

Pietrykowska, Stanisława / Strzelczyk, Alicja

Wzajemne oddziaływanie na siebie promieniowców i grzybów niszczących malowidła olejne w obecności różnych składników tych malowideł

Acta Universitatis Nicolai Copernici. Zabytkoznawstwo i Konserwatorstwo 5 (52),
203-216

1974

Artykuł został 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.

Zakład Konserwacji Papieru
i Skóry

Stanisława Pietrykowska, Alicja Strzelczyk

WZAJEMNE ODDZIAŁYWANIE NA SIEBIE
PROMIENIOWCÓW I GRZYBÓW NISZCZĄCYCH MALOWIDŁA
OLEJNE W OBECNOŚCI RÓŻNYCH SKŁADNIKÓW TYCH
MALOWIDEŁ

Na malowidłach olejnych od strony licowej i na podobrazii rozwijają się zarówno grzyby, jak i promieniowce. Obie te grupy drobnoustrojów odznaczają się uzdolnieniami do wykorzystywania wszystkich materiałów budujących malowidło¹. Zaobserwowano jednak, że pewne obiekty są porośnięte w przeważającej części przez promieniowce, na innych natomiast dominują grzyby mikroskopowe².

W obu wypadkach skutkiem rozwoju i działalności tych mikroorganizmów są zmiany kolorystyczne obiektu, osłabienie podłoża oraz odstawanie i łuszczenie się warstwy malarskiej wynikłe z rozłożenia kleju w zaprawie.

Dominowanie grzybów lub promieniowców na obiekcie zabytkowym może mieć wiele przyczyn. Często środowisko jest opanowywane przez drobnoustroje szybko rosnące. Mogą to też być przyczyny natury pokarmowej, tzn.: większa zdolność jednej grupy organizmów do zużywania substancji zawartych w obiekcie. Decydującą rolę odgrywać tu mogą także uzdolnienia drobnoustrojów do wytwarzania substancji działających szkodliwie na inne mikroorganizmy. Do takich substancji należą np. enzymy rozpuszczające ścianę komórkową, wydzielane przez promieniowce i grzyby. Są to: keratynazy, chitynazy, egzocelulazy, inne polisacharydazy i lipazy. Wszystkie z nich oddziałują niszcząco na ścianę komórkową mikroorganizmów, powodując jej rozpuszczanie, a tym samym zniszczenie ciała drobnoustroju. Obecność chitynazy powodującej lizę ścian komórkowych *Aspergillus oryzae* stwierdzono u *Stroptomyces* sp., a glukanazy

¹ A. Strzelczyk, Podatność składników malowideł na atak drobnoustrojów, Biblioteka Muzealnictwa i Ochrony Zabytków, seria B, t. 28, 1970, s. 109—119.

² A. Strzelczyk, S. Pietrykowska, *Promieniowce niszczące malowidła olejne*, Ochrona Zabytków, nr 4, 1969, s. 263—272.

rozpuszczającej ściany komórkowe wielu grzybów u *Sclerotinia libertiana*³.

Ainsworth⁴ oraz Lilly i Barnett⁵ podają, że antybiotyki wytwarzane przez grzyby i promieniowce mogą oddziaływać litycznie na błony komórkowe drobnoustrojów lub mogą być truciznami wielu ich procesów życiowych. Wśród barwników grzybowych wytwarzanych licznie przez te mikroorganizmy wiele ma charakter antybiotyków. Na 300 szczepów grzybów nadrzecznych zbadanych przez Lilly i Barnetta przeszło 200 wytwarzało antybiotyki.

Wytwarzanie antybiotyków przez drobnoustroje zależy od wielu czynników zewnętrznych, m.in. od stężenia w podłożu substancji pokarmowych, od obecności pewnych aminokwasów, a szczególnie asparaginy itp. A. Strzelczyk i E. Strzelczyk stwierdzili znaczne pobudzenie tworzenia antybiotyków w pożywkach zawierających asparaginę⁶. Waksman⁷, Nickell i Burkholder⁸ podają również, że asparagina wpływa pobudzająco na tworzenie antybiotyków przez promieniowce. Pobudzająco na tworzenie antybiotyków i barwników mogą oddziaływać różne źródła C i N w środowisku, w którym rozwijają się drobnoustroje. Potwierdziły to badania Waksmana⁹ oraz Dudy i Kaszubiaka¹⁰.

