

WPLYW PODWYŻSZONYCH TEMPERATUR NA GRZYBY *CONIOPHORA CEREBELLA* PERS. I *LENZITES SEPIARIA* FR.

Wojciech Kurpiak

Instytut Ochrony Lasu i Drewna AR w Warszawie
i Muzeum Budownictwa Ludowego w Sanoku

WSTĘP

Ochrona środowiska naturalnego skłania do krytycznego spojrzenia na użycie środków toksycznych w wypadku, gdy można je zastąpić innymi, niechemicznymi metodami. Tego rodzaju metodą w ochronie drewna jest termiczne zwalczanie szkodliwych czynników biologicznych. Pozwala ona na uzyskanie efektu dezynfekcji bez wprowadzania materiałów obcych, jakimi są dla drewna fungicydy. Ze względu na zachowanie oryginału szczególnie niepożądane jest wprowadzanie obcych materiałów do drewna zabytkowego, zarówno stanowiącego budulec obiektów skansenowskich, jak i podstawową masę zbiorów etnograficznych. Poza uwzględnieniem zasad konserwatorskich metoda ta pozwala spełnić bardzo istotny warunek natury społecznej, pozostawiając w stanie nieskażonym zabytkowe wnętrza zwiedzane przez licznych turystów.

Działanie podwyższonych temperatur na grzyby niszczące drewno było już poruszane w literaturze [3, 4, 7, 11, 13], jednakże koncepcja wykorzystania tego w celach praktycznych, poza nielicznymi próbami [10] nie znalazła pełnego omówienia. Bardziej wygodne okazały się metody chemiczne, a o złych stronach ich masowego użycia dowiadujemy się dopiero po wielu latach stosowania.

CEL, MATERIAŁY I METODYKA BADAŃ

Przeprowadzone badania miały na celu stworzenie podstaw naukowych dla praktycznej metody zwalczania grzybów niszczących drewno w obiektach zabytkowych. Przyjmując jako czynnik grzybobójczy różne

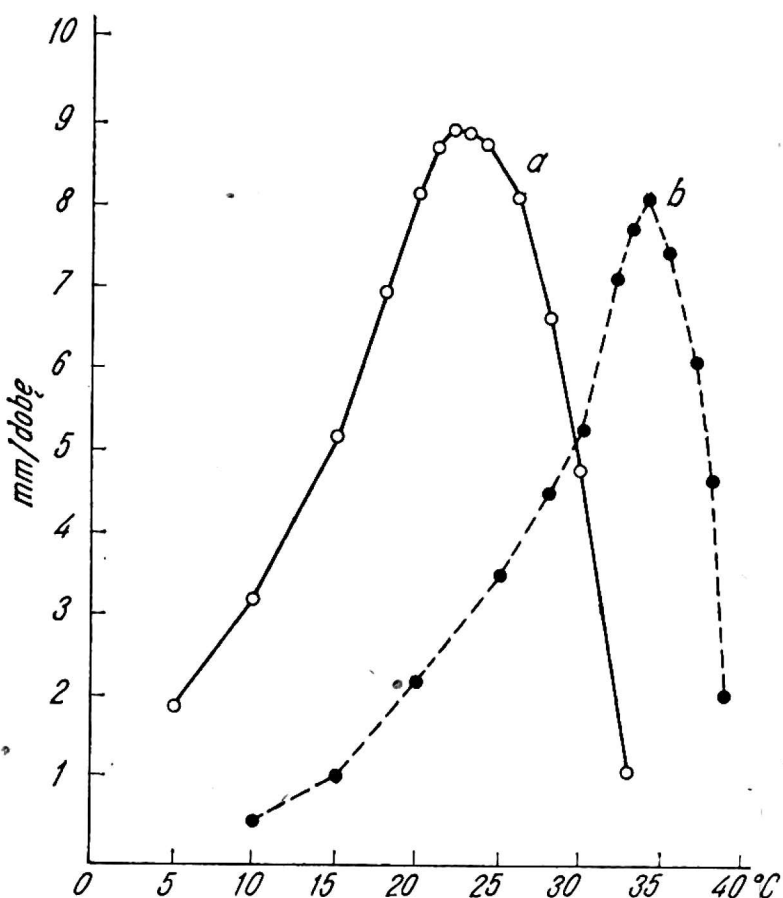
temperatury powyżej maksimum dla wzrostu, eksperymentalnie ustalono czas ich działania konieczny do uzyskania efektu letalnego, uwzględniając przy tym współdziałanie wilgotności i wieku grzybni. Badaniom poddane zostały grzybnia oraz zarodniki podstawkowe *Coniophora cerebella* Pers. (*Coniophora puteana* Fr.) i *Lenzites sepiaria* Fr. (*Gloeophyllum sepiarium* (Wulf.) Karst.), gdyż należą one wraz z *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr. do najczęściej występujących gatunków w drewnianych budynkach wiejskich. Częste występowanie *Coniophora cerebella* i *Merulius lacrymans* jest prostą konsekwencją ich najliczniejszego udziału w ogólnym zagrzybieniu budynków na terenie Polski [15]. *Lenzites sepiaria*, stosunkowo nieliczny jako szkodnik w budownictwie miejskim, czyni znaczne szkody w elementach stropowych i wieńcowych drewnianych budynków wiejskich, zwłaszcza zaniedbanych, o przeciekającym pokryciu, a takie najczęściej przenoszone do parków etnograficznych. Znana z literatury [5, 7] wrażliwość na podwyższoną temperaturę grzyba *Merulius lacrymans*, zbędnym uczyniła w danym wypadku poddanie go eksperymentom, gdyż jest wiadome, że grzybnia jego będzie ulegać zniszczeniu w temperaturach letalnych dla dwóch wyżej wymienionych gatunków.

