

MIKROORGANIZMY GLEBOWE I ICH ZNACZENIE W EKOSYSTEMACH DEGRADOWANYCH PRZEZ CZŁOWIEKA

Lesław Badura

Katedra Mikrobiologii, Uniwersytet Śląski w Katowicach

MOTTO

„Efektem bezmyślnego naruszania równowagi ekologicznej jest powstawanie poważnego zagrożenia dla ludzkiego życia”

Jan Paweł II

(Encyklika „Evangelium vitae”)

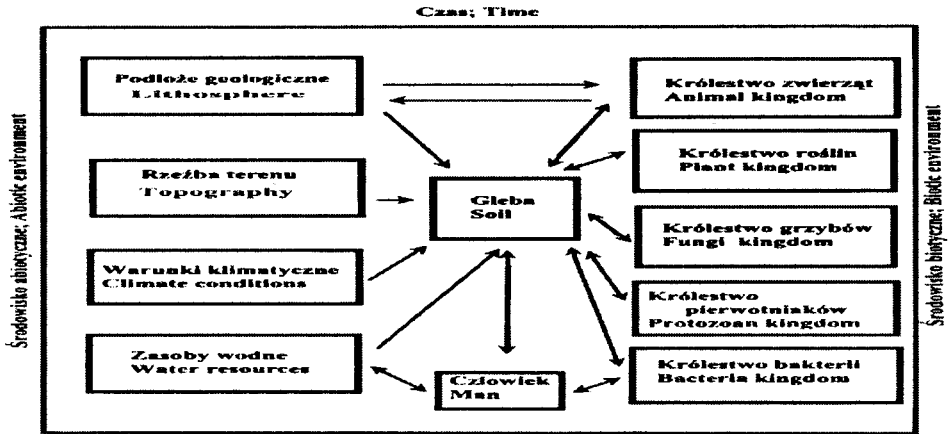
Gwałtowny rozwój cywilizacji technicznej, mający swój początek w XVIII wieku, skokowy przyrost ludności w ubiegłym wieku oraz niepełna wiedza ekologiczna o prawach rządzących eko- i agrosystemami doprowadziły do daleko posuniętej degradacji środowisk przyrodniczych, między innymi i w Polsce. Czym są więc eko- czy agrosystemy? W istocie, przecież dopiero w latach pięćdziesiątych dwudziestego wieku, P.E. Odum w sposób klarowny podał definicję ekosystemu. Według niego, pod tym pojęciem należałoby rozumieć każdą przestrzeń na powierzchni ziemi, w której zachodzi stała wymiana materii pomiędzy jej żywą i nieożywioną częścią, jako wynik wzajemnego oddziaływania żywych organizmów i martwych substancji mineralnych i, że właśnie taki obszar należy traktować jako układ ekologiczny, czyli ekosystem. Przy takim pojmowaniu przyrody wysuwają się na pierwszy plan, stałość populacyjna oraz wzajemne oddziaływania obok siebie występujących organizmów żywych, przystosowanych do danego środowiska abiotycznego. Po drugie, stabilność układu, wyrażająca się stałością rozkładu materii organicznej wyprodukowanej w trakcie fotosyntezy ($dx/dt = L - kx$), a to jest związane ze stałą wymianą materii pomiędzy jej żywymi i martwymi elementami. I w takich tylko przypadkach możemy mówić o homeostazie danych układów ekologicznych. Jednakże, należy wyraźnie podkreślić, że nie wszyscy zgadzają się z takimi poglądami i traktują oni otaczającą przyrodę, jako zbiorowisko przypadkowych organizmów zasiedlających jakieś środowisko zgodnie tylko z zapotrzebowaniami pokarmowymi [ODUM 1963; KUNICKI-GOLDFINGER 1998; WEINER 1999; BADURA 2004a].

