

DONATA KRUTUL, PAWEŁ KOZAKIEWICZ

Właściwości fizykochemiczne oraz cechy budowy mikroskopowej drewna brzozy porażonej przez *Piptoporus betulinus* (Bull. Ex fr.) P. Karst.

Physicochemical Properties and Microstructure of Birch Wood Attack by *Piptoporus betulinus* (Bull. Ex fr.) P. Karst

Wstęp

Według danych na rok 1992 drzewostany brzozowe zajmowały w Polsce prawie 500 tys. ha co stanowiło ponad 5,5% zadrzewienia kraju. Zapas grubizny wynoszący ponad 70 tys. m³ daje temu gatunkowi trzecie miejsce wśród drzew liściastych [11].

Drewno brzozy stanowi surowiec do produkcji wysokogatunkowej sklejki szkodniczej i lotniczej, elementów instrumentów muzycznych, galanterii, klepki podłogowej. Drewno brzozowe jest dobrym surowcem celulozowo-papierniczym a także do wyrobu płyt [3, 9].

Brzoza w porównaniu z innymi gatunkami jest odporna na oddziaływanie emisji przemysłowych. Odgrywa wielką rolę we wczesnych stadiach sukcesji pierwotnej i wtórnej. Jest typowym gatunkiem pionierskim i szybko rosnącym, przystosowującym np.: grunty porolne lub nieużytki przemysłowe do zasiedlenia przez inne gatunki. Brzoza ma najmniejsze wymagania względem klimatu i zasobności gleby spośród naszych drzew [1, 4, 10].

W porównaniu z rokiem 1945 udział drzewostanów brzozowych wzrósł ponad 350% i stale rośnie. Brzoza to gatunek typowo światłolubny. Rosnąc w zwarciu słabnie i stopniowo zamiera, dlatego też jest bardzo często porażana przez chorobotwórcze grzyby. Sinadskij opisuje 44 gatunki grzybów porażających drewno brzozy i powodujących jego zgnilizny [12]. Oprócz huby pospolitej lub czyrenia ogniowego, porok brzozowy (*Piptoporus betulinus*) należy do najważniejszych patogenów brzozy, stąd płynąca potrzeba lepszego zbadania procesów rozkładu drewna brzozowego powodowanego przez ten grzyb.

Porek brzozowy (*Piptoporus betulinus*) znany też pod nazwą huby brzozy należy do podstawczaków (klasa: *Hymenomyces*, rząd: *Aphyllophorales*, rodzina: *Polyporaceae*). Wytwarza on owocniki jednoroczne, które występują na pobocznicy pnia porażonego drzewa. Owocniki mają postać konsolek. Górna strona jest brunatno-biała, spód biały w postaci hymenoforu rurkowatego. Owocniki osiągają średnicę 6-12 cm [8].

Według badań Kundzewicza [6] optimum termiczne dla *P. betulinus* wynosi 299K (26°C). Huba ta woli siedliska wilgotne natomiast suchy rok z małą ilością opadów ogranicza jej rozwój [12].

Porek brzozowy występuje na brzożach osłabionych przyspieszając ich zamieranie. Atak grzyba następuje przez jamki i promienie rdzeniowe. Powoduje on najpierw zgniliznę brunatną wewnętrznych stref drewna (fałszywej twardzieli), później atakuje osłabiony biel rozkładając ściany komórkowe. Zniszczeniu enzymatycznemu ulega tu głównie celuloza. Drewno traci na masie, intensywnie kurczy się i pęka. Drewno silnie porażone można w palcach rozetrzeć na proszek. Charakterystyczna jest brunatna barwa porażonego drewna. Jednak barwa ta nie zawsze odzwierciedla stopień jego rozkładu a kruchość z uwagi na trudność pozyskania odpowiednich próbek i brak norm do jej badania jest trudna do oceny. Szczególnie przydatne do oceny są badania zawartości substancji rozpuszczalnych w mieszaninie alkoholowo-benzenowej i w rozcieńczonych alkaliach. Zawartość tych składników zwiększa się bardzo wyraźnie wraz ze wzrostem stopnia rozkładu brunatnego drewna powodowanego przez porek brzozowy [6].

