

TOMASZ OSZAKO

## Grzyby jako bioindykatory zmian w ekosystemach leśnych pod wpływem przemysłowych zanieczyszczeń powietrza

Грибы в качестве биоиндикаторов изменений в лесных экосистемах под влиянием промышленных загрязнений

Fungi as bioindicators of changes in forest ecosystems under the influence of industrial air pollution

### WSTĘP

Rozwój przemysłu w naszym kraju wiąże się nieuchronnie ze wzrostem ilości emitowanych do atmosfery trujących dymów, pyłów i gazów.

Powierzchnia drzewostanów zagrożonych szkodliwym oddziaływaniem emisji przemysłowych wyniesie wkrótce 3,3 mln ha, obejmując tym samym 38% ogólnej powierzchni leśnej (12). Przewidywane straty z tego powodu dla gospodarki narodowej wyniosą ok. 100 mld zł według cen z 1980 r.

Powstała sytuacja stanowi więc poważny problem dla polskiego leśnictwa, wymagający natychmiastowego rozwiązania. W tym celu konieczne jest sprawne i prawidłowe ocenianie, a także stałe kontrolowanie stopnia skażenia środowiska leśnego. Jedną z możliwości oceny oraz stałej kontroli skażenia środowiska leśnego są metody bioindykacji. Przebada- no dotychczas jako bioindykatory zanieczyszczeń powietrza przede wszystkim mchy, porosty lub rośliny wyższe (1, 11, 13). Na podstawie występowania różnych gatunków grzybów na terenach leśnych objętych przemysłowym zanieczyszczeniem powietrza można sądzić, że w przyszłości właśnie grzyby mogą być bardzo pomocne leśnikom jako bioindykatory poziomu skażenia ekosystemów leśnych.

Celem niniejszego artykułu jest wskazanie na istniejące w tym względzie możliwości oraz konieczność podjęcia tego typu badań.

### MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA PATOGENICZNYCH GRZYBÓW LEŚNYCH JAKO BIOINDYKATORÓW

Potencjalnymi wskaźnikami oceny stopnia zanieczyszczenia powietrza są gatunki grzybów najbardziej na nie wrażliwe. Lista ich, w miarę roz-

woju badań nad występowaniem grzybów na terenach przemysłowych, stale rozszerza się o nowe gatunki.

Dotychczasowe badania (2, 3, 4—10) prowadzone w lasach położonych w sąsiedztwie okręgów przemysłowych wykazały brak oznak występowania na tych terenach następujących gatunków grzybów: *Microsphaera alphitoides*, *Rhytisma acerinum*, *Cronartium flaccidum*, *Cronartium ribicola*, *Melampsorium betulinum*, *Melampsora* sp., *Coleosporium* sp., *Lophodermium juniperinum* oraz szeregu gatunków z rodzajów *Puccinia* i *Pucciniastrum*.

Informacji o stopniu zanieczyszczenia powietrza mogą dostarczać również grzyby aktywizujące swoje występowanie w lasach rejonów przemysłowych. Brak oznak występowania grzybów wrażliwych, przy jednoczesnym licznym występowaniu grzybów odpornych na zanieczyszczenia powietrza, może świadczyć o stopniu skażenia środowiska leśnego.

Do grzybów aktywizujących swoją działalność w lasach rejonów przemysłowych należą: *Rhizosphaera kalkhofii*, *Chrysomyxa ledi*, *Armillaria mellea*, *Trametes abietina*, *Hirschioporus fusco-violaceus*, *Schizophyllum commune*, *Nectria cinnabarina*, *Stereum pini*, *Hirschioporus abietinus*, *Cenangium ferruginosum* oraz *Peniophora cinerea*.

Zaobserwowano zatem liczniejsze występowanie niektórych gatunków grzybów uważanych dotychczas z gospodarczego punktu widzenia za drugorzędne. W przyszłości mogą one jednak stanowić na tych terenach nowy poważny problem ochrony lasu.

