

KIERUNKI I PERSPEKTYWY BADAŃ MIKROBIOLOGICZNYCH GLEB I ROŚLIN

M. Dąbek-Szreniawska

Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN, Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27

Streszczenie: W pracy omówiono najnowsze badania mikrobiologiczne gleb i roślin, przy zastosowaniu metod fizycznych. Przedstawiono zależności między aktywnością biologiczną a żyznością gleb. Opisano rolę mikroorganizmów glebowych w detoksykacji gleb. Szczególną uwagę zwrócono na wpływ czynników fizycznych i fizykochemicznych na aktywność mikroorganizmów glebowych. Podkreślono znaczenie substancji organicznej dla właściwości gleb.

Słowa kluczowe: badania mikrobiologiczne gleb, roślin, zastosowanie metod fizycznych.

WSTĘP

Współczesne rolnictwo w krajach rozwiniętych, stosujące w dużych ilościach nawozy mineralne i chemiczne środki ochrony roślin powoduje negatywne skutki zarówno w potencjalnej żyzności gleb jak i w środowisku przyrodniczym.

Obserwowana tendencja przechodzenia od rolnictwa intensywnego, opartego na stosowaniu produktów przemysłu chemicznego, do rolnictwa zrównoważonego - czy też integrowanego, uwzględniającego ochronę środowiska i wpływ przemysłowych środków produkcji przy jednoczesnym zachowaniu żyzności gleby [33] stwarza konieczność zwrócenia większej uwagi na aktywność biologiczną gleby. Mikro i makroorganizmy (głównie szata roślinna) rozwijające się na glebowym substracie – spełniają w określonych warunkach ekologicznych – podstawową rolę w tworzeniu i kształtowaniu środowiska przyrodniczego, naturalnych i użytkowanych przez człowieka ekosystemów lądowych [36].

Przed nauką rolniczą stało się bardzo ważne zadanie, w jaki sposób uzyskiwać wysokie plony i jednocześnie unikać zanieczyszczenia środowiska naturalnego, zapobiec degradacji gleb i erozji w wielu rejonach kraju.

Aby wykorzystać potencjalne możliwości produkcyjne ekosystemów polowych, leśnych i trawiastych należy skupić większą uwagę na rozpoznawaniu zależności pomiędzy metodami uprawy i nawożenia a aktywnością biologiczną gleby. Dokładne poznanie procesów biochemicznych i biogeochemicznych, zachodzących w środowisku glebowym z uwzględnieniem działalności mikroorganizmów wymaga głębszego zbadania związków pomiędzy systemami użytkowania gleb i skutkami, jakie te systemy wywierają na środowisko.

BIOLOGICZNA AKTYWNOŚĆ A ŻYZNOŚĆ GLEBY

O stanie gleby decydują czynniki: - morfologiczne, fizyczne, fizykochemiczne, biologiczne i biochemiczne [24,25,25,32,37]. Wymienione czynniki warunkują żyzność gleb, stwarzając optymalne warunki dla wzrostu i rozwoju roślin. Mikro i makroorganizmy glebowe poprzez zmiany ich aktywności i ugrupowań w ekosystemie glebowym mogą być dobrymi wskaźnikami zagrożeń, wpływających z różnego rodzaju ingerencji człowieka. Myśków i wsp. [32], Kucharski [26] zwrócili uwagę na konieczność stosowania wskaźników biologicznych gleby do oceny stanu jej żyzności. Wskaźnikami aktywności mikrobiologicznej gleby są: stopień rozmnożenia się mikroflory, aktywność jej enzymów, nasilenie biochemicznych procesów oraz zawartość produktów życiowej działalności drobnoustrojów. Mikrobiologiczne wskaźniki są najbardziej pewnymi przy ocenie żyzności gleb oraz procesów w nich zachodzących.