Cel pracy

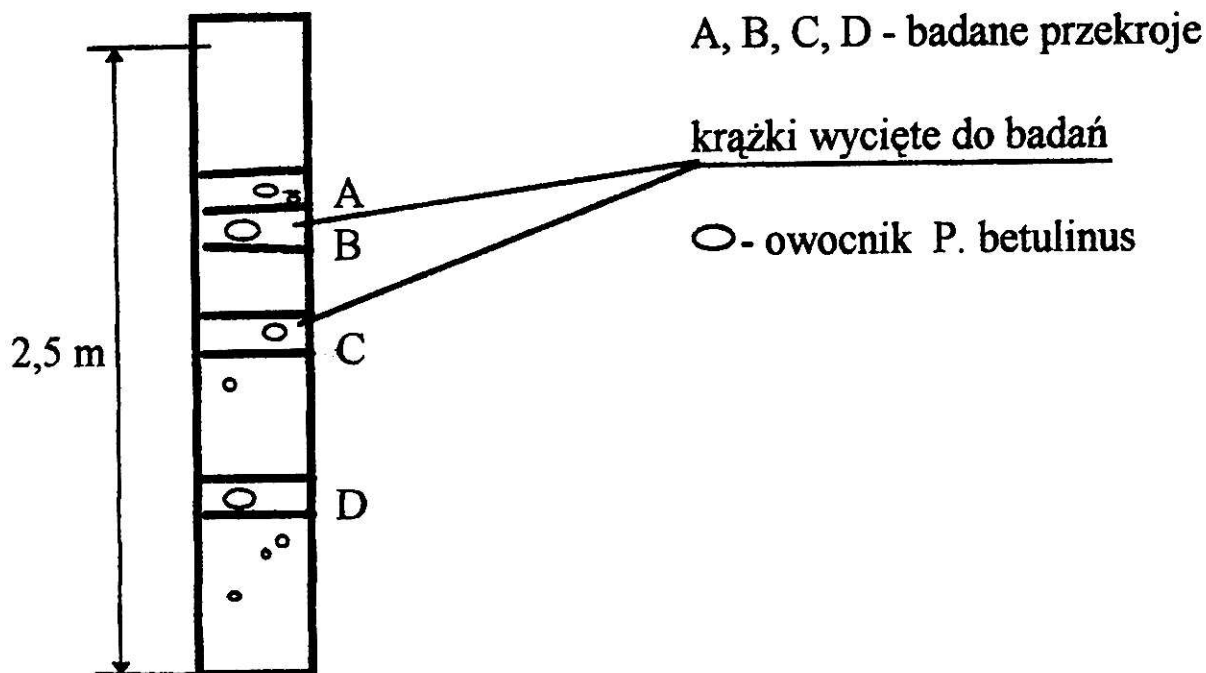
Celem pracy było poznanie stopnia rozkładu drewna brzozy w poszczególnych strefach na przekroju poprzecznym pnia oraz wzdłuż pnia na wysokości wzrastania owocników huby w pierwszym roku rozwoju grzyba. Sprawdzone także jak wpływa postępujący rozkład brunatny na budowę mikroskopową drewna i wybrane cechy makroskopowe.

Materiał i metodyka

Do badań pozyskano 2,5 metrowy fragment pnia brzozowego porażonego przez *Piptoporus betulinus* w pierwszym roku rozwoju grzyba. Brzoza w wieku 40 lat i wysokości około 15 m o pierśnicy 61 cm została ścięta w drugiej połowie września 1994 r. Drzewo rosło na gruntach porolnych w borze mieszanym wilgotnym w Nadleśnictwie Celestynów (Mazowiecki Park Krajobrazowy). Udział brzoż w tym drzewostanie wynosił 50%.

Tuz po ścięciu drzewa z pozyskanego pnia wycięto cztery krawki drewna o grubości ok. 80 mm każdy wg schematu przedstawionego na rycinie 1. Na odsłoniętych przekrojach poprzecznych zmierzono wilgotność wilgotnościomierzem pojemnościowym DELTA-6 w trzech strefach:

- biel od strony północnej (od strony wrastania owocników huby)
- strefa przyrdzeniowa (fałszywa twardziel)
- biel od strony południowej.



RYC. 1. Miejsca występowania owocników *Piptoporus betulinus* w pniu porażonej brzozy z zaznaczeniem badanych przekrojów

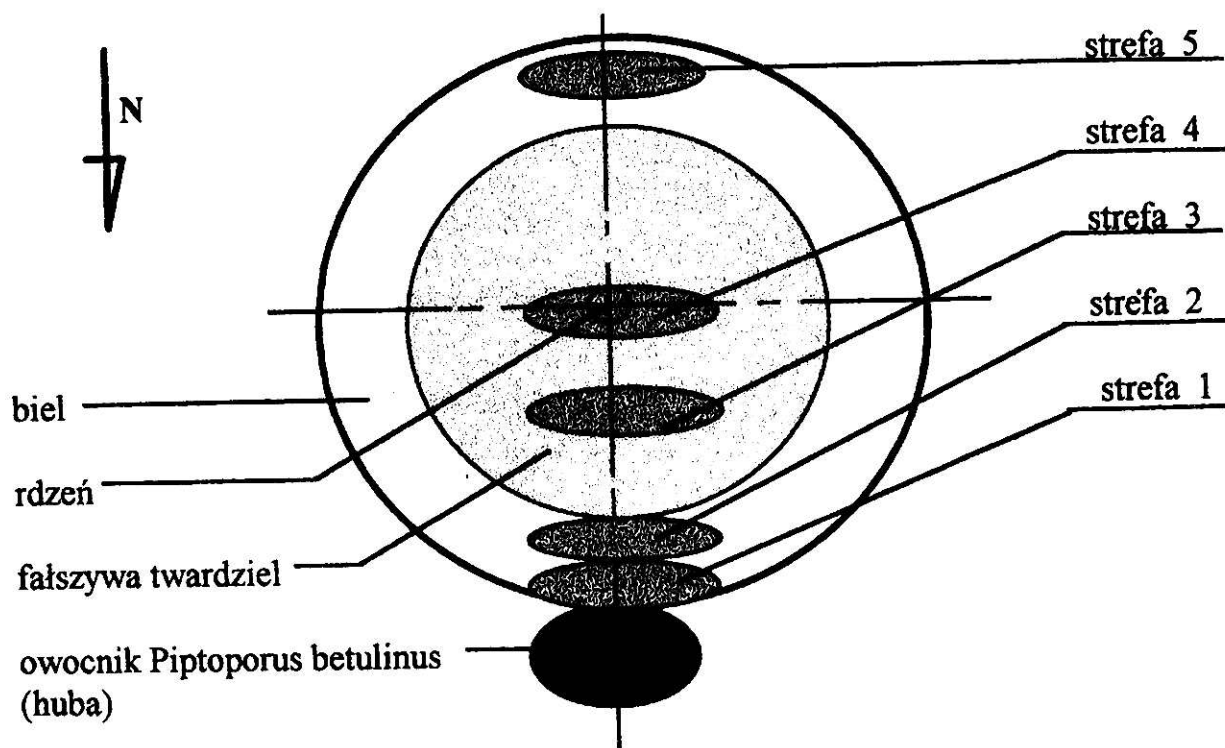
Kolejno dla czterech krążków zliczono słoje i określono średnią szerokość przyrostów rocznych.

