Cyto-chemiczne zmiany drewna sosnowego pod wpływem grzybów Poria vaporaria Fr., Poria Vaillantii (De Cand.) Fr. i Merulius lacrymans Fr.

Observations microscopiques sur l'influence des champignons Poria vaporaria Fr., Poria Vaillantii (De Cand.) Fr. et Merulius lacrymans Fr. sur le bois de Pin.

(Z Zakładu Anatomii i Cytologii Roślin Uniwersytetu Warszawskiego)

Ks. Józef Szuleta

Wstęp.

Grzyby niszczące drewno powodują w jego elementach składowych zmiany natury chemicznej. Skutkiem tych zmian jest rozpad wspomnianych elementów. Drewno roślin iglastych składa się przede wszystkim z cewek (tracheidy) o zgrubiałej i zdrewniałej błonie z pasemkami Sanio i jamkami lejkowatymi. Oprócz cewek stałymi składnikami drewna roślin iglastych są także komórki miękiszowe promieni rdzeniowych i kanałów żywicznych. Zarówno cewki jak i komórki miękiszowe są atakowane przez strzępki grzyba i odpowiednio niszczone.

Przedmiotem badania był wpływ grzybów *Poria vaporaria* Fr., *Poria Vaillantii* (De Cand.) Fr. i *Merulius lacrymans* Fr. na drewno sosnowe. Chodziło o stwierdzenie jak pod wpływem grzyba zmieniają się błony komórkowe poszczególnych składników drewna, a przede wszystkim cewek. W jakiej kolejności są atakowane i niszczone poszczególne pokłady błony komórkowej, jak są niszczone pasemka Sanio i jamki lejkowate. Czy i jakie są różnice w zniszczeniu spowodowanym w tych samych warunkach przez *Merulius* (znany z wielkiej siły niszczącej) i *Poria*, a zwłaszcza, czy wspomniane dwa gatunki (lub jak chcą inni— odmiany tego samego gatunku) rodzaju *Poria* różnią się w zniszczeniach przez siebie spowodowanych.

W literaturze zagadnienie niszczenia drewna przez grzyby było poruszane przeważnie w związku z konserwacją drewna lub systematyką grzybów niszczących drewno.

R. Hartig (6) w pracy o zniszczeniach występujących w drewnie dębowym i roślin iglastych oraz w swoim podręczniku o chorobach roślin z roku 1900 (5) podaje niektóre obrazy zniszczenia nie zajmując się nimi specjalnie.

J. Tuzson w roku 1905 (10) wymienia grzyby rosnące na podkładach bukowych. Podaje opisy tych grzybów i wymienia rodzaje zniszczeń jakie one powodują.

J. Schorstein (9) zwraca uwagę na niszczycielską rolę grzybów rosnących na podkładach kolejowych. Wymienia grzyby niszczące podkłady powierzchniowo i takie, które niszczą głębokie warstwy podkładów.

S. I. Wanin w roku 1927 (13), podając listę grzybów niszczących podkłady kolejowe w Rosji, wylicza również gatunki z rodziny *Polyporaceae, Agaricaceae* i *Thelephoraceae*. Tenże autor w swej Fitopatologii Leśnej z roku 1938 (14) podaje, między innymi, obrazy mikroskopowe i chemiczne zniszczeń spowodowanych przez grzyby (str. 160 i następne).

H. C. J. Gwynne-Vaughan i B. Barnes w pracy o budowie i rozwoju grzybów opisują także ważniejsze grzyby niszczące drewno i podają nieco szczegółów odnoszących się do charakteru tych zniszczeń (4 str. 14).

Grzyby niszczące drewno, a także spustoszenia przez nie wywołane opisywał w szeregu prac R. Falck (2, 3). Jemu to zawdzięczamy klasyfikację zniszczeń (zgnilizny) spowodowanych przez grzyby i wiele szczegółów związanych z morfologią i rozwojem tych grzybów.

Anna Wałek-Czernecka w pracy z roku 1933 (12 str. 179 i nast.) opisuje grzyby niszczące podkłady kolejowe w Polsce i ustala, które z pośród nich występują u nas najczęściej.

Do zmian w zgrubieniach wtórnych błony komórkowej, spowodowanych przez grzyby odnosi się praca I. W. Bailey i Mary R. Vestal z roku 1937 (1 str. 196 i nast.) ilustrująca zniszczenia występujące w postaci otworków, a spowodowane przez enzymy nieznanych bliżej grzybów.

Badania nad penetracją strzępek i zmianami cyto-chemicznymi w drewnie sosny, wywołanymi przez grzyby, prowadziłem w następujący sposób: w płaskich szklanych naczyńkach z szyjką, na agarze z dodatkiem brzeczki piwnej, szczepiłem grzyby określonych gatunków, pobrane z uprzednio wyhodowanych czystych kultur.

Drewno sosnowe z sosny pospolitej (*Pinus silvestris* L.) przygotowałem do badań w postaci klocków o wymiarach 6 × 2,5 × 4 cm. w przekroju podłużnym (styczny i promienisty) i poprzecznym.

Po pewnym czasie, gdy pożywka prawie się kończyła, klocki te, uprzednio trzykrotnie sterylizowane w aparacie Kocha, wkładałem do naczyniek z określonym grzybem, układając je obok siebie na już dobrze rozwiniętej grzybni, po dwa w każdym naczyńku: jeden z przekroju poprzecznego drugi z przekroju podłużnego.

Wkrótce grzybnia przerzucała się na klocki, które zostały w różny sposób przez strzępki poprzerastane i odpowiednio zniszczone. Po 3—4 miesiącach wyjmowałem klocki z naczyniek i wkładałem na 48 godzin do utrwalacza Nawaszyna, 70% alkoholu, lub 10% formaliny. Klocki utrwalone w płynie Nawaszyna płukałem przez 48 godzin w bieżącej wodzie i po przepuszczeniu przez alkohole, przechowywałem w 70% alkoholu z dodatkiem gliceryny lub w 10% formalinie. Utrwalone w 70% alkoholu lub 10% formalinie przechowywałem w tychże utrwalaczach. Oprócz tego materiału przygotowywałem materiał kontrolny: klocki tylko sterylizowane, bez poddawania ich działaniu grzybni, klocki niesterylizowane poddane działaniu grzybni oraz klocki zupełnie niesterylizowane i niepoddane działu grzybni. Materiał kontrolny utrwalałem i przechowywałem w takich samych warunkach jak poprzedni. Skrawki różnych grubości robiłem ręcznie przy pomocy brzytwy.

Barwienie, które tu jest nieodzowne, tak trzeba było wykonać, aby strzępki grzybów wyraźnie odcinały się barwą od błon komórkowych. Po różnych próbach przekonałem się, że tam gdzie chodzi o elementy zdrewniałe, doskonałe wyniki daje następująca metoda: elementy zdrewniałe barwić przy pomocy wodnego roztworu zieleni jodowej, a strzępki grzyba — przy pomocy czerwieni Kongo. Praktycznie robiłem to w ten sposób, że skrawki z wody wkładałem na 20 — 30 minut do wodnego, 1%-go roztworu zieleni jodowej, a z tej, po przepłukaniu w wodzie, do tzw. barwnika genewskiego (z chryzoidyną i czerwienią Kongo) na 3—6 godzin lub dłużej. Z barwnika genewskiego przenosiłem skrawki do wody i płukałem 1/2 godziny, a potem zatapiałem w żelatynie z gliceryną lub też, przepuściwszy przez alkohole i ksylen, w balsamie kanadyjskim.

Dla lepszego uwidocznienia przebiegu strzępek niektóre skrawki przed barwieniem wkładałem do acetonu lub eteru w celu usunięcia substancji tłuszczowych i żywic.

Przy zastosowaniu podanej metody barwienia elementy zdrewniałe barwią się na kolor słomkowo-zielony, elementy celulozowe i wewnętrz-

na zawartość strzępek grzyba — na kolor ciemno-czerwony. Strzępki grzyba zwykle barwią się nieco słabiej niż elementy celulozowe, więc łatwo je odróżnić. Przy tej metodzie barwienia otrzymujemy obraz kontrastowy z łatwo dającym się śledzić przebiegiem strzępek oraz, co ma duże znaczenie — trwały.

Mikro-reakcje na drewno, celulozę, substancje tłuszczowe, białkowe, pektynowe itp. robi'em przy pomocy znanych odczynników wymienianych przez H. Molisch'a (8) i O. Tunmann'a (11), na skrawkach robionych z klocka ręczną brzytwą po osuszeniu ich z wody i zachowaniu przepisów wymaganych przy danych reakcjach.