Czynniki biotyczne są w dużym stopniu zależne od warunków glebowych i równocześnie przez swą aktywność mogą je modyfikować. Kompleksy składników fizyko – chemicznych i biologicznych tworzą otwarty układ ekologiczny [34, 36]. Badania mikrobiologiczne w odniesieniu do parametrów fizycznych gleby umożliwiają precyzyjniejszą ocenę zjawisk zachodzących w środowisku glebowym. Na aktywność mikrobiologiczną gleby wpływa istotnie frakcja koloidalna. Koloidy glebowe: minerały ilaste i substancje humusowe charakteryzują się dużą powierzchnią sorpcyjną. Na powierzchni koloidów glebowych gromadzą się składniki pokarmowe stając się dostępnymi dla mikroorganizmów. Badura [1] podkreśla rolę mikroorganizmów w tworzeniu struktury gleb a wśród najważniejszych z nich powstawanie związków próchnicznych. Oddziałują one na strukturę agregatową gleb i pośrednio modyfikują stosunki wodne oraz podatność na erozję. Należy podkreślić, że struktura gleby jest jednym z podstawowych elementów jej żyzności.

W badaniach mikrobiologicznych poświęcono dużo uwagi precyzyjnemu przedstawianiu aktywności mikroorganizmów glebowych. Między innymi w badaniach mikroorganizmów glebowych używana jest metodyka oparta na matematycznym modelu mającym zastosowanie w fizyce jądrowej tak zwany model FOR – First Order Reaction Model. [22] Postać matematycznego modelu FOR jest następująca:

$$N(t) = N_{\infty} [1 - \exp\{-\lambda(t - t_r)\}]; \quad t \geq t_r \quad (1)$$

gdzie:

Nt i N_{∞} = liczba jednostek tworzących kolonie obserwowana w czasie t i w czasie nieskończonym,

λ = współczynnik kierunkowy kinetyki tworzenia kolonii,

t_r = czas opóźnienia – czas, w którym pokazały się pierwsze kolonie.

Model ten posłużył Hattoriemu [22] do bardzo precyzyjnego obserwowania dynamiki namnażania się bakterii glebowych. W oparciu o ten model Dąbek-Szreniawska i Malicki [17] przeprowadziliśmy szczegółowe badania i stwierdzili wpływ szeregu czynników takich, jak: zróżnicowanie gleb, zróżnicowanie nawożenia, różnorodność pożywek, temperatura, wilgotność i zagęszczenie gleby na aktywność tych bakterii.

UDZIAŁ MIKROORGANIZMÓW W DETOKSYKACJI GLEB

Badura [1,2,3] scharakteryzował rolę mikroorganizmów w rozkładzie i unieczynianiu metali ciężkich, a także różnego rodzaju substancji o działaniu toksycznym wprowadzanych do środowiska, jak na przykład: pestycydy i inne przemysłowe substancje toksyczne. Autor podaje liczne przykłady wytwarzania przez drobnoustroje metabolitów wiążących kationy w glebie. W glebie istnieją mechanizmy regulacyjne, które warunkują równowagę homeostatyczną. Autor podkreśla, że po przekroczeniu określonej pojemności homeostatycznej układu, każde zaburzenie równowagi wzajemnych oddziaływań lub wyeliminowanie jakiegokolwiek populacji może zniszczyć delikatne powiązania i doprowadzić do uruchomienia procesów degradacyjnych. Autor wnioskuje, że zjawiska unieczyniania metali ciężkich w środowisku nie są do końca wyjaśnione. Wyjaśnienie tych zagadnień w oparciu o zjawiska fizyczne m. innymi zjawiska adsorpcji, desorpcji wymagają szerokich opracowań. Istotnym zagadnieniem w wyjaśnianiu zjawisk elektrokinetycznych na powierzchni granicznej cząstek glebowych a w tym szczególnie aktywności sorpcyjnej i strukturotwórczej gleb są procesy związane

z działalnością życiową mikroorganizmów. Ważne są tu takie procesy, jak sorpcja biologiczna przy różnej koncentracji kationów i anionów, oddziaływanie procesów biochemicznych na koncentrację składników pokarmowych w kompleksie sorpcyjnym oraz udział drobnoustrojów w powstawaniu lub rozkładzie koagulatów i flokulatorów.

Barabasz i wsp. [6] podają liczne przykłady działalności drobnoustrojów, posiadających zdolności uruchamiania niedostępnego, nierozpuszczalnego żelaza poprzez wydzielanie związków tzw. sideroforów o właściwościach chelatogennych.