Czynnikiem wpływającym decydująco na porostania obiektów zabytkowych przez drobnoustroje jest wilgotność. Wiadomo, że w warunkach prawie pełnego nasycenia wodą na obiektach zabytkowych mogą rozwijać się bakterie, a w miarę obniżania się wilgotności grzyby i promieniowce. Zakres wilgotności niezbędny do prosperowania tych dwu grup drobnoustrojów na obiektach zabytkowych jest prawdopodobnie podobny. Grzyby rozwijają się najlepiej przy wilgotności ok. 65—80%, a promieniowce mogą wykazywać działalność w zakresach nieco niższych. Znane są jednak grzyby obdarzone zdolnością kiełkowania na papierze w wilgotności znacznie niższej ok. 8%, a na innych materiałach organicznych przy wilgotności ok. 13—14%¹¹.

³ J. R. Villanueva, *Protoplasts of fungi-The fungi an advanced treatise*.

⁴ G. C. Ainsworth, A. S. Sussman, *The fungi-an advanced treatise*. New York—London, t. 1, 1966.

⁵ V. G. Lilly, H. L. Barnett, *Fizjologia grzybów*, Warszawa 1959.

⁶ A. Strzelczyk, E. Strzelczyk, *Antagonistyczne oddziaływanie promieniowców w zależności od różnych źródeł węgla i azotu w podłożu*, *Acta Microbiol. Polon.*, nr 10, 1961, s. 101—107.

⁷ S. A. Waksman, *Certain aspects of the physiology of Actinomycetes*, *Leeuwenhoek J. Microbiol. Serol.*, nr 12, 1947, s. 50.

⁸ L. G. Nickell, P. R. Burkholder, *Inhibition of Azotobacter by soil Actinomycetes*, *J. Amer. Soc. Agron.*, nr 9, 1947, s. 771.

⁹ S. A. Waksman, *Microbial antagonisms and antibacterial substances*, The Commonwealth Foundation, New York 1947.

¹⁰ J. Duda, H. Kaszubiak, *Badania nad wpływem podłoża na aktywność antybiotyczną promieniowców glebowych*, *Acta Microbiol. Polon.*, nr 6, 1957, s. 253.

W wyniku wzajemnego oddziaływania na siebie drobnoustrojów powstaje w środowisku określony zespół najbardziej przystosowany do wzrostu na danym materiale.

W związku z tym za cel niniejszej pracy postawiono zbadanie, które z czynników — chemiczne (pokarmowe), czy też natury fizycznej (wilgotność), wpływają na selekcję określonych zespołów drobnoustrojów na malowidłach.

Ostatnie zagadnienie w niniejszej pracy dotyczy wrażliwości grzybów i promieniowców na działanie fungicydów i ma na celu upewnienie się, czy środki chemiczne stosowane do odkażania i zabezpieczania obrazów olejnych w trakcie konserwowania działają równie skutecznie przeciw grzybom, jak i przeciwko promieniowcom.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Materiałem do badań były promieniowce i grzyby wyodrębnione z porośniętych przez nie malowideł olejnych.

1. Antagonistyczne oddziaływanie promieniowców na grzyby

Do badań użyto 10 szczepów promieniowców należących do rodzaju *Streptomyces* opisanych w pracy A. Strzelczyk i S. Pietrykowskiej¹² oraz trzech szczepów grzybów: *Cladosporium* sp., *Aspergillus* sp. i *Fusarium* sp.

Jako pożywkę podstawową użyto:

a) podłoże Waksmana o składzie: glukozy — 5,0 g, KNO_3 — 1,0 g, K_2HPO_4 — 0,5 g, MgSO_4 — 0,2 g, FeSO_4 — ślady, agaru — 14 g, wody destylowanej — 1000 ml, pH — ok. 7,0 oraz jego modyfikacje uzyskane przez zmianę źródeł węgla azotu i siarki;

b) podłoże Waksmana z celulozą jako źródłem C i NaNO_3 jako źródłem azotu;

c) podłoże Waksmana ze skrobią jako źródłem C i klejem skórnym jako źródłem azotu (10 g/1 litr pożywki);

d) podłoże Waksmana z dodatkiem cysteiny jako jedyne źródła siarki (500 mg siarki/1 litr pożywki).

