

Hanna Kwaśna

Mykoflora występująca na zaprawie gipsowej ruin zespołu pałacowego w Lednogórze

Ochrona Zabytków 48/1 (188), 97-100

1995

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

MYKOFLORA WYSTĘPUJĄCA NA ZAPRAWIE GIPSOWEJ RUIN ZESPOŁU PAŁACOWEGO W LEDNOGÓRZE

Wstęp

Rozwój mikroorganizmów na porowatych materiałach budowlanych zaobserwowano wiele razy. Najczęściej wymienia się przypadki obecności na kamieniu, skałach, piaskowcu lub betonie mikroorganizmów auto- lub heterotroficznych, które czerpią energię konieczną dla swojego wzrostu i rozwoju z rozkładu substancji organicznych obecnych na powierzchni w postaci farby, klejów lub różnorodnych zanieczyszczeń organicznych. Grzyby mogą rozwijać się na wspomnianych podłożach. W celu zdobycia nowych źródeł pożywienia lub w poszukiwaniu odpowiedniego środowiska mogą również wnikać w głąb zasiedlonych podłoży.

Rozpad materiałów budowlanych wchodzących w skład ścian 1000-letnich ruin zabytkowego zespołu kościelno-pałacowego w Lednogórze dał okazję do badań nad udziałem mikroorganizmów, głównie grzybów, w procesie rozkładu zaprawy gipsowej oraz piaskowca, użytych w konstrukcji budowli.

Materiał i metody

Grzyby wyizolowano ze ścian ruin na początku maja 1993 roku. Pobrano następujące próbki:

Nr 1 — zaprawa gipsowa pokryta uprzednio szkłem wodnym, z zachodniej strony pałacu,

Nr 2 — rozpadający się piaskowiec pokryty uprzednio szkłem wodnym, z zachodniej strony pałacu,

Nr 3 — zaprawa gipsowa, ze ściany południowej,

Nr 4 — rekrytalizowana zaprawa gipsowa, ze ściany południowej,

Nr 5 — zaprawa gipsowa, z południowej części basenu w kaplicy,

Nr 6 — zaprawa gipsowa, z dolnej części ściany północnej pałacu,

Nr 7 — zaprawa gipsowa, z dolnej części ściany zachodniej w oddzielnie usytuowanej kaplicy.

Grzyby izolowano z powierzchni oraz z wnętrza każdej próbki. Dostęp do wnętrza uzyskiwano poprzez przełamanie większego fragmentu próbki. Nie stosowano chemicznej sterylizacji próbek. Fragmenty zaprawy wykładano na powierzchnię schłodzonej pożywki SNA oraz PDA (z antybiotykiem oraz bez antybiotyku) na płytce Petriego, które inkubowano w temperaturze pokojowej przy zachowaniu naturalnego rytmu (dzień/noc) zmian światła. Po 7 i 14 dniach przeglądano pojawiające się kolonie grzyba. Wię-

szość grzybów identyfikowano na podstawie ich morfologii bezpośrednio na płytkach. Inne grzyby przenoszono do próbek z pożywką PDA i identyfikowano w terminie późniejszym. Zastosowano 36 powtórzeń dla każdej próby.

Wyniki

Izolacja grzybów z zaprawy gipsowej oraz piaskowca ze ścian ruin zabytkowego zespołu pałacowego w Lednogórze wykazała obecność 49 różnych gatunków grzybów (tabela 1). Do najczęściej występujących należały: *Alternaria alternata*, *Chrysosporium pannorum*, *Cladosporium herbarum*, *Epicoccum purpurascens*, *Penicillium* spp. i *Tritirachium oryzae*. Wystąpiły one na większości badanych próbek.