Badura [1] podkreśla również oddziaływanie mikroorganizmów glebowych na pH i Eh gleby. Stąd też istotnym zagadnieniem jest powiązanie działalności mikroflory z roślinnością i czynnikami fizycznymi i fizyko – chemicznymi gleby. Współdziałanie mikroorganizmów i roślin wyższych doprowadza do powstania pewnego rodzaju równowagi w środowisku glebowym. Jak zwrócił uwagę Smyk [36] równowagę tę może zakłócać każdy nowy dopływ substancji energetycznej lub zmiany we właściwościach fizykochemicznych gleby. Utrzymanie tej równowagi jest celem stosowanych metod agrotechnicznych w rolnictwie. Balicka [4] podkreśla niezbędność integralności badań systemu roślina-drobnoustroje-gleba. Autorka opisuje ściśle powiązania pomiędzy oddziaływaniami roślin i drobnoustrojów w środowisku glebowym. Zdolność rośliny do przeciwstawiania się warunkom niekorzystnym dla jej rozwoju jest często zależna od działalności drobnoustrojów związanych z rizosferą.

ZASIEDLENIE GLEB PRZEZ MIKROORGANIZMY W ZALEŻNOŚCI OD SKŁADU GRANULOMETRYCZNEGO I AGREGATOWEGO

Zwrócono uwagę na zależność pomiędzy składem cząsteczkowym (granulometrycznym) a ich zasiedleniem przez drobnoustroje glebowe. Wiadomo, że większość drobnoustrojów zasiedla substancję organiczną gleby. Burrichter [8] wykazał, że najwięcej drobnoustrojów zasiedla cząstki o średnicy 20-25 μm , mało natomiast jest ich na dużych cząstkach glebowych. Na przykład niewiele drobnoustrojów ulegało sorpcji na ziarnach piasku. Obserwacje na glebie próchniczno-glejowej, przeprowadzone przez Zwiagincewa [40] wskazują na zależności pomiędzy rozmiarami cząstek glebowych (w granicach 1-500 μm) a liczbą skupionych na nich drobnoustrojów. W badaniach przeprowadzonych w ostatnich latach na trzech gatunkach gleb (piasek gliniasty, glina średnia i glina pylasta) wyraźnie potwierdzono zależności między liczebnością mikroorganizmów, składem cząsteczkowym i zawartością substancji organicznej [12].

Na problematykę zasiedlania agregatów glebowych przez mikroorganizmy zwracają uwagę T. Hattori i R. Hattori [21] oraz Lynch i Bragg [27]. Uwzględniając fakt, że większość drobnoustrojów zasiedla frakcję koloidalną gleby Hattori [20] wyróżnia dwa środowiska w agregatach glebowych: zewnętrzne i wewnętrzne. Zewnętrzne, według Hattoriego to powierzchnie agregatów i pory nie kapilarne, wewnętrzne natomiast – to pory kapilarne. Autor opracował metodę, która pozwala na rozdział mikroorganizmów zasiedlających wymienione środowiska. Metoda ta polega na zastosowaniu generatora ultradźwięków i wymywaniu wodą. Przy użyciu tej metody wykazano różnice w liczebności i rozmieszczeniu poszczególnych bakterii, grzybów i promieniowców w agregatach glebowych różnej wielkości. Metodyka ta znalazła zastosowanie w wielu badaniach autorki [11,14]. Przy pomocy tej metody określono różnice w zasiedleniu agregatów glebowych przez drobnoustroje w glebie nawożonej i nie nawożonej [14].

W wielu badaniach mikroorganizmów glebowych podkreślono znaczenie fizycznego stanu środowiska. Praca T. Hattori i R. Hattori [21] stanowi próbę rozszerzenia badań zasiedlenia gleby przez mikroorganizmy w zależności od stanu fizycznego gleby. Autorzy zanalizowali mikroorganizmy w odniesieniu do powierzchni granicznych w glebach jak: ciało stałe – ciecz, czy ciecz – powietrze w cząstkach koloidalnych czy w agregatach glebowych w profilu glebowym, aby w ten sposób uzyskać pełniejszy obraz życia drobnoustrojów w naturalnym środowisku gleby.