Ponieważ chodziło mi o prześledzenie przebiegu strzępek grzyba w drewnie i o rodzaj zniszczenia, jakiego one tam dokonują, więc skrawki robiłem z przekrojów poprzecznych i podłużnych (promienisty i styczny). Dało mi to możność dokładnego obserwowania błony komórkowej i strzępek grzyba w stosunku do różnych elementów tej błony, jak: błona pierwotna z substancją międzykomórkową, poszczególne pokłady błony, pasemka Sanio i jamki lejkowate.

Prof. Dr. Franciszkowi Ksaweremu Skupieńskiemu składam serdeczne podziękowanie za troskliwą pomoc. Jemu to zawdzięczam i materiał grzybowy i cenne wskazówki w czasie pracy, a przede wszystkim dużo serdecznej zachęty.

Pracę tę należy uważać za próbę, za wstęp do prac, które prawdopodobnie zbliżą nas do rozwiązania zagadnienia mechanizmu niszczenia drewna przez grzyby.

Mikrofotografie wykonałem przy pomocy kamery Leitz'a „Makam", rysunki — przy pomocy „Zeichenprisma" Zeiss'a.

O strzępkach i ich penetracji w drewnie.

Strzępki grzybów niszczących drewno przedostają się do elementów składowych tegoż drewna. W wypadku niszczenia drewna sosnowego strzępki przedostają się do cewek (tracheidy), komórek promieni rdzeniowych oraz komórek otaczających kanały żywiczne. Ani rozmiary, ani ogólny wygląd strzępek żyjących w drewnie nie ulegają zasadniczym zmianom. Przeciętna średnica strzępek *Poria Vaillantii* wynosi około 1,8 — 3,2 mikronów. Strzępki *Poria vaporaria* mają nieco większą średnicę, przeciętnie wynosi ona 2,2 — 4 mikronów.

Merulius lacrymans charakteryzuje się strzępkami cienkimi, bo mieszczącymi się w granicach 1,5 — 2,5 mikronów. Mam tu na myśli

jedynie strzępki niszczące drewno, a nie strzępki pełniące funkcje elementów przewodzących lub wzmacniających, mające znacznie większą średnicę.

Strzępki niszczące drewno charakteryzują się cienkimi błonami i drobnoziarnistą, lekko zwakuolizowaną zawartością wewnętrzną, u *Poria vaporaria* i *Poria Vaillantii* dobrze barwiącą się czerwienią Kongo. Zawartość strzępek *Merulius lacrymans* w tych samych warunkach barwi się słabiej.

Z budową i rozwojem strzępek związane są ciekawe utwory zwane medalionami, opisane po raz pierwszy przez Falck'a, który przypuszczał, że charakteryzują one tylko strzępki rodzaju *Lenzites*. Wałek-Czernecka (12 str. 179 i n.) zajmuje się tą sprawą szczegółowiej i dochodzi do wniosku, że „medaliony w grzybni wewnątrz drewna są zjawiskiem bardzo częstym, o ile nie powszechnym" (12 str. 208—209).

W warunkach robionych obserwacyj oba gatunki *Poria* wytwarzają bardzo liczne medaliony; *Merulius*, w tych warunkach, wytwarza ich mniej.

Jeśli chodzi o sposób powstawania medalionów to, na podstawie moich obserwacji, zgodnych z obserwacjami Wałek-Czerneckiej, można stwierdzić, że „wszystkie sposoby powstawania medalionów sprowadzają się do zjawiska zlewania się ze sobą strzępek grzybni — nigdy do rozszczepiania strzępki na określonym odcinku" (12 str. 210).

Jednym z często spotykanych typów są medaliony powstałe przez łączenie się rozwidleń dwóch różnych strzępek. Zakończenia dwóch różnych strzępek rozwidlają się i poszczególne rozwidlenia łączą się z sobą (Fig. 1). W tak powstałym obwodzie zamkniętym wewnątrz jest szczelina (s), mniej lub więcej szeroka. Miejsca złączeń poszczególnych końców (k) początkowo są widoczne, później jednak stają się niewi-

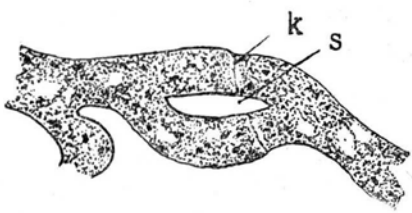


Fig. 1. *Poria Vaillantii*. Medalion; s - szczelina; k-miejsce połączenia rozwidleń . ca 2000 x.

doczne. Prawdopodobnie błony poszczególnych końców ulegają zanikowi, a zawartości wewnętrzne łączą się ze sobą. Taki typ medalionów spotyka się najczęściej. Fig. 2 przedstawia medalion tego typu u *Me-*

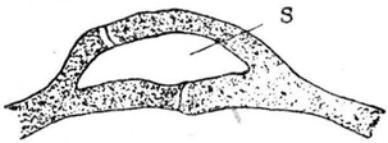


Fig. 2. *Merulius lacrymans*. Medalion; s-szczelina, ca 2000 x.

rulius. Szczelina (s), jest tu wyraźna, a zasadniczy pokrój jest taki sam. Nie zawsze jednak zakończenia strzępek rozwidlają się. Często jedno z zakończeń strzępki nieco grubieje (Fig. 3, g) drugie na-

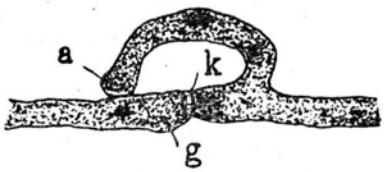


Fig. 3. *Merulius lacrymans*; Medalion; a-dłuższe ramię rozwidlenia g-koniec nierozwidlony; k-miejsce połączenia; ca 2000 x.

tomiast rozwidla się. Jedno z tych rozwidleń, wyrastając znacznie dłuższe (a), łączy się z nierozwidloną strzępką w punkcie nieco oddalonym od jej końca.

W innym wypadku mamy do czynienia z medalionami bardzo wydłużonymi (Fig. 4). Rozwidlenia (a) są znacznie wydłużone, a często posiadają jeszcze rozgałęzienia boczne (b, c).

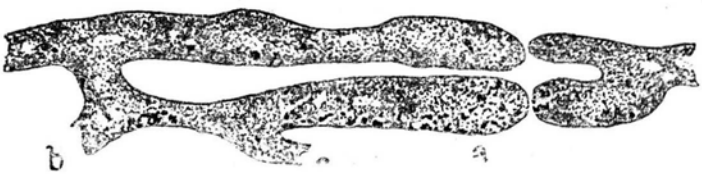


Fig. 4. *Poria Vaillantii*. Tworzący się medalion silnie wydłużony. Rozwidlenie (a) posiada rozgałęzienia (b, c); ca 2000 x.

Drugim typem, również często spotykanym, jest medalion powstały przez połączenie się rozgałęzienia bocznego ze strzępką główną.

Obraz takiego medalionu jest zupełnie podobny do Fig. 3 z tą tylko różnicą, że nie ma połączenia w punkcie k, gdyż całość stanowi jedną strzępkę z rozgałęzieniem jak Fig. 3, a.

Trzeci, mniej częsty typ, to medaliony powstające przez łączenie się szczytów dwóch rozgałęzień bocznych tej samej strzępki (12 str. 211 i 217).

Jaką rolę w życiu grzybni pełnią wspomniane medaliony — niewiadomo. W każdym bądź razie końce poszczególnych rozwidleń z całą dokładnością dążą do spotkania i połączenia się z sobą. Bardzo często spotykamy się ze zjawiskiem zbaczania poszczególnych, rozwidlonych lub zgrubiałych strzępek ze swej drogi (Fig. 5 a), aby się spotkać

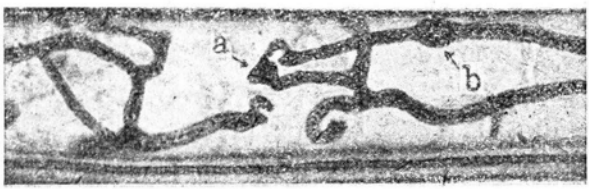


Fig. 5. *Paria Vaillantii.* Widoczne wygięcie strzępki (a) dla wytworzenia medalionu; b-wrzecionowate nabrzmienie-początek chlamydospory. ca 740x.

zinnymi rozwidleniami. Prawdopodobnie mamy tu do czynienia z jakimś bliżej niezbadanym działaniem na odległość. Badania cytofizjologiczne prawdopodobnie wyjaśnią nam rolę medalionów w życiu grzybów.