O możliwościach wykorzystania grzybów jako bioindykatorów pisał w roku 1978 R. J. B e v a n (1) wskazując na związek rocznej przeciętnej koncentracji dwutlenku siarki w atmosferze z występowaniem grzyba *Rhytisma acerinum*. Według przeprowadzonych przez niego badań grzyb ten nie występuje już na terenach, gdzie stężenie  $SO_2$  wynosi ponad  $0,09 \text{ mg/m}^3$ . Wykazał on również możliwości tworzenia map zanieczyszczenia powietrza związkami siarki na podstawie występowania różnych grzybów bioindykatorów.

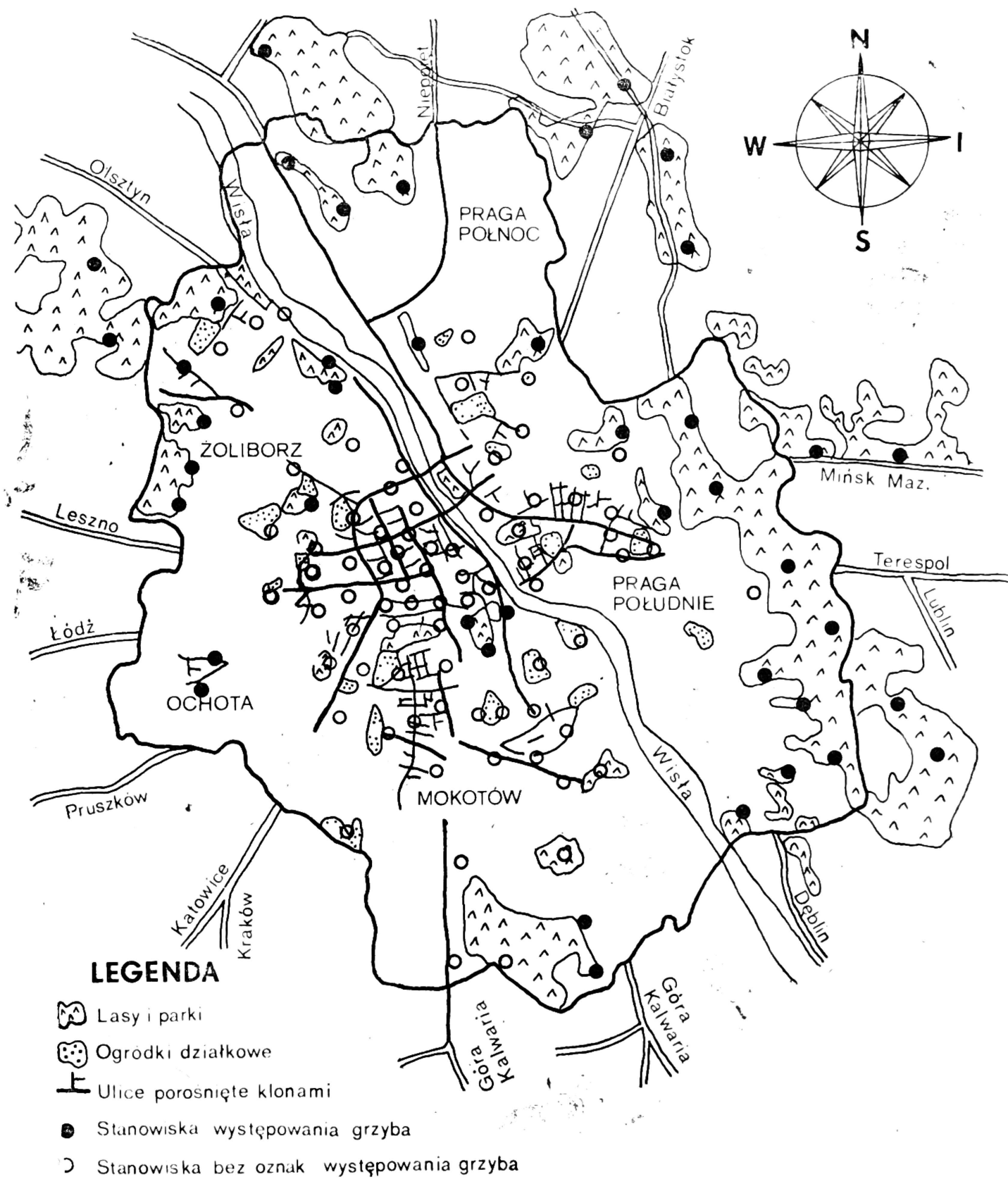
#### PRÓBA WYKORZYSTANIA GRZYBA *RHYTISMA ACERINUM* JAKO BIOINDYKATORA ZMIAN ZANIECZYSZCZENIA POWIETRZA NA TERENIE WARSZAWY I OKOLIC

