

PAWEŁ ZARZYŃSKI

Ocena praktycznej możliwości wykorzystania substancji fenolowych naturalnie występujących w drewnie do ochrony drewna drzew pomnikowych przed grzybami powodującymi jego dekompozycję*

The evaluation of practical usability of phenolic compounds naturally existing in wood for protection of monumental tree wood against fungi causing its decomposition

ABSTRACT

Zarzyński P. 2009. Ocena praktycznej możliwości wykorzystania substancji fenolowych naturalnie występujących w drewnie do ochrony drewna drzew pomnikowych przed grzybami powodującymi jego dekompozycję. Sylwan 153 (9): 579-586.

There are over 100 thousand old trees protected as nature monuments in Poland. Their health condition in many cases is not satisfying and the new methods of their conservancy against pathogenic, wood decaying fungi are necessary to be prepared. In this paper the evaluation of practical usability of some phenolic compounds naturally existing in wood is described. Natural chemical substances as eugenol, isoeugenol, resorcinol, pyrogallol and 2-furaldehyde (furanone) seem to be very useful in this matter. Artificially applied directly into the stem of living tree by hydrostatic injection, they are able to protect it from the inside as well as commonly used synthetic fungicides, being also less dangerous for the natural environment.

KEY WORDS

nature monuments, wood protection, wood decay, fungi, eugenol, isoeugenol, resorcinol, pyrogallol, 2-furaldehyde

ADDRESSES

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

Katedra Ochrony Lasu i Ekologii; SGGW; ul. Nowoursynowska 159/34; 02-766 Warszawa

Wstęp

Pomnik przyrody stanowi najpopularniejszą formę ochrony zasobów przyrodniczych w Polsce. Według aktualnych danych GUS na terenie kraju znajduje się łącznie 34 549 takich obiektów (stan na 31 XII 2006). Największą liczbę pomników przyrody (ogółem 32 600) stanowią drzewa, w tym okazy indywidualne (26 972), grupy drzew (4 804) oraz zabytkowe aleje (824). Wśród pozostałych pomników przyrody dominują głązy narzutowe (1 201) i skałki (260), a tzw. innych obiektów jest 488 [Grzesiak 2007]. Dane GUS nie podają ogólnej liczby polskich drzew pomnikowych (czyli policzonych posztucznie okazów rosnących łącznie jako drzewa indywidualne, w grupach i alejach) ani udziału wśród nich poszczególnych gatunków. Badania przeprowadzone w latach 2000-2001 oparte na dokumentacji zgromadzonej w jednostkach administracji powiatowej pozwoliły na określenie tej liczby na 104 498 [Zarzyński 2003a]. Wykazały również,

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

że 35,5% z nich stanowią lipy (przede wszystkim *Tilia cordata*), zaś 28% dęby (głównie *Quercus robur*) [Zarzyński 2003b].

Dęby i lipy są miejscem występowania wielu gatunków grzybów rozkładających drewno. Drewno dębów są w stanie rozkładać co najmniej 194 gatunki grzybów, zaś drewno lip – 141 gatunków [Breitenbach, Kränzlin 1986; Browne 1968; Butin 1989; Domański 1965; Gerhard 1995; Grzywacz 1989, 1990, 1991; Gumińska, Wojewoda 1988; Jahn 1979 Klán, Vančura 1981; Kotłaba 1984; Manion 1991; Mańka 2005; Peace 1962; Ryvarde, Gilbertson 1993, 1994; Schwarze i in. 2000; Smotlacha, Mały 1983; Wojewoda 1992; Zarzyński 2004c]. Drzewa pomnikowe posiadają swoją własną, specyficzną dla nich fungię deprecjonującą ich drewno. Inwentaryzacja terenowa przeprowadzona w latach 2001-2002 na grupie wybranych 71 pomnikowych lip i 97 dębów wykazała, że do najczęściej spotykanych gatunków o największym znaczeniu niszczyielskim zaliczają się w przypadku lipy: żółciak siarkowy (*Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill), hubiak pospolity (*Fomes fomentarius* ((L.) J.J. Kickx), żagiew łuskowata (*Polyporus squamosus* ((Huds.) Fr.) i lakownica spłaszczona (*Ganoderma applanatum* ((Pers.) Pat.), zaś dębów: żółciak siarkowy, czyreń dębowy (*Phellinus robustus* ((P. Karst.) Bourdot & Galzin), gmatwek dębowy (*Daedalea quercina* ((L.) Pers.), ozorek dębowy (*Fistulina hepatica* ((Schaeff.) With.) i czyreń ogniowy (*Phellinus igniarius* ((L.) Quél.). Stwierdzono występowanie licznych gatunków grzybów rozkładających drewno, z czego na lipach było ich co najmniej 23, zaś na dębach – 21 [Zarzyński 2004a]. Również na podstawie wyników późniejszych badań przeprowadzonych przez Zarzyńskiego i Tomusiaka w latach 2006-2008 stwierdzić można, że wiele z wyżej wymienionych gatunków grzybów uszkadza drewno sędziwych lip oraz dębów w tym najokazalszych i najszlachetniejszych pomników przyrody w Polsce [Zarzyński, Tomusiak 2008, 2009]. Stosowane do ich zwalczania tradycyjne metody konserwatorskie, w tym syntetyczne środki grzybobójcze, okazują się więc nie do końca skuteczne. Tym samym istnieje potrzeba poszukiwania i opracowywania nowych sposobów zabezpieczania drewna pomnikowych drzew przed niszczyielską działalnością tej grupy organizmów. Jednym z najbardziej obiecujących kierunków w tej dziedzinie może być zastosowanie naturalnie występujących w drewnie substancji organicznych o charakterze fenolowym.