Zarówno zaprawa gipsowa (Nr 1), jak i rozpadający się piaskowiec (Nr 2), które wcześniej zabezpieczono szkłem wodnym ($K_2O \times n SiO_2$) zasiedlone były tylko przez nieliczne gatunki grzybów, które występowały sporadycznie, na 3-28% inokulów, głównie na powierzchni próbek. Zaprawa gipsowa (Nr 3) pobrana ze ściany południowej pałacu okazała się prawie sterylna. Tylko 5 gatunków grzybów wystąpiło sporadycznie na jej powierzchni. Pierwsze 3 próby zasiedlone były przez *Chaetomium* sp., *Chrysosporium pannorum*, *Cladosporium* spp., *Penicillium* spp., *Stemphylium botryosum*, *Tritirachium oryzae* oraz *Verticillium bulbillosum*. Dodatkowo w próbie Nr 3 stwierdzono obecność występującego tylko w tym jednym miejscu gatunku — *Arthroderma quadrifidum*. Zaprawa gipsowa rekrytalizowana (Nr 4) i trzy pozostałe próbki zaprawy gipsowej (Nr 5, 6, 7), które pobrane były z dolnych partii ścian ruin, w wyniku ciągłego kontaktu z glebą zasiedlone były przez większą ilość grzybów, głównie przez typowe grzyby glebowe. Procent inokulów zasiedlonych przez te grzyby wynosił 3-100. Najczęściej występował kosmopolityczny grzyb *Alternaria alternata*, któremu zazwyczaj towarzyszyły *Cladosporium herbarum* oraz *Epicoccum purpurascens*. Na zaprawie gipsowej wszystkie one znajdowały doskonałe warunki dla rozwoju. Preferencje pokarmowe grzyba *Alternaria alternata* zaowocowały obfitym zarodnikowaniem w warunkach *in vitro*, zaobserwowanym bezpośrednio po izolacji. Rodzaj *Mortierella* był reprezentowany przez *M. acuminata*, *M. alpina*, *M. clausenii* i *M. minutissima*. Próba Nr 7 była najsilniej opanowana przez te grzyby. Poza wyżej wspomnianymi, najczę-

Tabela 1. Procentowy udział grzybów w próbkach materiałów budowlanych z ruin zespołu pałacowego w Lednogórze