Do analiz chemicznych z każdego krążka pobrano pięć próbek drewna oraz po jednej próbce z przyrośniętych owocników poroka brzozowego. Strefy z których pobrano drewno do badań przedstawia rycina 2.

Do oznaczenia gęstości drewna z poszczególnych stref badanych przekrojów pozyskano próbki o wymiarach $1 \times 1 \times 1$ cm w stanie wilgotnym. Po wysuszeniu do stałej masy zmierzono wymiary próbek obliczając ich gęstość w stanie absolutnie suchym wg zaleceń PN-77/D-04101. Dla próbek z analogicznych stref z czterech przekrojów policzono wartości średnie. Do oznaczenia gęstości owocników huby pobrano z każdego z nich niewielki fragment o masie około 1 g w stanie wilgotnym. Po wysuszeniu do stałej masy i zważeniu, zanurzano je w cylindrze miarowym notując ilość wypartej wody. Przy obliczeniach przyjęto, że 1 ml wody równy jest 1 cm^3 .

Przed mechanicznym rozdrobieniem drewna z wyznaczonych stref przedstawionych na rycinie 2, wycięto kilka małych próbek w celu wykonania zdjęć mikroskopowych. Zdjęcia przedstawiające przekroje styczne drewna wykonano przy użyciu mikroskopu elektronowego typu JSM-35 firmy Jeol przy napięciu 25kV.

Pozostałe drewno z poszczególnych stref oraz owocniki huby przeznaczone do oznaczania zawartości substancji rozpuszczalnych w mieszaninie alkoholowo-benzenowej podzielono mechanicznie i rozdrobnilo przy użyciu młynka. Do badań użyto frakcji materiału uzyskanego z zestawu sit 0,49–1,5 mm. Każda naważka wilgotnego materiału miała masę ponad 4 g. Oznaczenia zawartości substancji rozpuszczalnych dokonano w mieszaninie



RYC. 2. Przekrój poprzeczny pnia brzozy na wysokości wyrastania owocnika *Piptoporus betulinus*: strefa 1 – obszar zawierający biel najbliższy hubie (do ok. 15 mm od miejsca wrastania owocnika), strefa 2 – obszar zawierający biel w odległości ok. 15–30 mm od miejsca wrastania owocnika, strefa 3 – obszar zawierający fałszywą twardziel, strefa 4 – obszar zawierający fałszywą twardziel rdzeniową, strefa 5 – obszar zawierający biel, po przeciwnej stronie pnia

alkoholu metylowego i benzenu w stosunku 1:1 w aparacie Soxhleta [5]. Dla analogicznych stref z czterech badanych przekrojów wyliczono wartości średnie.

Wilgotność określono metodą suszarkowo-wagową i na tej podstawie liczono masę absolutnie suchych próbek wg wytycznych PN-77/D-04100. We wszystkich badaniach oznaczono masę próbek przy użyciu wagi analitycznej o dokładności 0,0001 g.

