



ISSN 2080-1807

TORUŃSKIE STUDIA BIBLIOLOGICZNE

2017, nr 1 (18)

Agnieszka Bangrowska

Instytut Bibliotekoznawstwa i Informatyki Naukowej

Uniwersytet Śląski w Katowicach

e-mail: bakalarzadr@poczta.onet.pl

Możliwości zastosowania substancji grzybobójczych z praktyki rolniczej do zwalczania *Penicillium chrysogenum* jako modelowego rodzaju grzyba bytującego w zbiorach bibliotecznych

DOI: <http://dx.doi.org/10.12775/TSB.2017.004>

STRESZCZENIE: Środki ochrony roślin to związki chemiczne. Ich mieszaniny, przeznaczone głównie do ochrony roślin uprawnych, mogą być wykorzystane jako biocydy nowej generacji w jednostkowej ochronie konserwatorskiej zbiorów bibliotecznych przed mikroorganizmami. Podstawowym składnikiem decydującym o specyfice działania środka ochrony roślin jest substancja aktywna, czyli biologicznie czynna w stosunku do określonych organizmów, która powoduje zaburzenie ich procesów fizjologicznych na skutek blokowania aktywności odpowiednich enzymów.

Celem artykułu jest prezentacja wyników badań przeprowadzonych na grupie fungicydów, jeszcze nie stosowanych w praktyce rolniczej, pod kątem ich przydatności w ochronie książki zabytkowej. Do badań wytypowano fungicydy z grupy pochodnych asymetrycznego triazolu, których mechanizm biologicznej aktywności polega na inhibicji ergosterolu, substancji budulcowej błony komórkowej. Aby biologiczną aktywność proponowanych do badań fungicydów odnieść do książki zabytkowej, należy wykonać badania podstawowe, polegające na wyznaczeniu tzw. współczynników ED_{50} , a więc dawek tych substancji dla poszczególnych patogenów, dla których połowa populacji ulega zniszczeniu.

To stanowi podstawę do wyznaczenia stężenia cieczy roboczej, zapewniającej wymaganą skuteczność ochronną, którą należy opryskać z określoną wydajnością dyszy powierzchni ochranianego materiału: papieru, pergaminu, skóry czy tkaniny.

SŁOWA KLUCZOWE: dezynfekcja, fungicydy, grzyby, książka, ochrona zbiorów bibliotecznych.

Wprowadzenie

Zanieczyszczenia mikrobiologiczne w bibliotekach i archiwach stanowią poważny problem, będący następstwem panujących tam zmiennych warunków temperatury czy wilgotności powietrza. Zwalczanie drobnoustrojów znajdujących się na materiałach bibliotecznych czy zabawkach to nic innego jak przeprowadzenie procesu dezynfekcji odpowiednim środkiem chemicznym. Aby dobrze dobrać bezpieczny preparat chemiczny do danego zbioru, trzeba jednak najpierw poznać technologię wykonania zbioru, skład chemiczny i właściwości fizykochemiczne dezynfektantów. W praktyce do zwalczania grzybów stosuje się metody chemiczne, polegające na użyciu preparatów grzybobójczych, oraz metody fizyczne, które są mniej szkodliwe dla zdrowia człowieka i środowiska. Warto nadmienić, iż zastosowanie dezynfektanta nie zabezpiecza zbioru raz na zawsze, ponieważ związki te ulegają inaktywacji, czyli reakcji utleniania, rozkładu oraz reagują z zanieczyszczeniami, pyłami itp. W grupie dezynfektantów są jednak wyjątki, do których należą preparaty grzybobójcze do ochrony i impregnacji drewna, np. związki pochodne triazolowe, ich trwałość określa się na około 10 lat. Aby zabieg dezynfekcji miał sens, należy przestrzegać odpowiednich warunków klimatycznych panujących w bibliotekach, tj. temperatury od 10 do 15°C oraz wilgotności względnej w granicach 45% (± 2). Podejmując decyzję o wyborze odpowiedniego środka chemicznego do ochrony danego zbioru bibliotecznego, należy także pamiętać, że preparat niszczący drobnoustroje powinien mieć jak najniższe stężenie, ponieważ wtedy w najmniejszym stopniu oddziałuje na pozostałe składniki użyte do jego produkcji, np. pigmenty, tusze, kleje itp. Ponadto nie może plamić,

zatłuszczać papieru, powinien być trwały, łatwo dostępny, tani i – co najważniejsze – mieć niską szkodliwość dla człowieka i środowiska¹.