W związku z powyższym wysunęła się obecnie na plan pierwszy nauka o otaczającym nas środowisku przyrodniczym oraz o tym, czym są eko- i agrosystemy i jakie rządzą nimi prawa. Musimy rozumieć, jakie ujemne skutki nieprze-

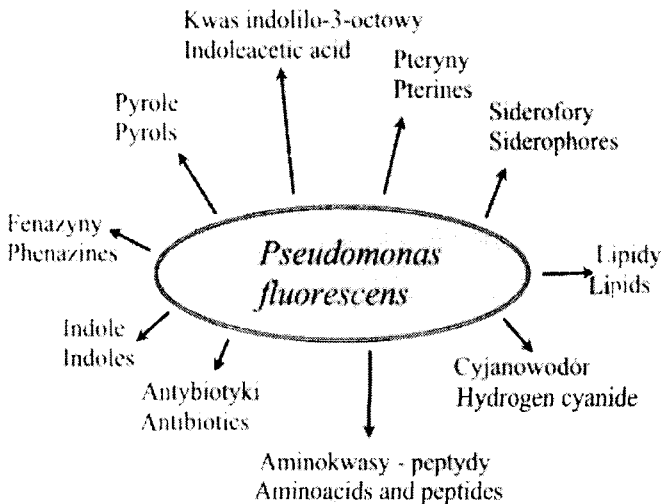
myślanej do końca naszej działalności, zwłaszcza zagrożenia, jakie ta działalność niesie dla środowisk przyrodniczych oraz również, jak powinniśmy, zgodnie więc z naturą kształtować ekosystemy, a w ślad za tym i krajobrazy. Stoi, bowiem przed nami konieczność podjęcia trudu odbudowania już zniszczonych obszarów leśnych, przebudowy ich z mono- w poligatunkowe zespoły (lasy, to nie tylko drzewa na deski czy podpałkę, to coś znacznie więcej), no i naturalnie gleb wykorzystywanych rolniczo. Aby jednak móc odbudowywać je, potrzebna jest nam wiedza o zasadach funkcjonowania tych systemów i tu jest potrzebna wiedza o współzależnościach pomiędzy glebą, mikroorganizmami i organizmami wyższymi. A więc musimy łączyć wiedzę o glebie, o mikroorganizmach oraz o roślinach i ich fizjologii.

Na glebę bowiem możemy patrzeć oczyma fizyka, chemika, a nawet mineraloga, ale bezwzględnie musimy widzieć ją w aspekcie biologicznym, w którym nie tylko występują określone organizmy, określone gatunki czy populacje, ale widzieć przede wszystkim pełnione przez nie funkcje. Bez organizmów żywych, bez ich funkcji powierzchnia ziemi byłaby rumowiskiem składników mineralnych, podobnie jak są powierzchnie otaczających Ziemię planet. Ale musimy także widzieć, że typ gleby jest zależny od podłoża geologicznego i położenia geograficznego, klimatu, stosunków wodnych i od szaty roślinnej (rys. 1). Nie można natomiast widzieć przyrody tylko w aspekcie świata roślinnego i tylko wzajemnych między nimi układów – fitocenoz czy agrocenoz. I choć organizmy roślinne zdolne do fotosyntezy, wykorzystują olbrzymie zasoby energii słonecznej do produkcji biomasy, która stanowi podstawowy składnik odżywczy świata zwierzęcego, to musimy zdawać sobie sprawę, że jest to także niezbędny element odżywczy dla świata mikro- i mezoorganizmów bytujących w glebach. A z kolei te niewidoczne gołym okiem organizmy biorą nie tylko udział w rozkładzie materii organicznej, w uwalnianiu składników biogennych, tak potrzebnych roślinom do normalnego rozwoju, ale nadto są one odpowiedzialne za tworzenie układów współzależności pomiędzy częścią abiotyczną gleby a organizmami wyższymi. Mikroorganizmy bytujące w środowisku nie tylko są ważne ze względu na to, że biorą udział w rozkładzie materii organicznej i tworzeniu jednostek potrzebnych do powstawania różnorodnych związków próchnicznych, z ich wszystkimi właściwościami fizykochemicznymi, choćby między innymi sorpcyjnymi, ale nadto są one producentami przeróżnych wydzielin, mających bardzo istotny wpływ także i na roślinność (rys. 2). Tworzą one także różnego typu symbiozy, jak ryzosfera (rys. 3) czy ekto- i endomikoryzy (rys. 4) i wreszcie współżyją tak, jak np. bakterie z rodzaju *Rhizobium* z roślinami, wiążąc wolny azot. Inne z kolei żyjąc wolno w glebie i korzystając z gotowych, przyswajalnych związków organicznych, jak na przykład bakterie z rodzaju *Azotobacter*, wzbogacają gleby w przyswajalny azot. Na szczególne jednak podkreślenie zasługuje fakt, iż w bogatych w składniki organiczne glebach, normalnie rozwijają się populacje bakterii, grzybów i mezofauna, które pełnią ważną rolę w regulacjach równowagi ilościowej i jakościowej poszczególnych organizmów. Tak, między innymi, grzyby glebowe, jak na przykład *Beauveria bassiana* (BALS.) nie dopuszcza do nadmiernego rozwoju larw stonki ziemniaczanej, groźnego zjadacza upraw ziemniaczanych, a znów inny grzyb glebowy z rodzaju *Dactylaria* ogranicza rozwój nicieni (rys. 5), z kolei grzyb glebowy z rodzaju *Trichoderma* hamuje rozwój opieńki miodowej (*Armillaria mellea*). Takich przypadków można by wyliczać dużo, dużo więcej [JAWORSKA, GORCZYCA 2002]. Oddziaływania allelopatyczne [WÓJCIK-WOJTKOWIAK i in. 1998] oparte są przecież, z jednej

