

IGNACY DECHNIK, RYSZARD DĘBICKI, MARCEL DE BOODT
Instytut Agrofizyki PAN w Lublinie
Uniwersytet Państwowy w Gandawie, Belgia

ZASTOSOWANIE ŚRODKÓW STRUKTUROTWÓRCZYCH I ICH ODDZIAŁYWANIE NA BIOLOGIĘ GLEBY

Badania nad mechanizmami tworzenia i stabilizacji gruzełków glebowych sugerują, że podstawową rolę w tych procesach odgrywają wielocząsteczkowe substancje organiczne o charakterze polimerów liniowych, głównie polisacharydy, które stanowią od 5 do 20% substancji organicznej w glebie oraz ligniny, białka, kwasy nukleinowe i kauczuk. Wszystkie te związki zawierają wystarczającą ilość grup polarnych aby zapewnić ich adsorpcję na cząstkach glebowych, a połączenia krzyżowe i siły van der Waalsa pomiędzy łańcuchami zapewniają dobrą kohezję cząstek glebowych [5, 6, 11, 15, 23].

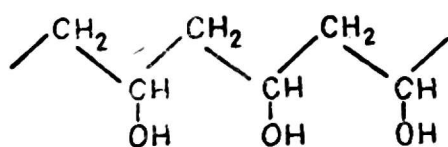
Poznanie zjawisk towarzyszących tworzeniu i stabilizacji gruzełków glebowych pozwoliło na przyjęcie hipotezy, że naturalne substancje strukturotwórcze mogą być zastąpione przez bardziej trwałe i odporniejsze na rozkład mikrobiologiczny substancje syntetyczne, które przechodząc ze stanu rozpuszczalnego w nierozpuszczalny będą tworzyły trwałe agregaty glebowe.

Dotychczas nie udało się wyizolować bakterii z mikroagregatu glebowego i dlatego większość badaczy, którzy zajmują się strukturą gleby uważa, że jest to fundamentalna przyczyna trwałości agregatów glebowych [1, 16, 22].

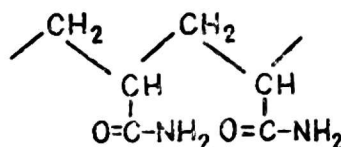
Znanych jest wiele klasyfikacji środków strukturotwórczych, w których za główne kryteria podziału przyjmuje się: skład chemiczny środków, pochodzenie, sposób oddziaływania i zastosowania itp. [7, 8, 9, 21]. Dotychczas przebadane środki strukturotwórcze można ująć w następujące grupy: polielektrolity, emulsje homopolimerów i kopolimerów estrów poliwinylu i polibutadienu, pochodne celulozy, pochodne ropy naftowej, substancje żywiczne różnego pochodzenia, substancje pochodzące z fermentacji i przeróbki odpadów z przemysłu i rolnictwa (np. drzewnego i rolno-spożywczego). Jedną z klasyfikacji jest podział środków wg ich oddziaływania na właściwości gleb [4]. Wyróżnia się tu: a) środki wywołujące zjawiska hydrofilowe (polielektrolity), b) środki powodujące hydrofobizację gleby (emulsje bitumiczne), c) środki zwiększające tempe-

Wzory wybranych środków strukturotowanych

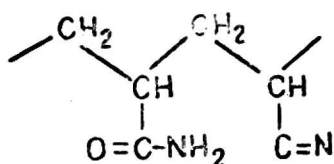
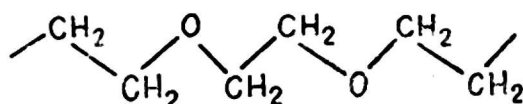
I. Polimery rozpuszczalne w wodzie (polielektrolity):



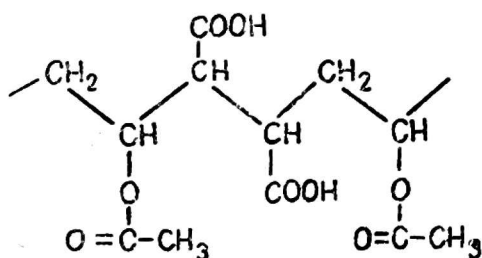
Polialkohol winylu (PVA)



