sulphureus* i *Trametes versicolor*: 1 – 2-furaldehyd, 2 – izoegenol, 3 – eugenol, 4 – pirogalol, 5, rezorcynol, 6 – woda, 7 – kontrola

Figure 2. Biomass reduction of wood samples collected from trees subjected application of phenolic compounds caused by two species of fungi: *Laetiporus sulphureus* and *Trametes versicolor*: 1 – 2-furaldehyde, 2 – izoegenol, 3 – eugenol, 4 – pyrogallol, 5 – resorcinol, 6 – water, 7 – control

(6,68%) oraz nasyconych wyłącznie wodą (6,22%), najslabiej zaś próbki nasycone izoeugenolem (0,45%) oraz pirogalolem (1,32%). Istotne pod względem statystycznym różnice wystąpiły między wynikami uzyskanymi w przypadku wszystkich pięciu testowanych związków chemicznych a rezultatami uzyskanymi dla wody i drzew kontrolnych.

W przypadku drewna dębów poddanego rozkładowi przez grzybnię *Trametes versicolor* po 30 dniach rozkładu wśród próbek pochodzących z górnej części pnia najsilniej rozkładane były próbki pochodzące z drzew kontrolnych (4,80%) oraz z drzew nasyconych wyłącznie wodą (4,45%), najslabiej zaś próbki nasycone 2-furaldehydem (0,23%) i pirogalolem (0,81%). Istotne pod względem statystycznym różnice wystąpiły wyłącznie między wynikami uzyskanymi w przypadku 2-furaldehydu a rezultatami uzyskanymi dla wody i dla drzew kontrolnych. Wśród próbek pochodzących z dolnej części pnia najsilniej rozkładane były próbki pochodzące z drzew nasyconych wyłącznie wodą (4,31%) oraz drzew kontrolnych (4,14%), najslabiej zaś próbki nasycone pirogalolem (0,30%) i 2-furaldehydem (0,56%). Istotne pod względem statystycznym różnice wystąpiły wyłącznie między wynikami uzyskanymi w przypadku pirogalolu i 2-furaldehydu a rezultatami uzyskanymi dla wody i dla drzew kontrolnych.

Po 60 dniach rozkładu przez grzybnię *Trametes versicolor* uzyskano zbliżone wyniki. Wśród próbek pochodzących z górnej części pnia najsilniej rozkładane były próbki z drzew kontrolnych (8,31%) oraz drzew nasyconych wyłącznie wodą (7,93 %), najslabiej zaś próbki nasycone pirogalolem (0,91%) i 2-furaldehydem (1,47%). Istotne pod względem statystycznym różnice wystąpiły wyłącznie między wynikami uzyskanymi dla pirogalolu, rezorcynolu i 2-furaldehydu a rezultatami uzyskanymi dla wody i drzew kontrolnych. Wśród próbek pochodzących z dolnej części pnia najsilniej rozkładane były próbki pochodzące z drzew kontrolnych (8,03%) oraz nasycone wyłącznie wodą (6,74%), najslabiej zaś próbki nasycone pirogalolem (0,33%) oraz 2-furaldehydem (0,60%). Istotne pod względem statystycznym różnice wystąpiły w przypadku wszystkich pięciu testowanych związków chemicznych a rezultatami uzyskanymi dla wody i dla drzew kontrolnych.

4. Podsumowanie

Próbki z drewna pozyskanego z drzew poddanych iniekcji testowanymi substancjami były wolniej rozkładane przez grzyby, niż próbki z drzew kontrolnych lub poddane wyłącznie iniekcjom wodnym. Zależność tę potwierdziły testy na dwóch gatunkach grzybów powodujących biały (*Trametes versicolor*) i brunatny

rozkład drewna (*Laetiporus sulphureus*). W większości przypadków (w przypadku *L. sulphureus* w 100%) dotyczyło to zarówno próbek pobranych z części pni poniżej, jak i powyżej punktu iniekcji. Uzyskane wyniki wskazują więc na fungistatyczne zdolności wszystkich pięciu testowanych związków chemicznych. Pozostają one jednak w sprzeczności z rezultatami przeprowadzonych wcześniej laboratoryjnych testów pożywkowych tych substancji (Zarzyński 2009f), które wykluczyły ich zdolności do powstrzymywania wzrostu grzybni *ex vivo* (w pożywce poza drewnem). Na tej podstawie można zaryzykować stwierdzenie, iż eugenol, izoeugenol, 2-furaldehyd, rezorcynol i pirogalol, a prawdopodobnie również inne substancje o charakterze fenolowym naturalnie występujące w drewnie nie wykazują działania stricte fungistatycznego w tradycyjnym rozumieniu tego określenia (a więc przenikania bezpośrednio do komórek grzybni i blokowania procesów oddychania, upośledzania możliwości wymiany substancji z otoczeniem oraz hamowania syntezy białek, kwasów nukleinowych i ergosterolu) (Borecki 1996, Kryczyński 2000). Ponieważ jednak nasycone nimi drewno jest wyraźnie wolniej rozkładane przez grzyby, można przypuszczać, iż niektóre zidentyfikowane substancje (w tym eugenol, izoeugenol, pirogalol, rezorcynol i 2-furaldehyd) są w stanie w naturalny sposób impregnować drewno, czyniąc je nieprzydatnym jako źródło energii dla poszczególnych gatunków grzybów. Zaprezentowane wyniki badań wykazały, że skuteczność działania badanych związków fenolowych była dość wysoka. Można z dużym prawdopodobieństwem założyć, że po przeprowadzeniu dodatkowych badań, substancje te będą mogły znaleźć praktyczne zastosowanie w zabezpieczeniu drewna przed rozkładem przez grzyby, i to zarówno w przypadku drewna użytkowego, jak też drewna żywych drzew, na przykład wyjątkowo cennych pod względem przyrodniczym sędziwych pomników przyrody.