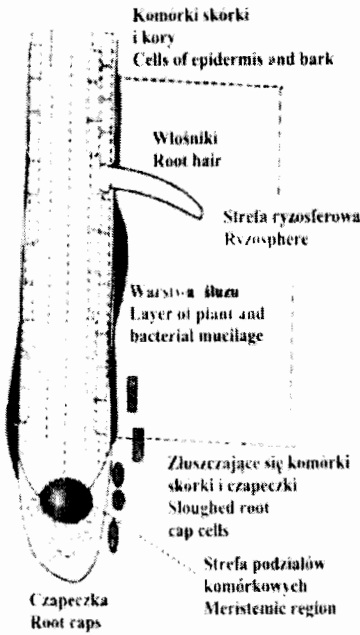
strony, na wydzielaniu substancji chemicznych stymulujących wzrost i rozwój korzystnych dla danego układu populacji, z drugiej na wydzielaniu przeróżnych związków hamujących wzrost i rozwój innych niekorzystnych populacji (rys. 6).



Rys. 1. Gleba jako twór powstały w wyniku oddziaływań elementów abiotycznych i biotycznych [SKIBA 2002]
 Fig. 1. Soil as a formation arisen as a result of interactions between abiotic and biotic components [SKIBA 2002]



Rys. 2. Wydzielane wtórne metabolity – na przykładzie bakterii z rodzaju *Pseudomonas*
 Fig. 2. Secondary bacterial metabolites – on an example of *Pseudomonas*

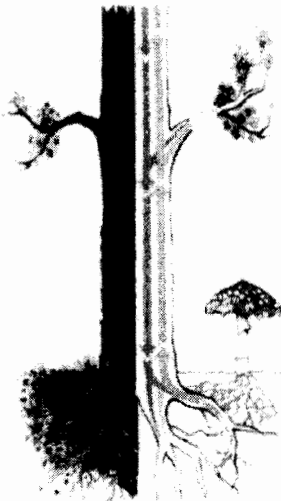


Pod pojęciem ryzosfery rozumiemy dynamiczne środowisko gleby z żyjącymi w niej mikroorganizmami przylegającymi bezpośrednio do korzeni. Bakterie podlegają oddziaływaniom systemu korzeniowego i zachodzącym w nim procesom, a z drugiej strony wywierają one określony wpływ na samą roślinę

Pojęcie ryzosfery obejmuje 3 zasadnicze obszary:

- 1/ endoryzosferę - obszar epidermy i komórek kory korzenia zasiedlonego przez bakterie,
- 2/ ektoryzosferę - obszar bezpośrednio przylegającej gleby z mikroorganizmami do korzeni,
- 3/ ryzoplanę - strefa powierzchniowa korzeni zasiedlona bezpośrednio przez bakterie.