Praca B e v a n a (1) stanowiła źródło inspiracji do podjęcia badań w ramach pracy magisterskiej nad możliwościami wykorzystania tego gatunku grzyba jako bioindykatora do określania stopnia zanieczyszczenia powietrza na terenie Warszawy. Obserwacje prowadzono w czasie sezonów wegetacyjnych 1981 i 1982 r.

Przeprowadzone badania wykazały ograniczone występowanie patogenu do ulic przecinających duże kompleksy leśne lub ulic bezpośrednio z nimi sąsiadujących (ryc. 1).

Natomiast na terenie cmentarzy, parków i ogródków działkowych *R. acerinum* występował tylko sporadycznie. Wyjątek stanowił Park Łazienkowski, gdzie odnotowano silne porażenie liści klonów tam rosnących.

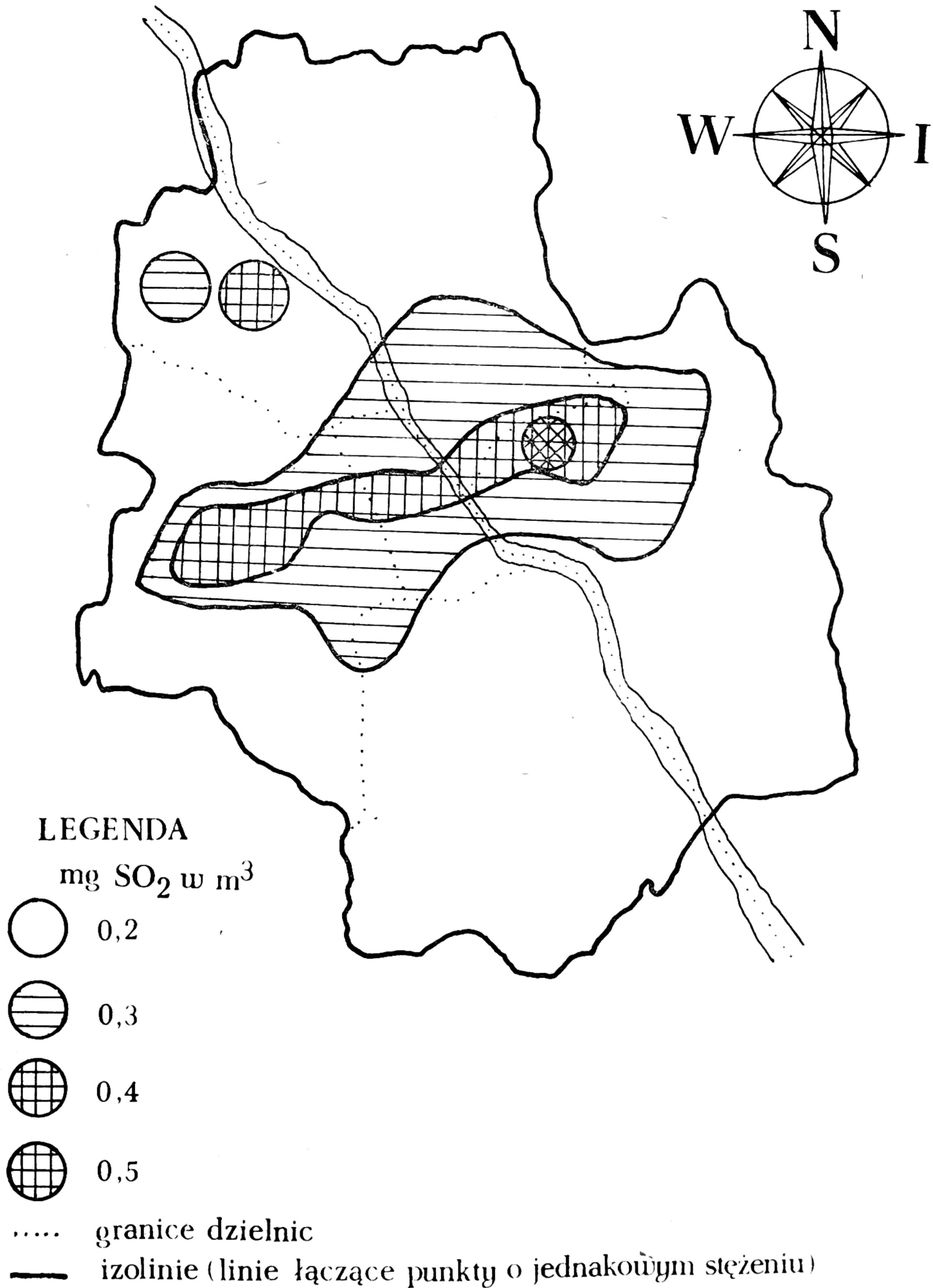
Bardzo charakterystyczne było również nasilanie się ilości pojawiania się grzyba od sporadycznego na obrzeżach parku do masowego w jego częściach centralnych.