Związki fenolowe w drewnie

Pod względem chemicznym drewno składa się w większości z trzech grup substancji: celulozy, będącej łańcuchowym polimerem glukozy, hemiceluloz, stanowiących krótkie polimery różnych cukrów prostych (glukozy, galaktozy, arabinozy, itp.) oraz ligniny, składającej się z makrocząstecek o bardzo złożonej budowie. Stosunek procentowy tych komponentów zależy do pewnego stopnia od gatunku drzewa, ale przeciętnie można przyjąć, że ok. 50% suchej masy drewna stanowi celuloza, 23% – hemicelulozy i również ok. 23% – lignina. Pozostałe 4% suchej masy drewna tworzy specyficzna i charakterystyczna dla danego gatunku drzewa mieszanina bardzo wielu substancji (żywic, wosków, olejków eterycznych, związków mineralnych, garbników, barwników, alkaloidów) [Krzysik 1978]. Na podstawie posiadanej dotąd wiedzy można stwierdzić, że poszczególne gatunki grzybów są w stanie zasiedlać jedynie drewno niektórych gatunków drzew, zaś drewno innych jest dla nich niedostępne jako źródło pokarmu [Kotłaba 1984; Ryvarde, Gilbertson 1993, 1994]. Wobec powyższego można zakładać, że w drewnie tych ostatnich występują naturalne inhibitory wzrostu grzybni. Wspomnianych substancji należy poszukiwać wśród mieszaniny związków o charakterze fenolowym występujących w drewnie w stosunkowo niewielkich ilościach. Przypuszczalnie właśnie w tej grupie substancji znajdują się inhibitory wzrostu grzybni grzybów będących najgroźniejszymi destruktorami drewna

[Charlwood, Rhodes 1990; Davin i in. 1992; Kermasha i in. 1995; Theander, Lundgren 1989; Wallace, Fry 1994].

Z wyników chromatograficznej analizy drewna 25 różnych gatunków drzew wynika, że występuje w nim jednocześnie co najmniej 47 różnych substancji chemicznych, spośród których możliwych do zidentyfikowania jest przynajmniej 38 związków organicznych. Substancje te występują w drewnie w różnych ilościach i proporcjach tworząc unikalne sekwencje chemiczne [Zarzyński 2009a]. Pozwala to na przypuszczenie, że wśród nich mogą znajdować się naturalne inhibitory wzrostu grzybni stanowiące potencjalne środki do zastosowania w ochronie i konserwacji pomnikowych drzew.