Rys. 3. Ryzosfera – przykorzeniowa strefa gleby z mikroorganizmami
Fig. 3. Rhizosphere – specific microbial community in the root zone soil

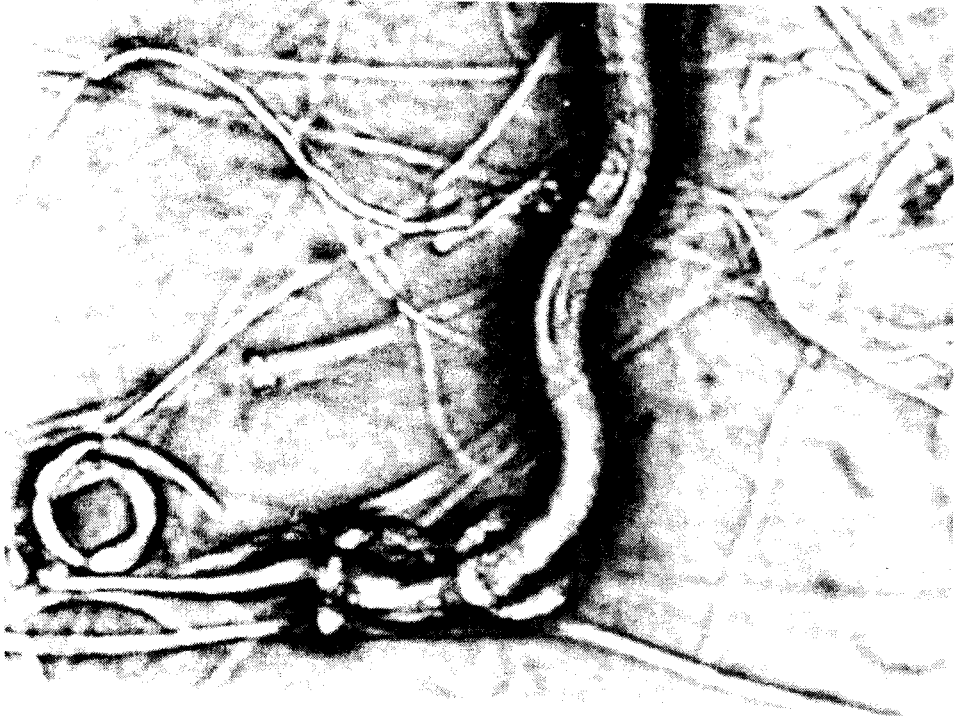


Pod pojęciem mikoryzy rozumiemy współzycie roślin z grzybami.

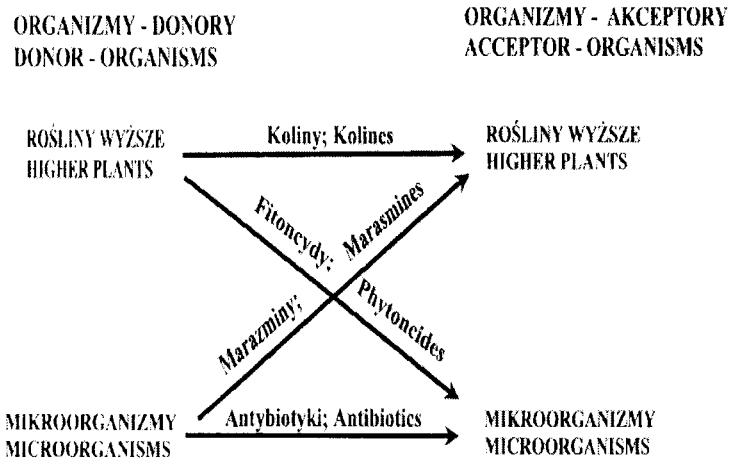
Wyróżniamy:

- 1) ektomikoryzę - tworzą ją grzyby z grupy *macromycetes*, głównie z roślinami drzewiastymi;
- 2) endomikoryzę - tworzą ją grzyby z grupy *micromycetes*, głównie z roślinami zielnymi;
- 3) ektoendomikoryzę - tworzą ją grzyby mieszane;
- 4) w skład mikoryz wchodzi jeszcze bakterie pomocnicze MHB (mycorrhization helper bacteria).

