

problemy agrofizyki

POLSKA AKADEMIA NAUK • INSTYTUT AGROFIZYKI



Ossolineum

zeszyt 62

rok 1990

P O L S K A A K A D E M I A N A U K

INSTYTUT AGROFIZYKI W LUBLINIE

PROBLEMY AGROFIZYKI 62

RYSZARD DĘBICKI

KSZTAŁTOWANIE PODSTAWOWYCH ELEMENTÓW ŻYZNOŚCI GLEBY NIEKONWENCJONALNYMI ŚRODKAMI NAWOZOWYMI

WROCŁAW · WARSZAWA · KRAKÓW
ZAKŁAD NARODOWY IMIENIA OSSOLIŃSKICH
WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK

1990

Komitet redakcyjny

prof. dr JAN GLIŃSKI (redaktor naczelny)
prof. dr IGNACY DECHNIK, prof. dr hab. BOGUSŁAW SZOT
doc. dr hab. RYSZARD WALCZAK

Rozprawa habilitacyjna

Okladkę projektował Zygmunt Ziemka

Wykonano ze składowania dostarczonego przez Instytut Agrofizyki
© Copyright by Zakład Narodowy im. Ossolińskich – Wydawnictwo. Wrocław 1990
Printed in Poland

PL ISSN 0137-6586

ISBN 83-04-03704-1

Zakład Narodowy im. Ossolińskich – Wydawnictwo. Wrocław 1990

Objętość: ark. wyd. 690; ark. druk. 7.

Zakład Graficzny Politechniki Wrocławskiej

Zam. 1052/90

SPIS TREŚCI

1. Wstęp	5
2. Podstawy stosowania syntetycznych i odpadowych środków do ulepszania gleb	6
2.1. Oddziaływanie środków syntetycznych na właściwości gleby	11
2.2. Wpływ organiczno-mineralnych środków odpadowych na właściwości gleby	14
2.3. Plonowanie roślin na glebach ulepszanych	19
3. Cel pracy	22
4. Zakres i metodyka badań polowych i laboratoryjnych ...	22
5. Charakterystyka warunków glebowo-klimatycznych oraz zastosowanych środków nawozowych	26
5.1. Gleby	26
5.2. Środki nawozowe	27
5.3. Warunki klimatyczne	29
6. Wyniki badań i dyskusja	31
6.1. Wpływ badanych środków użyźniających na właściwości fizyczne gleb	31
6.1.1. Struktura gleby	31
6.1.2. Właściwości wodno-fizyczne gleby	40
6.2. Wpływ środków użyźniających na właściwości fizykochemiczne gleb	46
6.2.1. Zawartość węgla organicznego ogółem	46
6.2.2. Odczyn gleby	48
6.2.3. Kwasowość hydrolityczną	50
6.2.4. Suma zasad wymiennych	51
6.2.5. Pojemność sorpcyjną	53
6.3. Zawartość przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu w glebie	54
6.4. Plonowanie żyta ozimego na glebach nawożonych różnymi środkami nawozowymi	60
7. Podsumowanie	66
8. Wnioski	69
9. Literatura	71
10. Appendix (Tabele wartości średnich badanych cech wynikowych w doświadczeniu polowym)	87

1. WSTĘP

Poszukiwanie nowych, efektywnych sposobów poprawy właściwości fizycznych, fizykochemicznych i chemicznych gleb, których funkcją jest żyzność gleby, budzi ponownie zainteresowanie w wielu krajach z kilku powodów:

- klasyczne metody poprawy żyzności gleb wymagają długiego okresu stosowania, są pracochłonne i energochłonne;
- brak jest we współczesnym rolnictwie dostatecznej ilości nawozów organicznych, które mogłyby wyrównywać deficyt związków próchnicznych i zapobiegać degradacji gleb;
- poznane środki syntetyczne do ulepszania gleb wprawdzie nie dały jeszcze spodziewanych wyników, ale stworzyły możliwość ich wykorzystania do takiego przystosowania niektórych materiałów odpadowych z przemysłu i rolnictwa, aby mogły one być używane w zabiegach poprawy żyzności gleb. Wiąże się to również z ochroną środowiska.

Nie jest intencją autora przedstawianie w tym opracowaniu metod klasycznych podnoszenia żyzności gleb, takich jak: zabiegi agrotechniczne, dobór płodozmianu, nawadnianie i odwadnianie, nawożenie organiczne i mineralne, wapnowanie, a także ściółkowanie, glinowanie itp. Były one bowiem przedmiotem wielu programów badawczych i zostały przedstawione na sympozjach i opisane w monografiach. Niektóre opracowania zostały wykorzystane w praktyce rolniczej, co w znacznym stopniu wpłynęło na poprawę stanu żyzności gleb.

W warunkach intensyfikacji produkcji roślinnej z jednej strony, a degradacją żyzności oraz zmniejszaniem rolniczej przestrzeni produkcyjnej w wyniku rozwoju cywilizacji przemysłowej z drugiej - zabiegi tradycyjne nie są już wystarczające dla zapewnienia odpowiednich warunków fizycznych i fizykochemicznych środowiska edaficznego w celu uzyskania jak najwyższych i jakościowo najlepszych plonów roślin uprawnych.

Pojawiają się więc nowe koncepcje poprawy tych właściwości, między innymi poprzez wykorzystanie syntetycznych środków strukturotwórczych oraz niekonwencjonalnych środków nawozowych, uzyskanych z przetworzenia mas odpadowych z przemysłu i rolnictwa.

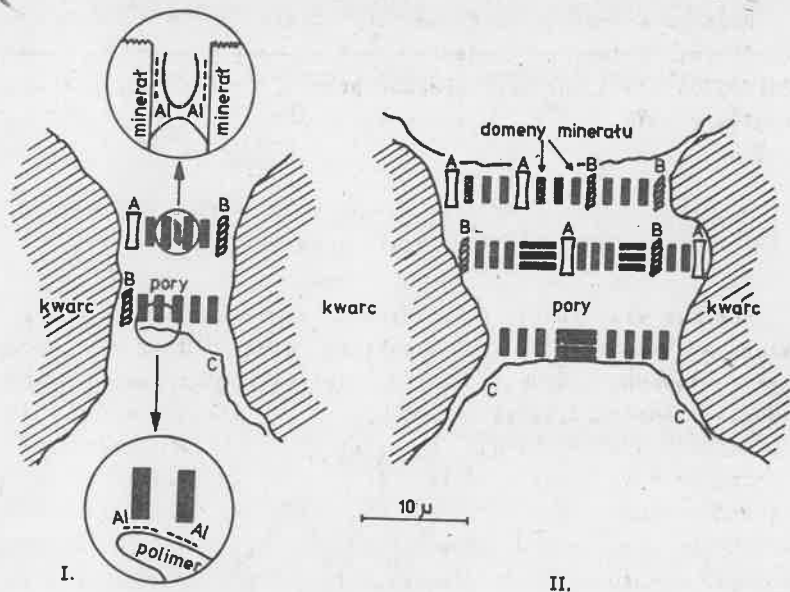
Badania w tym zakresie zostały także podjęte w Instytucie Agrofizyki Polskiej Akademii Nauk w problemach: MR.II.8 oraz CPBP 05.03 (140). Wyniki uzyskane przez autora podczas realizacji tematów w tych problemach stały się podstawą do napisania niniejszej pracy.

2. PODSTAWY STOSOWANIA SYNTETYCZNYCH I ODPADOWYCH ŚRODKÓW DO ULEPSZANIA GLEB

Poprawa właściwości fizycznych i fizykochemicznych gleby jest związana bezpośrednio ze strukturą gleby. Stąd też poznanie zjawisk towarzyszących tworzeniu i utrwalaniu gruzełków glebowych pozwoliło na przyjęcie hipotezy, że działanie naturalnych lepiszczy występujących w glebie można wzmacniać przez wprowadzenie do gleby bardziej efektywnych i odporniejszych na rozkład, mikrobiologicznej substancji syntetycznych, które przechodząc ze stanu rozpuszczalnego w nierozpuszczalny będą tworzyły trwałe agregaty glebowe. Stwierdzono bowiem, że w glebach uprawnych podstawową rolę w tych procesach odgrywają wielocząsteczkowe substancje organiczne o charakterze polimerów liniowych oraz ligniny, białka, kwasy nukleinowe, kauczuk i inne, które tworzą razem w glebie nierozpuszczalne w wodzie związki. Wszystkie te związki zawierają wystarczającą liczbę grup polarnych, aby zapewnić ich adsorpcję na cząstkach glebowych, a połączenia krzyżowe i siły van der Waalsa pomiędzy łańcuchami zapewniają dobrą kohezję cząstek glebowych (4, 82, 121, 155).

Mechanizmy tworzenia połączeń pomiędzy cząstkami glebowymi zostały przedstawione w innych opracowaniach, m.in. przez Greenlanda (83), Harrisa i współaut.(86), Kaczyńskiego (90), Kullmanna (111), Russella (149), Rząsę i Owczarzaka (151) oraz Dechnika i Dębickiego (35). Wszystkie te mechanizmy oraz działanie syntetycznych środków strukturotwórczych można prześledzić na podstawie hipotetycznego modelu agregatu glebowego przedstawionego przez Emmersona (64) i zmodyfikowanego przez De Boodta (32) (rys. 1).

Prace nad wykorzystaniem syntetycznych środków strukturotwórczych rozpoczęły się jeszcze w latach pięćdziesiątych naszego stulecia, ale nadal są przedmiotem badań w ośrodkach naukowych w świecie. Mimo przebadania wielu związków o różnym charakterze



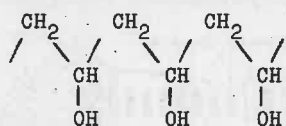
Rys. 1. Model agregatu glebowego: I. Piasek gliniasty, II. Gлина piaszczysta, A - słabe wiązanie poprzez menisk wody, B - wiązanie poprzez humus lub półtoratlenki, C - wiązanie poprzez micelle lub polimery (wg (32) i (64))

chemicznym i pochodzeniu (polielektrolity, emulsje homopolimerów i kopolimerów estrów poliwinylu i polibutadienu, pochodne celulozy i ropy naftowej, substancje żywiczne różnego pochodzenia oraz substancje pochodzące z fermentacji i przeróbki odpadów z przemysłu i rolnictwa), nie znaleziono dotychczas środka, którego zastosowanie byłoby ekonomicznie uzasadnione w szerokiej praktyce rolniczej. Obszerny przegląd tych środków przedstawili Dechnik i Dębicki (35). W tabeli 1 i 2 zamieszczono tylko wybrane środki strukturotwórcze, ich wzory chemiczne, producenta oraz wyniki badań nad strukturą gleb i plonowaniem roślin testowych.

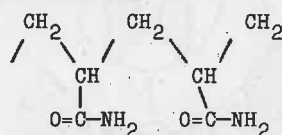
Na podstawie wielu badań stwierdzono, że efektywne środki strukturotwórcze powinny mieć dobre właściwości wiążące, być łatwe w zastosowaniu (najlepiej w postaci roztworu, co zapewniłoby ich równomierne rozprowadzenie w glebie), długotrwałe

Tabela 1. Wzory wybranych środków strukturotwórczych

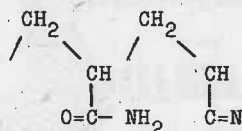
I. Polimery rozpuszczalne w wodzie (hydrofilowe):



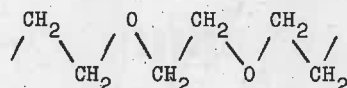
Polialkohol winylu (PVA)



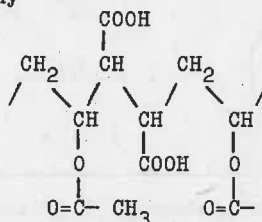
Poliakryloamid (PAM)



Poliakrylonitryl (HPAN),
częściowo zhydrolizowany

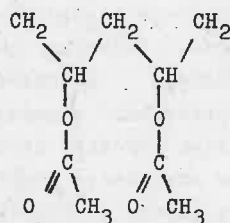


Poliglikol etylenowy (PEG)

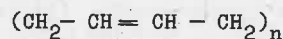


Kopolimer octanu winylu i kwasu maleinowego
(VAMA, Krilium, CRD-186)

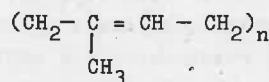
II. Polimery tworzące emulsje w wodzie (hydrofobowe):



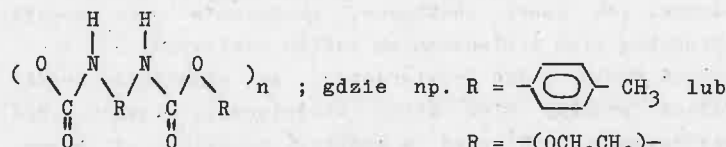
Poliocetan winylu (PVAc)



Polibutadien



Kauczuk naturalny
(Lateks)



Poliuretan

Tabela 2. Wybrane środki strukturotwórcze i ich oddziaływanie na glebę i roślinę (cyt. za (35))

Nazwa środka Pochodzenie	Substancja aktywna	Gleba Dawki	Wzrost (w %)	
			agregacji	plonów roślin
HPAN(CRD-189) USA	zdydrolizowany poliakrylo- nitryl	gl 0,01-0,1	16-32	burak cukrowy 17 kukurydza 50
VAMA(CRD-186) USA	kopolimer octanu winylu i kwasu maleinowego	gl, gls, 0,1	18-92	burak ówikłowy 15-30 kukurydza 44-102
K-4, K-8 ZSRR	kopolimer kwasu metakrylowego i metakrylamidu	gl, gls 0,1-0,2	51-90	ziemniaki 13 pszenica 25-69
PVA Japonia USA	polialkohol winylu	gl, gls 0,05-0,1	80	pszenica 50
PAM Belgia USA, ZSRR	poliakryloamid	pgl, gl, 0,1-0,02	30-60	proso 60 owies 33
Solakrol Węgry	poliakryloamid	gl, gls 0,1	30	koniczyna 30 papryka 36
Rokrysol Polska	poliakryloamid	pł 0,1-0,02	15-30	burak ówikłowy fasola
Bitumin S (Humofina) Belgia Bułgaria NRD, ZSRR	emulsja bitu- miczna	pl, glc 0,1-0,5	50-90	truskawki 170 szparagi 45 marchew 58 burak cukrowy 54
UF Belgia	żywica formal- dehydowo-mocz- nikowa	pgl, gl 0,1-0,5	68-87	owies 15-50
Unisol 91 RFN W. Brytania	emulsja latek- su z olejem	gl	50-70	
SBR Latex USA	emulsja styren+ +butadien+lateks	pg, pł, gl 0,1-0,5	54-88	
Uresol 310 Belgia	emulsja poliuretanowa	pgl, gl 0,1-0,5	44-76	

w środowisku glebowym, nietoksyczne, a w końcu tanie. Wprawdzie nie ma jeszcze takiego środka, który miałby wszystkie wymienione cechy, ale niektóre z przebadanych związków znalazły już szerokie zastosowanie w różnych dziedzinach, np.: w strefie klimatu umiarkowanego, w produkcji roślinnej - do poprawy warunków kiełkowania i wschodów roślin wysokotowarowych (buraki

cukrowe, warzywa), w melioracji - do walki z erozją wodną i wietrzną w terenach zagrożonych tymi zjawiskami, w pracach inżynierskich - do zabezpieczania poboczy i brzegów dróg, kanałów i rzek, w strefie klimatu suchego - do zabezpieczania gleby przed parowaniem wody z powierzchni nieobsianych lub też do przygotowania podłoża do uprawy drzew i krzewów w terenach piaszczystych, wydmych itp. (1, 6, 29, 31, 32, 52, 71, 74, 142, 176).

Optymalne dawki poznanych środków syntetycznych wynoszą od 0,1 do 1% w stosunku do masy gleby, w zależności od typu środków i celu oraz sposobu przeprowadzania zabiegu. Są to więc znaczne ilości i dlatego powstała koncepcja wykorzystania najbardziej efektywnych środków syntetycznych do takiego przygotowania niektórych odpadów z przemysłu i rolnictwa, a także gnojowicy, by mogły one być wykorzystane w zabiegach poprawy żyzności gleb w znacznie szerszym zakresie niż dotychczas. Zarówno literatura krajowa, jak i zagraniczna wskazuje na wielką wagę tych badań nie tylko w aspekcie odtwarzania żyzności gleb, ale także z punktu widzenia ochrony środowiska. Świadczy o tym również liczba konferencji naukowych na ten temat oraz powstanie wielu organizacji, których zadaniem jest koordynacja prac w tym zakresie, jak między innymi Grupa Robocza "Soil Conditioning" w ramach Komisji Fizyki Gleb Międzynarodowego Towarzystwa Gleboznawczego oraz Zespół ds. Oceny Przydatności Rolniczej Odpadów przy Komisji Żyzności Gleb Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego.

Przy utylizacji odpadów poprzez wykorzystanie syntetycznych środków strukturotwórczych dawki tych ostatnich ulegają znacznemu obniżeniu, a powstałe preparaty mogą służyć jako środki do użyźniania gleb (30, 36, 38, 44, 130, 154).

Z rolniczego i ekonomicznego punktu widzenia jest pożądane, aby syntetyczne środki strukturotwórcze oraz środki otrzymane z przetworzenia odpadów charakteryzowały się dużą odpornością na rozkład mikrobiologiczny w glebie (5, 43, 172). Jednakże z punktu widzenia ochrony środowiska istotne jest, aby środki te ulegały biodegradacji, a produkty ich rozpadu nie były toksyczne dla flory i fauny glebowej. Stąd też znajomość tempa rozkładu tych produktów oraz ich oddziaływania na procesy mikrobiologiczne zachodzące w glebach ma szczególne znaczenie dla szerszego wykorzystania tych środków w rolnictwie.

Literatura na temat biodegradacji syntetycznych środków strukturotwórczych, jak i środków uzyskanych z przetworzenia odpadów jest nieliczna, jakkolwiek dotychczasowe badania laboratoryjne i mikropoletkowe wykazały, że wysokocząsteczkowe polimery liniowe, a więc takie preparaty jak: VAMA, HPAN, PAM, PAA, PVAc, PVA i inne (wyjaśnienie symboli w tab.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 (28, 121, 188). Badania na temat biodegradacji preparatów uzyskanych z odpadów przemysłowych i rolniczych były również prowadzone w Katedrze Mikrobiologii Rolniczej Akademii Rolniczej w Lublinie (80, 103, 104).

2.1. Oddziaływanie środków syntetycznych na właściwości gleby

Szerokie zainteresowanie możliwością wykorzystania syntetycznych i odpadowych środków do poprawy właściwości gleb spowodowało, że dzisiaj literatura na ten temat jest bardzo obszerna. Większość badań dotyczyła poznania bezpośredniego wpływu syntetycznych środków na strukturę gleby, to jest na jej agregację i trwałość zarówno w wodzie, jak i mechaniczną (16, 31, 35, 47, 74, 75, 86, 91, 154, 169, 176) (tab. 2).

Pośród przedstawionych grup środków ulepszania najbardziej rozpoznane zostało oddziaływanie polielektrolitów oraz emulsji polimerów. Badania wskazują na wyraźną poprawę zarówno agregacji, jak i wodoodporności różnych gleb przy dodatku tych środków już w ilości od 0,05 do 0,1% w stosunku do masy gleby (tab. 2). Następuje również istotna zmiana w rozkładzie wielkości agregatów (46, 65, 90). Wraz z podwyższeniem zawartości gruzełków o większej średnicy następuje rozluźnienie gleby, na co wskazują wyniki porowatości, zwięzłości oraz badania mikromorfologiczne. Wielkość tych zmian uzależniona jest od rodzaju i dawki preparatu, sposobu zastosowania, stanu budowy gleby oraz poziomu jej uwilgotnienia w czasie wykonywania zabiegu. Optymalne efekty strukturotwórcze uzyskiwano przy wilgotności gleby równej 60% PPW (2, 29, 31, 41, 70, 73, 86, 111).

Zastosowanie środków o różnym składzie chemicznym wywołuje również zmiany innych cech gleby, m.in. zdolności przewodzących,

które są wynikiem nie tylko rozluźnienia gleby, ale także zmiany jej zwilżalności. Obecność substancji hydrofilowych lub hydrofobowych prowadzi do zmiany kąta styku pomiędzy cząstkami glebowymi a roztworem glebowym. Efektem tego jest zwiększenie lub obniżenie szybkości filtracji wody w glebie, jej retencji oraz szybkości parowania (16, 33, 38, 39, 49, 66, 72, 78, 79, 87, 88, 144, 165, 175, 177). Dotychczasowe badania udowodniły, że polimery rozpuszczalne w wodzie (polielektrolity) wykazują własności hydrofilowe, emulsje polimerów i bitumiczne - hydrofobowe, jeszcze inne, np. substancje pianiste typu Hygromull, Pianizol, polistyren są obojętne. Zwiększają one natomiast istotnie zdolności sorpcyjne gleby względem wody i składników pokarmowych. Należą tu również żywice formaldehydowo-mocznikowe, zeolity i inne (11, 12, 16, 94, 95).

Poznanie własności danego środka oraz mechanizmów jego oddziaływania w glebie pozwoliło na umiejętne sterowanie procesami fizycznymi w glebie. Udcwodniono, że w wyniku zastosowania substancji hydrofobowych można ograniczyć straty wody przez parowanie od 40 do 90%, w zależności od sposobu przeprowadzenia zabiegu (np. mulcz lub wprowadzenie preparatu do głębokości 10 cm albo też na określonej głębokości w profilu glebowym) (111). Według innych badań (13), zastosowanie mulczu powierzchniowego z substancji hydrofobowej przedłuża zapas wody użytecznej dla roślin w okresie kiełkowania i wschodów o 5 dni.

Wprowadzenie do gleby środków strukturotwórczych wywołuje również istotne zmiany we właściwościach fizykochemicznych i chemicznych środowiska. Zastosowanie polielektrolitów lub emulsji polimerów prowadzi do zmiany zdolności sorpcyjnych gleby. Zmienia się kinetyka sorpcji jonów, wielkość i energia sorpcji, jak i pojemność wymienna gleby (76, 134, 141, 159). Oddziałują one także na odczyn gleby, uruchamianie i pobieranie składników pokarmowych, co nie pozostaje bez wpływu na życie biologiczne gleby. Badania Szczepy i współaut. (166, 168) dowiodły, że zablokowanie powierzchni cząstek glebowych przez molekuły polimeru z jednej strony utrudnia dostęp jonów P i Ca do powierzchni tych cząstek, z drugiej zaś - istnieje możliwość tworzenia się połączeń chemicznych pomiędzy grupami funkcyjnymi cząstek polimeru a kationami z roztworu glebowego. Autorzy sugerują, że stosując substancje strukturotwórcze typu polimerów liniowych należy się liczyć ze zmianami

właściwości sorpcyjnych gleby, które w pewnych warunkach mogą być niekorzystne dla stanu żyzności gleby. Wyniki badań w tym zakresie są jednak rozbieżne, inni bowiem autorzy uzyskiwali znaczną poprawę zdolności sorpcyjnych gleby pod wpływem różnych środków strukturotwórczych (134).

Przyjmuje się, że istotnie negatywne zjawiska mogą wystąpić po zastosowaniu środków typu polielektrolitów lub polimerów emulsyjnych w dawce powyżej 0,2% w stosunku do masy gleby. Doświadczenia z innymi środkami wskazują na istotną poprawę właściwości fizykochemicznych, szczególnie w przypadku zastosowania takich preparatów, jak żywice jonowymienne i substancje pienne (12, 16, 111). Zmienia się także zawartość i dostępność przyswajalnych form składników pokarmowych. Badania Antera i De Boodta (5) wykazały, że wprowadzenie do gleby polimerów korzystnie wpływało na pobieranie potasu, wapnia i cynku, przy czym efekt ten był zależny od rodzaju preparatu następująco: $PVA < PVAc < PAM$.

Oddziaływanie środków zastosowanych w zabiegach ulepszania gleb jest zauważalne przez różny okres, w zależności od środków i rodzaju gleb. Obecność polimeru typu HPAN stwierdzano w glebie nawet po 5 latach od jego wprowadzenia, podczas gdy naturalne substancje strukturotwórcze (polisacharydy) ulegały rozkładowi już po 2 miesiącach (65, 86). Badania radzieckie wykazały, że syntetyczne polimery strukturotwórcze typu Gipan i K-4 są źródłem węgla i azotu dla mikroorganizmów glebowych. Stąd też czas ich skutecznego oddziaływania w glebie ulega znacznemu skróceniu (91, 169).

Inne badania dowiodły, że w wyniku poprawy struktury gleby przez zastosowanie polimerów występuje silny rozwój bakterii i wzrost aktywności biologicznej gleby, co z kolei prowadzi do szybszych zmian w zawartości materii organicznej i osłabienia zdolności wiążących polimeru. Skutki zabiegu ulepszania mogą wówczas zaniknąć nawet po pierwszym roku (65, 131, 153, 169).

Badania mikrobiologiczne nie potwierdziły jednak, aby w wyniku zastosowania syntetycznych środków strukturotwórczych namnażały się w glebie, specyficzne grupy mikroorganizmów glebowych (172, 188). Badania w tej dziedzinie są nadal aktualne i prowadzone w kilku ośrodkach naukowych (28, 80, 140, 153).

2.2. Wpływ organiczno-mineralnych środków odpadowych na właściwości gleb

W celu poprawy ujemnego bilansu materii organicznej w glebie, a tym samym poprawy stanu żyzności gleby, podejmuje się próby efektywniejszych sposobów utylizacji i rolniczego wykorzystania organicznych materiałów odpadowych nie tylko z rolnictwa, ale i przemysłu (10, 16, 23, 34, 53-55, 60, 63, 78, 97, 98, 156-158).

W badaniach zwraca się uwagę na takie odpady, których dotychczasowe wykorzystanie jest niezadowalające z powodu ograniczeń w wyposażeniu technicznym rolnictwa i dużych kosztów bądź też uciążliwości wynikających z postaci odpadów, a nawet niektórych płynnych nawozów organicznych, jak np. gnojowicy. Odpadami tymi są odpady przemysłu drzewnego, drobiarskiego, garbarskiego, cukrowniczego i inne. Powyższe dało asumpt do podjęcia kompleksowych badań w ramach problemu MR.II.8. i CPBP 05.03., zarówno w aspekcie metod utylizacji odpadów organicznych, jak i ich oddziaływania na właściwości gleb i plonowanie roślin. W ramach realizacji tematu opracowane zostały oryginalne metody utylizacji tych odpadów, które uzyskały świadectwa patentowe (37, 44, 167, 181, 182).