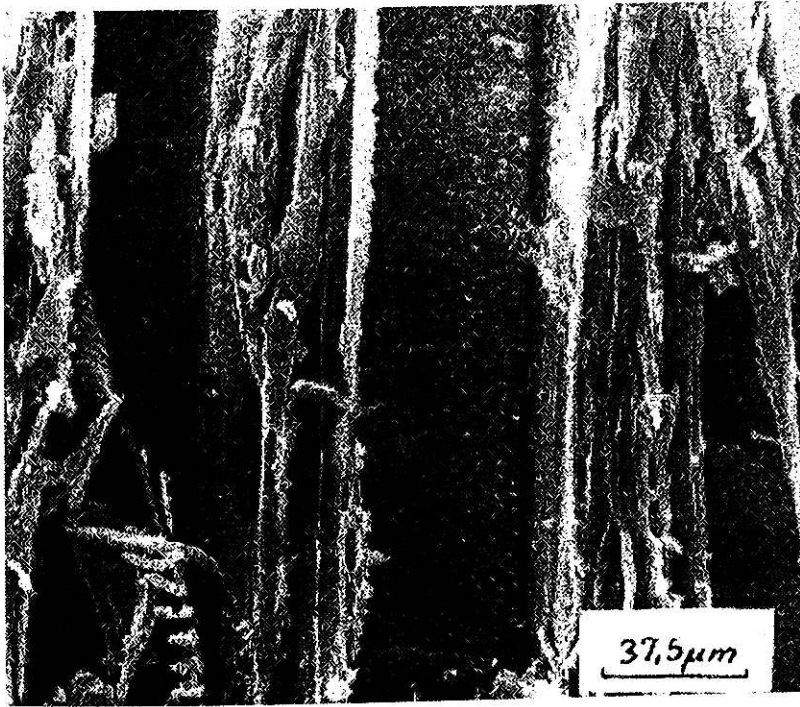
Wyniki badań i ich analiza

Wyniki oznaczeń słoistości i wilgotności drewna brzozonego tuż po ścięciu zestawione są w tabeli 1. Wilgotność wewnętrznych stref drewna z obszaru fałszywej twardzieli kształtuje się na stałym poziomie 69,5–70%. W drewnie bielu stwierdzono większą zmienność wilgotności od 66,4% do 71,4%. Szczególnie wyraźna różnica wilgotności występuje między drewnem bielu od strony północnej i południowej w partiach pnia bliższych odziomkowi i wynosi ok. 4%. Drewno bielu od strony północnej, czyli od strony wrastania owocników huby jest wilgotniejsze co odpowiada wymaganiom wilgotnościowym *Piptoporus betulinus* [12]. Ogólnie wilgotność drewna brzozonego (tuż po ścięciu) porażonego przez *Piptoporus betulinus* jest taka jak wilgotność świeżego, zdrowego drewna brzozonego [7]. W badanym drewnie średnia szerokość przyrostów rocznych maleje nieznacznie w kierunku od wierzchołka ku części odziomkowej pnia (od 2,77 do 2,44 mm).

TABELA 1
Wilgotność drewna świeżo ściętego i szerokość przyrostów rocznych

Badane przekroje	Ilość słoików	Śliskość [mm]	*Wilgotność bezwzględna [%]		
			biel od strony huby (północnej)	strefa przyrdzeniowa	biel po przeciwnej stronie (płd.)
A	26	2,77	68,9	69,4	66,4
B	28	2,62	69,7	70,1	65,9
C	29	2,59	71,6	69,4	66,9
D	30	2,44	71,4	69,7	66,6

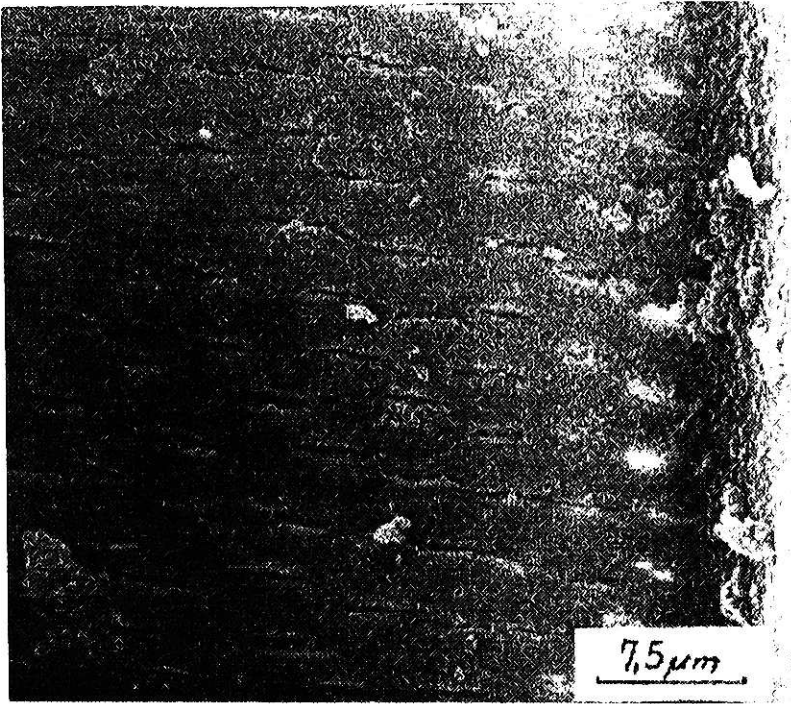
* wilgotności średnie z dziesięciu pomiarów wilgotnościomierzem DELTA-6