Szczególą uwagę zwrócono na zależności pomiędzy właściwościami fizycznymi, fizykochemicznymi a działalnością mikroorganizmów w środowisku glebowym na przykładzie powstawania i trwałości agregatów glebowych. Zagadnienia te zostały opisane przez Dąbek-Szreniawską [9,10], Tisdall i Oades [38], Lynch i Bragg [27], Balashova i Dąbek-Szreniawską [5] i innych. Znaczenie gruzelkowatej struktury gleby w praktyce rolniczej jest ogólnie znane. Struktura agregatowa w glebie o cięższym składzie mechanicznym wpływa korzystnie na właściwości wodne, powietrzne i cieplne gleb, a tym samym wpływa na procesy biologiczne, między innymi uruchamianie trudno przyswajalnych składników pokarmowych dla roślin w tych glebach. Na proces tworzenia się agregatów glebowych mają wpływ: nawożenie, działalność czynników atmosferycznych w okresie wegetacji, działalność drobnoustrojów oraz organizmów wyższych bytujących w glebie.

Tworzenie się agregatów przy udziale mikroorganizmów może zachodzić w wyniku działania różnych mechanizmów. Mogą one tworzyć się na zasadzie zjawiska adsorpcji i mechanicznego splątania cząsteczek gleby myceliami grzybów, a przede wszystkim poprzez zlepianie cząsteczek gleby śluzami drobnoustrojów. Substancje śluzowe wytwarzane poza komórkowo przez mikro-

organizmy glebowe mają w większości charakter polisacharydowy. Polisacharydy glebowe ze względu na ich rolę strukturotwórczą poddano dosyć szczegółowym badaniom z punktu widzenia ich składu i właściwości fizykochemicznych. Substancje śluzowe działają korzystnie na wytwarzanie agregatów glebowych, stanowiąc rodzaj lepiszcza. Ich trwałość - oporność na rozkład przez inne drobnoustroje, wpływa na trwałość agregatów glebowych. Dąbek-Szreniawska poddała badaniom lepkość substancji wytwarzanych przez bakterie [10]. Miarą lepkości była szybkość przepływu roztworów wodnych biomasy bakterii o określonej gęstości w jednostce czasu. Autorka zaobserwowała, że pod wpływem badanych szczepów tych bakterii w obecności źródła węgla następuje zwiększenie wodoodporności agregatów glebowych zarówno w glebie uprawnej jak i wyjałowionej w autoklawie.

W celu określenia wpływu bakterii, promieniowców i grzybów na trwałość agregatów glebowych wykorzystano fizyczną metodę badania ich wodoodporności opracowaną przez Witkowską-Walczak [39]. Dzięki tej metodzie określono wpływ poszczególnych drobnoustrojów na trwałość agregatów glebowych [10].

Powstała teoria dotycząca tworzenia agregatów glebowych przy udziale długołańcuchowych polisacharydów, a przede wszystkim polisacharydów wytworzonych przez mikroorganizmy. Polisacharydy o długich łańcuchach zdolne są wiązać nieorganiczne cząsteczki gleby w stałe skupiska. Martin i Haider [30] podkreślają, że frakcja polisacharydowa jest drugą, co do ważności frakcją humusu glebowego, ocenianą na 10 do 30% ogólnej ilości humusu. Wysoka aktywność wiążąca polisacharydów wynika między innymi z ich długości i linearnej struktury, która pozwala im łączyć przestrzeń między cząsteczkami gleby. Liczne badania autorów [30,12,27] wskazują, że polisacharydy zarówno pochodzenia mikrobiologicznego jak i roślinnego mają zdolności do tworzenia soli lub kompleksów z jonami metali, minerałami lub związkami humusu i w ten sposób występują w stosunkowo stałej formie.