Zasadniczy cykl badań poprzedzony został próbami mającymi na celu ustalenie lub uściślenie ekstremalnych temperatur wzrostu badanych grzybów. Przeprowadzono również obserwacje nad zmianami morfologiczno-anatomicznymi grzybni, zachodzącymi pod wpływem działania podwyższonych temperatur. Próby wykonano dla grzybni hodowanych na trzech różnych podłożach tj. na pożywce agarowo-brzeczkowej, na podłożu ze ścieru drzewnego i na drewnie. Badania prowadzono w specjalnie przebudowanej komorze klimatycznej z regulowaną temperaturą i wilgotnością. Wszystkie uzyskane wyniki potwierdzone zostały trzykrotnym powtórzeniem eksperymentu. Ogółem wykonano 5334 próby.

Badając wrażliwość termiczną obu grzybów przyjęto zakres temperatur od 40° do 100°C w odstopniowaniu co 10° z uzupełnieniem w strefie przewidzianych punktów krytycznych co 5°C. Ekspozycję termiczną rozpoczęto od 10 min. zwielokrotniając ten czas do 180 min. oraz zagęszczając w pobliżu punktów krytycznych do odstępów 5 minut. Badania przeprowadzono przy dwóch poziomach wilgotności, tj. w atmosferze suchej (45—50%) i wilgotnej (90—95%), uwzględniając także różnice wieku grzybni, którą umownie nazwano młodą i starą. Za młodą uznawano grzybnię *Coniophora cerebella* hodowaną przez 6 dni i *Lenzites sepiaria* hodowaną 12 dni. Grzybnię starą nazywano kultury hodowane przez 2 miesiące. Jako kryterium skuteczności działania temperatury, z uwzględnieniem wyżej wymienionych czynników, przyjęto brak wzrostu grzybni i kiełkowania zarodników po przeniesieniu na pożywkę agarowo-brzeczkową w warunkach zbliżonych do optymalnych dla poszczególnych grzybów we wszystkich powtórzeniach.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

