ACTA SOCIETATIS
BOTANICORUM POLONIAE
Vol. XXXII — Nr 3
1963

Badania nad wpływem odżywiania mineralnego na wzrost grzybów *Coniophora cerebella* Pers. i *Merulius lacrymans*

Investigation on the influence of mineral nutrition on the growth of the Fungi Coniophora cerebella Pers. *and Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr.

J. WAŻNY

Mineralne odżywianie grzybów, w przeciwieństwie do przyswajania związków organicznych, nie znalazło dotychczas wyczerpującego ujęcia w literaturze naukowej. Prace nad tym zagadnieniem były prowadzone w stosunku do nielicznych grzybów i obejmowały tylko niektóre pierwiastki (Wehmer 1896, Benecke 1895, Raulin 1896, Günther 1897, Molisch 1898 i in.). Na podkreślenie zasługują szczególnie interesujące badania Steinberga (1919, 1936, 1946, 1948) nad *Aspergillus niger,* których nowoczesna metodyka pozwoliła na wyjaśnienie roli szeregu makro- i mikropierwiastków.

Prawie całkowicie brak jest w literaturze danych dotyczących potrzeb mineralnych grzybów niszczących drewno. Niewielkie wzmianki na ten temat podają Fries (1938), Robbins (1950), Jennison i współpr. (1955).

Celem niniejszej pracy było zbadanie zapotrzebowania tych grzybów na składniki mineralne, z jednej strony przez analizę składu mineralnego grzybów i drewna, na którym się rozwijają, z drugiej strony przez badanie wpływu naturalnych substancji mineralnych drewna (popiołu) oraz poszczególnych pierwiastków i ich braku na wzrost grzybni. W badaniach nie uwzględniono azotu, który ze względu na jego przyswajalność przez grzyby zarówno w postaci związków mineralnych, jak i organicznych wymaga oddzielnych badań. Wszystkie badania przeprowadzono na dwóch grzybach niszczących drewno: *Coniophora cerebella* Pers. i *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr.

MATERIAŁY I METODYKA BADAŃ

Oznaczenia składu mineralnego grzybów i drewna

Materiał do analiz składu mineralnego stanowiły próbki drewna sosny i świerka poddane przez okres 6 miesięcy działaniu grzybów *C. cerebella* i *M. lacrymans* w czystych kulturach oraz grzybnia powierzchniowa, sznury i owocniki tych grzybów wyrosłe na tym drewnie. Stopień rozkładu analizowanego drewna, wyrażony w ubytku ciężaru

wynosił dla sosny zniszczonej przez *C. cerebella* 61,7%, przez *M. lacrymans* 53,4%; dla świerka zaś odpowiednio 64,5 i 57,6% (Ważny 1959). Dla celów porównawczych analizie poddano również próbki tego samego drewna przed zagrzybieniem.

Dla grzyba *M. lacrymans* analizę przeprowadzono oddzielnie dla grzybni powierzchniowej, sznurów owocników. Dla *C. cerebella,* ze względu na trudności oddzielenia sznurów od grzybni, poddano je analizie razem, a owocnik oddzielnie.

Próbki grzybów i drewna po oznaczeniu stałego ciężaru spalono na popiół w piecu muflowym w temperaturze 500°C. Po ustaleniu ilości popiołu przeprowadzono oznaczenie ilościowe poszczególnych pierwiastków, stosując metody analizy chemicznej i spektralnej. Oznaczano następujące pierwiastki: B, Na, Mg, Al, Si, P, Ca, Ti, V, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Ag, Ba i Pb.

Oznaczenie Si, Ca, Mg. Krzem, wapń i magnez oznaczono metodą analizy chemicznej na drodze mokrej. Próbkę popiołu o określonym ciężarze rozpuszczono w kwasie solnym; po odparowaniu do sucha oddzielono SiO_2 i oznaczono wagowo. W przesączu po SiO_2 strącono sumę tlenków R_2O_3 przy pomocy amoniaku. W części przesączu po R_2O_3 oznaczano Ca miareczkując Kompleksonem III (wersenian dwusodowy) w obecności kalcesu. W drugiej części przesączu po sumie tlenków, oznaczano sumę Ca, Mg i Mn miareczkując Kompleksonem III w obecności czerni eriochromowej T. Ilość manganu oznaczono spektralnie. Znając ilość Ca i Mn, z różnicy obliczono zawartość Mg (Jockson 1958).

Oznaczanie Na i K. Oznaczenie sodu i potasu przeprowadzono na fotometrze płomieniowym Zeissa. Próbkę popiołu rozpuszczano w kwasie solnym, strącono amoniakiem sumę tlenków (R_2O_3), następnie usunięto wapń szczawianem amonu, a sole amonowe przez odparowanie do sucha ze stężonym kwasem azotowym. Powstały osad rozpuszczano HCl i fotometrycznie oznaczano zawartość Na i K (Barańska 1957).

Oznaczanie P. Oznaczanie fosforu przeprowadzono kolorymetrycznie. Próbkę popiołu rozpuszczono w kwasie solnym. Po odparowaniu do sucha pozostałość rozpuszczono wrzącą wodą i sączono. Do przesączu wprowadzono roztwór reagujący (wanadynian amonowy z molibdenianem amonowym) i oznaczano na kolorymetrze zawartość P (Babko i Pilipienko 1955).

Oznaczanie pozostałych pierwiastków. Pozostałe pierwiastki, to jest bor, glin, tytan, wanad, mangan, żelazo, kobalt, nikiel, miedź, cynk, molibden, srebro, bar i ołów oznaczano metodą analizy spektralnej, przy zastosowaniu spektrografu kwarcowego średniej dyspersji, firmy Zeiss, typ Q 24. Oznaczenie ilościowe pierwiastków przeprowadzono w oparciu o wzorce syntetyczne sporządzone z mieszaniny o składzie zbliżonym do badanych próbek (Skalska

1957, Kemula i Hulanicki 1957). Podłoże dla wzorców przyjęto o składzie:

$CaCO_3$	— 30 %	MgO	— 2,5 %
KH_2PO_4	— 9 %	Fe_2O_3	— 0,5 %
K_2SO_4	— 10 %	Al_2O_3	— 0,15 %
K_2CO_3	— 8 %	SiO_2	— 3,0 %
Na_2CO_3	— 4 %		

Do podłoża dodawano oznaczane pierwiastki. Przygotowano kilka serii wzorców z różną zawartością oznaczanych pierwiastków. Próbki przeznaczone do wzbudzania sporządzono przez zmieszanie 50 mg badanego popiołu (lub syntetycznego popiołu wzorcowego) z 50 mg spektralnej mieszaniny buforowej. W skład tej ostatniej wchodziły K_2SO_4 i C spektralnie czysty, w stosunku wagowym 1 : 3. Źródło wzbudzania stanowił łuk prądu stałego. Jako elektrody pomocnicze stosowano pręty grafitowe produkcji Fabryki Odczynników Chemicznych w Gliwicach o średnicy 5 mm. W celu usunięcia śladów zanieczyszczeń elektrody poddawano wstępnemu żarzeniu przez 30 sek. Bor wzbudzano w elektrodach bezborowych firmy Ringsdorff-Werke G. M. B. H. Do rejestracji widma użyto klisz Agfa-Spektrall-Platten Blau-Hart i Blau-Extra-Hart. Obserwacje jakościowe przeprowadzono na spektroprojektorze firmy Zeiss, posługując się ostatnimi liniami analitycznymi poszczególnych pierwiastków (Kalinin i współpr. 1959). Pomiary mikrofotometryczne robiono na mikrofotometrze firmy Zeiss model II. Widma wzorców i prób fotografowano na tej samej kliszy. Krzywe analityczne sporządzano w układzie ΔS i lg C. Jako wewnętrzny standard stosowano tło leżące w pobliżu linii fotometrowanej.

Oznaczenie wpływu składników mineralnych na wzrost grzybni

Przeprowadzono badania wpływu na wzrost grzybni naturalnych substancji mineralnych drewna (popiołu) oraz 17 pierwiastków: boru, sodu, magnezu, glinu, fosforu, siarki, potasu, wapnia, skandu, manganu, żelaza, kobaltu, niklu, miedzi, cynku, molibdenu i ołowiu.

Ze względu na bardzo małe zapotrzebowanie grzybów na niektóre pierwiastki szczególną uwagę zwrócono na dobór szkła do badań oraz czystość związków chemicznych stosowanych jako składniki pożywek. Badania prowadzono w kolbach Erlenmayera o pojemności 250 ml ze szkła jenajskiego, z wyjątkiem doświadczeń z borem, do których użyto kolb ze szkła bezborowego. Kolby przed użyciem były dokładnie myte mieszaniną chromową i wodą destylowaną, a następnie płukane wodą podwójnie destylowaną. Do wszystkich doświadczeń zastosowano pożywki płynne, syntetyczne, pozwalające na ścisłą kontrolę ilości różnych składników oraz umożliwiające szybkie oznaczenie ilości wyhodowanej grzybni. Zasadniczy skład pożywki był następujący: glikozy 10 g, azotanu amonu 1 g, chlorku potasu 0,5 g, fosforanu potasu jednozasado-

wego 1 g, siarczanu magnezu 0,5 g, wody podwójnej destylowanej 1000 ml. Skład pożywek ulegał częściowym zmianom. Zależnie od rozpatrywanego pierwiastka wycofywano zawierające go składniki.

Do oznaczania wpływu naturalnych substancji mineralnych drewna zastosowano pożywkę zawierającą tylko 10 g glikozy na 1000 ml wody podwójnie destylowanej. Wszystkie użyte związki chemiczne były analitycznie czyste (cz. d. a.) o sprawdzonej czystości. Mikroelementy, których wpływ na grzyby oznaczano, były spektralnie czyste. Zależnie od rodzaju badań całą pożywkę lub jej poszczególne składniki poddawano jeszcze specjalnemu oczyszczaniu. Do usuwania śladów pierwiastków metalicznych stosowano dwie metody. Pożywkę sterylizowano w autoklawie w temperaturze do 115°C przez 30 min. z węglanem wapnia w ilości 15 g na 1 l i po zdekantowaniu zlewano znad osadu (Steinberg 1919). Podczas sterylizowania tworzą się węglany lub wodorotlenki ciężkich metali. Nadmiar węglanu wapnia absorbuje te nierozpuszczalne związki. Druga metoda polegała na ekstrakcji pożywki w lejku rozdzielczym przy pomocy ditizonu (dwufenylotiokazbazon) lub mieszaniny ditizonu z 8-hydroksychinoliną w roztworze chloroformu. Pierwiastki metaliczne przy odpowiednim pH roztworu tworzą z ditizonem i 8-hydroksychinoliną nie jonizujące kompleksy metaloorganiczne, dające się usuwać chloroformem. Do oczyszczania pożywki ze śladów wapnia stosowano autoklawowanie przez 15 min. z węglanem magnezu w ilości 15 g na 1 l. Po zdekantowaniu pożywkę zlewano znad osadu. Do oczyszczonej pożywki dodawano 1 kroplę mieszanki mineralnej zawierającej wszystkie badane pierwiastki z wyjątkiem oznaczonego. We wszystkich badaniach pożywkę doprowadzano do wyjściowego pH = 5,0, stosując do tego celu kwas solny podwójnie destylowany.