Ryc. 1. Miejsca występowania bioindykatora *Rhytisma acerinum* na terenie Warszawy







Ryc. 3. Rozkład maksymalnych średniodobowych stężeń SO<sub>2</sub> na terenie Warszawy

W celu potwierdzenia otrzymanych wyników i sprawdzenia przydatności metody orientowania się w panujących stężeniach  $\text{SO}_2$  przy pomocy czerniaka klonu jako bioindykatora postanowiono skonfrontować otrzymane wyniki badań z danymi uzyskanymi w dokładnych pomiarach. W tym celu na podstawie danych uzyskanych ze Stacji Sanitarno-Epidemiologicznej w Warszawie zlokalizowano obszary miasta o niskich i wysokich stężeniach  $\text{SO}_2$  w powietrzu atmosferycznym (ryc. 3).

Na podstawie analizy otrzymanych wyników dotyczących występowania czerniaka klonu wyróżniono rejony Warszawy w różnym stopniu zanieczyszczone dwutlenkiem siarki. Stwierdzono, że najczystsze powietrze znajduje się w bezpośrednim sąsiedztwie dużych kompleksów leśnych (ryc. 1 i 3). Absorbują one duże ilości zanieczyszczeń oczyszczając tym samym powietrze w najbliższym sąsiedztwie. Działają jak olbrzymie zielone filtry miasta. Uzyskane wyniki są w pełni zgodne z danymi Wojewódzkiej Stacji Sanitarno-Epidemiologicznej, według której najmniejsze stężenia  $\text{SO}_2$  panują w rejonie dużych skupisk leśnych: na Żoliborzu wokół Lasu Bielańskiego i Lasu Lindego, na Woli w okolicach Lasu na Kole, na Pradze-Północ k. Olszynki Grochowskiej itd. Najgorzej pod względem czystości powietrza przedstawia się sytuacja w centrum miasta, gdzie panuje duże stężenie dwutlenku siarki i innych związków toksycznych, a przy tym jest mało zieleni. Podobnie jest na Kamionku, gdzie występuje wyjątkowo duże zagęszczenie małych kotłowni i zakładów przemysłowych. Jest to najbardziej zatrutowany rejon na terenie całej Warszawy, gdzie stężenie  $\text{SO}_2$  wynosi  $0,5 \text{ mg/m}^3$ .