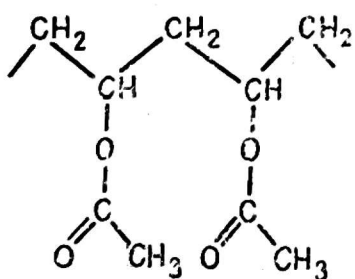
Poliakryloamid (PAM)

Częściowo zhydrolizowany
poliakrylonitryl (HPAN)

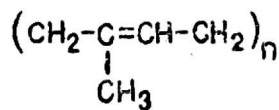
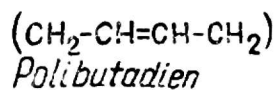
Poliglikol etylenowy (PEG)

Kopolimer octanu winylu i kwasu maleinowego
(VAMA, Kriliurn, GRD-186)

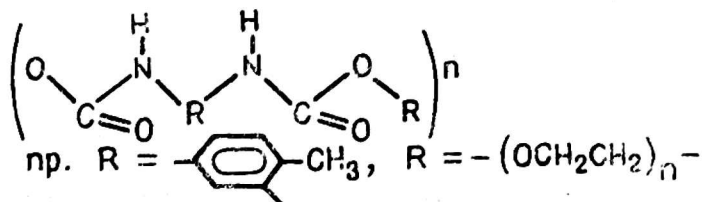
II. Polimery tworzące emulsje w wodzie (hydrofobowe):



Poliocetan winylu (PVAc)



Kauczuk naturalny (Lateks)



Poliuretan

Wybrane środki strukturotwórcze i ich oddziaływanie na glebę i roślinę [1]

Tabela 2

Nazwa środka	Substancja aktywna	Pochodzenie	Dawki, % s. m. gleby	Gleby	Wzrost agre- gacji, %	Wzrost plonów %
HPAN (CRD-186)	zhydrolizowany poliakrylonitryl	USA	0,01—0,1	gliny	16—32	burak cukrowy 17 kukurydza 50
VAMA (CRD-189) Krilium	kopolimer octanu winylu i kwasu maleinowego	USA	0,01—0,1	gliny	18—92	buraki ćwikłowe 15—30 kukurydza 44—102
K-4	kopolimery kwasu	ZSRR	0,01—0,2	gliny	51—90	ziemniaki 13
K-8	metakrylowego i metakrylamidu			średnie		pszenica 25—69
PVA	poliakryloamid winylu	USA Japonia	0,1	gliny	80	pszenica 50
PAM	poliakryloamid	USA, ZSRR	0,01—0,1	piaski gl.	10—60	koniczyna 30
Solakrol		Polska		gliny		buraki ćwikłowe 10—40
Rokrysol		Węgry		lessy		fasola szparagowa 30
Magnafloc		W. Bry- tania				proso, owies 30—60
Bitumin-S	emulsja bitumiczna	NRD, ZSRR	0,1—0,5	piaski gliny	50—90	truskawki 170 szparagi 45
Hufomina		Belgia, USA,				marchew, buraki 56
Unisol 91	olej + latex	W. Bryta- nia, RFN	0,1	gliny	40—70	—
SRB-Latex	emulsja styren- -butadien-latex	USA	0,1—0,5	piaski	54—88	—
Uresol 31	poliuretan	Belgia	0,1	piaski	44—76	—
UF	żywica formaldehy- dowo-mocznikowa	USA, Belgia	0,1—0,5	piaski	68—87	owies 15—50

raturę powierzchniowej warstwy gleby, d) środki utrwalające tylko strukturę gleby, e) środki zmierzające do zwiększenia pojemności sorpcyjnej gleby.

W tabeli 1 przedstawiono wzory chemiczne wybranych syntetycznych środków strukturotwórczych, a w tabeli 2 ich nazwy handlowe, producenta oraz wyniki badań dotyczące ich oddziaływania na strukturę gleb oraz plonowanie roślin uprawnych.

