FOLIA FORESTALIA POLONICA
SERIA B, ZESZYT 5 1963

Jerzy Ważny, Michał Czajnik

WYSTĘPOWANIE GRZYBÓW NISZCZĄCYCH DREWNO W TUNELU DOŚWIADCZALNYM METRO W WARSZAWIE

ПОЯВЛЕНИЕ ДЕРЕВОРАЗРУШАЮЩИХ ГРИБОВ В ОПЫТНОМ ТОННЕЛЕ МЕТРО В ВАРШАВЕ

ZUM AUFTRETEN HOLZZERSTÖRENDER PILZE IM VERSUCHSTUNNEL DER UNTERGRUNDBAHN IN WARSZAWA

WSTĘP

Niezrealizowany dotychczas projekt budowy w Warszawie podziemnej kolei miejskiej typu głębokiego metro już w stadium wstępnych doświadczeń napotkał szereg trudności, wśród których dość poważną rolę odegrał silny rozwój grzybów niszczących drewno w chodnikach doświadczalnych. Niniejsza praca poświęcona jest temu interesującemu z punktu widzenia teoretycznego i praktycznego zagadnieniu. Celem jej było oznaczenie gatunków występujących grzybów, ustalenie przyczyn i warunków ich rozwoju oraz przeprowadzenie wstępnych prób zwalczania.

W dostępnej literaturze naukowej brak zupełnie wzmianek na temat występowania grzybów w chodnikach metro, można natomiast znaleźć prace o grzybach w chodnikach podziemnych kopalni, w których warunki są w pewnym stopniu zbliżone do warunków w chodnikach metro.

Pilát (10) podaje wykaz 33 gatunków grzybów niszczących drewno w kopalni srebra w Przybram.

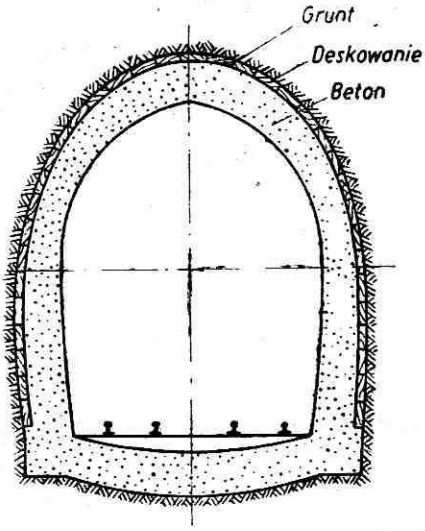
Pearson (9) stwierdził w kopalniach Anglii obecność grzybów *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr., różnych gatunków *Poria* i kilku innych oraz zbadał warunki ich rozwoju. Moesz (8) sporządził listę grzybów występujących w kopalniach, pieczarach i piwnicach na Węgrzech.

Sauce podaje jako grzyby występujące w kopalniach następujące gatunki: *Polyporus vaporarius* Pers., *Paxillus acheruntius* Schröt., *Coniophora cerebella* Pers., *Lenzites abietina* Fr. i inne oraz omawia warunki ich rozwoju.

W polskich kopalniach węgla kamiennego Zyska (14) znalazł następujące grzyby: *Poria Vaillantii* (DC.) Fr., *Lentinus lepideus* Fr., *Trametes serialis* Fr., *Polistictus abietinus* Fr., i *Paxillus acheruntius* Schröt.

1. WARUNKI KLIMATYCZNE W TUNELU METRO

Badania były prowadzone głównie w odcinku doświadczalnym metro położonym przy szybie „Dworzec Gdański" oraz częściowo przy szybach „Plac Teatralny", „Dworzec Wileński" i „Targówek". Chodniki te położone są na głębokości od 40 do 60 m poniżej poziomu terenu. Obudowa ich była wykonana w latach 1952 do 1953, z betonu żwirowego na cemencie portlandzkim, bez dodatku środków uszczelniających. Beton był układany na deskowaniu z nieimpregnowanych desek sosnowych grubości około 5 cm. Deskowanie zewnętrzne od strony gruntu z przyczyn technicznych nie mogło być usunięte i pozostało na stałe pomiędzy silnie zawilgoconym gruntem a ścianą betonową (rys. 1). Grubość ściany betonowej wynosiła 35—40 cm. Na dnie chodników przebiegało torowisko kolejki zbudowane z podkładów drewnianych nieimpregnowanych oraz szyn. Pomiędzy podkładami ułożono w niektórych miejscach pomosty z desek w celu ułatwienia ruchu pieszego. Dno chodników w większości przypadków było zalane wodą, która pokrywała częściowo lub całkowicie podkłady kolejki i pomosty, sięgając gdzieniegdzie w okresie prowadzenia badań do wysokości 50 cm.

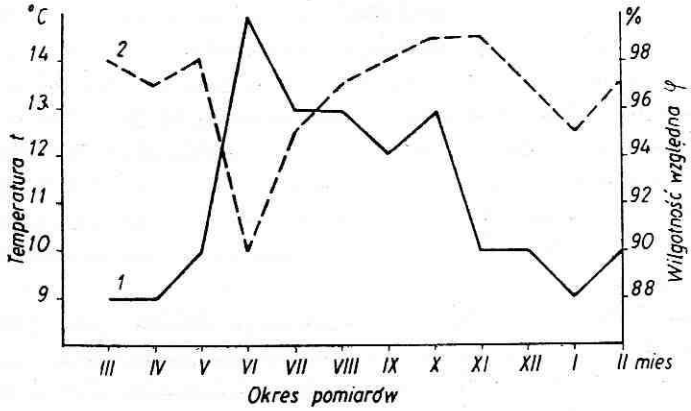


Rys. 1. Przekrój poprzeczny tunelu metro

Po okresie 3 do 4 lat od chwili wykonania chodników stwierdzono w nich obecność grzybów. Rozwijały się one w postaci grzybni, początkowo na resztkach drewna z odeskowania wewnętrznego, pozostawionych w kilku miejscach, później na betonie, tworząc niekiedy ogromnej wielkości płaty i skupienia, a także na elementach drewnianych nawierzchni kolejki.