| | Numer próby | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------|---|----|---|----|---|----|----|----|----|----|----|-----|----|
| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | | 7 | |
| | na | w | na | w | na | w | na | w | na | w | na | w | na | w* |
| <i>Acremonium</i> sp. | | | | | | | | | | | 8 | | | |
| <i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissler | | | | | | | 67 | 53 | 8 | | 83 | 14 | 50 | 50 |
| <i>Apiospora montagnei</i> Sacc. | | | | | | | 14 | | 3 | | | | | |
| <i>Arthroderma quadrifidum</i> Dawson & Gentles | | | | | 3 | | | | | | | | | |
| <i>Aspergillus fumigatus</i> Fres. | | | | | | | | | | | | | 67 | 56 |
| <i>Aspergillus versicolor</i> (Vuill.) Tiraboschi | | | | | | | | | 6 | | | | | |
| <i>Chaetomium</i> sp. | | | 9 | | | | | | | | | | | |
| <i>Chrysosporium merdarium</i> (Link ex Grev.) Carm. | | | | | | | | | | | | | | 28 |
| <i>Chrysosporium pannorum</i> (Link) Hughes | 3 | | | | 3 | | 83 | | 42 | 67 | | | | |
| <i>Cladosporium herbarum</i> Link ex Fr. | | | 3 | | 6 | | 64 | 56 | 6 | | 47 | 22 | 6 | |
| <i>Cladosporium macrocarpum</i> Preuss | | | 3 | | 3 | | 11 | | | | 3 | | | |
| <i>Cunninghamella elegans</i> Lendner | | | | | | | | | | | | | 39 | 22 |
| <i>Embellisia allii</i> (Campanile) E. Simmons | | | | | | | | | | | | | 6 | |
| <i>Epicoccum purpurascens</i> Ehrenb. ex Schlecht. | | | | | | | 67 | 8 | | | 42 | | | |
| <i>Exophiala</i> sp. | | | | | | | | | 8 | 3 | | | | |
| <i>Fusarium equiseti</i> (Corda) Sacc. | | | | | | | | | | | | | 72 | 6 |
| <i>Fusarium culmorum</i> (W. G. Sm.) Sacc. | | | | | | | | | | | 17 | | | |
| <i>Fusarium oxysporum</i> Schlecht. | | | | | | | | | | | | | 11 | 11 |
| <i>Fusarium solani</i> (Martius) Sacc. | | | | | | | | | 69 | 3 | | | | |
| <i>Gilmaniella humicola</i> Barron | | | | | | | | | | | | | 6 | |
| <i>Mammoniella echinata</i> (Riv.) Galloway | | | | | | | | | 3 | | | | | |
| <i>Monocillium indicum</i> Saksena | | | | | | | | | | | | | 28 | 22 |
| <i>Mortierella acuminata</i> Linnemann | | | | | | | | | | | 39 | | 94 | 67 |
| <i>Mortierella alpina</i> Peyr. | | | | | | | | | | | 39 | | 100 | 50 |
| <i>Mortierella clausenii</i> Linnemann | | | | | | | | | | | | | 56 | 17 |
| <i>Mortierella minutissima</i> van Tieghem | | | | | | | | | | | 69 | | | |
| <i>Mucor circinelloides</i> van Tieghem | | | | | | | | | | | | | 11 | |
| <i>Mucor globosus</i> Fisher | | | | | | | | | | | | | 3 | |
| <i>Paecilomyces farinosus</i> (Holm.) Brown & Sm. | | | | | | | | | | | 3 | | | |
| <i>Panicillium chrysogenum</i> Thom | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Penicillium cyaneo-fulvum</i> Biourge | | | | | 6 | | | | | | | | | |
| <i>Penicillium cyclopium</i> Westling | | | | | | | 83 | | | | | | | |
| <i>Penicillium expansum</i> Link | | | | | | | 8 | | | | | | | |
| <i>Penicillium martensii</i> Biourge | | | | | | | 3 | | 47 | 11 | | | | |
| <i>Penicillium nalgiovensis</i> Laxa | | | | | | | | | 14 | | | | | |
| <i>Penicillium roseo-purpureum</i> Dierckx | | | | | | | | | 19 | | | | | |
| <i>Penicillium</i> sp. | | | | | | | | | | | 6 | 3 | 39 | 99 |
| <i>Phoma eupyrena</i> Sacc. | | | | | | | | | | | | | 6 | |
| <i>Phoma exigua</i> Desm. | | | | | | | | | 19 | | | | | |
| <i>Phoma</i> sp. | | | | | | | | | | | | | 11 | |
| <i>Pythium</i> sp. | | | | | | | | | | | | | 17 | 6 |
| <i>Stemphylium botryosum</i> Wallr. | | | 3 | | | | | | | | 6 | | | |
| <i>Trichocladium asperum</i> Harz | | | | | | | | | | | 3 | | | |
| <i>Trichoderma virens</i> (Mil., Gid. & Fos.) von Arx | | | | | | | | | | | | 6 | | |
| <i>Trichoderma viride</i> Pers. | | | | | | | | | | | 3 | | | |
| <i>Tritirachium oryzae</i> (Vincens) de Hoog | 28 | 3 | | | | | | | 19 | 56 | | | | |
| <i>Ulocladium consortiale</i> (Thum.) E. Simmons | | | | | | | | | | | | 6 | | |
| <i>Ulocladium oudemansii</i> E. Simmons | | | | | | | | | 3 | | | | 11 | |
| <i>Verticillium bulbillosum</i> W. Gams & Malla | 14 | | | | | | 3 | | | | 6 | | | 6 |

Objaśnienia:

* na — na powierzchni próby; w — wewnątrz próby

ściej izolowano innych przedstawicieli rzędu *Mucorales* oraz liczne gatunki z rodzaju *Fusarium*, które w próbie Nr 6 i 7, wspólnie z szybko rosnącymi i posiadającymi właściwości fungistatyczne grzybami z rodzaju *Penicillium* i *Trichoderma* eliminowały gatunki rosnące wolniej. Obecność grzyba *Aspergillus fumigatus* stwierdzono tylko w zaprawie gipsowej ściany znajdującej się w pobliżu dawnego miejsca pochówku zmarłych. Inne grzyby wystąpiły rzadko, czasami tylko w jednej próbie.