Zastosowanie chemicznych metod zwalczania grzybów w procesach ochrony zbiorów bibliotecznych wymaga poznania różnorodnych etapów pośrednich procesów biologicznego rozkładu materiału, do którego należą:

- sklasyfikowanie i zbadanie objawów rozkładu obiektu,
- zbadanie przyczyn jego rozkładu,
- poznanie przebiegu procesu rozkładu materiału bibliotecznego,
- określenie zasięgu rozkładu materiału bibliotecznego,
- dobranie odpowiednich środków i metod zapobiegania procesowi rozkładu materiału bibliotecznego.

Do zwalczania grzybów w materiale używa się najróżniejszych środków chemicznych, również tych, które znajdują zastosowanie w rolnictwie do ochrony roślin uprawnych, sadownictwie itp. Spośród nowoczesnych substancji czynnych stosowanych obecnie w preparatach do ochrony zbiorów bibliotecznych należy wymienić następujące grupy związków chemicznych: związki cynoorganiczne, czwartorzędowe sole amonowe, związki fosforoorganiczne i inne.

W przypadkach pojawienia się mikroorganizmów aktywnie rozkładających materiał zabytkowy należy podjąć działania mające na celu zwalczenie infekcji przy użyciu metod chemicznych lub fizycznych².

Metody chemiczne i fizyczne stosowane do dezynfekcji zbiorów bibliotecznych

Wyróżnia się dwie formy dezynfekcji obiektów zabytkowych: dezynfekcję masową oraz pojedynczych obiektów. Wśród zabiegów dezynfekcji masowej można dokonać podziału na dezynfekcję zbioru w miejscu jego przechowywania (w magazynach bibliotek) oraz dezynfekcję poza miejscem jego przechowywania (połączoną z transportem w komorach fumigacyjnych). Do dezynfekcji stosuje się 40% roztwór formaldehy-

¹ B. Zyska, *Ochrona zbiorów przed zniszczeniem*, Katowice 1998, s. 122–130.

² A. Strzelczyk, *Drobnoustroje i owady niszczące zabytki i ich zwalczanie*, Toruń 2004, s. 175–190.

du, umieszczany w szerokim płaskim naczyniu, nad którym na drucianej siatce lokuje się dokument, a następnie przykrywa go szczelnie dopasowaną skrzynką na 12 godzin. Zabieg ten należy przeprowadzać w temperaturze powyżej 18°C i w wilgotności względnej powyżej 65%. Przy stosowaniu niniejszej metody zabija się doraźnie bakterie, pleśnie i grzyby; lecz niestety nie chroni się w ten sposób dokumentu przed ponownym atakiem mikroorganizmów.

Do dezynfekcji indywidualnej należy odkażanie za pomocą następujących środków:

- p-chloro-m-krezolu – białego proszku, łatwo rozpuszczalnego w etanolu, acetonie oraz terpentynie, natomiast nierozpuszczalnego w wodzie. Stosuje się go jako 10% roztwór w etanolu. Bibułę nasącza się tym roztworem i umieszcza w formie przekładek co 20 kartek. Całość pakuje się do torby foliowej i pozostawia w ciepłym miejscu na około 7 dni. Środek można również stosować jako roztwór 0,3% w formie tamponowania. Po upływie 7 dni obiekt powinien wietrzyć się aż do zaniku zapachu dezynfektanta. P-chloro-m-krezol stosuje się ostatnio rzadko, ponieważ wiele gatunków grzybów uodporniło się na niego³;
- sterinolu – 10% roztworu z dodatkiem stabilizatora pH do oczyszczania biało-czarnych obiektów zabytkowych zaatakowanych przez pleśnie. Środek ten nie jest toksyczny dla człowieka. Stosuje się go również w kąpieli jako 7,5% roztwór w temperaturze powyżej 50°C przez 15 minut. Ma zastosowanie do odkażania półek, podłóg, ścian bibliotek w czasie odnawiania pomieszczeń;
- aseptyny (wyróżnia się aseptynę M, aseptynę A, aseptynę P) – substancji odkażającej w środowisku kwaśnym i zasadowym, która wykazuje silne właściwości grzybobójcze i bakteriobójcze i nie jest toksyczna dla człowieka. Jej zastosowanie okazuje się szczególnie skuteczne w zabezpieczeniu klejów skrobiowych oraz opóźnianiu procesu starzenia papieru.