## DYSKUSJA

Wykorzystanie grzybów leśnych jako bioindykatorów do określania stopnia zanieczyszczenia środowiska jest pewnym ułatwieniem, bazujemy bowiem na naturalnych zasobach grzybów powszechnie występujących w naszych lasach, wykorzystując ich specyficzne właściwości na działanie zanieczyszczeń powietrza.

Wysoka wrażliwość grzybów na zanieczyszczenia powietrza oraz duża różnorodność gatunków występujących w naszych lasach sprawia, że praktycznie na każdym terenie metody bioindykacji są możliwe do zastosowania.

Na podstawie wyznaczonych np. na mapie gospodarczej rejonów występowania danego grzyba oraz innych dodatkowo ustalonych pewnych cech charakterystycznych, jak np. obfitości występowania danego gatunku grzyba, kondycji i wyglądu jego owocników, można następnie określić zasięgi o różnym stopniu skażenia drzewostanów.

Nie oznacza to jednak, że obserwacja występowania wybranych gatunków grzybów leśnych może zastąpić stosowanie dokładnych technicznych metod pomiarowych. Celem jej jest jedynie pewne ułatwienie leśnikom pobieżnej, szybkiej orientacji w rozkładzie zanieczyszczeń powietrza na dużych obszarach. Nie można za jej pomocą określić dokładnych stężeń toksycznych związków znajdujących się w zanieczyszczonym powietrzu, można jedynie mniemać, że został przekroczony pewien poziom stężenia

**Granice wrażliwości grzybów na SO<sub>2</sub> na tle wrażliwości innych roślin  
oraz stopnia zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego w okręgach  
przemysłowych (10, 12)**

| L.p. | Wyszczególnienie   | Ilość SO <sub>2</sub> |           |
|------|--|-----------------------|-----------|
|      |  | mg/m <sup>3</sup>     | ppm       |
| 1    | 2  | 3                     | 4         |
| 1    | Najwyższe notowane stężenia  | 26                    | 10        |
| 2    | Stężenia notowane bezpośrednio w sąsiedztwie zakładów przemysłowych  | 5                     | 1,92      |
| 3    | Panujące stężenia przeciętne w okręgach przemysłowych w pewnym oddaleniu od źródła emisji                    | 0,5                   | 0,192     |
| 4    | Zauważalne szkody w drzewostanach iglastych przy chronicznym działaniu SO <sub>2</sub>                       | 0,10                  | 0,038     |
| 5    | Trwałe uszkodzenia roślin drzewiastych   | 0,03—0,05             |           |
| 6    | Obniżenie przyrostów na świerku  | 0,015—0,025           |           |
| 7    | Zamieranie starszych egzemplarzy drzew gatunków liściastych  | 0,16                  |           |
| 8    | Zanik występowania wrażliwych grzybów patogenów liści  | 0,025                 | 0,010     |
| 9    | Zanik występowania wrażliwych porostów i mchów epifitycznych   | 0,025                 | 0,010     |
| 10   | Czułość aparatu do pomiaru siarki SO <sub>2</sub> w powietrzu atmosferycznym                                 | 0,025                 | 0,010     |
| 11   | Stymulacja wzrostu niektórych gatunków grzybów <i>Schizophyllum commune</i> i <i>Heterobasidion annosum</i>  | 0,1—1,0               | 0,04—0,38 |
| 12   | Inhibicja wzrostu powyższych gatunków grzybów  | 10—100                | 3,48—38,4 |
| 13   | <i>Schizophyllum commune</i> wykazuje jeszcze wzrost po kilkunastodniowej fumigacji w stężeniu               | 1 000                 | 384       |
| 14   | Zarodniki <i>Botrytis cinerea</i> straciły zdolność kiełkowania dopiero po 20-minutowej fumigacji w stężeniu | 10 400                | 4 000     |

