FOLIA FORESTALIA POLONICA
SERIA B, ZESZYT 5 1963

Jerzy Ważny, Gustaw Lang, Alojzy Wójtowicz

WPŁYW GRZYBÓW *CONIOPHORA CEREBELLA* PERS. I *MERULIUS LACRYMANS* (WULF.) FR. NA SKŁAD CHEMICZNY DREWNA SOSNY I BUKA

ВЛИЯНИЕ ГРИБОВ *CONIOPHORA CEREBELLA* PERS. И *MERULIUS LACRYMANS* (WULF.) FR. НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ И БУКА

EINFLUSS DER PILZE *CONIOPHORA CEREBELLA* PERS. UND *MERULIUS LACRYMANS* (WULF.) FR. AUF CHEMISCHE ZUSAMMENSETZUNG VOM KIEFERN- UND BUCHENHOLZ

WSTĘP

Niszczenie drewna powodowane przez grzyby jest chemicznym rozkładem jego niektórych składników, zachodzącym przy udziale enzymów wydzielanych przez grzybnię. Rozpatrzenie jakościowych i ilościowych zmian składników drewna w miarę postępu działania grzybów daje właściwy obraz procesów, jakie zaszły w drewnie. Zagadnienie składu chemicznego drewna niszczonego przez grzyby jest w literaturze reprezentowane przez szereg prac naukowych. Wśród nich nieznaczna tylko część zawiera wyniki uwzględniające dynamikę zmian zachodzących w określonych odstępach czasu. Większość z nich, szczególnie starsze podaje zawartość poszczególnych składników w odniesieniu do ciężaru analizowanej próbki zniszczonej przez grzyby w warunkach naturalnych, stąd nie zawsze odzwierciedlają one właściwe zmiany chemiczne, jakie zaszły w drewnie.

Pierwsze badania nad zmianami składu chemicznego drewna niszczonego przez grzyby *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr., *Poria vaporaria* Fr. i in. przeprowadził Falck w 1926 r. (4), wprowadzając charakterystykę rozkładu destrukcyjnego i korozyjnego. Podstawą podziału były stosunki ilościowe pomiędzy celulozą i ligniną. Badanie składu chemicznego drewna sosny zniszczonego przez *Merulius lacrymans* opisali również Schwalbe i Ekerstam (13), a także Komarow (8), Boswell (2) i inni Z nowszych prac należy wymienić interesujące badania Rypáčka (10, 11), który badał zmiany wagowe i obję-

tościowe celulozy i ligniny drewna sosny niszczonego przez *Coniophora cerebella* Pers. W Polsce badaniami zmian chemicznych własności drewna niszczonego przez grzyby zajmował się Wiertelak (15).

1. CEL, MATERIAŁY I METODYKA BADAŃ

Celem niniejszej pracy było zbadanie składu chemicznego drewna bielastego sosny (*Pinus silvestris* L.) i buka (*Fagus silvatica* L.), tj. zawartości celulozy, substancji rozpuszczalnych w NaOH, ligniny i substancji ekstraktywnych w alkoholo-benzenie, w różnych okresach działania grzybów *Coniophora cerebella* Pers. i *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr. Drewno do badań pochodziło z drzew krajowych; jego ciężar właściwy wynosił dla sosny 0,46 G/cm^3, dla buka 0,64 G/cm^3, gęstość słojów rocznych odpowiednio 5 do 8 i 5 do 7 na 1 cm. Próbki o wymiarach 2×2×5 cm były pozbawione jakichkolwiek wad i uszkodzeń.

Badania mikologiczne przeprowadzono przy zastosowaniu czystych kultur grzybów *Coniophora cerebella* Pers. szczep Warszawa I i *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr. f. *domesticus* szczep Warszawa I. Grzybnię obu gatunków zaszczepiono oddzielnie w płytkach Petriego o średnicy 15 cm, na pożywce agarowo-brzeczkowej o składzie: agaru 7,5 g, brzeczki piwnej 10° Be 150 g, wody destylowanej 350 g. W chwili, kiedy grzybnia pokryła prawie całą powierzchnię pożywki, wkładano do naczyń uprzednio wysterylizowane próbki drewna. Naczynia z grzybnią i próbkami przechowywane były w termostacie o temperaturze powietrza 22° C i wilgotności względnej około 75% przez okres 6 miesięcy. Po upływie 1, 3 i 6 miesięcy część próbek wyjmowano, oczyszczano z grzybni i poddawano analizie chemicznej. Jednocześnie na innych próbkach określono straty ciężaru drewna, jakie zaszły pod wpływem grzybów w tych samych okresach (tab. 1).

Tabela 1

Zmiany ciężaru drewna sosny i buka pod wpływem grzybów
Coniophora cerebella i *Merulius lacrymans*

Gatunek drewna	Okres działania w miesiącach	Ciężar drewna w procentach	
		Coniophora cerebella	*Merulius lacrymans*
Sosna	kontr.	100	100
	1	91,2	93,2
	3	71,5	75,9
	6	38,3	46,6
Buk	kontr.	100	100
	1	89,8	91,1
	3	71,2	82,8
	6	46,4	50,3

Badania chemiczne. Próbki niezagrzybione oraz poddane działaniu grzybów *Coniophora cerebella* i *Merulius lacrymans* rozdrabniano na młynku tarczowym Titötha. Próbki najsilniej zniszczone rozdrabniano w palcach. Następnie oznaczano metodą suszarkową wilgotność uzyskanego materiału. Część rozdrobnionego materiału poddano najpierw ekstrakcji w aparacie Soxhleta w ciągu 6 godzin mieszaniną alkoholo-benzenową w stosunku składników 1 : 1.