³ J. Karbowska-Berent, *Próby zastosowania nowych preparatów biobójczych do dezynfekcji zabytkowego papieru*, [w:] *Zbiory biblioteczne muzealne i archiwalne – badania i konserwacja. Materiały z konferencji zorganizowanej przez Zakład Konserwacji Papieru i Skóry UMK, Toruń, 2–4 października 2008 roku*, pod red. E. Jabłońskiej, Toruń 2010, s. 183–197.

Do dezynfekcji zbiorów bibliotecznych nie zaleca się z kolei następujących środków chemicznych:

- fluorku sodu – zabezpiecza papier nieefektywnie, powoduje jego ciemnienie oraz zakwaszanie do pH=5,5,
- tymolu – w wysokiej temperaturze jest grzybobójczy, natomiast w niskiej pobudza rozwój grzybni, jego opary są szkodliwe dla pasteli i powodują ciemnienie papieru,
- sublimatu (chlorku rtęci) – powoduje ciemnienie papieru, jego zakwaszenie do pH=3 oraz utratę jego wytrzymałości⁴.

W procesie masowej dezynfekcji obiektów zabytkowych, prowadzonej poza miejscem ich przechowywania, wykorzystywana jest metoda dezynfekcji tlenkiem etylenu w komorze próżniowej przy użyciu mieszaniny tlenku etylenu oraz dwutlenku węgla (nazwa handlowa: „rotanoks” lub „cartox”) w stosunku 1:9. Do tak przygotowanej komory wprowadza się zespół dokumentów. Po jej hermetycznym zamknięciu następuje wypompowanie powietrza. Gazowaniu może zostać poddana większość obiektów zabytkowych, aczkolwiek nie jest ono zalecane dla fotografii i pergaminów. Podciśnienie powoduje, że gaz bez przeszkód wnika w głąb obiektów. Po wypompowaniu powietrza ponownie do komory (na około 3–4 godziny) wprowadza się gaz do wyrównania ciśnienia. Następnie wypompowuje się gaz, otwiera komorę, a dokumenty odkłada na właściwe miejsce. Tlenek etylenu jest rakotwórczy, powoduje zmiany genetyczne, uszkadza system neuroendokrylny, a w niskich stężeniach wykazuje silne działanie alergiczne. Jego uwolnienie do atmosfery jest bardzo niebezpieczne zarówno dla środowiska, jak i osób prowadzących gazowanie czy osób postronnych⁵.

Oprócz metod chemicznych w ochronie materiałów bibliotecznych stosowane są metody fizyczne. Zalicza się do nich m.in. dezynfekcję promieniami gamma oraz stosowanie wysokoenergetycznych elektronów i plazmy nietermicznej. Promieniowanie gamma charakteryzuje się wysoką przenikliwością, co pozwala na dezynfekcję zbiorów w opakowaniu transportowym w całej jego objętości. Warto przy tym pamiętać, że

⁴ A. Strzelczyk, dz. cyt., s. 194–199.

⁵ *Komora dezynfekcyjna* [online] [dostęp 31 marca 2017]. Dostępny w World Wide Web: http://www.bu.kul.pl/files/072/gfx/akty/komora_dezynfekcyjna.

skuteczność promieniowania gamma maleje wraz ze wzrostem grubości opakowania. Mimo że używanie promieni gamma jest metodą bezpieczną dla środowiska naturalnego i dla zdrowia ludzi, ich stosowanie do dezynfekcji zabytków na podłożu papierowym budzi poważne zastrzeżenia. Mechanizm i skutki działania promieniowania gamma są bowiem różne dla obiektów utrwalonych na papierach zabytkowych i współczesnych. Promienie gamma mają mniejszy wpływ na papier, który zawiera ligninę – związek bardziej odporny na to promieniowanie. Wskutek napromieniowania obniża się stopień polimeryzacji papierów, nie ulegają natomiast istotnej zmianie białość i kwasowość. Papiery o wysokich właściwościach wytrzymałościowych po napromieniowaniu znacząco je tracą, natomiast niska wytrzymałość papierów zniszczonych po dezynfekcji nie ulega zmianie⁶.