Szczególnie uciążliwym odpadem jest kora drzewna. Jest to materiał o dużej objętości własnej i jego składowanie wymaga znacznej powierzchni. W Polsce rocznie powstaje około 1,7 mln m³ odpadów kory. Tylko 10% tych odpadów jest wykorzystywane, w stanie surowym lub jako komposty, do poprawy produktywności gleb różnymi metodami (15, 34, 135, 136, 185). Wyniki badań potwierdziły ich korzystne oddziaływanie na właściwości fizyczne i fizykochemiczne gleb. Stwierdzono między innymi, że wniesienie do gleby kory z dodatkiem mocznika zwiększa jej pojemność wodną i sorpcyjną, a efekty te są wprost proporcjonalne do wielkości dawek (23, 110, 173, 174). Istotnym zmianom ulega także struktura gleby oraz jej właściwości fizykochemiczne (38, 40, 136, 157, 185).

Do ubocznych produktów organicznych, które występują w znacznych ilościach, należy zaliczyć także skleroproteidy, tzn. odpady przemysłu jajczarsko-drobiarskiego i mięsnego. Ten typ odpadów jest również uciążliwy dla środowiska, gdyż ich rozkład mikrobiologiczny jest bardzo długi i powoduje duże skażenie

środowiska poprzez wydzielanie siarkowodoru i innych produktów gnilnych (183, 187).

Ponieważ obydwa rodzaje odpadów stanowią bogate źródło materii organicznej, podjęto badania nad ich przetworzeniem na środki nawozowe w postaci granulatów: koro-mocznikowego, keratyno-mocznikowego oraz keratyno-koro-mocznikowego (181, 182, 185). Właściwości otrzymanych preparatów są ściśle związane z przebiegiem procesu technologicznego, w którym mocznik i jego stężone roztwory powodują modyfikację struktur keratynowych oraz lignino-celulozowych i zachodzi możliwość tworzenia się połączeń typu aminokwas-polifenol i aminokwas-fenolokwas (183). Pierwsze badania laboratoryjne wazonowe i mikropoletkowe (38, 40, 41) dowiodły, że oddziałują one korzystnie na właściwości fizyczne i fizykochemiczne gleb. Granulaty nie wykazywały również żadnych ubocznych i szkodliwych oddziaływań na aktywność biologiczną gleby. Nie stwierdzono także gromadzenia się w glebie grzybów keratynofilnych (104). Okazały się również trwałe w przechowywaniu, nie ulegają zbrylaniu i są łatwe do transportu i rozsiewania w polu (34). Otrzymane produkty mają właściwości jonowymienne ze względu na obecność wolnych grup aminowych i karboksylowych, zarówno w aminokwasach, jak i fenolokwasach (183).

Spśród wypróbowanych sposobów poprawy żyzności gleby za najbardziej efektywny przyjmuje się meliorowanie obornikiem (81, 113, 117, 132). Ponieważ jednak, jak już wspomniano, brak jest we współczesnym rolnictwie tego podstawowego nawozu organicznego, to coraz większą uwagę skupia gnojowica, jako najcenniejszy po oborniku nawóz organiczny. Prowadzone są więc liczne prace nie tylko nad wartością nawozową i metodami nawożenia gnojowicą (92, 93, 112, 118, 120, 123-127), jej przemianami w glebie (100, 101) i oddziaływaniem na właściwości fizyczne i chemiczne gleb (10, 14, 38, 41, 102, 105-107) oraz wielkość i jakość plonów roślin (109, 122, 128), ale także nad metodami utylizacji gnojowicy (7, 37, 102, 119, 180). Zmierzają one głównie do wydzielenia części stałych z gnojowicy i wytworzenie skondensowanego nawozu organicznego, a także do odzysku wody w procesie technologicznym. Wśród wielu metod, wykorzystywanych do rozdzielania części stałych od płynnych w gnojowicy, stosowano metody filtracyjne, odwirowanie, odparowanie, odciskanie oraz metody z użyciem różnych substancji chemicznych i

wypełniaczy (7, 9, 51, 150). Badania realizowane w Instytucie Agrofizyki PAN doprowadziły do opracowania oryginalnej metody rozdzielania części stałych od płynnych w gnojowicy przez sferyczną aglomerację sflokulowanych części stałych, przez różne związki chemiczne i przy dodatku wypełniaczy (37). Uzyskany w ten sposób nawóz organiczno-mineralny został wstępnie przebadany w doświadczeniach wazonowych i mikropoletkowych. Wyniki badań wykazały, że jego oddziaływanie na glebę i rośliny testowe było zbliżone do działania obornika (39, 53). Szczególnie cenne byłoby jednak sprawdzenie działania tego nawozu w wieloletnich doświadczeniach ścisłych przy corocznym jego wprowadzaniu do gleby, co miałoby praktyczne znaczenie dla wykorzystania go w gospodarstwach posiadających bezściółkowe fermy hodowlane, a co zostało również podkreślone przez innych autorów (124).

Przy omawianiu rolniczego wykorzystania odpadów organiczno-mineralnych należy wspomnieć także o bardzo szerokich badaniach nad wykorzystaniem w tym celu osadów ściekowych, które stanowi odrębne i bardzo obszerne zagadnienie przedstawiane, m.in. przez Cebulę (17, 18), Czyżyka (27), Filipka (67), Flis-Bujak i współaut. (68), Kutere (114), Roszyka i współaut. (143, 145-148), Turskiego i współaut. (171) i innych (42, 45, 84, 85, 179).

Z jednej strony osady ściekowe komunalne i komunalno-przemysłowe stanowią bogate źródło makro- i mikroelementów dla roślin, a jednocześnie wzbogacają gleby w substancje organiczne, zastępujące naturalne związki humusowe w glebie, z drugiej zaś istnieją ciągle obawy przed wprowadzaniem do gleby znacznych ilości tych osadów bez całkowitego rozpoznania ich oddziaływania na cechy gleby i plony roślin nie tylko bezpośrednio po wprowadzeniu osadów do gleby, ale i po pewnym czasie. Dotyczy to szczególnie określonych związków, głównie metali ciężkich, które powodują kontaminację środowiska oraz problemów fitosanitarnych.

Mimo wielu badań w tym zakresie, problem utylizacji osadów ściekowych w kraju jest nadal nierozwiązany, a ich rolnicze wykorzystanie budzi wciąż wiele kontrowersji. Dowodem tego jest wzrastająca liczba publikacji w tym zakresie (19). Nagromadzenie tych odpadów w Polsce wynosiło w ostatnich latach około 5 mln ton rocznie (114), a według prognoz ich ilość w roku 2000 będzie pięciokrotnie większa niż w latach osiemdziesiątych. Dotychczas

tylko około 40% osadów znalazło gospodarcze wykorzystanie, z tego zaledwie 11% zostało unieszkodliwione poprzez ich rolnicze wykorzystanie w produkcji roślinnej; reszta natomiast została umieszczona na składowiskach (148). Należy zaznaczyć, że w innych krajach zagospodarowanie osadów również stanowi problem, mimo przedstawienia norm regulujących zastosowanie osadów w rolnictwie, jak np. normy dla krajów EWG (24, 25). Dla porównania wskaźnik zużytkowania rolniczego osadów ściekowych wynosi: w Anglii - 45%, RFN - 32%, Szwecji - 60%, Holandii - 52%, USA - 40% (24, 25, 84, 85, 114).

Dotychczas nie przeprowadzono w Polsce jednoznacznie obiektywnej oceny rolniczej osadów ściekowych. Z dokonanego przez Cebulę i Jodkowską (19) przeglądu literatury wynika, że osady ściekowe przefermentowane i prawidłowo stosowane nie stanowią niebezpieczeństwa patogenne. Poważniejszym i trudniejszym do rozwiązania pozostaje jednak problem zawartości w osadach metali ciężkich. Dopuszczalną koncentrację pierwiastków śladowych w osadach ze ścieków pochodzenia przemysłowego, doprowadzanych do kanalizacji miejskich, określono w Rozporządzeniu Rady Ministrów w 1975 r. Obecnie zaś przygotowany jest projekt normatywu dla osadów ściekowych wykorzystywanych w rolnictwie do nawożenia gleb (129, 148).

Uzdatnianie osadów, konieczne ze względów sanitarnych, wpływa na poprawę ich właściwości fizycznych, zwiększa stopień zmineralizowania i przyswajalności składników mineralnych, ale zmniejsza ilość materii organicznej i azotu. W czasie fermentacji osad traci około połowy materii organicznej i azotu oraz około 30% fosforu. Do 15% azotu tracą osady podczas suszenia na poletkach, do 10% podczas składowania (w okresie 6 miesięcy) i 15% po rozrzuceniu na polu. Azot w osadach występuje głównie w formie organicznej. W przefermentowanym i odwodnionym osadzie znajduje się 3% azotu ogółem, ale tylko 0,02% w postaci rozpuszczonej, dostępnej dla roślin. Dlatego nawozowe działanie osadów ściekowych jest słabe i nie może zastąpić odpowiedniego nawożenia mineralnego. Przefermentowany i powietrznie suchy osad zawiera o 10-15% mniej azotu i fosforu oraz 15 razy mniej potasu niż obornik (114).

W dotychczasowych badaniach najczęściej śledzono zmiany w składzie mineralnym gleb i roślin nawożonych osadami ściekowymi w licznych wegetacyjnych doświadczeniach nawozowych (27, 143, 145,

146, 147, 171), prowadzonych między innymi przez IUNG, IMUZ i Katedry Gleboznawstwa i Chemii Rolnej Akademii Rolniczych w Lublinie, Olsztynie, Warszawie i Wrocławiu.

Czteroletni cykl doświadczeń polowych w skali produkcyjnej, na Stacji Doświadczalnej IMUZ, z nawożeniem jesiennym upraw warzywnych w zmianowaniu: buraki ćwikłowe, ziemniaki wczesne, kapusta i marchew (27), upoważniły do sformułowania następujących wniosków:

- przefermentowany osad ze ścieków miejskich może zastąpić nawożenie organiczne obornikiem pod rośliny wymagające takiego nawożenia;

- przy intensywnym użytkowaniu gleb lekkich coroczne nawożenie osadem jest możliwe; ma to szczególne znaczenie, jeżeli w pobliżu oczyszczalni ścieków znajdują się odpowiednie pola lub gdy celem głównym jest ostateczne unieszkodliwienie osadów;

- rośliny wymagające nawożenia organicznego na glebach piaszczystych można nawozić osadem w ilości 60 t/ha, oczywiście jeżeli z innych względów nie ma ograniczeń;

- nawożenie osadem nie zastępuje nawożenia mineralnego, może stanowić tylko 10-20% przewidywanych dawek azotu i fosforu.

Według innych badań (27, 42, 84, 85), największą zaletą nawożenia osadem jest poprawa właściwości fizycznych i chemicznych gleb, szczególnie piaszczystych. Czteroletnie nawożenie osadem ściekowym piaszków słabo gliniastych wpływało, przede wszystkim, na wzrost ilości próchnicy i azotu w glebie. Zawartość próchnicy w glebie zwiększała się wraz z podwyższeniem dawki osadów ściekowych (27). Ogólnie można powiedzieć, że w większości przypadków stwierdzono korzystne działanie osadów ściekowych na właściwości gleby i plonowanie roślin uprawnych. Jednak niewystarczająca jest jeszcze wiedza o kompleksowych zmianach zachodzących w środowisku glebowym przy częstym stosowaniu osadów, jak też o wpływie osadów na przemiany materii organicznej w glebach (34, 68). Według Flis-Bujak i współaut. (68), poznanie zmian jakościowych i ilościowych materii organicznej jest bardzo istotne wobec coraz liczniejszych zaleceń rolniczego wykorzystania osadów ścieków komunalnych i komunalno-przemysłowych. Ponadto wyniki dotychczasowych badań nie stanowią jeszcze wartości uniwersalnych, ponieważ o tym, jaka jest wartość nawozowa osadów i skażenie metalami ciężkimi, decyduje źródło ich pochodzenia. Duża zmienność typu i składu chemicznego osadów

sugeruje potrzebę dalszych badań w kraju nad ostatecznym ustaleniem zasad ich rolniczego wykorzystania (114, 148, 171).

2.3. Plonowanie roślin na glebach ulepszanych

Poprawa struktury gleby, a tym samym i właściwości wodno-powietrznych oraz, w zależności od zastosowanych środków, właściwości fizykochemicznych i chemicznych oddziałuje również na wschody, rozwój i plonowanie roślin uprawnych. Wysokość plonów uzyskiwanych na glebach z dodatkiem środków syntetycznych i odpadowych jest jednym z głównych kryteriów oceny efektywności zabiegów ulepszania gleb. Tylko niewiele prac wskazuje na ujemne oddziaływanie zastosowanych środków na plonowanie roślin testowych (35, 131). Większość wyników badań dowodzi, że prawidłowo zastosowane środki syntetyczne oraz preparaty uzyskane z przetworzenia odpadów, zwiększają plony roślin od kilku do kilkudziesięciu procent (tab. 2). W przypadkach, gdzie właściwości fizyczne gleby były szczególnie czynnikiem ograniczającym plonowanie - wysokość urodzajów była nawet kilkakrotnie wyższa niż w obiektach kontrolnych. Na przykład zmniejszenie powierzchniowego zaskorupiania się gleby i poprawa wschodów, tzn. ich równomierności i szybkości, powodowały bardzo istotny wzrost plonów tam, gdzie wcześniej wielkość wschodów była czynnikiem ograniczającym plonowanie roślin (48, 50). W zależności od zastosowanych środków uzyskiwano przyspieszenie wschodów od 1 do 4 dni, a także występował silniejszy rozwój systemu korzeniowego. W konsekwencji stwierdzono wyższe pobieranie składników pokarmowych i wzrost plonów (111).

Obserwacje fenologiczne, prowadzone w okresie wegetacji roślin na glebach z dodatkiem polimeru VAMA, Solakrolu i innych (96), wykazały, że rośliny uprawiane na poletkach traktowanych tymi preparatami były bardziej zielone i rozwinięte w porównaniu do roślin z obiektów kontrolnych. Jak podaje Kaczyński i Mosołowa ('91), wpływ syntetycznych środków strukturotwórczych na plonowanie roślin zależy nie tylko od sposobu ich zastosowania i dawki, ale także od innych czynników plonotwórczych. Z badań przeprowadzonych przez wspomnianych autorów wynika, że zabiegi agrotechniczne i nawożenie NPK miały udział w plonach ziarna i słomy jęczmienia jarego w wysokości 44%, natomiast zastosowane polimery - w 26%. De Leenheer

(47) wykazał, że w wyniku zastosowania środków strukturotwórczych zmienia się nie tylko wielkość plonów, ale również ich jakość. Na przykład korzenie buraków cukrowych były nie tylko dorodniejsze i lepiej wykształcone, ale zawierały także więcej cukru.

Zastosowanie emulsji polimerów może prowadzić do wydłużenia okresu wegetacji roślin, co dla niektórych gatunków jest zjawiskiem korzystnym, wprowadzenie zaś preparatów w postaci wkładki, na określonej głębokości profilu glebowego, prowadzi do istotnej poprawy plonów przez zapewnienie roślinom wody (8, 66, 78). Dzięki takim zabiegom uzyskano wyższy plon, m.in.: ogórków od 33 do 100%; kapusty o 45% i ziemniaków od 5 do 110% (66). Natomiast przekroczenie optymalnych dawek niektórych substancji powierzchniowo-czynnych, np. Soil Penetrant powyżej 300 ppm, powodowało obniżenie kiełkowania nasion jęczmienia oraz zmiany cytologiczne i morfologiczne w tkankach młodych siewek (35).

Sztatnow i Szczerbakowa (169) udowodnili, że wzrost plonu owsa i prosa następował nie tylko w wyniku poprawy właściwości fizycznych gleby, ale i wykorzystania azotu zawartego w środkach wprowadzanych do gleby, przy czym dostępność azotu była uzależniona od rodzaju preparatu. Dostępność azotu z polimeru typu PAM była 2-3 razy mniejsza niż azotu z preparatu K-4. Ponadto azot był bardziej dostępny w drugim roku po wprowadzeniu polimeru do gleby niż w pierwszym. Również Kaniszewski (94) wykazał, że możliwa jest poprawa plonów pomidorów, rzodkiewki i ogórków poprzez zastosowanie preparatu o nazwie Pianizol, tj. żywicy formaldehydowo-mocznikowej. Wykorzystanie azotu z tego preparatu wynosiło 9%, podczas gdy z saletry amonowej 63%. W innych doświadczeniach uzyskiwano różne efekty w rozwoju roślin, np. Kullmann (111) uzyskał przyspieszenie zbiorów ziemniaków o kilka dni, po zastosowaniu mulczu powierzchniowego z emulsji bitumicznych.

Coraz liczniejsza jest również literatura na temat oddziaływania przetworzonych odpadów organicznych z przemysłu i rolnictwa na jakość i wielkość plonów roślin uprawnych. Dechnik i Dębicki (36, 41), w doświadczeniach wazonowych i mikropoletkowych, uzyskali wyższe plony fasoli, buraka ćwikłowego, jęczmienia jarego, a także gorczycy i tytoniu pod wpływem takich preparatów, jak granulat keratyno-mocznikowy i granulat koro-mocznikowy. Również wstępne badania z nawozem uzyskanym po odwodnieniu gnojowicy potwierdziły

jego korzystne oddziaływanie, zarówno na cechy gleby, jak i plon rośliny testowej (39). Badania Krzaczk i współaut. (108) wykazały, że zastosowanie granulatu keratyno-koro-mocznikowego miało istotny wpływ na właściwości fizykochemiczne gleby i wschody kilku gatunków roślin warzywnych, jak: sałata, marchew, pory i pomidory. Granulat wpływał także korzystnie na zawartość białka ogółem i białka właściwego w ziarnie i słomie żyta (56-58) oraz istotnie oddziaływał na plonowanie pszenicy, jęczmienia jarego i rzepaku (161, 162, 163). Ponadto badania Pawłowskiego i współaut. (138, 139) dowiodły, że zastosowanie granulatu w dawce ponad 500 kg/ha wykazuje pewne działanie chwastobójcze względem niektórych gatunków chwastów. Nie stwierdzono przy tym nadmiernej koncentracji azotu azotanowego i amonowego w materiale roślinnym z gleb nawożonych badanymi preparatami (57, 58). To chwastobójcze działanie granulatu keratyno-koro-mocznikowego może wynikać z obecności biuretu i możliwości tworzenia się herbicydów mocznikowych typu triazynowego, które są pochodnymi kwasu cjanurowego (183). Inne badania wykazały istotny wpływ nawożenia granulem keratyno-koro-mocznikowym na plonowanie roślin szklarniowych, m.in. pomidorów (137) i goździków (89). Dane uzyskane przez Glinńskiego i współaut. (77), wskazują na stymulujące działanie granulatów keratyno-koro-mocznikowych na kiełkowanie i wzrost korzeni wybranych gatunków roślin, głównie poprzez azot i frakcje polifenoli, które tworzą się, jak wspomniano, w wyniku metabolizmu struktur ligninowych. Badania widm absorpcyjnych w zakresie podczerwieni wskazują na zbliżoną budowę, powstałych w wyniku procesu technologicznego, granulatów do budowy typowych kwasów huminowych, które przedstawione zostały przez Lityńskiego i innych (108, 116, 184). Wszystkie te wyniki wskazują na złożone oddziaływanie uzyskanych granulatów zarówno na gleby, jak i rośliny. Było to, między innymi, powodem rozszerzenia badań w ramach modelowych, wieloletnich doświadczeń polowych, które są opisane w następnym rozdziale tej pracy.

Przedstawione wyżej próby zmiany właściwości gleb przez zastosowanie syntetycznych i odpadowych materiałów organicznych w celu uzyskania wyższych plonów roślin uprawnych są zachęcające nie tylko w aspekcie odtwarzania żyzności gleb. Wiążą się one ściśle z przyspieszeniem rozkładowania, szkodliwej dla środowiska koncentracji, odpadów organicznych na składowiskach.

3. CEL PRACY

Celem podjętych badań było określenie możliwości wykorzystywania różnych substancji organicznych odpadowych i syntetycznych do odtwarzania i zastępowania w glebie związków decydujących o podstawowych elementach jej żyzności, szczególnie takich jak:

- struktura gleby, to jest agregacja w stanie powietrznie suchym oraz wodoodporność agregatów glebowych,
- właściwości wodno-fizyczne: gęstość, wilgotność aktualna oraz pojemność wodna maksymalna gleby,
- zawartość węgla organicznego ogółem,
- odczyn gleby,
- właściwości sorpcyjne: kwasowość hydrolityczna, suma zasad wymiennych i pojemność sorpcyjna,
- zawartość przyswajalnych form składników pokarmowych roślin w glebie, tj. fosforu, potasu i magnezu.

4. ZAKRES I METODYKA BADAŃ POLOWYCH I LABORATORYJNYCH

Badania przeprowadzono opierając się na czteroletnich doświadczeniach polowych, na dwóch rodzajach gleb: glebie bielcowej wytworzonej z piasku słabogliniastego oraz glebie brunatnej wytworzonej z gliny ciężkiej.

W schematach modelowych doświadczeń polowych, założonych metodą rozsiewu poletek (Split-plot w latach), w 4 powtórzeniach, uwzględniono następujące obiekty:

1. Środki użyźniające:

- A - obiekt kontrolny - nawożenie mineralne NPK,
- B - obornik + NPK,
- C - gnojowica płynna + NPK,
- D - gnojowica flokulowana + NPK,
- E - granulat keratyno-koro-mocznikowy + NPK,
- F - poliakryloamid (PAM-Solakrol) + NPK,
- G - osady ściekowe + NPK.

2. Sposoby wprowadzania środków (określane także jako dawki):

- I - sposób, w którym zastosowano pełną dawkę środków w roku założenia doświadczenia (jesień 1981 r.) (tab. 3),

- II - sposób, w którym zastosowano dawki dzielone po 1/2 dawki pełnej (wyjściowej) przez pierwsze dwa lata doświadczeń,
- III - sposób, w którym zastosowano dawki dzielone po 1/3 dawki pełnej w każdym z trzech kolejnych lat badań, to jest w latach 1981-1983.

Sezon 1984/1985 był okresem, w którym, poza nawożeniem mineralnym NPK, nie wprowadzano żadnych środków, w celu sprawdzenia ich następczego oddziaływania na glebę i roślinę. Przy tak zastosowanych sposobach nawożenia było możliwe sprawdzenie, czy efekt działania pełnej dawki materiałów użyźniających, wprowadzonej jednorazowo na kilka lat doświadczeń, był zbliżony do działania dawek mniejszych (dzielonych), lecz stosowanych dwu- lub trzykrotnie w tym samym okresie, jak dawka pełna. Po 3 latach doświadczeń wszystkie obiekty uzyskiwały taką samą ilość badanych środków użyźniających (tab. 3).

Do badań wybrano więc takie materiały organiczne, których wykorzystanie jest dotychczas niezadowalające z powodu ich uciążliwości bądź też ilości, jak na przykład gnojowica, kora drzewna, odpady keratynowe oraz osady ściekowe. Ze względu na ich różnorodność nie wyrównywano ilości składników pokarmowych roślin, jakie były wnoszone do gleby z tymi materiałami. Zastosowano natomiast niejako "podwójny" obiekt kontrolny: jeden to nawożenie mineralne NPK, w celu porównania wszystkich obiektów badawczych, oraz drugie nawożenie obornikiem, dla porównania pozostałych materiałów organicznych. Wielkości przyjętych w doświadczeniu dawek ustalono na podstawie dawek tych materiałów stosowanych najczęściej w innych badaniach (27, 34, 99, 117-120, 122-127, 132, 133, 145-148).

Na wszystkich obiektach badań zastosowano nawożenie mineralne na poziomie średnim nawożenia NPK, które stosowane jest w rejonie przeprowadzonych badań, tj. w ilości N-70, P-60 i K-70 następująco: mocznik (46%), superfosfat pylisty (18% P_2O_5) i sól potasowa (60% K_2O). Nawożenie mineralne stosowano przed siewem rośliny testowej, na którą wybrano żyto ozime odmiany Dańkowskie Żłote. Żyto uprawiano w monokulturze przez wszystkie lata badań.

Materiały organiczne wprowadzano do gleby podczas orki przed-siewnej, którą wykonywano na obydwu glebach na głębokość około 20-25 cm. Pozostałe zabiegi agrotechniczne były zgodne z zasadami poprawnej agrotechniki pod żyto ozime. Natomiast Solakrol, to jest

Tabela 3. Dawki środków użyźniających (w t/ha) zastosowanych w doświadczeniu polowym na obydwu glebach w Sobieszynie w latach 1981-1985

Środki użyźniające (obiekty)	Sym-bol	Dawki (sposoby nawożenia)	Sezon wegetacyjny			
			1981/82	1982/83	1983/84	1984/85
Kontrolny (NPK)	A	N	0,07	0,07	0,07	0,07
		P	0,06	0,06	0,06	0,06
		K	0,07	0,07	0,07	0,07
Obornik + NPK	B	I	60,0	0	0	0
		II	30,0	30,0	0	0
		III	20,0	20,0	20,0	0
Gnojowica bydlęca płynna + NPK	C	I	150,0	0	0	0
		II	75,0	75,0	0	0
		III	50,0	50,0	50,0	0
Gnojowica bydlęca flokulowana + NPK	D	I	15,0	0	0	0
		II	7,5	7,5	0	0
		III	5,0	5,0	5,0	0
Granulat keratyno-koro-mocznikowy + NPK	E	I	4,0	0	0	0
		II	2,0	2,0	0	0
		III	1,3	1,3	1,3	0
Poliakryloamid (Solakrol) + NPK	F	I	2,0	0	0	0
		II	1,0	1,0	0	0
		III	0,7	0,7	0,7	0
Osady ściekowe + NPK	G	I	60,0	0	0	0
		II	30,0	30,0	0	0
		III	20,0	20,0	20,0	0

syntetyczny, wysokocząsteczkowy polimer liniowy typu PAM, zastosowano w postaci oprysku na całą powierzchnię poletka po wykonaniu orki, ale przed siewem żyta. Podczas siewu oraz bronowania posiewnego następowało przemieszczanie preparatu w glebie do głębokości pracy narzędzi, tj. do około 5-7 cm. Powierzchnia jednego poletka do zbioru wynosiła 40 m².