(np. dla *Rhytisma acerinum* i większości patogenów liści wynosi on 0,025 mg SO<sub>2</sub> w 1 m<sup>3</sup>), powyżej którego grzyby te giną. Informacje te mogą być więc bardzo pomocne przy wyznaczaniu miejsc, w których przede wszystkim należy dokonać dokładnego pomiaru.

W chwili obecnej istnieje uzasadniona potrzeba poszukiwania równolegle innych nowych metod, które nie wymagając dużego zaangażowania ludzi, aparatury i innych środków pozwoliłyby leśnikom na pobieżną ale szybką orientację w stale rozszerzającym się stopniu skażenia środowiska leśnego. Stanowiłoby ono cenne uzupełnienie technicznych metod pomiaru zanieczyszczeń powietrza. Właśnie takie możliwości stwarzają metody bioindykacji, m.in. dzięki niskim kosztom zastosowania ich w praktyce leśnej. W tym celu konieczna jest stała obserwacja występowania wybranych gatunków grzybów jako bioindykatorów i określanie zmian w ich sukcesji na danym terenie. Ze względu na dużą wrażliwość niektórych grzybów wszelkie zarejestrowane u nich zmiany stanowiące odbicie pogarszających się warunków życia w środowisku leśnym będą następowały u nich szybciej i silniej niż w innych elementach środowiska, w których mogą być jeszcze niewidoczne. Sytuacja taka występuje w przypadku grzybów pasożytniczych na liściach i igłach drzew. Wspomniany *Rhytisma acerinum* i gatunki mączniaków zanikają już przy stężeniach znacznie niższych niż mogą wystąpić wyraźne uszkodzenia na roślinie (tabela).

Do słabych stron metod bioindykacji należy przede wszystkim to, że przeprowadzenie ww. obserwacji umożliwia jedynie dokonanie wstępnej oceny stopnia skażenia środowiska. Nie można natomiast przy ich pomocy dokładnie określić wartości stężeń toksycznych związków panujących na badanym terenie. Uzyskane w efekcie wyniki informują jedynie o tym, czy stężenie danego związku toksycznego jest niższe lub wyższe od ustalonego na podstawie badań stężenia letalnego dla specyficznego grzyba-bioindykatora.

W rejonach, gdzie panują bardzo wysokie stężenia przemysłowych zanieczyszczeń powietrza, np. w dużych aglomeracjach miejskich, metody te nie nadają się do zastosowania ze względu na to, że w takich warunkach grzyby-bioindykatory szybko giną.

Obecnie metody bioindykacji stały się przedmiotem wielu badań w ośrodkach naukowych na całym świecie. Wydaje się jak najbardziej uzasadnione i konieczne podjęcie i w naszym kraju tego typu badań, w szczególności nad praktycznymi możliwościami ich wykorzystania. Badania tego typu wypełniłyby lukę, jaka wytworzyła się na skutek tego, że dotychczasowe badania szły w kierunku poznania wpływu zanieczyszczeń na bezpośrednie uszkodzenia drzew leśnych i powstałych w związku z tym zmian w sukcesji leśnej. Nie uwzględniały one natomiast wpływu zanieczyszczeń na bogatą grupę pasożytniczych i saprofitycznych grzybów.

#### LITERATURA

1. Bevan R.J.: The Ecology of *Rhytisma acerinum* in relation to atmospheric pollution. 3rd International Congress of Plant Pathology. München 16—23 August 1978.