Dla ogólnej charakterystyki strzępek należy jeszcze wspomnieć chlamydospory. Najczęściej spotykałem je u *Poria vaporaria,* mniej często u *Poria Vaillantii,* a wogóle nie znalazłem u *Merulius lacrymans.* Początkiem chlamydospory jest miejscowe, wrzecionowate

Fig. 6. *Poria vaporaria.* Chlamydospory; a, b-widoczne cofnięcie się wewnętrznej zawartości strzępki; ca 2000x.

nabrzmienie strzępki i lekkie zagęszczenie jej ziarnistej treści (Fig. 5, b). Nabrzmienie to powiększa się, a równocześnie z dwóch jego stron tworzą się błony poprzeczne, które odcinają zawartość nabrzmienia od reszty strzępki. Wkrótce po wytworzeniu się błon poprzecznych wewnętrzna treść plazmatyczna cofa się ku wnętrzu komórki i zmniej-

sza się objętościowo. Na skutek tego cofnięcia się treści chlamydospora zostaje jakby odgrodzona od reszty strzępki wodnistą i bezziarnistą przestrzenią (Fig. 6(a, b). W wielu wypadkach wewnętrzna treść chlamydospory zdaje się być otoczona własną błoną jak endospora u bakterii (Fig. 7), odstającą ob błony należącej do strzępki. Kształt chlamydospor jest mniej więcej kulisty lub nieco owalny (Fig. 6 i 7).

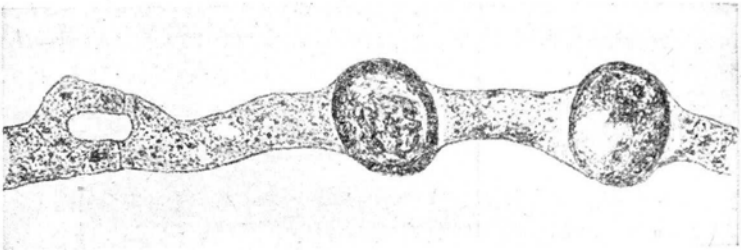


Fig. 7. *Poria vaporaria.* Chlamydospory; ca 2000x.

Strzępki z medalionami i chlamydosporami, rozwijające się w elementach drewna, tworzą zwykle silne i bardzo skomplikowane rozgałęzienia. Odnosi się to specjalnie do komórek promieni rdzeniowych oraz komórek o dużej średnicy t. j. cewek drewna wiosennego. Penetracja strzępek odbywa się przede wszystkim wzdłuż cewek i to przeważnie drewna wiosennego (Tabl. I, 1). W klockach o przekroju poprzecznym penetracja jest znacznie szybsza, gdyż odrazu strzępki te mogą zaatakować większą ilość cewek. Z jednej cewki do drugiej strzępki przedostają się przeważnie przez jamki lejkowate (Tabl. I, 2), przebijając zatyczkę (torus), jeśli przylega do otworu jamki lejkowatej (Tabl. I, 3 i 4) albo też, jeśli zatyczka znajduje się w położeniu centralnym, strzępka przebija cienką błonę pierwotną wraz z substancją międzykomórkową obok zatyczki.

W tym wypadku, zresztą jest to ogólna zasada, strzępki idą drogą najmniejszego oporu. Nie zawsze jednak tak jest, bo bardzo często, zwłaszcza strzępki należące do *Merulius,* przebijają zgrubiałą i zdrewniałą błonę komórkową. Zwykle jednak i w tych wypadkach strzępka atakuje miejsce w pewien sposób osłabione.

Przy takim przebijaniu się czy to przez torus, czy przez błonę, średnica strzępki nieco się zmniejsza (Fig. 12, d i Tabl. I, 4). Tak przynajmniej jest na początku przebijania się, dopóki otwór nie zostanie odpowiednio powiększony.

Nie wszystkie cewki są jednakowo atakowane. Do jednych strzępki przedostają się w większych ilościach i tam się rozgałęziają —

drugie natomiast są jakby omijane (Tabl. I, 5 i Tabl. II, 4). Zależy to prawdopodobnie od różnych ułatwień lub utrudnień, jakie strzępki na swej drodze spotykają, a także od ewentualnych substancji pokarmowych rozproszonych w małych ilościach w niektórych cewkach.

Z opanowanych cewek, zwykle przez jamki lejkowate, strzępki przedostają się dalej (Tabl. I, 6 a i 6 b) i atakują promienie rdzeniowe z zawartością substancji odżywczych, oraz wszelkie komórki o błonie niezdrewniałej np. komórki sąsiadujące z przewodami żywicznymi. W promieniach rdzeniowych przede wszystkim atakowane są komórki, zawierające materiały odżywcze (Tabl. II, 1, 3 i 4). W tych, oraz sąsiadujących z nimi komórkach, strzępki doskonale się rozwijają, tworząc całe kłębowiska stąd też rozchodzą się na wszystkie strony (Tabl. II, 1, 3 i 4), atakując i niszcząc cewki przylegające (Tabl. II, 3, 4).

Jeśli w pobliżu znajdują się inne promienie rdzeniowe, strzępki łatwo przedostają się z jednego promienia rdzeniowego do drugiego, wytwarzając po drodze całe sploty, obfitujące w medaliony i inne utwory związane z budową i życiem strzępek (Tabl. II, 4 i 5).

Promienie rdzeniowe są więc siedliskiem i punktem wyjścia dla grzybni w drewnie. Oprócz promieni rdzeniowych strzępki zwykle atakują i przewody żywiczne. Należy jednak podkreślić, że sama przestrzeń międzykomórkowa, do której jest wydzielana żywica, oraz komórki wydzielnicze (żywicorodne) na początku wyjątkowo tylko są atakowane. Atak strzępek jest skierowany na komórki o błonach niezdrewniałych, znajdujące się w pobliżu komórek wydzielniczych. Substancje żywiczne, przez pewien przynajmniej czas, są prawdopodobnie naturalną ochroną przed atakiem grzybni.

A więc droga strzępek prowadzi wzdłuż cewek i to przeważnie wiosennych, promieni rdzeniowych i przewodów żywicznych. Wzdłuż tych dróg przede wszystkim odbywa się niszczenie drewna.

Cyto-chemiczne zmiany drewna.

Grzybnia, żyjąc i rozwijając się w drewnie, początkowo korzysta z różnych materiałów odżywczych, znajdujących się w komórkach promieni rdzeniowych, komórkach otaczających przewody żywiczne oraz materiałów rozproszonych w niektórych cewkach, jako elementach w których pozostały pewne ilości łatwo przyswajalnych związków odżywczych.

Prawdopodobnie dopóki istnieje zapasowy materiał odżywczy i grzyby mogą z niego korzystać dopóty nie niszczą drewna lub niszczą

je minimalnie. Skoro jednak zabraknie materiałów odżywczych zaczyna się rozkład drewna i wykorzystywanie zdobytej tą drogą energii do dalszych procesów życiowych. Najprzód rozkładane są błony komórkowe z przewagą celulozy (komórki promieni rdzeniowych oraz komórki otaczające przewody żywiczne), a później dopiero zgrubiałe i zdrewniałe błony cewek.

Drewno niszczone przez grzyby odznacza się brunatno-żółtym lub brunatno-popielatym zabarwieniem, staje się lekkie, miękkie, zmniejsza się jego objętość oraz łatwo kruszy się na proszek. Skoro takie drewno wyschnie można w nim zauważyć liczne, prostopadłe do siebie, szczeliny — drewno rozpada się na kostki różnej wielkości. Szczeliny biegną zwykle wzdłuż cewek drewna wiosennego oraz, prostopadłych do nich, promieni rdzeniowych — prawdopodobnie dlatego następuje rozpad drewna na kostki.

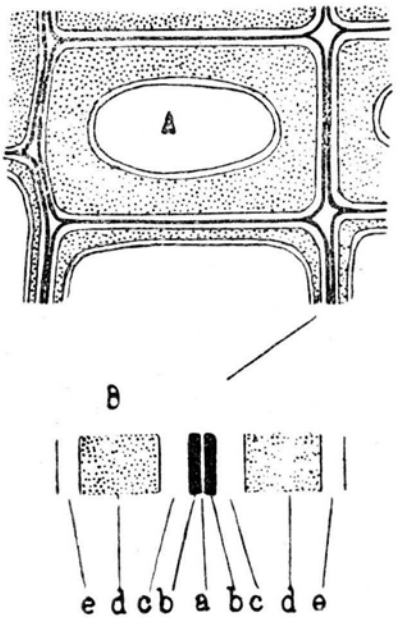


Fig. 8. A. Schemat przekroju poprzecznego przez cewkę sosny.
B. Powiększony odcinek błony. a-substancja międzykomórkowa. b-błona pierwotna. c-zewnętrzny pokład zgrubienia wtórnego. d-środkowy pokład zgrubienia wtórnego. e-wewnętrzny pokład zgrubienia wtórnego. (Wg. Th. Kerr i W. Bailey)

W drewnie najmniej uodpornione na działanie grzybów są komórki o błonach celulozowych; odporniejsze są zdrewniałe błony komórek ze słojów wiosennych, a wreszcie najodporniejsze błony komórek ze słojów letnich.