Do przygotowanych pożywek dodawano w odpowiednich ilościach naturalne substancje mineralne (popiół) drewna sosny i świerka, uzyskane przez spalenie w temperaturze 500°C lub związki chemiczne zawierające pierwiastki, wpływ których był oznaczany. Źródła poszczególnych pierwiastków i zastosowane ilości przeliczone na zawartość czystych pierwiastków podaje tabela 1. Przy badaniach wpływu braku niezbędnych pierwiastków do pożywki wprowadzono wszystkie pierwiastki, których niezbędność została stwierdzona w trakcie badań, w ilościach optymalnych dla każdego grzyba, z wyjątkiem oznaczanego pierwiastka oraz dla celów porównawczych wszystkie niezbędne pierwiastki. Nawet przy zastosowanych maksymalnych ilościach tych składników odczyn pożywki nie zmienił się więcej niż o pH 1,5, osiągając więc w krańcowych przypadkach najwyżej wartość około pH 6,5. Zmiana pH w tych granicach nie wpływa prawie na wzrost grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans* (Ważny 1960). Pożywkę rozlewano do kolb w ilościach po 10 ml. Przygotowano również kolby z pożywką

Tabela 1 — Table 1
Źródła różnych pierwiastków
Sources of mineral components

Lp.	Pierwiastek Element		Źródło — Source	Zastosowane ilości w ppm
1	Naturalne substancje mineralne		popiół sosny ash of pine	0,1 1 10 100 500 1000
2	Mineral substance of wood		popiół świerka ash of spruce	0,1 1 10 100 500 1000
3	Bor	B	kwas borny H_3BO_3	0,002 0,017 0,177 1,77 17,7
4	Sód	Na	chlorek sodu NaCl	0,004 0,04 4,40 80 200
5	Magnez	Mg	siarczan magnezu $MgSO_4 \cdot 7\ H_2O$	0,75 1,35 2,25 11,25 56,15 112,30
6	Glin	Al	siarczan glinu $Al_2(SO_4)_3$	0,002 0,016 0,157 1,57 31,4
7	Fosfor	P	jednozasadowy fosforan potasu KH_2PO_4	0,022 0,22 2,2 22 44 110 220
8	Siarka	S	siarczan sodu Na_2SO_2	0,025 0,25 2,5 25 50 100
9	Potas	K	chlorek potasu KCl	0,005 0,052 0,52 5,2 52 104 260
10	Wapń	Ca	chlorek wapnia $CaCl_2$	0,004 0,036 0,36 3,01 6,68 42,68 82,76
11	Skand	Sc	azotan skandu $Sc(NO_3)_3$	0,001 0,012 0,12 1,2 12 24
12	Mangan	Mn	siarczan manganu $MnSO_4 \cdot 5H_2O$	0,002 0,023 0,23 2,3 23
13	Żelazo	Fe	siarczan żelaza $FeSO_4 \cdot 7H_2O$	0,002 0,02 0,125 0,145 1,325 220
14	Kobalt	Co	chlorek kobaltu $CoCl_2 \cdot 6H_2O$	0,002 0,024 0,24 2,4 24
15	Nikiel	Ni	chlorek niklu $NiCl_2 \cdot 6H_2O$	0,002 0,024 0,24 2,4 24
16	Miedź	Cu	siarczan miedzi $CuSO_4 \cdot 5H_2O$	0,003 0,025 0,12 0,37 2,54 25,52
17	Cynk	Zn	siarczan cynku $ZnSO_4 \cdot H_2O$	0,004 0,037 0,37 3,7 37
18	Molibden	Mo	trójtlenek molibdenu MoO_3	0,006 0,066 0,66 6,6 66
19	Ołów	Pb	chlorek ołowiu $PbCl_2$	0,008 0,082 0,12 0,94 8,3 82

kontrolną, bez dodatku badanych składników oraz, jako kontrolę czystości naczyń i wody, kolby z wodą podwójnie destylowaną.

Po sterylizacji pożywki szczepiono grzybnią z czystych kultur *C. cerebella* i *M. lacrymans* hodowanych na agarze z brzeczką piwną. Szczepienia przeprowadzono igłą platynową pobierając jedynie grzybnię powietrzną, nie stykającą się z podłożem. Zaszczepione kolby przechowywano w termostacie przez 10 dni *(C. cerebella)* lub przez 15 dni *(M. lacrymans)* w temperaturze 20—22°C i wilgotności względnej powietrza 75—80%. Przez cały okres prowadzono obserwacje nad wyglądem i wzrostem grzybni. Jako podstawowe kryterium oceny zapotrzebowania grzyba na badane substancje nieorganiczne przyjęto ilość wytwarzanej suchej masy grzybni. W tym celu po odpowiednim czasie grzybnię wyjmowano z kolb, suszono do stałego ciężaru w temperaturze 100°C i ważono na wadze analitycznej z dokładnością 0,0001 g. We wszystkich badaniach zastosowano po 4 powtórzenia. Uzyskane wyniki opracowane statystycznie przedstawione zostały graficznie.

WYNIKI BADAŃ

SKŁAD MINERALNY GRZYBÓW *CONIOPHORA CEREBELLA* I *MERULIUS LACRYMANS* ORAZ PORAŻONEGO PRZEZ NIE DREWNA

Zawartość części mineralnych (popiołu) różnych części grzybów *C. cerebella* i *M. lacrymans* wykazała duże różnice ilościowe, przy niewielkich różnicach między obu grzybami. Najwięcej części mineralnych zawierał owocnik *M. lacrymans* (10,2%), nieco mniej grzybnia (8,9%), znacznie mniej sznury (3,0%). U *C. cerebella* owocnik zawierał 9,1% części mineralnych, grzybnia i sznury razem wzięte 5,9%. Zellner (1907) uzyskał dla grzybni *M. lacrymans* 6,33% popiołu, dla owocnika 9,66%.

W wyniku przeprowadzonych analiz oznaczono w badanych grzybach występowanie 21 pierwiastków, to jest (w kolejności układu Mendelejewa): boru, sodu, magnezu, glinu, krzemu, fosforu, potasu, siarki, wapnia, tytanu, wanadu, manganu, żelaza, kobaltu, niklu, miedzi, cynku, molibdenu, srebra, baru i ołowiu. Zawartość tych pierwiastków z wyjątkiem siarki, której ilościowo nie oznaczono, podano w tab. 2. Przedstawia ona zawartość pierwiastków w częściach na milion suchej masy (ppm). Zawartości oznaczanych pierwiastków charakteryzowały się ogromnym zróżnicowaniem ilościowym sięgającym od 17000 do 0,2 ppm.

W grzybni i sznurach *C. cerebella* największą zawartość wykazał fosfor (8430,64 ppm), wapń (6233,90 ppm), następnie krzem (4512,10 ppm), potas (3680,64 ppm) i magnez (2434,30 ppm). W mniejszych ilościach wystąpił sód (890,50 ppm), glin (593,10 ppm), następnie żelazo (237,40 ppm) i cynk (118,60 ppm). Występowanie pozostałych pierwiastków

Tabela 2 — Table 2

Zawartość pierwiastków w różnych częściach grzybów *Coniophora cerebella* i *Merulius lacrymans*

Content of the mineral components in the different parts of fungi *Coniophora cerebella* and *Merulius lacrymans*

Lp.	Pierwiastek Element		Zawartość w ppm — Content in ppm				
			C. cerebella		*M. lacrymans*		
			grzybnia i sznury mycelium and strands	owocnik fruiting body	grzybnia mycelium	sznury strands	owocnik fruiting body
1	Bor	B	17,81	4,55	44,30	3,49	5,08
2	Sód	Na	890,50	2440,00	2219,30	510,70	2032,00
3	Magnez	Mg	2434,30	2084,50	2663,10	408,60	2642,70
4	Glin	Al	593,10	727,90	887,60	170,20	508,20
5	Krzem	Si	4512,10	4094,80	9587,40	1437,40	5895,50
6	Fosfor	P	8430,64	7908,35	17310,69	2557,88	11994,22
7	Potas	K	3680,90	7279,70	8439,10	1975,20	8944,80
8	Wapń	Ca	6233,90	2981,60	10741,40	885,30	1321,30
9	Tytan	Ti	29,60	45,90	88,70	3,49	30,50
10	Wanad	V	1,18	0,91	8,80	0,34	1,02
11	Mangan	Mn	2,96	1,81	7,10	1,70	3,05
12	Żelazo	Fe	237,40	363,90	266,30	102,30	508,20
13	Kobalt	Co	5,93	4,55	8,80	3,40	10,20
14	Nikiel	Ni	5,93	3,64	4,42	1,01	2,03
15	Miedź	Cu	59,30	45,49	88,70	17,20	71,10
16	Cynk	Zn	118,60	272,90	266,30	34,10	508,20
17	Molibden	Mo	0,50	0,91	1,77	0,34	1,02
18	Srebro	Ag	0,50	0,46	0,62	0,27	0,61
19	Bar	Ba	59,30	54,59	88,70	17,20	71,10
20	Ołów	Pb	59,30	36,39	88,70	3,40	30,50

wahało się w ilościach od 59,3 ppm do 0,5 ppm, w następnej kolejności: miedź, bar, ołów, tytan, bor, kobalt, nikiel, mangan, wanad, molibden i srebro.

W owocniku *C. cerebella* najwięcej było również fosforu (7908,35 ppm), następnie potasu (7279,7 ppm) i krzemu (4094,8 ppm). Znacznie mniej stwierdzono natomiast wapnia, którego ilość wynosiła 2981,6 ppm, więcej za to sodu, bo 2440,0 ppm. Magnez wystąpił w ilości zbliżonej (2084,5). Glin, żelazo i cynk zwiększyły swój udział stanowiąc 727,9, 363,9 i 272,9 ppm. Ilość pozostałych pierwiastków uległa na ogół niewielkim zmianom, stanowiąc od 54,59 do 0,46 ppm, zależnie od pierwiastka.

Grzybnia *M. lacrymans* najwięcej zawierała fosforu (17310,69 ppm), wapnia (10741,4 ppm), krzemu (9587,4 ppm) i potasu 8439,1 ppm). W mniejszych ilościach wystąpił magnez (2663,1 ppm) i sód (2219,3 ppm): zawartość glinu wyniosła 887,5 ppm, żelaza i cynku po 266,3 ppm. Ilość pozostałych pierwiastków wahała się w granicach od 88,7 ppm (tytan, miedź, bar, ołów) do ok. 1 ppm (molibden, srebro).

Sznury *M. lacrymans* okazały się znacznie uboższe w składniki mineralne, przy na ogół zbliżonej kolejności ilościowej. Fosforu stwierdzono 2557,88 ppm, potasu 1975,2, krzemu 1437,4 ppm. Stosunkowa ilość wapnia zmniejszyła się znacznie, gdyż wystąpił on w ilości 885,3 ppm, czyli dopiero jako czwarty z kolei pierwiastek. Ilość pozostałych pierwiastków również okazała się znacznie mniejsza.

Owocnik *M. lacrymans* zawierał poszczególne pierwiastki w ilości większej niż sznury, ale na ogół mniejszej niż grzybnia. Fosfor wystąpił w ilości 11994,22 ppm, potas 8944,8 ppm, krzem 5895,5 ppm. Koncentracja wapnia, podobnie jak i w sznurach, była stosunkowo mniejsza i wynosiła 1321,3 ppm. Podobnie jak w owocnikach *C. cerebella* żelazo i cynk zwiększyły się prawie dwukrotnie w stosunku do zawartości tych pierwiastków w grzybni, to jest do 508,2 ppm. Pozostałe pierwiastki wystąpiły w ilościach od 71,1 do 0,61 ppm, co stanowi na ogół obniżenie ich zawartości w porównaniu z grzybnią.

Wyniki ogólnej zawartości substancji mineralnych drewna zdrowego oraz porażonego przez grzyby *C. cerebella* i *M. lacrymans,* obliczano w stosunku do suchej masy drewna przed zagrzybieniem. Pod wpływem obu grzybów nastąpiło obniżenie zawartości popiołu w drewnie sosny i świerka. Grzyb *C. cerebella* spowodował zmniejszenie ilości popiołu sosny z 0,32% do 0,18%, świerka z 0,79 do 0,52%, *M. lacrymans* natomiast sosny do 0,24% i świerka do 0,35%.

W wyniku przeprowadzonych analiz oznaczono w drewnie zdrowym, jak i w porażonym przez *C. cerebella* i *M. lacrymans* występowanie następujących pierwiastków: (w kolejności układu Mendelejewa) boru, sodu, magnezu, glinu, krzemu, fosforu, potasu, siarki, wapnia, tytanu,

wandu, manganu, żelaza, kobaltu, niklu, miedzi, cynku, molibdenu, srebra, baru i ołowiu.

Zawartości poszczególnych pierwiastków, z wyjątkiem siarki, nie oznaczonej ilościowo, podano w tab. 3. Przedstawia ona skład mineralny drewna zdrowego i porażonego przez *C. cerebella* i *M. lacrymans* w częściach na milion (ppm) suchej masy drewna przed zagrzybieniem.

W drewnie sosny stwierdzono dużą ilość wapnia (781,66 ppm), potasu (561,0 ppm), fosforu (139,80 ppm), magnezu (133,90 ppm) i krzemu (117,56 ppm). W mniejszych ilościach wystąpił sód (53,80 ppm), bar (15,80 ppm) i glin (15,88 ppm). Pozostałe pierwiastki wahały się w granicach od kilku ppm (tytan, następnie mangan, cynk, żelazo) do kilku setnych ppm (srebro, molibden, nikiel, wanad). Pod wpływem działania grzybów nastąpiło poważne zmniejszenie ilości wszystkich oznaczonych pierwiastków, większe przy *C. cerebella*, nieco mniejsze przy *M. lacrymans*. Pierwszy grzyb obniżył najwięcej ilość tytanu i baru (o 97,7 i 91,6%), najmniej sodu i krzemu (o 11,2 i 32,5%). Pod wpływem drugiego grzyba najwięcej ubyło również tytanu i baru (96,2 i 88,0%), najmniej sodu (13,1%), niklu, srebra (16,6%) oraz magnezu i krzemu (18,1 i 19,1%).