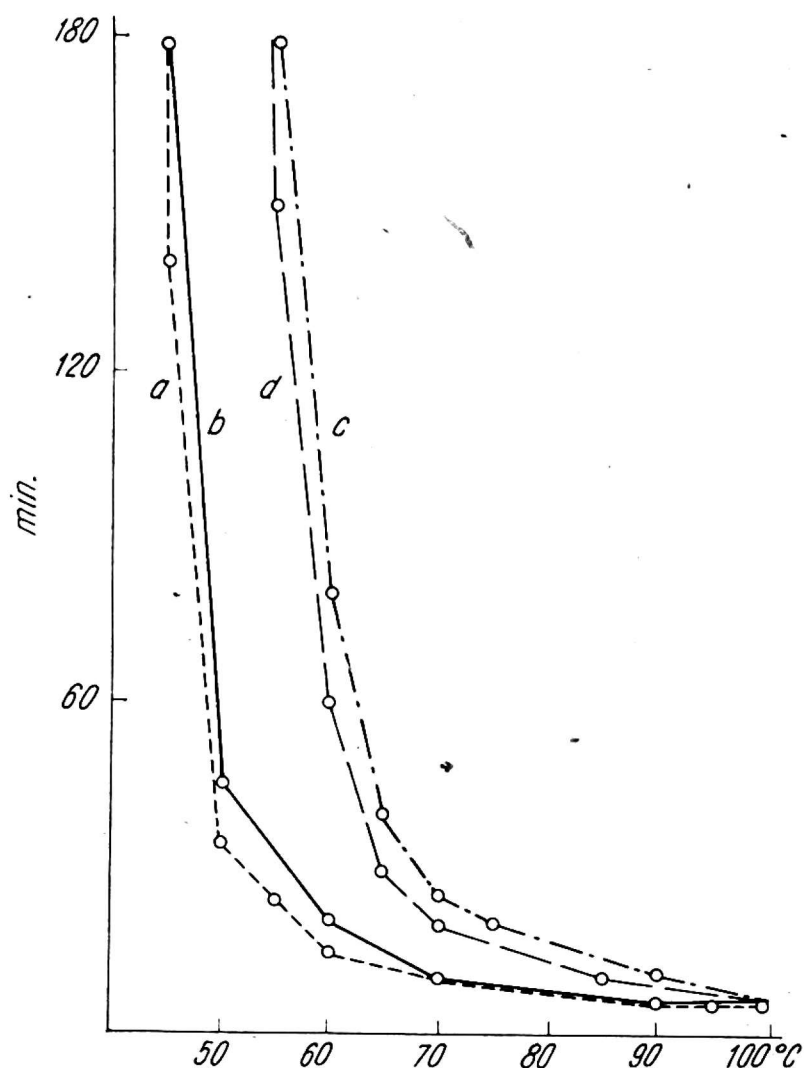
Wyniki badań nad wpływem temperatury na wzrost grzybni potwierdziły, że *Coniophora cerebella* posiada optimum wzrostu w temperaturze 22°C, dając przy tym przyrosty dobowe wynoszące średnio 9 mm. W temperaturze 35°C oraz poniżej 5°C jego wzrost ustawał. *Lenzites sepiaria* najaktywniej rozwijał się przy 34°C, osiągając średnie przyrosty dobowe w granicach 8 mm. Jego maksymalny wzrost odbywał się w temperaturze 39°C, minimalny — poniżej 10°C. Porównując temperatury ekstremalne obu grzybów stwierdza się różnicowanie ich potrzeb termicznych, wyrażające się między innymi tym, że *Lenzites*



Rys. 1. Średni przyrost grzybni *Coniophora cerebella* (a) i *Lenzites sepiaria* (b) w zależności od temperatury

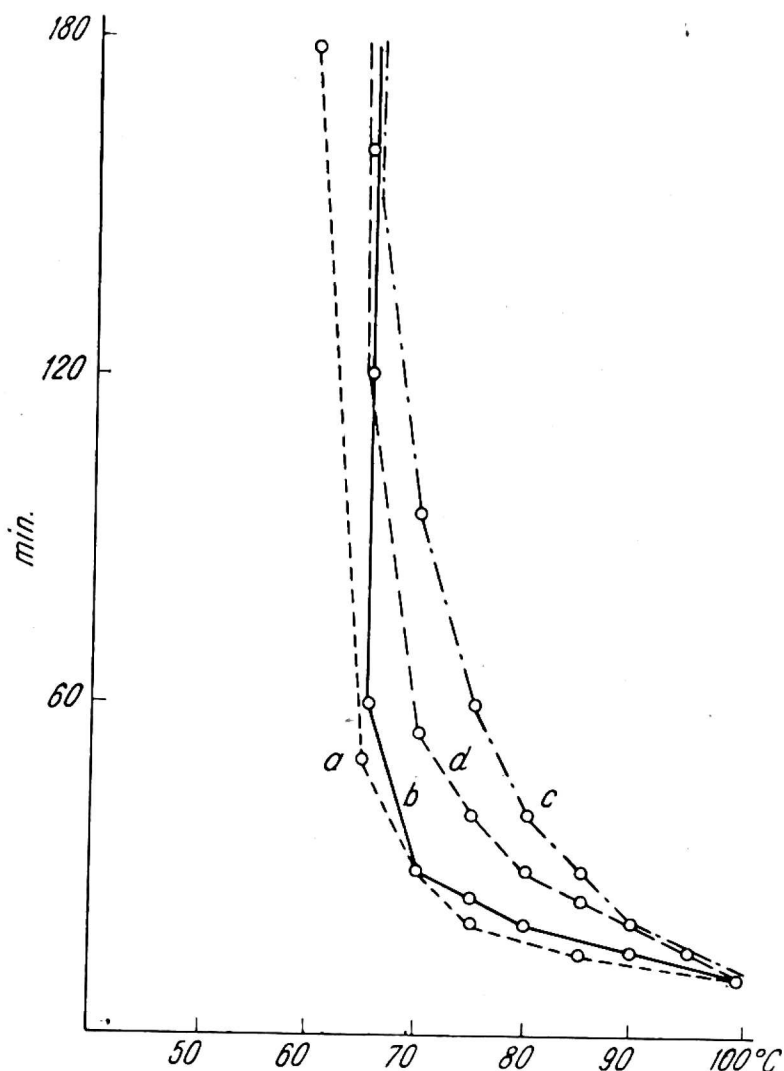
sepiaria najaktywniej rozwijał się w temperaturze wyższej od maksymalnej dla *Coniophora cerebella* oraz że optymalna temperatura *Lenzites sepiaria* była tylko o 5°C niższa od jego maksymalnej, podczas gdy u *Coniophora cerebella* różnica ta wynosi 10°C. Oba grzyby wykazały zahamowanie wzrostu w temperaturach między 30° a 40°C. Dlatego przy ustalaniu temperatur zabójczych przyjęto jako pierwszą, najniższą temperaturę eksperymentu — 40°C, gdyż stanowi ona górną granicę możliwości rozwoju *Lenzites sepiaria* i nieco przekracza tę granicę dla *Coniophora cerebella*.