Uzyskany ekstrakt sączono przez sączek i odparowano rozpuszczalnik na łaźni wodnej. Po jednogodzinnym suszeniu ważono wyekstrahowaną substancję. Pozostały materiał drzewny po przemyciu wodą i przesuszeniu w prądzie powietrza służył do oznaczeń zawartości celulozy i ligniny.

Celulozę oznaczano metodą Kürschnera-Hoffera, polegającą na przeprowadzeniu do roztworu ligniny i innych substancji przez kilkakrotne traktowanie 20-procentowym roztworem stężonego kwasu azotowego w alkoholu. Pozostałość traktowano jako celulozę, przemywano wodą, alkoholem i eterem, suszono w temperaturze 105° C do stałego ciężaru i ważono.

Ligninę oznaczano metodą bezpośrednią według Halsego, polegającą na hydrolizie wszystkich węglowodanów mieszaniną stężonego kwasu solnego z 5% dodatku 72-procentowego kwasu siarkowego, w ciągu 24 godzin. Pozostałość traktowano jako ligninę, przemywano do zaniku reakcji kwaśnej i po wysuszeniu do stałego ciężaru ważono.

Substancje rozpuszczalne w NaOH oznaczano na materiale drzewnym nie ekstrahowanym.

Próbki traktowano 1-procentowym NaOH w temperaturze wrzącej łaźni wodnej przez 1 godz. Metoda ta pozwala na przeprowadzenie do roztworu związków hemicelulozowych, zwanych przez Staudingera poliozami drzewnymi. Są to głównie ksyloza, arabinoza, mannoza, galaktoza i in. Pozostałość przemywano do zaniku reakcji alkalicznej i po przesuszeniu do stałego ciężaru ważono.

2. WYNIKI BADAŃ

Uzyskane wyniki analiz chemicznych zebrane są w tabelach od 2 do 5. Tabele podają oddzielnie dla celulozy, ligniny, substancji rozpuszczalnych w NaOH i substancji ekstraktywnych ciężar próbki analizowanej, uzyskaną zawartość badanej substancji w g i w procencie. Podaje się jednocześnie ciężar początkowy analizowanej próbki, czyli ciężar, jaki miała próbka przed poddaniem działaniu grzyba. Ciężar początkowy próbki pozwolił z kolei na przedstawienie zawartości poszczególnych składników w procentach ciężaru drewna zdrowego. Zawartość składników

podana w stosunku do ciężaru próbki zagrzybionej, nie pozwala na prześledzenie zmian, jakie zaszły w drewnie pod wpływem działania grzybów. Dlatego też za miarodajny obraz zmian chemicznych zachodzących w drewnie pod wpływem działania grzybów należy uważać wartości obliczone w stosunku do początkowego ciężaru drewna przed zagrzybieniem.

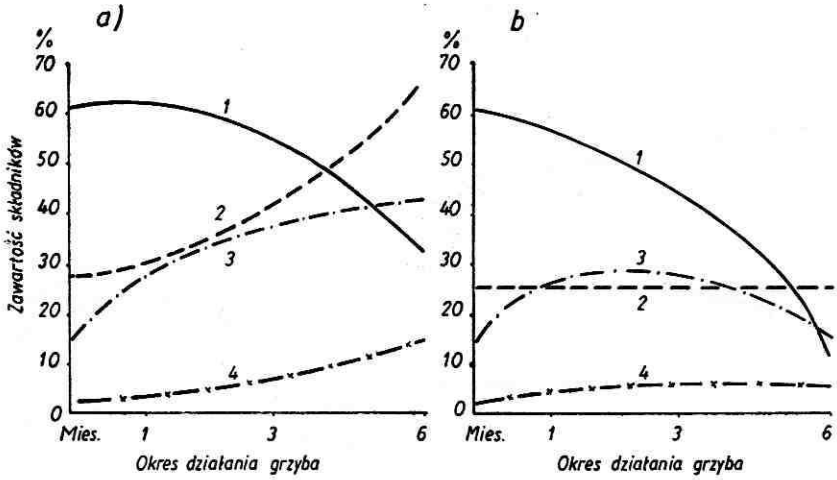
Tabela 2

Zawartość celulozy w drewnie sosny i buka po różnych okresach działania grzybów *Coniophora cerebella* i *Merulius lacrymans*

Gatunek grzyba	Okres działania w miesiącach	Ciężar analizowanej próbki w g	Ciężar początkowy próbki w g	Zawartość celulozy		
				w g	w procentach	w procencie ciężaru początkowego
Sosna						
Coniophora cerebella	kontr.	0,804	0,804	0,465	60,8	60,8
	1	0,868	0,951	0,528	60,9	55,5
	3	0,852	1,191	0,532	57,3	44,7
	6	1,005	2,624	0,288	27,8	11,0
Merulius lacrymans	1	0,863	0,925	0,458	53,0	49,6
	3	0,939	1,233	0,539	52,6	43,7
	6	0,824	1,768	0,413	49,9	23,3
Buk						
Coniophora cerebella	kontr.	0,829	0,829	0,422	50,9	50,9
	1	1,082	1,144	0,508	46,9	44,4
	3	1,053	1,478	0,395	37,6	29,0
	6	1,154	2,487	0,319	27,7	12,1
Merulius lacrymans	1	1,067	1,146	0,487	45,6	42,5
	3	1,295	1,564	0,566	43,6	36,1
	6	1,001	1,990	0,323	32,5	16,2

Coniophora cerebella i *Merulius lacrymans* zaliczane są do grupy grzybów powodujących typowy destrukcyjny rozkład drewna, przy którym w głównej mierze obniża się zawartość celulozy. Fakt ten w całej rozciągłości znalazł potwierdzenie w uzyskanych wynikach badań. Ilość celulozy w miarę postępu działania obu grzybów na drewno sosny i buka znacznie się obniżała, w silniejszym stopniu przy *Coniophora cerebella* niż przy *Merulius lacrymans*. Po sześciu miesiącach przy pierwszym grzybie zawartość wynosiła 11,0% w stosunku do ciężaru początkowego drewna u sosny i 23,3% u buka, przy drugim odpowiednio 12,1 i 16,2%. We wszystkich czterech przypadkach spadek zawartości celulozy przebiegał na ogół proporcjonalnie do czasu, z nieznaczną tendencją do zwiększania się spadku, w związku z czym wykres zawartości celulozy miał kształt lekko wygiętej paraboli.