W drewnie świerka stwierdzono również dużą ilość wapnia (1546,31 ppm), potasu (1316,35), mniej krzemu (420,28 ppm), fosforu i magnezu (396,49 ppm) i sodu (142,7 ppm). W mniejszych ilościach wystąpiły bar (95,15 ppm), glin (39,6 ppm), cynk (23,7 ppm). Pozostałe pierwiastki wahały się w granicach od kilku ppm (mangan, miedź, żelazo, ołów) do kilku setnych ppm (molibden). Pod wpływem obu grzybów nastąpiło także i tu obniżenie zawartości poszczególnych pierwiastków od 86,7% (mangan, wanad, glin) do 8,3% (nikiel i trochę więcej bar) przy *C. cerebella* i od 86,7% (miedź, glin) do 38,1% (sód, potas, bor) przy *M. lacrymans*.

Ogólnie można stwierdzić, że grzyby *C. cerebella* i *M. lacrymans* nie wykazały większych różnic w zawartości poszczególnych pierwiastków. Duże zmiany ilościowe zaznaczyły się natomiast w poszczególnych stadiach rozwojowych obu grzybów. Większość pierwiastków wystąpiła w dużych ilościach w grzybni, w mniejszych w owocnikach, a w znacznie mniejszych w sznurach. W stosunku do grzybni poważnemu obniżeniu uległa w owocnikach zawartość wapnia, a prawie dwukrotnemu powiększeniu ilość żelaza i cynku. Badane grzyby rozwijając się w drewnie sosny i świerka pobrały z tego podłoża w ciągu 6 miesięcy wszystkie znajdujące się w nim pierwiastki w ilościach zbliżonych przeciętnie do 50% ich zawartości w drewnie.

W grzybni, sznurach i owocnikach obu grzybów wszystkie pobrane pierwiastki uległy pewnej koncentracji, tak że ich procentowa zawartość była znacznie większa od procentowej zawartości w drewnie, na którym wyrosły.

Tabela 3 — Table 3

Zawartość pierwiastków w drewnie sosny i świerka zdrowym i zniszczonym przez grzyby *Coniophora cerebella* i *Merulius lacrymans*

Content of the mineral components in the pine and spruce wood destroyend by the fungi *Coniophora cerebella* and *Merulius lacrymans*

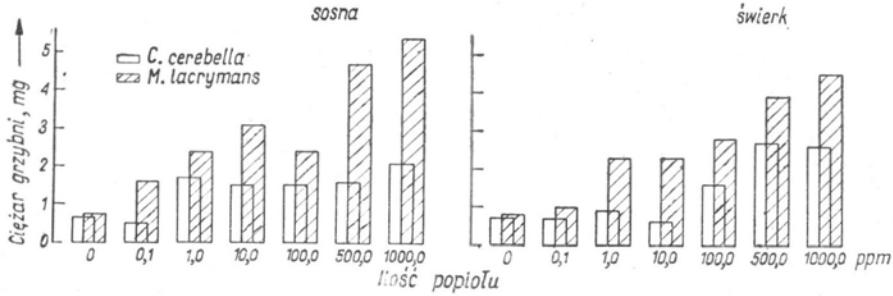
Lp.	Pierwiastek Element		Zawartość pierwiastka w ppm w drewnie Content of the elements in ppm					
			sosny — pine			świerka — spruce		
			zdrowym undamaged	zniszczonym przez destroyed by		zdrowym undamaged	zniszczonym przez destroyed by	
				C. cerebella	*M. lacrymans*		*C. cerebella*	*M. lacrymans*
1	Bor	B	0,95	0,75	0,73	2,93	2,09	1,76
2	Sód	Na	53,80	47,20	48,73	142,70	78,71	88,23
3	Magnez	Mg	133,90	85,00	109,60	396,49	209,89	211,76
4	Glin	Al	15,88	3,77	4,87	39,60	5,24	7,04
5	Krzem	Si	117,56	79,35	95,04	420,28	167,91	179,80
6	Fosfor	P	139,80	52,90	73,11	396,5	115,44	123,52
7	Potas	K	561,00	309,85	365,54	1316,35	745,14	790,58
8	Wapń	Ca	781,66	425,10	560,50	1546,31	886,82	875,29
9	Tytan	Ti	6,35	0,14	0,24	0,79	0,42	0,35
10	Wanad	V	0,03	0,02	0,02	0,79	0,11	0,35
11	Mangan	Mn	3,17	0,56	0,73	7,90	1,05	2,79
12	Żelazo	Fe	1,58	0,75	0,73	6,53	1,57	3,52
13	Kobalt	Co	0,15	0,04	0,12	0,39	0,11	0,14
14	Nikiel	Ni	0,06	0,04	0,05	0,12	0,11	0,07
15	Miedź	Cu	1,58	0,18	0,48	7,90	2,09	1,06
16	Cynk	Zn	3,17	0,96	1,21	23,70	10,49	7,05
17	Molibden	Mo	0,03	0,02	0,02	0,08	0,05	0,04
18	Srebro	Ag	0,06	0,01	0,05	0,12	0,04	0,04
19	Bar	Ba	15,80	1,32	2,43	95,15	78,71	49,41
20	Ołów	Pb	0,24	0,08	0,17	1,16	0,21	0,29

WPŁYW SKŁADNIKÓW MINERALNYCH NA WZROST GRZYBÓW *C. CEREBELLA* I *M. LACRYMANS*

Wpływ naturalnych substancji mineralnych drewna (popiołu)

Uzyskane wyniki wpływu popiołu z drewna sosny i świerka na wzrost grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans* przedstawione są na ryc. 1 i 2. Wykazują one, że rozwój badanych grzybów na pożywce bez popiołu nie zachodził prawie wcale, podczas gdy dodatek popiołu, poczynając już od ilości 0,1 lub 1 ppm, umożliwiał wzrost grzybni zwiększając jej ciężar. Szczegółowe wyniki doświadczeń były następujące:

Na pożywce kontrolnej (bez popiołu) grzybnia rozwijała się minimalnie wytwarzając nieznaczną ilość strzępek. Rozwinęły się one korzystając prawdopodobnie z tych mikroilości substancji mineralnych,



Ryc. 1 Ryc. 2

Ryc. 1. Wpływ popiołu z drewna sosny na wzrost grzybni *C. cerebella* i *M. lacryman*
Influence of the ash of pine wood on the growth of mycelium *C. cerebella* and *M. lacrymans*.

Ryc. 2. Wpływ popiołu z drewna świerka na wzrost grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans*
Influence of the ash of spruce wood on the growth of mycelium *C. cerebella* and *M. lacrymans*.

jakie przeniesione zostały wraz z inokulum. Na uzyskany średni ciężar grzybni 0,7 mg dla *C. cerebella* i 0,8 dla *M. lacrymans* złożyły się więc przede wszystkim ciężar inokulum oraz ciężar wytworzonych strzępek.

Popiół z drewna sosny, w ilości 0,1 ppm, okazał się niewystarczający dla *C. cerebella*. Średni ciężar grzybni wynosił w tym przypadku 0,5 mg, tj. nawet nieco mniej niż na pożywce bez popiołu. Dopiero ilość 1 ppm zwiększyła przyrost grzybni do 242,8%. Dalszy wzrost ilości popiołu do 10, 100, 500 ppm nie wpływał prawie na wzrost grzybni, której ciężar wynosił kolejno: 214,3, 214,3, 228,5%. Przy ilości popiołu 1000 ppm nastąpił dalszy wzrost ciężaru grzybni do 300%.

Nieco inaczej reagował na dodatek popiołu z drewna sosny grzyb *M. lacrymans*. Już ilość 0,1 ppm zwiększała ciężar jego grzybni do 200%, podczas gdy 1 ppm podwyższał go do 362,5%. Dalszy wzrost ilości popiołu do 10 i 100 ppm nie znalazł wyraźnego odbicia we wzroście grzybni, której ciężar wynosił kolejno 387,5 i 300%. Dodatek popiołu w ilości 500 ppm spowodował przyrost grzybni wynoszący 525% ciężaru w stosunku do grzybni kontrolnej, a 1000 ppm dalszy wzrost do 675%.

Popiół z drewna świerka wpłynęł w wyraźny sposób na przyrost grzybni *C. cerebella* dopiero w ilości 100 ppm, wytworzyła ona wtedy 228,5% w stosunku do próby kontrolnej. Ilości mniejsze, tj. 0,1, 1, 10 ppm dawały ciężar grzybni tylko nieco większy lub nawet mniejszy od grzybni bez popiołu. Wzrost ilości popiołu do 500 ppm spowodował przyrost grzybni wynoszący 385%, natomiast 1000 ppm popiołu nie zwiększyło już przyrostu grzybni, której ilość pozostała na prawie takim samym poziomie (371,4%).

Wyraźny wpływ na wzrost grzybni *M. lacrymans* dał się zauważyć już przy dodatku popiołu z drewna świerka wynoszącym 1 ppm. Ilość wytworzonej grzybni wynosiła 287,5%. Wzrost popiołu do 10 ppm nie zmienił przyrostu grzybni, dopiero dalsze zwiększenie do 100, 500 i 1000 ppm wywołało stopniowy wzrost ciężaru grzybni do 350, 487,5 i 562,5%.

Ogólnie biorąc przeprowadzone doświadczenia wykazały, że grzyby *C. cerebella* i *M. lacrymans* wymagają do swojego rozwoju obok źródeł węgla również substancji mineralnych, zawartych w drewnie. Ilości optymalne tych substancji dla badanych grzybów wahały się od 500—1000 ppm dla obu grzybów. Popiół pochodzący z drewna sosny i świerka wykazał mniej więcej jednakowe działanie przy pewnych różnicach ilościowych.

Wpływ boru

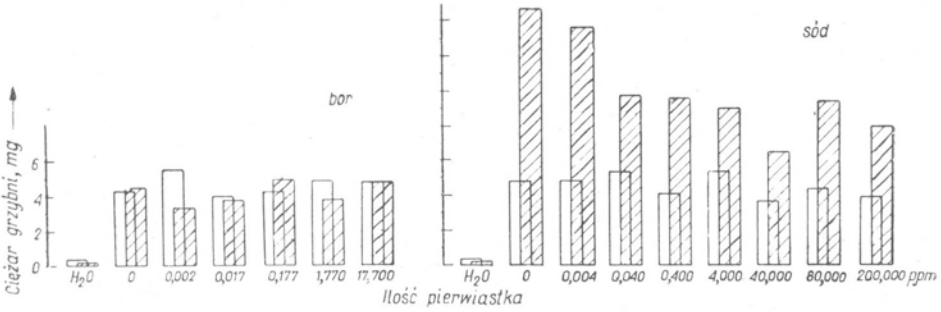
Średnie wyniki dotyczące wpływu boru na wzrost grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans* przedstawia ryc. 3. Na pożywce bez boru *C. cerebella* wykazywał nieznaczny wzrost, wynoszący 4,2 mg. Dodatek boru do pożywki w ilości od 0,002 do 17,7 ppm nie wywołał zmian w przyroście grzybni. Ilość jej była tylko nieco mniejsza lub nieco większa od próby kontrolnej.

Podobnie reagował na bor grzyb *M. lacrymans*. Pożywka kontrolna bez boru dała grzybnię o ciężarze 4,3 mg. Dodatek boru od 0,002 do 17,7 ppm nie wywarł żadnego wpływu na wzrost grzybni, której ciężar był tylko nieznacznie mniejszy lub większy od ciężaru na pożywce bez boru.

Na podstawie przeprowadzonych badań można więc stwierdzić, że bor nie był pierwiastkiem niezbędnym do rozwoju grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans*.

Wpływ sodu

Średnie wyniki dotyczące wpływu sodu na wzrost grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans* przedstawia ryc. 4. Na pożywce kontrolnej, pozbawionej sodu, rozwój *C. cerebella* wynosił 4,7 mg. Dodatek sodu



Ryc. 3 Ryc. 4

Ryc. 3. Wpływ boru na wzrost grzybni *C. cerebella i M. lacrymans*
Influence of B on the growth of mycelium *C. cerebella* and *M. lacrymans*

Ryc. 4. Wpływ sodu na wzrost grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans*
Influence of Na on the growth of mycelium *C. cerebella* and *M. lacrymans*

do pożywki w ilościach od 0,004 do 200 ppm nie zmienił przyrostu grzybni, której ciężar wahał się w granicach od 89,3 do 110,6% próby kontrolnej.