Potencjalne inhibitory wzrostu grzybni

Poszczególne gatunki grzybów rozkładających drewno znacznie różnią się między sobą zakresem zdolności do dekompozycji tego surowca pochodzącego z różnych gatunków drzew oraz preferencjami troficznymi w tym zakresie. Różnice te są widoczne w przypadku grzybów powodujących zgniliznę białą jednolitą, zgniliznę białą jamkową oraz zgniliznę brunatną drewna tak w ich środowisku naturalnym (*in situ*) [Kotłaba 1984], jak i podczas testów w kontrolowanych warunkach laboratoryjnych [Zarzyński 2007, 2009b-e]. Analizy statystyczne korelacji liniowej tempa rozkładu drewna poszczególnych gatunków drzew oraz zawartości w nim poszczególnych związków fenolowych pozwoliły wytypować substancje chemiczne występujące w drewnie, mogące mieć związek z jego zwiększoną odpornością na rozkład przez dany gatunek grzyba [Zarzyński 2009f]. Na tej podstawie, jako potencjalne, naturalne inhibitory wzrostu grzybni w drewnie wymienić można 10 substancji: 3',5'-dimetoksyacetofenon, 2-metoksy-4-propenylofenol (izoeugenol), 2-cyklopenten-1-on-2-hydrokso-3-metylofuranon (2-furanon), 1,4-butanodiamina-2,3-dimetoksy N,N,N',N'tetrametyl, 1,3-dihydroxybenzen (rezorcyna), 1,6-anhydro-beta-D-glukopiranoza (levoglukosan), kwas acetylobenzoowy-2,5-dimetoksy, 2,5-furanodion-3-metylowy oraz 2,6-dimetoksyfenol (syringol). Przemawia za tym fakt, iż w wielu przypadkach wraz ze wzrostem ich stężenia w drewnie następuje spadek tempa jego rozkładu przez wybrane gatunki grzybów. Jest to jednak spostrzeżenie oparte wyłącznie na przesłankach teoretycznych i wymaga potwierdzenia empirycznego.

Możliwości praktycznego wykorzystania

Standardową metodą oceny zdolności fungistatycznych poszczególnych substancji chemicznych są laboratoryjne testy pożywkowe polegające na hodowli kultur grzybniowych na serii pożywek zawierających wzrastające stężenie badanego związku. Ten prosty sposób pozwala na dokładne określenie wskaźnika ED₅₀ (ang. mean effective dose), będącego wyznacznikiem potencjalnej przydatności danej substancji do praktycznego stosowania w charakterze fungicydu. W przypadku związków chemicznych wytypowanych jako potencjalne naturalne inhibitory wzrostu grzybni grzybów rozkładających drewno testy pożywkowe dają jednak wynik niezadowalający, wykazując co najwyżej ich ograniczone zdolności fungistatyczne [Zarzyński 2009g]. Do najbardziej toksycznych (choć – teoretycznie – i tak w stopniu nie predysponującym do zastosowania w praktyce) zaliczono eugenol, izoeugenol, rezorcynol, pirogalol i 2-furaldehyd.

Eugenol (2-metoksy-4-allylofenol; 2-metoksy-4-(2-propenylo)fenol; C₁₀H₁₂O₂) jest związkiem organicznym z grupy terpenów. Stanowi 4-allylową pochodną gwajakolu. Występuje w naturze jako składnik licznych olejków roślinnych, w tym olejku goździkowego (95% jego składu) obecnego w goździkach, którym nadaje charakterystyczny zapach oraz w cynamonie. Jest bezbarwną, oleistą cieczą. Posiada właściwości antyseptyczne i znieczulające, jak również

pubudzające. Jest używany do produkcji atraktantów dla insektów. Przypuszcza się, że w naturze stanowi jeden z głównych komponentów olejków roślinnych uwalnianych przez kwiaty orchidei, mających na celu przywabianie ściśle określonych gatunków pszczół. Jest również bardzo aktywny względem grzybów drożdżopodobnych i pleśniowych [Jadhav i in. 2004; Kędzia 2007; Right, Payne 1962; Schiestl, Roubik 2003].

Izo Eugenol (2-metoksy-4-propenylofenol; $C_{10}H_{12}O_2$) jest związkiem organicznym z grupy terpenów, izomerem eugenolu, wraz z którym występuje głównie w olejku goździkowym oraz cynamonowym, a także w dużych ilościach w gałce muszkatołowej. Stanowi bezbarwną, oleistą ciecz. Ma właściwości bakteriobójcze oraz działa jak naturalny repelent odstrasżający owady (być może z tego powodu w XIV-XVIII wieku uważano, że noszenie na szyi gałki muszkatołowej chroni przed zachorowaniem na dżumę – teoretycznie przesąd ten był do pewnego stopnia uzasadniony, ponieważ „amulet” taki mógł działać odstrasżająco na pchły będące głównym wektorem choroby [Le Courteur, Burreson 2004]). Izo Eugenol posiada również działanie odkażające [Kędzia 2007]. Jest substancją wysoce alergenną – silne reakcje uczuleniowe stwierdza się u ponad 1/3 badanych osób [Rudzki i in. 2004].