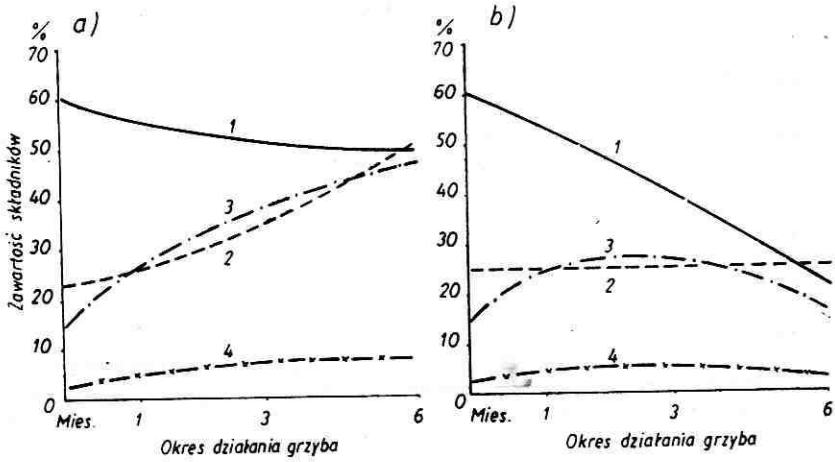
Fakt ten tylko częściowo potwierdza tezę Rypáčka (10), że ubytek celulozy zaczyna się dopiero przy stracie ciężaru przewyższającej 12%. W przeprowadzonych badaniach ubytek ciężaru tej wielkości miał miejsce w okresie pomiędzy pierwszym a drugim miesiącem, gdy tymczasem ilość celulozy już po pierwszym miesiącu, tj. przy stratach ciężaru drewna od 7 do 9%, w dużym stopniu zmniejszyła się. Grzybnia roz-



Rys. 1. Zmiany składu chemicznego drewna sosny pod wpływem działania grzyba *Merulius lacrymans*
a) w % ciężaru analizowanej próbki, *b*) w % ciężaru początkowego próbki; *1* — celuloza, *2* — lignina, *3* — substancje rozpuszczalne w 1-procentowym NaOH, *4* — substancje ekstraktywne

wijając się w drewnie początkowo korzysta z materiałów odżywczych, występujących w różnych komórkach, głównie w promieniach rdzeniowych i komórkach przyrostu wczesnego. Prawdopodobnie dopóki istnieją materiały zapasowe w drewnie i grzyby mogą z nich korzystać, nie naruszają ścianek komórkowych (Szuleta 13). Wydaje się, że okres ten jest bardzo krótki i trudny do uchwycenia; w każdym razie odstęp jednomiesięczny przyjęty w niniejszej pracy był za długi do jego określenia. Rypáček (10) w ślad za Boswellem (2) i Waksmanem (14) przypuszcza, że początki rozkładu błon komórkowych przy stratach ciężaru drewna do 12% zachodzą kosztem przede wszystkim hemiceluloz. Rozpatrzmy wobec tego, jakim zmianom ulegała substancja rozpuszczalna w 1-procentowym NaOH w drewnie sosny i buka niszczonym przez grzyby *Coniophora cerebella* i *Merulius lacrymans*. Jak widać z tabeli 3 i wykresów, zawartość ich w początkowym okresie działania grzybów wzrastała, osiągnęła kulminację pomiędzy pierwszym a trzecim miesiącem, lub w trzecim miesiącu i następnie malała. W okresie 6 miesięcy obserwacji ilość tych związków była

w większości przypadków większa niż w drewnie zdrowym. Szczególnie duży wzrost ilości miał miejsce w drewnie buka. W tym drewnie ilość substancji rozpuszczalnych w NaOH osiągnęła w punkcie bliskim kulminacji 53,5% w stosunku do ciężaru początkowego drewna w próbkach poddanych działaniu grzyba *Coniophora cerebella* i 58,3% w próbkach poddanych działaniu grzyba *Merulius lacrymans*, gdy tymczasem



Rys. 2. Zmiany składu chemicznego drewna sosny pod wpływem działania grzyba *Coniophora cerebella*

a) w % ciężaru analizowanej próbki, *b*) w % ciężaru początkowego próbki; *1* — celuloza, *2* — lignina, *3* — substancje rozpuszczalne w 1-procentowym NaOH, *4* — substancje ekstraktywne

w drewnie sosny ilości te wyniosły odpowiednio 27,4 i 24,5% czyli około 100% mniej.