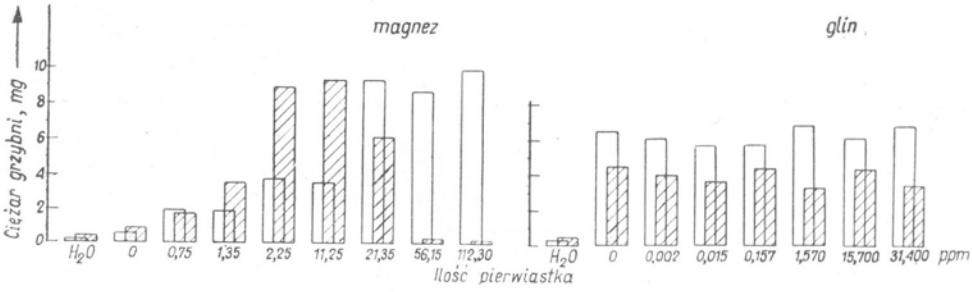
Nieco inaczej zareagował na dodatek sodu grzyb *M. lacrymans*. Na pożywce kontrolnej, pozbawionej sodu wzrost grzybni okazał się dość duży (14,4 mg). Dodatek sodu w ilości 0,004 i 0,04 ppm zmniejszał nieznacznie przyrost grzybni do 93 i 65,9%. Na dalszy wzrost sodu *M. lacrymans* prawie nie reagował, wytwarzając grzybnię w ilości ok. 60% w stosunku do próby kontrolnej.

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że sód nie był pierwiastkiem koniecznym dla rozwoju grzyba *C. cerebella* a w przypadku *M. lacrymans* okazał nawet działanie hamujące.

Wpływ magnezu

Uzyskane średnie wyniki dotyczące wpływu magnezu na wzrost *C. cerebella* i *M. lacrymans* przedstawia ryc. 5. Na pożywce pozbawionej magnezu rozwój grzyba *C. cerebella* był minimalny i wynosił średnio 0,5 mg. Dodatek magnezu w ilości 0,75 ppm spowodował wzrost grzybni

do 380%; dalsze zwiększanie magnezu do 11,25 ppm pociągało za sobą proporcjonalny wzrost wytwarzanej grzybni. Ilość magnezu równą 21,25 ppm można uznać za optymalną dla badanego grzyba. Ciężar grzybni wyniósł w tym wypadku 9,2 mg, co stanowi 1840% w stosunku



Ryc. 5 Ryc. 6

Ryc. 5. Wpływ magnezu na wzrost grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans*
Influence of Mg on the growth of mycelium *C. cerebella* and *M. lacrymans*.

Ryc. 6. Wpływ glinu na wzrost grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans*
Influence of Al on the growth of mycelium *C. cerebella* and *M. lacrymans*.

do ciężaru grzybni pozbawionej magnezu. Zwiększenie ilości magnezu poza stwierdzoną wartość optymalną do 112,30 ppm pociągnęło za sobą niewielkie zmiany we wzroście grzyba.

Inaczej kształtował się wzrost grzybni *M. lacrymans*. Na pożywce pozbawionej magnezu grzyb wytworzył 0,8 mg grzybni. Zawartość magnezu w ilości 0,75 ppm zwiększyła przyrost grzybni do 200%, a ilość 1,35 ppm już do 425%. Optymalną zawartością badanego pierwiastka okazała się jego ilość wynosząca 2,25 ppm, przy której wytwarzało się 8,9 mg grzybni, czyli 1112,5% w stosunku do grzybni kontrolnej. Zwiększenie ilości magnezu do 11,25 ppm wpłynęło tylko nieznacznie na wzrost grzybni, natomiast podniesienie zawartości pierwiastka do 21,25, 56,15 i 112,30 ppm spowodowało wyraźny stopniowy spadek ciężaru grzybni, kolejno do 787,5, 362,5 i 212,5%.

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że magnez okazał się pierwiastkiem niezbędnym dla rozwoju grzybów *C. cerebella* i *M. lacrymans*. Optymalne ilości wynosiły ok. 21,25 ppm dla pierwszego grzyba i 11,25 ppm dla drugiego.

Wpływ glinu

Średnie wyniki dotyczące wpływu glinu na wzrost grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans* przedstawia ryc. 6. Grzyb *C. cerebella* rozwijał się dość dobrze na pożywce pozbawionej glinu. Ciężar wytworzonej grzybni wyniósł 6,4 mg. Dodatek glinu w ilościach od 0,002 do 31,4 ppm

nie wpływał na poprawę wzrostu, który wahał się w granicach 89,4 do 112,5% próby kontrolnej.

Nie stwierdzono również działania glinu na wzrost grzyba *M. lacrymans*. Na pożywce bez dodatku tego pierwiastka grzybnia w stanie suchym ważyła 4,5 mg. Wprowadzony do pożywki glin w ilościach 0,002 do 31,4 ppm nie zmienił prawie przyrostu grzybni, której ilość wahała się w granicach od 73,3 do 95,5% próby kontrolnej.

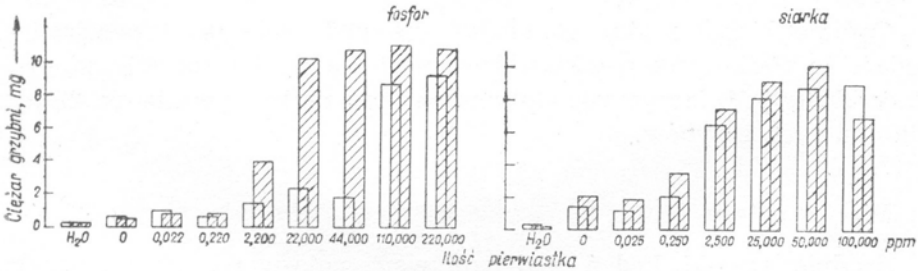
Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że glin nie okazał się pierwiastkiem niezbędnym dla wzrostu grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans*.

Wpływ fosforu

Średnie wyniki dotyczące wpływu fosforu na wzrost grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans* przedstawia ryc. 7.

Rozwój grzybni *C. cerebella* na pożywce pozbawionej fosforu był minimalny i średnio wyrażał się ilością 0,6 mg suchej grzybni. Dodatek fosforu, w miarę wzrostu jego ilości od 0 do 44 ppm powiększał masę wytwarzanej grzybni od ok. 150 do 316,7% ciężaru grzybni kontrolnej. Dawka fosforu 110 ppm zwiększyła gwałtownie ilość grzybni do 1450%, podczas gdy 220 ppm zwiększyło ilość grzybni już tylko nieznacznie, bo do 1533,3%.

Reakcja grzyba *M. lacrymans* na fosfor była nieco inna. Na pożywce bez fosforu grzyb wytworzył średnio 0,5 mg grzybni. Dodatek fosforu 0,002 i 0,22 ppm zwiększył masę grzybni minimalnie i jednakowo w obu



Ryc. 7 Ryc. 8

Ryc. 7. Wpływ fosforu na wzrost grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans*
Influence of P on the growth of mycelium *C. cerebella* and *M. lacrymans*

Ryc. 8. Wpływ siarki na wzrost grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans*
Influence of S on the growth of mycelium *C. cerebella* and *M. lacrymans*

przypadkach, tj. do 160%. Dawka 2,2 wpłynęła dość wyraźnie na rozwój grzybni, której ilość wyniosła 4,1 mg, co stanowi 820% ilości grzybni dla pożywki bez fosforu. Zawartością optymalną okazała się ilość 22 ppm,

przy której ciężar wytworzonej grzybni wzrósł do 2040%. Dalsze zwiększanie fosforu do 110 i 220 ppm nie wpłynęło już w sposób wyraźny na jej wzrost.

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że fosfor okazał się pierwiastkiem niezbędnym dla grzybów *C. cerebella* i *M. lacrymans*. Ilości optymalne wyniosły 110 ppm dla pierwszego grzyba i 22 ppm dla drugiego.

Wpływ siarki

Średnie wyniki dotyczące wpływu siarki na wzrost grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans* przedstawie ryc. 8.

Na pożywce kontrolnej, pozbawionej siarki, grzyb *C. cerebella* wykazał minimalny wzrost, wynoszący 1,3 mg. Dodatek siarki 0,025 ppm nie tylko nie zwiększył tempa wzrostu grzybni, ale nawet obniżył go do 84,6%. Ilość siarki 0,25 ppm zwiększyła przyrost grzybni do 161,5%. Siarka w ilości 2,5 ppm zwiększyła jej przyrost do 484,6%, a 25 ppm do 623,0%. Dalszy dodatek siarki, tj 50 i 100 ppm zmienił ilość grzybni tylko minimalnie, a mianowicie do 661,5 i 669,2%.

Podobnie przedstawiał się wpływ siarki na grzyb *M. lacrymans*. Pożywka bez siarki wytworzyła minimalną ilość grzybni (2,0 mg). Na dodatek siarki w ilości 0,025 ppm grzyb prawie nie reagował, tworząc grzybnię o ciężarze 1,8 mg, co wynosi 90% ciężaru próbki kontrolnej. Dodatek 0,25 ppm zwiększył przyrost grzybni do 170,0%, 2,5 ppm do 365,0%, 25 ppm do 450,0%, a 50 ppm do 595,0%. Przy dodatku 100 ppm nastąpił pewien spadek przyrostu grzybni, tj. do 345,0%.

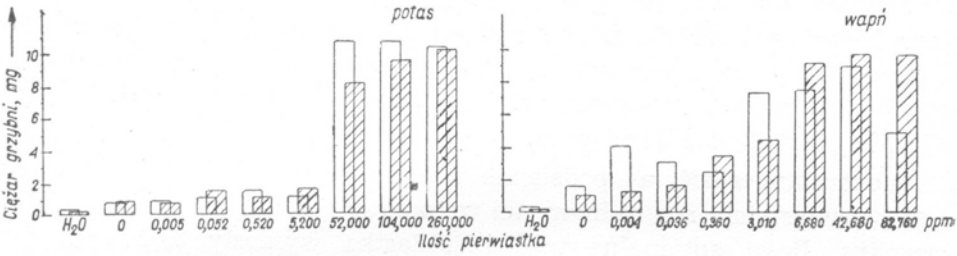
Ogólnie biorąc można stwierdzić, na podstawie przeprowadzonych badań, że siarka jest pierwiastkiem niezbędnym dla rozwoju grzybów *C. cerebella* i *M. lacrymans*. Optymalna ilość siarki wynosiła ok. 25 ppm dla obu tych grzybów.

Wpływ potasu

Średnie wyniki badań nad wpływem potasu na wzrost grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans* przedstawia ryc. 9.

Na pożywce bez potasu wzrost grzybni *C. cerebella* był minimalny i wynosił 0,7 mg. Wpływ potasu na wzrost grzybni dał się zauważyć dopiero przy ilości 52 ppm. Mniejsze ilości okazały się niewystarczające dla potrzeb grzyba, który wytwarzał grzybnię w ilości tylko 25,5—55,7% wyższej niż przy pożywce całkowicie pozbawionej potasu. Ilość 52 ppm wywoływała natomiast wzrost grzybni do 1491,4%. Dalsze podwyższanie ilości potasu nie wpływało już na jej wzrost, który utrzymywał się mniej więcej na tym samym poziomie.

Podobnie przedstawiały się wymagania grzyba *M. lacrymans*. Zawartość potasu w pożywce w ilości od 0 do 52 ppm nie wpływała wyraźnie na wzrost grzybni. Dopiero dawka 52 ppm wzmogła jej przyrost do



Ryc. 9 Ryc. 10

Ryc. 9. Wpływ potasu na wzrost grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans*
Influence of K on the growth of mycelium *C. cerebella* and *M. lacrymans*

Ryc. 10. Wpływ wapnia na wzrost grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans*
Influence of Ca on the growth of mycelium *C. cerebella* and *M. lacrymans*

7,8 mg, co stanowiło 977,7% ilości na pożywce pozbawionej potasu. Dalszy wzrost potasu do 104, a następnie do 260 ppm wpłynął już tylko w mniejszym stopniu na ciężar wytwarzanej grzybni, który wyniósł 1177,7% i 1225,0%.

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że potas jest pierwiastkiem niezbędnym dla grzybów *C. cerebella* i *M. lacrymans*. Ilości optymalne wyniosły 52 ppm dla pierwszego z nich i 104 ppm dla drugiego.

Wpływ wapnia

Średnie wyniki dotyczące wpływu wapnia na wzrost grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans* przedstawia ryc. 10.

Rozwój grzyba *C. cerebella* na pożywce pozbawionej wapnia był minimalny, wytworzona grzybnia wraz z inokulum ważyła 1,5 mg. Już bardzo mały dodatek wapnia, bo 0,004 ppm zwiększał ilość grzybni do 273,3%. Wzrost grzybni utrzymywał się na tym mniej więcej poziomie przy dodatku wapnia 0,036 i 0,36 ppm, natomiast dopiero ilość 3,01 ppm spowodowała bujniejszy przyrost, bo do 486,6%. Na dalsze zwiększanie ilości wapnia grzyb reagował tylko nieznacznie, dając grzybnię w ilości 493,3% przy 6,68 ppm i 586,6 przy 42,68 ppm. Wapń w ilości 82,76 ppm działał już w pewnym stopniu hamująco, gdyż wytworzona grzybnia ważyła 4,9 mg, co stanowiło 326,6% grzybni bez wapnia.