Wprowadzenie do pożywki celulozy, kleju zwierzęcego (żelatyny) lub cysteiny miało na celu stworzenie podłoża o składnikach podobnych do tych które występują w materiałach malarskich. Klej żelatynowy stoso-

¹¹ C. M. Christensen, *Increase of invasion by Storage Fungi and in fat acidity values of commercial lots of soybeans stored at moisture contents of 13,0—14,0%*, Phytopath, nr 57, 1957, s. 622—624.

¹² A. Strzelczyk, S. Pietrykowska, op. cit., s. 263.

wany jest do przeklejania płótna oraz do zapraw. Cysteina jest aminokwasem występującym w dużych ilościach w żółtku jaja kurzego używanego do przygotowywania farb o spoiwie temperowym.

Po 7-dniowym okresie hodowli promieniowców na wyżej wymienionych pożywkach wycinano z tych hodowli krążki agarowe z wyrośniętym szczepem promieniowca. Krążki te przenoszono na pożywkę słodową (pożywka Malto) zaszczerpioną zawiesiną zarodników testowanego grzyba.

Antagonizm promieniowców wobec grzybów po 7-dniowym okresie inkubacji w temperaturze 23° określano, podając strefę zahamowania wzrostu grzyba w mm. Doświadczenie przeprowadzano w trzech powtórzeniach.

2. Antagonistyczne oddziaływanie grzybów na promieniowce

Do badań użyto dziewięciu szczepów grzybów: *Stemphylium* sp., *Trichoderma viride*, *Cladosporium* sp., *Aspergillus candidus*, *Aspergillus* sp., *Papularia* sp. *Fusarium orthoceras*, *Fusarium* sp. i *Absidia glauca* wyodrębnionych z zapleśniałych malowideł olejnych oraz 9 szczepów promieniowców¹³. Zastosowano tutaj nieco inną metodę niż w poprzednim rozdziale. Krążki z pożywki Malto z wyrośniętym szczepem grzyba nakładano na środek płytki Petriego z pożywką agarową według Waksmana. Następnie pożywkę tę szczepiono zawiesiną wodną zarodników promieniowców, prowadząc promieniście po 4 rysy od krążka agarowego do brzegu płytki. Po 7-dniowym okresie hodowli oznaczano szerokość strefy zahamowania wzrostu promieniowców w sąsiedztwie krążka agarowego z badanym grzybem. Doświadczenie przeprowadzano w trzech powtórzeniach.

3. Badanie wpływu wilgotności na zdolność promieniowców i grzybów do porostania płótna pokrytego warstwą malarską

Do badań użyto dwóch szczepów promieniowców spośród opisanych wyżej oraz dwóch szczepów grzybów: *Fusarium* sp. i *Trichoderma viride*.

Paski płótna o wymiarach 1 × 5 cm przeklejone klejem żelatynowym i zagruntowane zaprawą kredowo-klejową pomalowano farbami o spoiwie olejnym: czernią węglową, sjeną naturalną, bielą cynkową lub umbrą paloną. Tak przygotowane próbki doświadczalnej warstwy malarskiej po wyschnięciu szczepiono zarodnikami grzybów lub promieniowców i wkładano do próbek nad nasyczone roztwory soli utrzymujące w temperaturze 20° stałą wilgotność¹⁴. Badano wzrost promieniowców i grzybów po 5,

¹³ Ibid.

¹⁴ F. Gallo, *Ricerche sperimentali sulla resistenza agli agenti impiegati nel restauro dei libri*, V — Saggi sui films e considerazioni sulle loro caratteristiche, Bolletino dell'Istituto di Patologia del Libro „Alfonso Gallo”, Anno XXIV, Fasc. I—IV, 1965.

6, 8 i 10 tygodniowym okresie hodowli w temperaturze 20° w siedmiu zakresach wilgotności od 76% do 98%. Jako kontroli używano pasków płótna przeklejonych żelatyną — bez barwników i gruntu kredowo-klejowego.

4. Wpływ środków grzybobójczych na wzrost grzybów i promieniowców

Do badań użyto czterech szczepów grzybów (*Fusarium* sp., *Cladosporium* sp., *Trichoderma viride* oraz *Aspergillus* sp.) i czterech szczepów promieniowców wybranych spośród szczepów opisanych w 1 punkcie pracy.