Aby odpowiedzieć na pytania: jakie części komórek i w jaki sposób są przez grzybnię niszczone, należy zaznaczyć, że zgrubiałe błony komórkowe charakteryzują się poszczególnymi warstwami i pokładami. Nazwy dla tych pokładów przyjmiemy według terminologii Thomas Kerr i W. Bailey (7 str. 335). Poszczególne pokłady można doskonale prześledzić na przekrojach poprzecznych (Fig. 8, A) oraz stycznych.

Układ ich przedstawia się następująco: poszczególne komórki łączy ze sobą substancja międzykomórkowa (Fig. 8, B, a). Do tej substancji z jednej i drugiej strony przylegają warstwy t. zw. błony pierwotnej (b). Warstwy układające się na błonie pierwotnej to zewnętrzny pokład zgrubienia wtórnego (c), a dalej środkowy pokład zgrubienia wtórnego (d), oraz wewnętrzny pokład zgrubienia wtórnego (e). W starych, zdrewniałych tracheidach wszystkie wymienione pokłady wraz z substancją międzykomórkową i błoną pierwotną są zdrewniałe. Pod działaniem floroglucyny z kwasem solnym barwią się wiśniowo, zielenią jodową — zielono. Inne odczynniki także dają wyniki charakterystyczne dla błon zdrewniałych.

Jaki jest chemizm drewna dotąd dokładnie niewiadomo. Wiadomo, że w błonach z przewagą celulozy lub innych składników, w czasie procesu drewnienia (lignifikacja lub lignizacja) zjawia się nowy składnik — lignina, która te błony zmienia chemicznie i usztywnia.

Utworami charakterystycznymi dla błon komórkowych roślin iglastych są jamki lejkowate i pasemka (Sanio). Przy niszczeniu cewek przez grzyby zostają także niszczone wspomniane jamki i pasemka.

Sam proces niszczenia błon komórkowych przez grzyby jest procesem czysto enzymatycznym. Enzymy, wydzielane przez strzępki, mogą działać tuż przy strzępkach, jak to ma miejsce w wypadku przebijania błony komórkowej przez strzępki, albo w pewnej, nieraz dość znacznej, odległości od strzępek. Środowisko wilgotne ułatwia wędrówkę i przenikanie enzymów.

Niszczenie enzymatyczne ma często charakter zacieków biegnących od większych zespołów strzępek wzdłuż cewek nieraz na znaczne odległości. W pobliżu jednak strzępek, tam gdzie prawdopodobnie koncentracja enzymów jest większa, objawy zniszczenia zwykle są wyraźniejsze.

Pierwszą fazą enyzmatycznego niszczenia zdrewniałych błon komórkowych to zmiany chemiczne wywołane w błonie. Następną i ostatnią fazą jest całkowity rozpad poszczególnych, zmienionych chemicznie, fragmentów błony.

Naprzód będą przedstawione obrazy zniszczenia błony komórkowej jednakowe dla trzech badanych grzybów, a następnie — charakterystyczne dla *Merulius*.

1. Różne grzyby, jednakowe zmiany.

Mikroskopowy obraz drewna poddanego przez dłuższy czas działaniu grzybów jest zupełnie inny niż drewna normalnego. Jamki lejkowate drewna nadniszczonego, widziane na przekrojach promienistych, w większości wypadków nie mają wyraźnych konturów (Fig. 9 i Tabl. III, 1).

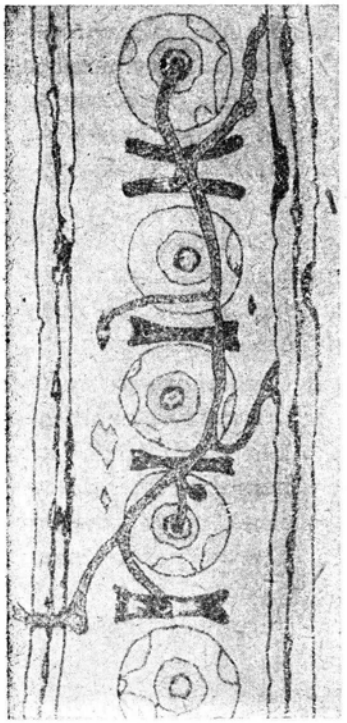


Fig. 9. *Merulius lacrymans*. Odcinek niszczonej cewki w przekroju promienistym (schemat). Widoczne »zacieki« w jamkach lejkowatych, zmiany chemiczne pasemek Sanio oraz przedostawanie się strzępki przez błonę zdrewniałą.

Wewnątrz jamek spotykamy zacieki substancji barwiących się pomarańczowo Sudanem III, czarno kwasem osmowym, łatwo rozpuszczających się w eterze, acetonie i trudno w alkoholu.

W drewnie jeszcze mało zniszczonym przede wszystkim pasemka Sanio zostają zmienione chemicznie — pozbawione ligniny (delignizacja lub delignifikacja) i barwią się odczynnikami na celulozę. Łatwo to wykonać na przekrojach promienistym i stycznym (Fig. 9. Tabl. I, 4. Tabl. II, 2; Tabl. III, 3 i 5). Równocześnie następuje delignizacja najstarszych i najmłodszych pokładów błony, a więc błony pierwotnej i substancji międzykomórkowej, oraz wewnętrznych pokładów zgrubienia wtórnego.

Błona pierwotna i pasemka Sanio, oraz substancja międzykomórkowa silnie barwią się odczynnikami na celulozę (Tabl. I, 4; Tabl. II, 2; Tabl. III, 3, 5).

Pierwszym więc etapem niszczenia błony zdrewniałej jest w tym wypadku pozbawienie jej ligniny (delignizacja).

Wg. badań R. Falck'a (por. S. I. Wanin 14 str. 163) zniszczenie spowodowane przez grzyby (zgnilizna) może być dwojakie. Pierwsze to zgnilizna kor-

rozyjna, polegająca na enzymatycznym rozkładzie ligniny w błonie zdrewniałej. Ilość celulozy pozostaje przez pewien czas bez zmiany. W błonach powstają białe plamki (celuloza), a później w tych miejscach wypadają otworki.

Drugi typ to zgnilizna destrukcyjna, polegająca na tym, że w błonie komórkowej najprzód rozkładana jest celuloza, a lignina pozostaje naogół nienaruszona. Drewno staje się ciemno-brunatne, lekkie, pęka i kruszy się na proszek. *Merulius* i *Poria* między innymi powodują wg. Falck'a, zgniliznę destrukcyjną.

Badania jednak S. I. Wanina i F. P. Komarowa (14 str. 164) wykazują, że istnieje szereg przejść i odstępstw od typów gnicia, wskazanych przez Falck'a.

Niszczenie zdrewniałej błony komórkowej przez grzyby jest procesem enzymatycznym. Jeśli przyjmiemy, że biorą tu udział enzymy: ligninaza (rozkładająca ligninę) i celulaza (rozkładająca celulozę), to prawdopodobnie zniszczenie będzie zależało od stosunków między tymi dwoma enzymami oraz od warunków w jakich każdy z nich najskuteczniej działa.

Dysponując dużą ilością celulazy i małą ilością ligninazy, grzyb wg. Wanina (14 str. 164), może rozłożyć duże ilości celulozy nie naruszając ligniny. W zgniłym drewnie będzie wtedy przeważać lignina. Dysponując natomiast dużą ilością ligninazy, a małą ilością celulazy, grzyb może rozłożyć duże ilości ligniny, a prawie nie naruszyć celulozy.

Bez wątpienia należy tu także uwzględnić temepraturę, pH i inne czynniki, które mogą działać pobudzająco lub hamująco na poszczególne enzymy.

Ponieważ w czasie badań stwierdziłem najprzód zanik ligniny, więc należy przypuszczać, że grzyby w warunkach doświadczenia dysponowały dużą ilością ligninazy, lub też, że inne warunki wybitnie sprzyjały jej działaniu.

Błona komórkowa w tych miejscach, w których zostaje pozbawiona ligniny, ulega dalszym przekształceniom chemicznym. Powstają tu początkowo bardzo małe tereny-ogniska, które przy pomocy Sudanu III-go barwią się lekko pomarańczowo, pod wpływem 1—2% kwasu osmowego stają się czarne, wyciąg z korzeni alkanny barwi je słabo na brunatno-czerwono. Wskazywałoby to, że mamy tu do czynienia z jakimiś substancjami tłuszczowymi. Występują one w małych ilościach i szybko ulegają rozpadowi, a w miejscu ich występowania powstaje otwór, oznaczający całkowity rozpad błony.

Taką kolejność rozpadu można obserwować w pasemkach Sanio (przekroje promieniste i styczne), błonie pierwotnej, substancji międzykomórkowej i innych częściach błony lokalnie zaatakowanych.