5. Wnioski

Drewno pochodzące z drzew poddanych iniekcji hydrostatycznej wybranymi związkami fenolowymi jest znacznie wolniej rozkładane przez grzyby niż drewno z drzew poddanych iniekcji wodnej lub drzew kontrolnych (bez iniekcji).

Przypuszczalnie badane związki fenolowe, mimo braku typowych zdolności fungistatycznych, są w stanie w naturalny sposób zabezpieczać drewno przed rozkładem przez grzyby, czyniąc je niedostępnym (lub znacznie trudniej dostępnym) dla tej grupy organizmów.

Naturalne związki fenolowe występujące w drewnie mogą znaleźć w przyszłości zastosowanie w ochronie

przed rozkładem przez grzyby zarówno drewna użytkowego, jak i drewna drzew żywych, np. szczególnie cennych, pomnikowych.

Literatura

- Borecki Z. 1996. Nauka o chorobach roślin. Warszawa, PWRiL.
- Bruchwald A., Dudzińska M., Wirowski M. 1994. Wzory empiryczne do określania miąższości drzewostanów dębowych. *Sylwan*, 2: 5–11.
- 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. (eds). *Recent Advances in Phytochemistry*, Vol. 27. New York. Plenum Press: 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 analyses. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 43: 708–716.
- Krzyżniński S. 2000. Podstawy fitopatologii. Warszawa, Fundacja Rozwój SGGW.
- Obst J. R. 1998. Special (secondary) metabolites from wood. [w:] Bruce A., Palfreyman J. W. (eds). *Forest products biotechnology*. London, Great Britain. Taylor & Francis: 151–165.
- Rayner A. D. M., Boddy L. 1988. Fungal decomposition of wood – its biology and ecology. Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore, John Wiley and Sons, 1–428.
- Theander O., Lundgren L. N. 1989. Monoaryl natural products. [w:] Rowe J. W. (ed.) *Natural Products of Woody Plants*. I. Berlin, Springer-Verlag: 369–399.
- Wallace G., Fry S. C. 1994. Phenolic components of the plant cell wall. *International Review of Cytology*, 151: 229–267.
- Zarzyński P. 2004a. The evaluation of selected systemic fungicides working efficiency against group of wood decaying fungi. *Forestry Scientific Papers of Agricultural University of Poznań*, 7: 81–88.
- Zarzyński P. 2004b. Technika wykonywania iniekcji hydrostatycznych do drewna żywych drzew. *Sylwan*, 1: 39–42.
- Zarzyński P. 2007. Zakres preferencji troficznych drewna izolatu gmatwka dębowego (*Daedalea quercina* (L.): Fr.) badany in vitro. *Acta Scientiarum Polonorum Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria*, 6(2): 113–118.
- Zarzyński 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 (w druku). Ocena zakresu zdolności do dekompozycji drewna wybranych gatunków grzybów – sprawców rozkładu typu brunatnego. *Sylwan*,
- Zarzyński P. 2009c (w druku). Laboratoryjne określenie stopnia odporności drewna wybranych gatunków drzew na rozkład przez grzyby powodujące białą jednolitą zgniliznę drewna. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*.
- Zarzyński P. 2009d (w druku). The range of trophic abilities of *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. and *Phellinus pini* (Brot.: Fr.) A. Ames against wood from 25 chosen European and exotic tree species. *Baltic Forestry*.
- Zarzyński 2009e. Związek między występowaniem w drewnie substancji o charakterze fenolowym a jego odpornością na rozkład przez wybrane gatunki grzybów saprotroficznych i pasożytniczych. *Leśne Prace Badawcze*, 70 (2): 113–122.
- Zarzyński 2009f. Ocena stopnia fungitoksyczności ex vivo wybranych substancji o charakterze fenolowym naturalnie występujących w drewnie przy zastosowaniu metody pożywkowej AG. *Acta Scientiarum Polonorum Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria*, 8(1): 43–54.

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