W badaniach stosowano środki grzybobójcze, które nanoszono na krążki bibuły Whatmana nr 1 o średnicy 20 mm. Stosowano roztwory wodne wymienionych środków grzybobójczych w następujących dawkach:

- a) pięciochlorofenolan sodu — 5,0, 10,0, 15,0, 20,0 mcg na krążek;
- b) p-chloro-m-krezolan sodu — 100, 200 i 300 mcg na krążek;
- c) octan fenylortęciowy — 0,5, 1,0 i 5,0 mcg na krążek.

Krążki wysycone środkiem wykładano na powierzchnię pożywki w płytkach Petriego zaszczipionej zawiesiną wodną zarodników badanego drobnoustroju. Po ok. 5-dniowej hodowli w temperaturze 23° oznaczano szerokość strefy zahamowania wzrostu promieniowców lub grzybów w sąsiedztwie krążka wysyconego środkiem grzybobójczym. Maksymalna szerokość strefy zahamowania wzrostu wynosiła 35 mm i była równoznaczna z całkowitym zahamowaniem badanego organizmu na płytce.

WYNIKI BADAŃ

W tabelach 1—4 przedstawiono uzyskane wyniki.

Jak wynika z tab. 1 hodowla pomieniowców na podłożu Waksmana oraz na jego modyfikacjach wpłynęła na zmiany w intensywności wytwarzania substancji antybiotycznych przez promieniowce. Poszczególne szczepy promieniowców wykazywały znaczne zróżnicowanie w zdolności wytwarzania substancji hamującej rozwój grzybów. Wyraźne zwiększenie antagonistycznego oddziaływania zaobserwowano u promieniowców hodowanych w obecności celulozy jako źródła węgla. Na tej pożywce wytwarzały one substancje hamujące nawet wzrost *Fusarium* sp. wyraźnie odpornego na antagonistyczne działanie promieniowców. Zastąpienie NaNO_3 klejem żelatynowym nie sprzyjało wytwarzaniu grzybotoksycznych substancji przez promieniowce. Dodatek cysteiny zamiast mineralnego źródła siarki pobudzał tę właściwość u promieniowców, chociaż można tu było zaobserwować znaczne różnice między aktywnością poszczególnych szczepów.

Tabela 1
Antagonistyczne oddziaływanie promieniowców na grzyby w zależności od składu pożywki

Źródło węgla	Skrobia			Celuloza			Skrobia			Skrobia		
Źródło azotu	NaNO ₃			NaNO ₃			Klej skórny Gelatynne			NaNO ₃		
Źródło siarki	FeSO ₄			FeSO ₄			FeSO ₄			Cysteina Cystein		
Szczepy promieniowców	Strefa zahamowania wzrostu (w mm)											
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
S 1	6,0	12,0	10,0	9,6	13,0	9,3	1,0	15,0	9,3	5,6	15,3	10,0
Cz 7a	3,9	13,3	8,9	13,0	13,0	8,3	2,3	6,0	5,3	6,3	15,0	10,6
Cz 4	6,0	14,0	3,9	8,9	13,0	10,6	1,3	14,3	0	5,0	3,6	9,0
S 11	0	5,0	8,3	1,6	0	7,6	9,3	14,3	9,3	6,3	5,3	5,6
S 4	0	0	5,0	4,0	5,3	2,0	2,0	3,0	0	3,6	8,6	3,3
S 5	0	0	10,6	3,6	1,6	2,3	0	0	0	3,0	0	6,3
S 8	0	2,3	4,0	3,0	0	2,6	6,0	3,0	1,0	0	0	0
S 3	0	4,0	9,0	1,3	3,0	4,0	0	0	2,3	0	0	0
Cz 7	0	0	6,0	2,6	0	2,6	0	0	1,6	3,0	0	6,0
Cz 8a	0	2,3	6,9	1,0	0	2,3	0	0	0	0	0	4,0
Szerokość strefy zahamowania — razem	15,9	52,9	72,6	43,9	48,9	51,6	21,9	55,6	28,8	32,8	47,8	54,8

Objaśnienia: 1 — *Fusarium* sp.
2 — *Aspergillus* sp.
3 — *Cladosporium* sp.

Z grzybów najwrażliwszymi na działanie promieniowców okazały się *Cladosporium* sp. i *Aspergillus* sp.