Przedmiotem badań były następujące cechy.

1. Fizyczne właściwości gleb:

- struktura gleby, to jest rozkład agregatowy oraz wodoodporność

agregatów glebowych, które określano wg zmodyfikowanej metody Bak-szejewa, a następnie wyniki przedstawiono jako: procentowy udział agregatów o średnicy większej od 1 mm, procentową zawartość agregatów wodoodpornych o średnicy powyżej 1 mm oraz wyliczono wskaźniki - liczbowy wskaźnik agregacji na sucho (LWAs) i na mokro (LWAm) wg Dobrzańskiego i współaut. (61), współczynniki wodoodporności (K) wg Cyganowa i (WW) wg Dobrzańskiego;

- właściwości wodno-fizyczne, to jest gęstość gleby, wilgotność aktualna gleby oraz pojemność wodna maksymalna, które określono metodą suszarkowo-wagową w cylindrach Kopeckiego.

2. Właściwości fizykochemiczne gleb:

- odczyn (pH_{KCl}) - potencjometrycznie, pH-metrem,

- zawartość węgla organicznego ogółem wg Tiurina (C ogółem w %),

- kwasowość hydrolityczna (K_h), suma zasad wymiennych (S) oraz pojemność sorpcyjna (T) wg Kappena, (w mmol (+)/1 kg gleby).

3. Właściwości chemiczne gleb:

- zawartość przyswajalnych form fosforu i potasu wg Egnera-Riehma oraz magnezu wg Schachtschabela (w mg P, K i Mg/100 g gleby). Oznaczenia powyższe wykonane zostały w Okręgowej Stacji Chemiczno-Rolniczej w Lublinie.

4. Plon ziarna i słomy żyta ozimego. Dane przeliczono w t/ha.

Próbki glebowe do oznaczeń struktury oraz analiz fizykochemicznych i chemicznych pobierano z warstwy 0-20 cm, w stanie naruszonym z każdego poletka. Natomiast do oznaczeń pozostałych właściwości fizycznych pobierano próby, o nienaruszonej strukturze do metalowych cylindrów o pojemności 100 cm³, po 4 cylindry z każdego poletka, to jest 16 cylindrów z każdego powtórzenia. Próbki glebowe pobierano w 4 terminach we wszystkie lata badań: termin 1 - krzewienie żyta (w skali Feekesa - stadium 2), termin 2 - wiosenne ruszanie rośliny (stadium 4/5), termin 3 - kłoszenie/kwitnienie żyta (stadium 10,5) oraz termin 4 - zbiór żyta (stadium pełnej dojrzałości, tj. 11,4 w skali Feekesa).

Przedstawiona praca obejmuje interpretację wyników dla całego okresu wegetacyjnego. Dynamika zmian badanych cech wynikowych w zależności od wprowadzonych środków użyźniających została przedstawiona w pracach Dębickiego i współaut. (53-55) oraz Wiatrowej (179). W pracy nie zawarto także oceny wartości nawozowej badanych środków, oceny stopnia wykorzystania składników pokarmowych roślin

ani ich wpływu na właściwości biologiczne gleb i skład mineralny roślin. Badania takie były prowadzone równolegle na tym samym obiekcie doświadczalnym, a ich wyniki zostały przedstawione w innych opracowaniach (42, 56-58, 69, 80, 103, 104, 108, 179, 185).

Wyniki oznaczeń badanych cech opracowano statystycznie wg przyjętego modelu doświadczenia, to jest Split-plot w latach. Istotność różnic oceniono stosując test Tukeya. Wyniki badań przedstawiono na rys. 2-22 oraz w szczegółowych tabelach 8-26, zawartych w Appendixie. Obliczono również współczynniki korelacji prostej dla wszystkich cech wynikowych doświadczeń polowych, a ich istotne wartości dla obydwu gleb przedstawiono w tab. 27 (App.).

5. CHARAKTERYSTYKA WARUNKÓW GLEBOWO-KLIMATYCZNYCH ORAZ ZASTOSOWANYCH ŚRODKÓW NAWOZOWYCH

5.1. Gleby

Doświadczenia polowe założono na dwu glebach, zróżnicowanych typologicznie, rodzajowo i gatunkowo, a tym samym pod względem właściwości fizycznych i chemicznych, co potwierdzają dane przedstawione w tab. 4.

Tabela 4. Niektóre właściwości gleb wybranych do doświadczeń polowych w Sobieszynie

Właściwości gleby		Gleba bielicowa	Gleba brunatna
Skład granulometryczny (w %)			
Fracje: (w mm)	1,0 - 0,1	80	29
	0,1 - 0,05	6	8
	0,05 - 0,02	8	11
	0,02 - 0,005	1	16
	0,005 - 0,002	1	18
	< 0,002	4	18
Gatunek gleby		pgl	glc
Maksymalna pojemność wodna (w % wag.)		21,00	29,70
Odczyn gleby (pH w 1 M KCl)		4,70	6,30
Zawartość N ogółem (w %)		0,04	0,12
Zawartość C org. ogółem (w %)		0,30	0,99
Kwasowość hydrolityczna (w mmol (+)/1 kg)		1,47	1,28
Suma kationów wymiennych		3,70	18,37
Pojemność sorpcyjna		5,17	19,65
Wysycenie kompleksu sorpcyjnego kationami		60,00	93,00

G l e b a b i e l i c o w a : jest to gleba wytworzona z piasku słabogliniastego, niecałkowita, podścielona piaskiem luźnym na głębokości 40 cm. Gleba charakteryzuje się niską zawartością materii organicznej i zaliczona jest do klasy V UR i kompleksu 6 (żytni słaby) przydatności rolniczej. W dalszej części pracy gleba ta określana jest jako "gleba piaszczysta" lub "gleba lekka".

G l e b a b r u n a t n a : jest to gleba wytworzona z gliny ciężkiej, niecałkowita; na głębokości 70 cm podścielona piaskiem gliniastym, który następnie przechodzi w piasek luźny na głębokości 120-130 cm. Gleba ta zawiera również niewielkie ilości materii organicznej i jest zaklasyfikowana do klasy IIb oraz kompleksu 3 (pszenny wadliwy) przydatności rolniczej. Gleba brunatna określana jest w dalszej części pracy także jako "gleba gliniasta" lub "gleba ciężka".

5.2. Środki nawozowe

Zastosowane w doświadczeniu polowym nawozy organiczne i odpadowe materiały organiczne oraz środki syntetyczne charakteryzowały się następującymi cechami (tab. 5):

O b o r n i k : W doświadczeniu wykorzystano obornik z Gospodarstwa Pomocniczego przy Zespole Szkół Rolniczych w Sobieszynie. Był to przefermentowany obornik bydlęcy z niewielką domieszką obornika końskiego i świńskiego. Średni skład chemiczny obornika przedstawiono w tab. 5.

G n o j o w i c a p ł y n n a : Zastosowano gnojowicę bydlęcą z fermi hodowlanej Zakładu Doświadczalnego IUNG w Osinach. Wyniki analiz wskazują, że jest to gnojowica bardzo rozcieńczona, w której zawartość suchej masy nie przekracza 3%.

G n o j o w i c a f l o k u l o w a n a : Została wytworzona przez wydzielenie części stałych z gnojowicy płynnej w procesie flokulacji za pomocą flokulantu o charakterze kationowym (Praes-tol) z dodatkiem wypełniaczy, to jest zmielonej kory drzewnej i niewielkiej ilości lessu (37). W wyniku tego procesu i po dosuszeniu na powietrzu otrzymano nawóz organiczny o własnościach zbliżonych do obornika, jeśli chodzi o konsystencję, lecz o różnym składzie chemicznym. Nastąpiła koncentracja azotu, fosforu, potasu i wapnia w porównaniu do gnojowicy płynnej, ale nie w takim

Tabela 5. Skład chemiczny środków nawozowych zastosowanych
w doświadczeniu polowym w Sobieszynie w latach
1981-1985

Środki nawozowe	Sucha masa %	Zawartość w % s.m.						C:N
		N	C	P	K	Mg	Ca	
Obornik	27,0	2,34	32,63	1,02	1,33	0,19	1,02	14:1
Gnojowica płynna	2,5	0,30	13,20	0,10	0,05	0,10	0,05	44:1
Gnojowica flokulowana	26,2	1,93	43,20	1,66	3,00	0,27	1,99	22:1
Granulat keratynowy	86,0	26,88	27,00	0,13	0,25	0,02	0,26	1:1
Poliakrylo- amid	20,0	19,7	50,70	-	-	-	-	2,5:1
Osady ściekowe	46,0	1,27	15,50	1,54	0,29	0,12	2,96	12:1

zakresie jak tego oczekiwano, w porównaniu do wcześniejszych wyników badań modelowych (34, 37). Zmienił się również stosunek C:N.

G r a n u l a t k e r a t y n o - k o r o - m o c z n i k o w y : Został wytworzony z odpadów przemysłu drobiarskiego i drzewnego wg patentu Wolskiego i in. (181,182). Granulat charakteryzuje się szczególnie wysoką zawartością azotu, co wynika z procesu technologicznego z dodatkiem mocznika. Jak wykazały wcześniejsze badania, preparat ten ma zdolność powolnego uwalniania azotu. Zawiera także niewielkie ilości innych składników pokarmowych (58, 179).

P o l i a k r y l o a m i d (PAM - Solakrol): Solakrol jest to handlowa nazwa 20% roztworu całkowicie zmydlonego poliakrylanu sodowo-amonowego produkcji węgierskiej (35, 96). Jest to wysokocząsteczkowy polimer liniowy o ciężarze cząsteczkowym powyżej 1 mln, rozpuszczalny w wodzie, a więc polielektrolit o charakterze hydrofilowym, niejonowy. W doświadczeniu zastosowano go w ilości około 0,1% w stosunku do masy gleby, przed siewem żyta w postaci oprysku na całej powierzchni gleby w 6% rozcieńczeniu. Polimer ten zawiera w swoim składzie około 20% azotu.

O s a d y ś c i e k o w e : W doświadczeniu wykorzystano osady ścieków komunalno-przemysłowych z Lublina. Pełną ich charakterystykę przedstawili wcześniej Filipek (67), Flis-Bujak i współaut. (68) oraz Turski i współaut. (171). Według kryteriów przyjętych

przez Roszyka i współaut. (147), osady zawierały azot, fosfor i materię organiczną w ilościach uzasadniających ich rolnicze wykorzystanie. W tych badaniach nie brano pod uwagę zawartości innych składników, tzn. metali ciężkich, gdyż nie było to przedmiotem niniejszych badań. Zastosowane osady ściekowe zostały pod tym względem w pełni opisane we wspomnianych wcześniej pracach (67, 171).

Należy nadmienić, że wykorzystane w badaniach polowych odpadowe materiały organiczne oraz poliakryloamid nie zawierały związków szkodliwych, które zanieczyszczałyby glebę oraz stanowiły zagrożenie fitosanitarne, co zostało potwierdzone wcześniejszymi badaniami i analizami (34, 35, 67, 80, 103, 104, 171, 179, 183).

5.3. Warunki klimatyczne

Warunki klimatyczne doświadczenia zostały przedstawione w tab. 6 i 7. Dane uzyskano ze Stacji Meteorologicznej przy Zespole Szkół Rolniczych w Sobieszynie.

Spośród 5 lat badań rok 1981 charakteryzował się najwyższym sumarycznym opadem rocznym, który wynosił 667 mm, a rok 1982 - najniższym, to jest 426 mm. W latach 1983-1985 sumy opadów były zbliżone i wynosiły odpowiednio: 588, 578 i 615 mm. Wielkość opadów w poszczególnych latach, z wyjątkiem roku 1982, przekraczała średnią wieloletnią, tj. 525 mm opadu.

Z danych dotyczących temperatury powietrza (tab. 7) wynika, że lata 1982-1984 były latami ciepłymi. Średnie dla lat wynosiły odpowiednio: 8,6, 8,9 i 8,1 °C, dla porównania średnia z wielolecia - 7,5 °C. Natomiast rok założenia doświadczenia, tj. 1981, oraz rok kończenia badań, czyli 1985, były latami chłodniejszymi, z temperaturami średnimi 7,3 i 6,8 °C.

Warunki meteorologiczne były więc zróżnicowane w poszczególnych latach, a zwłaszcza ilość opadów w okresie wegetacji żyta, co ma istotne znaczenie dla jego rozwoju i plonowania (128). Najkorzystniejsze warunki klimatyczne dla zbóż zaistniały w roku 1983, gdy w maju opady były wysokie, a w lipcu i sierpniu - niskie. Natomiast w roku 1985 były one najbardziej niesprzyjające; bardzo małe opady wystąpiły w maju, a w okresie od czerwca do sierpnia - bardzo obfite (tab. 6).

Tabela 6. Suma i rozkład opadów (w mm) w Sobieszynie
w latach 1981-1985

Miesiące	1981	L 1982	a 1983	t a 1984	1985	Średnie wieloletnie
I	30	30	49	41	22	32
II	18	28	35	12	32	26
III	47	6	55	21	26	30
IV	12	32	48	18	31	48
V	30	50	84	98	48	54
VI	63	36	33	102	115	68
VII	98	42	39	92	76	92
VIII	73	41	37	13	77	72
IX	64	18	62	113	47	47
X	59	49	24	21	33	40
XI	77	25	27	33	30	36
XII	46	77	35	14	78	49
Opad roczny	667	426	588	578	615	525

Tabela 7. Średnie temperatury powietrza (w °C) w Sobieszynie
w latach 1981-1985

Miesiące	1981	L 1982	a 1983	t a 1984	1985	Średnie wieloletnie
I	-4,7	-3,8	-2,7	0,2	-8,8	-3,4
II	-1,8	-2,9	-2,2	-1,7	-9,7	-2,5
III	3,3	3,3	4,1	1,1	1,8	1,6
IV	5,3	5,7	10,5	9,0	8,7	7,0
V	13,6	14,8	16,4	14,1	15,4	12,6
VI	17,0	16,3	17,4	14,5	14,6	16,7
VII	17,9	19,2	19,3	16,2	17,5	18,5
VIII	16,2	19,5	18,6	18,3	18,4	17,4
IX	13,7	15,7	14,6	13,7	12,5	13,4
X	8,6	9,0	8,8	10,3	8,0	8,0
XI	2,4	4,8	1,7	2,5	0,6	2,7
XII	-3,4	1,3	0,5	-1,2	2,0	-1,6
Średnie roczne	7,3	8,6	8,9	8,1	6,8	7,5

6. WYNIKI BADAŃ I DISKUSJA

6.1. Wpływ badanych środków użyźniających na właściwości fizyczne gleb

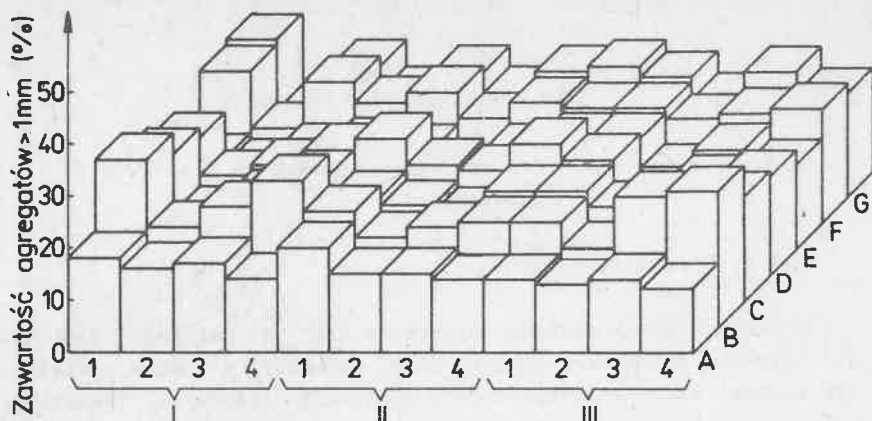
6.1.1. Struktura gleby

Strukturę gleby oceniano opierając się na analizie jej dwu podstawowych charakterystyk, to jest agregacji w stanie powietrznie suchym oraz wodoodporności agregatów glebowych. Rezultaty badań przedstawione zostały na rys. 2-7 i w tab. 8-9 (App). Na podstawie szczegółowych danych wyjściowych analizy składu agregatowego oraz wodoodporności agregatów glebowych wyliczono także wskaźniki i współczynniki struktury (rys. 8, tab. 10-13).

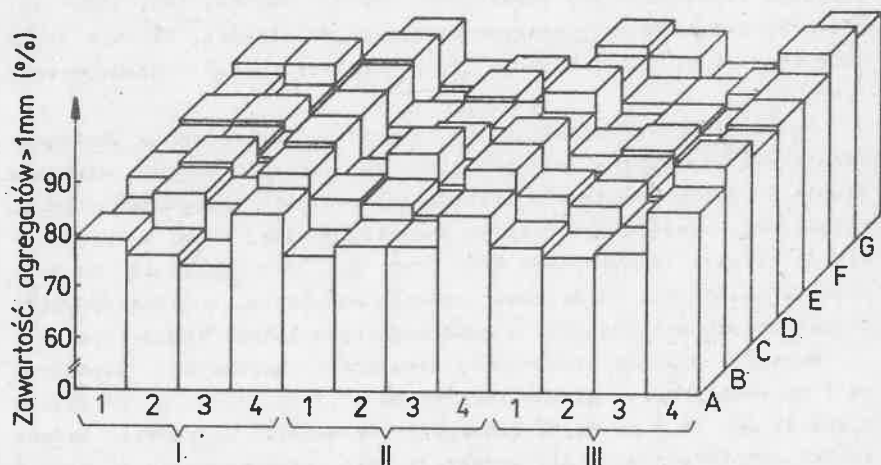
Wyniki badań wskazują na wyraźne zróżnicowanie pomiędzy agregacją i wodoodpornością gleby lekkiej i ciężkiej. Jest to zrozumiałe, gleby te różnią się bowiem zawartością zarówno części spławialnych, jak i materii organicznej (tab. 3). W literaturze przedmiotu istnieją liczne dane potwierdzające, że te własności gleby decydują istotnie o jej strukturze (20-22, 26, 62, 115, 150, 152, 170). Wprawdzie w niniejszych badaniach zależności te nie były duże ($r=0,343$), ale tendencje takie zostały także zaobserwowane (tab. 27).

Należy jednak podkreślić, że czynniki doświadczenia istotnie różnicowały strukturę badanych gleb. Wprowadzenie środków użyźniających do gleby powodowało istotną poprawę jej agregacji, poprzez zwiększenie udziału agregatów o średnicy powyżej 1 mm, w porównaniu do obiektu kontrolnego NPK (rys. 2 i 3). Działanie to było różne w zależności od środka, sposobu nawożenia, a także warunków klimatycznych istniejących w poszczególnych latach badań (rys. 4).

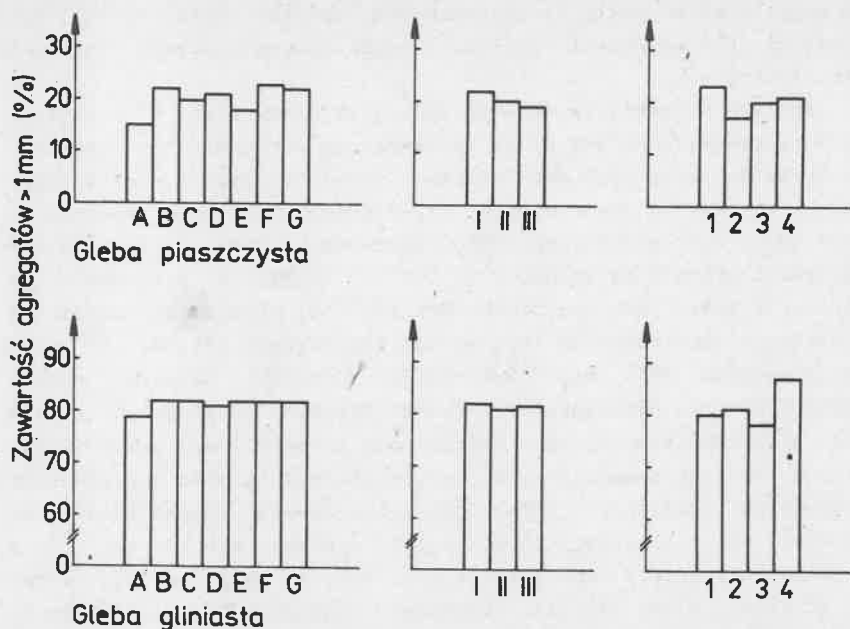
Wartości średnie procentowej zawartości agregatów większych od 1 mm wahały się w glebie lekkiej od 11,7 do 31,3%, a w glebie ciężkiej od 74,3 do 90,8% (tab. 8). Wprawdzie wszystkie badane środki istotnie poprawiały agregację, ale najskuteczniej w glebie lekkiej działał Solakrol, tj. wysokocząsteczkowy polimer liniowy z grupy poliakryloamidowej, oraz osad ściekowy, obornik i gnojowica agregowana (flokulowana). Jednak różnice pomiędzy tymi materiałami



Rys. 2. Zawartość agregatów o średnicy powyżej 1 mm w glebie lekkiej (piaszczystej). Objaśnienia: A - obiekt kontrolny NPK, B - obornik, C - gnojowica płynna, D - gnojowica flokulowana (agregowana), E - granulat keratyno-koro-mocznikowy, F - poliakryloamid (Solakrol), D - osad ściekowy; Sposoby nawożenia: I - pełna dawka (wyjaśnienie dawek w rozdz. 4), II - 1/2 dawki pełnej, III - 1/3 dawki pełnej. Lata badań: 1 - 1982, 2 - 1983, 3 - 1984, 4 - 1985



Rys. 3. Zawartość agregatów o średnicy powyżej 1 mm w glebie ciężkiej (gliniastej). Objaśnienia jak na rys. 2



Rys. 4. Wartości średnie zawartości agregatów większych od 1 mm w glebie piaszczystej i gliniastej w zależności od czynników doświadczenia. Objaśnienia jak na rys. 2

organicznymi a Solakrolem były nieistotne. Działanie granulatu keratyno-koro-mocznikowego w glebie lekkiej było istotnie słabsze niż pozostałych środków użyźniających, lecz i tutaj poprawa agregacji była znaczna w porównaniu do gleby z obiektu kontrolnego. Z przeprowadzonych badań wynika, że stosowanie tylko nawożenia mineralnego w monokulturze żyta przez 4 lata na glebie lekkiej prowadzi do systematycznej degradacji struktury tej gleby (rys. 2).

Interesujące natomiast okazało się działanie granulatu keratyno-koro-mocznikowego w glebie ciężkiej, gdzie jego efekt strukturotwórczy był nawet nieznacznie wyższy niż Solakrolu, szczególnie przy wprowadzaniu granulatu wg sposobu II, to jest w postaci dawki dzielonej zastosowanej dwukrotnie w okresie doświadczenia (rys.3). Podobnie jak w glebie piaszczystej, wszystkie materiały organiczne wywoływały korzystne zmiany także w agregacji gleby gliniastej,

co potwierdziła analiza statystyczna wyników (rys. 4, tab. 8). Pomiędzy porównywanymi środkami użyźniającymi różnic istotnych nie stwierdzono.

Analiza szczegółowa wyników agregacji gleby (tab. 8) wskazuje, że w pierwszym roku badań, po wprowadzeniu środków użyźniających do gleby jesienią roku poprzedniego (1981), najlepsze efekty uzyskano w obiekcie z obornikiem i osadem ściekowym, które wnoszono wg sposobu I, tzn. po 60 t/ha oraz Solakrolem w ilości 2 t/ha. Wzrost agregacji wynosił odpowiednio 14, 11 i 11,5%, w porównaniu do agregacji gleby nawożonej tylko NPK lub też, przyjmując agregację w obiekcie kontrolnym za 100, wzrost ten wynosił 175, 163 i 166%. W opisywanym roku nie stwierdzono natomiast żadnego efektu dodatniego przy nawożeniu granulatem. Ciekawe, że gnojowica płynna była nieco skuteczniejsza w agregowaniu gleby niż gnojowica flokulowana, to jest odwodniona. Ma to oczywisty związek z wpływem wody zawartej w gnojowicy płynnej nie tylko na stan zgrużenia gleby lekkiej, ale i na rozwój roślin i ich systemu korzeniowego, co z kolei, jak wykazały inne badania (54, 55), ma także istotny wpływ na strukturę gleby lekkiej. Natomiast w czwartym roku doświadczenia utrzymywał się w dalszym ciągu korzystny wpływ tych środków na strukturę gleby piaskowej i wynosił odpowiednio 13, 9 i 6% (lub też 193, 164 i 159%) w porównaniu do obiektu kontrolnego NPK. Najślabsze działanie badanych środków w tej glebie stwierdzono przy III sposobie nawożenia.

Reakcja struktury gleby gliniastej na nawożenie tymi środkami nie była tak istotna jak gleby piaszczystej, ale i tutaj obserwowano ich dodatni wpływ na agregację gleby. Podkreślić należy jednak, że najkorzystniejsze zmiany obserwowano dopiero w czwartym roku doświadczenia, na co wpływ miały zarówno warunki klimatyczne, jak i następne działanie środków (rys. 4, tab. 8).

Ogólnie możemy powiedzieć, że zastosowanie różnych sposobów wprowadzania badanych materiałów organicznych do gleby miało istotny wpływ na agregację gleby, ale tylko w glebie lekkiej. Najkorzystniejsze działanie tych środków stwierdzono przy wnoszeniu ich do gleby wg sposobu I, tj. w postaci jednej, dużej dawki na początku doświadczenia. Oddziaływanie dwóch pozostałych sposobów nawożenia nie różniło się istotnie. W glebie ciężkiej natomiast nie stwierdzono istotnych różnic w działaniu poszczególnych

sposobów nawożenia, zarówno w poszczególnych latach badań, gdy wnoszono materiały organiczne do gleby, jak i w czwartym roku, gdy analizowano działanie następcze środków użyźniających i sposobów nawożenia.