Rys. 4. Mikoryza – symbiotyczne współzycie grzybów z korzeniami roślin
Fig. 4. Mycorrhiza – mutualistic associations between soil fungi and plant roots

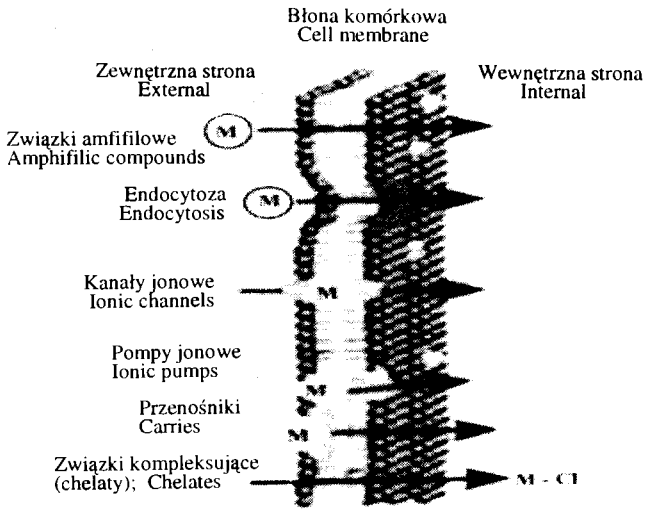


Rys. 5. Nicienie atakowane przez grzyba z rodzaju *Dactylaria*
 Fig. 5. Nematodes attacked by fungi from *Dactylaria* genus

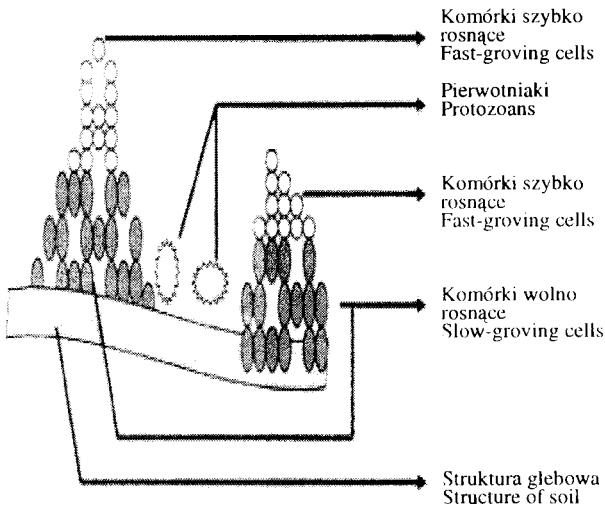


Rys. 6. Różne typy negatywnego oddziaływania allelopatycznego jednych organizmów na drugie

Fig. 6. Various types of negative allelopathic interactions occurring between the organisms



Rys. 7. Różne mechanizmy wnoszenia do komórek kationów
 Fig. 7. Various mechanisms of transporting cations into cells



Rys. 8. Model zasiedlania gleby przez bakterie oligo- i eutroficzne
 Fig. 8. Model of soil colonization by oligo- and eutrophic bacteria

Z całym naciskiem należy podkreślić, że w glebach bogatych w substancje odżywcze, w składniki organiczne rozwijają się przede wszystkim organizmy szybko rosnące, eutroficzne, głównie bakterie z grupy Gram (-). Co ciekawsze to to, że właśnie te bakterie wchodzi przede wszystkim w skład ryzosfery i są głównymi.

z jednej strony dostarczycielami dla roślin specyficznych związków o właściwościach hormonalnych, choćby między innymi auksyn, a z drugiej strony poprzez specyficzne wydzieliny na przykład cyjanowodor, są one obrońcami roślin przed atakami organizmów pasożytniczych.