ZASIEDLENIE GLEB PRZEZ MIKROORGANIZMY W ZALEŻNOŚCI OD ZAGĘSZCZENIA

Wprowadzenie na pola uprawne ciężkich ciągników i maszyn rolniczych powoduje wzrost stanu zagęszczenia gleby. Bezpośrednim efektem przejazdów tych maszyn jest zmniejszenie porowatości ogólnej, poprzez silne zredukowanie porów dużych oraz zwiększenie udziału porów małych. Rozkłady wielkości tych porów decydują z kolei o ruchu wody glebowej, oraz dyfuzji tlenu w glebie. Istotny wpływ zagęszczenia gleby na stosunki wodno-powietrzne gleby oraz

rozwój roślin został szczegółowo opisany między innymi przez Glińskiego i Lipca [18]. Przeprowadzono wiele badań wpływu zagęszczania gleby na jej produktywność. Niewiele jest natomiast informacji, w jakim stopniu gęstość gleby wpływa na liczebność mikroorganizmów. Przeprowadzono badania liczebności różnych grup mikroorganizmów w zależności od gęstości i ciśnienia ssącego gleby wytworzonej z lessu. Wykazano, że liczebność bakterii proteolitycznych dla gęstości gleby $d = 1,23 \text{ kg}\cdot\text{dm}^{-3}$ zależna była w czasie od ciśnienia ssącego [13]. Dla tej gęstości gleby najmniejszą liczebność bakterii w ciągu miesiąca zanotowano przy wilgotności odpowiadającej ciśnieniu ssącemu 32 hPa, a największą – przy ciśnieniu ssącym 160 hPa.

W dalszych badaniach potwierdzono istotny wpływ stopnia zagęszczenia i wilgotności na aktywność mikrobiologiczną gleb. Podjęto próbę interpretacji tych reakcji w oparciu o specjalnie opracowany przez Malickiego i wsp. [28] model matematyczny opisujący wpływ ugniatania i spulchniania gleby na jej biologiczną aktywność. Ugniatanie gleby nie zmieniając jej właściwości chemicznych zmienia geometrię rozmieszczenia cząstek glebowych, a tym samym stężenie roztworów glebowych oraz proporcje pomiędzy wilgotnością w różnych zagęszczeniach. Model matematyczny opisujący aktywność biologiczną gleby po jej zagęszczeniu ma następującą postać:

$$N_i = N_0 \frac{M_i}{M_0} \sqrt[3]{\left(\frac{1 - \frac{\rho_0}{\rho_{abs}}}{1 - \frac{\rho_i}{\rho_{abs}}} \right)^3} \quad (2)$$

gdzie:

N_0 - ilość lub aktywność drobnoustrojów przed zagęszczeniem gleby,

N_i - ilość lub aktywność drobnoustrojów po zagęszczeniu gleby,

M_0 - wilgotność przed zagęszczeniem gleby,

M_i - wilgotność po zagęszczeniu gleby,

ρ_0 - gęstość przed zagęszczeniem gleby,

ρ_i - gęstość po zagęszczeniu gleby,

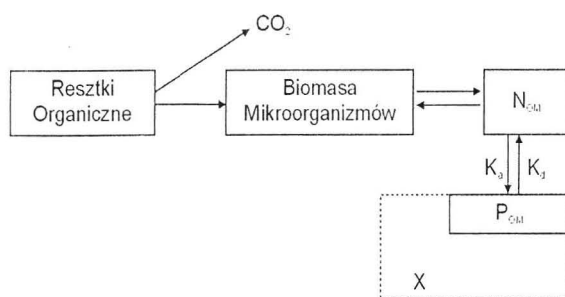
ρ_{abs} – ciśnienie parcjale gleby.

Przedstawiony model wskazuje wyraźnie na wpływ zagęszczania gleby i związanej z tym zmiany wilgotności względnej na liczebność mikroorganizmów stanowiącą miarę ich aktywności.