M. lacrymans reagował na wapń w podobny sposób. Pożywka kontrolna bez wapnia wytworzyła grzybnię o ciężarze 1,1 mg, co należy uznać za minimalny wzrost. Dodatek wapnia w ilości 0,004 ppm nie wpłynął prawie na wzrost grzybni, natomiast ilości 0,036, 0,36 i 3,01 ppm spowodowały zwiększenie jej przyrostu, kolejno do 154,5, 318,2 i 400,0%. Optymalną dla wzrostu grzyba okazała się ilość wapnia 6,68 ppm, przy której wytworzyła się 9,1 mg grzybni, co stanowi 827,2% w stosunku do pożywki bez wapnia. Na dalszy wzrost ilości wapnia w pożywce grzyb już prawie nie reagował wytwarzając 9,6 mg grzybni, czyli 872,7% przy 42,68 i 82,76 ppm.

Można stwierdzić, na podstawie przeprowadzonych badań, że wapń jest pierwiastkiem niezbędnym dla wzrostu grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans*. Ilości optymalne tego pierwiastka wyniosły 3,01 ppm dla *C. cerebella* i 6,68 ppm dla *M. lacrymans*.

Wpływ skandu

Średnie wyniki dotyczące wpływu skandu na wzrost grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans* przedstawia ryc. 11.

Grzyb *C. cerebella* rozwijał się w pożywce pozbawionej skandu. Ciężar wytworzonej grzybni wynosił 4,6 mg. Dodatek skandu do pożywki w ilościach 0,001, 0,012 i 0,12 ppm nieznacznie tylko zwiększał wzrost grzybni. Skand w ilościach powyżej 1,2 ppm, tj. 12 i 24 ppm, działał na wzrost grzybni hamująco, zmniejszając jej przyrost do 60,8 i 52,1% w stosunku do ilości grzybni na pożywce kontrolnej.

Działanie skandu na *M. lacrymans* było bardzo zbliżone. Na pożywce kontrolnej grzyb ten rósł dość dobrze, wytwarzając 4,9 mg suchej grzybni. Dodatek skandu w małych ilościach, tj. 0,001, 0,012, nie wpływał na wzrost grzybni. Większe ilości skandu działały wyraźnie hamująco. Przy ilości skandu 0,12, 1,2, 12 i 24 ppm uzyskano malejący wzrost grzybni, której ciężar wynosił kolejno 83,6, 83,6, 42,9 i 39,2%.

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że skand nie był potrzebny dla wzrostu grzybów *C. cerebella* i *M. lacrymans*, a przy nieco większych koncentracjach działał nawet hamująco.

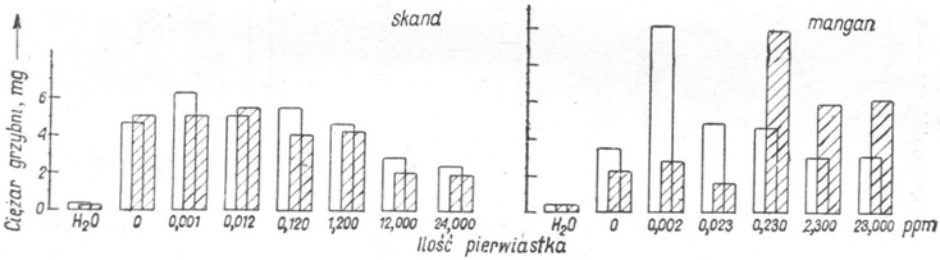
Wpływ manganu

Średnie wyniki dotyczące wpływu manganu na wzrost grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans* przedstawia ryc. 12.

Stwierdzono, że grzyb *C. cerebella* na pożywce bez dodatku manganu wykazuje nieznaczny wzrost. Wytworzona grzybnia razem z inokulum ważyła 3,4 mg. Już dodatek manganu w ilości 0,002 ppm spowodował zwiększenie wzrostu do 9,9 mg, co stanowi 291,1%. Ilość ta okazała się

optymalną dla wzrostu tego grzyba. Dalsze zwiększenie manganu w pożywce nie wpływało dodatnio na przyrost grzybni, której ilości wskazywały nawet na pewne ujemne działanie. Przy ilości manganu 0,023 ppm grzybnia stanowiła już 141,4%, a przy 0,23 ppm 138,2%, natomiast dodatek 2,3 i 23 ppm obniżał ilość grzybni do 88,2 i 91,1% w stosunku do grzybni na pożywce kontrolnej.

Optymalna ilość manganu dla *M. lacrymans* wyniosła 0,23 ppm. Grzybnia, jaka w tych warunkach wyrosła, ważyła 9,8 mg, co stanowiło 445,4% ciężaru grzybni bez manganu. Mniejsze ilości od optymalnej, tj. 0,002 i 0,023 ppm nie wpływały prawie zupełnie na przyrost grzybni,



Ryc. 11 Ryc. 12

Ryc. 11. Wpływ skandu na wzrost grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans*
Influence of Sc on the growth of mycelium *C. cerebella* and *M. lacrymans*

Ryc. 12. Wpływ manganu na wzrost grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans*
Influence of Mn on the growth of mycelium *C. cerebella* and *M. lacrymans*

której ilość wynosiła 2,8 i 1,6 mg, a więc w przybliżeniu tyle, ile wyniosła grzybnia na pożywce kontrolnej (2,2 mg). Ilości większe od optymalnej, tj. 2,3 i 23 ppm przejawiły już pewną działalność hamującą, na co wskazuje ilość wytworzonej grzybni (268,1 i 277,2%).

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że mangan okazał się niezbędny dla wzrostu grzybów *C. cerebella* i *M. lacrymans*. Ilość optymalna dla pierwszego z nich wyniosła 0,002, dla drugiego 0,23 ppm.

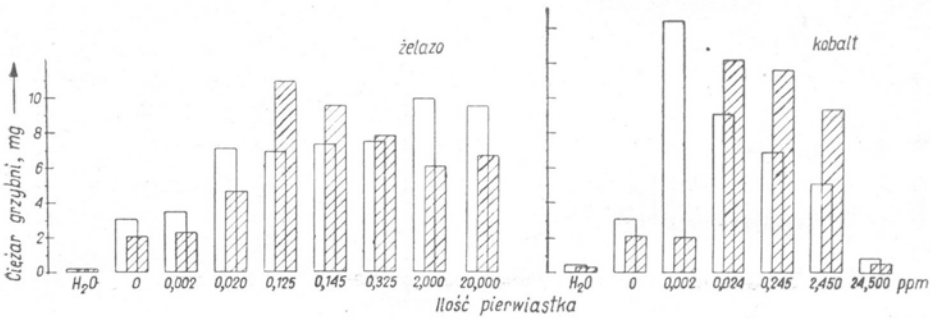
Wpływ żelaza

Średnie wyniki dotyczące wpływu żelaza na wzrost grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans* przedstawia ryc. 13.

Na pożywce bez żelaza grzyb *C. cerebella* wykazał minimalny wzrost, wynoszący łącznie z inokulum ciężar 3,0 mg. Dodatek żelaza 0,002 ppm nie zmienił prawie ilości grzybni. Dopiero od ilości 0,02 ppm dał się zauważyć wzrost ciężaru grzybni do 7,1 mg, co stanowi 236,6%.

Dalsze zwiększanie żelaza w pożywce do 0,125, 0,145 i 0,325 ppm nie pociągnęło za sobą poważniejszego zwiększenia wzrostu grzybni. Podniesienie ilości żelaza do 2 ppm spowodowało natomiast wzrost ciężaru grzybni do 330,0%, zaś maksymalna zastosowana ilość, tj. 20 ppm, już tylko do 316,6%.

M. lacrymans rozwijał się również nieznacznie na pożywce bez żelaza. Dodatek żelaza w ilości 0,002 ppm nie spowodował żadnej reakcji grzyba, który wytworzył grzybnię o ciężarze zbliżonym do pożywki kontrolnej. Żelazo w ilości 0,02 ppm zwiększyło ilość grzybni do 235,0%, natomiast



Ryc. 13 Ryc. 14

Ryc. 13. Wpływ żelaza na wzrost grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans*
Influence of Fe on the growth of mycelium *C. cerebella* and *M. lacrymans*

Ryc. 14. Wpływ kobaltu na wzrost grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans*
Influence of Co on the growth of mycelium *C. cerebella* and *M. lacrymans*

ilość 0,125 ppm spowodowała maksymalny wzrost dla całego doświadczenia, tj. 535%. Zwiększenie żelaza poza tę wartość działało na wzrost grzybni w pewnym stopniu hamująco w porównaniu do wartości optymalnej. Przy 0,145 ppm ciężar grzybni wynosił 470,0%, przy 0,325 ppm już 375,0%, a przy 2 i 20 ppm 300 i 325,0%.

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że żelazo okazało się pierwiastkiem niezbędnym dla grzybów *C. cerebella* i *M. lacrymans*. Optymalne ilości wyniosły 2 ppm dla pierwszego i 0,125 dla drugiego grzyba.

Wpływ kobaltu

Średnie wyniki dotyczące wpływu kobaltu na wzrost grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans* przedstawia ryc. 14.

Na pożywce bez kobaltu wytworzyła się minimalna ilość grzybni *C. cerebella* (3,1 mg). Optymalny wzrost uzyskano już przy dodatku kobaltu w ilości 0,002 ppm, co stanowiło 458,0% ciężaru próby kontrolnej

(bez kobaltu). Dalszy wzrost kobaltu w pożywce w ilościach od 0,024 do 24,5 ppm działał hamująco w stosunku do wartości optymalnej, powodując stopniowe obniżanie ciężaru grzybni kolejno do 290,3, 219,3, 161,2 i 25,8%. W ostatnim przypadku ilość grzybni była więc znacznie mniejsza od ilości grzybni na pożywce pozbawionej kobaltu.

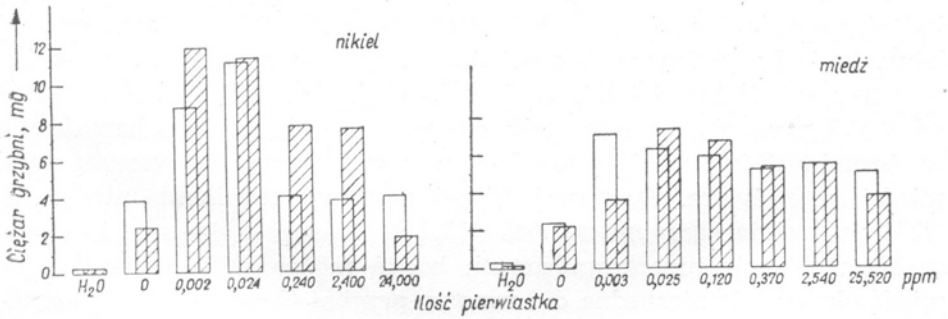
Dla grzyba *M. lacrymans* optymalna ilość kobaltu okazała się nieco wyższa. Wyniosła ona 0,024 ppm; ciężar grzybni zwiększył się wtedy do 631% w stosunku do grzybni na pożywce kontrolnej. Dalszy dodatek kobaltu do pożywki zmniejszał już ilość wytwarzanej grzybni, w porównaniu do wartości optymalnej, osiągając przy 0,245 ppm 594,7%, przy 2,45 ppm 478,9% i przy 24,5 ppm 15,7%. Ta ostatnia ilość wskazuje na silnie hamujące działanie kobaltu w dużych stężeniach.

Na podstawie przeprowadzonych badań można więc stwierdzić, że kobalt jest pierwiastkiem niezbędnym dla wzrostu grzybów *C. cerebella* i *M. lacrymans*. Dla pierwszego grzyba ilość optymalna wyniosła 0,002 ppm, dla drugiego 0,024 ppm.

Wpływ niklu

Średnie wyniki dotyczące wpływu niklu na wzrost grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans* przedstawia ryc. 15.

Grzybnia *C. cerebella* wykazała wykazała minimalny wzrost na pożywce kontrolnej bez niklu (3,5 mg). Wpływ niklu ujawnił się już



Ryc. 15 Ryc. 16

Ryc. 15. Wpływ niklu na wzrost grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans*
Influence of Ni on the growth of mycelium *C. cerebella* and *M. lacrymans*
Ryc. 16. Wpływ miedzi na wzrost grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans*
Influence of Cu on the growth of mycelium *C. cerebella* and *M. lacrymans*

przy dodatku 0,002 ppm tego pierwiastka, przy którym ilość grzybni stanowiła 248,5% w porównaniu do pożywki kontrolnej. Optymalną ilością niklu okazało się 0,024 ppm dając maksymalną ilość grzybni

dla tego doświadczenia, tj. 322,8%. Dalszy wzrost ilości niklu do 0,24, 2,4 i 24 ppm nie tylko nie zwiększył przyrostu grzybni, ale działał hamująco w stosunku do wartości optymalnej. Ilości grzybni wytworzonej w tych warunkach są zbliżone do ilości na pożywce kontrolnej.