Przeprowadzone doświadczenia ściśle wykazały wyraźne oddziaływanie następcze badanych środków na agregację obydwu gleb. W ostatnim roku badań to działanie następcze ujawniło się w obiektach nawożonych Solakrolem, osadem ściekowym, obornikiem i gnojowicą flokulowaną w glebie lekkiej oraz we wszystkich obiektach w glebie ciężkiej, w porównaniu do obiektów kontrolnych NPK.

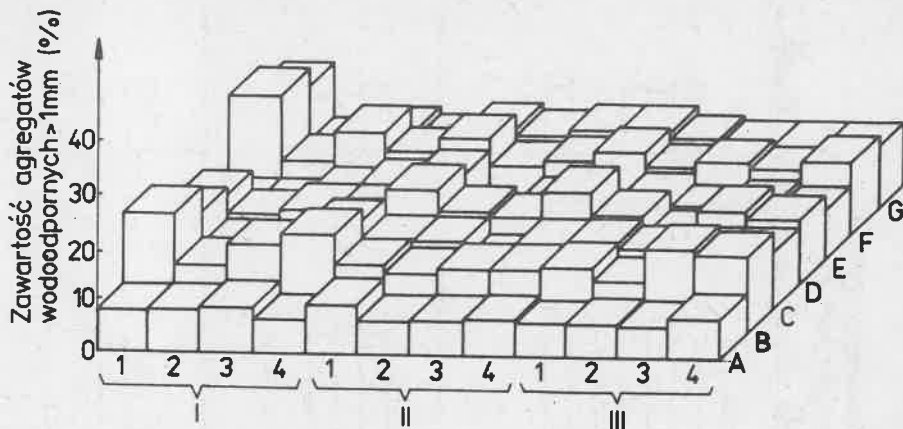
Znaczący wpływ na stan agregacji wywierały także warunki pogodowe. O ile w glebie lekkiej najwyższe wartości średnie agregacji uzyskano w pierwszym roku badań, który charakteryzował się najniższymi opadami i bardzo wysoką temperaturą średnią (tab. 6 i 7), o tyle wartości najniższe uzyskano w drugim roku, gdy temperatura i opady były wyższe. W glebie gliniastej natomiast najwyższe wartości agregacji otrzymano w czwartym roku badań, gdy opady były najwyższe, a temperatury najniższe w okresie badań (tab. 8).

Wartości wyliczonego liczbowego wskaźnika agregacji na sucho (tab. 11) potwierdziły istnienie różnic istotnych jedynie pomiędzy pierwszym rokiem badań, a pozostałymi latami w glebie lekkiej oraz pomiędzy obiektem nawożonym osadem, a pozostałymi środkami w glebie ciężkiej. We wszystkich pozostałych kombinacjach różnice nie były istotne. Taki obraz agregacji gleb jest wynikiem metody wyliczania tego wskaźnika, gdzie frakcjom o średnicy 0,25-0,5 i 0,5-1,0 mm w glebach o lżejszym składzie granulometrycznym przypisuje się takie same wartości liczbowe, jak dla frakcji o tych samych wymiarach w glebach gliniastych i pylastych. W glebach lekkich frakcje tych wymiarów są często frakcjami piasku, a w glebach o mocniejszym składzie mechanicznym mogą to być mikroagregaty, które wywierają istotny wpływ na stan fizyczny tych gleb. Stąd też interpretacja struktury gleby na podstawie wartości liczbowego wskaźnika agregacji na sucho (LWAs) może często prowadzić do odmiennych wniosków, niż interpretacja struktury gleby na podstawie wcześniejszych przedstawionych wyników procentowej zawartości agregatów w stanie powietrznie suchym. Stwierdzenia powyższe są zgodne z wynikami przedstawionymi przez Domżała i Słowińską-Jurkiewicz (62), Lipca i Dębickiego (115) oraz Rząsę i Owczarzaka (150-152).

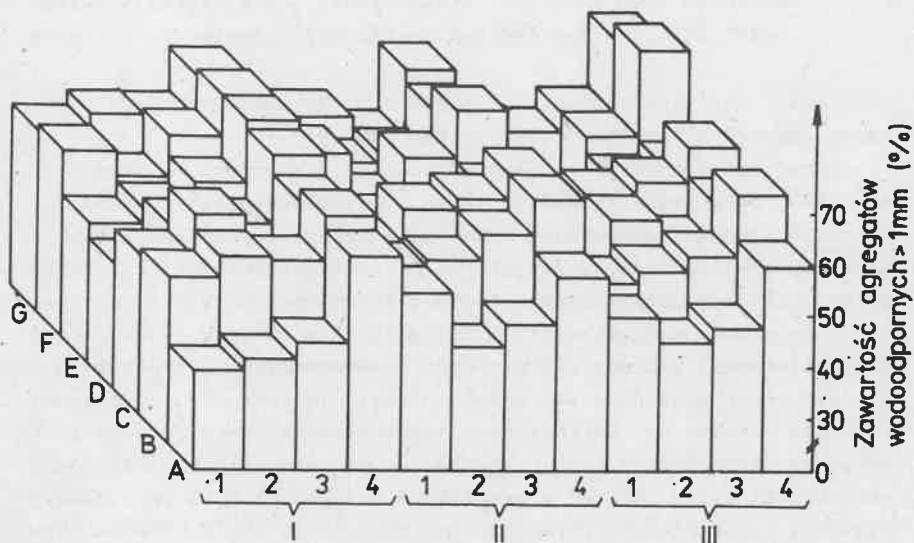
Po wprowadzeniu badanych środków do gleby nastąpiła zmiana nie tylko w agregacji gleby, ale również w odporności agregatów na niszczące działanie wody. Stwierdzono, że istnieje wyraźna zależność pomiędzy tymi cechami zarówno w glebie piaszczystej ($r=0,932$), jak i gliniastej ($r=0,745$) (tab. 27). Zawartość agregatów wodoodpornych większych od 1 mm była różna w obydwu glebach i wahała się w glebie lekkiej od 6,6 do 22,6%, a w glebie ciężkiej od 39,5 do 69,4% w zależności od środka, sposobu nawożenia oraz lat badań (rys. 5 i 6, tab. 9).

Podobnie, jak w przypadku agregacji, również wodoodporność agregatów gleby lekkiej podlegała istotnie korzystnym zmianom w obiektach z Solakrolem i obornikiem. Nieznacznie niższe efekty uzyskano pod wpływem nawożenia osadem ściekowym oraz gnojowicą agregowaną (rys. 7). Natomiast nawożenie granulatami keratyno-koro-mocznikowymi nie dorównywało żadnemu ze wspomnianych środków, chociaż i tutaj średnia zawartość agregatów wodoodpornych była istotnie wyższa w porównaniu do obiektu kontrolnego NPK niezależnie od lat badań i sposobów nawożenia. Korzystne działanie polimeru oraz osadu, a także obornika najwyraźniej uwidoczniło się w pierwszym roku badań, i to przy zastosowaniu ich wg sposobu I (rys. 5 i 7). W kolejnych latach efekt ten zanikał, tak że pomiędzy latami badań nie stwierdzono różnic istotnych.

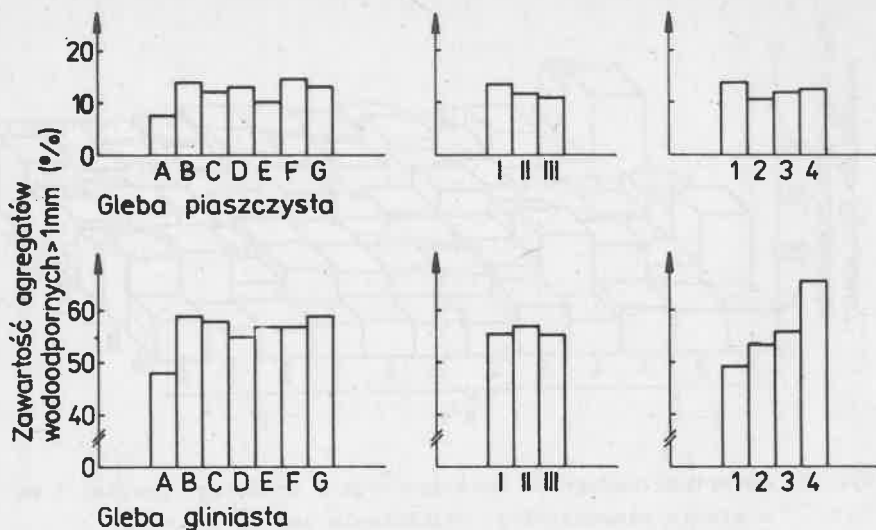
W glebie gliniastej zawartość agregatów wodoodpornych ulegała większym wahaniom (rys. 6). Wszystkie porównywane środki użyźniające poprawiały trwałość tej gleby w porównaniu do nawożenia NPK. Brak jest natomiast zróżnicowania istotnego w trwałości struktury w zależności od zastosowanych sposobów nawożenia (rys. 7, tab. 9). Wyniki wskazują ponadto na wzrastającą skuteczność tych środków w kolejnych latach badań, szczególnie w glebie, gdzie wprowadzono poliakryloamid (Solakrol) i osad ściekowy. Wyraźny wpływ na tę cechę gleby gliniastej wywierały warunki klimatyczne, takie same bowiem tendencje wzrostu trwałości struktury obserwowano w obiekcie kontrolnym NPK w kolejnych latach badań. Wyjątek stanowi tutaj gleba z dodatkiem granulatu, gdzie w ostatnim roku badań wystąpił znaczny spadek trwałości agregatów glebowych, także w porównaniu do obiektu nawożonego tylko NPK. Jedną z przyczyn tak mało efektywnego oddziaływania granulatu na wodoodporność struktury może być jego zakwaszające działanie i zmiana stopnia wysycenia



Rys. 5. Zawartość agregatów wodoodpornych o średnicy powyżej 1 mm w glebie piaszczystej. Objaśnienia jak na rys. 2



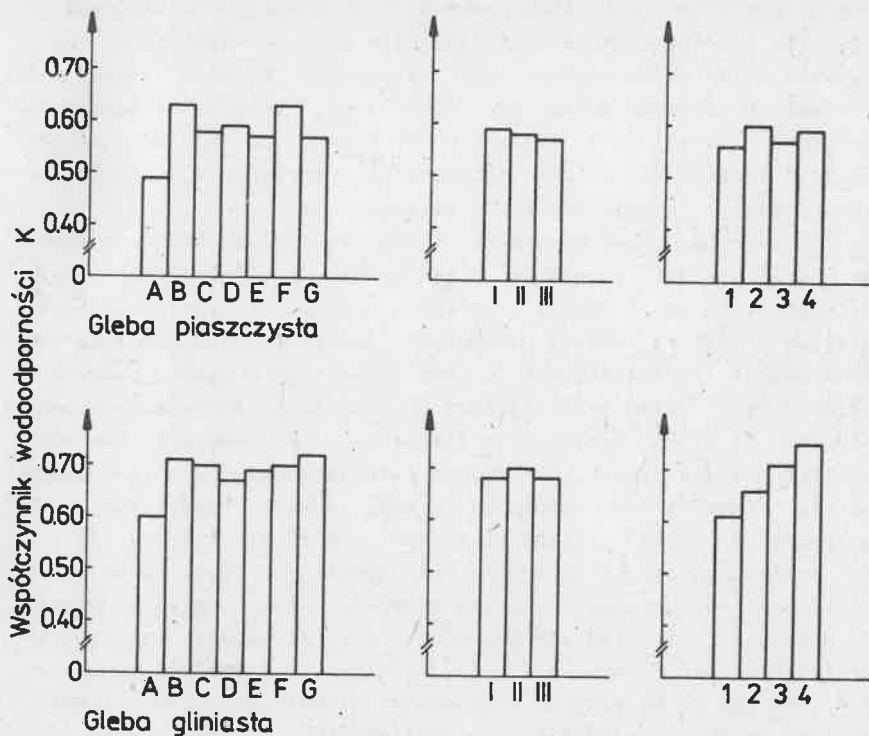
Rys. 6. Zawartość agregatów wodoodpornych o średnicy powyżej 1 mm w glebie gliniastej. Objaśnienia jak na rys. 2



Rys. 7. Wartości średnie zawartości agregatów wodoodpornych większych od 1 mm w glebie piaszczystej i gliniastej w zależności od czynników doświadczenia. Objasnienia jak na rys.2

kompleksu sorpcyjnego gleby, co zostało stwierdzone we wcześniejszych badaniach Dechnika i Dębickiego (38, 41).

Przebieg wartości współczynnika wodoodporności K (rys. 8, tab. 10) potwierdza tendencje zmian w strukturze gleby przedstawione za pomocą procentowej zawartości agregatów wodoodpornych o średnicy powyżej 1 mm, z wyjątkiem analizy trwałości struktury gleby lekkiej w latach badań. Średnie wartości procentowej zawartości agregatów wodoodpornych w tej glebie w drugim roku badań były najniższe, podczas gdy wartości współczynnika wodoodporności K - najwyższe spośród 4 lat badań. Drugą, istotną uwagę stanowi fakt, iż różnice w wartościach współczynnika wodoodporności K pomiędzy glebą piaszczystą i gliniastą są niewielkie. Zawierają się one dla gleby lekkiej w przedziale od 0,43 do 0,76, a w glebie ciężkiej w przedziale zbliżonym, tj. od 0,50 do 0,78 (tab. 10). Wartości te sugerowałyby więc, że struktura tych gleb nie różni się istotnie lub że charakteryzuje się zbliżoną trwałością, co jest niezgodne z rzeczywistością.



Rys. 8. Kształtowanie się współczynnika wodoodporności K w glebie piaszczystej i gliniastej w zależności od wprowadzonych środków użyźniających. Objaśnienia jak na rys. 2

Ocena wodoodporności struktury na podstawie liczbowego wskaźnika agregacji na mokro LWAm (tab. 12) oraz współczynnika wodoodporności WW (tab. 13) doprowadza, w niektórych przypadkach, do odmiennych wniosków, niż ocena dokonana na podstawie wartości procentowej zawartości agregatów, czy też współczynnika wodoodporności K. Okazuje się bowiem, że wg wartości tych pierwszych wskaźników, działanie badanych środków w glebie lekkiej było nieistotne w porównaniu do obiektu kontrolnego NPK i w poszczególnych latach badań. Niemniej jednak wskaźniki LWAm i WW wierniej odzwierciedlają różnice pomiędzy samymi glebami. Można więc przyjąć, że nie każdy wskaźnik jest odpowiedni do oceny struktury

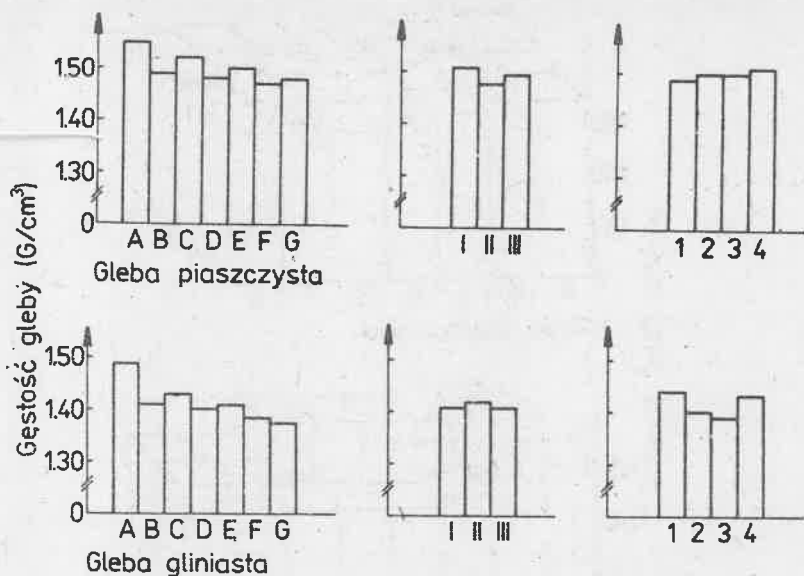
różnych gleb lub efektu strukturotwórczego środków użyźniających. W świetle przedstawionych wyników wydaje się, że najbardziej wiarygodnej oceny zmian w strukturze gleby można dokonać jednak na podstawie prostszych wskaźników, jakimi są: zawartość agregatów glebowych o określonych wymiarach w stanie powietrznie suchym lub po przesianiu na mokro; jak chociażby przyjęte w przedstawionych badaniach frakcje agregatów powyżej 1 mm.

Podsumowując ocenę działania strukturotwórczego badanych środków użyźniających w glebie piaszczystej i gliniastej należy stwierdzić, że jeśli chodzi o agregację gleby, to było ono korzystniejsze w glebie lekkiej. Natomiast, jeśli rozpatrujemy trwałość struktury, to korzystniejsze zmiany zachodziły w glebie ciężkiej. Wielkość tych zmian była zależna od środka, a także sposobu jego wnoszenia do gleby. Wynika to z faktu, że już niewielki dodatek materiałów organicznych lub środka strukturotwórczego do gleby lekkiej prowadzi do istotnej poprawy przede wszystkim jej agregacji. Natomiast w glebie o wyższej zawartości cząstek pylastych i ilastych, gdzie naturalny stan zgrużlenia jest lepszy niż w glebie lekkiej, następuje poprawa trwałości agregatów, tj. wzrost ich odporności na niszczące działanie wody. Występuje wzmocnienie istniejących już wiązań pomiędzy cząstkami pierwotnymi w agregatach, tak jak ma to miejsce w przypadku dodania do gleby polimeru, bądź też zwiększenie udziału w tych wiązaniach materii organicznej. Zostało to szczegółowo przedstawione w pierwszej części tej pracy oraz na rys. 1. Wyjaśnienie i potwierdzenie mechanizmów działania tych środków znajdujemy również w innych pracach (32, 43, 82, 90).

6.1.2. Właściwości wodno-fizyczne gleby

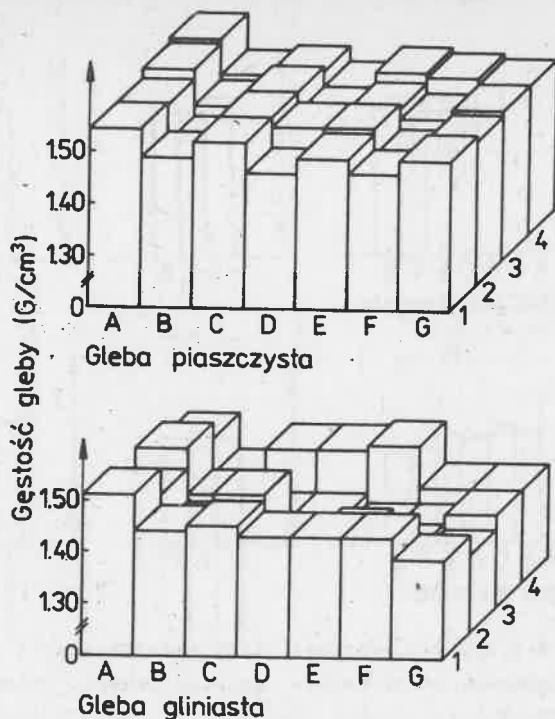
Zróznicowanie badanych środków użyźniających wpłynęło istotnie na zmiany podstawowych własności hydrofizycznych gleb, to jest gęstości, wilgotności aktualnej i pojemności wodnej maksymalnej (rys. 9-12, tab. 14-16)..

Dodatek materiałów organicznych oraz Solakrolu, zmieniając stan agregatowy gleby istotnie obniżał ich gęstość, co obserwowano niezależnie od sposobu nawożenia tymi środkami. Brak jest bowiem różnic istotnych w zależności od wielkości dawek środków w obydwu glebach (rys. 9, tab. 14).



Rys. 9. Wartości średnie gęstości gleby piaszczystej i gliniastej w zależności od czynników doświadczenia. Objaśnienia jak na rys. 2

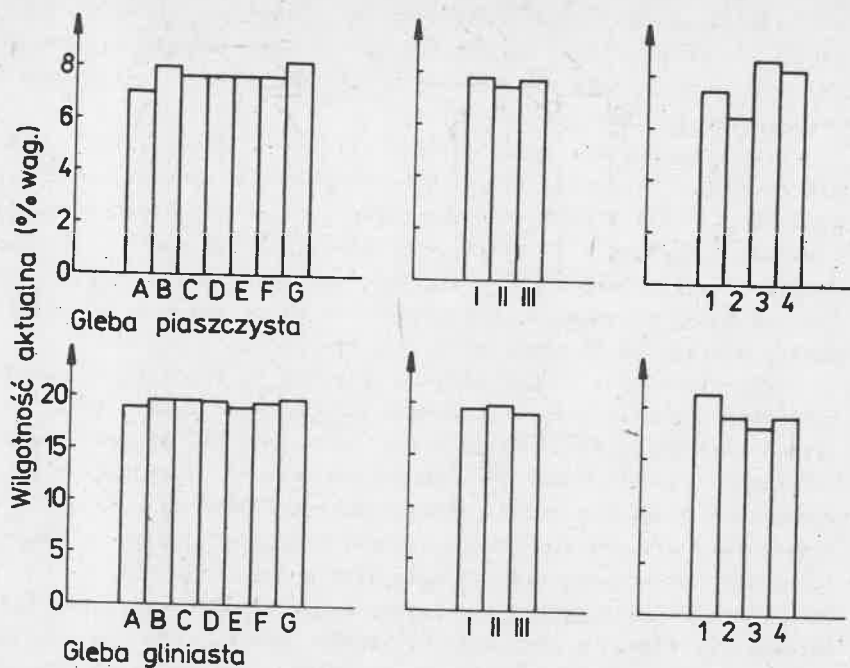
Gęstość gleby piaszczystej w obiekcie kontrolnym utrzymywała się na wysokim poziomie ($1,54-1,57 \text{ G/cm}^3$) przez 4 lata uprawy żyta w monokulturze. Nieznacznie malała przy nawożeniu gnojowicą płynną i granulatami keratyno-koro-mocznikowymi. Brak wysokich korzystnych zmian właściwości fizycznych przy nawożeniu gnojowicą płynną jest potwierdzeniem obserwacji dokonanych także przez innych autorów (41, 105, 106, 120). Natomiast granulat był wnoszony do gleby w ilości 4 t/ha przy dawce najwyższej (sposób I), więc jego działanie na tę cechę gleby nie mogło być tak skuteczne, jak oddziaływanie obornika lub osadu ściekowego, których dodawano od 20 do 60 t/ha, czy też gnojowicy agregowanej wnoszonej w ilości 5-15 t/ha. Należy jednak zaznaczyć, że w drugim i trzecim roku badań działanie granulatów na gęstość gleby było korzystne w porównaniu do obiektu kontrolnego NPK. Działanie gnojowicy agregowanej było bardzo zbliżone do działania obornika, pomimo że była ona wnoszona w znacznie mniejszych ilościach. Największe rozluźnienie



Rys. 10. Kształtowanie się gęstości gleby piaszczystej i gliniastej w zależności od wprowadzonych środków użyźniających w poszczególnych latach badań. Objasnienia jak na rys. 2

gleby stwierdzono jednak w obiektach z poliakryloamidem, osadem ściekowym oraz obornikiem. Efekty te obserwowano do końca doświadczeń, co wskazuje na wyraźne działanie następcze tych środków na analizowaną cechę gleby.

W glebie gliniastej znaczny wpływ na kształtowanie się gęstości wywierały także warunki klimatyczne, szczególnie w czwartym roku badań (rys. 10). W kombinacji z gnojowicą płynną, gnojowicą agregowaną oraz granulatem gęstość gleby była zbliżona do gęstości gleby z obiektu kontrolnego NPK. Natomiast istotne obniżenie gęstości stwierdzono po wprowadzeniu obornika, Solakrolu oraz osadu ściekowego. Efekt ten utrzymywał się przez 4 lata badań, tak jak w glebie lekkiej. Nawożenie gnojowicą agregowaną skutecznie obniżało gęstość gleby ciężkiej przez 3 kolejne lata badań, po wprowadzeniu



Rys. 11. Wilgotność aktualna gleby piaszczystej i gliniastej w zależności od czynników doświadczenia. Objaśnienia jak na rys. 2

tego nawozu do gleby. Widoczny wzrost gęstości w czwartym roku, pomimo opisanej wcześniej lepszej agregacji gleby, może być wynikiem zagęszczającego działania wody, gdyż rok ten był najwilgotniejszy w porównaniu do pozostałych lat badań.

Badane gleby charakteryzowały się zróżnicowaną wilgotnością aktualną oraz pojemnością wodną maksymalną (rys. 11, 12; tab. 15, 16).

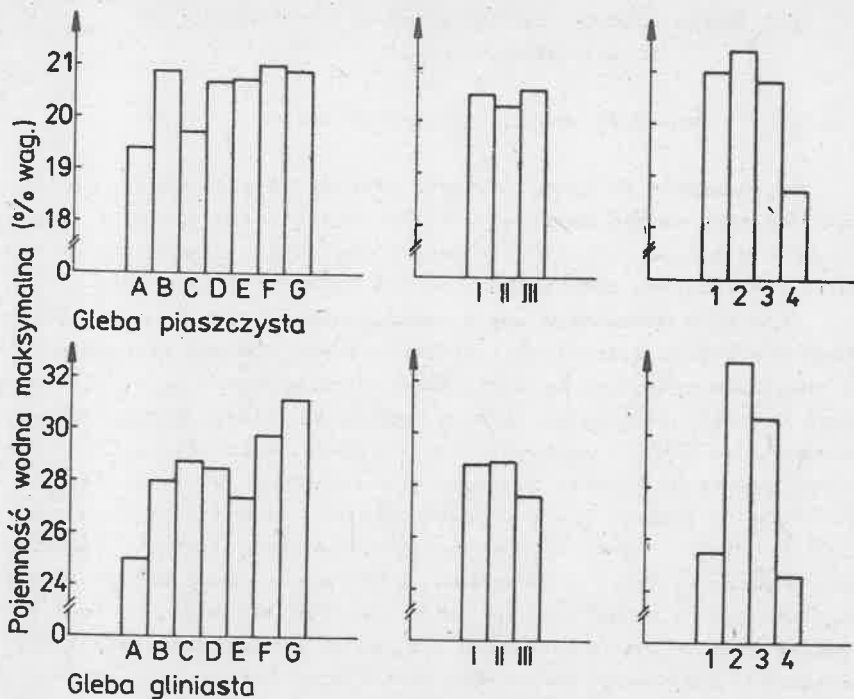
W glebie lekkiej wartości średnie wilgotności aktualnej zawierały się w przedziale 5,6–10,7 % wag., natomiast w glebie ciężkiej od 15,0 do 25,7 % wag., w zależności od czynników doświadczenia. Analiza statystyczna wykazała występowanie istotnych związków pomiędzy tą cechą gleby a wprowadzonymi środkami i ich dawkami w poszczególnych latach badań. Nawożenie środkami użyźniającymi

istotnie zwiększało wilgotność aktualną w obydwu glebach w porównaniu do obiektu kontrolnego NPK, przy czym jedynie w przypadku osadu ściekowego była ona również istotnie wyższa w porównaniu do pozostałych środków nawozowych.