Drugą metodą fizyczną jest stosowanie wysokoenergetycznych elektronów oraz plazmy nietermicznej (niskotemperaturowej). Sterylizacja plazmą zachodzi na zasadzie współdziałania trzech procesów:

- niszczenia materiału genetycznego drobnoustrojów na skutek napromieniowania UV;
- erozji mikroorganizmu przez wytrawienie;
- erozji mikroorganizmu przez wewnętrzną fotodesorpcję⁷.

Badania z zastosowaniem plazmy potwierdziły skuteczne działanie biobójcze i brak niepożądanych zmian w testowanych próbkach papieru i nośnikach pisma. Badanie te stanowią podstawę do prowadzenia dalszych prac służących opracowaniu konstrukcji urządzenia do dezynfekcji, mogącego znaleźć zastosowanie w pracowniach konserwatorskich⁸.

⁶ A. Krajewski, *Środki ochrony zabytków – perspektywy dezynsekcji i dezynfekcji zabytków za pomocą promieni gamma*, [w:] *Konferencja Krajowa „Potrzeby Konserwatorskie Obiektów Sakralnych na przykładzie makroregionu łódzkiego – stan, zagrożenia i możliwości przeciwdziałania”*: Łódź, 9–10 grudnia 2005 r., pod red. J. Perkowskiego, B. Więcek, Łódź 2005, s. 31–38.

⁷ Przemiana fizyczna odwrotna do sorpcji, polegająca na uwalnianiu cząsteczek, atomów lub jonów z powierzchni lub z masy jednej ciągłej fazy fizycznej do drugiej pod wpływem światła.

⁸ *Poster-plazma* [online] [dostęp 31 marca 2017]. Dostępny w World Wide Web: <http://www2.chemia.uj.edu.pl/kp/pliki/POSTER-plazma.pdf>.

Związki pochodne triazolu jako nowy środek do dezynfekcji zbiorów bibliotecznych – wyniki badań własnych

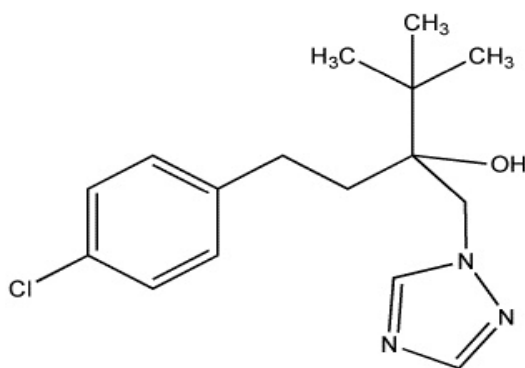
Grupa związków chemicznych określanych zwyczajowo terminem pochodnych 1,2,4-triazolu to substancje biologicznie czynne, występujące jako składniki aktywne w wielu dostępnych preparatach grzybobójczych mających zastosowanie w ochronie roślin. Mimo że stosuje się je od wielu lat i rejestruje incydentalnie zjawiska odporności, preparaty te nadal zaliczane są do perspektywicznych, wykazujących wymaganą skuteczność w zwalczaniu zagrożeń ze strony znacznej liczby gatunków grzybów pleśniowych.

Autorka niniejszego artykułu postanowiła przeprowadzić wstępne badania rozpoznawcze nad możliwością zastosowania tej grupy substancji do zwalczania zagrożeń mikrobiologicznych występujących w zabytkowych kolekcjach bibliotecznych oraz obiektach indywidualnych. U podstaw zainicjowanych badań legło przekonanie, że materiały, z jakich zbudowana jest książka zabytkowa, sprawiają, że jest ona zagrożona szczególnie mikrobiologicznie, podatna na infekcję chorób wirusowych i grzybowych. Jako modelową substancję do badań wybrano składnik aktywny o zwyczajowej nazwie tebukonazol. Testowym materiałem grzybowym stał się natomiast patogen *Penicillium chrysogenum*. Grzyb ten rozwija się na różnych podłożach, pokrywając się białym watowatym kożuszkiem. Jego grzybnię stanowią pędzelkowate konidiofoery, powstające przez rozgałęzienie strzępka konidionośnego. Konidia są z łatwością przenoszone przez wiatr, dzięki czemu są wszechobecne w środowisku. Jako typowe saprofity, aktywnie uczestniczą w rozkładzie materii organicznej – są przyczyną psucia się surowców roślinnych podczas ich magazynowania oraz produktów spożywczych. Liczne szczepy wytwarzają mykotoksyny: głównie aflatoksyny, ochratoksynę A i patulinę⁹. Ponadto występują w powietrzu bibliotek, archiwów, magazynów, gdzie rozkładają papier, skórę, pergamin, atrament, kleje, fotografie, pieczęcie woskowe. *Penicillium chrysogenum* jest szeroko rozpowszechniony w glebach klimatu umiarkowanego. Jest saprofitem