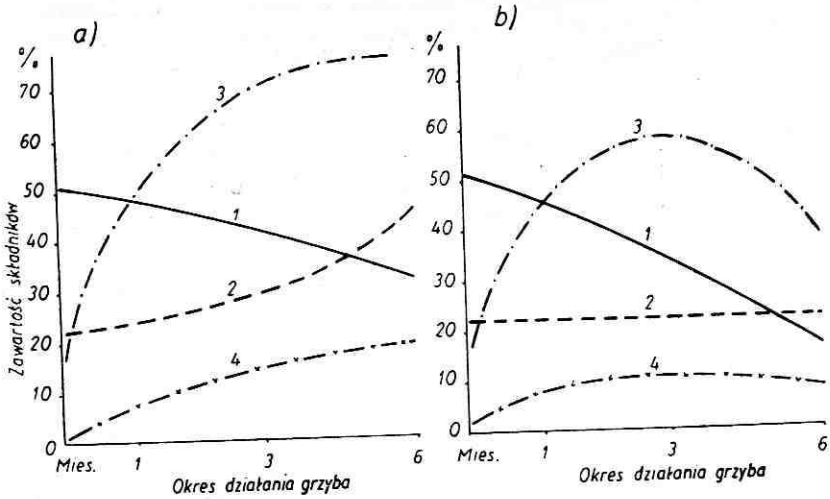
Wzrost ilości substancji rozpuszczalnych w NaOH w stosunku do zawartości w drewnie zdrowym był około 3—4-krotny u buka, a około 2-krotny u sosny. Wzrost ilości substancji rozpuszczalnych w NaOH w drewnie niszczonym przez grzyby można wytłumaczyć w następujący sposób. Rozkład drewna jest procesem enzymatycznym. Przy wydatnym udziale enzymów wydzielanych przez strzępki grzybni następuje hydroliza niektórych składników drewna. Celuloza w wyniku hydrolizy daje w końcowym efekcie glikozę wykorzystywaną przez grzyby jako podstawowy związek pokarmowy. Stopniowy zanik celulozy i innych polisacharydów w drewnie rozpoczyna się prawdopodobnie wraz ze skracaniem się łańcuchów celulozowych. Obok więc glikozy w drewnie porażonym przez grzyby znajdować się będzie cały szereg produktów pośrednich, jak heksozany i pentozany. Rozpad celulozy i jej produktów pośrednich zachodzi w pewnych okresach znacznie szybciej niż grzyby może je zużytkować. Gäumann (6) wykazał, że niektóre grzyby

Tabela 3

Zawartość substancji rozpuszczalnych w 1-procentowym NaOH w drewnie sosny i buka po różnych okresach działania grzybów *Coniophora cerebella* i *Merulius lacrymans*

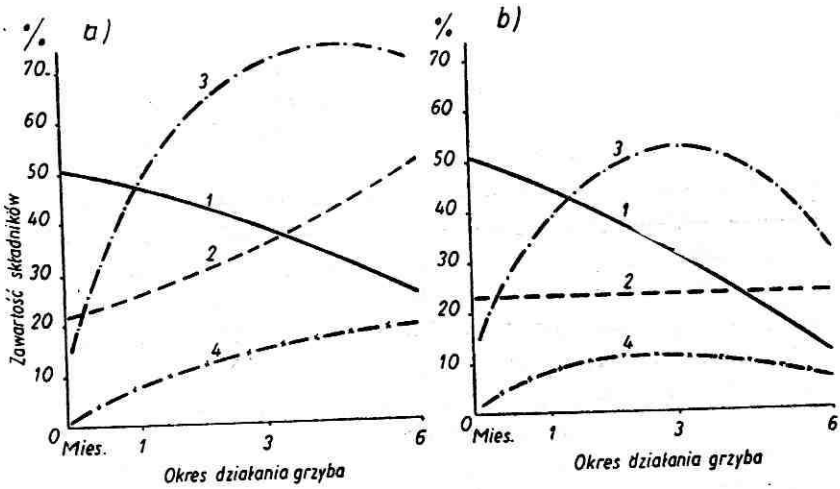
Gatunek grzyba	Okres działania w miesiącach	Ciężar analizowanej próbki w g	Ciężar początkowy próbki w g	Zawartość substancji rozpuszczalnych w jednoprocentowym NaOH		
				w g	w procentach	w procencie ciężaru początkowego
Sosna						
	kontr.	1,831	1,831	0,265	14,4	14,4
Coniophora cerebella	1	1,923	2,108	0,551	28,7	26,1
	3	1,627	2,275	0,625	38,6	27,4
	6	2,137	5,579	0,842	39,9	15,1
Merulius lacrymans	1	1,835	1,968	0,485	28,3	24,6
	3	1,957	2,578	0,632	32,5	24,5
	6	1,921	4,122	0,731	38,7	17,7
Buk						
	kontr.	2,075	2,075	0,290	14,0	14,0
Coniophora cerebella	1	2,360	2,628	1,036	43,9	39,4
	3	1,840	2,584	1,378	74,9	53,3
	6	1,981	4,269	1,368	69,0	32,0
Merulius lacrymans	1	1,840	1,976	0,893	48,5	45,1
	3	2,408	2,908	1,697	70,4	58,3
	6	1,618	3,216	1,237	76,1	38,4

przynajmniej w początkowych stadiach swego rozwoju rozkładają chemicznie więcej sukstancji drzewnej niż jej pochłaniają. Należy sądzić, że cały szereg produktów pośrednich hydrolizy celulozy znajdujących się w analizowanym drewnie przeszło do roztworu i zostało oznaczonych jako substancje rozpuszczalne w NaOH i stąd znaczny wzrost ich ilości. Na podstawie uzyskanych wyników trudno rozstrzygnąć, czy naturalne hemicelulozy znajdujące się w drewnie uległy rozkładowi, a w skład stwierdzonej ilości wchodzi tylko hemiceluloza powstała jako produkt pośredni hydrolizy celulozy, czy też wchodzą one w skład ilości uzyskanych w wyniku analizy. W celu uzyskania orientacyjnych danych rozpatrzono zależność pomiędzy zawartością celulozy a substancji rozpuszczalnych w NaOH w drewnie niszczonym przez badane grzyby (rys. 5). Stosunek tych składników był następujący. W początkowym okresie przy niewielkim na ogół spadku ilości celulozy wzrasta ilość substancji rozpuszczalnych w NaOH, szczególnie silnie w drewnie bukowym. Przy zawartości około 50% w drewnie sosny i około 30% w drewnie buka daje się zauważyć zmiana stosunków. Przy nieco większym pod względem szybkości zmniejszaniu się celulozy rozpoczął się również