Działanie środków było istotnie zależne od sposobu ich wnoszenia do gleby. W glebie lekkiej korzystniejsze efekty uzyskano przy sposobie I i III w porównaniu do sposobu II, natomiast w glebie ciężkiej - sposoby I i II były efektywniejsze niż sposób III. Najśłabsze efekty stwierdzono w glebie ciężkiej z dodatkiem granulatu. Również mniej skutecznie, niż wynikałoby to ze zmian w strukturze gleby, wpływał na tę cechę gleby Solakrol.

Badane środki w różnym stopniu wpływały korzystnie na zawartość wody w glebie w poszczególnych latach badań (rys. 11). Najwyższe wartości średnie wilgotności aktualnej w glebie lekkiej uzyskano w trzecim roku, chociaż był to rok z mniejszą ilością opadów, niż drugi rok badań. Również wyższą zawartość wody w glebie stwierdzano w pierwszym roku badań niż w drugim, pomimo że charakteryzował się on najniższą ilością opadów (rys. 11, tab. 6). Przebieg wilgotności w glebie gliniastej w poszczególnych latach badań układał się różnie w porównaniu do gleby lekkiej. Najwyższe wartości wilgotności uzyskano w pierwszym roku, następnie malały one mimo wyższych opadów atmosferycznych w kolejnych latach badań. Natomiast w czwartym roku wartości te były już zależne od warunków klimatycznych. Taki układ wartości wilgotności w glebie ciężkiej sugeruje, że z upływem lat maleje jej zdolność do zatrzymywania wody w obiektach nawożonych różnymi środkami, podczas gdy w glebie lekkiej zaznaczył się wyraźny wpływ tych środków na wilgotność aktualną do końca okresu badań.

Zastosowane środki również istotnie zmieniały pojemność wodną maksymalną badanych gleb (rys. 12, tab. 16). Analiza statystyczna wyników wskazuje, że wszystkie środki, z wyjątkiem gnojowicy płynnej, zwiększają pojemność wodną gleb, niezależnie od sposobów nawożenia i lat badań. Sposoby nawożenia również istotnie oddziaływały na tę cechę gleb, przy czym stosując sposób I - jedynie obornik istotnie poprawiał pojemność wodną tych gleb, przy sposobie II - obornik i Solakrol. Natomiast we wszystkich pozostałych przypadkach obserwowano jedynie niewielkie korzystne zmiany tej cechy gleby, nie potwierdzone jednak statystycznie (tab. 16).



Rys. 12. Maksymalna pojemność wodna gleby piaszczystej i gliniastej, nawożonych różnymi środkami nawozowymi. Objaśnienia jak na rys. 2

W glebie ciężkiej najskuteczniej oddziaływały osad ściekowy i Solakrol, a znacznie niższe wartości pojemności wodnej maksymalnej uzyskano w obiektach nawożonych obornikiem. Wartości te były w tym przypadku nawet niższe w porównaniu do gleb nawożonych gnojowicą płynną i flokulowaną. Najniższe wartości pojemności wodnej maksymalnej uzyskano w glebach nawożonych granulatem keratyno-koromocznikowym w porównaniu do pozostałych środków nawozowych.

Badania wykazały również, że najwyższą pojemnością wodną charakteryzowały się gleby w drugim roku badań, najniższą zaś w czwartym roku. Wskazywałoby to więc na brak następczego oddziaływania badanych środków użyźniających na tę cechę gleby piaszczystej i gliniastej (rys. 12).

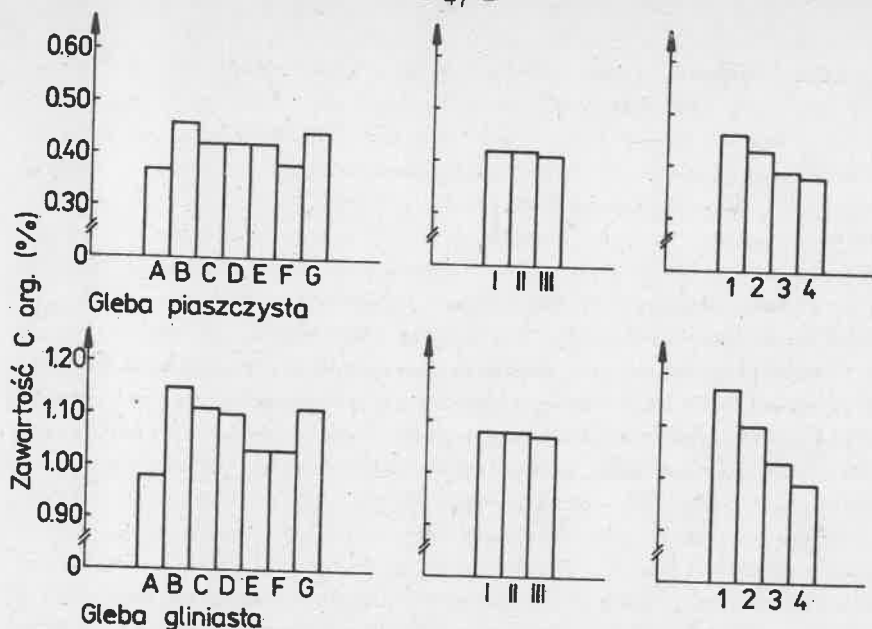
6.2 Wpływ środków użyźniających na właściwości fizykochemiczne gleb

6.2.1. Zawartość węgla organicznego ogółem

Wprowadzenie do gleby badanych środków użyźniających spowodowało wyraźny wzrost zawartości węgla organicznego ogółem w obydwu glebach w stosunku do obiektu kontrolnego NPK niezależnie od sposobu wprowadzania materiałów oraz lat badań (rys. 13, tab. 17):

Najwyższą akumulację węgla organicznego stwierdzono na poletkach nawożonych obornikiem i osadem ściekowym, a najniższą w glebie z dodatkiem granulatu keratyno-koro-mocznikowego i Solakrolu, przy czym i tutaj obserwowano istotny wzrost zawartości C org. ogółem w stosunku do gleby z nawożeniem mineralnym. Zawartość węgla organicznego systematycznie obniżała się z upływem lat badań zarówno w obiekcie kontrolnym NPK w obydwu glebach, gdzie straty wynosiły 0,01-0,03% (tj. około 2-3% całkowitej zawartości materii organicznej w glebie), jak i w obiektach, gdzie zastosowano badane środki użyźniające. W czwartym roku badań zawartość C org. ogółem była jednak jeszcze istotnie wyższa tam, gdzie wprowadzano środki użyźniające w porównaniu do obiektu kontrolnego NPK, i to zarówno w stosunku do stanu wyjściowego, jak i końcowego, szczególnie w glebie lekkiej. Rozpatrując poszczególne sezony wegetacyjne żyta można także stwierdzić, że wzrost temperatury powietrza oraz przesuszenie gleby powoduje szybszy przyrost materii organicznej, a obfite deszcze i spadek temperatury - jego obniżenie. Potwierdziła to szczegółowa analiza dynamiki zmian zawartości C org., która została przedstawiona w innej pracy (53).

Sposoby wnoszenia materiałów organicznych do gleby (dawki) oddziaływały również istotnie na zawartość C org. w glebie (rys.13), co jest potwierdzeniem wyników uzyskanych przez innych badaczy (27, 41, 63, 107, 110, 133, 136, 179). Nieznacznie wyższą akumulację węgla organicznego stwierdzono przy zastosowaniu wyższych dawek materiałów organicznych w okresie 4 lat badań, tzn. przy zastosowaniu ich wg sposobu I. Wyjątek stanowi tutaj oddziaływanie granulatu keratynowo-koro-mocznikowego w obydwu glebach, gdzie istotnie wyższy wzrost zawartości węgla organicznego wystąpił przy zastosowaniu go wg sposobu II lub III, tj. w dawkach dzielonych,



Rys. 13. Kształtowanie się zawartości węgla organicznego ogółem w glebie piaszczystej i gliniastej w zależności od czynników doświadczenia. Objaśnienia jak na rys. 2

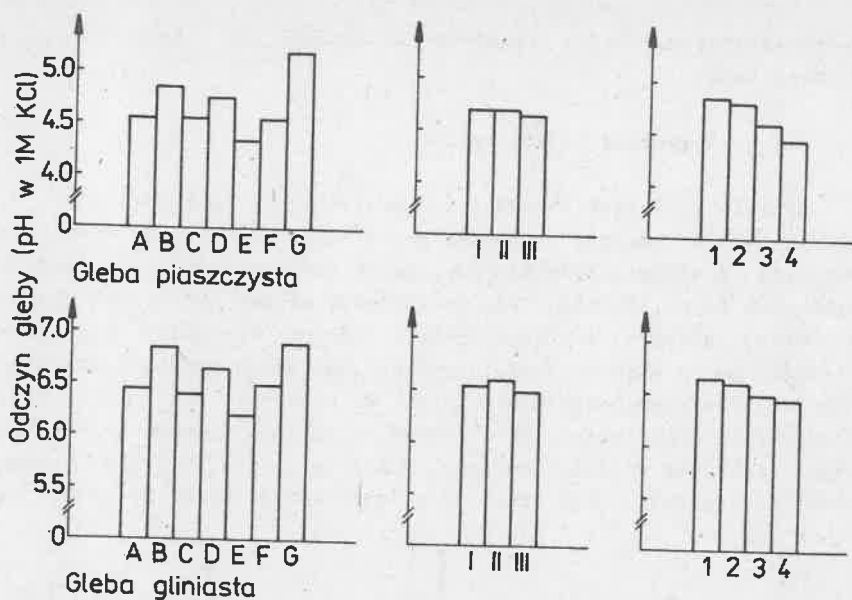
lecz zastosowanych dwu- lub trzykrotnie w okresie doświadczenia. W każdym przypadku jednak wzrost C org. był istotny w porównaniu do nawożenia mineralnego NPK. Badania nie wykazały istotnego zróżnicowania w zawartości C org. pod wpływem nawożenia różnymi postaciami gnojowicy bydlęcej, tzn. gnojowicy płynnej i flokulowanej (agregowanej). Ich działanie było nieznacznie słabsze niż obornika i osadu ściekowego, ale korzystniejsze od działania pozostałych środków organicznych, jak również obiektu kontrolnego NPK. Wykazano także ich następcze działanie, szczególnie w glebie ciężkiej, przy czym korzystniej wpływała na tę cechę gleby gnojowica agregowana.

Dodatnie działanie obornika, jak również osadu ściekowego i gnojowicy na przyrost zawartości węgla organicznego w różnych glebach zostało już wielokrotnie stwierdzone przez innych badaczy, np. w przypadku obornika - przez Kłossowskiego i in. (99), Kuduka (110), Kuszelewskiego i in. (113), Myśkowa (132, 133). Podobnie

badania Borowca i in. (14), Koca (100), Kowalińskiego i in. (105-107), Maćkowiaka (120) oraz Mazura i in. (122-127) udowodniły istotny wpływ gnojowicy, jako cennego nawozu organicznego, na kształtowanie się zawartości węgla organicznego w glebach. Osady ściekowe, jak wykazały dotychczasowe badania m.in. Czyżyka (27), Dechnika i in. (42), Flis-Bujak i in. (68, 69), Kutery (114) oraz Roszyka i in. (143, 146, 147), odgrywają istotną rolę w odbudowaniu zapasu materii organicznej w glebach uprawnych przy ich właściwym wykorzystaniu. Natomiast stwierdzony w wieloletnich ścisłych doświadczeniach polowych dodatni wpływ granulatu keratyno-koro-mocznikowego oraz gnojowicy flokulowanej na zawartość węgla organicznego w glebie może mieć pewne znaczenie praktyczne, dotychczas bowiem brak było jednoznacznej oceny wpływu tak przetworzonych materiałów organicznych na podstawowe własności gleby. Interesujące jest również działanie poliakryloamidu (Solakrol), tak w glebie lekkiej, jak i ciężkiej. Badania wskazują, że jego zastosowanie nie powoduje obniżenia poziomu zawartości węgla organicznego w glebie, co przy wysoce dodatnim wpływie na stan fizyczny gleby może zapewnić korzystne warunki do wzrostu i rozwoju roślin uprawnych. Takie wyniki znajdujemy także w literaturze przedmiotu z badań prowadzonych w wielu krajach (30, 46, 83, 141, 144, 151, 164, 165, 176).

6.2.2. Odczyn gleby

Analiza danych zamieszczonych na rys. 14 i w tab. 18 wskazuje, że zastosowanie nawozów i materiałów organicznych, szczególnie osadu ściekowego, spowodowało istotną zmianę odczynu gleb w porównaniu do obiektu kontrolnego NPK: w glebie lekkiej - z bardzo kwaśnego i kwaśnego w kierunku odczynu kwaśnego lub lekko kwaśnego, a w glebie ciężkiej - z lekko kwaśnego w kierunku obojętnego. W przypadku nawożenia osadem ściekowym wzrost ten wynosił 0,6 jednostki pH w glebie lekkiej i 0,4 jednostki w glebie ciężkiej, niezależnie od sposobu nawożenia i lat badań. Przeprowadzone badania wskazują na wyraźne zakwaszające działanie granulatu keratyno-koro-mocznikowego, również niezależnie od lat badań. To zakwaszające działanie granulatu w obydwu glebach jest zrozumiałe, substraty bowiem użyte do jego wytworzenia, a więc kora, pierze



Rys. 14. Kształtowanie się odczynu gleby piaszczystej i gliniastej w zależności od nawożenia różnymi środkami użyźniającymi. Objaśnienia jak na rys. 2

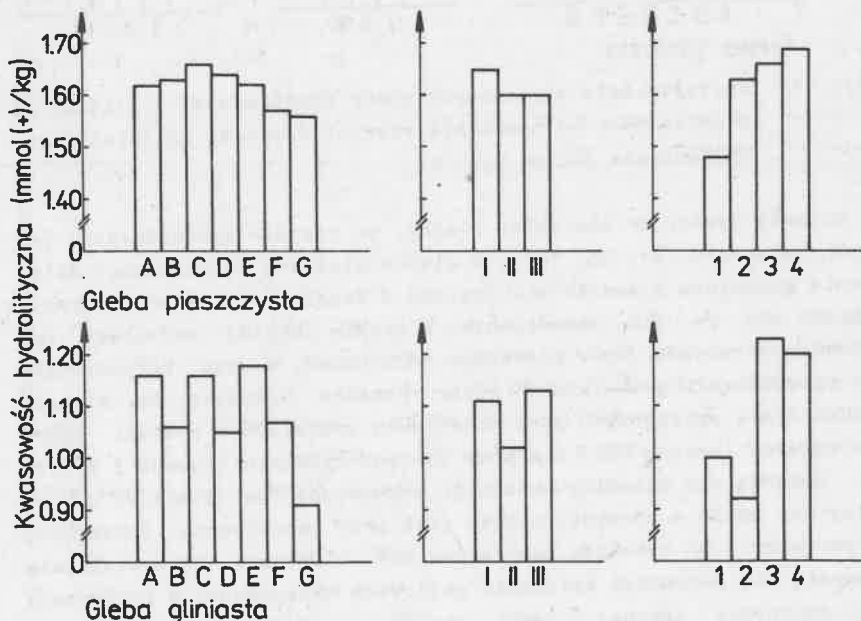
1 mocznik wykazują charakter kwaśny, co zostało stwierdzone w innych badaniach (41, 55, 183). W glebie ciężkiej zakwaszające działanie granulatu ujawniło się dopiero w drugim roku badań i utrzymywało się do ich zakończenia. W glebie lekkiej natomiast ten efekt obserwowano już w pierwszym roku badań, a więc bezpośrednio po wprowadzeniu granulatu do gleby. Ponadto wykazano, że większe zakwaszenie występowało przy stosowaniu granulatu w postaci dawek mniejszych (sposób III) niż przy dawkach wyższych (sposób I i II).

Badania nie ujawniły istotnego zakwaszającego działania gnojowicy ani zmian w odczynie obydwu gleb przy stosowaniu Solakrolu, w porównaniu do obiektów nawożonych NPK. Znacznie korzystniejsze okazało się natomiast działanie gnojowicy agregowanej w porównaniu do gnojowicy płynnej. Jeśli chodzi o podzielenie badanych materiałów na dawki (sposoby nawożenia), to jedynie w przypadku wysokich dawek obornika i osadu ściekowego wykazano ich istotnie korzystniejszy wpływ na odczyn obydwu gleb w porównaniu do dawek

uzupełniających, które wnoszono w drugim lub trzecim roku doświadczenia.

6.2.3. Kwasowość hydrolityczna

Wyniki dotyczące kwasowości hydrolitycznej potwierdzają w pewnym stopniu zmiany zachodzące w glebach pod wpływem nawożenia badanymi środkami użyźniającymi, jakie zaobserwowano w odczynie tych gleb (rys. 15, tab. 19). Stwierdzono wzrost kwasowości hydrolitycznej gleby w tych obiektach, w których nastąpiło obniżenie wartości pH, a więc w glebie nawożonej gnojowicą płynną i granulatem keratyno-koro-mocznikowym oraz w obiekcie kontrolnym NPK, szczególnie w porównaniu do obiektów nawożonych osadami ściekowymi oraz Solakrolem w glebie lekkiej. Znacznie wyższe zmiany w kwasowości następowały przy częstszym stosowaniu tych środków, co

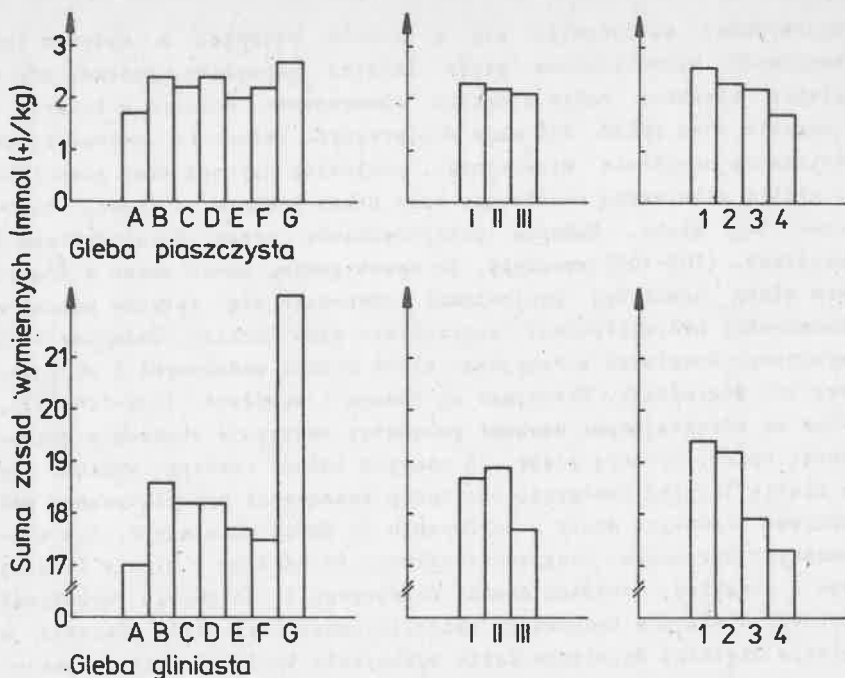


Rys. 15. Kwasowość hydrolityczna gleby piaszczystej i gliniastej nawożonej różnymi środkami użyźniającymi. Objaśnienia jak na rys. 2

najbardziej uwidoczniło się w glebie ciężkiej. Z upływem lat kwasowość hydrolityczna gleby lekkiej wzrastała, podczas gdy w glebie ciężkiej takie zjawisko obserwowano dopiero w trzecim i czwartym roku badań. Tak więc w pierwszych latach to zakwaszające działanie nawożenia mineralnego, gnojowicy płynnej oraz granulatu w glebie gliniastej niwelowane było przez większe zdolności buforowe tej gleby. Badania przeprowadzone przez Kowalińskiego i współaut. (105-107) wykazały, że nawet pomimo braku zmian w odczynie gleby nawożonej gnojowicami obserwuje się istotne zmiany w kwasowości hydrolitycznej, szczególnie gleb lekkich. Świadczy to o wysyceniu kompleksu sorpcyjnego gleby jonami wodorowymi i stopniowej ich degradacji. Natomiast wg Mazura i współaut. (122-124,127), wraz ze wzrastającymi dawkami gnojowicy następuje obniżenie kwasowości hydrolitycznej gleby. Z naszych badań również wynika, że w glebie lekkiej następuje obniżenie kwasowości hydrolitycznej pod wpływem większych dawek w porównaniu do dawek mniejszych, ale stosowanych corocznie. Podkreślić należy, że zarówno w glebie lekkiej, jak i ciężkiej, dodatek osadu ściekowego i Solakrolu wywoływał istotne obniżenie kwasowości hydrolitycznej (rys. 15). Ponadto w glebie ciężkiej działanie takie wykazywały także obornik i gnojowica agregowana.

6.2.4. Suma zasad wymiennych

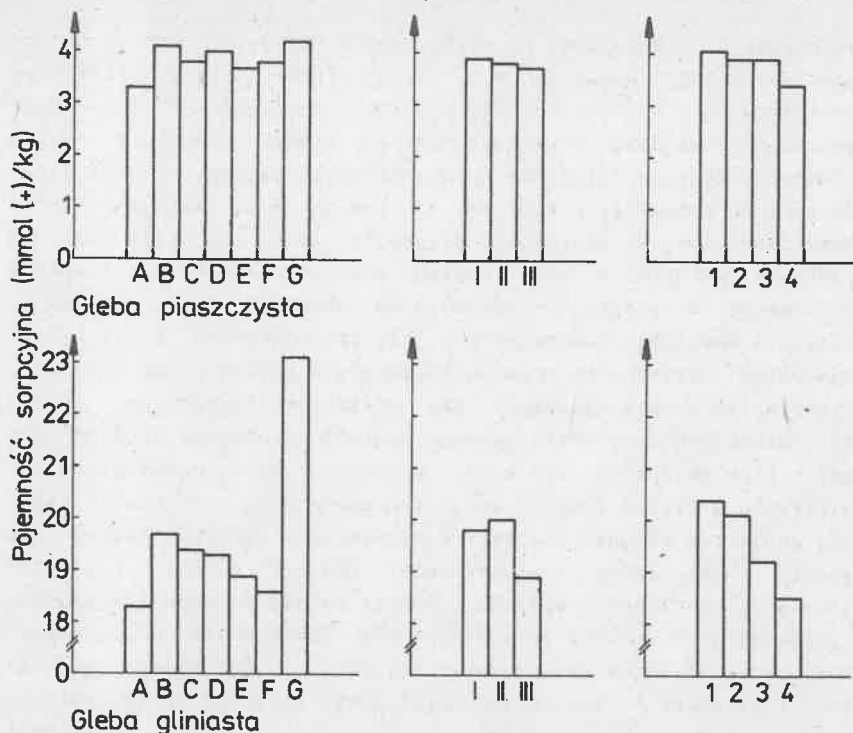
Zastosowanie badanych środków użyźniających miało istotny wpływ na kształtowanie się sumy zasad wymiennych, której wartości średnie w glebie lekkiej wahały się od 1,57 do 2,64 mmol(+)/1 kg, a w glebie ciężkiej od 16,95 do 22,25 mmol(+)/1 kg gleby (rys. 16, tab. 20). We wszystkich obiektach, gdzie wprowadzano nawozy organiczne lub organiczne materiały odpadowe, obserwowano istotny wzrost sumy zasad wymiennych w porównaniu do obiektu z nawożeniem mineralnym NPK w obydwu glebach. Najwyższy wzrost stwierdzono w glebie nawożonej osadem ściekowym, a także obornikiem. Pomimo stałego obniżania się poziomu zasad wymiennych w glebie z upływem lat doświadczenia, jednak tam, gdzie wprowadzano środki użyźniające był on w ostatnim roku badań istotnie wyższy niż w obiekcie z nawożeniem mineralnym, i to zarówno w porównaniu do stanu wyjściowego w pierwszym roku badań, jak i końcowego - w roku czwartym.



Rys. 16. Wartości średnie sumy zasad wymiennych w glebie piaszczystej i gliniastej nawożonej różnymi środkami nawozowymi. Objasnienia jak na rys. 2

Różnice pomiędzy pierwszym i czwartym rokiem badań w obiekcie kontrolnym NPK w obydwu glebach były zbliżone i wynosiły około 0,7 mmol (+)/1 kg gleby. Wyższy poziom sumy zasad wymiennych w glebie z obiektów nawożonych środkami użyźniającymi w porównaniu do nawożenia NPK w ostatnim roku badań wskazuje na ich następczy wpływ na tę cechę gleby.

Porównanie działania różnych form gnojowicy bydlęcej sugeruje, że korzystniej na kształtowanie się sumy zasad wymiennych w glebie lekkiej działała gnojowica flokulowana, którą stosowano w dawkach dzielonych, w porównaniu do gnojowicy płynnej. Natomiast w glebie ciężkiej nie stwierdzono istotnego zróżnicowania tej cechy gleby w wyniku zastosowania gnojowic. Obserwowano jedynie korzystniejsze zmiany przy wnoszeniu obydwu postaci gnojowicy do gleby



Rys. 17. Kształtowanie się pojemności sorpcyjnej gleby piaszczystej i gliniastej pod wpływem nawożenia różnymi środkami nawozowymi. Objaśnienia jak na rys. 2

ciężkiej w dawkach mniejszych, zastosowanych dwukrotnie w okresie doświadczeń. Na wzrost sumy zasad wymiennych w glebie pod wpływem nawożenia różnymi materiałami organicznymi wskazują także inne badania (14, 84, 98, 99, 107, 124, 136, 143).