Fig. 10 przedstawia schematycznie taki rozpad pasemka Sanio. Najprzód pasemko (u góry przekrój styczny, u dołu — promienisty) zostaje enzymatycznie pozbawione ligniny (delignizacja). Chlor-cynk-jodem barwi się fioletowo, czerwienią Kongo — ciemno-czerwone (a). Po pewnym czasie w różnych punktach pasemka można wykryć w małych ilościach występujące substancje barwiące się podobnie jak tłuszczowe i w tych to właśnie punktach później ukazują się małe otworki (b), które stale się powiększają i łączą w pewną całość, tak że z biegiem czasu wnętrze dawnego zgrubienia staje się puste (c, d, e).

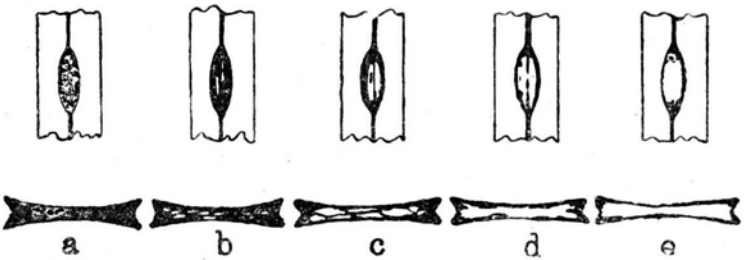


Fig. 10. Delignizacja i zanik pasemka Sanio (schemat). Fig. górne — przekrój styczny. Fig. dolne — przekrój promienisty. a, b, c, d, e, — poszczególne stadia. Objaśnienie w tekście.

W środku pasemka często można zauważyć resztki substancji międzykomórkowej, która zwykle, ale nie zawsze, rozpada się później niż błona pierwotna. Pasemko przedstawia się jako puste wewnątrz, lekko barwiące się tylko na peryferiach (Fig. 10, e; Tabl. III, 3, 4, 5).

Podobny proces zachodzi w błonie pierwotnej i substancji międzykomórkowej wzdłuż całej komórki. Błona pierwotna zostaje dość szybko zniszczona i bardzo często na jej miejsce dostają się strzępki grzybów (Tabl. III, 2, a), które tym bardziej rozluźniają spoistość pokładów. W tym czasie atakowane są także jamki lejkowate, do których bardzo często przedostają się strzępki grzybów (Tabl. I, 4; Tabl. III, 4 i 5) tworzące w jamkach różne zakręty lub nawet rozgałęzienia. Ponieważ torus zwykle bywa najmniej zdrewniały więc szybko ulega przedziurawieniu i rozkładowi (Tabl. I, 2 i 4). Komórki o błonach celulozowych, np. komórki promieni rdzeniowych lub inne także szybko zostają zniszczone.

Delignizacja, jako pierwsze stadium enzymatycznego niszczenia, występuje we wszystkich pokładach zgrubienia wtórnego. W cewkach

zaatakowanych przez strzępki, prawie równocześnie z błoną pierwotną i substancją międzykomórkową, podlega delignizacji wewnętrzny i środkowy (Fig. 8 B, d, e) pokład błony komórkowej. W pokładzie wewnętrznym, po procesie delignizacji zachodzą wkrótce zmiany prawdopodobnie tłuszczowe i pokład ten ulega rozpadowi. Najpóźniej odbywa się delignizacja zewnętrznego pokładu zgrubienia wtórnego. Grubość całej błony zmniejsza się i w środowisku wilgotnym błona ta staje się plastyczna tak, że sąsiadujące z nią, mniej zaatakowane komórki, łatwo wginają tę błonę do środka (Tabl. III, 2). Często można obserwować

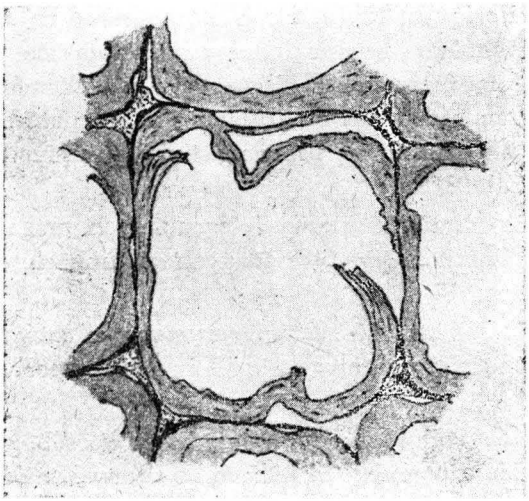


Fig. 11. Rozpad zdrewniałej błony komórkowej (schemat). Widoczne zmiany i zanik substancji międzykomórkowej oraz rozłączanie się i rozpad poszczególnych pokładów zgrubienia wtórnego.

obraz nadniszczonej błony pierwotnej, odstającej od zdelignizowanej substancji międzykomórkowej, a pokłady zgrubienia wtórnego jakby oddzielają się od siebie: zanika ich spoistość (Fig. 11). Stopniowo wszystkie pokłady zgrubienia wtórnego ulegają delignizacji. W błonie pozbawionej ligniny występują małe tereny substancji prawdopodobnie tłuszczowych, które szybko zanikają — powstają otworki.

Mikroskopowo-chemiczny obraz takiej błony przedstawia się jako element mozaikowy, gdyż występują w nim partie jeszcze zdrewniałe (zwykle w pokładzie zewnętrznym i środkowym), partie z przewagą celulozy — w pokładzie środkowym, wewnętrznym, błonie pierwotnej i substancji międzykomórkowej, wreszcie partie substancji prawdopodobnie tłuszczowych oraz otwory i ponadgryzania, występujące zwłasz-

cza w błonie pierwotnej, substancji międzykomórkowej oraz pokładzie wewnętrznym. Całość taka, po wyschnięciu skurczona, łatwo się rozpada na poszczególne partie dotąd luźno ze sobą złączone.

Enzymy, wydzielane przez żywe strzępki grzybów, działają nietylko w pewnej odległości od wydzielających je strzępek, ale przede wszystkim w bezpośrednim ich sąsiedztwie. Jest to widoczne szczególnie w czasie procesu przedostawania się strzępki przez błonę zgrubiałą i zdrewniałą. Można tu także prześledzić kolejność przemian chemicznych błony atakowanej przez strzępki.

Strzępki *Poria Vaillantii, Poria vaporaria* oraz *Merulius lacrymans* w swej wędrówce zwykle łatwo przedostają się przez zatyczkę (torus), albo błonę pierwotną z substancją międzykomórkową obok zatyczki. Jeśli natomiast chodzi o zgrubiałe i zdrewniałe błony komórkowe to strzępki przedostają się przez nie tylko po uprzednim zdelignizowaniu błony (Tabl. III, 4).

Przebijanie błon komórkowych zgrubiałych przez strzępki *Poria vaporaria* i *Vaillantii* należy, w badanych warunkach, do zjawisk stosunkowo rzadkich.

Strzępki natomiast *Merulius lacrymans* z łatwością przebijają grube, zdrewniałe błony, a otwory w błonach tego pochodzenia są bardzo częste.

Proces przebijania błon odbywa się w ten sposób, że szczyt strzępki lub rozgałęzienia bocznego zbliża się do błony komórkowej, na którą działają enzymy delignizujące. Zaatakowane miejsce, na bardzo małej, ale powiększającej się głębokości i szerokości, początkowo daje reakcję celulozową (Fig. 12, a). Wkrótce, w bezpośrednim sąsiedztwie atakującego końca strzępki można zauważyć substancje barwiące się jak tłuszcze (Fig. 12, b—czarny punkt), które szybko zanikają (Fig. 12, c) i strzępka posuwa się naprzód. Przebijając się przez błonę, wchodzi jakby klinowato i początkowo jest silnie zwężona. Później jednak enzymatyczne działanie na boki poszerza otwór. Zawsze w najbliższym sąsiedztwie strzępki (przy wierzchołku i po bokach) (Fig. 12, c, d — czarna linia przy strzępce) występuje w małych ilościach szybko rozpadająca się substancja prawdopodobnie tłuszczowa, a tuż za nią na zewnątrz (kropki) — substancja celulozowa. Obserwując przebijanie się strzępki w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku jej posuwania się naprzód, zauważamy na zdrewniałej błonie najprzód plamkę, dającą reakcję celulozową (Fig. 12, a, na dole). W środku tej, powiększającej się plamki, ukazuje się nowa plamka, słabo reagująca jak substancje tłuszczowe (b). Plamka ta powiększa się, a jej środek zaczyna się przerze-

dzać, wreszcie zanika. W ten sposób powstaje otworek (c) — enzymatycznie przygotowana i stale poszerzana droga dla strzępki (d).

Strzępki przy przebijaniu błony naogół atakują teren słabszy, w pewien sposób przygotowany, zwykle więc idą po linii najmniejszego oporu, a błona komórkowa, w stosunku do swej powierzchni, z zasady przebijana jest prostopadle.