Krzywe wrażliwości termicznej grzybni wykreślone na układach współrzędnych przebiegają przez punkty w których wartości czasu i temperatury są zabójcze we wszystkich trzech powtórzeniach. Skutki działania



Rys. 2. Temperatury zabójcze dla grzybni *Coniophora cerebella* na podłożu agarowo-brzeczkowym w zależności od czasu ekspozycji i wilgotności atmosfery
 a — grzybnia młoda, atmosfera sucha, b — grzybnia młoda, atmosfera wilgotna,
 c — grzybnia stara, atmosfera sucha, d — grzybnia stara, atmosfera wilgotna

tych czynników dają się bowiem zauważyć już wcześniej — w tych samych warunkach następuje zabicie jednej lub dwóch grzybni. Diagramy wrażliwości grzybni *Coniophora cerebella* i *Lenzites sepiaria* na temperaturę w zależności od czasu jej działania i wilgotności otoczenia dają w praktyce możliwość dostosowania procesu dezynfekcji do charakteru i stopnia uszkodzenia drewnianego obiektu zabytkowego. Pozwala to na prawidłowe zaprogramowanie i bezpieczny przebieg tegoż procesu bez obawy pogorszenia stanu substancji zabytkowej. Wyniki badań dokonanych na obu grzybach, wyhodowanych na różnych podłożach i poddanych ekspozycji termicznej przy różnej wilgotności, pod jednym względem zgadzały się we wszystkich przypadkach: *Lenzites sepiaria* był bardziej odporny na podwyższone temperatury niż *Coniophora cerebella*. Grzyb *Coniophora cerebella* reagował na stosunkowo niską temperaturę, która w zależności od wilgotności otoczenia oraz wieku grzybni wynosiła 45—60°C. Pełną skuteczność zabiegu uzyskać można działając na zarodniki i grzybnię (niezależnie od jej wieku) temperaturą 60°C przez okres 150 minut. Temperatury zabójcze dla *Lenzites sepiaria* były wyższe, gdyż w zależności od wieku grzybni i wilgotności otoczenia rozpoczynały dzia-



Rys. 3. Temperatary zabójcze dla grzybni *Lenzites sepiaria* na podłożu agarowo-brzeczkowym w zależności od czasu ekspozycji i wilgotności atmosfery. Objasnienia jak na rysunku 2

łanie przy 60—70°C (rys. 3). Pełną skuteczność zabiegu uzyskać można działając na zarodniki i grzybnię (niezależnie od jej wieku) temperaturą 70°C przez okres 140 minut.