W okresie od III. 1957 do II. 1958 przeprowadzono w chodniku odcinka „Dworzec Gdański" pomiary mikroklimatu. W odstępach około jednomiesięcznych dokonywano w jednym, stałym miejscu, położonym około 20 m od szybu, pomiarów temperatury i wilgotności względnej powietrza psychonometrem Augusta. Wyniki pomiarów przedstawia rys. 2. Jak widać, temperatura powietrza w chodniku w okresie badań wahała się od 9 do 15° C, wykazując wzrost w miesiącach letnich i spadek w miesiącach zimowych. Średnia temperatura roczna wynosiła 11,1° C. W tym samym czasie wilgotność względna powietrza wahała się w granicach

90 do 99%. Średnia roczna wilgotność powietrza wynosiła 96,6%. Nie biorąc pod uwagę pomiaru z czerwca można stwierdzić, że wilgotność panująca w chodniku nie wykazywała raczej zmian związanych z porą roku i utrzymywała się na bardzo wysokim poziomie. Tak wysoka wilgotność wydaje się zupełnie zrozumiała, jeśli weźmie się pod uwagę fakt, że cała prawie powierzchnia dna chodników wypełniona była wodą,



Rys. 2. Temperatura (1) i wilgotność względna powietrza (2) panująca w tunelu metro

która również sączyła się ze ścian. W okresie badań mikroklimatycznych pompy powietrzne do wentylacji chodników były uruchomione tylko jednorazowo w maju 1957, przez około 3 godz. Zabieg ten wpłynął wyraźnie na gwałtowne podwyższenie temperatury i spadek wilgotności względnej powietrza, mierzonych w następnym dniu po przewietrzeniu (1 czerwca). Przypuszcza się, że zaobserwowane zmiany były bardzo krótkotrwałe, o czym świadczy również wynik pomiarów w lipcu, nie odbiegający od przeciętnych. W pozostałym okresie chodniki pozbawione były jakiejkolwiek wentylacji, poza niewielką, naturalną wymianą powietrza przez szyb. Światło dzienne nie dochodziło do chodników, panowała w nich całkowita ciemność, rozpraszana światłem lamp elektrycznych tylko w okresie uruchamiania pomp wodnych, tj. co drugi dzień przez około 2 godzin.

2. CHARAKTERYSTYKA ROZWOJU GRZYBÓW W TUNELU METRO

Warunki panujące w tunelu metro w okresie badań okazały się bardzo dogodne dla rozwoju grzybów, mimo że odbiegały od warunków optymalnych. Przeprowadzone obserwacje wykazały, że rozwój grzybów rozpoczął się od deskowania zewnętrznego pozostawionego pomiędzy gruntem a ścianą betonową. Źródłem porażenia mogły być zarodniki znaj-

dujące się na powierzchni desek lub też niektóre elementy drewniane, zagrzybione jeszcze przed wbudowaniem. W początkowym okresie grzyby rozwijały się prawdopodobnie bardzo wolno z powodu braku tlenu, który tylko w ograniczonej ilości przechodzi przez ścianę betonową. Rozwijająca się grzybnia rosła przede wszystkim w kierunku wnętrza chodnika, gdyż tam znajdowała się dostateczna ilość powietrza. Po przerośnięciu przez stojącą na przeszkodzie ścianę betonową, grzybnia rozwinęła się bujnie na jej wewnętrznej powierzchni. Przerastanie przez mur miało miejsce w bardzo licznych punktach, zarówno za pomocą strzępek grzybni o zwykłej grubości około 10 μ, jak i sznurów grubości od 0,1 do 10 mm.

Specyficzne warunki środowiska spowodowały, że grzybnia powietrzna rozwijała się na wewnętrznej stronie ściany betonowej przekazując poprzez strzępki i sznury tlen dla grzybni rozwijającej się w pozbawionym dostatecznego dostępu powietrza odeskowaniu zewnętrznym, w zamian otrzymując substancje organiczne niezbędne do normalnych procesów życiowych.

Mechanizm tego interesującego zjawiska, jakim jest przerastanie grzybni przez mury betonowe, można wytłumaczyć wytwarzaniem i wydzielaniem do najbliższego otoczenia szeregu związków chemicznych stanowiących produkty przemiany materii. Związkami tymi są głównie woda, dwutlenek węgla oraz kwasy organiczne, jak cytrynowy, winowy, mlekowy, octowy, jabłkowy i inne. Ilość wspomnianych produktów powstających w procesie rozkładu drewna była przedmiotem nielicznych badań. Mez (6) mierzył ilość wody powstającej podczas wzrostu na trocinach grzyba *Merulius lacrymans* i stwierdził, że w okresie czterech tygodni kultura zamknięta w małej kolbie wytworzyła 20 g wody. Wyniki badań Meza potwierdził Miller (7). Obliczył on, że przy rozkładzie drewna przez grzybnię *Merulius lacrymans*, do chwili straty 50% ciężaru początkowego próbki, wytwarza się woda w ilości wynoszącej 139 l w przeliczeniu na 1 m^3 drewna. Ilość dwutlenku węgla wytwarzanego przez grzyby podczas procesu rozkładu drewna badali Lehmann i Scheible (5). Stwierdzili oni, że grzyb *Poria vaporaria* rozwijający się na sośnie wytwarzał do 134 mg dwutlenku węgla na kg drewna w ciągu godziny; ilość na dobę wynosiła 1,97 g na kg drewna. Grzyb *Coniophora cerebella* rozwijający się na brzozie wydzielał natomiast do 227,5 mg dwutlenku węgla na kg i godzinę; ilość na dobę wyniosła 3,35 kg. Zycha (13) badał produkcję dwutlenku węgla przez grzyby *Coniophora cerebella* i *Fomes annosus* rozwijające się na pożywce agarowej i obliczył, że pierwszy z nich wytwarzał 1 do 2 cm^3, a drugi 2 do 3 cm^3 na 1 g suchej grzybni, przy czym ilość ta była zależna od wieku kultury.