Rozważając te układy już na poziomie molekularnym musi się zwrócić uwagę jeszcze na jeden element. Zarówno w procesie rozkładu materii organicznej, jak i w kształtowaniu się różnego typu współoddziaływań powstają złożone związki chemiczne o właściwościach kompleksujących – kompleksy i chelaty. Ligandy organiczne tworzą przeróżne połączenia z kationami, które albo ułatwiają wnikanie poszczególnych jonów do wnętrza komórek, albo uniemożliwiają im ten proceder. Mamy tu do czynienia także z kompleksami hydrofobowymi rozpuszczalnymi tylko w lipidach błon komórkowych. To one, z pominięciem specyficznych kanałów transportowych dla pierwiastków biogennych, wnoszą makro- i mikroelementy, nie zawsze te najpotrzebniejsze, a nader często wręcz toksycznie oddziaływujące, te z czarnej strefy. Nie można także przejść obojętnie nad wydzielinami zarówno mikroorganizmów, jak i roślin. To one przecież warunkują w dużym stopniu właściwości allelopatyczne, oddziaływające na inne populacje mutualistycznie bądź też kompetycyjne.

Natomiast w glebach zdegradowanych, ubogich w substancję organiczną, przede wszystkim występują mikroorganizmy wymagające minimalnych ilości związków węgla do swego przeżycia i przez to bardzo wolno rozmnażające i wolno rosnące. Są to organizmy oligotroficzne (rys. 7).

W wyniku tych wszystkich współoddziaływań powstają zarówno w procesie rozkładu obecnej w środowisku substancji organicznej, jak i w wyniku specyficznych wydzielin układy koloidalne, posiadające zróżnicowane właściwości sorpcyjne i określone ładunki elektrostatyczne. O układach sorpcyjnych w glebach i ich znaczeniu dla roślin poświęcono już wiele uwagi [BUCKMAN, BRADY 1971; SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL 1979; SKIBA i in. 2003], mniej natomiast wiemy o współzależnościach tych układów między poszczególnymi grupami mikroorganizmów. Należałoby tu jeszcze wspomnieć o występowaniu w tych układach zróżnicowanych sił van der Waalsa. W sumie, oddziałują tu więc także przeróżne siły fizyczne, których funkcji w ekosystemach jeszcze nie bardzo rozumiemy, choćby tylko przemieszczania się w obrębie struktur glebowych niektórych składników, nawet takich, jak skompleksowane pierwiastki biogenne.

Musi się także widzieć mikroorganizmy glebowe jako producentów wytwarzających przeróżne enzymy glebowe, które biorąc udział w rozkładzie materii organicznej, przyczyniają się do obiegu węgla. Degradacja polimerów węglowodanowych, białkowych, w tym i przemian azotowych, tłuszczowych, a nadto polifenolowych wymaga wieloskładnikowych systemów enzymatycznych i to produkowanych przez różne zespoły edafonu glebowego [RUSSEL, WYCZÓŁKOWSKI 2005], edafonu przystosowanego na drodze selekcji i adaptacji do danego ekosystemu [BADURA 2004b; KRUPA 2004].

W tych rozważaniach nie bez znaczenia pojawiają się problemy związane ze zróżnicowaniem zasiedlających glebę gatunków i to zarówno roślinnych, jak i tych mikroskopijnej wielkości i ich współprzystosowywaniem się do istniejących warunków środowiskowych. Dlatego też obserwowane dziś zubożenie gleb w substancję organiczną, to nie tylko zmniejszanie źródła potrzebnych pierwiastków biogennych, przecież w ostateczności można je zawsze uzupełnić nawozami mineralnymi, to nie tylko zmniejszanie związków o właściwościach koloidalnych wiążących

poszczególne struktury glebowe, ale przede wszystkim są one niezbędnym pokarmem dla mikroorganizmów pełniących te ważne funkcje w eko- i agrosystemach.