Dokonanie omawianych eksperymentów w warunkach dwóch różnych wilgotności (90—95% oraz 45—50%) dało wyniki pozwalające na określenie wpływu, jaki wywiera ona na zabijaną termicznie grzybnię. Podwyższona wilgotność nieznacznie opóźnia moment termicznej śmierci młodej grzybni ale tylko w zakresie niższych temperatur, tj. do 85°C dla *Lenzites sepiaria* i 60°C dla *Coniophora cerebella*. Powyżej tych temperatur wpływ wilgotności zanika, a zniszczenie uwarunkowane jest tylko temperaturą i czasem. Grzybnia stara, będąc bardziej odporna na temperaturę od grzybni młodej, ulega łatwiej zniszczeniu, gdy otoczenie jest bardziej wilgotne. Zjawisko to występuje w całym zakresie przebadanej temperatury. Jedynie przy 90—100°C wpływ wilgotności przestaje być zauważalny ze względu na krótkie ekspozycje termiczne. Rodzaj podłoża może w sposób istotny wpłynąć na skuteczność zabiegu ogrzewania uzależniając czas ekspozycji i uzyskanie efektu letalnego od swych właściwości izolacyjnych i stosunku własnej wilgotności do wilgotności at-

mosfery. Bardziej szczegółowe przeanalizowanie wyników, a zwłaszcza diagramów zależności, pozwoliło wysnuć szereg dalszych wniosków.

Efekt zabicia grzybni pod wpływem ekspozycji termicznej jest funkcją działania czasu i temperatury przy współdziałaniu wilgotności. Nie stwierdzono ewidentnego, bezpośredniego wpływu rodzaju użytych podłoży na termiczną odporność grzybni. Wydaje się, że różnice w skuteczności ekspozycji termicznych zaistniałe przy różnych podłożach są konsekwencją ich właściwości izolacyjnych. Jest też oczywiste, że czasy ekspozycji koniecznej do zabicia grzybni zależą od wielkości przekroju próbki użytej do eksperymentu.

Bardzo istotnym czynnikiem wywierającym znaczny wpływ na skuteczność zabiegu jest wilgotność otoczenia, na co zwracano już uwagę w literaturze [1, 6, 9]. Wilgotność ta wywiera wpływ zarówno na grzybnię hodowaną na agarze jak i na ścierze drzewnym lub drewnie. Zwiększenie skuteczności zabiegu w atmosferze wilgotnej, między innymi, wynika z faktu, że podłoże grzyba oraz jego grzybnia zawierają wodę, której podczas ogrzewania nie oddają tak gwałtownie jak w atmosferze suchej, przez co nie tracą energii na ciepło parowania, a więc są pozbawione czynnika ochładzającego i opóźniającego moment śmierci termicznej grzyba. Fakt ten nabiera szczególnego znaczenia przy najniższych temperaturach zabójczych, mogących się okazać nieskutecznymi w atmosferze suchej, w której grzybnia ulegnie tylko wysuszeniu. Nie oznacza to jednak, że tego rodzaju wysuszenie nie może być bezpośrednią przyczyną śmierci termicznej grzyba i należy odróżnić taki przypadek od obumarcia grzybni z powodu braku dopływu wilgoci w temperaturach odpowiednich dla wzrostu [8, 12].

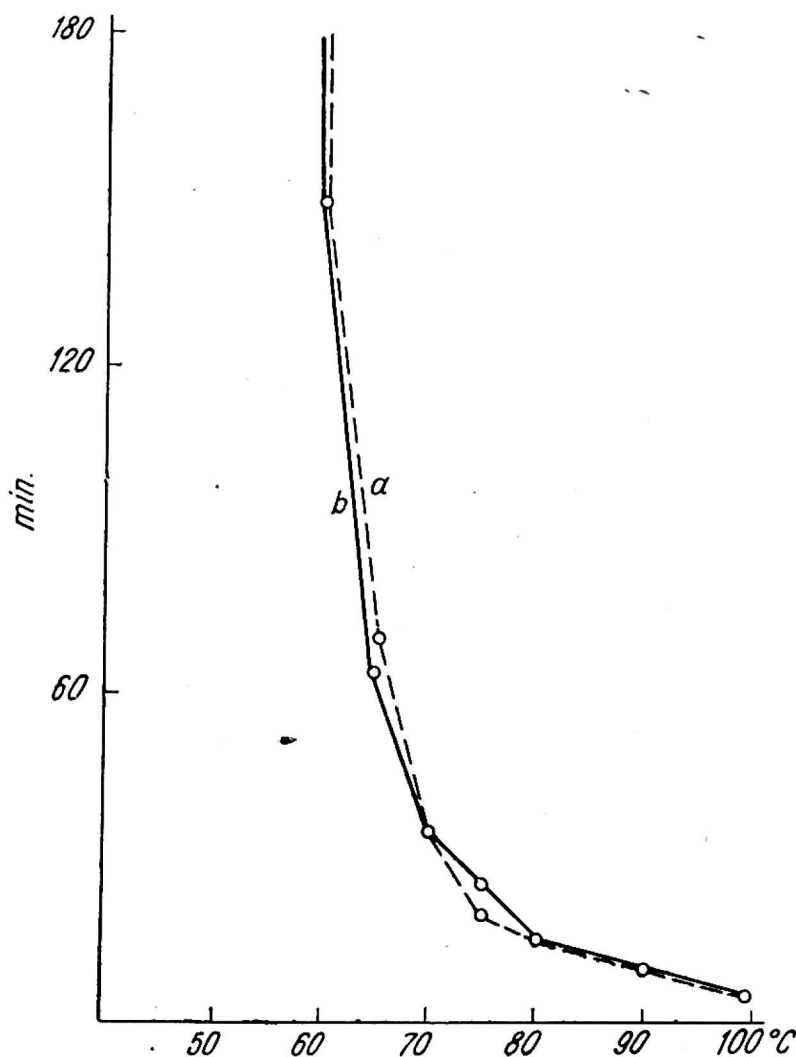
Szybkie wysuszenie posiada bez wątpienia destrukcyjny charakter lecz też nie bywa jedyną przyczyną zabicia grzyba. Odgrywa ono istotną rolę w zakresie dłuższych ekspozycji, przy niższych temperaturach oraz w atmosferze suchej. W środowisku wilgotnym i pod wpływem wysokich, zbliżonych do 100°C temperatur, śmierć termiczna grzyba spowodowana jest zmianami nie związanymi bezpośrednio z ubytkiem wody. Zmiany, jakie w danym wypadku zachodzą w komórkach strzępek, porównać można raczej ze zmianami powstałymi po ugotowaniu niż ze zmianami powstałymi po wysuszeniu.