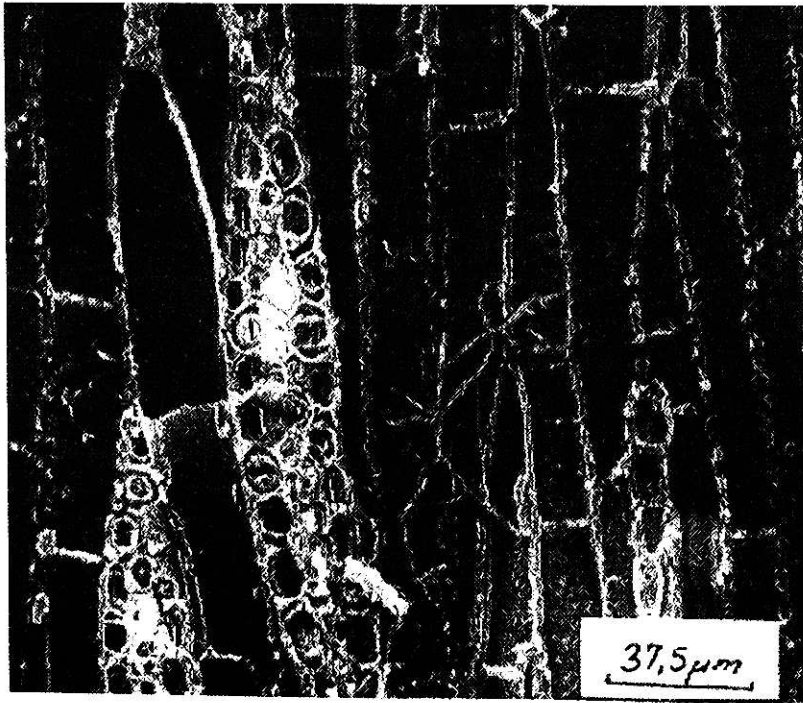
FOT. 1. Falszywa twardziel (strefa 3)

Mikroskopowe przejawy działalności *Piptoporus betulinus* w drewnie brzozowym przedstawione są na fotografiach 1-6.

Brzoza to gatunek liściasty o strukturze rozpiechłonaczyniowej posiadający dużą ilość drobnych naczyń (udział naczyń w drewnie ok. 25%), które służą do pionowego transportu wody i soli mineralnych. Drobne naczynia są mało wydajne, dlatego też brzoza nie wytwarza twardej (nie zamyka tak potrzebnych naczyń – przewodzi całym przekrojem pnia). W obronie przed pasożytem powstaje fałszywa twardziel, co częściowo spowalnia jego rozwój, lecz jednocześnie prowadzi do niewydolności systemu przewodzenia wody i dalszego osłabienia całego drzewa. Pasożyt wykorzystuje to i atakuje drewno osłabionego



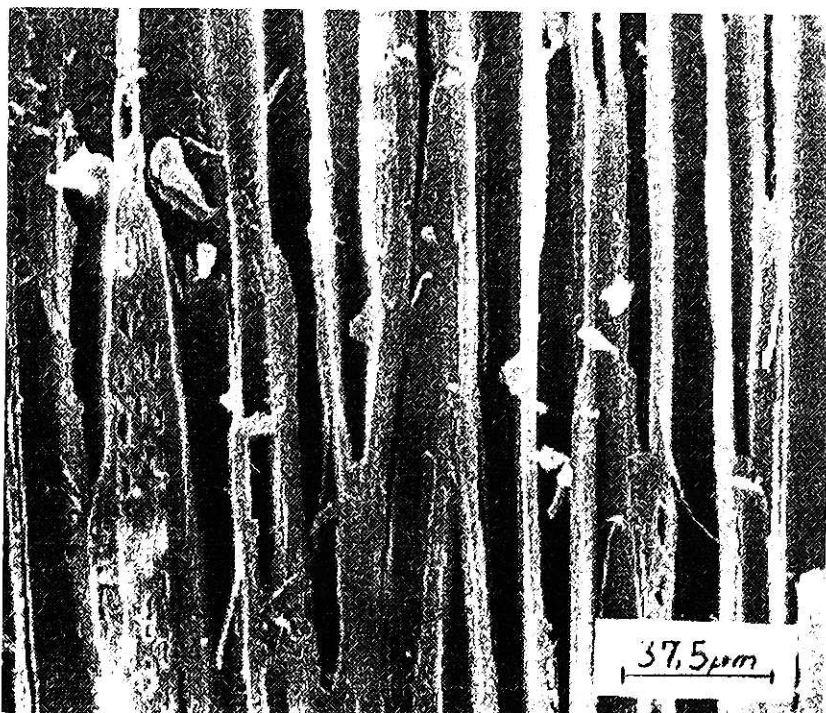
FOT. 2. Jamki w ścianie naczynia (strefa 3)



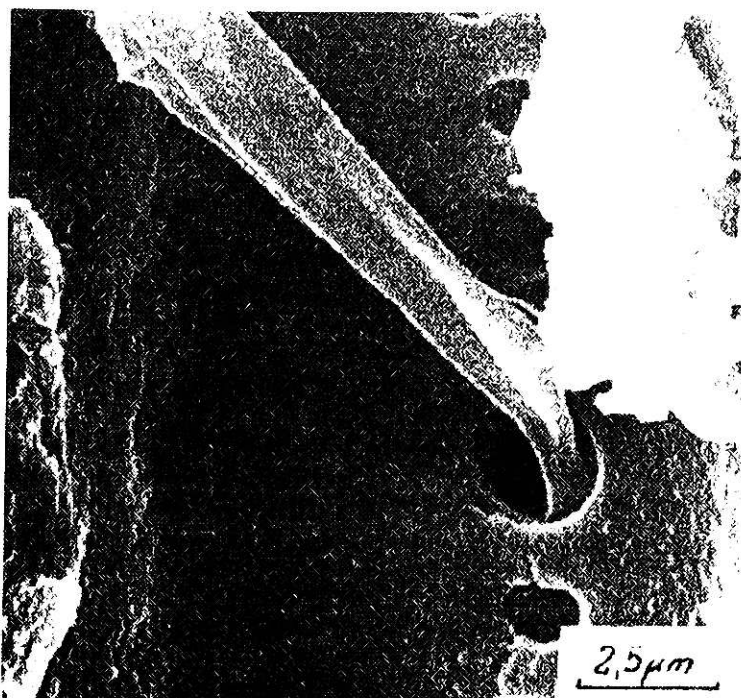
FOT. 3. Drewno bielu najbliższe hubie (strefa 1)

bielu szczególnie silnie od strony północnej ze względu na wymaganą wysoką wilgotność. Końcowym stadium ataku jest wytworzenie owocników huby i śmierć drzewa.