Z uwagi na obecność licznych drobnoustrojów, jak również pewnych ilości materii organicznej głównie na powierzchni, ale również wewnątrz, mikroorganizmy z pewnością uczestniczą w wolno postępującym, ale nieprzerwanym rozkładzie minerałów, skał oraz materiałów budowlanych. Wszystkie ze stwierdzonych grzybów są typowymi grzybami glebowymi. Z gleby wnikają one do innych podłoży, np. zapraw murarskich. Najczęściej występują w dolnych partiach obiektów, w pobliżu powierzchni gleby, na ścianach — głównie od strony północnej, w miejscach nie osłoniętych, gdzie znajdują doskonałe warunki wilgotnościowe. Częstotliwość występowania grzybów wzrasta wraz ze wzrostem wilgotności. Niektóre z nich, np. grzyby z rodzaju *Mortierella* mogą zaadaptować się do niższej temperatury, ale nigdy do suszy. Zarodniki stwierdzonych grzybów powszechnie występują również w powietrzu. Rodzaj *Cladosporium* jest dominującym. *Cladosporium herbarum* jest najczęściej występujący grzybem w powietrzu¹. Inne ze stwierdzonych grzybów również często występują w powietrzu.

Gips $\text{CaSO}_4 \times 2 \text{H}_2\text{O} + 10\text{-}40\% \text{ CaCO}_3$ może być źródłem węgla, niezbędnego dla wzrostu grzybów. Nie można wykluczyć, że aktywność enzymatyczna grzybów nie powoduje rozkładu cząstek gipsu w celu pozyskania węgla i innych pierwiastków. Generalnie, częstotliwość występowania grzybów uza-

leżniona jest od poziomu pH, który w tym szczególnym przypadku regulowany jest przez wapń występujący w cząsteczce gipsu. Powszechnie wiadomo, że obecność węgla stymuluje grzyby z rodzaju *Fusarium* do wytwarzania chlamydospor i ich kiełkowania. Obecność wapnia zwiększa zarodnikowanie *Alternaria alternata*² oraz wzrost *Mortierella minutissima*³, co sugeruje, że gips może sprzyjać obecności tych i innych stwierdzonych grzybów. Kontakt z wolną przestrzenią zwiększa wilgotność, co czyni fakt występowania grzybów na podłożu gipsowym jeszcze bardziej możliwym. Naturalną konsekwencją obecności grzybów będzie rozkład zaprawy gipsowej. Większość gatunków wyizolowanych z zaprawy była stwierdzona już poprzednio na materiałach budowlanych, wapieniu, zaprawach murarskich, betonie, farbach olejnych, zwłaszcza w warunkach podwyższonej wilgotności. *Cladosporium herbarum* wystąpił na freskach klasztornych⁴, farbach olejnych⁵, powszechnie występował na wilgotnych zaprawach murarskich⁶, powodował rozkład epoksydowych i innych tworzyw sztucznych⁷. *Chrysosporium pannorum* i *Mortierella alpina* stwierdzano na ścianach grot w Piemontie i na Kaukazie⁸. *Mortierella minutissima* była obecna w cząsteczkach mineralnych w glebie⁹, *Cunninghamella elegans*, *Mucor circinelloides* i *M. globosus* na ścianach grot i powierzchni fresków¹⁰. *Aspergillus fumigatus* powodował rozkład mas plastycznych¹¹. Biorąc pod uwagę możliwości wspomnianych grzybów do zasiedlania różnych mineralnych podłoży, jak również ich zdolność do wnikania do wnętrza zasiedlonych substratów, wydaje się, że wyizolowane grzyby brały udział w rozkładzie i kruszeniu zaprawy gipsowej. J. Ważny¹² zauważył, że proces rozkładu betonu przez grzyby powodujące rozkład drewna jest wynikiem wydzielania różnych kwasów organicznych uwalnianych w trakcie rozkładu. Strzępki, zasiedlając pory betonu, wywołują, w naj-

1. H. J. Hudson, *Aspergilli in the air-spores at Cambridge*, „Transactions of the British Mycological Society”, 1969, v. 52, s. 153-159.