Burges [7] podkreślił znaczenie badań mikroorganizmów w glebie w oparciu o poznanie struktury, jak i inne właściwości gleby. Zbadał on związki zachodzące pomiędzy fizycznymi i mikrobiologicznymi właściwościami gleb. Dla prezentacji wyników mikrobiologicznej analizy gleb Malicki [29] zaproponował, obok jednostek masy również inne jednostki fizyczne gleb takie, jak: powierzchnię właściwą w cm^2 a także porowatość w jednostkach objętości (cm^3). Autor stwierdza, że objętość wewnętrzna gleby, jej „porowatość” zależy od ułożenia cząstek. Dostępna dla bakterii część „porowatości ogólnej” zależy od udziału, jaki ma w niej „porowatość nie kapilarna” i „kapilarna”. W naszych badaniach uwzględniając wymienione jednostki charakterystyki fizycznej gleb stwierdzono, że najbardziej precyzyjne dane o aktywności bakterii w glebie otrzymuje się odnosząc wyniki do 1 cm^3 roztworu glebowego [16].

SUBSTANCJA ORGANICZNA I JEJ WPŁYW NA WŁAŚCIWOŚCI GLEB

Przeprowadzono wiele dowodów korzystnego wpływu substancji organicznej na właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne gleb. Hassink i Whitmore [19] zaproponowali model fizycznej ochrony substancji organicznej przed degradacją. Model ten oparty jest na zjawiskach kinetycznych adsorpcji-desorpcji. Na podstawie tego modelu, którego układ blokowy zaproponowano poniżej, stwierdzono, że substancja organiczna zaadsorbowana przez frakcję ilastą nie ulega rozkładowi [19].



Rys. 1. Model fizycznej ochrony substancji organicznej w glebach.

Fig. 1. Model of the physical protection of the organic matter in soils.

porcji substancja organiczna może ulec rozkładowi. Czynnikiem adsorbującym i zarazem zabezpieczającym materię organiczną przed rozkładem - jest frakcja

K_a - jest to współczynnik adsorpcji (ochrony substancji organicznej),
 K_d - współczynnik desorpcji,
 X - zdolność gleby do ochrony substancji organicznej przed degradacją ($\text{gC} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby) związana z zawartością frakcji ilastej,
 N_{OM} - substancja organiczna ulegająca rozkładowi mikrobiologicznemu,
 P_{OM} - substancja organiczna ochroniona przed rozkładem.

Natomiast w momencie desorpcji

ilasta. W oparciu o ten model stwierdzono, że maksymalna zdolność badanych gleb do ochrony substancji organicznej przed rozkładem jest ściśle skorelowana z zawartością frakcji ilastej [19].

PODSUMOWANIE

W badaniach mikrobiologicznych niezbędne jest uwzględnienie zjawisk fizycznych i fizykochemicznych gleb zachodzących w uprawnej warstwie.

Poznanie i określenie procesów mikrobiologicznych, zarówno z punktu widzenia wpływu mikroorganizmów glebowych na tworzenie gruzełkowatej struktury gleby, powstawanie humusu glebowego i przemiany substancji organicznej, jak również unieczynnianie i rozkład substancji toksycznych dostających się do gleby w wyniku działalności człowieka są wynikiem działalności mikroorganizmów. Zjawisko sorpcji biologicznej, przy różnej koncentracji kationów i anionów, oddziaływanie procesów biochemicznych na koncentracje składników pokarmowych w kompleksie sorpcyjnym, procesy mikrobiologiczne związane ze zjawiskami elektrokinetycznymi w środowisku glebowym stanowią aktualne i nowoczesne zagadnienia badawcze.

W rozwoju strategii i metod uprawy roślin konieczna jest współpraca naukowców i praktyków – w celu wspólnego opracowania zarówno całokształtu technologii uprawy roli opłacalnych ekonomicznie jak i korzystnych dla równowagi biologicznej gleb. Głębsze poznanie roli mikroorganizmów glebowych i zintegrowanie tej wiedzy z rozwojem metod uprawy w celu poprawy żyzności gleb – jest jednym z ważniejszych zadań stojących przed naukowcami i praktykami [35].