Dziedziny zastosowania środków strukturotwórczych

Dotychczasowe badania dowiodły, że środki strukturotwórcze z powodzeniem mogą być zastosowane w następujących dziedzinach [4, 6]:

1. W strefie klimatu umiarkowanego:

— w produkcji roślinnej: do poprawy warunków kiełkowania i wschodów roślin uprawnych poprzez zabezpieczenie gleby przed wytwarzaniem skorupy powierzchniowej; do poprawy struktury gleby i jej zdolności filtracyjnej, tzn. wywoływanie zjawisk hydrofilowych lub hydrofobowych, w zależności od środków i celu zabiegu.

— w melioracji: do walki z erozją wodną lub wietrzną w terenach zagrożonych tym zjawiskiem; do poprawy zdolności filtracyjnej warstwy gleby nad sączkami drenarskimi w celu zabezpieczenia ich przed zbyt szybkim zamulaniem przez frakcję ilastą gleby oraz w pracach inżynierskich do stabilizacji brzegów rzek, kanałów oraz pobrzeży arterii komunikacyjnych.

2. W strefie klimatu suchego i tropikalnego do:

— zabezpieczenia przed parowaniem wody z powierzchni nieobsianych;

— walki z erozją wodną i wietrzną;

— przygotowania podłoży do uprawy roślin i drzew w terenach piaszczystych i wydmowych (np. pasy ochronne).

Oddziaływanie środków strukturotwórczych na biologię gleby

Z rolniczego i ekonomicznego punktu widzenia jest pożądane, by syntetyczne substancje strukturotwórcze charakteryzowały się dużą odpornością na rozkład mikrobiologiczny w glebie. Jednakże z punktu widzenia ochrony środowiska istotne jest by środki te nie ulegały ewentualnej biodegradacji a produkty ich rozpadu nie były toksyczne dla flory i fauny glebowej. Stąd też znajomość tempa rozkładu tych produktów oraz ich oddziaływanie na procesy mikrobiologiczne zachodzące w glebach ma

szczególne znaczenie dla szerszego wykorzystania tych środków w rolnictwie.

Literatura na temat biodegradacji syntetycznych środków strukturotwórczych jest nieliczna, jakkolwiek dotychczas przeprowadzone badania laboratoryjne, z wykorzystaniem metod: Warburga, nitryfikacji, szalkowych itd. wykazały, że wysokocząsteczkowe polimery liniowe, a więc takie preparaty jak: VAMA, HPAN, PAM, PAA, PVA i inne (wyjaśnienie symboli w tab. 1 i 2), zastosowane w dawkach do 0,1% w stosunku do masy gleby, nie wykazały ujemnego oddziaływania na aktywność biologiczną gleby i nie były toksyczne dla mikroflory glebowej [2, 12, 17, 19, 20, 24], (tab. 3).

Oddziaływanie środków strukturotwórczych na właściwości gleby jest zauważalne przez bardzo długi okres. Hedrick i Mowry (17) zaobserwowali, że gruzełki glebowe utrwalone przez dodanie 0,1% VAMA wykazywały trwałość przez 32 miesiące, przy stałym dostępie wody i powietrza, podczas gdy naturalne gruzełki rozpadały się już po kilku minu-