Na temat ilości kwasów organicznych wydzielanych przez grzyby brak dokładnych danych. Birkinshaw i współpracownicy (1) podają, że *Coniophora cerebella* rosnąca na bielu sosny pospolitej wytwarza znaczne ilości kwasu cytrynowego. Kwasem organicznym, najczęściej wytwa-

rzanym przez grzyby niszczące drewno jest prawdopodobnie kwas szczawiowy. Na strzępkach tych grzybów hodowanych w czystych kulturach bardzo często można znaleźć kryształki szczawianu wapnia. Jaczewski (4) oraz Foster (2) podają szereg przykładów wytwarzania kwasów cytrynowego, rycynowego, szczawiowego, jabłkowego oraz różnych kwasów aromatycznych przez grzyby *Coniophora cerebella, Polyporus, Lenzites, Paxillus, Merulius* i inne. W wyniku powstawania kwasów organicznych wewnątrz strzępek grzybni oraz wydzielania ich na zewnątrz, substancja komórkowa oraz wydalany płyn mają odczyn kwaśny. Jak wykazały badania Ważnego (12), pH substancji komórkowej 2-tygodniowej grzybni ważniejszych grzybów niszczących drewno hodowanych w jednakowych warunkach waha się od 3,4 do 5,2. Wartość ta zmienia się w zależności od różnych czynników, jak szczep grzyba, okres i temperatura wzrostu, gatunek drewna i in. Z wiekiem grzybni pH substancji komórkowej i podłoża, na którym grzyb rośnie, znacznie się obniża. Na przykład dla *Poria vaporaria* w początkowym okresie wzrostu pH substancji komórkowej wynosiło 4, a podłoża 5,8; po 60 zaś dniach odpowiednio 3 i 2. Badania przeprowadzone znacznie wcześniej przez Birkinshaw, Findlay i Webb (1) wykazały również, że *Merulius lacrymans* i *Coniophora cerebella* dzięki wydzielanym przez siebie kwasom mogą zmienić pH roztworu słodowego z początkowej wartości 6,8 do 2.

Przerastanie grzybni i sznurów przez mur betonowy mogło nastąpić właśnie dzięki podanym substancjom, wydzielanym przez grzyby. Beton po normalnym procesie dojrzewania i twardnienia zawiera, w szczególności w zewnętrznych warstwach, węglan wapnia ($Ca\,CO_3$), powstający w wyniku karbonizacji wolnego wapnia znajdującego się w cemencie. Węglan wapnia jest praktycznie nierozpuszczalny w wodzie. Dwutlenek węgla i woda wydzielane przez strzępki grzybni działają na przylegający do niej mur i powodują przejście nierozpuszczalnego w wodzie węglanu wapnia w kwaśny węglan wapnia, który jest związkiem rozpuszczalnym w wodzie, a więc łatwo wymywalnym. W związku z tym, przy stale przenikającej wodzie z gruntu, w miejscach zetknięcia grzybni z murem nastąpiło wymycie wapnia. Tym samym wiązania ziarenek piasku i żwiru w betonie rozluźniły się; nastąpiło zjawisko korozji betonu, a miejsca skorodowane stały się drogą dla dalszego przerastania grzybni i sznurów.

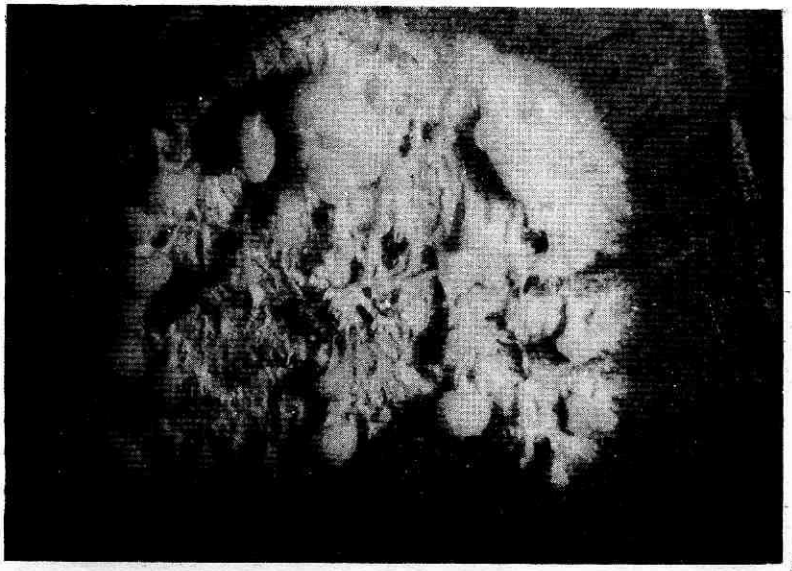
Obok kwasu węglowego działanie korodujące mogły przejawiać i inne wspomniane kwasy organiczne, wydzielane przez grzybnię. Kwasowość cieczy wyciśniętej ze świeżej grzybni pobranej z chodnika doświadczalnego wynosiła: dla grzybni *Poria Vaillantii* — 1,9 i dla grzybni *Merulius lacrymans* — 2,8. Analiza miareczkowa cieczy z grzybni *Poria Vaillantii* wykazała, że na zneutralizowanie 100 ml tej cieczy zużyto 203 ml 0,1 n ługu sodowego (NaOH), a zatem kwasowość tej cieczy jest w przybliżeniu równa 0,5 n kwasowi solnemu (HCl). Odpowiada to około 7,4 g stężonego

kwasu rozpuszczonego w 1 l wody. Tak duża kwasowość działa korodująco na każdy rodzaj betonu. Jak z powyższego wynika, grzybnia przerastając przez mur betonowy w chodnikach metro powodowała niewątpliwie obniżenie jego wytrzymałości. Zagadnienie to jest przedmiotem oddzielnego opracowania.