6.2.5. Pojemność sorpcyjna

Wraz ze wzrostem zawartości materii organicznej oraz sumy zasad wymiennych pod wpływem nawożenia różnymi środkami nawozowymi również istotnym zmianom podlegała pojemność sorpcyjna gleb w porównaniu do gleby z obiektów nawożonych tylko nawozami mineralnymi (rys. 17, tab. 21). Badania wykazały, że im wyższe dawki środków

organicznych wprowadzono do gleby, tym większy był wzrost pojemności sorpcyjnej. Wskazują na to także liczne dane z literatury przedmiotu (27, 41, 53, 63, 81, 99, 106, 110, 124, 133, 135). Najwyraźniej efekt dawek zaznaczył się w glebie nawożonej osadem ściekowym, którego działanie było najkorzystniejsze, również w porównaniu do pozostałych środków nawozowych. W ostatnim roku badań obserwowano spadek pojemności sorpcyjnej gleb, ale nadal gleby z dodatkiem materiałów organicznych charakteryzowały się wyższą pojemnością sorpcyjną w porównaniu do obiektu, gdzie stosowano wyłącznie nawożenie mineralne NPK. Należy podkreślić, że nawożenie granulatem keratyno-koro-mocznikowym miało istotnie korzystny i trwały wpływ na kształtowanie się pojemności sorpcyjnej obydwu gleb, niezależnie od zastosowanego sposobu nawożenia. Spośród badanych form gnojowicy bydlęcej korzystniej na tę cechę gleby oddziaływała w glebie lekkiej gnojowica agregowana, a w glebie ciężkiej gnojowica płynna, ale to zróżnicowanie w glebie ciężkiej nie zostało potwierdzone statystycznie. Dodatek polimeru również tylko w glebie lekkiej wpływał istotnie na jej pojemność sorpcyjną w porównaniu do obiektu kontrolnego NPK. Dlatego też należy podkreślić, że stwierdzone wcześniej korzystne zmiany innych właściwości fizycznych i fizykochemicznych gleby ciężkiej po wprowadzeniu polimeru, nie znalazły potwierdzenia przy analizie pojemności sorpcyjnej tej gleby (tab. 21).

6.3. Zawartość przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu w glebie

Wprowadzenie do gleby materiałów organicznych o zróżnicowanym składzie chemicznym (tab. 5) miało istotny wpływ na kształtowanie się zawartości przyswajalnych form podstawowych składników pokarmowych roślin w tych glebach (rys. 18-20, tab. 22-24).

Zawartość przyswajalnego fosforu, wg Egnera-Riehma, w glebie lekkiej wahała się w zakresie zawartości niskich i wynosiła od 3,1 do 4,7 mg P/100 g gleby, w zależności od środków, sposobów nawożenia oraz lat badań (rys. 18, tab. 22) (189). Najwyższy przyrost tej formy fosforu stwierdzono w obiektach nawożonych osadem ściekowym i obornikiem, chociaż inne środki, oprócz poliakryloamidu, także istotnie zwiększały jego zawartość w glebie. Podział dawki



Rys. 18. Zawartość fosforu przyswajalnego (wg Egnera-Riehma) w glebie piaszczystej i gliniastej nawożonej różnymi środkami nawozowymi. Objaśnienia jak na rys. 2

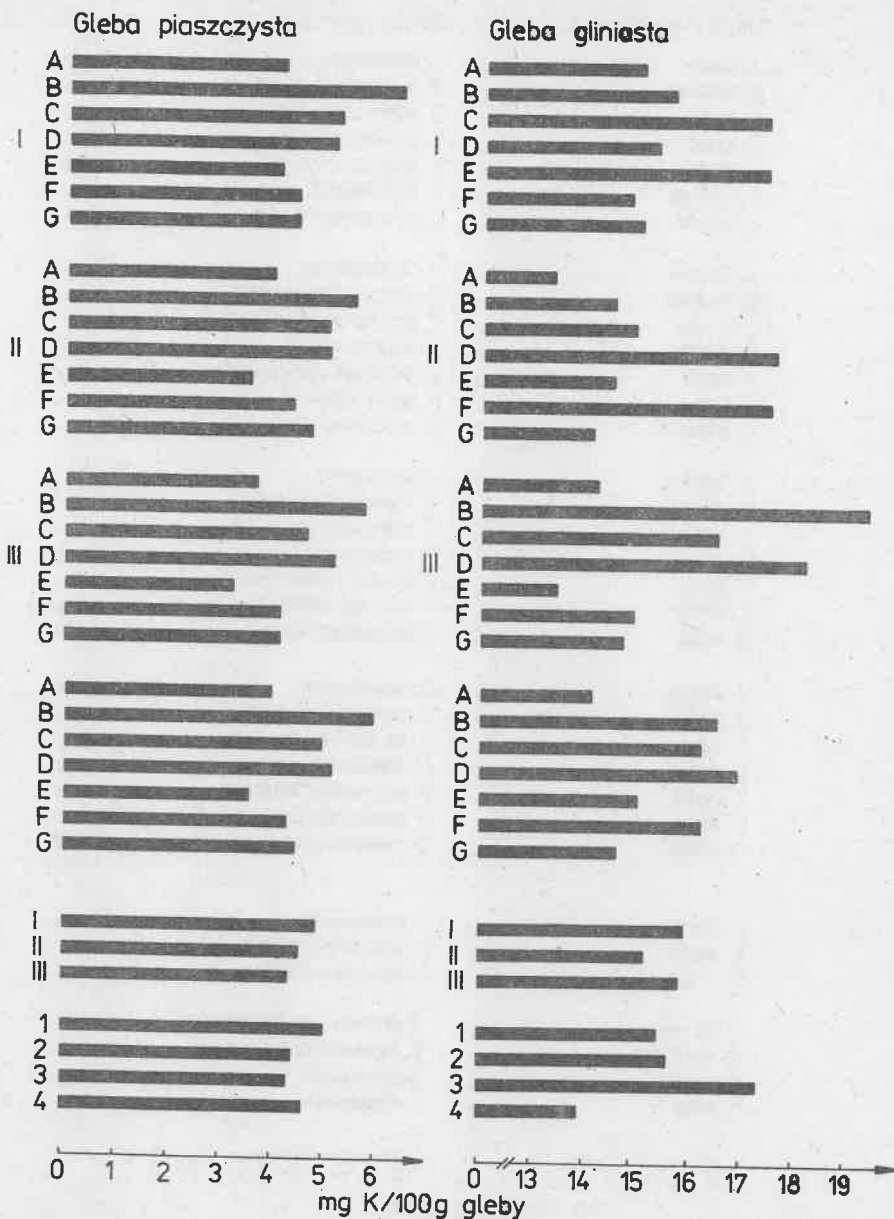
podstawowej obornika i osadu (60 t/ha) na dawki mniejsze i stosowanie ich w różnych latach nie wywierało tak istotnego wpływu na przebieg zawartości tego pierwiastka w glebie lekkiej, jak dawka najwyższa. Zawartość fosforu była wyższa w późniejszych latach doświadczenia, w porównaniu do roku pierwszego, ale taką tendencję obserwowano we wszystkich obiektach, w tym także w obiekcie kontrolnym NPK. Porównując następcze działanie badanych środków na zawartość przyswajalnego fosforu w glebie piaszczystej należy podkreślić, że było ono istotne we wszystkich obiektach, z wyjątkiem Solakrolu, w porównaniu do obiektu kontrolnego NPK (tab. 22).

W glebie gliniastej zawartość fosforu przyswajalnego przebiegała w zakresie zawartości średnich i bardzo wysokich (5,3-12,6 mg P/100 g gleby) (tab. 22). Bardzo wyraźny wzrost zawartości tej formy fosforu wystąpił pod wpływem nawożenia osadem ściekowym, obornikiem oraz gnojowicami: płynną i flokulowaną. Natomiast w obiekcie z granulatami keratyno-koro-mocznikowym stwierdzono istotny spadek jego zawartości, w porównaniu do gleby nawożonej NPK.

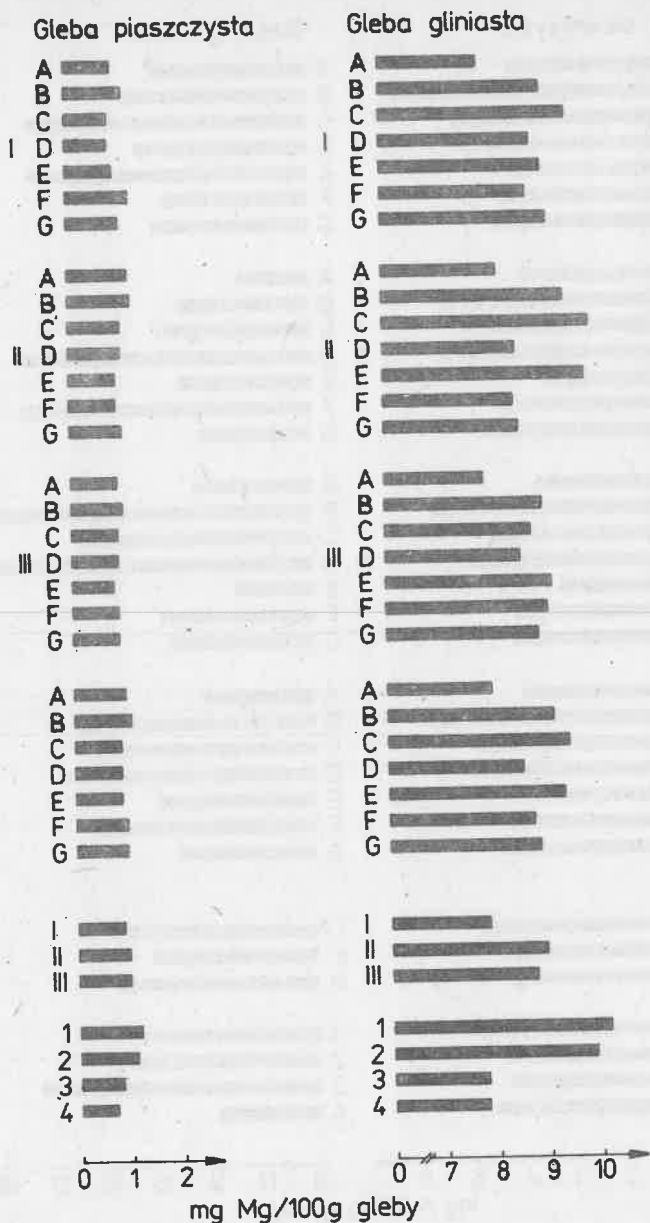
Zawartość fosforu kształtowała się różnie w poszczególnych latach badań i w zależności od sposobów nawożenia. Najwyższą jego zawartość stwierdzono, w obydwu glebach, w drugim roku badań. Najkorzystniejsze zmiany występowały przy wprowadzaniu środków do gleby wg sposobu I, tj. w dawkach dużych, zastosowanych jednorazowo.

Powyższe wyniki potwierdzają w pełni wnioski uzyskane przez innych autorów, jeśli chodzi o wpływ różnych materiałów organicznych na kształtowanie się zawartości fosforu przyswajalnego w glebach. Interesujące wyniki w tym zakresie przedstawili m.in. Kuszelewski (113), Łeginow (117), Myśków (132), a także Wenglikowska (178), w odniesieniu do wpływu obornika, na tle nawożenia mineralnego, na zawartość fosforu przyswajalnego w glebie; Kałembasa (93), Kowaliński (107), Maćkowiak (120) i Mazur (124) - w badaniach dotyczących działania gnojowicy na właściwości chemiczne gleby; Kuduk (110) i Nowak (135, 136) - w badaniach nad wpływem kory i innych materiałów na zawartość i pobieranie fosforu z gleb nawożonych tymi materiałami; Czyżyk (27) i Roszyk (143, 145) - w odniesieniu do osadów ściekowych, a także Dechnik (40) - przy nawożeniu gleb odpadami keratyno-celulozowymi.

Zmiany w zawartości potasu przyswajalnego (wg Egnera-Riehma) w obydwu glebach były także istotne i wahały się w zakresie wartości



Rys. 19. Zawartość potasu przyswajalnego (wg Egnera-Riehma) w glebie piaszczystej i gliniastej nawożonej różnymi środkami nawozowymi. Objaśnienia jak na rys. 2



Rys. 20. Zawartość magnezu przyswajalnego (wg Schachtschabela) w glebie piaszczystej i gliniastej nawożonej różnymi środkami nawozowymi. Objaśnienia jak na rys. 2

niskich w glebie lekkiej (3,2-6,4 mg K/100 g) oraz w zakresie wartości średnich w glebie ciężkiej (13,4-19,4 mg K/100 g gleby) (rys. 19, tab. 23).

Najkorzystniejsze zmiany w zawartości przyswajalnego potasu zachodziły pod wpływem nawożenia obornikiem i gnojowicami, przy czym gnojowica agregowana oddziaływała istotnie korzystniej niż gnojowica płynna. Działanie osadu ściekowego było nieistotne, natomiast wyraźne obniżenie zawartości potasu zanotowano pod wpływem nawożenia granulatem keratyno-koro-mocznikowym w obydwu glebach. Granulat zawiera niewielkie ilości potasu, został on bowiem dokładnie wypłukany w procesie technologicznym otrzymywania granulatu, a ponadto jego zakwaszające działanie powoduje, że potas jest dość łatwo rugowany z kompleksu sorpcyjnego zarówno gleby lekkiej, jak i ciężkiej. Porównując efekt działania środków przy zastosowaniu różnych sposobów nawożenia stwierdzono, że wyraźnie korzystniejsze zmiany w zawartości przyswajalnego potasu w glebie występują przy wnoszeniu ich wg sposobu I, a więc w postaci dawek dużych, zastosowanych na początku doświadczenia. Jedynie w glebie ciężkiej wprowadzanie badanych środków wg sposobu III dało takie same efekty jak zastosowanie sposobu I (rys. 19). Najwyższą zawartość potasu w glebie piaszczystej stwierdzono w pierwszym roku badań, a w glebie gliniastej - w trzecim roku, przy czym podobny przebieg zawartości potasu wykazywała gleba z obiektu kontrolnego NPK.

Zawartość przyswajalnego magnezu (wg Schachtschabela) wahała się w małym zakresie: od zawartości bardzo niskiej i niskiej w glebie lekkiej (0,7-1,2 mg Mg) do zawartości średniej i wysokiej w glebie ciężkiej (7,8-10,2 mg Mg/100 g gleby) (rys. 20, tab. 24), przyjmując do oceny zawartości magnezu kryteria obowiązujące w Stacjach Chemiczno-Rolniczych (189).

W obydwu glebach obserwowano znaczny spadek zawartości magnezu przyswajalnego z upływem lat, i to zarówno w obiektach nawożonych badanymi środkami użyźniającymi, jak i w obiekcie z nawożeniem mineralnym NPK. Obniżenie zawartości Mg było tak znaczne, że nawet w glebie nawożonej osadem ściekowym była ona niższa w czwartym roku badań niż w obiekcie kontrolnym na początku doświadczenia. Na tak niską zawartość magnezu przyswajalnego w glebach mogły mieć wpływ zarówno właściwości fizykochemiczne, a szczególnie spadek pH (rys. 14), jak i warunki klimatyczne, gdyż w roku tym zanotowano

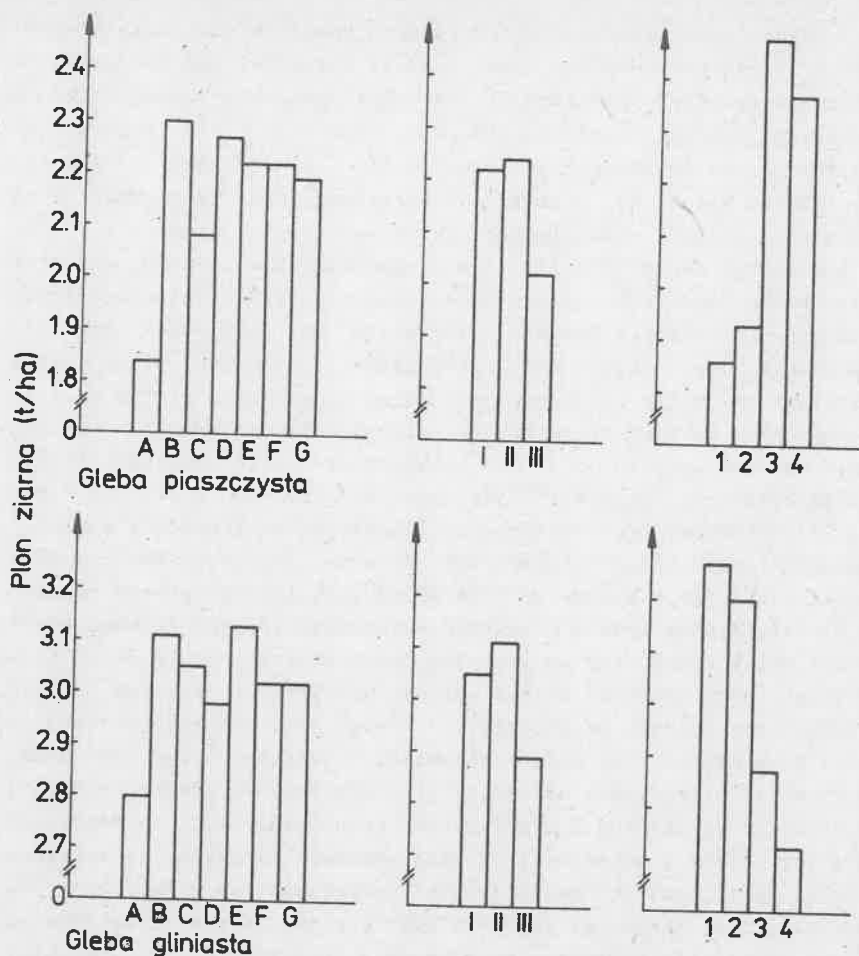
najwyższe opady. Stwierdzone również, że zastosowanie materiałów organicznych w mniejszych dawkach miało bardziej korzystny wpływ na zawartość tego pierwiastka w glebie niż dawki większe, co jest zjawiskiem odwrotnym do reakcji fosforu i potasu na takie nawożenie. Spośród badanych materiałów organicznych największy przyrost magnezu przyswajalnego w glebie lekkiej powodowało nawożenie obornikiem, osadem ściekowym i Solakrolem, a w glebie ciężkiej - obornikiem, gnojowicą i granulatem keratynowym. Z dwu porównywanych form gnojowicy bydlęcej, wyższą zawartość magnezu stwierdzono w glebach nawożonych gnojowicą płynną, szczególnie w glebie ciężkiej (rys. 20, tab. 24).

6.4. Plonowanie żyta ozimego na glebach nawożonych różnymi środkami nawozowymi

O wysokości plonów ziarna i słomy żyta ozimego odmiany Dańkowskie Złote, które uprawiano w monokulturze przez 4 lata badań, decydowały w sposób istotny zarówno rodzaj, jak i sposób nawożenia w obydwu badanych glebach, a także warunki klimatyczne w poszczególnych sezonach wegetacyjnych (rys. 21 i 22, tab. 25 i 26).

Plony ziarna żyta, tak na glebie piaszczystej, jak i gliniastej, kształtowały się na niskim poziomie, pomimo zastosowanego nawożenia mineralnego i organicznego. Wahały się one odpowiednio: od 1,27 do 3,12 i od 2,40 do 3,80 t/ha. Znaczący wpływ na plonowanie żyta wywierały warunki klimatyczne, na co wskazują wartości współczynników korelacji prostej pomiędzy plonami a wilgotnością w obydwu glebach (tab. 27). Współdziałanie czynników glebowych i warunków klimatycznych zadecydowało prawdopodobnie o tym, że na glebie lekkiej w kolejnych latach badań uzyskiwano coraz wyższe plony żyta, w przeciwieństwie do plonów na glebie ciężkiej, gdzie one malały.

Analizując działanie poszczególnych obiektów nawozowych w glebie lekkiej, niezależnie od sposobów nawożenia, stwierdzono, że badane środki użyźniające powodowały istotny wzrost plonów ziarna i słomy żyta. Najwyższy plon ziarna (2,30 t/ha) oraz plon łączny ziarna i słomy (plon ogółem) otrzymano przy nawożeniu obornikiem, niezależnie od sposobów nawożenia i lat badań. Najniższy plon ziarna (2,08 t/ha) oraz plon ogółem uzyskano natomiast na glebie nawożonej gnojowicą płynną (rys. 22 i 23). W pozostałych obiektach



Rys. 21. Plon ziarna żyta ozimego na glebie piaszczystej i gliniastej nawożonej różnymi środkami użyźniającymi. Objaśnienia jak na rys. 2

plon ziarna zawierał się pomiędzy tymi wartościami i był zawsze istotnie wyższy niż w obiekcie z nawożeniem mineralnym NPK (1,84 t/ha) (tab.25). Spośród badanych środków nawozowych różnice istotne w plonach żyta wystąpiły jedynie pomiędzy obiektami z obornikiem i gnojowicą agregowaną w porównaniu do gnojowicy płynnej.

Rozpatrując natomiast wpływ różnych sposobów nawożenia stwierdzono, że najwyższe plony żyta (średnie dla 4 lat badań) uzyskano stosując sposób I nawożenia dla obornika, gnojowicy agregowanej i granulatu keratyno-koro-mocznikowego, sposób II - dla poliakryloamidu i osadu ściekowego oraz sposób III - dla gnojowicy płynnej. Wynikałoby więc z tej analizy, że korzystniej na plonowanie żyta na glebie lekkiej oddziaływały nawozy wnoszone wg sposobu I i II, w porównaniu do sposobu III. Ale rozpatrując plon żyta w czwartym roku badań, tzn. roku, który miał przynieść wyjaśnienie działania następczego badanych środków nawozowych wg przyjętych sposobów nawożenia, ten układ był następujący: najwyższe plony żyta uzyskano na glebie nawożonej obornikiem i gnojowicą płynną wg sposobu I oraz gnojowicą agregowaną, granulem, Solakrolem i osadem ściekowym wg sposobu II. Nie stwierdzono więc żadnego efektu następczego przy wnoszeniu badanych środków do gleby wg sposobu III. Przebieg tych zależności dla każdego ze środków w poszczególnych latach badań układał się jeszcze inaczej. Na przykład stwierdzono, że w pierwszym roku badań występowały istotne różnice w plonach ziarna żyta w obiektach nawożonych różnymi dawkami obornika: plony rosły wraz ze wzrostem dawek obornika od 20 do 60 t/ha. W drugim roku badań najwyższe plony uzyskano z poletek, gdzie zastosowano obornik wg sposobu II, a więc 30 t w pierwszym roku i 30 t/ha w drugim roku badań. Natomiast w trzecim i czwartym roku, o czym już wspomniano, najwyższy plon uzyskano na glebie nawożonej obornikiem wg sposobu I w pierwszym roku badań. Tak szczegółowej analizy plonów w zależności od zastosowanych środków i sposobów możemy dokonać na podstawie danych zamieszczonych w tab. 25 i 26. Wynika z niej także, że istotnie wyższe plony ziarna uzyskiwano na glebie nawożonej gnojowicą agregowaną w porównaniu do gnojowicy płynnej oraz w obiektach z granulem i Solakrolem w porównaniu do obiektu nawożonego wyłącznie NPK. Podkreślić również należy istotne działanie następcze tych środków, tzn. gnojowicy agregowanej, granulatu i Solakrolu na plonowanie żyta w porównaniu do nawożenia mineralnego NPK, a także osadów ściekowych.

Najniższe plony żyta na glebie gliniastej uzyskano w obiekcie z nawożeniem mineralnym NPK. Były one istotnie niższe w porównaniu do plonów z wszystkich pozostałych obiektów nawozowych, pomiędzy którymi istotnych różnic nie stwierdzono (rys.21, tab.25).

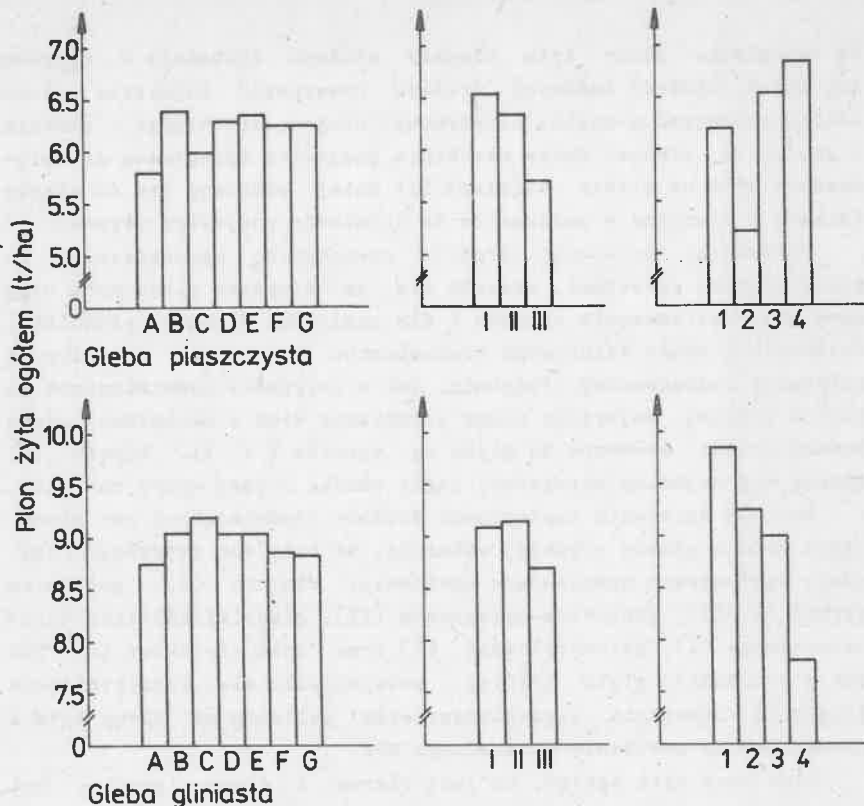
Na tej glebie plony żyta ulegały stałemu obniżaniu z upływem lat badań. Spośród badanych środków nawozowych najwyższe plony ziarna zapewniał granulát keratynowy, nieznacznie niższe - obornik i gnojowica płynna. Wpływ nawożenia gnojowicą agregowaną na plonowanie żyta na glebie ciężkiej był mniej widoczny niż na glebie lekkiej i odwrotny w porównaniu do działania gnojowicy płynnej.