Literatura

- BADURA L. 2004a. *Bioróżnorodność i jej znaczenie w funkcjonowaniu ekosystemów*. Roczn. Glebozn. Tom IV(1): 321–335.
- BADURA L. 2004b. *Mikroorganizmy w glebach*. Inżynieria Środowiska 9(2): 147–158.
- BUCKMAN H.C., BRADY N.C. 1971. *Gleba i jej właściwości*. PWRiL, Warszawa: 529 ss.
- JAWORSKA M., GORCZYCA A. 2002. *Aktywność drobnoustrojów owadobójczych w glebie*, w: *Aktywność drobnoustrojów w różnych środowiskach*. W. Barabasz (red.), Drukpol, Kraków: 188 ss.
- KRUPA P. 2004. *Ektomikoryzy i ich znaczenie dla drzew rosnących na terenach zanieczyszczonych metalami ciężkimi*. Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice: 91 ss.
- KUNICKI-GOLDFINGER W. 1998. *Życie bakterii*. PWN, Warszawa: 616 ss.
- ODUM E.P. 1963. *Podstawy ekologii*. PWRiL, Warszawa: 560 ss.
- RUSSEL S., WYCZÓLKOWSKI A. I. 2005. *Metody oznaczania aktywności w glebach*. Instytut Agrofizyki PAN, Acta Agrophysica, Rozprawy i Monografie 3: 5–74.
- SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL 1979. *Lehrbuch der Bodenkunde*. Ferdinand Enke Verl. Stuttgart: 394 ss.
- SKIBA S. 2002. *Gleba w środowisku przyrodniczym*, w: *Aktywność drobnoustrojów w różnych środowiskach*. W. Barabasz (red.), Drukpol, Kraków: 188 ss.
- SKIBA S., DREWNIAK M., KACPRZAK A. 2003. *Gleba w środowisku*. 26 Kongres Pol. Tow. Gleboznawczego, Kraków: 550 ss.
- WEINER J. 1999. *Życie i ewolucja biosfery. Podręcznik ekologii ogólnej*. PWN, Warszawa: 610 ss.
- WÓJCIK-WOJTKOWIAK D., POLITYCKA B., WEYMAN-KACZMARKOWA W. 1998. *Allelopatia*. Akademia Rolnicza, Poznań: 91 ss.

Słowa kluczowe: ekosystem, gleba, kompleksy organiczne, mikroorganizmy

Streszczenie

W wyniku rozwoju społeczeństw postępuje degradacja środowiska przyrodniczego, której efektem może być nawet zagrożenie życia człowieka. Dlatego też na plan pierwszy muszą się dziś wysuwać problemy związane z badaniami nad funkcjonowaniem ekosystemów, nad znaczeniem poszczególnych ich składowych: gleby, mikroorganizmów oraz szaty roślinnej, a nade wszystko nad współzależnościami pomiędzy tymi elementami. Niewątpliwie olbrzymią rolę w tych układach pełnią mikroorganizmy odpowiedzialne, z jednej strony za rozkład substancji organicznej i powstawanie związków próchnicznych, a z drugiej za symbiozę z roślinami.

nami wyższymi. One również przez swą działalność, swe wydzieliny stanowią układy regulujące występowanie jakościowe i ilościowe nieodzwrotnych w danym ekosystemie organizmów. Dlatego obserwowane dziś zubożenie w substancję organiczną nie tylko zmniejsza dostępność pierwiastków biogennych i właściwości sorpcyjne gleb, ale nadto ogranicza rozwój mikroorganizmów eutroficznych, tych tak potrzebnych roślinom.

SOIL MICROORGANISMS AND THEIR ROLE IN THE ECOSYSTEMS BEING DEGRADED BY HUMAN ACTIVITY

Lesław Badura

Department of Microbiology, University of Silesia, Katowice

Summary

Key words: ecosystem, microorganisms, organic complexes, soil

Development of the industry leads to degradation of many terrestrial environments and anthropogenic disturbances may become harmful even for humans themselves. Therefore, our attention should be focused on the problems connected with functioning of devastated sites and the role of environmental factors, such as soil, microorganisms and plants. It seems to be most important to understand the interactions among all mentioned components. Undoubtedly, a very important role play the microorganisms that are responsible not only for organic matter decomposition and formation of humus compounds but also for many various interactions with the higher plants. Them Microorganisms, through their activity and various metabolites, regulate the quantitative and qualitative occurrence of organisms necessary in given environment. Nowadays a decrease in soil organic matter contents is observed. It results not only in limited availability of the nutrients and decreased soil sorption capacity but also negatively affects the growth and development of eutrophic bacteria necessary for plant living.

Prof. zw. dr hab. Lesław **Badura**
Emerytowany Profesor Uniwersytetu Śląskiego
Katedra Mikrobiologii
ul. Jordana 27/6
40-043 KATOWICE
e-mail: lbadura@us.edu.pl