Rys. 3. Zmiany składu chemicznego drewna buka pod wpływem działania grzyba *Coniophora cerebella*

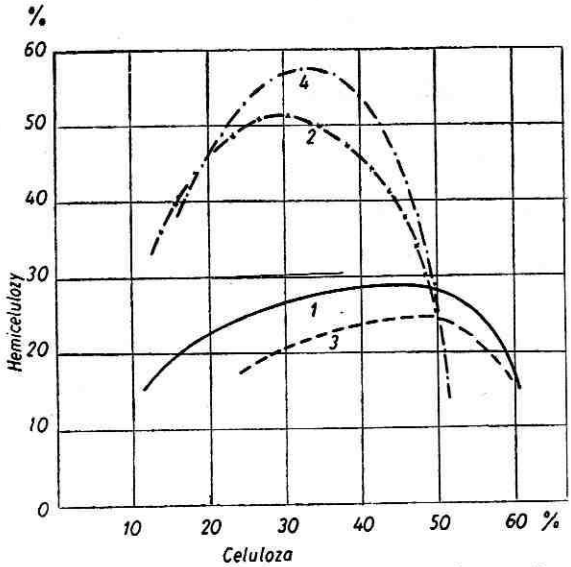
a) w % ciężaru analizowanej próbki, *b*) w % ciężaru początkowego próbki; *1* — celuloza, *2* — lignina, *3* — substancje rozpuszczalne w 1-procentowym NaOH, *4* — substancje ekstraktywne



Rys. 4. Zmiany składu chemicznego drewna buka pod wpływem działania grzyba *Merulius lacrymans*

a) w % ciężaru analizowanej próbki, *b*) w % ciężaru początkowego próbki; *1* — celuloza, *2* — lignina, *3* — substancje rozpuszczalne w 1-procentowym NaOH, *4* — substancje ekstraktywne

spadek ilości związków rozpuszczalnych w NaOH. Przytoczony układ stosunków pomiędzy celulozą i tymi związkami w drewnie niszczonym przez grzyby *Coniophora cerebella* i *Merulius lacrymans* potwierdza podane powyżej przypuszczenie o obecności w początkowych okresach rozkładu drewna pośrednich produktów hydrolizy celulozy, mających charakter hemiceluloz. Problem kolejności rozkładu składników w po-



Rys. 5. Zależność pomiędzy zawartością celulozy i substancji rozpuszczalnych w 1-procentowym NaOH w drewnie niszczonym przez grzyby *Coniophora cerebella* (*1* — sosna, *2* — buk) i *Merulius lacrymans* (*3* — sosna, *4* — buk)

czątkowym okresie działania grzybów nie został jednak wyjaśniony i będzie wymagał bardziej szczegółowych badań, potwierdzających lub obalających przypuszczenia Rypáčka i in.

Teoria rozkładu drewna Falcka, Komarowa i innych podaje, że przy rozkładzie destrukcyjnym zawartość ligniny nie ulega zmianie lub też zmienia się tylko nieznacznie. Wyniki naszych badań (tab. 4 i wykresy), wyrażone w procentach ciężaru drewna zdrowego potwierdzają ją w całej rozciągłości. Zawartość ligniny w drewnie sosny i buka niszczonych przez grzyby *Coniophora cerebella* i *Merulius lacrymans* utrzymuje się na jednym poziomie we wszystkich okresach badawczych. Niewielkie rozbieżności w dwóch kierunkach pomiędzy poszczególnymi okresami nie przekraczają różnic pomiędzy pojedynczymi spostrzeżeniami i można je uznać za wywołane dopuszczalnymi błędami pomiarów. Porównując ilość ligniny w drewnie poddanym działaniu grzybów z ilością otrzymaną dla drewna zdrowego można stwierdzić, że w warunkach przeprowadzonego

Tabela 4

Zawartość ligniny w drewnie sosny i buka po różnych okresach działania grzybów *Coniophora cerebella* i *Merulius lacrymans*

Gatunek grzyba	Okres działania w miesiącach	Ciężar analizowanej próbki w g	Ciężar początkowy próbki w g	Zawartość ligniny		
				w g	w procentach	w procencie ciężaru początkowego
Sosna						
	kontr.	1,664	1,664	0,437	26,4	26,4
Coniophora cerebella	1	0,890	0,975	0,270	30,3	26,7
	3	0,756	1,057	0,247	32,6	23,3
	6	0,865	2,250	0,569	65,3	25,2
Merulius lacrymans	1	1,904	2,042	0,559	29,4	27,3
	3	2,061	2,715	0,709	30,0	26,1
	6	1,354	2,905	0,738	34,3	25,4
Buk						
	kontr.	0,913	0,913	0,199	21,8	21,8
Coniophora cerebella	1	1,086	1,209	0,276	25,4	22,8
	3	1,171	1,644	0,458	39,1	27,8
	6	1,111	2,396	0,547	49,3	22,8
Merulius lacrymans	1	1,112	1,194	0,262	23,6	21,9
	3	1,170	1,413	0,307	28,7	21,7
	6	0,995	1,978	0,428	42,7	21,6

doświadczenia grzyby *Coniophora cerebella* i *Merulius lacrymans* nie naruszyły ilościowo ligniny w drewnie. Należy jednak przypuszczać, że lignina mimo braku zmian ilościowych uległa pewnym przekształceniom chemicznym, niewyczuwalnym przy stosowanej metodzie analitycznej. Enzymy wydzielane przez badane grzyby nie powodują rozkładu chemicznego ligniny, ale ją nieco przetwarzają. Lignina przy rozkładzie typu destrukcyjnego traci część grup metoksylowych i ulega częściowej zamianie na kwasy humusowe, co nadaje drewnu ciemnobrunatną barwę (3, 9).