Porównując działanie środków nawozowych, wprowadzanych do gleby różnymi sposobami, okazało się, że najwyższe plony żyta uzyskano przy zastosowaniu sposobu I dla gnojowicy płynnej, granulatu, Solakrolu i osadu ściekowego oraz sposobu II - dla obornika i gnojowicy agregowanej. Podobnie, jak w przypadku doświadczenia na glebie lekkiej, najwyższe plony uzyskiwano więc w obiektach, gdzie badane środki wnoszono do gleby wg sposobu I i II. Sposób III okazał się najmniej korzystny, jeśli chodzi o jego wpływ na plon.

Analiza działania następczego środków użyźniających na plonowanie żyta w glebie ciężkiej wskazuje, że było ono najwyższe tam, gdzie zastosowano następujące nawożenie: obornik (I), gnojowica płynna (I, II), gnojowica agregowana (II), granulát keratyno-koromocznikowy (I), poliakryloamid (I) oraz osad ściekowy (I). Tak jak w przypadku gleby lekkiej, potwierdziło się korzystniejsze działanie nawożenia organicznego oraz polimeru na plony żyta w porównaniu do nawożenia mineralnego NPK.

Plon masy żyta ogółem, to jest ziarna i słomy łącznie, był znacznie wyższy na glebie ciężkiej i w obiektach nawożonych badanymi środkami użyźniającymi w porównaniu do obiektu kontrolnego z nawożeniem mineralnym NPK. Plon ten wahał się od 4,83 do 7,62 t/ha na glebie lekkiej i od 6,47 do 11,15 t/ha na glebie ciężkiej (rys. 22, tab. 26).

Wszystkie badane środki powodowały wzrost plonu żyta ogółem w obydwu glebach, ale w glebie lekkiej najlepsze efekty dawało nawożenie gnojowicą płynną, a w glebie ciężkiej - granulatem keratyno-koromocznikowym. Razem z tymi dwoma nawozami wnoszono do gleby znaczące ilości azotu, co miało istotny wpływ na plon żyta. Zostało to szczegółowo przedstawione w innych pracach (57, 58). Wysoki poziom nawożenia azotem spowodował zarówno na glebie piaszczystej, jak i gliniastej wypalenie roślin bądź ich bujny rozwój, a w konsekwencji wyleganie żyta. Efektem tego było obniżenie plonu ziarna w jednym przypadku, a w drugim - wzrost plonu ogółem, ale



Rys. 22. Plon żyta ozimego ogółem na glebie piaszczystej i gliniastej nawożonej różnymi środkami użyźniającymi. Objaśnienia jak na rys. 2

zmianę stosunku plonu ziarna do słomy, tak jak to zaobserwowano w przypadku nawożenia granulatami keratynowymi i gnojowicami. Przześledzić to można na podstawie danych przedstawionych na rys. 22, z których wynika, że w pierwszym roku badań na glebie lekkiej uzyskano znacznie wyższy wzrost plonu ogółem, niż plonu ziarna. Ten wzrost plonu ziarna był także niższy w porównaniu do drugiego roku badań (rys. 21).

Stwierdzony w czteroletnim, ścisłym doświadczeniu polowym dodatni wpływ badanych środków użyźniających na plonowanie żyta wynika nie tylko z ich oddziaływania bezpośredniego na rośliny,

a więc z ich wartości nawozowej, ale też z działania pośredniego, poprzez kształtowanie cech fizycznych i fizykochemicznych gleby. Badania wskazują, że działanie to jest zależne od rodzaju zastosowanego środka. Dla jednych środków istotniejsze jest ich działanie nawozowe, jak w przypadku granulatu keratyno-koro-mocznikowego, gdzie wysokie plony, istotnie wyższe niż w obiekcie kontrolnym NPK, uzyskano nie poprzez zmianę właściwościach fizycznych i fizykochemicznych badanych gleb, lecz w wyniku działania azotu zawartego w tym preparacie. Dla innych będzie to działanie pośrednie, a więc zmiana tych cech gleby, które decydować będą o plonowaniu rośliny wskaźnikowej, np. istotna zmiana właściwości fizycznych pod wpływem Solakrolu. Jeszcze inne wykazują działanie bezpośrednie zarówno na cechy gleby, jak i plonowanie roślin, np. gnojowica flokulowana i osady ściekowe. Znajduje to potwierdzenie w analizie zależności wysokości plonów nie tylko od zastosowanego rodzaju czy sposobu nawożenia, ale także od badanych cech gleby oraz, w przypadku niektórych środków, w doniesieniach z literatury przedmiotu (tab. 27) (6, 27, 36, 50, 59, 78, 97, 131, 135, 140, 144, 164).

Spśród badanych cech fizycznych gleby najwyższą dodatnią korelację z plonami żyta wykazała wilgotność aktualna obydwu gleb. Plonowanie żyta na glebie ciężkiej było istotnie zależne także od struktury tej gleby, a szczególnie od jej wodoodporności. Tak jak oczekiwano, również istotnie dodatnią zależność stwierdzono pomiędzy plonami żyta a zawartością węgla organicznego ogółem w obydwu glebach oraz odczynem i zawartością przyswajalnego fosforu w glebie lekkiej i sumą zasad, pojemnością sorpcyjną i zawartością magnezu w glebie ciężkiej (tab. 27). Natomiast ujemny wpływ na plony żyta wywierała przede wszystkim gęstość i kwasowość hydrolityczna gleby ciężkiej.

Uzyskane wyniki badań dowodzą więc, że zastosowane środki mogą z jednej strony rekompensować niedostatek naturalnych substancji strukturotwórczych, a także materii organicznej, kationów wymienionych itd., poprzez zmianę niektórych elementów żyzności gleby tak, że prowadzi to do istotnego zwiększenia plonów rośliny wskaźnikowej. Z drugiej strony, wprowadzenie do gleby środków organicznych o różnym charakterze wywiera bezpośredni wpływ zarówno na plony rośliny testowej, jak i cechy fizyczne, fizykochemiczne, chemiczne i biologiczne gleb. Dla niektórych środków nawozowych, jak np.

obornika, osadów ściekowych lub gnojowicy płynnej, uzyskane wyniki są potwierdzeniem doniesień innych autorów (27, 68, 81, 93, 102, 106, 120, 124, 133, 144). Natomiast wyniki uzyskane dla obiektów nawożonych Solakrolem, gnojowicą flokulowaną czy też granulatem keratyno-koro-mocznikowym doprowadzają do pewnych uogólnień poznawczych, które mogą znaleźć zastosowanie w praktyce, przy rolniczym wykorzystaniu tych materiałów do poprawy stanu żyzności gleb.

7. PODSUMOWANIE

Dotychczasowe badania dotyczące próby zmiany właściwości gleb poprzez zastosowanie odpadowych materiałów organicznych i syntetycznych środków strukturotwórczych, w celu uzyskania wyższych plonów roślin uprawnych, były zachęcające nie tylko w aspekcie odtworzenia żyzności gleby. Wiązały się one ściśle z możliwością przyspieszenia rozkładowania szkodliwej dla środowiska koncentracji niektórych odpadów na składowiskach. Przedstawione wyniki z czteroletnich ścisłych doświadczeń polowych z wnoszeniem pod żyto ozime w monokulturze różnych środków użyźniających wskazują na istotne i korzystne zmiany właściwości fizycznych, fizykochemicznych i chemicznych, które kształtują nie tylko żyzność gleb, ale decydują też o wysokości plonów rośliny wskaźnikowej.

Wprowadzenie do gleby polielektrolitu, tj. wysokocząsteczkowego polimeru z grupy poliakryloamidowej, obornika, osadu ścieków komunalno-przemysłowych oraz gnojowicy flokulowanej wywoływało korzystne zmiany w strukturze badanych gleb. Należy podkreślić, że jeśli chodzi o agregację gleby, to korzystniejsze działanie tych środków stwierdzono w glebie lekkiej. Natomiast jeśli rozpatrujemy trwałość struktury, to korzystniejsze zmiany zachodziły w glebie ciężkiej. Wynika to z faktu, że już niewielki dodatek materiałów organicznych lub środka agregującego do gleby lekkiej prowadzi do istotnej poprawy przede wszystkim jej agregacji. Natomiast w glebie o wyższej zawartości cząstek pylastych i ilastych, gdzie naturalny stan zgrużlenia jest lepszy niż w glebie lekkiej, następuje poprawa trwałości agregatów przez wzmocnienie już istniejących wiązań pomiędzy cząstkami pierwotnymi w agregatach, tak jak ma to miejsce w przypadku dodania do gleby polimeru, bądź też zwiększenie udziału w tych wiązaniach materii organicznej. Oddziaływanie

granulatu keratyno-koro-mocznikowego oraz gnojowicy płynnej na strukturę gleby było mniej wyraźne niż pozostałych środków organicznych. Stwierdzone ponadto istotny związek pomiędzy trwałością agregatów glebowych a ogólną ich zawartością w stanie powietrznie suchym oraz z innymi cechami gleby (tab. 27).

Dodatek materiałów organicznych oraz Selakrolu, zmieniając stan agregatowy gleb, istotnie obniżał ich gęstość oraz korzystnie wpływał na wilgotność aktualną gleby oraz pojemność wodną maksymalną. Szczególnie korzystne zmiany obserwowano pod wpływem osadu ściekowego, obornika i gnojowicy agregowanej, a więc tych materiałów, które wnoszone były do gleb w znacznie większych ilościach niż inne środki nawozowe.

Nawożenie gleb badanymi środkami użyźniającymi spowodowało także wyraźne zmiany w kompleksie sorpcyjnym gleby lekkiej i ciężkiej. Stwierdzono wzrost zawartości węgla organicznego w glebach, gdzie zastosowano obornik, osad ściekowy oraz niekiedy gnojowicę płynną i agregowaną. Pomimo że zawartość C org. obniżała się z upływem lat badań, to w czwartym roku była ona jednak jeszcze istotnie wyższa tam, gdzie zastosowano badane środki, niż w glebie z obiektu kontrolnego NPK, i to zarówno w porównaniu do stanu wyjściowego, jak i końcowego w tym obiekcie. Istotnym zmianom podlegał odczyn gleb. W glebie lekkiej pod wpływem nawożenia obornikiem, osadem i gnojowicą agregowaną odczyn zmieniał się z silnie kwaśnego i kwaśnego na kwaśny i lekko kwaśny, a w glebie ciężkiej z odczynu lekko kwaśnego na obojętny. Badania nie wykazały zakwaszającego działania gnojowicy płynnej. Jedynie granulaty keratynowy powodował zakwaszenie obydwu gleb. Nawożenie wspomnianymi wyżej środkami wpływało także na obniżenie kwasowości hydrolitycznej, wzrost sumy zasad oraz pojemności sorpcyjnej. Natomiast granulaty i gnojowica płynna zwiększały kwasowość hydrolityczną, chociaż w niektórych przypadkach obserwowano wzrost pojemności sorpcyjnej gleby po wprowadzeniu granulatu. Istotnym zmianom podlegała również zawartość w glebie przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu. Najwyższą zawartością tych składników charakteryzowały się gleby z obiektów nawożonych osadem, obornikiem oraz gnojowicami. Nawożenie granulatem prowadziło do obniżenia ich zawartości w obydwu glebach, co ma związek nie tylko z jego zakwaszającym działaniem, ale też z dużo niższą zawartością tych pierwiastków

w granulacie w porównaniu do osadu ściekowego, obornika lub gnojowicy.

Nawożenie gleby lekkiej i ciężkiej niekonwencjonalnymi środkami nawozowymi miało istotny wpływ na wysokość plonów ziarna i słomy żyta ozimego. Plonowanie żyta było także zależne od przebiegu warunków pogodowych w poszczególnych sezonach wegetacyjnych. Badane środki można uszeregować pod względem ich oddziaływania na plony żyta następująco: na glebie lekkiej - najkorzystniej działał obornik, a następnie gnojowica flokulowana, granulat keratyno-keromocznikowy, poliakryloamid, osad ściekowy, gnojowica płynna i nawożenie NPK, a w glebie ciężkiej - granulat, obornik, gnojowica płynna, poliakryloamid, osad ściekowy, gnojowica flokulowana oraz nawożenie mineralne NPK.

Przeprowadzone badania wskazują więc, że na kształtowanie się właściwości gleb oraz plonowanie żyta we wszystkich niemal przypadkach istotnie korzystniej wpływały badane środki nawozowe w porównaniu do nawożenia mineralnego NPK. Natomiast jeśli chodzi o zastosowane w doświadczeniu sposoby nawożenia, to najkorzystniejsze zmiany badanych cech wynikowych stwierdzono przy wprowadzaniu środków do gleby wg sposobu I, tj. w postaci dużej dawki zastosowanej jednorazowo na początku doświadczenia. Nieznacznie mniej skuteczny okazał się sposób II - zastosowanie dawek dzielonych, po 1/2 dawki pełnej w pierwszych dwóch latach doświadczenia, a najmniej korzystne było dzielenie dawki na trzy części i wprowadzanie ich jako dawek uzupełniających, po 1/3 przez kolejne 3 lata badań. Taką prawidłowość wykazano zarówno dla gleby lekkiej, jak i ciężkiej. Wiąże się z tym także działanie następce badanych środków na właściwości gleb i plonowanie żyta. Było ono widoczne na tych obiektach, gdzie środki organiczne zastosowano wg sposobu I i II.

Stwierdzone w kilku przypadkach ujemne działanie granulatu i gnojowicy płynnej na niektóre właściwości fizyczne i fizykochemiczne gleby nie znalazło odzwierciedlenia w wysokości plonów ziarna i słomy żyta ozimego, z obiektów nawożonych tymi środkami. Wynika więc z tego, że przy stosowaniu granulatu i gnojowicy istotniejsze jest ich działanie nawozowe niż wpływ na stan fizyczny gleby. W tym przypadku istotną rolę odgrywają także dawki tych środków. Zastosowanie jednakowo wysokich dawek dla gleby lekkiej i ciężkiej doprowadziło do przenawożenia obydwu gleb azotem,

a w konsekwencji wypalenie żyta na glebie lekkiej oraz jego wybujały rozwój na glebie ciężkiej i plon niższy niż w obiektach, gdzie poziom nawożenia azotem nie był tak wysoki.

Podsumowując należy podkreślić, iż korzystne zmiany cech fizycznych gleby po wprowadzeniu polimeru strukturotwórczego lub niewielkich dawek materiałów organicznych, jak np. gnojowicy flokulowanej, z jednoczesnym wzrostem plonów rośliny testowej sugerują, że niedostatek materii organicznej w glebie może być, niekiedy na krótki okres, rekompensowany przez dodanie do gleby niewielkich ilości środków o podobnym charakterze. Stwierdzono, że oddziaływanie gnojowicy flokulowanej było w wielu przypadkach korzystniejsze niż działanie gnojowicy płynnej oraz zbliżone do działania obornika i osadu ściekowego.

Przedstawione wyniki oraz badania nad wartością nawozową i wpływem niektórych środków na właściwości biologiczne gleb, jakie prowadzone były na tym samym obiekcie doświadczalnym przez innych badaczy (42, 69, 80, 103, 104, 108, 179, 185), wskazują na możliwość wykorzystywania w zabiegach poprawy żyzności gleb lekkich i ciężkich takich środków, jak: granulat keratyno-koro-mocznikowy, tj. preparat uzyskany z przetworzenia odpadów keratynowych i celulozowych, gnojowica flokulowana, którą uzyskano przez odwodnienie płynnych odchodów z ferm hodowlanych za pomocą flokulantów oraz osady ścieków komunalno-przemysłowych, po ich uprzedniej ocenie fitosanitarnej i zawartości metali ciężkich wg norm przyjętych dla warunków Polski, a także sprawdzonych już syntetycznych środków strukturotwórczych, jak np. poliakryloamid, tj. wysokocząsteczkowy plimer liniowy. Wydaje się, że w świetle zarówno badań krajowych, jak i zagranicznych takie wykorzystanie opisanych w tej pracy niekonwencjonalnych środków nawozowych budzi coraz mniej zastrzeżeń.

8. WNIOSKI

Uzyskane wyniki badań pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

- Nawożenie gleb takimi środkami, jak gnojowica flokulowana, poliakryloamid, granulat keratyno-koro-mocznikowy oraz osad ścieków komunalno-przemysłowych może, niekiedy na krótki okres, rekompensować niedostatek naturalnych substancji strukturotwórczych,

materii organicznej, kationów wymiennych lub składników pokarmowych roślin, wywołują one bowiem takie zmiany podstawowych elementów żyzności tych gleb, które zapewniają wyższe plony rośliny wskaźnikowej, w porównaniu do nawożenia mineralnego NPK.

● Wprowadzenie badanych środków nawozowych do gleby istotnie zmienia jej niektóre właściwości fizyczne, fizykochemiczne i chemiczne. Korzystnym zmianom podlega struktura gleby oraz gęstość, wilgotność i pojemność wodna maksymalna. Następują również korzystne zmiany w kompleksie sorpcyjnym gleb, a obserwowane niekiedy ujemne oddziaływanie granulatu keratynowego oraz gnojowicy płynnej nie znalazło potwierdzenia w wysokości plonów żyta. Wskazuje to, że przy zastosowaniu tych środków istotniejsze jest ich działanie nawozowe, przy zastosowaniu poliakryloamidu - działanie na stan fizyczny gleby, a przy gnojowicy flokulowanej lub osadach ściekowych istotne jest ich działanie bezpośrednie zarówno na roślinę, jak i glebę. Zastosowanie tylko nawożenia mineralnego NPK w badanych glebach prowadzi do degradacji ich żyzności.

● Badane środki użyźniające można uszereżować pod względem ich oddziaływania na plonowanie żyta następująco: na glebie lekkiej najkorzystniej działa obornik, potem gnojowica flokulowana, granulatu keratyno-koro-mocznikowy, poliakryloamid, osad ściekowy, gnojowica płynna i nawożenie mineralne NPK, a na glebie ciężkiej - granulatu keratynowy, obornik, gnojowica płynna, poliakryloamid, osad ściekowy, gnojowica flokulowana oraz nawożenie mineralne NPK.

● Warunkiem dobrej skuteczności badanych środków jest ich wprowadzanie do gleby w postaci dawek większych, zastosowanych jedno- lub dwukrotnie w okresie 4 lat badań. Działanie następce środków jest także istotnie zależne od tych sposobów nawożenia.

● Uzyskane wyniki oraz badania właściwości biologicznych gleb, prowadzone równolegle na tym samym obiekcie doświadczalnym przez grupę mikrobiologów, wskazują na możliwość wykorzystywania takich środków, jak: granulatu keratyno-koro-mocznikowy, poliakryloamid, gnojowica flokulowana oraz osad ścieków komunalno-przemysłowych do odtwarzania i kształtowania podstawowych elementów żyzności zarówno gleby lekkiej, jak i ciężkiej.

9. LITERATURA

1. A b r o s i m o w a L. N., R o m a n o w I. A.: Biofizyczne aspekty primienienija chemiczeskich prieparatow dla zaszciti poczw ot erozji. Sborn. Naucz. Trud., AFI, Leningrad 1986, 67-76.
2. A g a f o n o w O. A., i in: Sposob ułuczszienija struktury poczw. Otkrytja-Izobrietienija, 1982, 6, 12-15.
3. A g a f o n o w O. A., i in: Stiromal - nowyj effiektiwnyj strukturoobrazowatel i gidrofobizator poczw. Poczwow., 1984, 4, 109-112.
4. A l l i s o n F. E.: Soil Organic Matter and its Role in Crop Production. J. Wiley and Sons, New York - London 1973.
5. A n t e r F., D e B o o d t M.: Preliminary results on the direct effect of conditioners on plant growth and nutrient uptake. Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv., Gent 1976, 41, 1, 287-292.
6. A w a d F., E l - N a g g a r S. M., D o e r i n g H. W.: Evaluation of soil conditioner and slow release fertilizer for improving soil properties and plant growth. Proc. 13th Inter. Cong. Soil Sci., Hamburg 1986, 3, 637-674.
7. B a n a s z a k C.: Sposób wielostopniowej obróbki ścieków z ferm hodowlanych oraz urządzenie do wielostopniowej obróbki ścieków z ferm hodowlanych. Patent P-99511, 1978.
8. B a r a n o w s k i R., P a b i n J., W ł o d e k S.: Wpływ ekranowania profilu gleby piaskowej na retencję wody użytecznej i plonowanie roślin. Rocz. Glebozn., 1987, 38, 3, 5-12.
9. B e k a s i a k I., K o ł a c z k o w s k i S.: Sposób obróbki gnojowicy. Patent P-88052, 1977.
10. B e l a u L., G r u n e r A.: Badania podstawowe nad wprowadzeniem niekonwencjonalnych nawozów organicznych w rolnictwie. Mater. Konf. Nauk.: "Niekonwencjonalne nawozy w rolnictwie". ATR Bydgoszcz 1989.
11. B e n k e n s t e i n H., i in.: Einfluss eines hydrophilen organischen Gels auf Bodeneigenschaften und Ertrag. Arch. f. AckerPflbau, 1987, 31, 111-115.
12. B e r g m a n n W.: Gefäßversuche mit "Ionenaustauscher-Nährstoffen". A. Thaer-Archiv., 1962, 6, 128-144.

13. B e r n d t K.: Bedeutung des Mulches für den Pflanzenaufgang bei Zuckerrüben. Klein Wanzelben. Dt. Akd. Landwirtsch.- Wiss. Diss., 1970.
14. B o r o w i e c J., K o s i e n k o w s k i R.: Wpływ nawożenia gnojowicą na fizykochemiczne właściwości gleb lekkich. Prace Komisji Nauk. PTG, Warszawa 1977.
15. B u d n i a k F.: Gospodarka odpadami przemysłu drzewnego. Mater. Konf. Nauk.: "Stan i perspektywy gospodarki odpadami w środowisku". NOT, Warszawa 1979.
16. C a l l e b a u t F., G a b r i e l s D., D e B o o d t M.: Erodofix, a polystyrene-butadiene copolymer emulsion used as soil conditioner. Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv., Gent 1984, 49, 1, 53-61.
17. C e b u l a J.: Stan i możliwości rolniczego wykorzystania osadów ściekowych w Polsce. Mat. Konf. Nauk.: "Wykorzystanie w rolnictwie ścieków, osadów ściekowych i gnojowicy". NOT, Wrocław 1980.
18. C e b u l a J.: Technologiczne aspekty rolniczego wykorzystania osadów w Polsce. Mat. V Sem. nt.: "Zagospodarowanie osadów ściekowych". NOT, Warszawa 1981.
19. C e b u l a J., J ó d k o w s k a T.: Określenie kryteriów przydatności i stosowania osadów metodami rolniczymi. Studium literaturowe. IMUZ, Wrocław, 1986.
20. C h a n n e y K., S w i f t R. S.: The influence of organic matter on aggregate stability in some British soils. J. Soil Sci., 1984, 35, 223-230.
21. C h a n n e y K., S w i f t R. S.: Studies on aggregate stability. I. Reformation of soil aggregates. J. Soil Sci., 1986, 37, 329-335.
22. C h a n n e y K., S w i f t R. S.: Studies on aggregate stability. II. The effect of humic substances on the stability of reformed soil aggregates. J. Soil Sci., 1986, 37, 337-343.
23. C i e ć k o Z., N o w a k G.: Badanie przydatności mieszanek popiołu węgla kamiennego i kory drzewnej jako podłoża do upraw szklarniowych. Prace Komisji Nauk. PTG, Warszawa 1989.
24. C o m m i s s i o n of the European Communities: Treatment and use of sewage sludge. Final Report, No. Cost 68 bis. Part I and II. Brussell 1981.

25. Commission of the European Communities: The influence of sludge application on physical and biological properties of soils. (Eds) Catroux G. et al., Reidel Publ. Co., 1983.
26. Coughlan K. J., Loch R. J.: The relationship between aggregation and other soil properties in cracking clay soils. Austr. J. Soil Res., 1984, 22, 59-69.
27. Czyżyk F.: Wyniki doświadczeń z nawożeniem pól ornych osadami ściekowymi. Wiad. IMUZ, 1974, 22, 2-8.
28. Dąbek-Szreniawska M., Dąbkiewicz M.: Oddziaływanie substancji organiczno-mineralnych na liczebność drobnoustrojów glebowych. ZPPNR, 1986, 315, 33-41.
29. De Boodt M.: Fundamentals of soil conditioning. Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv., Gent 1972, 37, 3, 897-1167.
30. De Boodt M.: Use of soil conditioners around the world. Proc. Inter. Symp., Las Vegas 1975.
31. De Boodt M., Gabriels D.: Soil Conditioning. Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv., Gent 1976, 41, 1, 5-21.
32. De Boodt M.: Artificial soil stabilization of backfill in field drainage. J. Sci. Ed Agric., 1978, 29, 417-422.
33. De Boodt M., Dębicki R.: The effect of polyelectrolytes on water transmission properties of soils. Pol. J. Soil Sci., 1988, 21, 1, 7-14.
34. Dechnik I.: Stare i nowe koncepcje poprawy żyzności gleby. PAN Ossolineum, Warszawa 1982.
35. Dechnik I., Dębicki R.: Wykorzystywanie syntetycznych środków do ulepszania gleb. Probl. Agrofizyki, 1977, Nr 23.
36. Dechnik I., Dębicki R.: The possibilities of the use of post-flotation waste products for improving some soil properties and plant yields. Proc. Inter. Symp. "Soil Fertility Improvement and Clay Minerals". Prague 1978.
37. Dechnik I., Błaszak Z., Czajkowski J.: Sposób otrzymywania stałych nawozów organiczno-mineralnych, zwłaszcza z gnojowicy. Patent P-218256, 1979.
38. Dechnik I., Dębicki R.: Oddziaływanie środków syntetycznych i odpadowych z przemysłu na agregację gleby i jej wodoodporność. Roczn. Glebozn., 1980, 31, 3/4, 155-164.