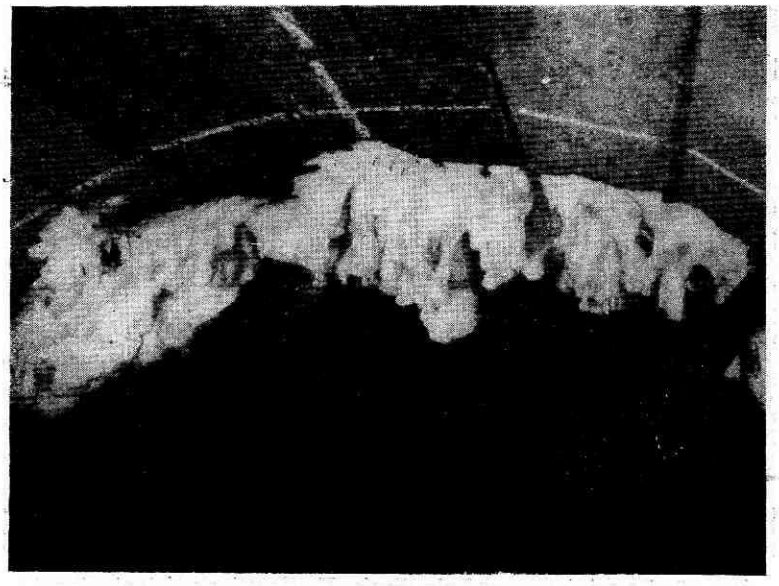
3. GRZYBY WYSTĘPUJĄCE W TUNELU METRO

W badanych tunelach metro stwierdzono występowanie kilku gatunków grzybów. Ze względu na brak w większości przypadków owocników oraz odbiegający od zwykłych warunków charakter wzrostu, oznaczenie gatunków było w dużym stopniu utrudnione. Obok metody makro- i mikroskopowej stosowano również metodę czystych kultur. W wyniku zastosowania tych metod oznaczono następujące gatunki grzybów: *Poria Vaillantii* (DC. ex Fr.) Sacc., *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr. forma *domesticus* Falck i forma *silvester* Falck, *Coniophora cerebella* Pers., *Corticium laeve* Pers., *Corticium byssinum* (Karst.) Mass. oraz *Pheniophora setigera* (Fr.) H. et L. Gatunkiem dominującym był *Poria Vaillantii*. Jego grzybnia rozwijała się bardzo bujnie na ścianach tunelu, tworząc niekiedy na powierzchni kilku metrów kwadratowych gęste powłoki koloru śnieżnobiałego o charakterystycznym rysunku przypominającym kwiaty mrozowe na szybach, a przede wszystkim różnych rozmiarów płaty, zwisające na kształt stalaktytów. Rdzeniem tych płatów był zazwyczaj jeden lub kilka sznurów, wokół których rozwinęła się watowata puszysta grzybnia, znacznie bujniejsza na końcu niż u nasady. Długość płatów wiszących dochodziła niekiedy do 1,5 m. Tego rodzaju formę wzrostu Poria Vaillantii spotyka się w wilgotnych kopalniach, w nieużywanych chodnikach wentylacyjnych itp. W budynkach biały grzyb domowy takie formy wytwarza bardzo rzadko.

Na ścianach tunelu rozwinął się również *Merulius lacrymans* w formach *domesticus* i *silvestris*. Rozprzestrzenienie jego było jednak znacznie mniejsze niż *Poria Vaillantii*. Grzybnię *Merulius lacrymans* f. *domesticus* znaleziono w kilku miejscach. Tworzyła ona grube puszyste płaty w formie watowatych poduszek o średnicy dochodzącej niekiedy do 0,5 m i grubości dochodzącej do około 40 cm; nie tworzyły one jednak nigdy takich wisiorów jak *Poria*. Grzybnia nie rozrastała się również po powierzchni muru i nie tworzyła sznurów, poza tymi tylko, które przerosły przez ścianę i utrzymywały kontakt z drewnem odeskowania zewnętrznego. Należy przypuszczać, że wilgotność podłoża była za wysoka w stosunku do wymagań tego grzyba, który jak wiadomo należy do gatunków rozwijających się przy niższych wilgotnościach podłoża niż *Poria*. Kolor grzybni *Merulius lacrymans* f. *domesticus* rozwijającej się w tunelu był biały; charakterystyczne dla tego gatunku żółte plamy wy-

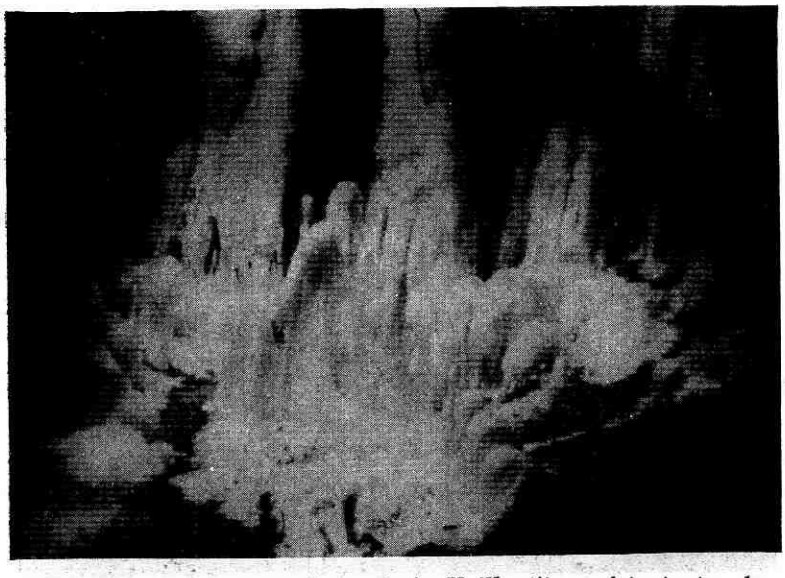


Rys. 3. Grzybnia *Poria Vaillantii* w początkowym okresie rozwoju na ścianie tunelu metro