Należy jeszcze wspomnieć o interesujących wynikach uzyskanych przez Szuletę (13) przy badaniach mikrochemicznych drewna niszczonego przez grzyby *Merulius lacrymans* i *Poria vaporaria*. Jako pierwsze zmiany zachodzące w ściankach komórkowych drewna autor podaje delignizację pasemek Sanio i powstawanie związków, barwiących się podobnie jak tłuszcze. Ponieważ pierwsze zmiany, zauważalne nieuzbrojonym okiem w drewnie niszczonym przez grzyby destrukcyjne są zmianami zabarwienia, co również miało miejsce w warunkach naszych doświadczeń, można przypuszczać, że w pierwszej fazie rozkładu drewna następuje również zmiana chemicznego charakteru ligniny.

Naturalnie są to dotychczas tylko hipotezy, których potwierdzenie możliwe będzie dopiero po ostatecznym wyjaśnieniu natury chemicznej kompleksu ligninowego.

Pewnym zmianom ilościowym uległy w drewnie sosny i buka niszczonym przez grzyby *Coniophora cerebella* i *Merulius lacrymans* substancje dające się ekstrahować mieszaniną alkoholo-benzenową. Substancje

Tabela 5

Zawartość substancji ekstraktywnych w drewnie sosny i buka po różnych okresach działania grzybów
Coniophora cerebella i *Merulius lacrymans*

Gatunek grzyba	Okres działania w miesiącach	Ciężar analizowanej próbki w g	Ciężar początkowy próbki w g	Zawartość substancji ekstraktywnych		
				w g	w procentach	w procencie ciężaru początkowego
Sosna						
	kontr.	7,199	7,199	0,152	2,1	2,1
Coniophora cerebella	1	4,309	4,724	0,191	4,6	4,0
	3	5,982	8,366	0,335	5,7	4,0
	6	6,357	16,597	0,888	14,0	5,3
Merulius lacrymans	1	7,145	7,666	0,287	4,0	3,7
	3	6,866	9,046	0,436	6,8	4,8
	6	7,310	15,686	0,508	7,0	3,2
Buk						
	kontr.	4,497	4,497	0,043	0,1	0,1
Coniophora cerebella	1	9,232	10,122	0,528	5,7	5,2
	3	6,333	8,857	0,947	14,8	10,7
	6	5,623	14,680	1,001	17,8	6,8
Merulius lacrymans	1	10,227	10,984	0,768	7,4	6,9
	3	8,616	10,405	0,950	11,2	9,1
	6	8,017	15,938	1,415	19,5	8,9

ekstraktywne w drewnie zdrowym zawierają ogólnie biorąc takie związki, jak żywice, tłuszcze, woski, olejki eteryczne itp. W badanym drewnie stwierdzono w początkowych okresach rozkładu wzrost ilości ekstraktów wynoszący przy działaniu grzyba *Merulius lacrymans* na drewno sosny od 2,1 przy zdrowym drewnie do 4,8% i w drewnie buka od 0,1 do 9,1% w trzecim miesiącu oraz przy grzybie *Coniophora cerebella* w drewnie buka do 10,7%. W następnym okresie (6 mies.) stwierdzono z kolei spadek ilościowy tych substancji odpowiednio do 3,2, 8,9 i 6,8%. Wykres więc zmian substancji ekstraktywnych ma postać łagodnej paraboli. Nieco inaczej przebiegały zmiany ilości ekstraktów alkoholo-benzenowych w drewnie sosny niszczonej przez *Coniophora cerebella*. Daje się tu

zauważyć ich wzrost również i w szóstym miesiącu działania grzyba od wielkości 2,1 przy zdrowym drewnie do 5,3%. Ogólnie wzrost ilości substancji ekstraktywnych był znacznie większy w drewnie buka niż sosny.

Przyczyny przedstawionych powyżej zmian substancji ekstraktywnych w drewnie sosny i buka niszczonych przez grzyby *Coniophora cerebella* i *Merulius lacrymans* mogą mieć podany poniżej charakter. W procesie enzymatycznego niszczenia drewna powstaje cały szereg substancji będących ubocznymi produktami przemian chemicznych. Są to przede wszystkim różnego rodzaju kwasy organiczne, jak cytrynowy, szczawiowy, jabłkowy, kwasy tłuszczowe i inne związki (Birkinshaw i in. (1), Foster (5), Jaczewski (7). Substancje te prawdopodobnie stanowiły pewną część zwiększonej ilości ekstraktów w początkowych stadiach niszczenia drewna przez grzyby. Drugą część przypisać należy niektórym składnikom grzybni, która zawiera cały szereg substancji łatwo rozpuszczalnych w alkoholo-benzenie, jak chityna, aminokwasy, tłuszcze i in. Jak podaje Behr (Foster (5), ilość tych związków w grzybni znacznie się zmniejsza z czasem, co związane jest z procesem autolizy. Prawdopodobnie można tym częściowo wytłumaczyć zmniejszanie się ilości substancji ekstraktywnych w drewnie po kulminacji, tj. pomiędzy trzecim a szóstym miesiącem działania grzybów. Można również przypuszczać, że w tym okresie, odznaczającym się znacznym ubytkiem celulozy oraz hemiceluloz, grzybnia zaczyna także przyswajać niektóre substancje dające się ekstrahować alkoholo-benzenem, co wpływa z kolei na obniżenie ich zawartości w drewnie.