Piptoporus betulinus po infekcji osłabionej brzozy atakuje strefy wewnętrzne pnia. Na fotografii 1 przedstawiono strefę przyrdzeniową pnia po ataku grzyba. Widoczne jest

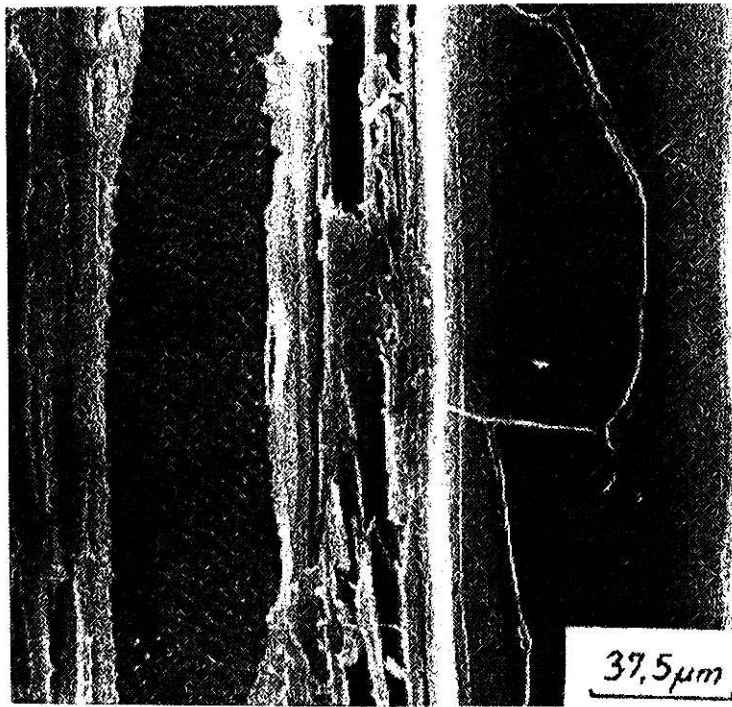


FOT. 4. Drewno bielu po przeciwnej stronie pnia od miejsca wrastania owocników huby (strefa 5)



FOT. 5. Strzępka grzybni przerastająca jamkę (strefa 1)

częściowe uszkodzenie ścian komórkowych (są one jakby chropowate), prawdopodobnie na skutek rozpoczętego rozkładu celulozy przez enzymy wydzielane przez strzępki grzybni. Naturalną obroną drzewa było odcięcie zainfekowanych stref od pozostałej (przyobwodowej) części pnia. Nastąpiło to przez zamknięcie jamek w ścianach komórkowych, czyli wytworzenie fałszywej twardzieli. Ściany komórkowe z zamkniętymi jamkami stanowią



FOT. 6. Drewno w pierwszym stadium ataku grzybni (strefa 5)

mechaniczną barierę i znaczne utrudnienie dla rozrastającej się grzybni w przenikaniu do sąsiednich komórek drewna. Na fotografii 2 przedstawiono wnętrze jednego z naczyń fałszywej twardzieli. Dobrze widoczne liczne jamki w ścianie komórkowej naczynia są pozamykane.

Na fotografii 3 przedstawiono przekrój styczny drewna bielu brzoźowego położonego tuż przy miejscu wyrastania owocnika *Piptoporus betulinus* (w odległości 5 mm – strefa 1). Widoczne są bardzo zniszczone ściany komórkowe drewna. Ściany te są wyraźnie cieńsze od ścian komórkowych drewna bielu po przeciwnej stronie pnia przedstawionego na fotografii 2. Najbardziej posuniętej destrukcji uległy promienie rdzeniowe, które zbudowane są z komórek miękiszowych, czyli komórek najbardziej wrażliwych na rozkładową działalność enzymatyczną grzybni (fot. 3). Ściany komórek promieni rdzeniowych są rozwarstwione i pozwijane oraz odznaczają się dużymi ubytkami. Promienie rdzeniowe w drewnie bielu po przeciwnej stronie pnia wyglądają na zdrowe (fot. 4). W drewnie bielu najbliższym hubie obecna jest znaczna ilość strzępek grzybni *Piptoporus betulinus* przerażających jego strukturę. Obserwowane strzępki grzybni są sprasowane, pozapadane do środka i przez to nienaturalnie płaskie. Zniekształcenie to wynika z metodyki przygotowania próbek w napyłarce próżniowej. Strzępki grzybni rozrastając się, przedostają się często do kolejnych komórek drewna poprzez niezamknięte jamki (fot. 5). Stopniowo strzępki opanowują cały przekrój pnia. Na fotografii 6 przedstawiono drewno bielu po przeciwnej stronie pnia, w którym pojawiły się pierwsze strzępki *Piptoporus betulinus*. Ściany komórkowe nie wykazują jeszcze oznak rozkładu. Jedynym efektem jest zamknięcie jamek porażonego naczynia (naczynie po prawej stronie fotografii 6, zawierającego strzępki grzybni). Po lewej stronie fotografii 6 znajduje się zupełnie zdrowe i sprawnie funkcjonujące naczynie.