Tabela 3

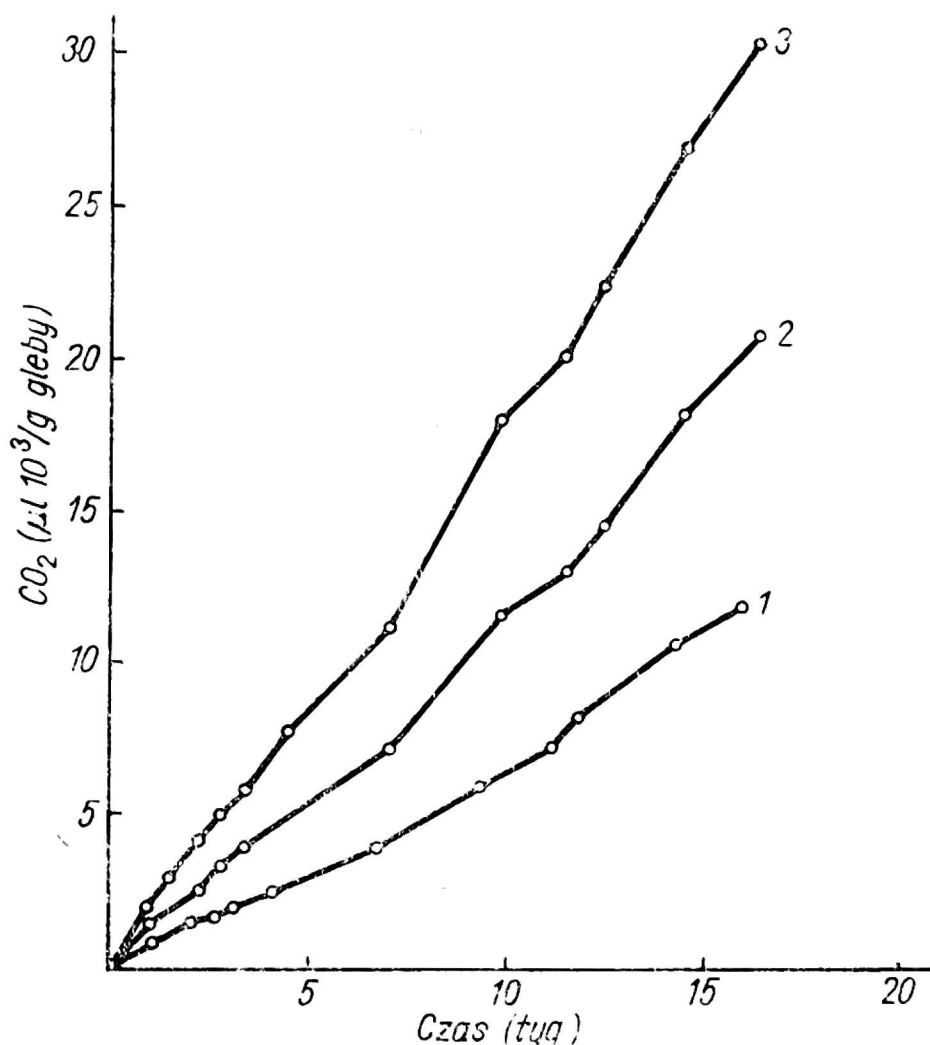
Wpływ różnych naturalnych i syntetycznych środków strukturotwórczych na liczbę mikroorganizmów w glinie piaszczystej [23]

Środki strukturotwórcze	Stężenie ‰ (s.m.gl.)	Grzyby, tys.		Bakterie i promieniowce (w mln)	
		10 dni	50 dni	10 dni	50 dni
Kontrola	—	37	26	9	6
Żywica modrzewiowa	0,2 0,5	28 22	27 21	40 46	30 46
Dekstryny z <i>Leuconostoc dextranicum</i>	0,2	40	30	53	38
Fruktoza z <i>Bacillus subtilis</i>	0,2	30	29	33	39
Dekstryny z bakterii glebowych	0,2	94	103	38	27
Alginosulfonat amonu	0,2 0,5	1380 4860	610 730	32 131	53 66
VAMA (kopolimer octanu winylu i kwasu maleinowego)	0,2	310	380	8	4

tach a gruzelki, które stabilizowano poprzez dodanie 1% śluzów bakteryjnych lub zmielonego kompostu wykazywały trwałość od kilku dni do 1 miesiąca. Wraz z powstaniem stałego, optymalnego stanu fizycznego gleby powstały także lepsze warunki życiowe dla organizmów potrzebujących tlenu.