PIŚMIENNICTWO

1. **Badura L.:** Microorganisms in the soil eco – subsystems – their occurrence and functions. *Postępy Mikrobiologii*, 24, 153-183, 1985.
2. **Badura L.:** Czy znamy wszystkie uwarunkowania toksycznego oddziaływania metali ciężkich na bakterie, w: *Ekologiczne Aspekty Mikrobiologii Gleby*, ed. Sawicka i Durska, Akad. Roln., Poznań, 57-66, 1998.
3. **Badura L.:** Miejsce mikroorganizmów w ekosystemach łądowych. [w druku].
4. **Balicka N.:** Niektóre aspekty wzajemnego oddziaływania roślin i drobnoustrojów. *Post. Mikrob.*, 22, 87-93, 1983.
5. **Balashov E.V., Dąbek-Szreniawska M.:** Organic matter transformation and water-stable aggregation in a loamy sand Orthic Luvisol as affected by management practices, Wrocław,

- Biogeochemical Processes and Cycling of Elements in the Environment. Wydawnictwo Polish Society of Humic Substances, PTSH, 15 ISEB, 361-363, 2001.
6. **Barabasz W., Chmiel M.J., Albińska D., Vorisek K.:** Rola i znaczenie sideroforów jako nośników jonów żelaza u drobnoustrojów i roślin. *Chemia i inżynieria ekologiczna*, 6, 575-585, 1999.
 7. **Burges A.:** *Biologia gleby*. Academic Press Inc., London, England, 1967.
 8. **Burrichter E.:** Beitrage zur Beurteilung von Boden auf Grund fluoreszenzmikroskopischer Untersuchung ihrer Mikroflora. *Z. Pflanzenernahr. Bodenk.*, 63, 154-162, 1953.
 9. **Dąbek-Szreniawska M.:** Mikrobiologiczne aspekty tworzenia agregatów glebowych. *Problemy Agofizyki*, nr 4, Wyd. Ossolineum, 1972.
 10. **Dąbek-Szreniawska M.:** The role of selected bacteria in the formation of water stable soil aggregates independently of other microorganisms. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 197, 339-354, 1977.
 11. **Dąbek-Szreniawska M., Hattori T.:** Winogradsky's salts solution as a diluting medium for plate count of oligotrophic bacteria in soil. *J. Gen. Appl. Microbiol.*, 27, 517-518, 1981.
 12. **Dąbek-Szreniawska M.:** Results of microbiological analyses related to soil physical properties. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 398, 1-6, 1992.
 13. **Dąbek-Szreniawska M., Kondracka B., Lipiec J., Malicki J., Tarkiewicz S.:** Influence of soil compaction and suction pressure on the number of microorganisms. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 398, 7-11, 1992.
 14. **Dąbek-Szreniawska M.:** Effect of keratin-carbamide fertilization on microorganisms in soil aggregates. *Pol. J. Soil. Sci.*, 26, 49-57, 1993
 15. **Dąbek-Szreniawska M., Wyczółkowski A., Stawiński J.:** The distribution of soil microorganisms in soils and its relations to physicochemical soil characteristics: Mededelingen van de Faculteit Landbouwetenschappen. Universiteit Gent, Vol. 58, 1787-1790, 1993.
 16. **Dąbek-Szreniawska M., Wyczółkowski A.I., Kuś J.:** Współzależności między sposobem nawożenia pszenicy ozimej, jej plonami a liczebnością bakterii oligotroficznych, zymogenicznych i grzybów. *Acta Agrophysica*, 23, 17-29, 1999.
 17. **Dąbek-Szreniawska M., Malicki J.:** Evaluation of soil bacteria number by various models. *Acta Agrophysica*, 38, 37-46, 2000.
 18. **Gliński J., Lipiec J.:** *Soil Physical Conditions and Plant Roots*. CRC, Press, Boca Raton, USA, FL., 250, 1990.
 19. **Hassink J., Whitmore A.P.:** A model of the physical protection of the organic matter in soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 61, 131-139, 1997.
 20. **Hattori T.:** Fractionation of microbial cells in soil aggregates, *Soil Biol.*, 11, 30-31, 1969.
 21. **Hattori T., Hattori R.:** The physical environment in soil microbiology: an attempt to extend principles of microbiology to soil microorganisms. *CRC Crit. Rev. Microbiol.*, 4, 423 - 461, 1976.
 22. **Hattori T., Hattori R.:** The plate count method. An attempt to delineate the bacterial life in the microhabitat of soil. In *Soil Biochemistry*, Vol.10, J.M. Bollag and G. Stotzky (eds.): 271-302, 2000.
 23. **Harris R.F., Chesters G., Allen O.N.:** Dynamics of soil aggregation, *Adv. Agr.*, 18, 107-169, 1966.