TABELA 2

Zawartość substancji rozpuszczalnych w mieszaninie alkoholowo-benzenowej (1:1) w drewnie brzozy porażonej przez *Piptoporus betulinus* i owocnikach grzyba

Badane przekroje	Zawartość substancji ekstrakcyjnych odniesiona do absolutnie suchej masy w %					
	huba	strefa pobrania drewna				
		1	2	3	4	5
A	23,1	24,8	12,6	5,3	6,4	3,9
B	20,9	22,2	10,8	4,0	6,5	3,8
C	22,8	23,9	12,9	4,9	7,0	3,6
D	21,0	21,7	9,0	5,0	6,8	4,1
Średnia σ	22,0	23,2	11,3	4,8	6,7	3,9
Odchylenie standardowe	(1,16)	(1,44)	(1,81)	(0,56)	(0,27)	(0,21)

TABELA 3

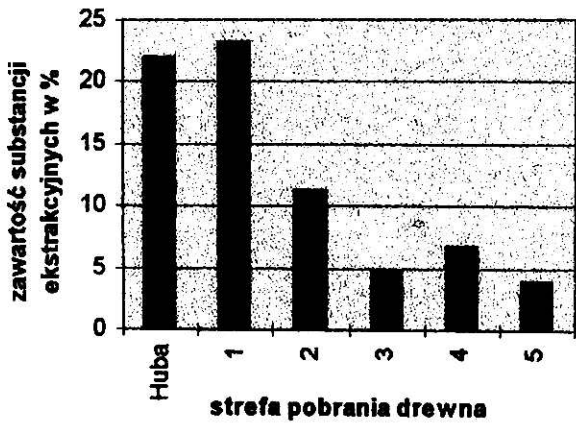
Gęstość drewna brzozy porażonej przez *Piptoporus betulinus* i gęstość owocników huby w stanie absolutnie suchym

Badane przekroje	Gęstość w stanie absolutnie suchym w kg/m^3					
	huba	strefa pobrania drewna				
		1	2	3	4	5
A	261	290	426	455	503	553
B	249	284	393	454	525	566
C	246	324	421	460	521	554
D	264	339	437	465	518	560
Średnia σ	255	309	419	458	511	553
Odchylenie standardowe	(8,8)	(26,5)	(18,7)	(5,1)	(9,6)	(6,0)

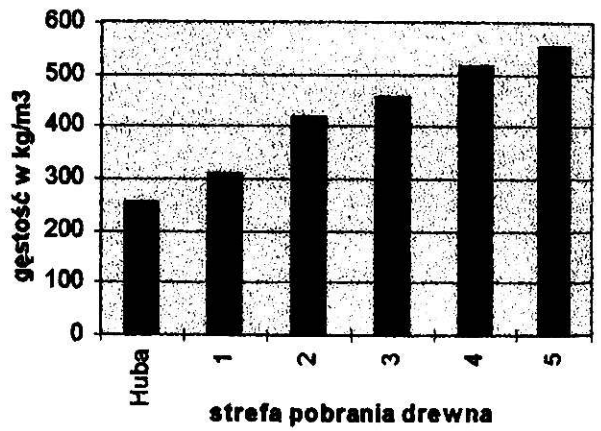
Wyniki oznaczeń zawartości substancji rozpuszczalnych w mieszaninie alkoholowo-benzenowej zestawiono w tabeli 2 i przedstawiono na rycinie 3a, zaś wyniki gęstości drewna i huby zestawiono w tabeli 3 i przedstawiono na rycinie 3b.

Z przedstawionych danych wynika, że niezależnie od badanego przekroju poprzecznego, największą zawartością substancji rozpuszczalnych w mieszaninie alkoholowo-benzenowej charakteryzuje się drewno najbliższe hubie (strefa 1) i wynosi średnio 23,2%. Podobną zawartością tych substancji charakteryzują się badane cztery owocniki huby (22,0%). W miarę oddalania się od miejsc wrastania owocników zawartość substancji rozpuszczalnych w mieszaninie alkoholowo-benzenowej maleje i w drewnie po przeciwnej stronie pnia (strefa 5) wynosi 3,9%. Większą zawartością substancji ekstrakcyjnych charakteryzuje się

a)



b)



RYC. 3. Drewno brzozy porażone przez *Piptoporus betulinus* oraz owocniki huby: a) zawartość substancji rozpuszczalnych w mieszaninie alkoholowo-benzenowej, b) gęstość.

drewno fałszywej twardzieli przyrdzeniowej (strefa 4) i wynosi 6,7%. Wynika to z naturalnej większej zawartości tych substancji w drewnie przyrdzeniowym pnia brzozowego.