W tab. 2 przedstawiono antagonistyczne oddziaływanie grzybów na promieniowce. Jak wynika z tej tabeli grzyby hodowane na pożywce z wyciągiem słodowym (Malto) odznaczają się dobrze rozwiniętą zdolnością do wytwarzania substancji o charakterze inhibitorów wzrostu promieniowców. Do najaktywniejszych pod tym względem należały szczepy: *Stemphylium* sp., *Trichoderma viride* i *Cladosporium* sp. Pozostałe grzyby hamowały wzrost promieniowców w słabszym stopniu. Należy podkreślić dużą wrażliwość promieniowców na te substancje, czego wynikiem było w wielu wypadkach całkowite zahamowanie wzrostu promieniowców na płytce z krążkiem grzyba. Szczepy *Aspergillus candidus*, *Absidia glauca* oraz *Fusarium orthoceras* nie działały antagonistycznie na większość szczepów promieniowców. Promieniowce reagowały na działanie grzybów dość podobnie o czym świadczą niewielkie różnice w szerokościach stref zahamowania ich wzrostu w obecności tego samego grzyba.

Wyniki badań nad wpływem różnych poziomów wilgotności na wzrost drobnoustrojów na płótnie z warstwą malarską podano w tabeli 3. Podano tu tylko zapis obserwacji oznaczonych po 10-tygodniowym przechowywaniu pasków. Obserwacje te prowadzono co tydzień od dnia zaszczepienia. Paski płótna powleczone farbami olejnymi zaczęły porastać promieniowcami oraz grzybami po 5-tygodniowej hodowli. Po tym okresie można było gołym okiem zaobserwować na nich małe kolonie. Wzrost drobnoustrojów w tym okresie był intensywniejszy w wyższych zakresach wilgotności (98—88%). Wraz z przedłużaniem okresu obserwacji pojawiał się wzrost również na paskach przechowywanych w niższych wilgotnościach (88—76%).

Paski płótna powleczone barwnikami pochodzenia organicznego — czerń węglowa, umbra i sjena palona okazały się mało odporne na działanie mikroorganizmów. Biel cynkowa wykazywała lekkie działanie fungistatyczne. Podobne wyniki uzyskano w pracy magisterskiej A. Miarkowskiego¹⁵. Paski płótna kontrolne (bez warstwy malarskiej) porastały bardzo słabo promieniowcami, lepiej na nich rozwijały się grzyby, szczególnie w niższych poziomach wilgotności. Najaktywniej na wszystkich próbkach warstwy malarskiej rozwijał się szczep *Trichoderma viride*. Promieniowce rosły słabiej na próbkach płótna, które często porastały zakażeniami pochodzenia grzybowego. Najslabiej na warstwie malarskiej rozwijało się *Fusarium* sp.

Intensywniejszy wzrost promieniowców zanotowano w wilgotnościach niższych, zaś grzybów w wilgotnościach wyższych.

¹⁵ A. Miarkowski, *Badania nad podatnością barwników na atak drobnoustrojów i sposobami zapobiegania temu procesowi*, (praca magisterska wykonana w Katedrze Technologii i Technik Malarskich UMK, Toruń 1969).

Tabela 2
Antagonistyczne oddziaływanie grzybów na promieniowce

Szczepy grzybów	Szczepy promieniowców										
	S 3	S 4	S 5	Cz 7a	S 1	Cz 4	Cz 7	Cz 8a	S 11	S 8	
	Strefa zahamowania wzrostu (mm)										
<i>Stemphylium</i> sp.	35,0	20,0	35,0	20,0	35,0	35,0	35,0	35,0	25,0	35,0	
<i>Trichoderma viride</i>	35,0	20,0	35,0	22,0	22,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	
<i>Cladosporium</i> sp.	35,0	35,0	20,0	22,0	35,0	35,0	20,0	22,0	35,0	35,0	
<i>Aspergillus</i> sp.	10,0	5,0	7,0	3,0	5,0	5,0	7,0	8,0	3,0	5,0	
<i>Fusarium</i> sp.	8,1	1,0	5,0	2,0	5,0	4,0	6,0	35,0	3,0	4,0	
<i>Papularia</i> sp.	5,0	2,0	4,0	5,0	2,0	0	4,0	4,0	3,0	7,0	
<i>Fusarium orthoceras</i>	0	4,0	0	0	1,0	0	1,0	4,0	0	0	
<i>Absidia glauca</i>	2,0	0	2,0	0	0	0	2,0	5,0	1,0	0	
<i>Aspergillus candidus</i>	0	0	0	1,0	0	0	0	0	1,0	1,0	
Szerokość strefy zahamowania — razem	160,1	87,0	108,0	75,0	105,0	114,0	110,0	118,0	106,0	122,0	

Zahamowanie 35,0 mm jest równe całkowitemu zahamowaniu wzrostu promieniowca na płycie.