24. **Kowaliński S.:** Żyzność gleby [w:] *Gleboznawstwo rolnicze*: 282-299. PWRiL, Warszawa, Praca zbiorowa pod red. B. Dobrzańskiego i S. Zawadzkiego, 1995.
25. **Kobus J.:** Biologiczne procesy a kształtowanie żyzności gleby. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 421a, 209-219, 1995.
26. **Kucharski J.:** Relacje między aktywnością enzymów a żyznością gleby. *Drobnoustroje w środowisku*. Wyd. Katedra Mikrobiologii Rolniczej, Wydział Rolniczy Akademii Rolniczej w Krakowie, 327-347, 1997.
27. **Lynch J.M., Bragg E.:** Microorganisms and soil aggregate stability. *Advances in Soil Science*, 2, 133-171, 1985.
28. **Malicki J., Bieganowski A., Dąbek-Szreniawska M.:** Mathematical modeling of biological activity of the soils with different compacting ratios. *Soil Tillage Research*, vol. 19, 357-362, 1991.
29. **Malicki J.:** Fizyczne właściwości gleb i ich mikrobiologiczna analiza. *Post. Nauk Roln.*, 3, 45-70, 1980.
30. **Martin J.P., Haider K.:** Microbial activity in relation to soil humus formation. *Soil Sci.*, 111, 54-63 1971.
31. **Myśków Wl.:** Rolnicze znaczenie próchnicy oraz sposoby regulowania jej ilości w glebie. *IUNG Puławy*, 36, 1984.
32. **Myśków Wl., Stachyra A., Zięba St., Masiak D.:** Aktywność biologiczna gleby jako wskaźnik jej żyzności i urodzajności. *Rocz. Glebozn.*, XL7, 89-99, 1996.
33. **Nawrocki St.:** Przyrodniczo-glebowe podstawy ekologizacji rolnictwa obszaru funkcjonalnego „Zielone Płuca Polski”. *Białostocki Oddział Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego*, 12-18, 1995.
34. **Richards B.N.:** Wstęp do ekologii gleby. PWN, Warszawa, 326, 1979.
35. **Roper M.M., Gupta V.V.S.R.:** Management practices and soil biota. *Aust. J. Soil Res.*, 33, 321-339, 1995.
36. **Smyk B.:** Mikroorganizmy a stabilność ekosystemów polowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 306, 127-140, 1985.
37. **Sokołowska Z., Hajnos M., Dąbek-Szreniawska M.:** Relation between absorption of water vapor, specific surface area and kind of the cultivation system. *Polish J. of Soil Sci.*, 32, 3-12, 1999.
38. **Tissdall J.M., Oades J.M.:** Organic matter and water stable aggregates in soils. *J. Soil Sci.*, 33, 141-164, 1982.
39. **Walczak R., Witkowska B.:** Water stability determination for different fractions of soil aggregates. *Roczn. Glebozn.*, 25(2), 257-282, 1974.
40. **Zwiagincew D.G.:** K woprosu ob adsorpcji mikroorganizmow poczwiennymi czasticami. *Poczwoedienije*, 2, 19-25, 1962.

DIRECTIONS AND PERSPECTIVES OF MICROBIOLOGICAL RESEARCH OF SOILS AND PLANTS

M. Dąbek-Szreniawska

Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27

Summary. The newest microbiological research of soils and plants was described in the paper. Physical and other methods were used in observations of soils and plants. The relation between biological activity and soil fertility was examined. The research on the role of the microorganisms in detoxication of soils was described as well as distribution of microorganisms in soil - depending on granulometric particles and soil aggregates. Attention was paid to the influence of soil bulk density and humidity on soil microorganisms. Special attention was paid to the influence of organic matter on microorganisms and soil properties.

Key words: microbiological and physical research of soils and plants.