Rezorcyrol (rezorcyna; m-dihydroksybenzen; benzeno-1,3-diol; fenol m-dihydroksylowy; $C_6H_4(OH)_2$) jest związkiem organicznym z grupy fenoli składającym się z pierścienia benzenowego z przyłączonymi do niego dwiema grupami hydroksylowymi. Ma postać bezbarwnych, igielkowatych kryształków dobrze rozpuszczalnych w wodzie. Pozyskuje się go poprzez ekstrakcję żywic roślinnych, w procesie destylacji drewna egzotycznego drzewa *Guilandina echinata* (Lam.) Spring lub syntetycznie poprzez łączenie związków organicznych. Stanowi składnik keratolitycznych oraz grzybobójczych środków leczniczych. Wykazuje działanie antybakteryjne, dezynfekujące oraz aseptyczne [Panico, Powell 1994; Sapota, Ligocka 2001].

Pirogalol (1,2,3-benzenotriol; $C_6H_3(OH)_3$) jest związkiem organicznym z grupy polifenoli. Ma postać białego, krystalicznego proszku o słabym, specyficznym zapachu. Pozyskuje się go poprzez ogrzewanie kwasu galusowego. Jest komponentem środków leczniczych, w tym maści i past przeciwko łuszczycy. Stwierdzono, że posiada działanie mutagenne [Fiuzo i in. 2004].

2-furaldehyd (furfural, furfuroł, furaldehyd, 2-furaldehyd, aldehyd 2-furfurylowy, 2-formylofuran; $C_5H_4O_2$) jest związkiem organicznym z grupy aldehydów, pochodną furanu. Składa się z pięciocząłowego pierścienia węglowego zawierającego atom tlenu oraz grupy karboksylowej. Pozyskuje się go poprzez ogrzewanie odpadów rolnych zawierających wielocukry złożone z pentoz, np. słomy lub otrąb zbożowych albo poprzez hydrolizę pentozanów zawartych w odpadach przemysłu celulozowego oraz słomie. Jest używany do produkcji środków przeciwbakteryjnych takich jak nitrofurazon. Wykazuje właściwości toksyczne, szkodliwe i drażniące. Istnieją też ograniczone dowody na jego działanie nowotworowe [Adams, Voorhees 1921; Pośniak i in. 2000].

Mimo ograniczonych zdolności *stricto* fungistatycznych prezentowanych w testach *ex situ*, eugenol, izoeugenol, rezorcyrol, pirogalol oraz 2-furaldehyd wykazują obiecujące właściwości impregnacyjne wobec drewna żywych drzew [Zarzyński 2009h]. Aplikowane bezpośrednio do pni młodych dębów szypułkowych rosnących w drzewostanie wnikają do tkanki drzewnej i zabezpieczają ją przed rozkładem przez grzyby. Testy rozkładu drewna wykonane dla próbek pobranych z drzew poddanych aplikacji wykazują, że jest ono rozkładane wolniej i mniej chętnie niż drewno pochodzące z drzew kontrolnych, którym nie podawano tych substancji. Najprawdopodobniej, zgodnie z mechanizmami obserwowanymi w przypadku innych związków o charakterze fenolowym [Rayner, Boddy 1988; Evensen i in. 2000], wnikają w drewno uniemożliwiając grzybom jego skuteczną dekompozycję. Tym samym istnieją podstawy do zastosowania tych

związków chemicznych m.in. w praktyce konserwatorskiej do zabezpieczania pni sędziwych, pomnikowych drzew przed rozkładem przez grzyby.

Jako optymalną drogę aplikacji naturalnych związków fenolowych bezpośrednio do drewna żywych drzew, w tym pomników przyrody, wskazać należy iniekcję hydrostatyczną. Opracowana przez autora [Zarzyński 2004b] metoda pozwala na skuteczne podawanie dowolnej, rozpuszczalnej w cieczach substancji chemicznej. Dzięki naturalnym procesom fizjologicznym są one transportowane w organizmie rośliny zarówno w dół, jak i w górę pnia, stopniowo wysycając drewno [Zarzyński 2005a]. Metoda ta może być stosowana zarówno w przypadku młodych drzew o niewielkich rozmiarach pni, jak też większych i okazalszych osobników [Zarzyński 2005b]. Poza stosunkową łatwością jej stosowania przemawiają za nią znaczna skuteczność oraz relatywnie niskie koszty.