Tabela 3

Porastanie próbek płótna z warstwą malarską drobnoustrojami w warunkach różnej wilgotności (po 10 tygodniowej hodowli)

Drobnoustroje	War. mal. z dodatkiem barwnika	Wilgotność (%)						
		98	95	92	88	84	79,2	76
<i>Streptomyces</i> (S 1)	Kontrola +	×	0	0	×	0	0	0
	sjena	T	T	1	1	1	1	1
	umbra	1	TX	1	1	2	T	T
	biel	T	1	T	0	0	0	0
	czern	1	T	T	×	1	T	T
<i>Streptomyces</i> (Cz 4)	kontrola +	×	×	0	0	0	T	1
	sjena	×	×	1	T	T	T	×
	umbra	×	×	T	T	1	1	×
	biel	×	×	T	0	T	0	×
	czern	×	×	T	T	1	1	×
<i>Trichoderma</i> <i>viride</i>	kontrola +	0	1	0	0	T	1	1
	sjena	T	1	1	1	T	T	1
	umbra	T	T	1	T	1	T	0
	biel	T	1	1	1	1	1	1
	czern	1	4	1	T	1	T	1
<i>Fusarium</i> sp.	kontrola +	T	0	0	0	0	0	0
	sjena	0	0	T	0	0	0	0
	umbra	0	0	0	T	T	0	T
	biel	T	×	0	0	T	0	0
	czern	×	0	T	T	0	0	0

Objaśnienia: 0 — brak wzrostu,
 T — wzrost śladowy,
 1 — wzrost b. słaby,
 2 — wzrost słaby,
 3 — wzrost średni,
 4 — wzrost dobry,
 5 — wzrost b. dobry.

X — wzrost innego szczepu,
 T — płótno zaklejone klejem żelatynowym.

Tabela 4
Wpływ środków grzybobójczych na wzrost promieniowców i grzybów

Stężenie fungicydu w mcg na krążek	Promieniowce				Grzyby			
	S 1	S 8	Cz 4	S 11	Fusarium sp.	Cladosporium sp.	Trichoderma viride	Aspergillus sp.
	Strefa zahamowania w mm							
Octan fenylortęciowy	0,5	28,5	30,0	28,0	25,0	23,0	16,0	29,0
	1,0	35,0*	35,0*	35,0*	35,0*	23,5	22,0	29,5
	5,0	35,0*	35,0*	35,0*	35,0*	26,0	29,0	35,0*
Pięciochlorofenolan sodu	5,0	20,0	16,0	17,5	17,5	4,0	6,0	9,0
	10,0	24,0	20,0	25,0	22,0	7,5	11,5	17,0
	15,0	26,0	24,0	27,0	26,0	9,5	15,0	17,5
	20,0	29,0	26,0	27,0	26,0	13,0	15,0	21,5
P-chloro-m-krezolan sodu	100,0	18,0	20,0	17,0	16,0	5,0	16,0	4,0
	200,0	25,0	28,0	25,5	29,0	17,0	26,0	23,0
	300,0	30,0	30,0	31,0	31,0	20,0	30,0	34,0

Objaśnienia: 35,0* — całkowite zahamowanie wzrostu promieniowca na płycie.