2. J. S. Grewal, *Effect of trace elements on growth and sporulation of Alternaria alternata*, „Lloydia” 1955, v. 19, s. 188-191.

3. V. O. Nicholls, *Fungi of chalk soils*, „Transactions of the British Mycological Society”, 1956, s. 39, s. 233-236.

4. I. Ionita, *Contribution to the study of the biodeterioration of the works of art and historical monuments. 4. Fungi involved in the deterioration of mural painting from the monasteries of Moldavia*, „Revue Roumaine de Biologie”, ser. Botanique, 1973, v. 18, s. 179-189.

5. Y. Emoto, *Fungi grown on oil-painting*, „Transactions of Mycological Society, Japan” 1966, v. 7, s. 367-368.

6. D. L. Hawksworth, *The natural history of Slapton ley nature Reserve*. 6. Fungi. Fld. Stud. 1976, v. 4, s. 391-439.

7. J. Van der Toorn, *The deterioration of vinyl polymers and plasticizers. 1. Isolation of microorganisms and experiments with polyvinyl alcohol*, „Zentralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde, Infektionskrankheiten und Hygiene”, II Abteilung, 1969, v. 123, s. 101-110.

8. E. S. Lisina-Kulik, *Soil mycoflora in some carst caves of the Caucasus*,

Krasnodar Region, „Mikologia i Fitopatologia” 1968, v. 2, s. 458-461; E. S. Lisina-Kulik, *Mycoflora of soil and rocks of some carst caves in Southern Primor'e*, „Mikologia i Fitopatologia” 1969, v. 3,

s. 538-542; A. M. Luppi-Mosca, F. Campanino, *Analisi micologica del terreno di grotte Piemontesi*, „Allionia” 1962, v. 8, s. 27-43.

9. I. Balasooriya, D. Parkinson, *Studies on fungi in pine wood soil. 2. Substrate relationships of fungi in the mineral horizons of the soil*, „Revue d'Ecologie et Biologie du Sol” 1967, v. 4, s. 639-643.

10. E. S. Lisina-Kulik, *Mycoflora...*; L. Zeller, *Mucorales from the Baradla Cave in Aggtelek*, „Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis de Rolando Eoetvoes nominatae, section Biologie”, 1968, v. 9-10, s. 387-399.

11. F. Staib, *Deteriorating material as a possible source of fungi pathogenic to man: Aspergillus fumigatus as an example*, „Biodeterioration. Proceedings of the fourth International Symposium”, Berlin 1980, s. 341-343.

12. J. Ważny, *The influence of wood-destroying fungi on concrete*, „Biodeterioration. Proceedings of the fourth International Symposium”, Berlin 1980, s. 59-62.

bliższym sąsiedztwie, reakcje pomiędzy wydzielanymi metabolitami i komponentami materiału, który na skutek utraty spoiwości traci swoją konsystencję i ulega rozpadowi. Powyższe wnioski potwierdzone zostały przez badania Eckhardta¹³, który stwierdził, że różne kwasy organiczne produkowane przez grzyby strzępkowe należą do ważnych czynników degradujących. Ich produkcja może być stymulowana przez wapń, z którym stopniowo kwasy te tworzą rozpuszczalne sole. Poza aktywnością chemiczną grzyby posiadają znaczną siłę mechaniczną. Umożliwia ona strzępkom penetrację podłoża i barier nieorganicznych. Ponieważ zakres rozkładu podłoża ograniczony jest do powierzchni kontaktu ze strzępkami grzyba, zasięg zmian technicznych w podłożu będzie zależał od rozmiarów tej powierzchni.

Przedstawione mechanizmy mogą być przyczyną rozkładu i rozpadu badanej zaprawy gipsowej.