Podsumowanie

Na podstawie posiadanej obecnie wiedzy pochodzącej zarówno z literatury, jak też będącej pochodną przeprowadzonych badań i eksperymentów, stwierdzić można, że wybrane substancje o charakterze fenolowym występujące naturalnie w drewnie mogą znaleźć praktyczne zastosowanie do ochrony drzew pomników przyrody przed dekompozycją powodowaną przez grzyby uszkadzające drewno. Co najmniej pięć związków chemicznych z tej grupy, tj. eugenol, izoeugenol, rezorcynol, pirogalol oraz 2-furaldehyd, posiada właściwości impregnujące drewno, zabezpieczając je przed deprecjacją ze strony grzybów w stopniu co najmniej porównywalnym do syntetycznych fungicydów systemicznych [Zarzyński 2005c]. Związki te, jako w pełni naturalne i powszechnie występujące w przyrodzie w drewnie, a także w owocach, nasionach i innych organach niektórych gatunków roślin, powodują o wiele mniej skutków ubocznych zarówno dla zabezpieczanego nimi drzewa, jak i jego otoczenia, nie obciążając przy tym środowiska. Proponowana metodyka aplikacji pozwala na skuteczne podawanie ich drzewom w każdym wieku i o dowolnym rozmiarze. Co więcej jest tania i prosta w wykonaniu. Przed wprowadzeniem do praktyki konserwatorskiej konieczne byłyby dalsze badania mające na celu określenie trwałości działania tych związków w drewnie i ustalenie wynikających z tego tytułu optymalnych wielkości dawek, decydujących o istnieniu ekonomicznych podstaw ich stosowania. Badania takie powinny być jednak przeprowadzone na obiektach docelowych, tj. na wytypowanej grupie drzew pomnikowych, a w szczególności okazałych dębów i lip, stanowiących największą grupę potencjalnych „pacjentów” oczekujących na konserwację drewna ich pni i konarów.

Literatura

- Adams R., Voorhees V. 1921. Furfural. *Organic Syntheses* 1: 49.
- Breitenbach J., Kränzlin F. 1986. *Fungi of Switzerland. Part II.* Verlag Mykologia, CH-6000 Lucerne 9, Switzerland.
- Browne F. G. 1968. *Pests and disease of forest plantation trees.* Clarendon Press. Oxford.
- Butin H. 1989. *Krankheiten der Wald- und Parkbäume.* Georg Thieme Verlag. Stuttgart – New York.
- 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. New York. Plenum Press.
- Domański S. 1965. *Grzyby.* Państwowe Wydawnictwo Naukowe. Warszawa.
- Evansen P. C., Solheim H., Hřiland K., Stenersen J. 2000. Induced resistance of Norway spruce, variation of phenolic compounds and their effects of fungal pathogens. *Forest Pathology* 30: 97-109.
- Fiuza S. M., Gomes C., Teixeira L. J., Girão da Cruz M. T., Cordeiro M. N. D. S., Milhazes N., Borges F., Marques M. P. M. 2004. Phenolic acid derivatives with potential anticancer properties — a structure-activity relationship study. Part 1: Methyl, propyl and octyl esters of caffeic and gallic acids. *Bioorganic & Medicinal Chemistry* 12 (13): 3581-3589.