Dotychczas poznane środki strukturotwórcze, w zależności od ich składu chemicznego, dawki i sposobu wprowadzania do gleby, różnie oddziałują na przebieg procesów mikrobiologicznych w glebie. Badania Siegela i Disselkampa [26] wskazują, że w wyniku poprawy struktury gleby poprzez zastosowanie polimerów organicznych następuje silny rozwój bakterii, który obserwowano nawet po kilku latach po wprowadzeniu preparatów strukturotwórczych do gleby. Potwierdziły to także badania aktywności biologicznej poprzez pomiar CO_2 w glebie. Również badania Fullera i Gairaud [12] potwierdziły, że VAMA wywiera istotny wpływ na aktywność biologiczną gleby, co stwierdzono poprzez pomiar szybkości wydzielania CO_2 w okresach 24-godzinnych przez 14 dni. Natomiast HPAN i polimer P-212, w znacznie mniejszym stopniu oddziaływały na powyższe procesy w glebie. Tylko nieznaczna część badanych polimerów była bezpośrednio dostępna dla mikroorganizmów. Przeważająca część preparatów nie podlegała rozkładowi mikrobiologicznemu przez cały okres doświadczenia, tj. przez 5 miesięcy. Autorzy badali również wpływ dodatku polimerów na tempo rozkładu resztek poźniwnych (słoma owsiana) przez mikroorganizmy glebowe. Okazało się, że substancje te nie wywierają istotnego wpływu na przebieg tych procesów w glebie, natomiast w kulturach piaskowych badane polimery opóźniały tempo rozkładu słomy, szczególnie w początkowym okresie inkubacji.

Badania Mortensena i Martina [24] wykazały, że aktywność mikrobiologiczna, określona na podstawie ilości wydzielanego CO_2 , w glebach z dodatkiem polielektrolitów wzrastała. Autorzy sugerują, że istnieje korelacja pomiędzy stratą C ogólnego a rozkładem polielektrolitów, chociaż substancje te są odporne na bezpośredni rozkład mikrobiologiczny. Stwierdzenie korelacji pomiędzy tempem wydzielania CO_2 a aktywnością w wydzielaniu CO_2 sugeruje, że istnieje ta sama aktywność mikrobiologiczna przy rozkładzie substancji organicznej w glebie i przy rozkładzie polielektrolitów. Stąd też każdy zabieg, taki jak: uprawa mechaniczna gleby, zmiana temperatury i wilgotności gleby, dodatek źródeł łatwo dostępnego węgla zwiększy aktywność biologiczną gleby a tym samym zwiększy też tempo rozkładu polielektrolitów. Badania Suzuki [27] oraz Younga i Harrisa [28] wykazały, że można wyizolować szczepy mikroorganizmów, które będą wykorzystywały cząsteczki polimerów syntetycznych, np. polialkoholu winylu, jako źródło węgla. Stwierdzono, że polimery o niższym ciężarze cząsteczkowym są łatwiej wykorzystywane przez



Rys. 1. Ilość CO₂ wydzielana podczas inkubacji 1 g gleby (gлина ilasta) w temp. 25°C, [24]. Objasnienia: 1 — gleba kontrolna bez dodatku źródła C, 2 — gleba+1% PVA (polialkohol winylu GH20), 3 — gleba+1% PVA (GL03).

mikroorganizmy jako źródło węgla aniżeli polimery o wyższym ciężarze cząsteczkowym (rys. 1). Organizmy, które udało się wyizolować to głównie Gramujemne pałeczki — *Pseudomonas* [28].

Badania radzieckie [19, 20] wykazały, że takie preparaty jak: Gipan, K-4 i inne, mogą być źródłem węgla i tam gdzie są one następuje większy rozwój mikroorganizmów a efekt strukturotwórczy preparatów obniża się. Zaobserwowano na przykład, że intensywny rozwój mikroorganizmów w glebie darniowo-bielicowej następuje tam, gdzie polimer stanowił przede wszystkim źródło azotu, chociaż stanowił on także i źródło węgla (tab. 4), [20]. Badania Janpeisowa i in. [19] także potwierdzają opisaną zjawisko. Stwierdzono ponadto, że zwiększa się namnażanie amonifikatorów i innych grup bakterii, przy czym efekt ten uzależniony był także od wielkości dawki polimeru. Zastąpienie azotu w pożywce przez polimer K-4 powodowało namnażanie się grzybów i bakterii rozkładających celulozę oraz nie hamowało wzrostu azotobaktera i innych bakterii.