2. Domański S.: Grzyby powodujące choroby korzeni w drzewostanach objętych oddziaływaniem emisji przemysłowych w Górnośląskim i Krakowskim Okręgu Przemysłowym. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 1978 z. 213.
3. Domański S., Kowalski S., Kowalski T.: Grzyby nadrzewne występujące w przebudowanych drzewostanach objętych szkodliwym działaniem emisji przemysłowych w GOPie. Sylwan 1981 R. 124 nr 5.
4. Grzywacz A.: Wpływ przemysłowych zanieczyszczeń powietrza na grzyby chorobotwórcze drzew leśnych. Sylwan 1971 R. 114 nr 6.
5. Grzywacz A.: Występowanie niektórych grzybów chorobotwórczych w lasach okręgów przemysłowych. Sylwan 1973 R. 116 nr 9.
6. Grzywacz A.: Występowanie grzybów chorobotwórczych w nadleśnictwie Panewnik objętych wpływem przemysłowych zanieczyszczeń powietrza. Zesz. Nauk. SGGW-AR 1974 z. 20.
7. Grzywacz A.: Naturalna odporność drewna sosny z drzewostanów objętych wpływem zanieczyszczeń powietrza na rozkład przez grzyby. Zesz. Nauk SGGW-AR 1974 z. 19.
8. Grzywacz A.: Występowanie grzybów patogenicznych w drzewostanach nadleśnictwa Olek będących pod wpływem przemysłowych zanieczyszczeń powietrza. Fol. For. Pol. 1976 z. 22.
9. Grzywacz A.: Wpływ dwutlenku siarki na wzrost niektórych patogenicznych grzybów drzew leśnych. Fol. For. Pol. 1976 z. 22.
10. Grzywacz A.: Wpływ przemysłowych zanieczyszczeń powietrza na niektóre patogeniczne grzyby drzew leśnych. Praca doktorska, Warszawa: SGGW-AR 1975.
11. Hawes F.B.: Lichens as indicators of levels of sulphur dioxide. W: Symposium on the Effects of air-borne pollution on vegetation, Warsaw 1980.
12. Oszako T.: Zagrożenie ekosystemów leśnych. Wiad. Stat. 1984 nr 6.
13. Posthumus A.C.: Monitoring levels and effects of biological indicators and other methods of national on international programmes. W: Symposium on the effects of air-borne pollution on vegetation, Warsaw 1980.

Praca wpłynęła do Komitetu Redakcyjnego 12 kwietnia 1985 r.

#### Краткое содержание

В статье предпринята попытка показать потенциальные возможности использования некоторых патогенных лесных грибов в качестве биоиндикаторов загрязнения воздуха. Наблюдения за появлением видов грибов наиболее чувствительных и наиболее устойчивых к промышленным загрязнениям воздуха определяет показатель уровня загрязнений естественной среды.

Представлены результаты наблюдений изменений появления гриба *Rhytisma acerinum* проводимых на территории Варшавы под влиянием загрязнений воздуха соединениями серы. Уровень загрязнений оказался в большинстве случаев летальным для *R. acerinum*. Возможности его существования ограничили большими парками и лесными комплексами, где преобладали более низкие концентрации углекислого газа. Разработаны карты появления этого патогена и проведено сравнение их с ходом изолинии  $SO_2$  на территории Варшавы.

Необходимым является дальнейшее ведение исследований на эту тему.



## Summary

In the paper, the author tried to show the potential possibilities of using some pathogenic forest fungi as bioindicators of air pollution. The observation of the occurrence of fungi species most sensible and most resistant to industrial air pollution is an index of the level of pollution of the natural environment.

Results of observations of changes in the occurrence of the fungus *Rhytisma acerinum* in the territory of Warsaw under the influence of air pollution with sulfur compounds are presented. The level of pollution appeared in most cases to be letal for *R. acerinum*. The possibilities of existence of this fungus were limited to greater parks and forest complexes, where the concentrations of sulfur dioxide were lower. The author charted maps of occurrence of this pathogen and compared them with the distribution of SO<sub>2</sub> isolines within Warsaw.

He finds necessary to continue studies on this subject.