Niektóre z badanych grzybów znane są jako szybko rosnące oraz silnie współzawodniczące w opanowaniu podłoża, i te ich cechy i zdolności dają się zauważyć w trakcie zasiedlania gipsu. *Cunninghamella*, *Fusarium Mucor* i *Trichoderma*, dzięki swojej silnej aktywności antagonistycznej eliminowały z podłoża takie gatunki, jak: *Ch. pannorum* i *T. oryzae*. Ponieważ ostatni grzyb był stwierdzany zarówno na powierzchni jak i wewnątrz zaprawy gipsowej, wydaje się, że oba gatunki, jeżeli tylko nie są zdominowane, mogą samodzielnie uczestniczyć w rozkładzie materiałów budowlanych.

Interesujące jest jednak, że niezależnie od częstotliwości występowania grzybów w zaprawie, stopień i zakres rozpadu jest podobny. Sugerowałoby to, że omawiane grzyby tylko do pewnego stopnia uczestniczą w procesie wietrzenia powodowanym głównie przez temperaturę, ciśnienie, wilgoć, obecność soli i kwasów. Brak obecności licznej mykoflory w zaprawie gipsowej i piaskowcu uprzednio zabezpieczo-

nych szkłem wodnym sugeruje, że zasiedlenie przez grzyby, jak i ich udział w rozkładzie materiałów budowlanych może być ograniczony przez dokładne ich pokrycie warstwą materiałów izolacyjnych. Warunki mniejszej wilgotności, jakie obserwowano na południowej ścianie ruin pałacu wystawionej na działanie promieni słonecznych, również nie sprzyjają wzrostowi grzybów. Taka ekspozycja wydaje się jednak sprzyjać obecności *Arthroderma quadrifidum*, który należy do gatunków silnie keratynofilnych. Jego rozprzestrzenienie w glebie¹⁴ i innych podłożach zależy od dostępności do keratyny, która w postaci zanieczyszczeń mogła wystąpić na badanym fragmencie ściany.

Biorąc pod uwagę fakt, że ze wszystkich badanych próbek zaprawy wyizolowano również bardzo liczne kolonie bakterii, nie można wykluczyć udziału innych grup mikroorganizmów w procesie rozkładu gipsu.

Dalsze badania nad możliwościami i udziałem pojedynczych gatunków w rozkładzie podłoża mineralnych w warunkach sterylnych byłyby w tej sytuacji bardzo przyteczne.

Wnioski

Zaprawa gipsowa oraz piaskowiec ruin zabytkowego kompleksu kościelno-pałacowego w Lednogórze były zasiedlone przez 49 gatunków grzybów. Najczęściej występującymi były: *Alternaria alternata*, *Aspergillus fumigatus*, *Chrysosporium pannorum*, *Cladosporium herbarum*, *Cunninghamella elegans*, *Epicoccum purpurascens*, *Fusarium solani*, *F. culmorum*, *F. equiseti*, *Monocillium indicum*, *Mortierella acuminata*, *M. alpina*, *M. clausenii*, *M. minutissima*, *Penicillium cyclopium*, *P. martensii*, *Tritirachium oryzae*.

Należą one do typowych grzybów glebowych, wydaje się, że mogą współuczestniczyć w rozkładzie badanych materiałów budowlanych.

13. F. E. W. Eckhardt, *Microorganisms and weathering of sandstone monument*. „Environmental Biogeochemistry and Geomicrobiology”, 1978, v. 2, s. 657-686.

14. K. H. Domsch, W. Gams, Anderson Trauti-Heidi, *Compendium of soil fungi*, London 1980.

The Mycoflora of the Mortar of the Palace Ruins in Lednogóra

The gypsum mortar and sandstone of the 1000 year – old ruins in Lednogóra were inhabited by abundant mycoflora which included predominantly *Alternaria alternata*, *Aspergillus fumigatus*, *Chrysosporium pannorum*, *Cladosporium herbarum*, *Cunninghamella elegans*, *Epicoccum purpurascens*, *Fusarium solani*, *F. culmorum*,

F. equiseti, *Monocillium indicum*, *Mortierella acuminata*, *M. alpina*, *M. clausenii*, *M. minutissima*, *Penicillium cyclopium*, *P. martensii* and *Tririrachium roseum*. Fungi occurred on and in the examined samples and seem to participate in the deterioration of the building materials used in construction.