Reasumując sugestie nasuwające się z przeprowadzonych badań własnych i danych literaturowych na temat procesu rozkładu drewna przez grzyby *Coniophora cerebella* i *Merulius lacrymans*, można ustalić następującą prawdopodobną kolejność zmian chemicznych zachodzących w drewnie. W pierwszej fazie rozwoju grzybów w drewnie korzystają one z substancji zapasowych nagromadzonych w różnych komórkach drewna, tj. cukru, skrobi itp. W drugiej fazie następuje enzymatyczne przekształcenie chemiczne ligniny, przez oderwanie się części grup metoksylowych i częściową przemianą na kwasy humusowe. Proces ten nie wywołuje zauważalnych zmian zawartości ligniny w drewnie, ale jest łatwy do zaobserwowania przez zmianę koloru drewna na jasno brunatny. Tego rodzaju przekształcenie chemiczne ligniny prawdopodobnie umożliwia dostęp do wewnętrznych partii błon komórkowych zbudowanych głównie z celulozy i rozbija kompleks celuloza—lignina, jaki stanowią te związki w drewnie. Trzecia faza rozkładu drewna może mieć przebieg dwojaki: następuje enzymatyczny rozkład — hydroliza celulozy na cukry proste, poprzez produkty pośrednie o charakterze hemiceluloz z równocześnie przebiegającym rozkładem naturalnych hemiceluloz drewna. Druga możliwość, bardzo zresztą zbliżona do pierw-

szej, to enzymatyczny rozkład hemiceluloz, a po wykorzystaniu powstałych tą drogą cukrów prostych, hydroliza celulozy na cukry poprzez produkty pośrednie.

PODSUMOWANIE WYNIKÓW

W miarę czasu działania grzybów *Coniophora cerebella* Pers. i *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr. ilość celulozy w drewnie obniżała się, gdy tymczasem ilość ligniny nie ulegała zmianie. Zawartość substancji rozpuszczalnych w NaOH w początkowym okresie wzrastała 2-krotnie u sosny, a 3—4-krotnie u buka, a następnie zmniejszała się. Przypuszcza się, że przyczyną wzrostu ich ilości było wytworzenie się pośrednich produktów hydrolizy celulozy, które zostały oznaczone jako substancje rozpuszczalne w NaOH. Pewnym zmianom ulega również zawartość substancji dających się ekstrahować alkoholo-benzenem. Ilość ich początkowo wzrastała, a około trzeciego miesiąca zaczęła się zmniejszać. Wzrost ich zawartości należy tłumaczyć powstawaniem w procesie rozkładu drewna szeregu substancji dających się ekstrahować alkoholo-benzenem, które w późniejszych stadiach ulegają rozkładowi i częściowemu przyswojeniu przez grzyby, co wywołuje w tym czasie spadek ich zawartości.

Na podstawie własnych badań i obserwacji oraz danych z literatury podano następującą, prawdopodobną kolejność zmian chemicznych zachodzących w drewnie niszczonym przez grzyby *Coniophora cerebella* i *Marulius lacrymans:* rozkład substancji zapasowych, przekształcenia chemiczne kompleksu ligninowego powodujące zmianę zabarwienia drewna i rozbijające trwały układ celuloza — lignina, rozkład (hydroliza) celulozy na cukry proste poprzez produkty pośrednie o charakterze hemiceluloz z jednocześnie przebiegającym rozkładem naturalnych hemiceluloz drewna.

Z Zakładu Fitopatologii Leśnej i Konserwacji Drewna oraz Zakładu Chemicznej Technologii Drewna Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.

Praca wpłynęła do Komitetu Redakcyjnego 8 września 1960 r.

LITERATURA

1. Birkinshaw J. H., Findlay W. P. K., Webb R. A.: Biochemistry of the wood-rotting fungi. „Biochem. J." 1940; 34.

2. Boswell J. G.: The biochemistry of dry-rot in wood. III. An investigation of the products of the decay of pine wood rotted by *Merulius lacrymans*. „Biochem. J." 1938; 32.

3. Cartwright K. St. G., Findlay W. P. K.: Rozkład i konserwacja drewna. PWRiL, Warszawa 1951.

4. Falck R.: Über korrosive und destruktive Holzzersetzung und ihre

biologische Bedeutung. „Ber. der Deutsch. Bot. Ges.“ 1926; 44.

5. Foster J. W.: Chemical activities of fungi. New York 1949.

6. Gäumann E.: Untersuchungen über den Einfluss der Fällungszeit auf die Eigenschaften des Fichten- und Tannenholzes. „Beih. Zeitsch. Schweiz. Forstvereins“ 1930; 6 (R. A. M. 1931; 10).

7. Jaczewski A. A.: Osnowy mykologii. Moskwa — Leningrad 1933.

8. Komarow F. P.: O chimiczeskom sostawie driewiesiny powrieżdiennoj dierieworazruszajuszczimi gribami. „Bumażnaja promyszlennost“ 1934; 2.

9. Nikitin N. J.: Chimija driewiesiny. Izd. Ak. N. SSSR, Moskwa — — Leningrad 1951.

10. Rypáček V.: Destrukcni rozklad blan bunecnych borove beli houbou *Coniophora cerebella* (Pers) Schröt. „Spisy Vydavane Přirodovedeckou Fakultou Masarykovy University“ 1952/53; 7.