Gęstość owocników huby w stanie absolutnie suchym wynosi średnio 255 kg/m^3 i jest mniejsza w porównaniu z gęstością drewna brzozowego. Niezależnie od badanego przekroju poprzecznego pnia najmniejszą gęstością charakteryzuje się drewno najbliższe hubie (strefa 1) i wynosi średnio 309 kg/m^3 . W miarę oddalania się od miejsc wrastania owocników, gęstość drewna brzozowego zwiększa się. Gęstość drewna bielu po przeciwnej stronie wrastania owocników huby (strefa 5) wynosi średnio 553 kg/m^3 i jest zgodna z gęstością zdrowego drewna brzozowego w stanie absolutnie suchym [7]. Drewno ze strefy 1 i 2 charakteryzuje duże odchylenie standardowe, czyli duża zmienność gęstości w obrębie zbadanych czterech przekrojów, co może świadczyć o zróżnicowanym stopniu rozkładu w strefach najbliższych hubie.

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski:

- W pierwszym roku rozwoju *Piptoporus betulinus* zasiedla głównie drewno od strony północnej pnia, które tuż po ścięciu charakteryzowało się średnią wilgotnością o około 4% większą w porównaniu z wilgotnością drewna od strony południowej.
- Najsilniej zniszczone było drewno znajdujące się najbliżej miejsc wrastania owocników huby, o czym świadczy najmniejsza gęstość drewna i największa zawartość substancji rozpuszczalnych w mieszaninie alkoholowo-benzenowej.
- Zawartość substancji rozpuszczalnych w mieszaninie alkoholowo-benzenowej jest dobrym miernikiem stopnia rozkładu drewna brzozowego porażonego przez *Piptoporus betulinus*, o ile uwzględni się różnice w naturalnej zawartości tych substancji w drewnie bielu, fałszywej twardzieli i drewnie przyrdzeniowym.

Gęstość drewna jest też silnie uzależniona od stopnia rozkładu drewna powodowanego przez *Piptoporus betulinus*, lecz charakteryzuje się dość dużą zmiennością.

- Mikroskopowo rozkład drewna powodowany przez *Piptoporus betulinus* charakteryzuje pocienienie i rozwarstwienie ścian komórkowych szczególnie w promieniach rdzeniowych oraz obecność strzępek grzybni. O zainfekowaniu danego obszaru drewna świadczą pozamykane jamki w ścianach naczyń; wg tej oceny drewno bielu od strony południowej pnia było także zaatakowane przez hubę.

Z Katedry Fizyko-Chemicznej Podstaw Technologii Drewna
SGGW w Warszawie

Literatura

1. **Bernadźki E., Kowalski M.**, 1993: Brzoza na gruntach porolnych. Sylwan 12: 33-41, Warszawa
2. **Dominik T.**, 1957: Huby. Państwowy Zakład Wydawnictw Szkolnych. Warszawa
3. **Gieffing D., F.**, 1982: Możliwości lepszego wykorzystania drewna brzożowego. Sylwan 1/3: 29-40. Warszawa
4. **Hawryś Z., Schnaider Z., Widerowa Ś.**, 1977: Z doświadczeń nad przydatnością różnych gatunków drzew i krzewów do zadrzewienia strefy bardzo silnego oddziaływania emisji przemysłowych. Sylwan 6: 1-16. Warszawa
5. **Krutul D.**, 1994: Ćwiczenia z chemii drewna i wybranych zagadnień z chemii organicznej. Wyd. SGGW, Warszawa
6. **Kundzewicz A.**, 1986: Współdziałanie grzybów *Fomes fomentarius* (L. ex fr.) Kick i *Piptoporus betulinus* (Bull. ex fr.) P. Karst w procesie rozkładu drewna brzoży. Praca doktorska wykonana w Zakładzie Ochrony Drewna SGGW w Warszawie
7. **Krzysik F.**, 1978: Nauka o drewnie. PWN, wyd. II. Warszawa
8. Leśnictwo w 1992 r. GUS 1993. Warszawa
9. **Mańka K.**, 1976: Fitopatologia leśna. PWRiL, Warszawa
10. **Mejnarowicz L.**, 1980: Brzoza płomienna. Sylwan 3: 59-63. Warszawa
11. Mała encyklopedia leśna. PWN 1991, wyd. II zmienione. Warszawa
12. **Puczyłowska D.**, 1992. Choroby brzoż w Puszczy Augustowskiej. Praca magisterska wykonana na Wydziale Leśnym SGGW. Warszawa

Polskie Normy

1. PN-77/D-04100 Drewno. Oznaczanie wilgotności.
2. PN-77/D-04101 Drewno. Oznaczanie gęstości.

Summary

Physicochemical properties and microstructure of birch wood attack by *Piptoporus betulinus* (Bull. Ex fr.) P. Karst

The examinations of the birch wood attacked by *Piptoporus betulinus* were carried out. The degree of decomposition of the birch wood taken from corrections of stem at a height of the occurrences of the fructifications has been established on the basis of the quality of substance soluble in the alcohol-benzene mixture, and on the basis of the organoleptic area on the opposite of an ingrown fructification. It has a reflection in advancing destruction of the wood observed on the micro- and macroscopic level, for example, decrease in density.