⁹ O. Fasatiowa, *Grzyby mikroskopowe w mikrobiologii technicznej*, Warszawa 1983, s. 32.

i polifagiem. Może wykorzystywać rozmaity pokarm do swego rozwoju. Występuje na skórze, produktach spożywczych (owoce, syropy owocowe, kiełki fasoli, zboża, orzechy). Grzyb dobrze rozwija się na tkaninie bawełnianej, papierze i bibule filtracyjnej. Wzrost grzyba może odbywać się w zakresie temperatur od 8 do 42°C, a optimum rozwoju zachodzi w temperaturze 25–28°C. Wartość aktywności wodnej potrzebna do wzrostu to A_w 0.9. Jest odporny na działanie kwasów i może rozwijać się na glebach kwasowych o pH 2. Ponadto cechuje się dużą aktywnością celulolityczną – syntetyzuje komplet celulaz: endo- β -1,4-glukanaze, exo- β -1,4-glukanaze i β -glikozydazy¹⁰.

Tebukonazol to racemiczna substancja stała, foto i termicznie stabilna, rozpuszczalna w polarnych rozpuszczalnikach organicznych, w tym w alkoholach. Jej strukturę chemiczną przedstawiono na rys. 1:



Rysunek 1. Nazwa chemiczna według IUPAC: (*RS*)-1-(4-chlorofenyl)-4,4-dimetylo-3-(1*H*, 1,2,4-triazol-1-ilometylo) pentan-3-ol

Źródło: opracowanie własne.

Mechanizm biologicznej aktywności tej grupy substancji, którą reprezentuje tebukonazol, polega na inhibicji (zjawisko opóźnienia reakcji chemicznej) syntezy sterolowego alkoholu o nazwie ergosterol, odpo-

¹⁰ L. Ogierman, *Konserwacja zabytkowego materiału bibliotecznego krakowskich paulinów na Skalce*, Katowice 2005, s. 19.

wiedzialnego za selektywność błony komórkowej¹¹. Jego brak lub niedomiar w otoczeniu komórki tę selektywność zakłóca. Substancje tego rodzaju wykazują niską toksyczność dla ssaków, a zaleganie prekursorów (substancje chemiczne, które powstają w początkowym okresie reakcji chemicznych i ulegają w trakcie jej przebiegu dalszej przemianie) i ich metabolitów (produkt metabolizmu przemian chemicznych zachodzących w organizmach) w środowisku naturalnym i ochranianym materiale nie stanowi dla nich zagrożenia przy zastosowanej prawidłowo agrotechnice.

Aby aktywność grzybobójczą tebukonazolu odnieść do zbytekowego materiału bibliotecznego, należy w pierwszej kolejności wykonać badania pozwalające określić dla tej substancji wartość tzw. współczynnika ED_{50} w stosunku do wybranego grzybowego materiału testowego. Współczynnik ten wyznacza dawkę substancji aktywnej, przy zastosowaniu której połowa zwalczanej populacji ulega zniszczeniu. Jej wartość liczbowa stanowi podstawę do sporządzenia cieczy roboczej o takim stężeniu, które zapewni skuteczne zwalczanie chorób grzybowych zbytekowego pergaminu, skóry, tkaniny czy papieru.