- Gerhardt E. 1995. BLV Handbuch Pilze. BLV Verlagsgesellschaft gmbH. München Wien Zürich.
- Grzesiak M. [red.]. 2007. Rocznik Statystyczny Ochrona Środowiska 2007. Informacje i opracowania statystyczne. Główny Urząd Statystyczny. Warszawa.
- Grzywacz A. 1989. Grzyby chronione. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne. Warszawa.
- Grzywacz A. 1990. Grzyby leśne. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne. Warszawa.
- Grzywacz A. 1991. Lipy. Ważniejsze choroby infekcyjne. W: Lipy, Nasze drzewa leśne. Arkadia. Poznań.
- Gumińska B., Wojewoda W. 1988. Grzyby i ich oznaczanie. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne. Warszawa, wyd. IV.
- Jadhav B. K., Khandelwal K. R., Ketkar A. R., Pisal S. S. 2004. Formulation and evaluation of mucoadhesive tablets containing eugenol for the treatment of periodontal diseases. Drug Development and Industrial Pharmacy 30 (2): 195-203.
- Jahn H. 1979. Pilze die an Holz wachsen. Busse. Herford.
- Kermasha S., Goetghebeur M., Dumont J. 1995. Determination of phenolic compound pronles in maple products by high-performance liquid chromatography. J. Agric. Food Chem. 43: 708-716.
- Kędzia A. 2007. Ocena działania przeciwbakteryjnego olejku goździkowego (*Oleum Caryophylli*). Postępy Fitoterapii 2: 66-70.
- Klán J., Vančura B. 1981. Pilze. Artia. Praha.
- Kotlaba F. 1984. Zeměpisné rozšíření a ekologie chorošů (Polyporales s. l.) v Československu. Československá akademie věd, Praha.
- Krzysik F. 1978. Nauka o drewnie. Państwowe Wydawnictwo Naukowe. Warszawa.
- Le Courteur P., Burreson J. 2004. Napoleon's buttons. Tarcher/Penguin. New York.
- Manion P. D. 1991. Tree disease concepts. Prentice Hall Career & Technology. New Jersey.
- Mańka K. 2005. Fitopatologia leśna. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne. Warszawa, wyd. VI.
- Panico R., Powell W. H. [red.] 1994. A Guide to IUPAC Nomenclature of Organic Compounds 1993. Blackwell Science. Oxford.
- Peace T. R. 1962. Pathology of trees and shrubs. At The Clearendon Press Oxford.
- Pośniak M., Kozieł E., Jeżewska A. 2000. Szkodliwe substancje chemiczne w procesie przetwórstwa żywic fenolowo-formaldehidowych. Bezpieczeństwo Pracy Nauka i Praktyka 3: 8-11.
- 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.
- Right D. A., Payne J. P. 1962. A clinical study of intravenous anaesthesia with a eugenol derivative. British Journal of Anaesthesia 34: 379-385.
- Rudzki E., Rebandel P., Jaworski E. 2004. Alergia kontaktowa na składowe perfum: izoeugenol i eugenol. Postępy Dermatologii i Alergologii 4: 177-179.
- 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.
- Sapota A., Ligońka D. 2001. Rezerzynol – dokumentacja. Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy 1: 127-145.
- Schiestl F. P., Roubik D. W. 2003. Odor Compound Detection in Male Euglossine Bees. Journal of Chemical Ecology 29 (1): 253-257.
- Schwarze F. W. M. R., Engels J., Mattheck C. 2000. Fungal Strategies of wood decay in trees. Springer-Verlag. Berlin-Heidelberg-New York.
- Smotlacha M., Malý J. 1983. Atlas tržních a jedovatých hub. Státní Zemědělské Nakladatelství. Praha.
- Theander O., Lundgren L. N. 1989. Monoaryl natural products. W: Rowe J. W. [red.] Natural Products of Woody Plants. 369-399. Berlin: Springer-Verlag.
- Wallace G., Fry S. C. 1994. Phenolic components of the plant cell wall. Int. Rev. Cytol. 151. 229-267.
- Wojewoda W. 1992. Podręczny atlas grzybów. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne. Warszawa.
- Zarzyński P. 2003a. Stan liczbowy pomników przyrody w Polsce. Wszechświat 104 (7-9): 187-190.
- Zarzyński P. 2003b. Liczba pomnikowych dębów i lip w Polsce. Rocznik Dendrologiczny Polskiego Towarzystwa Botanicznego 51: 57-64.
- Zarzyński P. 2004a. Zespół grzybów rozkładających drewno sędziwych dębów i lip. Sylwan 148 (4): 22-26.
- Zarzyński P. 2004b. Technika wykonywania iniekcji hydrostatycznych do drewna żywych drzew. Sylwan 148 (1): 39-42.
- Zarzyński P. 2004c. Ograniczanie rozwoju zgnilizn drewna dębów i lip za pomocą iniekcji fungicydami systemicznymi. Rozprawa doktorska wykonana w Katedrze Ochrony Lasu i Ekologii SGGW (maszynopis).
- Zarzyński P. 2005a. Zasięg oddziaływania iniekcji hydrostatycznych w drewnie dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.). Sylwan 149 (4): 15-20.
- Zarzyński P. 2005b. Tempo iniekcji hydrostatycznych do drewna dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) w zależności od grubości i wysokości drzewa oraz miąższości strzały w korze. Sylwan 149 (7): 51-56.
- Zarzyński P. 2005c. Ocena skuteczności różnych metod aplikacji fungicydów systemicznych do drzew w celu ograniczenia rozkładu ich drewna przez grzyby patogeniczne. Acta Scientiarum Polonorum Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria 4 (2): 161-176.