Badania wykazały również, że polimery organiczne w dawce do 0,1% w stosunku do masy gleby nie wywierały szkodliwego działania na roz-

Wpływ dostępnego C i N polimeru na rozwój mikroorganizmów
w glebie darniowo-bielicowej [20]

Kombinacje	Źródło C lub N	Liczba komórek 10 ⁶ /g gleby
Kontrola	bez C i N	0,88
	z C i N	1,70
Gipan *	źródło C	5,52
	źródło N	8,80
K-4 **	źródło C	2,30
	źródło N	6,10

* — zhydrolizowany poliakrylonitryl

** — kopolimer kwasu metakrylowego i metakrylamidu

wój drożdży i innych organizmów, np. zarejestrowano wzrost liczby dżdżownic w wyniku lepszej aeracji gleby [19].

Badania Grisse [14], Höflicha [18] i Palissa [25] wykazały istotny wpływ także innych środków strukturotwórczych, z grupy emulsji syntetycznych i żywic formaldehydowo-mocznikowych, na aktywność mikroorganizmów w glebie. Palissa [25] wprowadzając do gleby emulsje: olej-lateks (FWI 2867, RWI 8467 i FWI 10967) w dawkach 6,000 lub 12,000 l/ha oraz FO 22 (produkt kondensacji utleniania parafiny), Unisol 12 (spolimeryzowany kauczuk i olej mineralny) w dawkach 2,000 i 6,000 l/ha, stwierdził zwiększone wydzielanie CO₂, wzrost populacji mikroorganizmów oraz dodatni wpływ na faunę glebową (nicienie, dżdżownice i inne). Natomiast Grisse [14] wykazał, że Hygromull wywiera istotny wpływ na rozwój nicieni przez 2 tygodnie a inne preparaty (Busann-881 i Dupont-1410) oddziaływały przez 3—4 tygodnie. Według Höflicha [18] liczba bakterii i grzybów wzrasta a aktywność enzymatyczna zależy od rodzaju zastosowanego preparatu (Piathern, polistyrol i poliuretan). Autorzy przeprowadzili doświadczenia, w których badano wpływ dodatku do gleby: Piathernu, Plastisolu, Hygromullu, polistyrolu, poliuretanu i emulsji bitumicznych w obecności skrobi i glukozy lub organicznego węgla i peptonu na rozwój różnych grup mikroorganizmów. Wykazano, że badane środki, w obecności źródeł węgla, powodują namnażanie się dużej ilości grzybów z rodzaju: *Trichoderma*, *Penicillium*, *Aspergillus* i *Fusarium*. Gdy węgla nie dodawano to nie stwierdzono również rozwoju wyżej wymienionych kolonii. Obserwowano także istotny wzrost kolonii bakterii: *Pseudomonas*, *Arthrobacter* i innych. Wysokie stężenia polimeru HPAN hamowały wzrost bakterii i grzybów. Nie stwierdzono, aby namnażały

się mikroorganizmy specyficzne przy zastosowaniu poszczególnych grup środków strukturotwórczych. Wymywanie tych preparatów z gleby stymulowało rozwój bakterii, głównie w wyniku zmian wartości pH.