W celu wyznaczenia tego współczynnika przygotowano szereg stężeniowy izopropanolowych roztworów tebukonazolu. Roztwory te w objętości 1 cm^3 mieszano z 100 cm^3 pożywki sporządzonej z agaru na brzezce i wlewano do szalek Petriego. Na zestaloną pożywkę nakładano grzybnię *Penicillium chrysogenum* stanowiącą materiał testowy. Stężenia składnika aktywnego w odniesieniu do 1 cm^3 pożywki mieściły się w zakresie od 10^5 do 10^2 ng/cm^3 pożywki. Liniowy wzrost grzyba kontrolowano co 24 godziny, aż do całkowitego porośnięcia szalki kontrolnej, zawierającej zestaloną pożywkę z 1 cm^3 izopropanolu. Aktywność grzybobójczą tebukonazolu wobec *Penicillium chrysogenum* przedstawiono w formie współczynnika ED_{50} . Uzyskane wyniki prezentuje tabela 1.

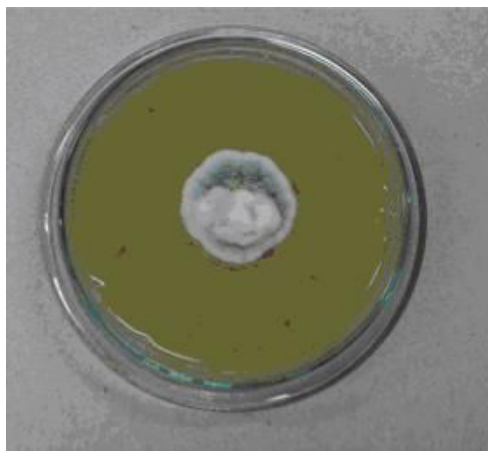
Modelowy przykład dynamiki liniowego wzrostu grzybowego materiału testowego prezentuje rys. 2. Odnosi się ona do dawki tebukonazolu rzędu $2 \times 10^3\text{ ng/cm}^3$ pożywki i okresu inkubacji $7 \times 24\text{ h}$.

¹¹ P. Kraus, *Untersuchungen zum Wirkungsmechanismus von Baycor*, „Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer“ 1976, Nr. 12, s. 17–30.

Tabela 1. Aktywność grzybobójcza badanej substancji

Dawka [ng/cm ³]	Log dawki	Średnia wartość średnicy wzrostu grzybnii [mm]	Procent skuteczności grzybobójczej [%]	Probit	Ułamek śmiertelności grzybnii	Wzór wartości funkcji probit dla danej w kolumnie 6 „=ROZKŁAD.NORMALNY.S.ODW(x)+5”
320	2,505	35	12,5	3,825	0,125	3,850
2000	3,301	30	25,0	4,326	0,250	4,326
4000	3,602	25	37,5	4,668	0,375	4,681
8000	3,903	20	50,0	5,000	0,500	5,000
16000	4,204	10	75,0	5,674	0,750	5,674
32000	4,505	-	100,0	-	1,000	-
64000	4,806	-	100,0	-	1,000	-

Źródło: opracowanie własne.



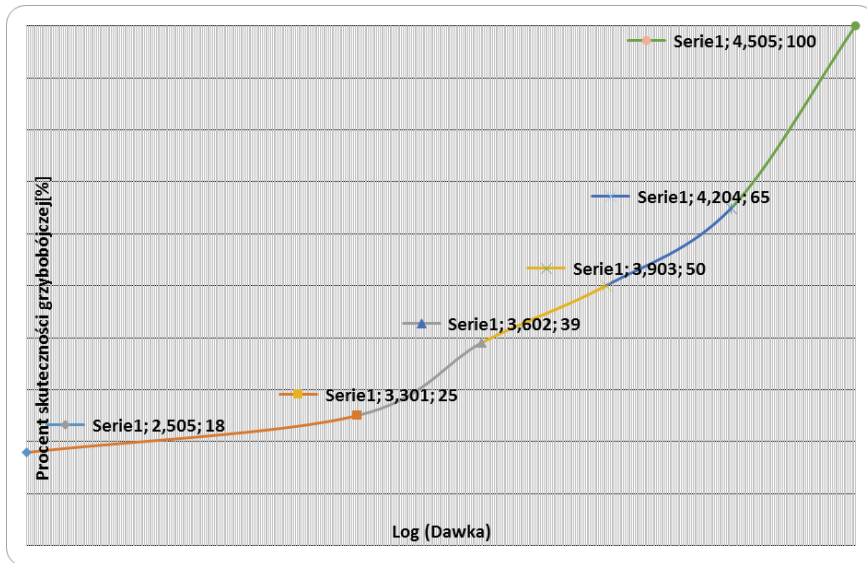
Rysunek 2. Liniowy wzrost po 7 dniach inkubacji *Penicillium chrysogenum*

Źródło: opracowanie własne.