11. Rypáček V.: Biologie dřevokazných hub. Nakl. Cesk. Ak. Ved; Praha 1957.

12. Schwalbe C. G., A. Ekenstam A.: Zur Kenntnis des durch Hausschwamm auf Kieferholz erzeugten Lignins. „Cellulosechemie“ 1927; 8.

13. Szuleta J.: Cytochemiczne zmiany drewna sosnowego pod wpływem grzybów *Poria vaporaria* Fr., *Poria Vaillantii* (De Cand.) Fr. i *Merulius lacrymans* Fr. „Ac Soc. Bot. Pol.“ 1947; 18.

14. Waksman S. A.: Decomposition of cellulose and hemicelluloses by microorganisms. Wise L. E.: Wood Chemistry. New York 1946.

15. Wiertelak J.: The effect of decay caused by white rot fungi on the chemical composition of wood. „Bull. Internat. Acad. Pol.“ 1932; B. 1

ВЛИЯНИЕ ГРИБОВ *CONIOPHORA CEREBELLA* PERS. И *MERULIUS LACRYMANS* (WULF.) FR. НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ И БУКА

Краткое содержание

Были проведены исследования по влиянию грибов *Coniophora cerebella* Pers. и *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr. на химический состав древесины сосны и бука. При этом определено: содержание целлюлоза, лигнина, веществ растворяемых в 1% NaOH и веществ экстрагированных спиртовым бензолом, как в здоровой древесине, так и после одно-, трех- и шестимесячного действия грибов. Констатировано, что количество целлюлоза в древесине снижалось в меру продолжительности действия грибов, тогда как количество лигнина не изменялось. Содержание веществ растворяемых в NaOH увеличивалось 2-кратно у сосны в начальном периоде, 3—4-кратно у бука, а потом уменьшалось. Предполагается, что причиной роста их количества было образование посредственных продуктов гидролиза целлюлоза, которые были определены как вещества растворяемые в NaOH. Некоторым изменениям в содержании подверглись также вещества дающиеся экстрагировать спиртовым бензолом. Количество их сначала увеличивалось, а около третьего месяца начало уменьшаться. Рост их содержания следует объяснять образованием в про-

цессе разложения древесины ряда веществ дающихся экстрагировать спиртовым бензолом, которые в позднейшей стадии разлагаются и частично усваиваются грибами, что вызывает в это время уменьшение их содержания.

На основе собственных исследований и наблюдений, а также данных из литературы, приведено следующую возможную очередность химических изменений, происходящих в древесине разрушаемой грибами *Coniophora cerebella* и *Merulius lacrymans*: разложение запасных веществ, химические преобразования комплекса лигнина, вызывающие изменения окраски древесины и разрушающие прочную систему целлюлоз-лигнин, разложение (гидролиз) целлюлоза на простые сахары через посредственные продукты характера гемицеллюлозов, с одновременно пробегающим разложением естественных гемицеллюлозов древесины.

EINFLUSS DER PILZE *CONIOPHORA CEREBELLA* PERS. UND *MERULIUS LACRYMANS* (WULF.) FR. AUF CHEMISCHE ZUSAMMENSETZUNG VOM KIEFERN- UND BUCHENHOLZ

Zusammenfassung

Es wurden Untersuchungen über den Einfluss der Pilze *Coniophora cerebella* Pers. und *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr. auf chemische Zusammensetzung vom Kiefern und Buchenholz durchgeführt. Bei Untersuchung bestimmte man den Gehalt an: Zellstoff, Lignin, 1% NaOH — löslichen Stoffen und an mit Alkohol-Benzol extrahierten Stoffen, sowohl in gesundem Holz, als auch nach 1, 3 und 6 Monaten der Einwirkung von Pilzen. Es wurde festgestellt, dass im Laufe der Pilzeinwirkung die Zellstoffmenge abnahm, während die Ligninmenge unverändert blieb. Der Gehalt an NaOH-löslichen Stoffen steigerte anfangs 2-mal beim Kiefernholz und 3—4-mal beim Buchenholz, später nahm er ab. Man nimmt an, dass Ursache der Steigerung ihrer Menge eine Entstehung von Übergangsprodukten der Zellstoffhydrolyse war, die als NaOH--lösliche Stoffe bestimmt wurden. Der Gehalt an mit Alkohol-Benzol extrahierbaren Stoffen veränderte sich auch etwas. Die Menge dieser Stoffe steigerte am Anfang und begann etwa im dritten Monat abzunehmen. Die Steigerung ihres Gehaltes kann mit der Entstehung während des Holzabbauprozesses ganzer Reihe von mit Alkohol-Benzol extrahierbaren Stoffen erklärt werden, die in späteren Stadien zersetzt und teilweise durch die Pilze aufgenommen werden, was in dieser Zeit ihre Abnahme zur Folge hat.

Auf Grund eigener Untersuchungen und Beobachtungen und auf Grund von Literaturangaben wird die nachstehende wahrscheinliche Aufeinan-

derfolge chemischer Veränderungen, die im durch die Pilze *Coniophora cerebella* und *Merulius lacrymans* zerstörten Holz vorgehen, angegeben. U. zw.: Abbau der Vorratsstoffe; chemische Umwandlung des Ligninkomplexes, die eine Veränderung der Holzfarbe verursacht und das beständige Verhältnis Zellstoff-Lignin zerstört; Zellstoffabbau (Hydrolyse) in Monosen über hemizellulosenartige Übergangsprodukte mit gleichzeitig verlaufenden Abbau natürlicher Hemizellulosen des Holzes.