M. lacrymans okazał się bardziej wrażliwy na działanie niklu. Już ilość 0,002 ppm daje maksymalny wzrost grzybni wynoszący 500% próby kontrolnej. Wzrost ten utrzymuje się również przy ilości niklu 0,024 ppm (479,1%). Dalsze zwiększanie niklu do 0,24 i 2,4 ppm w pożywce obniża wzrost grzybni do 329,1 i 325,0%, a ilość 24 ppm sprowadza go do poziomu pożywki bez niklu.

Przeprowadzone badania pozwalają stwierdzić, że nikiel okazał się pierwiastkiem niezbędnym dla grzybów *C. cerebella* i *M. lacrymans*. Ilości optymalne wynosiły 0,024 ppm dla pierwszego grzyba i 0,002 ppm dla drugiego.

Wpływ miedzi

Średnie wyniki dotyczące wpływu miedzi na wzrost grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans* przedstawia ryc. 16.

Na pożywce bez miedzi grzyb *C. cerebella* dał niewielki przyrost (2,3 mg). Wzrost maksymalny uzyskano już przy dodatku 0,003 miedzi, przy którym grzybnia ważyła 7,2 mg, co stanowiło 313,0% w stosunku do pożywki kontrolnej. Dalszy wzrost ilości miedzi poza wartość optymalną działał obniżająco na wzrost grzybni w stosunku do wartości optymalnej, dając przy 25,52 ppm 4,9 mg grzybni, co stanowi 213,0%

Ilość optymalna miedzi dla *M. lacrymans* wyniosła 0,025 ppm, przy której wyrosło 7,1 mg grzybni, stanowiące 322,7% ciężaru grzybni kontrolnej. Na pożywce bez miedzi grzybnia wykazywała niewielki wzrost, natomiast dodatek 0,003 zwiększał ją do 163,6%. Ilości wyższe od 0,025 ppm charakteryzowały się pewnym działaniem hamującym w stosunku do wartości optymalnej, proporcjonalnym do wzrostu ilości miedzi w pożywce. Przy najwyższej zastosowanej ilości miedzi, tj. 25,52 ppm ciężar grzybni wynosił 177,2%.

Na podstawie przeprowadzonych badań można więc stwierdzić, że miedź okazała się niezbędna dla wzrostu grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans*. Ilości optymalne tego pierwiastka wyniosły 0,003 ppm dla pierwszego i 0,025 ppm dla drugiego.

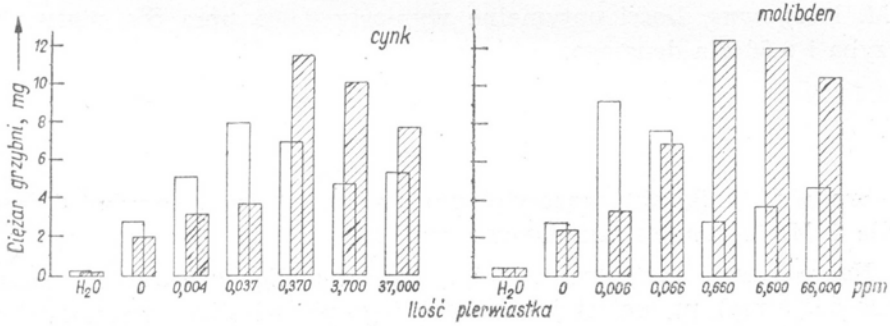
Wpływ cynku

Średnie wyniki dotyczące wpływu cynku na wzrost grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans* przedstawia ryc. 17.

Na pożywce bez cynku grzybnia *C. cerebella* wykazała niewielki przyrost (2,9 mg). Dodatek cynku w ilości 0,004 ppm podniósł ciężar grzybni do 175,8%. Ilość cynku 0,037 ppm, przy której wytworzona

została grzybnia o ciężarze 275,8 % okazała się optymalną dla tego grzyba. Dalszy wzrost cynku działał w pewnym stopniu hamująco w stosunku do wartości optymalnej, przy czym ilość grzybni malała wraz ze wzrostem badanego pierwiastka, uzyskując przy maksymalnej zastosowanej ilości (37 ppm) 186,2 %.

Dla grzyba *M. lacrymans* ilość optymalna cynku wyniosła więcej niż dla *C. cerebella*, bowiem 0,37 ppm, przy również większym przyroście maksymalnym (552,3 %). Mniejsze ilości działały na wzrost grzybni tylko w nieznacznym stopniu, dając przy ilości 0,004 ppm 152,3 %, a przy 0,037 ppm 176,1 %, w stosunku do pożywki bez cynku. Ilości cynku większe od optimum, tj. 3,7 i 37 ppm, wykazały pewną tendencję zmniejszającą wzrost w porównaniu z wartością optymalną i wyniosły kolejno 485,7 i 366,0 %.



Ryc. 17 Ryc. 18

Ryc. 17. Wpływ cynku na wzrost grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans*
Influence of Zn on the growth of mycelium *C. cerebella* and *M. lacrymans*

Ryc. 18. Wpływ molibdenu na wzrost grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans*
Influence of Mo on the growth of mycelium *C. cerebella* and *M. lacrymans*

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że cynk okazał się pierwiastkiem niezbędnym dla wzrostu grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans*. Ilości optymalne wyniosły 0,037 ppm dla pierwszego grzyba i 0,37 ppm dla drugiego.

Wpływ molibdenu

Średnie wyniki dotyczące wpływu molibdenu na wzrost grzybni *C. cerebella i M. lacrymans* przedstawia ryc. 18.

Grzyb *C. cerebella* rozwijał się minimalnie na pożywce bez molibdenu dając 2,9 mg grzybni. Dodatek 0,006 ppm okazał się ilością optymalną, przy której ciężar grzybni wzrósł do 295,6 %. Ilość molibdenu 0,066 ppm dawała prawie tę samą masę grzybni (262,0 %), natomiast dalsze

zwiększanie tego pierwiastka do 0,66, 6,6 i 66 ppm nie wywołało reakcji grzyba, który wytwarzał grzybnię w ilości zbliżonej do próby kontrolnej.

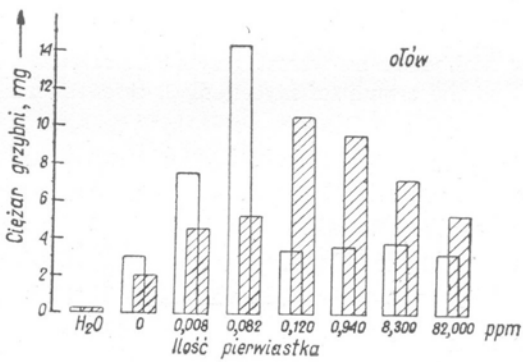
M. lacrymans okazał się mniej wrażliwy na molibden. Wzrost grzyba bez molibdenu dawał grzybnię o ciężarze 2,3 mg. Dodatek tego pierwiastka do pożywki w ilości 0,006 i 0,066 ppm pobudzał kulturę do zwiększonego wzrostu, dając 143,4 i 300,0% grzybni. Maksymalny wzrost uzyskano przy ilości 0,66 ppm molibdenu. Ilość grzybni wzrosła w tym przypadku do 534,7%. Przy dalszym zwiększaniu ilości badanego pierwiastka zarysowała się pewna tendencja zmniejszania przyrostu grzybni, której ilość wynosiła 521,7% przy 6,6 ppm molibdenu i 447,8% przy 66 ppm.

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że molibden okazał się pierwiastkiem niezbędnym dla wzrostu grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans*. Ilości optymalne wyniosły 0,006 ppm dla pierwszego grzyba i 0,66 dla drugiego.

Wpływ ołowiu

Średnie wyniki dotyczące wpływu ołowiu na wzrost grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans* przedstawia ryc. 19.

Na pożywce bez ołowiu grzyb *C. cerebella* wykazał minimalny wzrost (2,8 mg), natomiast już dodatek tego pierwiastka wynoszący 0,008 ppm zwiększał masę wytworzonej grzybni do 267,8%. Wzrost maksy-



Ryc. 19. Wpływ ołowiu na wzrost grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans*
Influence of Pb on the growth of mycelium *C. cerebella* and *M. lacrymans*

malny uzyskano przy ilości ołowiu 0,082 ppm, przy której grzybnia ważyła 14,3 mg, czyli 510,7% w stosunku do pożywki kontrolnej. Dalsze zwiększanie badanego pierwiastka do ilości 0,12, 0,94, 8,3 i 82

ppm nie wywołało wpływu na grzybnię, której ilość zbliżona była do ilości na pożywce bez ołowiu.

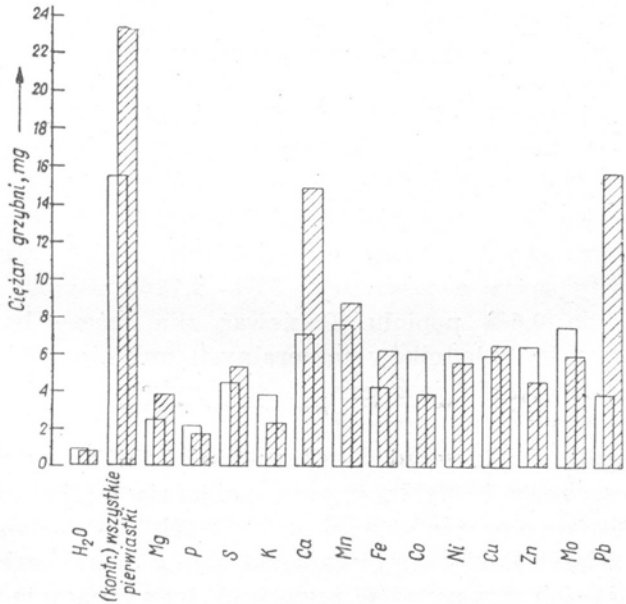
Na grzyb *M. lacrymans* ołów działał korzystnie w ilościach od 0,008 do 0,12 ppm. Ciężar wytworzonej grzybni stopniowo zwiększał się od 2,0 mg na pożywce kontrolnej, do 225,0, 265,0 i 530,0 %. Ostatnia wartość była maksymalna w warunkach doświadczenia. Dalszy wzrost ołowiu w pożywce do 0,94 ppm obniżał nieznacznie przyrost grzybni, której ilość wynosiła 485,0 %. Ilości wyższe, tj. 8,3 i 82 ppm, spowodowały natomiast, w porównaniu do wartości optymalnej, dalszy spadek ciężaru grzybni do 330,0 i 265,0 % w stosunku do próby kontrolnej.

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że ołów okazał się pierwiastkiem niezbędnym dla wzrostu grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans*. Wartości optymalne wyniosły 0,082 ppm dla pierwszego grzyba i 0,12 ppm dla drugiego.

Wpływ braku niezbędnych pierwiastków

Średnie wyniki dotyczące wpływu braku niezbędnych pierwiastków na wzrost grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans* przedstawia ryc. 20.

Na pożywce zawierającej wszystkie pierwiastki, grzyb *C. cerebella* wytworzył bujną grzybnię o średnim ciężarze 15,3 mg. Na pożywkach



Ryc. 20. Wpływ braku niezbędnych pierwiastków na wzrost grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans*

Influence of dificiency the necessary elements on the growth of mycelium *C. cerebella* and *M. lacrymans*.

pozbawionych poszczególnych pierwiastków wzrost grzybni we wszystkich przypadkach był znacznie mniejszy od próby kontrolnej, zawierającej wszystkie pierwiastki. Ilość wytworzonej grzybni wynosiła od 13,7 do 49,0% ilości grzybni kontrolnej. Stosunkowo najmniejsze obniżenie wzrostu wywołał brak manganu i molibdenu, największe zaś braki fosforu i magnezu, przy niewielkich na ogół różnicach pomiędzy wszystkimi pierwiastkami.

Grzyb *M. lacrymans* wytworzył na pożywce zawierającej wszystkie pierwiastki również obfitą grzybnię o średnim ciężarze 23,2 mg. Na pożywkach pozbawionych poszczególnych pierwiastków wzrost grzybni był w większości przypadków znacznie mniejszy niż w próbie kontrolnej. Ilość wytworzonej grzybni stanowiła od 7,3 do 37,5% ilości grzybni kontrolnej, a tylko w przypadku wapnia i ołowiu podniosła się do 63,3 i 66,3%. Poza tymi dwoma pierwiastkami największe obniżenie ilości grzybni wywołał brak fosforu i potasu, najmniejsze brak manganu. Podobnie jak przy grzybie *C. cerebella* różnice pomiędzy wpływem braku poszczególnych pierwiastków były stosunkowo niewielkie.