Dynamikę wzrostu grzyba testowego określono poprzez pomiar średnicy strefy wzrostu w próbce badanej i kontrolnej w milimetrach, a jego miarą ilościową jest stosunek różnicy strefy wzrostu z próbki kontrolnej i badanej do średnicy wzrostu w próbce kontrolnej wyrażony w procentach. Do wyznaczenia współczynnika ED_{50} wykorzystano metodę graficzną Lietchfielda i Wilcozona¹² dla uproszczonej funkcji logarytmiczno-probitowej, ekstrapolując dawkę z punktu na krzywej na poziomie 50% skuteczności. Zależność skuteczności działania tebukonazolu od zastosowanej dawki przedstawiono na wykresach 1 i 2.

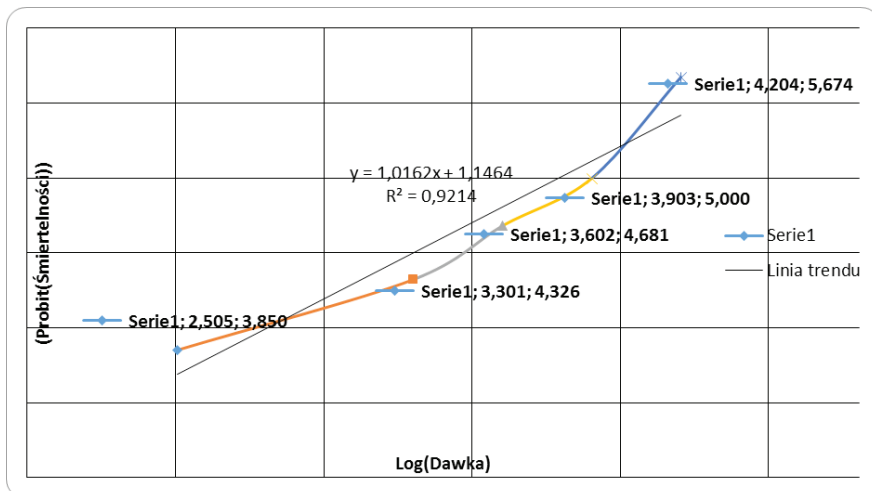
Korzystając z prezentowanego wykresu, odczytano wartość dawki w postaci logarytmicznej, dla której 50% populacji uległo zniszczeniu. Wynosi ona 3,903 i odpowiada stężeniu $8,0 \times 10^3$ ng/cm³ pożywki, która jest wyznaczonym współczynnikiem ED_{50} . Taką dawkę tebukonazolu w 100 cm³ pożywki można uzyskać, wprowadzając do niej 1 cm³ roztworu tej substancji w izopropanolu o stężeniu rzędu 0,1%. Ta wyznaczona wartość jest podstawą do dalszych badań nad skutecznością działania

¹² J. T. Lietchfield, F. Wilcoxon, *A simplified method of evaluating dose – effect experiments*, „Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics” 1949, iss. 96, s. 99–113.



Wykres 1. Zależność skuteczności działania tebukonazolu od zastosowanej dawki w teście *Penicillium chrysogenum*

Źródło: opracowanie własne.



Wykres 2. Funkcja lagarytmiczno-probitowa

Źródło: opracowanie własne.

tebukonazolu w roztworze izopropanolu jako cieczy roboczej do opryskowej lub kontaktowej metody zabezpieczania powierzchni ochronianego materiału.

Podsumowanie

Uzyskane wyniki traktować należy jako przyczynek do dalszych badań nad wykorzystaniem tebukonazolu jako reprezentanta pewnej grupy fungicydów w ochronie zabytkowego materiału bibliotecznego. Wybór tej substancji wynika nie tylko z jej aktywności biologicznej, ale i stabilności fizykochemicznej oraz faktu, że jej potencjalne metabolity nie są produktami o charakterze kwasowym. Ma to istotne znaczenie, pozwala bowiem na zastosowanie tego środka dezynfekcyjnego do pojedynczych unikatowych obiektów bibliecznych.