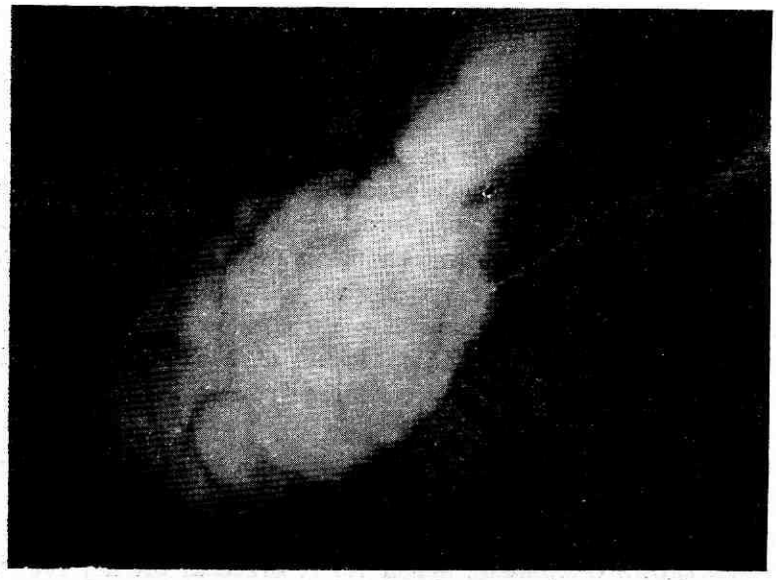
Rys. 4. Grzybnia *Poria Vaillantii* w początkowym okresie rozwoju na suficie tunelu metro

Rys. 5. Rozwinięta grzybnia *Poria Vaillantii* na ścianie tunelu



Rys. 6. Rozwinięta grzybnia *Poria Vaillantii* na ścianie tunelu

Rys. 7. Rozwinięta grzybnia *Poria Vaillantii* na ścianie tunelu



Rys. 8. Grzybnia *Merulius lacrymans* na ścianie tunelu

Rys. 9. Grzybnia i sznury *Coniophora cerebella* na pomoście torowiska kolejki w tunelu metro

stąpiły dopiero po przeszczepieniu go w laboratorium na pożywkę agarową. Podobny charakter wzrostu przejawiał *Merulius lacrymans* f. *silvestris*, znaleziony w dwóch miejscach. Wzrost tego grzyba był nieco słabszy, płaty cieńsze, ale za to bardziej gęste i zbite. Po przeszczepieniu na pożywkę agarową nie stwierdzono występowania żółtych plam. Nawet po wystawieniu na bezpośrednie działanie światła, grzybnia zachowała swój biały kolor.

Pozostałe gatunki grzybów rozwijały się wyłącznie na drewnie podkładów kolejki lub na resztkach odeskowania wewnętrznego, nie przerzucając się na ściany betonowe. Wzrost ich miał charakter podobny jak spotykamy na drewnie w warunkach naziemnych. Występujący w kilku miejscach grzyb *Coniophora cerebella* w jednym tylko przypadku wytworzył typowy owocnik, jednak bez zarodników, prawdopodobnie ze względu na brak światła. *Corticium laeve*, *C. byssinum* i *Pheniophora setigara* występowały sporadycznie, tworząc również owocniki.

W celu wyjaśnienia, czy forma wzrostu grzybów *Poria Vaillantii* i *Merulius lacrymans*, odmienna od występującej w warunkach naziemnych, ma charakter stały i trwały, grzybnię obu gatunków pochodzącą z chodnika doświadczalnego zaszczepiono w probówkach na pożywkę agarowobrzeczkową o składzie: agaru 7,5 g, brzeczki piwnej 150 g, wody destylowanej 350 g i przechowywano przez jeden miesiąc w laboratorium. Jednocześnie zaszczepiono grzybnię tych samych gatunków z kolekcji czystych kultur, pochodzącą z budynków na terenie kraju i przez jeden miesiąc przechowywano w tunelu metro. Po tym okresie oba ro-

dzaje grzybni przeszczepiono powtórnie do płytek Petriego. Połowę naczyń umieszczono w tunelu, pozostałe w termostacie w laboratorium. W ten sposób zarówno w tunelu, jak i laboratorium znajdowało się po 3 płytki: a) z grzybnią *Poria Vaillantii* z metro, b) z grzybnią *Poria Vaillantii* z czystych kultur, c) z grzybnią *Merulius lacrymans* f. *domesticus* z metro i d) z grzybnią *Merulius lacrymans* f. *domesticus* z czystych kultur. Po pięciu dniach przeprowadzono obserwacje nad charakterem wzrostu grzybni i pomiary jej przyrostu. Warunki doświadczenia i wyniki pomiarów przedstawione są w tabeli 1 i 2. Jak widać, grzybnia

Tabela 1

Przyrost grzybni *Poria Vaillantii* **w warunkach tunelu i laboratorium**

Miejsce przechowywania grzybni i jej pochodzenie	Temp. w °C	Wilgotność względna powietrza w %	Średnica początkowa w mm	Średnica końcowa w mm	Średni przyrost dobowy w mm
Tunel					
Metro	15	98	3	55	11,6
Czysta kultura	15	98	3	43	9,2
Laboratorium					
Metro	20	60	2	36	6,8
Czysta kultura	20	60	3	34	6,4