Przeprowadzone doświadczenie potwierdziło wyniki poprzednich badań o niezbędności oznaczanych pierwiastków dla grzybów *C. cerebella* i *M. lacrymans*. Stosunkowo dość duży wzrost tego ostatniego grzyba przy braku wapnia i ołowiu pozwala przypuszczać, że pierwiastki te zostały częściowo zastąpione przez inne znajdujące się w pożywce.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Źródłem substancji mineralnych dla grzybów niszczących drewno jest podłoże, na którym się rozwijają, a więc samo drewno. W jakim stopniu składniki te wpływają na rozwój grzybów, dotychczas nie było całkowicie wyjaśnione. Rypáček (1957) podaje, że grzyb *Phaeolus schweinitzii* Fr. (Pat.) *(Polyporus schweinitzii* Fr.) niszczył silniej drewno bielaste sosny o zawartości 3,84—4,12% popiołu niż drewno o zawartości do 0,6% popiołu. Ponieważ siłą rzeczy badane próbki o różnej zawartości składników mineralnych musiały pochodzić z różnych drzewostanów, nie jest pewne, czy wykazane różnice nie były spowodowane przez inne czynniki.

Wyniki analiz przeprowadzonych w niniejszej pracy wykazały, że grzyby *C. cerebella* i *M. lacrymans* pobierają z drewna wszystkie znajdujące się w nim pierwiastki w ilościach zbliżonych ogólnie do 50% ich zawartości. Pobierane pierwiastki uległy w grzybach skoncentrowaniu tak, że ich procentowa zawartość była znacznie większa od procentowej zawartości w drewnie, na którym wyrosły.

Pierwiastki, których obecność stwierdzono u *C. cerebella* i *M lacrymans*, były już w większości notowane jako występujące u innych grzybów. Szereg prac podaje zawartości mikropierwiastków (Jaczew-

ski 1936, Foster 1949). Rennefelt (1934) oznaczył w grzybni i zarodnikach *Aspergillus niger* zawartość potasu, magnezu, wapnia, sodu i fosforu. Richards i Troutman (1940) badali skład popiołu drożdży metodą analizy spektralnej i znaleźli następujące pierwiastki: żelazo, sód, bar, bizmut, magnez, mangan, bor, miedź, cynk, cynę, ołów, telur, srebro, chrom, potas, złoto i lantan.

Jedyne w dostępnej literaturze wyniki analiz składu mineralnego *M. lacrymans,* przeprowadzone przez Zellnera (1907) podają zawartości w grzybni i owocnikach 10 pierwiastków, tj. sodu, potasu, żelaza z glinem, manganu, fosforu, krzemu, chloru i siarki. Należy podkreślić, że szereg wyników, szczególnie dotyczących mikropierwiastków, uzyskanych przez Zellnera nie dysponującego stosowanymi obecnie metodami analitycznymi, znalazło potwierdzenie w niniejszej pracy.

Tabela 4 — Table 4

Pierwiastki niezbędne dla grzybów *Coniophora cerebella* i *Merulius lacrymans*
Nutritional requirement for growth of mycelium *Coniophora* and *Merulius lacrymans*

Lp.	Element Pierwiastek		Ilość optymalna w ppm Optimal quantity in ppm	
			C. cerebella	*M. lacrymans*
1	Magnez	Mg	21,250	2,250
2	Fosfor	P	220,000	22,000
3	Siarka	S	25,000	2,500
4	Potas	K	52,000	52,000
5	Wapń	Ca	3,010	6,680
6	Mangan	Mn	0,002	0,230
7	Żelazo	Fe	0,020	0,125
8	Kobalt	Co	0,002	0,024
9	Nikiel	Ni	0,024	0,002
10	Miedź	Cu	0,003	0,025
11	Cynk	Zn	0,037	0,370
12	Molibden	Mo	0,006	0,660
13	Ołów	Pb	0,082	0,120

Zjawisko pobierania z podłoża różnych pierwiastków nie świadczy jeszcze o ich niezbędności dla badanych grzybów. Przeprowadzone badania wpływu naturalnych substancji mineralnych drewna i różnych pierwiastków na wzrost grzybni na pożywce pozwoliły na wyjaśnienie potrzeb w tym zakresie grzybów *C. cerebella* i *M. lacrymans.* Stwierdzono, że badane grzyby wymagają do swojego rozwoju, obok źródeł węgla, również obecności substancji mineralnych zawartych w drewnie. Ilości optymalne tych substancji wahały się w granicach 500—1000 ppm dla obu grzybów. Spośród 17 pierwiastków, których wpływ na wzrost grzybów badano, 13 okazało się niezbędnymi. Wykaz ich i ilości optymalne podaje tab. 4.

Stwierdzono, że bor nie był pierwiastkiem niezbędnym dla rozwoju grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans*. Wyniki negatywne dla 20 różnych grzybów, w tym dla szeregu gatunków *Aspergillus* i *Ceretostomella ulmi* podaje również Stiles (1946). Tylko w jednym przypadku bor okazał się potrzebny dla rozwoju grzyba *Dothiorella* sp. O braku wpływu boru na wzrost grzybów pisze także Cochrane (1958) w oparciu o badania Winfielda i Yogeswari.

Sód również nie okazał się pierwiastkiem koniecznym dla rozwoju obu badanych grzybów. Wynik ten potwierdza Foster (1949), który uważał, że sód nie należy do pierwiastków niezbędnych dla rozwoju grzybów, jednakże grzybnia absorbuje sód znajdujący się w pożywce.

Badania wykazały, że dla rozwoju grzybów *C. cerebella* i *M. lacrymans* niezbędny jest magnez. Ilości optymalne wyniosły dla pierwszego z nich 21,55 ppm i 11,25 ppm dla drugiego. Początkowy proporcjonalny wzrost ilości grzybni w miarę wzrastania stężenia magnezu w pożywce, jaki występował u obu badanych przypadków, stwierdził również Steinberg (1946) badając wzrost grzyba *Aspergillus niger*. Optymalna zawartość magnezu dla grzyba *Penicillium chrysogenum wyniosła* 8 ppm (Jarvis i Johnson 1950). Dla *Cephalosporium salmosynnematum* Cochrane (1958) jako optimum podaje ok. 10 ppm.

Glin nie wywierał wpływu na grzyby *C. cerebella i M. lacrymans*. W literaturze brak jest informacji co do potrzeb tego pierwiastka również dla innych grzybów.

Wpływ fosforu na rozwój grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans* okazał się wyraźny. Stwierdzono niezbędność tego pierwiastka, przy czym ilości optymalne wyniosły 110 ppm dla pierwszego grzyba i 22 ppm dla drugiego. Optymalna zawartość fosforu, jaką podaje Cochrane (1958) dla grzyba *Cephalosporium salmosynnematum* (40 ppm), jest pośrednia pomiędzy uzyskanymi danymi dla *C. cerebella i M. lacrymans*. Schmith (1949) badając metabolizm fosforu u *M. lacrymans* w związku z wykorzystaniem źródeł węgla stwierdził, że grzyb ten rósł lepiej na pożywce zawierającej glikozę, gdy dodano do niej fosforanu nieorganicznego.

Stwierdzono również niezbędność siarki dla rozwoju grzybni badanych grzybów. Optymalna ilość siarki wynosiła ok. 25 ppm dla obu tych grzybów, co jest zbliżone do optimum (ok. 20 ppm), podawanego przez Pisano (1954) dla *Cephalosporium salmosynnematum*. Dodatni wpływ siarki w postaci siarczanów na wzrost grzybów stwierdzony był dla *Aspergillus niger, Pestalotia malorum, Pythium* sp. i innych (Cochrane 1958).

Niezbędnym pierwiastkiem dla rozwoju grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans* okazał się także potas. Ilości optymalne wyniosły 52 ppm dla pierwszego grzyba i 104 ppm dla drugiego. Optymalne ilości potasu uzyskane dla tych grzybów zbliżone są w pewnym stopniu do

ilości podawanych dla innych grzybów. Według Jarvisa i Johnsona (1950) optymalna zawartość potasu dla grzyba *Penicillium chrysogenum Q.* wynosi 10 ppm. Cochrane (1958) podaje za Pisano ok. 65 ppm jako ilość optymalną dla *Cephalosporium salmosynnematum*, przy czym podwyższenie ilości potasu od 0 do tej wartości powodowało proporcjonalny wzrost ciężaru grzybni. Optymalna zawartość potasu dla *Aspergillus niger* wg Steinberga (1946) wyniosła prawie trzykrotnie więcej, bo 150 ppm.

Rozwój grzybni *C. cerebella i M. lacrymans* wymaga także obecności wapnia. Ilości optymalne tego pierwiastka wyniosły 3,01 ppm dla pierwszego grzyba i 6,68 ppm dla drugiego.

Steinberg (1948) podał, że stężenie wapnia potrzebne dla maksymalnego wzrostu różnych grzybów waha się w granicach 2 do 6 ppm. Cochrane (1958) w oparciu o literaturę jako optymalną ilość wapnia dla grzybów podaje 0,5 do 20 ppm. Fries (1956) dla *Coprinus ephemerus* uznał ilość 4,0 ppm za optymalną. Jak więc widać wymagania grzybów *C. cerebella* i *M. lacrymans* w stosunku do wapnia nie różnią się od potrzeb innych zbadanych grzybów.

Na podstawie uzyskanych wyników badań można stwierdzić, że skand nie był potrzebny dla wzrostu *C. cerebella* i *M. lacrymans*, a przy nieco większych koncentracjach działał nawet hamująco. Steinberg (1939) wykazał, że skand wydaje się być niezbędnym dla *Aspergillus niger* w przypadku, gdy jako źródło węgla użyto glicerolu, a nie ma znaczenia przy sacharozie. Prawdopodobnie także i przy glikozie, jako źródle węgla, którą zastosowano w prowadzonych badaniach, skand nie przejawia wpływu na wzrost grzybów *C. cerebella* i *M. lacrymans*.

Badania wykazały natomiast niezbędność manganu dla badanych grzybów. Ilość optymalna dla *C. cerebella* wyniosła 0,002 ppm, dla *M. lacrymans* 0,23 ppm. Cochrane (1958) na podstawie danych z literatury ocenia zapotrzebowanie różnych grzybów na ten pierwiastek na 0,005—0,01 ppm. Stiles (1946) stwierdził niezbędność manganu tylko dla wzrostu 5 gatunków grzybów spośród 21 poddanych badaniu.

Ilości optymalne niezbędnego dla badanych grzybów żelaza wynosiły 2 ppm dla *C. cerebella* i 0,125 ppm dla *M. lacrymans*. Cochrane (1958) podaje, w oparciu o wyniki różnych badań, ilość 0,1—0,3 ppm żelaza jako najlepszą dla wielu grzybów.

W dostępnej literaturze brak jest prac wykazujących niezbędność kobaltu dla rozwoju grzybów. Jednakże występujący w niektórych grzybach witamin B_{12}, do którego syntezy potrzebny jest kobalt, wskazuje na niezbędność tego pierwiastka. Foster (1950) przypuszcza, że zastosowanie nowoczesnej techniki oczyszczania pożywek pozwoli na wykazanie potrzeby kobaltu dla grzybów. Wyniki uzyskane dla *C. cerebella* i *M. lacrymans* wykazały wyraźny wpływ tego pierwiastka

na wzrost grzybni. Dla pierwszego grzyba ilość optymalna wyniosła 0,002 ppm dla drugiego 0,024 ppm.

Również nikiel, nie notowany dotychczas w literaturze jako potrzebny dla grzybów, okazał się niezbędny dla obu badanych gatunków. Ilości optymalne wyniosły 0, 024 ppm dla *C. cerebella* i 0,002 ppm dla *M. lacrymans.*

Miedź okazała się niezbędnym pierwiastkiem dla badanych grzybów. Optimum działania przejawiała się ilością 0,003 ppm dla *C. cerebella* i 0,025 ppm dla *M. lacrymans.* Badania Steinberga (1936) wykazały, że maksymalny rozwój *Aspergillus niger* zachodzi przy obecności 0,04 ppm miedzi. Cochrane (1958), w oparciu o różne źródła, podaje ilość 0,01—0,1 ppm jako niezbędną dla wzrostu szeregu grzybów. Stiles (1946) stwierdził niezbędność miedzi dla wzrostu 10 grzybów spośród badanych 21 gatunków.