Dalsze badania winny obejmować szerszy zakres testowego materiału grzybowego i doprowadzić do określenia stopnia wrażliwości poszczególnych patogenów na działanie tej substancji. Konieczne wydaje się także poszerzenie analiz statystycznych i pogłębienie interpretacji wyników z nich płynących. Ponadto należy oznaczyć czas zaniku (karencji) substancji czynnej w podłożu papierowym, stosując techniki chromatograficzne, aby ocenić stopień zagrożenia toksykologicznego dla użytkownika obiektu. W tym celu niezbędne będzie przeprowadzenie badań chromatograficznych i spektroskopowych, pozwalających uchwycić zmiany zachodzące w obiekcie pod wpływem działania badanego środka.

Bibliografia

- Fasatiowa Olga, *Grzyby mikroskopowe w mikrobiologii technicznej*, Warszawa 1983.
- Karbowska-Berent Joanna, *Próby zastosowania nowych preparatów biobójczych do dezynfekcji zabytkowego papieru*, [w:] *Zbiory biblieczne muzealne i archiwalne – badania i konserwacja. Materiały z konferencji zorganizowanej przez Zakład Konserwacji Papieru i Skóry UMK, Toruń, 2–4 października 2008 roku*, pod red. Elżbiety Jabłońskiej, Toruń 2010, s. 183-197.

Komora dezynfekcyjna [online] [dostęp 31 marca 2017]. Dostępny w World Wide Web: http://www.bu.kul.pl/files/072/gfx/akty/komora_dezynfekcyjna.

Krajewski Adam, *Środki ochrony zabytków – perspektywy dezynsekcji i dezynfekcji zabytków za pomocą promieni gamma*, [w:] *Konferencja Krajowa „Potrzeby Konserwatorskie Obiektów Sakralnych na przykładzie makroregionu łódzkiego – stan, zagrożenia i możliwości przeciwdziałania”*: Łódź, 9–10 grudnia 2005 r., pod red. Jana Perkowskiego, Bogusław Więcek, Łódź 2005, s. 31–38.

Kramer Dietrich, *Sterol Biosynthesis and Anti-Feeding Compounds*, Berlin 2004.

Kraus Peter, *Untersuchungen zum Wirkungsmechanismus von Baycor*, „Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer“ 1976, Nr. 12, s. 17–30.

Ogierman Leonard, *Konserwacja zabytkowego materiału bibliotecznego krakowskich paulinów na Skałce*, Katowice 2005.

Poster-plazma [online] [dostęp 31 marca 2017]. Dostępny w World Wide Web: <http://www2.chemia.uj.edu.pl/kp/pliki/POSTER-plazma.pdf>.

Strzelczyk Alicja, *Drobnoustroje i owady niszczące zabytki i ich zwalczanie*, Toruń 2004.

Zyska Bronisław, *Ochrona zbiorów przed zniszczeniem*, Katowice 1998.

The Possibility of Applying Fungicides with Agricultural Practice to Combat *Penicillium chrysogenum* as a Model Fungal Genus Dwelling in Library Collections

ABSTRACT: Antiseptics are chemical compounds or mixtures of chemical substances that are used for protecting cultivated plants, which also may be used as a new generation biocides in the protection against microorganisms and preservation of library books. The basic component determining the specificity of a plant protection product used for book conservation is the substance biologically active in relation to certain organisms, i.e. which causes the disorder of the physiological processes by blocking the activity of the respective enzymes.

The aim of the study was to investigate a group of fungicides, not yet in full use in agricultural practice, in terms of their usefulness in protecting old books. For the investigation triazole derivatives were chosen (as a group of asymmetric fungicides), whose mechanism of biological activity is the inhibition of er-

gosterol, the substance building blocks of the cell membrane. Before the actual investigation, the biological activity of the fungicides was referred in old books preservation process, involving the appointment of the so-called. ED_{50} coefficients, i.e. what amount of the substance is needed to destroy half of the pathogen population. The ED_{50} is used to determine the concentration of working fluid which should be sprayed on the surfaces of the protected material: paper, parchment, leather or fabric, providing the required protective efficacy.

KEYWORDS: book, disinfection, fungicides, fungus, protection of library collections.