Tabela 2

Przyrost grzybni *Merulius lacrymans* **w warunkach tunelu i laboratorium**

Miejsce przechowywania grzybni i jej pochodzenia	Temp. w °C	Wilgotność względna powietrza w %	Średnica początkowa w mm	Średnica końcowa w mm	Średni przyrost dobowy w mm
Tunel					
Metro	15	98	4	110,0	10,6
Czysta kultura	15	98	3	103,0	10,0
Laboratorium					
Metro	20	60	4	71,0	6,7
Czysta kultura	20	60	4	59,0	5,5

obu gatunków pochodząca z tunelu i grzybnia z czystych kultur po pewnym okresie przystosowawczym, wykazują niewielkie różnice w szybkości przyrostu oraz w charakterze wzrostu. Duże różnice stwierdzono natomiast pomiędzy grzybniami hodowanymi w warunkach tunelu a hodowanymi w laboratorium bez względu na ich pochodzenie. Różnica średniej szybkości przyrostu dochodziła prawie do 100%. Grzybnia w tunelu rozwijała się niezwykle bujnie, wypełniając płytki na całą ich wysokość. Ta sama grzybnia hodowana w laboratorium w warunkach znacznie różniących się od warunków tunelu miała nie tylko mniejsze przyrosty, ale także wzrost jej był płaski, strzępki układały się na powierzchni pożywki, nie rozwijając się zupełnie w kierunku pionowym.

Na podstawie więc przytoczonego doświadczenia można stwierdzić, że niezwykle bujny wzrost grzybni *Poria Vaillantii* i *Merulius lacrymans* w tunelu metro był spowodowany specyficznymi warunkami panującymi w chodnikach i nie miał charakteru stałej cechy tych szczepów. Biorąc pod uwagę, że rozwój grzybów zachodził w warunkach cieplnych odbiegających znacznie od optymalnych dla tych grzybów, przypuszcza się, że o szybkości przyrostu i obfitości wytwarzanej grzybni decydowała w głównej mierze wilgotność powietrza dochodząca do 98%. W tych warunkach wilgotnościowych wpływ temperatury miał prawdopodobnie znaczenie drugorzędne. W literaturze naukowej (3) można spotkać opis rasy fizjologicznej grzyba *Merulius lacrymans* zdolnej do rozwijania się w niższych temperaturach niż grzybnia normalna. Optymalna temperatura dla tej rasy wynosiła 15 do 18°. Z przeprowadzonych badań nad grzybami z tunelu metro wynika, że nie miał tu miejsca tego rodzaju przypadek wystąpienia rasy fizjologicznej.

4. DOŚWIADCZENIA NAD ZWALCZANIEM GRZYBÓW W TUNELU METRO

Do doświadczeń nad zwalczaniem grzybów w tunelu metro wybrano płaszczyznę muru pokrytą gęstą powłoką grzybni *Poria Vaillantii*. Płaszczyznę tę podzielono na 4 części o powierzchni około 0,5 m^2 każda. Wilgotność muru pod grzybnię wynosiła około 18%. Jedną z części środkowych płaszczyzny (pow. nr 2) pozostawiono jako kontrolną w stanie niezmienionym. Na pozostałych częściach przeprowadzono wstępne zabiegi odgrzybieniowe. W tym celu powierzchnię muru oczyszczono z powłoki grzybni, a następnie za pomocą drucianej szczotki usunięto skruszałą powierzchnię oraz resztki strzępek. Jedną z tych powierzchni (pow. nr 3) pozostawiono w tym stanie jako porównawczą, dwie pozostałe nasycono grzybobójczymi preparatami chemicznymi. Preparaty grzybobójcze nanoszone przez trzykrotne smarowanie pędzlem włosiennym. Jedną powierzchnię (pow. nr 1) nasycono preparatem Fungomur w 15-procentowym roztworze wodnym (preparat solowy oparty na fluorokrzemianie cynku). Druga powierzchnia (pow. nr 4) została nasycona preparatem Tetra 3 (preparat olejowy oparty na α — chloronaftalenie). Obserwacje powierzchni doświadczalnych prowadzono w odstępach jednomiesięcznych, przez okres 8 miesięcy. Wyniki przedstawione są w tabeli 3. Stwierdzono, że na powierzchniach nr 1 i 4 nasyconych preparatami grzybobójczymi grzybnia nie pojawiała się przez okres około 2 miesięcy. W tym czasie na powierzchni porównawczej (nr 3) po krótkim okresie zahamowania w partiach zewnętrznych rozpoczął się wzrost grzybni, a także w szeregu punktach zaczęły powstawać jej kępki. Po 3 miesiącach grzybnia pokryła całą powierzchnię. Na powierzchni nr 1

Tabela 3

Skuteczność działania środków grzybobójczych w tunelu metro (grzyb *Poria Vaillantii*)

Powierzchnia	Ilość preparatu w kg/m²	Rozwój grzybni po miesiącach							
		IX	X	XI	XII	I	II	III	IV
Fungomur	6,7	—	—	+	++	++	++	++	++
Kontrolna	—	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Porównawcza	—	+	++	++	+++	+++	+++	+++	+++
Tetra 3	4,9	—	—	—	—	—	—	—	—

Uwaga:
— nie rośnie
\+ wzrost na krawędzi
++ wzrost na części powierzchni
+++ wzrost na całej powierzchni

(Fungomur) grzybnia początkowo zamarła, ale po około 4 miesiącach zaczęły również pojawiać się na niej niewielkie kępki o kolorze żółtawym i zdeformowanym kształcie. W szóstym miesiącu obserwacji grzybnia w wielu miejscach przybrała normalny kolor i kształt, zajmując ogólnie około 20% powierzchni próbnej nr 1. Na powierzchni nr 4 (Tetra 3) grzybnia zamarła całkowicie, a także dało się zauważyć oddziaływanie preparatu na otaczającą powierzchnię. W okresie 8 miesięcy nie zauważono żadnych oznak reaktywowania się grzybni na tej powierzchni. Powierzchnia kontrolna (nr 2) przez cały okres badań pokryta była powłoką grzybni o normalnym wyglądzie.