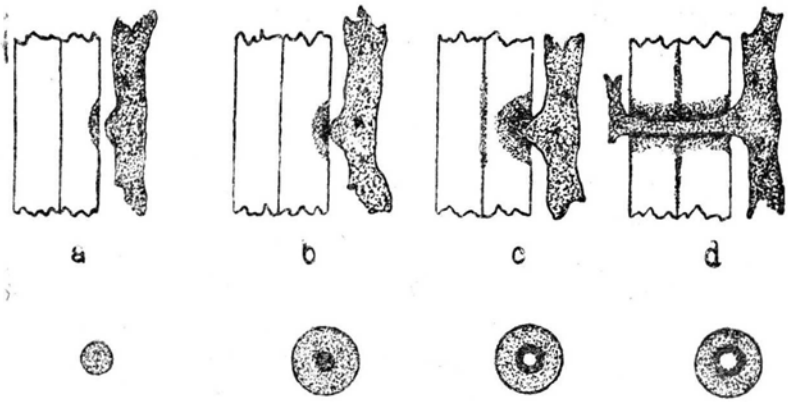


Fig. 12. Przebijanie się strzępki *Merulius lacrymans* przez zgrubiałą i zdrewniałą błonę komórkową (schemat). Teren kropkowany — substancja celulozowa. Teren zaczerniony — prawdopodobnie substancje tłuszczowe z otworem w środku powstałym na skutek ich rozpadu. a, b, c, d — poszczególne stadia.

Błony zdrewniałe często atakowane są przez strzępki w miejscu enzymatycznie rozłożonych pasemek Sanio (Fig. 9 i Tabl. III, 4), gdzie błona jest cieńsza i w pewien sposób osłabiona.

Wyniki tych obserwacyj wyjaśniają nam dlaczego tak szybko niszczone są błony celulozowe oraz zatyczka (torus) jamek lejkowatych. Otóż w tych wypadkach grzyb znowu idzie po linii najmniejszego oporu — odpada proces delignizacji, odbywa się tylko rozkład celulozy.

Enzymatyczne niszczenie błon komórkowych drewna wiosennego także odbywa się szybciej niż drewna letniego, gdyż średnica komórek wiosennych jest większa, więc strzępki rozwijają się w nich lepiej; błona komórkowa jest cienka, a często mniej zdrewniała, zaopatrzona w liczne jamki, które bardzo ułatwiają przenikanie strzępek i szybko podlegają zniszczeniu.

2. Zmiany wywołane przez *Merulius lacrymans*.

Stwierdziliśmy, że strzępki *Merulius* bardzo często i szybko przebijają zdrewniałe błony komórkowe, co u *Poria* jest zjawiskiem stosunkowo rzadkim.

Enzymy *Merulius*, działające także w pewnym oddaleniu od strzępek, w formie jakby zacieków, powodują występowanie terenów zdelignizowanych posiadających postać różnych figur geometrycznych, o osi głównej, skierowanej wzdłuż głównej osi cewek. Figury te są przeważnie sześcioboczne (Tabl. III, 6a i 6b) lub mają kształt rombów, albo wreszcie są kombinacjami tych figur, łączących się ze sobą. Początkowo figury te pooddzielane są od siebie zdrewniałymi jeszcze beleczkami (Tabl. III, 6b, s), które z biegiem czasu podlegają delignizacji — zanikowi, a początkowe figury, łącząc się ze sobą, tworzą całość, poznaczoną czasem nikłymi, żeberkowatymi prążkami mniej zdelignizowanymi, biegnącymi w stosunku do siebie skośnie. Prążki te wkrótce zanikają, a delignizacja posuwa się coraz głębiej i szerzej. Równocześnie w centralnych częściach poszczególnych figur występują szybko zanikające substancje, barwiące się podobnie jak tłuszcze — powstają otworki.

Delignizacja różnych punktów zdrewniałej błony komórkowej, występująca w postaci gęsto rozsianych figur geometrycznych, jest więc miejscowym rozpadem kolejno wszystkich pokładów tej błony wraz z błoną pierwotną i substancją międzykomórkową.

W innych punktach błony komórkowej można zauważyć enzymatycznie wytworzone otwory cylindryczne, ale i one są zwykle rozszerzane w dwóch kierunkach i sprowadzone do form rombowych lub sześciobocznych. Otwory te są dziełem enzymów czynnych tuż przy strzępkach albo w pewnej odległości od nich.

Bardzo często spotyka się wypadki takiego poszerzania i sprowadzania do form wspomnianych figur geometrycznych otworów jamek lejkowatych, które w ten sposób zostają powiększone i zniekształcone.

Podobne figury geometryczne enzymatycznego rozkładu błon przez strzępki nieznanych bliżej grzybów obserwowali I. W. Bailey i Mary R. Vestal (1 str. 197). Prawdopodobnie *Merulius lacrymans* należy zaliczyć do zespołu takich grzybów.

Być może, że kierunek głównej osi tych enzymatycznie żłobionych figur ma jakiś związek z micellarnym układem ligniny w błonie komórkowej.

Streszczenie wyników

Biorąc pod uwagę wyniki badań odnoszących się do penetracji i wpływu grzybów *Poria vaporaria, Poria Vaillantii* i *Merulius lacrymans* na drewno sosnowe stwierdzamy, że:

1. Penetracja strzępek odbywa się w świetle i poza światłem cewek, wzdłuż ich osi głównej. Szczególnie atakowane są komórki pro-

mieni rdzeniowych i kanałów żywicznych oraz cewki drewna wiosennego.

2. Z jednej cewki do drugiej strzępki przedostają się albo przez jamki lejkowate, albo przebijając błonę komórkową.

3. Strzępki każdego z badanych grzybów wytwarzają tak zwane medaliony.

4. Rozkład zdrewniałych błon jest procesem enzymatycznym i zaczyna się od błony pierwotnej z pasemkami Sanio i substancji międzykomórkowej. Najpóźniej zostaje zniszczony zewnętrzny pokład zgrubienia wtórnego.

5. Rozkład, w warunkach doświadczenia, polega w pierwszym rzędzie na delignizacji błony zdrewniałej, a dalszy proces jest prawdopodobnie procesem degeneracji tłuszczowej celulozy i związków pektynowo-celulozowych substancji międzykomórkowej.

6. *Merulius lacrymans* jest grzybem bardziej destruktywnym t.j. bardziej szkodliwym niż *Poria Vaillanti* i *Poria vaporaria,* gdyż jego strzępki łatwo przebijają zgrubiałe i zdrewniałe błony komórkowe, a prócz tego enzymy *Merulius* atakują błonę komórkową w różnych punktach powodując występowanie licznych otworów w postaci figur geometrycznych. Procesy enzymatyczne przy działaniu *Merulius* zachodzą znacznie szybciej.

7. Nie ma żadnej różnicy w sposobie niszczenia drewna przez *Poria Vaillantii i Poria vaporaria. Poria vaporaria* różni się od *Poria Vaillantii* tylko nieco szerszymi strzępkami i częstszym, w jednakowych warunkach, wytwarzaniem chlamydospor.

Résumé des résultats

En résumant les résultats de nos recherches sur la pénétration des hyphes des *Poria vaporaria, Poria Vaillantii* et *Merulius lacrymans* dans le bois de Pin et l'influence de ces champignons sur la structure de ce dernier, nous avons constaté ce qui suit:

1) La pénétration de filaments mycéliens s'opère par les lames moyennes ainsi que par les trachéides mêmes, le long de leur axe principal. Sont attaqués surtout les cellules des rayons médulaires, les canaux sécréteurs ainsi que les trachéides du bois de printemps.

2) Les filaments myceliens passent, d'une cellule à l'autre, ou directement, à travers leurs parois, ou par l'intermédiaire de leurs ponctuations.

3) Les filaments myceliens de chacun de trois champignons produisent des médaillons.

4) La décomposition des parois lignifiées est un procès enzymatique, débutant par la membrane primordiale et ses bandes de Sanio ainsi que par la substance intercellulaire. En dernier lieu s'opère la décomposition de la couche externe d'accroissement secondaire.

5) La décomposition, dans notre matériel, consiste en premier lieu en la disparition de la lignine, à laquelle fait probablement suite la dégénérescence graisseuse de la cellulose et des composés cellulosopectiques dans la substance intercellulaire.

6) *Merulius lacrymans* est plus actif que *Poria vaporaria* et *Poria Vaillantii,* car ses filaments mycéliens percent facilement les parois épaisses et lignifiées; les enzymes de ce champignon s'attaquent à la membrane cellulaire en plusieurs points en causant la formation de nombreuses ouvertures qui prennent la forme de différentes figures géometriques.