Cynk w przeprowadzonych badaniach warunkował wzrost grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans.* Maksymalny wzrost pierwszego z nich zachodził przy ilości 0,037 ppm, drugiego przy 0,37 ppm. Hawker (1950) podaje za Steinbergiem, że cynk nie tylko wpływa na *Aspergillus niger,* ale w ilości optymalnej wynoszącej 0,1 ppm aktywizuje szereg procesów fizjologicznych. Cochrane (1958) ocenia w oparciu o literaturę optymalną ilość cynku dla różnych grzybów na 0,001—0,5 ppm lub na podstawie mniej dokładnych prac na 0,5—1,0 ppm.

Molibden był notowany dla wielu grzybów jako pierwiastek niezbędny dla ich wzrostu. Niezbędność molibdenu dla grzyba *Aspergillus niger* wykazał już Steinberg (1936). Jak podaje Cochrane (1958) potrzeby różnych grzybów w odniesieniu do tego pierwiastka kształtują się w ilościach niezwykle małych, wynoszących 0,1 do 10 ppb. Stilles stwierdził niezbędność molibdenu tylko dla 2 grzybów spośród 21 przebadanych gatunków. Dla *C. cerebella* i *M. lacrymans* molibden okazał się również pierwiastkiem niezbędnym. Ilości optymalne wynosiły 0,006 ppm dla pierwszego grzyba i 0,66 dla drugiego.

W dostępnej literaturze brak jest wzmianek na temat niezbędności ołowiu dla grzybów. W przeprowadzonych badaniach stwierdzono jednak wyraźny wpływ tego pierwiastka na wzrost grzybni *C. cerebella* i *M. lacrymans.* Ilości optymalne wyniosły 0,082 ppm dla pierwszego grzyba i 0,12 ppm dla drugiego.

Dwa spośród pierwiastków niezbędnych dla rozwoju badanych grzybów, tj. wapń i ołów mogą być prawdopodobnie zastępowane dla grzyba *M. lacrymans* przez inne pierwiastki.

Ilości optymalne pierwiastków dla rozwoju grzybni były znacznie mniejsze niż ich zawartość w drewnie. Dowodzi to, że drewno jest podłożem zdolnym w pełni zaspokoić potrzeby mineralne grzybów

C. cerebella i *M. lacrymans*. Grzyby pobierały z drewna wszystkie znajdujące się w nim pierwiastki, a więc i niepotrzebne do ich rozwoju. Ilości poszczególnych pierwiastków pobieranych przez grzyby przekraczały znacznie ich optymalną koncentrację w pożywce. Nadmiar pierwiastków prawdopodobnie koncentrował się w protoplazmie i błonach komórkowych strzępek w postaci związków nierozpuszczalnych w wodzie.

STRESZCZENIE WYNIKÓW

Przeprowadzono badania wpływu odżywiania mineralnego na wzrost grzybów *C. cerebella* i *M. lacrymans* — z jednej strony przez analizę składu mineralnego grzybni, sznurów, owocników i porażonego przez te grzyby drewna oraz — z drugiej strony poprzez oznaczenie potrzeb tych grzybów w stosunku do naturalnych substancji mineralnych drewna (popiołu) i poszczególnych pierwiastków.

Oznaczenia składu mineralnego grzybów przeprowadzono metodą analizy chemicznej i spektralnej. Stwierdzono obecność 21 pierwiastków, tj. boru, sodu, magnezu, glinu, krzemu, fosforu, potasu, siarki, wapnia, tytanu, wanadu, manganu, żelaza, kobaltu, niklu, miedzi, cynku, molibdenu, srebra, baru i ołowiu oraz określono ilościowo zawartość 20 z nich (bez siarki). Nie stwierdzono większych różnic w zawartości poszczególnych pierwiastków w obu badanych grzybach. Natomiast duże różnice w zawartości tych pierwiastków wystąpiły między grzybnią, sznurami i owocnikami u obu grzybów. Większość pierwiastków występowała w dużych ilościach w grzybni, w mniejszych — w owocnikach, a w jeszcze mniejszych — w sznurach. W stosunku do grzybni poważnemu obniżeniu uległa w owocnikach zawartość wapnia, a prawie dwukrotnemu powiększeniu ilość żelaza i cynku.

Grzyby *C. cerebella* i *M. lacrymans*, rozwijając się na drewnie sosny i świerka, pobrały z tego podłoża wszystkie znajdujące się w nim pierwiastki w ilościach zbliżonych ogólnie do 50% zawartości ich w drewnie zdrowym.

W grzybni, sznurach i owocnikach obu grzybów wszystkie pobrane pierwiastki uległy skoncentrowaniu, tak że ich procentowa zawartość była znacznie większa od procentowej zawartości w drewnie, na którym wyrosły.

Badania wpływu naturalnych substancji mineralnych drewna (popiołu) na wzrost grzybni wykazały, że rozwój obu grzybów wymaga ich obecności w pożywce. W miarę wzrostu ilości popiołu, ciężar wytwarzanej grzybni zwiększał się, osiągając maksimum przy 500, 1000 lub prawdopodobnie powyżej 1000 ppm popiołu. Nie stwierdzono wyraźnych różnic w działaniu popiołu z drewna sosny i świerka.

Na podstawie szczegółowych badań ilościowych stwierdzono, że spośród 17 pierwiastków dla wzrostu grzybni obu grzybów niezbędne okazało się 13 pierwiastków, tj. magnez, fosfor, siarka, potas, wapń, mangan, żelazo, kobalt, nikiel, miedź, cynk, molibden i ołów. Uzupełniające badania wykazały, że wapń i ołów mogą być dla grzyba *M. lacrymans* zastępowane przez inne pierwiastki. Niepotrzebne dla obu grzybów okazały się bor, glin, skand, sód. Niektóre pierwiastki wykazane jako niezbędne po przekroczeniu pewnej koncentracji w pożywce przejawiały działanie hamujące dla rozwoju grzybni. Wymagania grzybów *C. cerebella* i *M. lacrymans* w stosunku do niezbędnych pierwiastków nie różniły się zasadniczo od wymagań innych zbadanych dotychczas grzybów.

Niezbędność niklu kobaltu i ołowiu dla grzybów nie była dotychczas notowana w literaturze.

Ilości optymalne pierwiastków dla rozwoju grzybni były znacznie mniejsze niż ich zawartość w drewnie. Dowodzi to, że drewno jest podłożem zdolnym w pełni zaspokoić potrzeby mineralne grzybów *C. cerebella* i *M. lacrymans*. Grzyby pobierały z drewna wszystkie znajdujące się w nim pierwiastki, a więc i niepotrzebne do ich rozwoju. Ilości poszczególnych pierwiastków pobierane przez grzyby przekraczały znacznie ich optymalną koncentrację w pożywce.

Zakład Fitopatologii Leśnej
i Konserwacji Drewna S. G. G. W.

(Wpłynęło dn. 29.3.1962)

SUMMARY

Investigations were carried out on the influence of mineral nutrition on the growth of *Coniophora cerebella* and *Merulius lacrymans*, viz. by means of analysis of mineral composition of mycelium, strands and fruit bodies of these fungi and of wood attacked by them, on the one hand, and by determination of the requirements of the fungi as regards the mineral substances of wood (ash) and individual elements, on the other hand.

Determination of the mineral composition of the fungi was performed after the methods of chemical and spectral analyses. The occurrence of 21 elements was stated, i. e. boron, sodium, magnesium, aluminium, silicon, phosphorus, potassium, sulfur, calcium, titanium, vanadium, manganese, iron, cobalt, nickel, copper, zinc, molybdenum, silver, barium and plumbum; twenty of them were determined quantitatively (except sulfur). No essential differences were found in the content of individual elements in both species under investigation, but great differences occurred between mycelium ,strands and fruit bodies. Majority of the elements occured in great quantities in mycelium, less in fruit bodies, and in still less in the strands. In comparison with mycelium, the content of calcium was considerably reduced in fruit bodies, and the quantities of iron and zinc increased almost by twice in them.

Growing on the pine and spruce wood, the fungi *C. cerebella* and *M. lacrymans* took out from that substrate all the occuring elements, in quantities approximate generally to 50 per cent of their content in sound wood.

In the mycelium, strands and fruit bodies of both species, all taken elements were concentrated, thus their percentage content was considerably higher than in the wood on which they had been grown.

The investigations on the influence of mineral substances of wood (i. e. ash) showed them to be necessary in substrate for the growth of the fungi. Increasing quantity of ash increased the weight of mycelium produced, reaching the maximum at 500, 1000 and probably more than 1000 p. p. m. of ash. No distinct differences were found between the influence of ash of the pine wood and of the spruce one.

From among 17 elements 13 of them (Mg, P, S, K, Ca, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Pb) were found, on the base of quantitative analyses, to be necessary for the growth of both fungi. The required quantities of these elements ranged between 0,002 and 220 p. p. m. Supplementary investigations showed that calcium and plumbum could be replaced by other elements for the fungus *M. lacrymans*.

Boron, aluminium, scandium and sodium proved to be unnecessary for both fungi. Some elements pointed out as necessary showed, after surpassing some concentration, an inhibitory activity on the growth of mycelium. Requirements of the fungi *C. cerebella* and *M. lacrymans* concerning the necessary elements did not virtually differ from such requirements of other hitherto investigated fungi.

The necessity of nickel, cobalt and plumbum for fungi was hitherto not mentioned in literature.

Optimum quantities of elements for the growth of fungi were considerably less than their content in wood. This fact proves that wood in a substrate enable off fully satisfy the mineral requirements of *C. cerebella* and *M. lacrymans*. The fungi took of wood all existing there elements, also those being unnecessary for their growth. Quantities of individual elements taken by the fungi considerably surpassed their optimum concentration in substrate. The surplus of elements was probably concentrated in protoplasm and cell walls of hyphae in the form of compounds insoluble in water.

LITERATURA

Babko A. K., Pilipienko A. T., 1955, Analiza kolorymetryczna, PWT, Warszawa.

Barańska H., 1957, Fotometria płomieniowa, Spektralna analiza emisyjna, PWN, Warszawa.

Benecke S., 1896, Botanische Zeitung 97.

Cochrane V. W., 1958, Physiology of fungi, New York, London.

Foster J. W., 1948, Chemical activities of fungi, New York.

Fries N., 1965, Svensk. Botan. Tidskr. 50.

Fries N., 1938, Symbolae Botanicae Upsalensis.

Günther M., 1897, Beitrag zur mineralische Nährung der Pilze (ref. Jaczewski 1933).

Hawker L. E., 1950, Physiology of fungi, London.

Jaczewski A. A., 1933, Osnowy mykologii, Moskwa—Leningrad.

Jarvis F. G., Johnson J., 1950, Journ. Bacterial. 59.

Jennison M. W., Newcomb M. D., Henderson R., 1955, Mycologia 47.

Jackson M. L., 1958, Soil chemical analysis. Prentice — Hall Inc.

Kalinin S. K., i współpr. 1959, Atlas spektralnych linii dla kwarcewoho spektografia, Moskwa.

Lilly V., Barnett H., 1951, Fizjologia grzybów, PWRiL, Warszawa.

Mitchell R. L., 1946, Analyst. 71.

Mitchell R. L., 1949, Spectrochim. Acta 3.

Mitchell R. L., Scott R. O., 1947, Spectrochim. Acta 3.

Molisch H., 1898, Sitzungsberichte der Keiserlischen-Königlichen Ak. der Wiss. I abt. C. III.

Pisano M. A., Olso B. H., San Clemente C. L., 1954, Journ. Bacteriol. 68.

Raulin J., 1896, Ann. Sci. Nat. Botan. et Biol. Vegetale 11 (ref. Foster 1959).

Rennefelt E., 1934, Planta 22.

Richards O. W., Troutman M. C., Journ. Bacteriol. 39.

Robbins W. J., 1950, Mycologia 42 (4).

Rypácek V., 1957, Biologie drevokaznych hub, Nakł. Cesk. Akad. Ved., Praha.

Schmith V. M., 1949, Arch. Biochem. 23.
Skalska S., 1957, Oznaczanie mikroelementów w glebach i próbkach biologicznych, Spektralna analiza emisyjna, PWN, Warszawa.
Steinberg R., 1919, Am. J. Botany 6.
Steinberg R., 1936, Journ. Agr. Research. 52.
Steinberg R., 1939, Journ. Agr. Research. 59.
Steinberg R., 1946, Am. J. Botany 33.
Steinberg R., 1948, Science 107.
Stiles W., 1946, Trace elements in plants and animals, Cambridge.
Ważny J., 1959, Folia Forest. Polonica 1 Ser. B.
Ważny J., 1960, Acta Soc. Bot. Pol. 29 (2).
Wehmer C., 1896, Botanische Zeitung 97.
Zellner J., 1907, Chemie der höheren Pilze, Leipzig.