Przeprowadzone badania pozwalają stwierdzić, że preparat Fungomur mimo dużej toksyczności i dobrych innych własności nie dał zadowalających wyników. Przyczyną tego była woda, która stale, a więc i przez okres badań, przesączała się z gruntu przez mur. Ten stały jednokierunkowy przepływ wody musiał powodować wymywanie Fungomuru wprowadzonego w roztworze wodnym.

Wnikanie preparatu olejowego Tetra 3 w mur było utrudnione ze względu na jego wilgotność i przepływ wody. Mimo to jednak dzięki nierozpuszczalności w wodzie utrzymał się on dłużej na powierzchni muru, zabezpieczając go skutecznie przed rozwojem grzybni. Należy się jednak liczyć z tym, że przy tak niekorzystnych warunkach wilgotnościowych, po dłuższym okresie czasu i ten preparat zostanie wymyty, a tym samym przestanie chronić mur przed rozwojem grzybni.

Można przypuszczać, że wobec ograniczonej ilości drewna, które tworzy odeskowanie zewnętrzne, stanowiące źródło pożywienia dla grzybów, rozwój ich zostanie po pewnym, trudnym do określenia czasie zahamowany, a następnie całkowicie przerwany, niezależnie od zabiegów chemicznych.

5. PODSUMOWANIE WYNIKÓW

W tunelu odcinka doświadczalnego metro w Warszawie stwierdzono występowanie w dużej ilości następujących grzybów: *Poria Vaillantii* (DC. ex Fr.) Sacc., *Merulius lacrymans* (Wulf) Fr. f. *domesticus* Falck, *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr. f. *silvester* Falck oraz sporadycznie *Coniophora cerebella* Pers., *Corticium laeve* Pers., *Corticium byssinum* (Karst.) Mass. i *Pheniophora setigera* (Fr.) H. et L.

W okresie badań w tunelu panowała temperatura 9 do 15° C (średnio 11,1° C) oraz wilgotność względna powietrza 90 do 99% (średnio 96,6%). W tych warunkach *Poria Vaillantii* i obie formy *Merulius lacrymans* rozwinęły się silnie na obudowie betonowej tunelu czerpiąc pożywienie z pozostawionego pomiędzy gruntem a murem odeskowania zewnętrznego. Przerastanie przez mur zachodziło prawdopodobnie dzięki korozji muru powodowanej wydzielanymi przez strzępki grzybni kwasem węglowym i różnymi kwasami organicznymi. Pozostałe grzyby rozwijały się sporadycznie na drewnianych elementach nawierzchni kolejki oraz nielicznych resztkach odeskowania wewnętrznego.

Przeprowadzone doświadczenie wykazało, że odbiegająca od normalnej bujna forma wzrostu grzybów *Poria Vaillantii* i *Merulius lacrymans* spowodowana była specyficznymi warunkami panującymi w tunelu, głównie bardzo wysoką wilgotnością względną powietrza przy stosunkowo niskiej temperaturze. Taka forma wzrostu tych grzybów nie była ich cechą stałą. Grzybnia w tunelu w warunkach laboratorium zachowywała się podobnie jak grzybnia ze szczepów wzorcowych. Również grzybnia szczepów wzorcowych po przeniesieniu do tunelu, po pewnym czasie przybrała formę wzrostu podobną do grzybni z tunelu. W związku z powyższym przypuszcza się, że o obfitości rozwoju grzybni powierzchniowej w tunelu decydowała głównie wilgotność powietrza, gdy tymczasem temperatura wywierała mniejszy wpływ.

Przeprowadzono również próby nad zwalczaniem grzyba *Poria Vaillantii* na obudowie betonowej tunelu stosując dwa środki grzybobójcze: Fungomur i Tetra 3. Stwierdzono, że preparat solowy Fungomur stosowany w roztworze wodnym jest mało skuteczny, gdyż jest szybko wymywany przez stale sączącą się przez mur wodę. Skuteczny natomiast przez 8 miesięcy okazał się preparat olejowy Tetra 3, chociaż przewiduje się również, że po pewnym czasie i on zostanie wymyty.

Z Zakładu Fitopatologii Leśnej i Konserwacji 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. Foster J. W.: Chemical activities of fungi. New Jork 1949.

3. Gäumann E.: Über die Temperaturansprüche des Hausschwammes. „Zbl. Bakt." 1940; 2.

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

5. Lehmann K. B., Scheible E.: Quantitative Untersuchungen über Holzzerstörung durch Pilze. „Arch. Hyg. Berl." 1923; 92 (R. A. M. 1924; 3).

6. Mez C.: Der Hausschwamm und die übrigen holzzerstörenden Pilze der menschlichen Wohnungen. Dresden 1908.

7. Miller W. W.: Woprosy biologii i diagnostiki domowych gribow. Moskwa—Leningrad 1932.

8. Moesz G. v.: Die Pilze der Bergwerke und Höhlen in Ungarn. „Bot. Közt." 1941; 38 (R. A. M. 1911; 20).

9. Pearson R. S.: Report of the Director of Forest Products. Research for the period October 1928 to 31 st December 1929. 1930 (R. A. M. 1931; 10).