Dwoistość termicznego działania na grzybnię znajduje odbicie w ukształtowaniu krzywej wrażliwości termicznej. Jej ugięcie w zakresie średnich temperatur zabójczych dla danego grzyba, jest miejscem gdzie oba zjawiska, tj. suszenie i przegrzanie, zamieniają się rolą dominującą. W tym też momencie zabieg staje się najbardziej efektywny, gdyż do uzyskania efektu letalnego wymaga współdziałania możliwie najniższych wartości czasu i temperatury. Spowodowane przez wysuszenie zjawisko zagęszczenia roztworów wewnątrz komórki prowadzi do zahamowania procesów biologicznych. Sytuacja ta nie zawsze bywa przyczyną śmierci

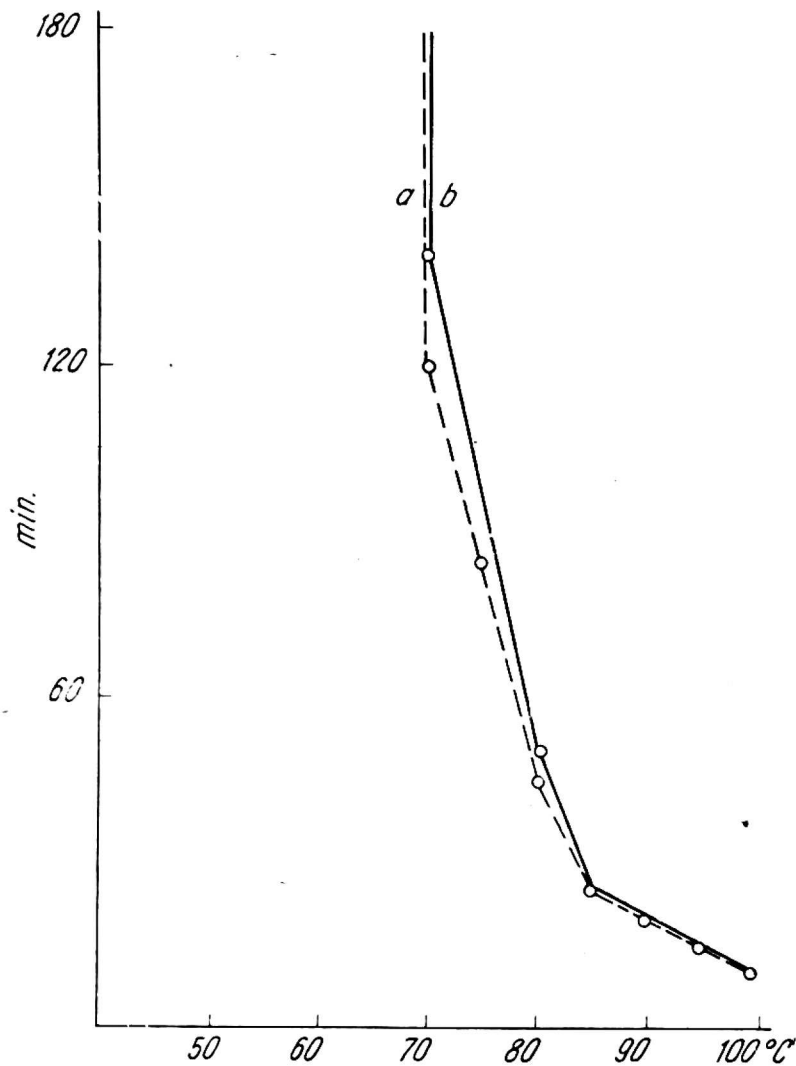
grzyba i może być odwracalna przy ponownym dopływie wilgoci, jeśli nie nastąpi proces koagulacji koloidów spowodowany nadmiernym stężeniem soli lub zmianą pH, które to zjawiska determinują wrażliwość grzyba na przesuszenie, uzależniając ją od składu chemicznego zawartości komórki oraz stężenia występujących w niej substancji [14, 16]. W zakresie temperatur wysokich procesy destrukcyjne mają charakter gwałtowny i nieodwracalny. Wysoka temperatura powoduje w komórce szereg zabójczych zmian np. inaktywację enzymów, denaturację białek itp. W praktyce oba typy destrukcji nie występują osobno — przy niższych temperaturach dominuje suszenie; przy wyższych — przegrzanie.