W tab. 4 przedstawiono wyniki badań nad wrażliwością promieniowców i grzybów na środki grzybobójcze. Spośród stosowanych środków grzybobójczych najaktywniejszym wobec promieniowców i grzybów okazał się octan fenylortęciowy. Stężenie 1,0 mcg na krążek całkowicie hamowało wzrost promieniowców, nie dając jednak podobnego efektu wobec grzybów, których wzrost hamowały dopiero dawki 5,0 mcg na krążek. Pięciochlorofenolan sodu w stężeniu 20 mcg na krążek hamował wzrost promieniowców ok. dwukrotnie silniej niż wzrost grzybów co objawiało się w różnych szerokościach stref zahamowania wzrostu. P-chloro-m-krezolan sodowy w najwyższym stężeniu (300 mcg na krążek) oddziałował podobnie hamując zarówno na wzrost promieniowców jak i grzybów. W niższych stężeniach zaobserwowano znaczne różnice we wrażliwości grzybów na ten środek. Podobne zjawisko zaobserwowano pod wpływem działania pięciochlorofenolanu sodu. Największą grzybobójczością odznaczał się octan fenylortęciowy, który działał zabójczo w stężeniach ok. 10-krotnie niższych niż pięciochlorofenolan sodowy i ok. stokrotnie niższych niż p-chloro-m-krezolan sodowy.

We wszystkich wypadkach zaobserwowano znacznie większą wrażliwość promieniowców niż grzybów na zbadane środki. Potwierdza to wyniki otrzymane w pracy magisterskiej Sobolewskiej¹⁶.

DYSKUSJA

Wiadomo, że liczne grzyby i promieniowce są oligotrofami, tzn. mogą się rozwijać w obecności bardzo skąpych ilości substancji odżywczych. Rozwój drobnoustrojów na obiektach zabytkowych — malowidłach, rzeźbach polichromowanych oraz malowidłach ściennych jest potwierdzeniem tego faktu. Dominują tu drobnoustroje zdolne do przystosowywania się do trudnych warunków pokarmowych i zmiennej wilgotności. Zjawisku temu sprzyjają uzdolnienia do wytwarzania substancji hamujących wzrost innych drobnoustrojów, co wykazano w niniejszej pracy u drobnoustrojów wyodrębnionych z malowideł, a stwierdzono także u wielu grzybów i promieniowców występujących w naturze¹⁷. Hamowaniu temu sprzyja obecność w środowisku łatwo dostępnych związków azotu. W naszych badaniach, zastępując NaNO_3 klejem żelatynowym, obniżono zdolność do

¹⁶ H. Sobolewska, *Badania zniszczeń spowodowanych rozwojem mikroorganizmów na przykładzie obrazu „Ukrzyżowanie” z kaplicy w Barbarce k. Torunia*, (praca magisterska wykonana w Katedrze Technologii i Technik Malarskich UMK, Toruń 1967).

¹⁷ P. W. Brian, *The ecological significance of antibiotic production*, Microbiol. Ecology, Sym. Cambridge 1957; A. G. Lochead, *Antagonisms between microorganisms in the soil*, Annual Rev. Microbiol., 6/1952, s. 185; J. W. Rouatt, M. Lechevalier, S. A. Waksman, *Distribution of antagonistic properties among actinomycetes isolated from different soils*, Antibiotics and Chemotherapy, 3/1951, s. 185—192.

tworzenia substancji hamujących. Przyczyną tego była zapewne mniejsza zawartość czystego azotu jaka występuje w kleju (białko) w porównaniu z zawartością azotu w azotanie sodu.

Grzyby działały przeciw promieniowcom równie silnie jak i promieniowce przeciw grzybom. Drobnoustroje takie jak: *Penicillium*, *Trichoderma*, *Chaetomium* i *Trichothecium* są znanymi producentami antybiotyków¹⁸. Zjawisko antybiozy może mieć duży wpływ na selekcję drobnoustrojów na malowidłach.

Na podstawie wyników naszych badań należy sądzić, że czynnikami pozwalającymi na dominowanie pewnych grup drobnoustrojów na obiektach polichromowanych są nie tylko substancje odżywcze zawarte w środowisku, lecz także jego wilgotność. Te właściwości w połączeniu z oddziaływaniem antagonistycznym przyczyniają się do porastania obiektu przez odpowiednią mikroflorę.

Zaobserwowano pobudzający wpływ barwników malarskich na wzrost zarówno grzybów, jak promieniowców. Próbkę z warstwą malarską porastały drobnoustrojami szybciej niż płótno bez warstwy malarskiej. Fakt ten jest zjawiskiem obserwowanym przez nas od dawna. Można byłoby go tłumaczyć obecnością w barwnikach pochodzenia naturalnego mikroelementów wykorzystywanych chętnie przez drobnoustroje a pobudzających ich wzrost. Badania 10-tygodniowe nad porastaniem warstwy malarskiej są okresem dość krótkim i nie zostały jeszcze definitywnie zakończone.