Podsumowanie

Mimo dużego zainteresowania możliwością stosowania syntetycznych substancji strukturotwórczych do poprawy niekorzystnych właściwości gleb i braku ich negatywnego oddziaływania na aktywność biologiczną gleb oraz zwiększania plonów roślin uprawnych, wyniki badań nie zostały jeszcze wprowadzone do szerokiej praktyki rolniczej, z wyjątkiem Wielkiej Brytanii, gdzie takie zabiegi stosuje się na plantacjach buraka cukrowego oraz Belgii, Japonii i USA, gdzie wprowadza się je w uprawach roślin wysoko towarowych, szczególnie warzyw i roślin przemysłowych. W dalszym ciągu poszukuje się substancji tańszych oraz takich, które będą mogły być wprowadzane do gleby razem z niektórymi odpadami z przemysłu i rolnictwa. Ostatnio również w Polsce, w Instytucie Agrofizyki Polskiej Akademii Nauk oraz Katedrze Mikrobiologii Akademii Rolniczej w Lublinie, prowadzone są badania nad oddziaływaniem różnych preparatów strukturotwórczych oraz pochodzących z przetworzenia substancji odpadowych z przemysłu i rolnictwa (poprzez dodanie syntetycznych substancji) na właściwości fizyczne, fizykochemiczne i biologiczne gleb a także na rozwój i plonowanie roślin uprawnych [2, 3, 9, 10, 13].

LITERATURA

1. Allison F. E.: Soil Organic Matter and its Role in Crop Production. New York 1973.
2. Dąbek-Szreniawska M.: Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 197, 319—354, 1977.
3. Dąbek-Szreniawska M., Drażkiewicz M.: Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 315, 33—41, 1986.
4. De Boodt M.: Optimizing the Soil Physical Environment Towards Greater Crop Yields. D. Hillel (Ed.) Acad. Press, New York 1972.
5. De Boodt M.: Fundamentals of Soil Conditioning. Proc. Intern. Symp., Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent 37, 3, 1972.
6. De Boodt M.: Outlook of Agriculture 10, 2, 63—70, 1979.
7. Dechnik I., Dębicki R.: Probl. Agrofizyki 23, 1977.
8. Dechnik I., Dębicki R.: Roczn. Glebozn., XXXI, 314, 155—164, 1980.
9. Dechnik I., Dębicki R.: Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 315, 43—63, 1986.
10. Dębicki R., Rejman J., Wontroba J.: Zesz. Probl. Post. Nauk Rolniczych, 1987 (w druku).

11. Emerson W.W.: *J. Soil Sci.*, 10, 235—244, 1959.
12. Fuller W.H., Gairaud C.: *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 18, 35—40, 1954.
13. Gostkowska K., i in.: *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 1987 (w druku).
14. Grisse A.D., Mouassa F., Heungens A.: *Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent* 36, 1365—1372, 1971.
15. Harris R.F., Chesters G., Allen O.N.: *Adv. Agron.*, 18, 107—169, 1966.
16. Harris R. F.: *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 27, 542—545, 1963.
17. Hendrick R. M., Mowry D. T.: *Soil Sci.*, 73, 427—441, 1952.
18. Höflich G.: *Zbl. Bakter. Parasit. u. Infekt. Hyg.*, 127, 722—739, 1972.
19. Janpeisov R. i in.: *Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent* 41, 453—458, 1976.
20. Kachinsky N.A., Mosolova A.I.: *Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent* 41, 437—446, 1976.
21. Kullmann A.: *Synthetische Bodenverbesserungsmittel. Veb. Dtsch. Landwirtschaft.*, Berlin 1972.
22. Martin J.P.: *Soil Sci.*, 59, 163—174, 1945.
23. Martin J.P., Aldrich D.G.: *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 19, 50—54, 1955.
24. Mortensen J.L., Martin J.P.: *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 18, 395—398, 1954.
25. Palissa A., Koepke E.: *Zbl. Bakter. Parasit. u. Infekt. Hyg.*, 125, 273—286, 1970.
26. Siegel O., Disselkamp C.: *Mitt. Landwirtsch. Forsch.*, 11, 265—269, 1958.
27. Suzuki T. i in.: *Agr. Biol. Chem.*, 37, 747—752, 1973.
28. Young A., Harris P.J.: *Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent* 41, 253—260, 1976.

Materiały wpłynęły do redakcji w kwietniu 1987 r.