10. Pilát A.: The mycoflora of the mines of Přibram. „Sbornik Cs. Akad. Zem." 1927; 2.

11. Sauce W. de la: Bergbau. Malcke — Troschel — Liese; Handbuch der Holzkonservierung. Berlin 1950.

12. Ważny J.: Badania nad wartością pH grzybni niektórych grzybów niszczących drewno. „Act. Soc. Bot. Pol." 1960; 2.

13. Zycha H.: Über das Wachstum zweier holzzerstörender Pilze und ihr Verhältnis zur Kohlensäure. „Zbl. Bakt." 1937; 97.

14. Zyska B.: Stan i perspektywy impregnacji drewna w polskim przemyśle węglowym. „Sylwan" 1960; 4.

ПОЯВЛЕНИЕ ДЕРЕВОРАЗРУШАЮЩИХ ГРИБОВ В ОПЫТНОМ ТОННЕЛЕ МЕТРО В ВАРШАВЕ

Краткое содержание

Исследования проведенные в тоннеле опытного участка метро в Варшаве доказали появление большего количества дереворазрушающих грибов: *Poria Vaillantii* (DC. ex Fr.) Sacc., *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr. *f. domesticus* Falck, *Merulius lacrimans* (Wulf.) Fr. *f. silvester* Falck, а также спорадически *Coniophora cerebella* Pers., *Corticium laeve* Pers., *Corticium byssinum* (Karst.) Mass. и *Pheniophora setigera* (Fries) H. et L.

В периоде исследований в тоннеле была температура 9 до 15° C (в среднем 11,1° C), а относительная влажность воздуха 90 до 99% (в среднем 96,6%). В этих условиях *Poria Vaillantii* и обе формы *Merulius lacrymans* сильно развились на бетонной крепи тоннеля, питаясь оставленными между грунтом и стеной наружными досками. Проникание через стену происходило вероятно благодаря коррозии стены вызванной выделяемой гифами мицелия углевой кислотой и другими органическими кислотами. Остальные грибы развивались спорадически на деревянных

элементах полотна метро, а также на незначительных остатках внутренних досок.

Проведенные опыты показали, что буйная форма роста грибов *Poria Vaillantii* и *Merulius lacrymans*, отличающаяся от нормальной, была вызвана специфическими условиями господствующими в тоннеле, главным образом очень высокой относительной влажностью воздуха, при сравнительно низкой температуре. Такая форма роста этих грибов не являлась их постоянным признаком. В лабораторных условиях мицелий из тоннеля вел себя подобным образом как и мицелий из стандартных штаммов. Мицелий стандартных штаммов, после помещения его в тоннеле, некоторые время спустя, принял форму роста сходную с мицелием из тоннеля. В связи с этим, предполагается, что об обилии развития поверхностного мицелия решает главным образом влажность воздуха, в то время как температура оказывает меньшее влияние. Проведено также попытки борьбы с грибом *Poria Vaillantii* на бетонной крепи тоннеля Констатировано, что солевый ядохимикат „Fungomur", применяемый в водном растворе, является мало эффективным, так как сильно вымывается водой постоянно просачивающейся через стену. Эффективным зато оказался в течение 8 месяцев масляной ядохимикат Тетра 3, хотя следует ожидать, что и он будет смыт водой после некоторого времени.

ZUM AUFTRETEN HOLZZERSTÖRENDER PILZE IM VERSUCHSTUNNEL DER UNTERGRUNDBAHN IN WARSZAWA

Zusammenfassung

Untersuchungen über das Auftreten holzzerstörender Pilze in einem Versuchsabschnitt des Tunnels der Untergrundbahn in Warszawa haben das Auftreten folgender Pilze nachgewiesen: *Poria Vaillantii* (DC. ex Fr.) Sacc., *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr. f. *domesticus* Falck, *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr. f. *silvester* Falck. Vereinzelt kamen folgende Pilze vor: *Coniophora cerebella* Pers., *Corticium laeve* Pers., *Corticium byssinum* (Karst.) Mass. und *Pheniophora setigera* (Fr.) H. et L.

In der Untersuchungsperiode herrschte im Tunnel eine Temperatur von 9 bis 15° C (im Mittel 11,1° C) und relative Luftfeuchtigkeit von 90 bis 99% (im Mittel 96,6%). In diesen Bedingungen entwickelten sich *Poria Vaillantii* und die beiden Formen von *Merulius lacrymans* stark auf den Betonmauern des Tunnels, wobei sie die Nahrung von der zwischen dem Grund und der Mauer gelassenen Aussenverschalung bezogen. Das Durchwachsen durch die Mauer erfolgte wahrscheinlich infolge einer Korrosion der Mauer, die durch Kohlensäure und andere organische Säuren, die Pilzhyphen ausscheiden, verursacht war. Die

übrigen Pilze wuchsen vereinzelt auf Holzteilen des Oberbaues der Kleinbahn und auf wenigen Resten der inneren Verschalung.

Durchgeführte Untersuchung hat erwiesen, dass die abnorm üppige Wuchsform von Pilzen *Poria Vaillantii* und *Merulius lacrymans* durch die spezifischen im Tunnel vorhandenen Bedingungen verursacht war, hauptsächlich durch hohe relative Luftfeuchtigkeit bei verhältnismässig niedriger Temperatur. Solche Wuchsform dieser Pilze war nicht ihre stetige Eigenschaft. Das Myzel vom Tunnel entwickelte sich in Laborbedingungen ähnlich wie das Myzel von Standardstämmen. Eingebracht in den Tunnel wuchs das Myzel von Standardstämmen nach einer Zeit auch in ähnlicher Form wie das Myzel vom Tunnel. Im Zusammenhang damit vermutet man, dass über die Üppigkeit des oberflächlichen Myzels im Tunnel hauptsächlich die Luftfeuchtigkeit entschied, während die Temperatur kleineren Einfluss ausübte.

Man hat auch Versuche zur Bekämpfung von *Poria Vaillantii* auf den Betonmauern im Tunnel vorgenommen.

In Wasserlösung verwendetes, salzartiges Präparat „Fungomur" erwies sich wenig wirksam, weil es stark durch das stets durch die Mauer sickernde Wasser ausgewaschen wurde. Wirksam erwies sich dagegen während einer 8 Monate langen Periode ein Ölpräparat „Tetra 3". Man vermutet jedoch, dass auch dieses Mittel nach einer längeren Zeit ausgewaschen werden wird.