W pracy potwierdzono dużą wrażliwość promieniowców na środki grzybobójcze, a szczególnie na octan fenylortęciowy, co pozwala na wytypowanie tego środka jako działającego bardzo skutecznie zarówno na promieniowce, jak i na grzyby w stężeniach znacznie niższych niż inne fungicydy.

WNIOSKI

Na podstawie wyników uzyskanych w pracy można przedstawić następujące wnioski:

1. zdolnością do antagonistycznego oddziaływania na siebie charakteryzują się zarówno zbadane grzyby, jak i promieniowce;
2. zdolność ta u promieniowców była uwarunkowana obecnością w podłożu odpowiednich źródeł węgla, azotu i siarki. U promieniowców wyodrębnionych z obrazów o podłożu płóciennym celuloza działała pobudzająco na właściwości antagonistyczne tych drobnoustrojów;
3. wykazano duży wpływ poziomu wilgotności na porastanie warstwy

¹⁸ G. C. Ainsworth, A. S. Sussman, op. cit.; V. G. Lilly, H. L. Barnett, op. cit.

malarskiej przez promieniowce i grzyby. Promieniowce rozwijały się w wilgotnościach niższych niż grzyby;

4. barwniki naturalne wpływały pobudzająco na wzrost grzybów i promieniowców na warstwach malarskich — biel cynkowa wykazywała lekko działanie hamujące;

5. stężenia fungicydów hamujące w roztworach wodnych zarówno wzrost grzybów jak i promieniowców były następujące: octan fenylortęciowy — 0,0005%, p-chloro-m-krezolan sodu — 0,3%, i pięciochlorofenolan sodu — 0,02%.

Stanisława Pietrykowska, Alicja Strzelczyk

INTERACTIONS BETWEEN ACTINOMYCETES AND FUNGI DESTROYING OIL PAINTINGS IN THE PRESENCE OF VARIOUS COMPONENTS OF THESE OBJECTS

(Summary)

In the restoration practice objects are often found which being stored under humid conditions are overgrown with microorganisms. It has been observed that some of these objects harbour streptomycetes — others fungi. Both these groups of microorganisms find in such objects substances which are used as energy, carbon and nitrogen sources. These are mainly the components of the painting layer like: glues, plant oils, egg components and of the underground, like: cellulose present in the linen in wood or in the paper.

The purpose of our study was to test which of the nutritional — or physical factors (humidity) affect the selection of microflora on ancient paintings or painted sculptures. It was interesting whether or not antibiosis influenced by organic substances present in the objects may play any important role in the selection of microflora on the surface of paintings and polychromed sculptures. Also the susceptibility of the isolated streptomycetes and fungi to fungicides was studied.

The antagonistic action of streptomycetes on fungi was studied with the agar-block method using Waksman's original and modified medium with cellulose as the as the only carbon source, with glue as the only nitrogen source and the cystein as the only sulphur source. Incorporation into the Waksman's medium of cellulose, glue and cystein aimed to create a medium containing similar ingredients as the paintings contain.

The strongest inhibitory action of streptomycetes on fungi was found when the former were grown on media containing cellulose or starch, NaNO_3 or cystein as the carbon, nitrogen and sulphur sources respectively (tab. 1). Fungi acted on streptomycetes similarly as the streptomycetes on fungi. Strains of *Stemphylium* sp. *Trichoderma viride*, and *Cladosporium* sp. inhibited almost completely the development of streptomycetes (tab. 2).

Studies on the effect of humidity in the overgrowth of painting layer by fungi and streptomycetes was carried out according to Block. Samples of linen covered with oil painting layer containing different pigments were placed in different humidity conditions (76—98% RH). It was observed that fungi found better condi-

tions for their development on samples kept at 88—98% RH. At lower humidity streptomycetes grew better than fungi (tab. 3).

It seems that the causes of domination of certain groups of microorganisms on the polichromic objects are the organic substances contained. These ones in the lower humidity may enhance the development of the streptomycetes and in the higher the overgrowth of fungi. It was found that the strongest toxic action on both fungi and streptomycetes excited phenyl mercuric acetate (tab. 4).