- 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. Zdolność do dekompozycji drewna wybranych gatunków grzybów powodujących rozkład typu brunatnego w warunkach *ex situ*. Sylwan 153 (8): 548-562..
- Zarzyński P. 2009c. The wood resistance of chosen tree species against white rot decay researched in *in vitro* model. Acta Sylvatica & Lignaria Hungarica (w druku).
- Zarzyński P. 2009d. 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. Folia Forestalia Polonica (w druku).
- Zarzyński P. 2009e. Zakres zdolności i preferencji troficznych drewna izolatu modrzewnika lekarskiego (*Fomitopsis officinalis* (Vill.) Bondartsev & Singer) pochodzącego z rezerwatu przyrody „Chełmowa Góra” badany w warunkach *in vitro*. Parki Narodowe i Rezerwaty Przyrody 28 (2): 15-28.
- Zarzyński P. 2009f. 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. 2009g. 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 Ratio et Industria Lignaria 8 (1): 43-54.
- Zarzyński P. 2009h. Wpływ iniekcji wybranych substancji fenolowych do pni żywych drzew na rozkład drewna powodowany przez grzyby. Leśne Prace Badawcze Vol. 70 (3): 205-211.
- Zarzyński P., Tomusiak R. 2008. Najślawniejsze drzewa Polski. Las Polski 12-24 (cykl artykułów).
- Zarzyński P., Tomusiak R. 2009. Najślawniejsze drzewa Polski. Las Polski 1-15/16 (cykl artykułów).

SUMMARY

The evaluation of practical usability of phenolic compounds naturally existing in wood for protection of monumental tree wood against fungi causing its decomposition

Old and huge trees are very common in Poland. Over 100 thousand of them are protected as nature monuments. Their health condition is often bad, mostly because of wood destroying fungi which make damages of their stems and branches. To protect especially valuable trees synthetic chemical fungicides are used, however their efficiency is not satisfying. Moreover, these artificial chemical substances could be dangerous not only for fungi but for protected trees, as well as for the natural environment in the neighborhood. To solve this problem some new methods of tree conservancy are necessary to be prepared. One of most promising ways seems to be using phenolic compounds existing in wood, produced by living trees as natural barrier against wood destroying fungi.

There are at least 47 different organic substances existing in tiny quantities in the wood and about 38 of them can be recognized as phenolic compounds. On the other hand wood coming from different tree species is not able to be destroyed equally by chosen fungi species. It means, that some wood components must be responsible for its natural resistance against fungi, working as inhibitors of mycelium growth. Linear correlation was used to investigate them. After comparing quantities of different phenolic compounds identified in wood with the range of wood decay by chosen fungi species 10 different phenolic compounds were indicated. The following seem to be natural mycelium growth inhibitors: 3',5'-dimethoxyacetophenone, isoeugenol, 2-cyclopentene-1-on-2-hydroxy-3-methyl, furanone (2-furanon), 1,4-buthanodiamine-2,3-dimethoxy N,N,N',N'tetramethyl, resorcinol, levoglucosan, acetylbenzoic-2,5-dimethoxy acid, 2,5-furanodion-3-methyl and syringol. Laboratory tests did not confirm their fungitoxicity, however another experiment with artificial applying of some of these phenolic

compounds to living trees showed, that eugenol, isoeugenol, resorcinol, pyrogallol and 2-furaldehyde are able to protect the stem 'from the inside' against wood decaying fungi. The results of this experiment improved that all these chemical substances naturally existing in wood could be used in practical conservancy of old monumental trees. Applied straightly to their stems by hydrostatic injections they could protect their wood elongating their life spans in safe and natural way.