Zarodniki podstawkowe będące formą grzyba dostosowaną do przetrwania maksymalnie trudnych warunków naturalnych są odporne na przesuszenie, a tym samym na ekspozycję termiczną w zakresie niższych temperatur letalnych. Temperatury wysokie działają na nie dość skutecznie, w podobnym stopniu jak na starą grzybnię, nie zauważono także wyraźnego wpływu wilgotności otoczenia.

Podwyższone temperatury powodują wędnięcie strzępek (obniżenie turgoru) oraz zmiany optyczne w protoplazmie, które można zaobserwować w mikroskopie optycznym (powiększenie 600 ×). Zaznaczają się one



Rys. 4. Temperatury zabójcze dla zarodników *Coniophora cerebella* w zależności od czasu ekspozycji i wilgotności atmosfery
a — atmosfera sucha, b — atmosfera wilgotna



Rys. 5. Temperatury zabójcze dla zarodników *Lenzites sepiaria* w zależności od czasu ekspozycji i wilgotności atmosfery
 a — atmosfera sucha, b — atmosfera wilgotna

przede wszystkim uczytelnieniem rysunku strzępek i niektórych elementów ich struktury wewnętrznej. Zjawisko to jest wynikiem ubytku wody z substancji komórkowej i co za tym idzie, zmiany jej współczynnika załamania światła. Istotnym elementem zmian wizualnych jest również krystalizacja soli zawartych w komórkach, głównie szczawianu wapnia.

Dane, jakie uzyskano podczas badań, wykorzystane zostały do przeprowadzenia dezynfekcji niewielkich, drewnianych eksponatów etnograficznych. Zabiegów dokonano w skali laboratoryjnej, używając do tego celu suszarki zaopatrzonej w psychrometr i nawilżacz, pozwalający podczas nagrzewania utrzymać drewno w równowadze higroskopijnej, wykluczającej odkształcenia, pęknięcie, poluzowanie spoin itp.

WNIOSKI

Rezultaty badań pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

1. Oba przebadane gatunki w różnym stopniu są wrażliwe na podwyższone temperatury.

2. Temperatury letalne dla *Coniophora cerebella* rozpoczynają się w granicach 45—60°C. Pełną skuteczność zabiegu uzyskać można działając temperaturą 60°C przez 150 minut.

3. Temperatury letalne dla *Lenzites sepiaria* rozpoczynają się przy 60—70°C. Pełną skuteczność zabiegu uzyskać można działając temperaturą 70°C przez 140 minut.

4. Wilgotność atmosfery w praktyce przyspiesza efekt letalny spowodowany głównie przez wysoką temperaturę i czas działania.

5. Główne przyczyny śmierci termicznej grzyba to przegrzanie i przesuszenie. Temperatury niższe i dłuższe czasy ekspozycji powodują przesuszenie, wyższe — przegrzanie.

6. Najefektywniejsza jest ekspozycja prowadzona w punkcie, w którym przegrzanie i przesuszenie zamieniają się rolą dominującą.

7. Podwyższone temperatury powodują zmiany optyczne w obrazie mikroskopowym grzybni, co jest wynikiem ubytku wody z komórek oraz krystalizacji soli.