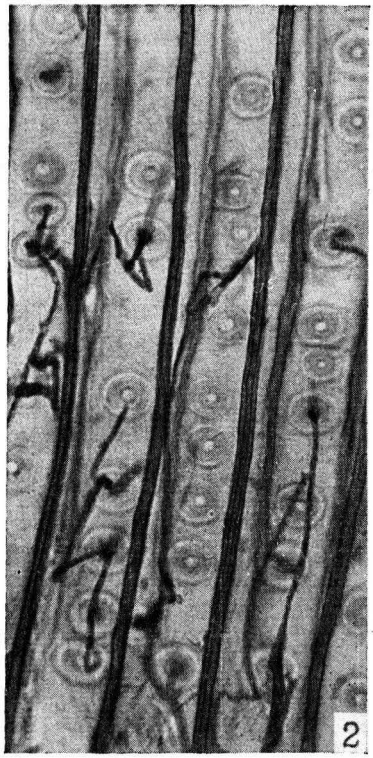
7) Il n'y a aucune différence entre le mode de destruction du bois de Pin par *Poria Vaillantii* et *Poria vaporaria.* Ce dernier diffère de *Poria Vaillantii* uniquement par des filaments plus épais et par la formation plus fréquente, aux mêmes conditions, des chlamydospores.

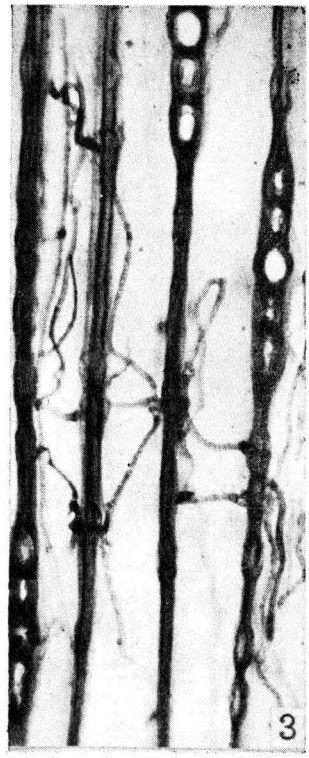
Institute
d'Anatomie et de Cytologie Végétale
de l'Université de Varsovie

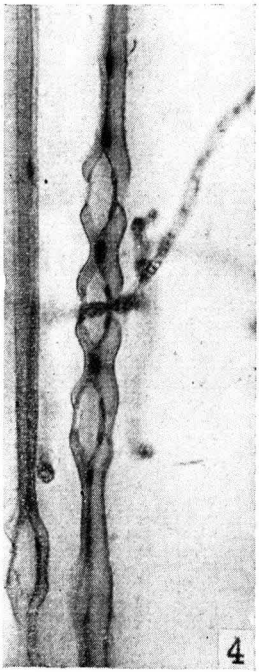
LITERATURA

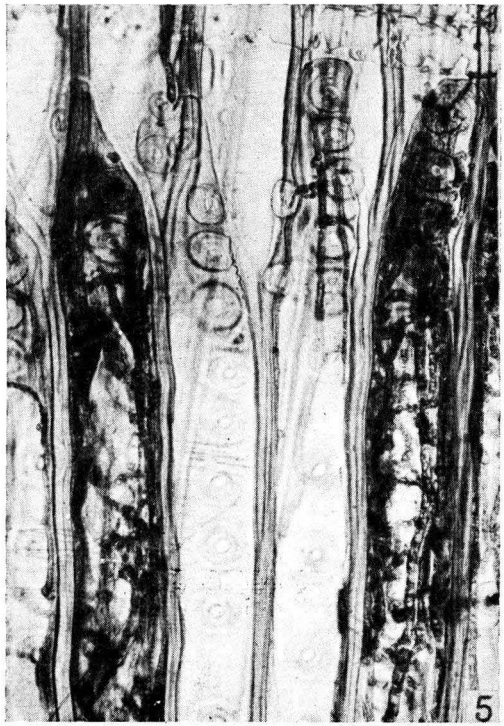
1. Bailey, I. W. and Vestal, Mary R. 1937. The significance of certain Wood destroying Fungi in the study of the enzymatic hydrolysis of cellulose. Journal of the Arnold Arboretum. Vol. XVIII. str. 196.
2. Falck, R. 1909. Die Lenzites-Fäule des Konifereshalzes. Jena.
3. Falck, R. 1912. Die Meruliusfäule des Bauholzes. Jena.
4. Gwynne-Vaughan, H. C. J. and Barnes, B. 1927. The structure and development of the Fungi. Cambridge.
5. Hartig, R. 1900. Lehrbuch der Pflanzenkrakheiten. Berlin.
6. Hartig, R. 1878. Die Zersetzungserschenungen des Holzes der Nadelwaldbäume und der Eiche. Berlin.
7. Kerr, Thomas and Bailey, I. W. 1934. The cambium and its derivative tissues Nr. X. Structure, optical properties and chemical composition of the so-called middle lamella. Journal of the Arnold Arboretum, Vol. XV. str. 327.
8. Molisch, Hans, 1921. Mikrochemie der Pflanze. Jena.
9. Schorstein. J. 1911. Forst und Jagd-Zeintung, Nr. 12.
10. Tuzson, J. 1905. Anatomische und mycologische Untersuchungen über die Zersetzung und Konservierung d. Rotbuchenholzes. Berlin.
11. Tunmann. O. 1913. Pflanzenmikrochemie. Berlin.
12. Wałek-Czernecka, Anna. 1933. Grzyby niszczące pokłady kolejowe w Polsce. Acta Sosietatis Botanicorum Poloniae. Warszawa. Vol. X. str. 179.
13. Wanin, S. I. 1927. Griby razruszitieli szpał. Raboty Szpałopripitocznoj Łaboratorii. Moskwa.
14. Wanin, S. I. 1938. Lesnaja Fitopatołogia. Leningrad.

TABLICA I.