8. Skuteczność ekspozycji termicznej zależy od szeregu czynników takich jak: odporność grzyba, wilgotność podłoża, jego właściwości izolacyjne, wielkość (grubość) elementu odgrzybianego.

9. Istnieje możliwość praktycznego zastosowania podwyższonych temperatur do zwalczania grzybów niszczących drewno, co ma szczególne znaczenie w przypadku drewna zabytkowego, zwłaszcza iż uzyskane wyniki przedstawione graficznie pozwalają na dobieranie parametrów zabiegu dezynfekcji odpowiednich dla stanu i charakteru drewnianego obiektu.

LITERATURA

1. Chidester M. S.: Temperatures necessary to kill fungi in wood. Proc. Amer. Wood. Press. Ass. 33, 1937.
2. Chidester M. S.: Further studies on temperatures necessary to kill fungi in wood. Proc. Amer. Wood Press. Ass. 35, 1939.
3. Falck R.: Wachstumsgesetze, Wachstumsfaktoren und Temperaturwerte der holzerstörenden Mycelien. Hausschwammforschungen 1, Jena. 1907.
4. Falck R.: Die Lenzites-Fäule des Coniferenholzes. Hausschwammforschungen 3, Jena 1909.
5. Falck R.: Die Merulius-Fäule des Bauholzes. Hausschwammforschungen 6, Jena 1912.
6. Forest Products Laboratory Madison. Temperatures necessary to kill fungi in wood. Techn. Not., nr 259, 1956.
7. Liese J.: Beobachtungen über die Biologie holzerstörender Pilze. Angewandte Botanik, 13, 1931.
8. Miller R., Meyer E. I.: Wlijanije wysusziwanija porażiennoj domowymi gribami driewiesiny na ich żyzniesposobnost. Sbornik rabot Laboratorii Chranienija Driewiesiny. Moskwa 1934.
9. Montgomery H. B. S.: An investigation of the temperatures lethal to some wood-desaying fungi. Transactions the British Mycological Society, 20, 1936.

10. Silvestrov A. D.: Ispolzowanije goriaczego wozducha w borbe s domowymi gribami. Trudy Instituta Lesa, 6, 1950.
11. Snell W. H.: The effect of heat upon the mycelium of certain structural timber destroyin fungi within wood. Phytopath. 12, 1922.
12. Theden G.: Untersuchungen über die Fähigkeit holzzertörender Pilze zur Trockenstaree. Angewandte Botanik. 35, 1963.
13. Wanin S. J., Andrejewa J. E., Władimirskaja N. N., Sokolow D. W.: Domowyje griby i konserwirowanije drierwiesiny. Izdatielstwo KUBUCz Leningrad 1932.
14. Ważny J.: Badania nad wartością pH grzybni niektórych grzybów niszczących drewno. Acta Soc. Bot. Pol. 29, 1960.
15. Ważny J., Czajnik M.: Występowanie grzybów niszczących drewno w budynkach na terenie Polski. Fol. for. pol., ser. B, 5, 1963.
16. Ważny J.: Badania nad wpływem odżywiania mineralnego na wzrost grzybów *Coniophora cerebella* Fers. i *Merulius laerymans* Wulf. (Fr.) Acta Soc. Bot. Pol. 32, 1963.

В. Курпик

ВЛИЯНИЕ ПОВЫШЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ГРИБЫ
CONIOPHORA CEREBELLA PERS. И *LENZITES SEPIARIA* FR.

Резюме

Проведены исследования, имеющие целью создание научных основ практических методов борьбы с грибами, разрушающими древесину в старинных объектах, при помощи повышенных температур. Исследовались грибницы и споры базидиомицетов *Coniophora cerebella* Pers. и *Lenzites sepiaria* Fr. Определено время действия температуры, необходимое для достижения летального эффекта, с учетом содействия влажности и возраста грибницы. Составлена диаграмма, позволяющая выбрать параметры времени, влажности и температуры в зависимости от вида и состояния объекта.

W. Kurpik

THE INFLUENCE OF RAISED TEMPERATURES ON *CONIOPHORA CEREBELLA*
PERS. AND *LENZITES SEPIARIA* FR.

Summary

The research was carried out in order to create scientific grounds for practical raised-temperature methods of control of wood-destroying fungi in historical objects.

The research was carried out on the mycelium and basidiospores of *Coniophora cerebella* Pers. and *Lenzites sepiaria* Fr.

The temperature action-time necessary to obtain lethal effect was settled with respect to the mutual influence of humidity and age of a mycelium. The diagrams enable finding suitable parameters of time, humidity and temperature according to kind and condition of an object were worked out.