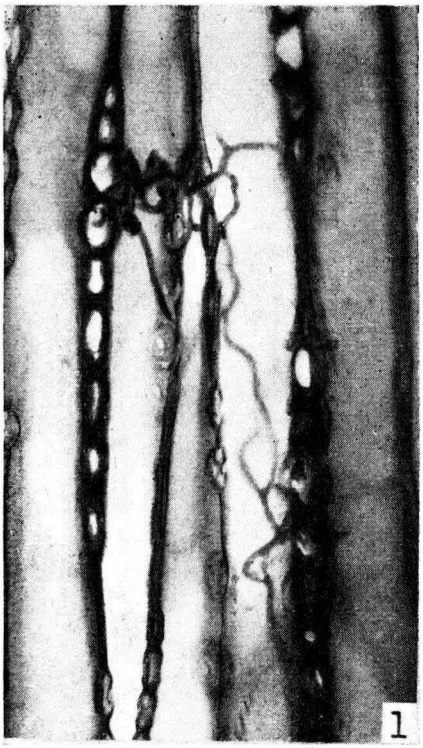


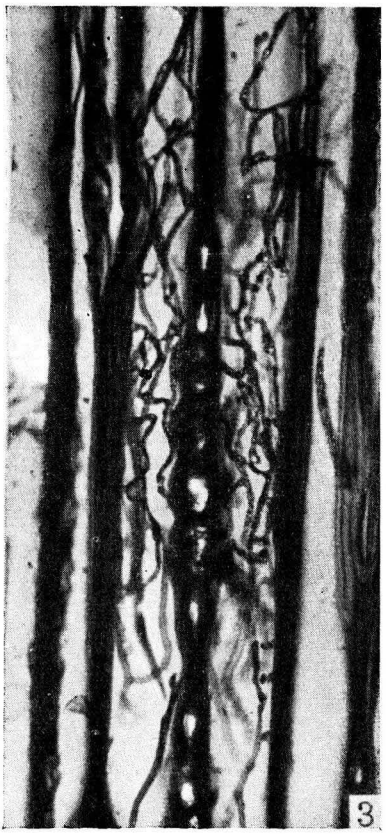


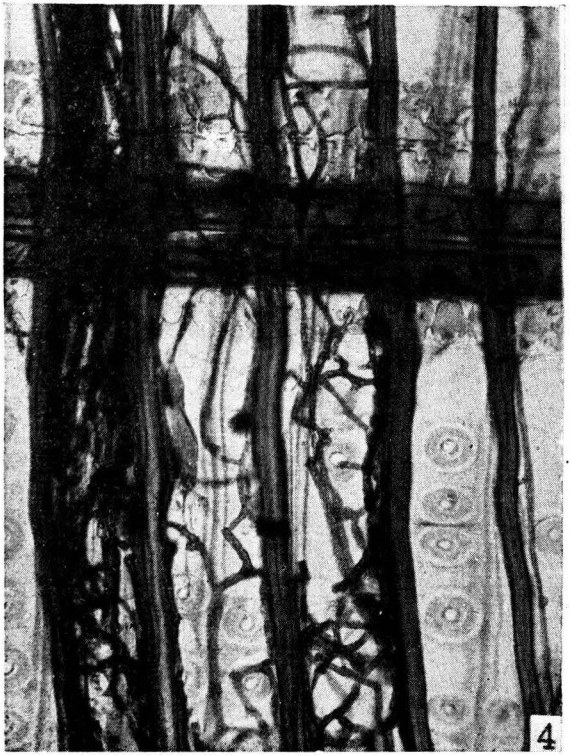


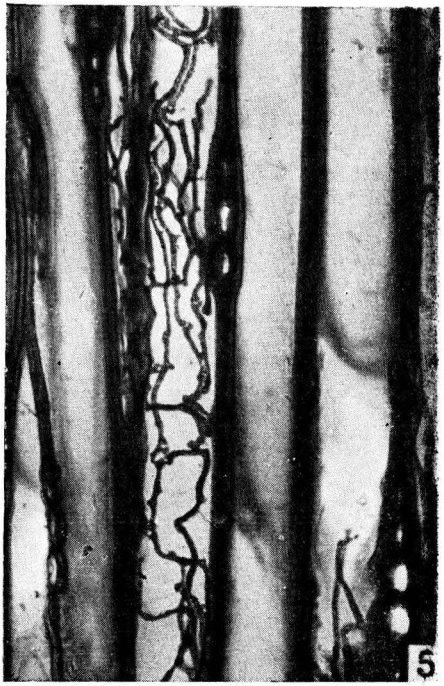


TABLICA II.

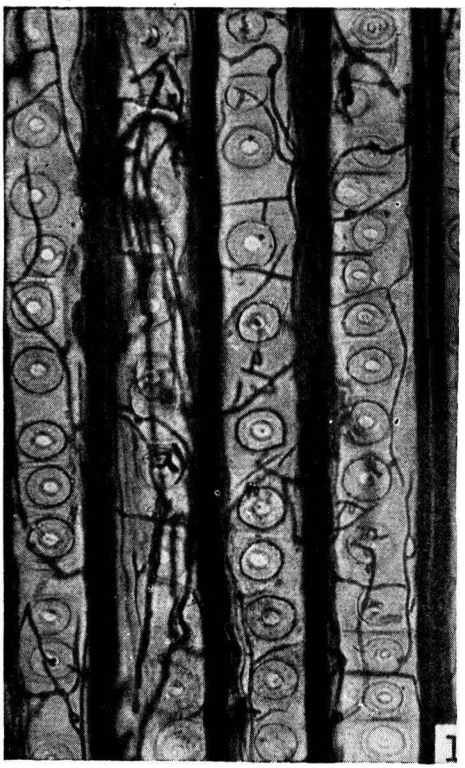


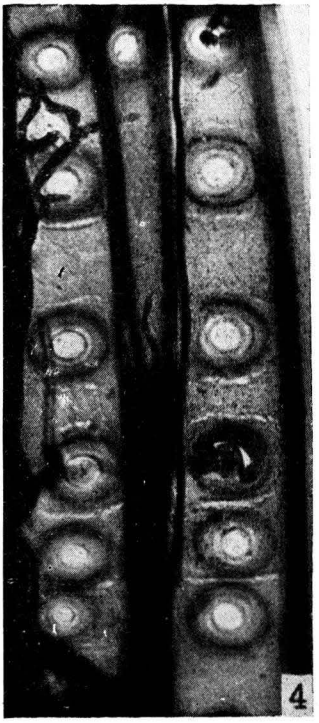


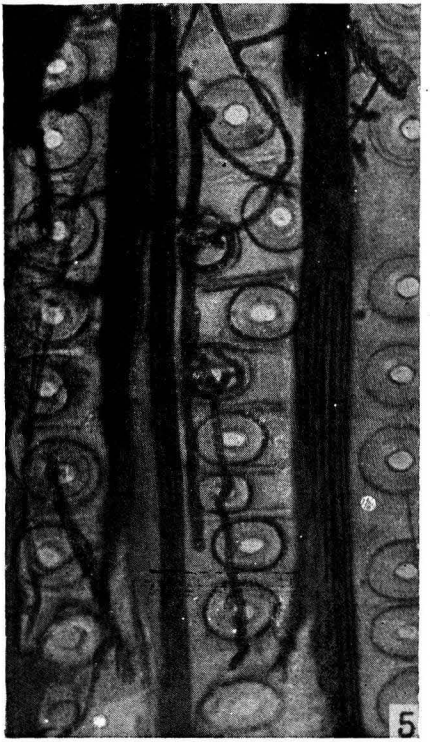


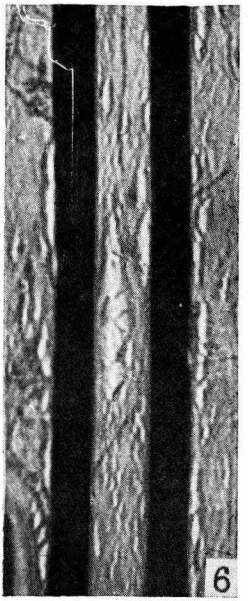


TABLICA III.









OBJAŚNIENIE TABLIC.

TABLICA I.

Fig. 1. Penetracja strzępek **Poria Vaillantii** wzdłuż cewek drewna wiosennego. Przekrój promienisty; ca 400x.

Fig. 2. Penetracja strzępek **Poria Vaillantii** wzdłuż cewek i przez jamki lejkowate. Przekrój promienisty; ca 350x.

Fig. 3. Penetracja strzępek **Poria Vaillantii** od jednego promienia rdzeniowego do drugiego przez jamki lejkowate. Przekrój styczny; ca 350x.

Fig. 4. Jamka lejkowata (przekrój styczny) z przebitą zatyczką (torus) przez strzępkę **Poria Vaillantii.** Widoczne przewężenie strzępki oraz zmienione chemicznie pasemka Sanio. Przekrój styczny; ca 750x.

Fig. 5. Strzępki grzyba w początkowych stadiach specjalnie atakują tylko pewne cewki. **Poria Vaillantii.** Przekrój promienisty; ca 350x.

Fig. 6a i 6b. Z cewek zaatakowanych strzępki przedostają się do cewek sąsiednich. Przekrój promienisty; ca 350x.

TABLICA II.

Fig. 1. Strzępki **Poria Vaillantii** atakują określone komórki promienia rdzeniowego. Przekrój styczny; ca 350x.

Fig. 2. Pasemka Sanio, substancja międzykomórkowa z błoną pierwotną i zatyczka (torus) w cewce nadniszczonej działaniem grzyba, zabarwione czerwienią Kongo. Przekrój styczny; ca 750x.

Fig. 3. Doskonale rozwinięte strzępki **Poria Vaillantii** w komórkach promienia rdzeniowego oraz sąsiednich cewkach. Przekrój styczny; ca 350x.

Fig. 4. Z promienia rdzeniowego strzępki **Poria Vaillantii** atakują przyległe cewki. Przekrój promienisty; ca 350x.

Fig. 5. Strzępki **Poria Vaillantii** z widocznymi sprzążkami i medalionami w cewce między promieniami rdzeniowymi. Przekrój styczny; ca 350x.

TABLICA III.

Fig. 1. Drewno nadniszczone przez **Poria Vaillantii.** Jamki lejkowate o zniekształconych konturach, widoczne zmiany w pasemkach Sanio. Przekrój promienisty; ca 320x.

Fig. 2. Cewki nadniszczone przez strzępki **Poria vaporaria.** Błony ulegają różnym wygięciom, zatraca się łączność między poszczególnymi pokładami. W miejscu błony pierwotnej, a częściowo i substancji międzykomórkowej, rozrastają się strzępki grzyba (a). Przekrój poprzeczny; ca 850x.

Fig. 3. Zmiana chemiczna pasemek Sanio pod wpływem **Poria vaporaria.** Widoczne pasemka całkowicie lub tylko na peryferiach zabarwione czerwienią Kongo. Przekrój promienisty; ca 350x.

Fig. 4. Pasemka Sanio uległy degeneracji („puste" wewnątrz). Strzępka **Poria Vaillantii** przebija błonę w miejscu zdegenerowanego pasemka. Inna strzępka tegoż grzyba rośnie, zwijając się w jamce lejkowatej. Przekrój promienisty; ca 550x.

Fig. 5. Widoczne strzępki **Poria vaporaria** rosnące w jamkach lejkowatych, oraz zmiany w pasemkach Sanio. Przekrój promienisty; ca 500x.

Fig. 6. Delignizacja przez **Merulius lacrymyans** błony zdrewniałej, występująca w postaci figur geometrycznych (tereny jaśniejsze). Przekrój styczny; ca 550x.

Fig. 7. Pomiędzy poszczególnymi figurami występują tereny w postaci beleczek (s) jeszcze zdrewniałe, które później zanikają. Przekrój promienisty; ca 800x.