39. D e c h n i k I., L i p i e c J.: Wpływ Rokrysolu WF-2 i odpadów po flotacji siarki na właściwości wodne gleby. Roczn. Glebozn., 1980, 31, 3/4, 135-139.
40. D e c h n i k I., D ę b i c k i R.: Występowanie makro- i mikroelementów w glebie nawożonej środkami odpadowymi. Folia Soc. Sci. Lublinensis, 1985, 27, Geografia 1/2, 51-56.
41. D e c h n i k I., D ę b i c k i R.: Ocena wpływu wybranych środków syntetycznych i odpadowych na właściwości fizyczne gleby. ZPPNR, 1986, 315, 43-62.
42. D e c h n i k I., D ę b i c k i R.: Możliwości poprawy niektórych właściwości gleby lekkiej osadami ścieków komunalno-przemysłowych. Mater. Konf. PTG: "Podniesienie produktywności gleb lekkich". Zielona Góra 1987.
43. D e c h n i k I., D ę b i c k i R., D e B o o d t M.: Zastosowanie środków strukturotwórczych i ich oddziaływanie na biologię gleby. Post. Nauk Roln., 1987, 3, 43-52.
44. D e c h n i k I., G l i ń s k i J., W o l s k i T.: Przy zastosowanie odpadów przemysłu rolnego i leśnego do ulepszania gleb. Roczn. Glebozn., 1989, (w druku).
45. D e c h n i k I., F i l i p e k T.: Właściwości chemiczne gleby lekkiej nawożonej osadem ściekowym i wapnem defekacyjnym. Mater. Konf. Nauk.: "Niekonwencjonalne nawozy w rolnictwie". ATR, Bydgoszcz 1989.
46. D e H a a n F. A. M., B e a v i n g J.: Perspectiven van einige nieuwe bodemkonditioneringsmiddelen. Tijdschrift, 1970, 5, 172-179.
47. D e L e e n h e e r L., D e B o o d t M.: Practical importance of the use of soil conditioners such as Krilium in controlling the degradation of soil structure. Proc. Inter. Symp.: "Soil Structure". Ghent 1958.
48. D e M e n t J. D., i i n.: Effect of field application of synthetic soil-aggregate stabilizers on plant emergence. Soil Sci., 1955, 79, 25-31.
49. D e s m e t J., G a b r i e l s D., D i e r i c k x W.: Effect of soil conditioners on the permeability and stability of soils. J. Sci. Fd Agric., 1985, 36, 242-248.
50. D e V l e e s c h a u w e r D., G a b r i e l s D.: The effect of polyacrylamide treatment on the germination of sugar

- beets in a heavy sandy loam soil. Med. Fac. Landbouww. Rijks-univ., Gent 1976, 41, 1, 321-326.
51. Dębicki R., Czajkowski J.: Studies on the new methods of slurry dehydration. Proc. Polish-Danish Colloq.: "The Utilization of the Slurry and Sewage Sludge in Agriculture". IUNG, Puławy 1981.
52. Dębicki R., Dechnik I.: Contemporary trends in soil conditioning: Its role in increasing soil productivity. Bull. INTECOL, 1985, 12, 113-118.
53. Dębicki R., Rejman J.: The effect of some organic waste products on physicochemical properties of soils and plant yields. Pol. J. Soil Sci., 1988, 21, 1, 61-68.
54. Dębicki R., Rejman J., Wontroba J.: Oddziaływanie granulatu keratyno-koro-mocznikowego na niektóre właściwości fizyczne gleb. ZPPNR, 1989, 370, 21-38.
55. Dębicki R., Rejman J., Wontroba J.: Oddziaływanie granulatu keratyno-koro-mocznikowego na fizykochemiczne właściwości gleb. ZPPNR, 1989, 370, 39-48.
56. Dębicki R., Dechnik I., Wiater J.: Zawartość podstawowych składników mineralnych w ziarnie żyta nawożonego różnymi materiałami organicznymi. ZPPNR, 1989, 370, 129-136.
57. Dębicki R., Wiater J.: Wpływ nawożenia różnymi materiałami organicznymi na zawartość białka w ziarnie i słomie żyta ozimego. ZPPNR, 1989, 370, 151-164.
58. Dębicki R., Wiater J.: Następcze działanie azotu na rośliny w stanowisku nawożonym różnymi materiałami organicznymi. ZPPNR, 1989, 370, 165-177.
59. Dirks V. A., Bolton E. F.: Regression analyses of grain yield of corn, level of leaf NPK and soil conditions in a long-term rotation experiment on Brookston clay. Canad. J. Soil Sci., 1980, 60, 4, 599-611.
60. Dobrzański B., Domżał H.: Próba zmiany niektórych właściwości fizycznych gleby piaskowej przez przebudowę jej profilu. ZPPNR, 1968, 77, 223-232.
61. Dobrzański B., Witkowska B., Walczak R.: Soil aggregation and water stability index. Pol. J. Soil Sci., 1975, 8, 1, 3-8.

62. Domżał H., Słowińska-Jurkiewicz A.: Wpływ składu granulometrycznego i próchnicy na ilość agregatów glebowych i ich odporność na działanie wody. Roczn. Glebozn., 1988, 39, 3, 5-19.
63. Droid J., Usakiewicz A.: Kształtowanie się niektórych elementów żyzności gleby lekkiej inkubowanej z dodatkiem odchodów kurzych. Roczn. Glebozn., 1988, 39, 4, 223-244.
64. Emerson W. W.: The structure of soil crumbs. J. Soil Sci., 1959, 10, 235-244.
65. Epsztein S. M.: Kinetika stabilności iskusztwiennych poczwiennych agriegatow. Poczwow., 1973, 8, 68-74.
66. Erickson A. E., Hansen C. M., Smucker A. J. M.: The influence of subsurface asphalt barriers on the water properties and the productivity of sandy soils. Trans. 9th Inter. Cong. Soil Sci., Adelaide 1968, 1, 331-337.
67. Filippek T.: Wpływ osadów ściekowych na zawartość metali ciężkich w roślinach. Cz. I. Chemiczne właściwości osadów ze ścieków komunalnych i komunalno-przemysłowych. Ann.UMCS, 1982, s. E, vol. 37, 14, 147-158.
68. Flis-Bujak M., Turski R., Baran S.: Wpływ osadu ściekowego na przemiany związków próchnicznych w bieli-cowej glebie piaszczystej. Roczn. Glebozn., 1986, 37, 2/3, 187-194.
69. Flis-Bujak M., Turski R., Żukowska G.: Wpływ niekonwencjonalnego nawożenia na materię organiczną gle-by lekkiej. Mater. Konf. Nauk.: "Niekonwencjonalne nawozy w rolnictwie". ATR, Bydgoszcz 1989.
70. Gabriels D., De Boodt M.: Relationship between moisture content, aggregate formation and aggregate stability of a loam soil treated with a soil conditioner in various concentrations. Catena, 1975, 2, 23-30.
71. Gabriels D., i in.: Possibilities of using soil conditioners for soil erosion control. (W) Soil Conservation and Management in the Humic Tropics. J. Wiley and Sons, London 1977.
72. Gabriels D., Callebaut F., De Boodt M.: The evaporation process in layered soils as affected by chemical treatments. Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv., Gent 1978, 43, 3, 1361-1372.

73. G a l e v a V., D i l k o v a R.: Control of physical properties in soils of a compact subsoil: Changes in the structure under the effect of hydrolysed polyacrylamide, foam-polystyrol and expanded perlite. *Poczwozn. Agroch.*, 1976, 11, 3-17.
74. G a r d n e r W. H.: Use of synthetic soil conditioners in the 50's and some implications to their further development. *Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv., Gent* 1972, 37, 3, 1046-1061.
75. G i o v a n n i n i G., L u c c h e s i S., C e r v e l l i S.: Water-repellent substances and aggregate stability in hydrophobic soil. *Soil Sci.*, 1983, 135, 2, 110-113.
76. G l i Ń s k i J., S o k o ł o w s k a Z., S z c z y p a J.: The sorption of phosphorus and calcium in soil artificially flocculated. *Pol. J. Soil Sci.*, 1976, 9, 1, 11-17.
77. G l i Ń s k i J., K r z a c z e k T., W o ł s k i T.: Wpływ korowej frakcji fenolowej na kiełkowanie i wzrost nasion wybranych roślin. *Roczn. Glebozn.*, 1986, 37, 2/3, 391-402.
78. G o n e t o w a I., S i e n k i e w i c z J., Ż u r a w s k i H.: Wpływ wkładki asfaltowej na plonowanie roślin w glebie lekkiej. *Pam. puł.*, 1974, 60, 7-17.
79. G o o r G., S c h a m p N.: The effect of emulsion adhesives in soil conditioning. *Z. Pflanzener. Bodenkd.*, 1978, 209-216.
80. G o s t k o w s k a K., i in.: Wpływ różnych środków użyźniających na aktywność mikrobiologiczną gleby piaszczystej i gliniastej. *ŻPPNR*, 1989, 370, 65-84.
81. G ó r s k i -M., K u s z e l e w s k i L.: Wpływ nawożenia organicznego i mineralnego na zawartość substancji organicznej i skład próchnicy glebowej w świetle 38-letnich doświadczeń w Skierniewicach. *Roczn. Glebozn.*, 1963, 13, 2, 323-341.
82. G r e e n l a n d D. J.: Interaction between clays and organic compounds in soils. *Soils and Fert.*, 1965, 28, 412-425.
83. G r e e n l a n d D. J.: Interaction between organic polymers and inorganic soil particles. *Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv., Gent* 1972, 37, 3, 897-914.
84. G u i d i G., P a g l i a l i M., G i a c h e t t i M.: Modifications of some physical and chemical soil properties following sludge and compost applications. *Proc. Symp.: "The Influence of Sewage Sludge Application on Physical and Biological Properties of Soils"*. FRG, Munich 1981.

85. H a l l J. E., C o k e r E. G.: Some effects of sewage sludge on soil physical conditions and plant growth. Proc. Symp.: "The Influence of Sewage Sludge Application on Physical and Biological Properties of Soils". FRG, Munich 1981.
86. H a r r i s R. F., C h e s t e r s G., A l l e n O. N.: Dynamics of soil aggregation. Adv. Agron., 1966, 18, 107-169.
87. H a r t m a n n R., V e r p l a n c k e H., D e B o o d t M.: The influence of soil conditioners on the liquid - solid contact angles of sands and silt loams. Soil Sci., 1976, 121, 6, 346-352.
88. H a r t m a n n R., V e r p l a n c k e H., D e B o o d t M.: Alteration of hydrophysical properties of the soil by different soil conditioners and its relation to soil conservation. ZPPNR, 1983, 220, 35-43.
89. H e t m a n J., N u r z y ŋ s k i J., B a l t a z i a k T.: Wykorzystanie azotu z granulatu keratyno-koro-mocznikowego przez goŹdziki szklarniowe. ZPPNR, 1989, 370, 245-251.
90. K a c z y ŋ s k i N. A.: SuszczonoŹ strukturoobrazowania w poczwach i opyt iskusstwiennogo ostruktuirowania poczw z pomoszczju polimierow. Roczn. Glebozn., 1962, 12 (Supl.), 61-83.
91. K a c z y ŋ s k i N. A., M o s o ł o w a A. I.: The application of polymers for artificial improvement of soil structure. Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv., Gent 1976, 41, 1, 437-446.
92. K a l e m b a s a S., K a n i a R.: Porównanie działania azotu gnojowicy bydłeczej, osadu czynnego z oczyszczalni gnojowicy trzody chlewnej i nawozów mineralnych na plon żyta ozimego. Zesz. Nauk. WSRP Siedlce, s. Roln., 1985, 5, 215-228.
93. K a l e m b a s a S., N i e w i ŋ s k i S., K a n i a R.: Porównanie wpływu obornika trocinowego, słomiastego i gnojowicy na plon rajgrasu angielskiego i właściwości chemiczne gleby lekkiej. Zesz. Nauk. WSRP Siedlce, s. Roln., 1985, 5, 251-265.
94. K a n i s z e w s k i S.: Próby uŹycia Pianizolu do poprawy właściwości gleb lekkich przy uprawie warzyw. Ogrodnictwo, 1972, 6, 170-172.
95. K a n i s z e w s k i S.: Wpływ syntetycznych substancji spienionych formaldehydowo-mocznikowych na poprawę właściwości fizycznych i ŹywnoŹ gleby lekkiej. Roczn. Nauk Roln., 1974, 100-A-2, 17-27.

96. K a z ó B., E l e k E.: Etkezési paprika termésének alake-lasa talajszerkezet javító műanyag hatására. Agrok. es Talajt., 1960, 9, 123-130.
97. K ę s i k T.: Plonowanie niektórych roślin uprawianych na glebie piaskowej pod wpływem orki melioracyjnej oraz ilowania bentonitem. Ann. UMCS, s.E, 1973/74, vol. 28/29, 1-15.
98. K ę s i k T.: Porównanie wybranych sposobów zwiększania miąższości poziomu orno-próchniczego różnych gleb. AR Lublin (Rozprawy habilitacyjne), 1979.
99. K ł o s s o w s k i W., M e r c i k S.: Wpływ wieloletniego stosowania obornika, wapnowania, nawożenia potasem i zmianowania na niektóre właściwości fizyczne i fizykochemiczne gleby. Roczn. Glebozn., 1980, 31, 2, 53-64.
100. K o c J.: Przemiany gnojowicy trzody chlewnej w glebie. Roczn. Glebozn., 1985, 36, 4, 53-64.
101. K o c J.: Wpływ wilgotności gleby lekkiej na działanie nawozowe gnojowicy. Fragmenta Agronomica, 1989, 6, 4, 26-37.
102. K o c J.: Wpływ osadów z oczyszczania gnojowicy trzody chlewnej na fizykochemiczne właściwości gleby. Mater. Konf. Nauk.: "Niekonwencjonalne nawozy w rolnictwie". ATR, Bydgoszcz 1989.
103. K o r n i ł ł o w i c z T.: Wpływ intensywnego nawożenia obornikiem oraz granulatem keratyno-koro-mocznikowym na wybrane zespoły mykoryzy glebowej. ZPPNR, 1989, 370, 85-96.
104. K o r n i ł ł o w i c z T.: Występowanie grzybów keratynofilnych w niektórych glebach uprawnych nawożonych granulatem keratyno-koro-mocznikowym. ZPPNR, 1989, 370, 97-108.
105. K o w a l i ŋ s k i S., S t r ą c z y ŋ s k a S., W i l c z y ŋ s k i A.: Liquid manure effect on physical and physicochemical properties of sandy soil. Roczn. Glebozn., 1981, 32, 3, 143-148.
106. K o w a l i ŋ s k i S., S t r ą c z y ŋ s k a S., W i l c z y ŋ s k i A.: Właściwości fizyczne i fizykochemiczne gleby lekkiej nawożonej gnojowicą. Zesz. Nauk. AR Wrocław 1982, 39, 138, 73-84.
107. K o w a l i ŋ s k i S., D r o z d J., L i c z n a r M.: Zmiany niektórych właściwości fizykochemicznych i chemicznych gleby lekkiej nawożonej gnojowicą. Roczn. Glebozn., 1985, 34, 3, 133-143.

108. K r z a c z e k T., G r z y c k a K.: Badanie wpływu próchnicopodobnych preparatów korowych na rośliny. Cz. II. Wpływ biologicznie czynnych składników badanych preparatów na rośliny. ZPPNR, 1989, 370, 109-118.
109. K r z y w y E., G r z e ś k o w i a k A.: Działanie gnojowicy bydlęcej i nawozów mineralnych na plony stokłosa unielewatej oraz na właściwości gleby brunatnej kwaśnej. Roczn. Glebozn., 1987, 38, 4, 145-154.
110. K u d u k Cz.: Wpływ nawożenia korą sosnową na początkowe fazy wzrostu pszenicy i właściwości gleby lekkiej. Roczn. Glebozn., 1985, 36, 4, 43-52.
111. K u l l m a n n A.: Synthetische Bodenverbesserungsmittel. Veb. Dstch. Landwirtsch., Berlin 1972.
112. K u s z e l e w s k i L., J a g i e ł a Z. B.: Ocena wartości nawozowej gnojowicy z przemysłowych tuczarń świń. Cz. III. Wpływ wzrastających dawek gnojowicy na plonowanie roślin. Roczn. Nauk Roln., 1974, 100-A-3, 9-24.
113. K u s z e l e w s k i L., Ł a b ę t o w i c z I.: Współdziałanie nawożenia mineralnego i organicznego w kształtowaniu żyzności gleby. Roczn. Glebozn., 1986, 37, 2/3, 411-430.
114. K u t e r a J.: Stan wykorzystania osadów ściekowych w Polsce. Prace Komisji Nauk. PTG, Warszawa 1989.
115. L i p i e c J., D ę b i o k i R.: Zależności pomiędzy strukturą gleb a ich właściwościami. Roczn. Glebozn., 1989 (w druku).
116. L i t y Ń s k i T., J u r k o w s k a H.: Żyzność gleby i odżywianie się roślin. PWN, Warszawa 1982.
117. Ł o g i n o w W.: Nowoczesne podstawy nawożenia organicznego. Post. Nauk Roln., 1985, 6, 25-37.
118. M a ć k o w i a k Cz.: Gnojowica: jej właściwości i zastosowanie. CBR, Warszawa 1973.
119. M a ć k o w i a k Cz.: Sposoby utylizacji gnojowicy i jej produktów pochodnych. CBR, Warszawa 1976.
120. M a ć k o w i a k Cz.: Fertilizer value of the slurry in virtue of the experiments carried out in Poland. Proc. Symp.: "The Utilization of the Slurry and Sewage Sludge in Agriculture". IUNG, Puławy 1981.
121. M a r t i n J. P.: Decomposition and binding action of polysaccharides in soil. Soil Biol. Biochem., 1971, 3, 33-44.

122. M a z u r T., C i e ć k o Z., K o c J., F i o ł n a T.: Wpływ nawożenia gnojowicą na wysokość i jakość plonów roślin oraz właściwości gleb. Mat. Symp. Nauk.: "Skutki wieloletniego stosowania nawozów". Cz. II. IUNG, Puławy 1976.
123. M a z u r T., M a ć k o w i a k Cz.: Nawożenie gnojowicą. PWRiL, Warszawa 1978.
124. M a z u r T.: Dotychczasowe doświadczenia nad produkcją i wykorzystaniem gnojowicy. Mater. Symp. Nauk.: "Aktualny stan i kierunki badań nad rolą i znaczeniem nawozów organicznych w intensywnej gospodarce rolnej". Gdańsk 1979.
125. M a z u r T., K o c J., C i e ć k o Z.: Porównanie wartości nawozowej gnojowicy z obornikiem i nawozami mineralnymi w doświadczeniach wazonowych. Roczn. Glebozn., 1979, 30, 2, 57-72.
126. M a z u r T., M a ć k o w i a k Cz., K o c J.: Porównanie działania azotu gnojowicy i nawozów mineralnych. Cz.II. Wpływ na plon i skład chemiczny zielonki żyta i kukurydzy oraz działanie następcze na jęczmień jary. Pam. puł., 1984, 82, 241-251.
127. M a z u r T., W r ó b e l Z., S ą d e j W.: Wartość nawozowa gnojowicy trzody chlewnej w świetle 13-letniego doświadczenia polowego. Roczn. Glebozn., 1988, 39, 1, 99-112.
128. M a z u r T., C h a r k i e w i c z J.: Wpływ nawożenia azotem gnojowicy i nawozów mineralnych na plony roślin i białka. Cz.I. Plony roślin. Fragmenta Agronomica, 1989, 6, 4, 5-15.
129. Metody analityczne badania składu i właściwości osadów ściekowych. IMGW, Wrocław 1977.
130. M i c h i e l s J., i in.: The influence of the addition of some inorganic waste products on the composting of bark. Resour. Conserv., 1981, 6, 329-337.
131. M o s o ł o w a A. J.: Wlijanije polimierow na strukturu dernowopodzolistych poczw i uroжайnost' sielskochozajstwiennych kultur. Poczwow., 1970, 9, 54-64.
132. M y ś k ó w W.: Rolnicze znaczenie próchnicy oraz sposoby regulowania jej ilości w glebie. IUNG, Puławy 1984.
133. M y ś k ó w W., i in.: Substancje organiczne gleby - ich rolnicze i ekologiczne znaczenie. Roczn. Glebozn., 1986, 37, 2/3, 15-35.

134. N a t h T., N a g a r B. R.: Effect of synthetic soil conditioners on the cation exchange capacity of soils and clays. Curr. Sci., 1959, 28, 193-194.
135. N o w a k G., C i e ć k o Z.: Działanie popiołu z węgla kamiennego i kory drzewnej na plonowanie roślin i właściwości gleby. Zesz. Nauk. ART Olsztyn 1983, 36, 59-68.
136. N o w a k G., C i e ć k o Z.: Działanie wzrastających dawek kory drzewnej na plonowanie roślin i właściwości gleby. Roczn. Glebozn., 1984, 35, 3/4, 41-50.
137. N u r z y Ń s k i J.: Przydatność granulatu keratyno-koro-mocznikowego do nawożenia pomidorów szklarniowych. ZPPNR, 1989, 370, 237-244.
138. P a w ł o w s k i F., W e s o ł o w s k i M., S t y k B.: Przydatność granulatu keratyno-koro-mocznikowego w odchwaszczaniu zbóż i rzepaku jarego. Cz. I. Bezpośrednie oddziaływanie granulatu na zachwaszczenie. ZPPNR, 1989, 370, 217-228.
139. P a w ł o w s k i F., W e s o ł o w s k i M., S t y k B.: Przydatność granulatu keratyno-koro-mocznikowego w odchwaszczaniu zbóż i rzepaku jarego. Cz. II. Następce działanie granulatu na zachwaszczenie. ZPPNR, 1989, 370, 229-236.
140. Podstawy agrofizyczne produktywności gleb i roślin uprawnych. CPBP 05.03. Streszczenia badań:1986-1988. IA PAN, Lublin 1988.
141. P o l j a k o w a E. J.: Polimery powyszajut płodородzie erodowanych poczw. Ziemieli 1978, 5, 34-38.
142. R o m a n o w I. A., K a t i c z e w a I. A., A g a f o n o w O. A.: Polikompleksy dla zaszciti poczw i pieskow ot wietrowej erozji. Wiestn. Sielskochoz. Nauk 1982, 7, 112-116.
143. R o s z y k E., S t r ó j e k Z., R o s z y k S.: Doświadczenia wazonowe nad działaniem osadu ściekowego z Centralnej Oczyszczalni Ścieków w Częstochowie. Roczn. Glebozn., 1981, 32, 2, 47-57.
144. R o s z y k E., i in.: Wpływ polielektrolitów na plonowanie i skład chemiczny jęczmienia oraz niektóre właściwości gleby. Roczn. Glebozn., 1985, 36, 2, 101-109.
145. R o s z y k E., R o s z y k S., S p i a k Z.: Wartość nawozowa osadów ściekowych z niektórych oczyszczalni południowo-zachodniej Polski. Cz. I. Skład chemiczny osadów. Roczn. Glebozn.; 1987, 38, 3, 93-102.

146. R o s z y k E., R o s z y k S., S p i a k Z.: Wartość nawozowa osadów ściekowych z niektórych oczyszczalni południowo-zachodniej Polski. Cz. II. Doświadczenia wegetacyjne. Rocz. Glebozn., 1987, 38, 4, 137-144.
147. R o s z y k E., R o s z y k S., S p i a k Z.: Wartość nawozowa osadów ściekowych z niektórych oczyszczalni południowo-zachodniej Polski. Cz. III. Doświadczenia wegetacyjne. Rocz. Glebozn., 1988, 39, 1, 113-125.
148. R o s z y k E.: Uwagi do projektu normatywu dla osadów ściekowych wykorzystywanych w rolnictwie dla nawożenia gleb. Prace Komisji Nauk. PTG, Warszawa 1989.
149. R u s s e l l E. W.: Soil structure and soil tilth. /W/ Soil Conditions and Plant Growth. J. Willey and Sons, London 1973.
150. R z ą s a S., O w c z a r z a k W.: The influence of soil texture on the stability of aggregate structure in the dynamic water action conditions. Proc. 2nd Inter. Confer.: "Physical Properties of Agricultural Materials". Godollo 1980.
151. R z ą s a S., O w c z a r z a k W.: Modelling of soil structure and examination methods of water resistance, capillary rise and mechanical strength of soil aggregates. Ann. Poznań Agric. Univ., 1983, 35.
152. R z ą s a S., O w c z a r z a k W.: Wpływ dodatku próchnicy i torfu na stan fizyczny agregatów glebowych. ZPPNR, 1986, 315, 167-187.
153. S a l e m N., i in.: Comparative studies on the effect of soil conditioners on the biological activity of organic wastes. Acta Hort., 1985, 172, 199-206.
154. S a r m a K. S. S., R a o Y. N.: Stability and settling of soil aggregates treated with polymers under different degrees of disruptive forces. J. Indian Soc. Soil Sci., 1984, 32, 4, 658-662.
155. S c h a m p N.: Chemicals used in soil conditioning. Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv., Gent 1976, 41, 1, 13-18.
156. S h a r m a K. N., i in.: Changes in soil fertility status as influenced by continuous cropping and fertilizer application. J. Agric. Sci. Camb., 1984, 102, 215-218.
157. S i n g h K. D., K a r S., V a r a d e S. B.: Structural and moisture retention characteristics of lateritic soil as

- influenced by organic amendments. J. Indian Soc. Soil Sci., 1976, 24, 2, 129-131.
158. S i u t a J., W a s i a k G.: Programowanie przyrodniczego gospodarowania odpadami organicznymi. Oddział PAN Wrocław, Komisja Nauk o Ziemi, 1979.
159. S o k o ł o w s k a Z.: Przemieszczanie się fosforanów w glebie sztucznie agregowanej. Roczn. Glebozn., 1983, 34, 1/2, 45-51.
160. Sposób i urządzenie do oczyszczania gnojówki i ścieków tworzących się przy hodowli bydła na wielką skalę. Patent 86146, (Tatabanya i Szenbanyak, Węgry), 1976.
161. S t y k B.: Reakcja pszenicy i jęczmienia na nawożenie granulatem keratyno-koro-mocznikowym. ZPPNR, 1989, 370, 179-192.
162. S t y k B.: Wpływ nawożenia granulatem keratyno-koro-mocznikowym na plonowanie i niektóre cechy rzepaku jarego. ZPPNR, 1989, 370, 193-198.
163. S t y k B.: Wpływ następczy granulatu keratyno-koro-mocznikowego na pszenicę ozimą i owies. ZPPNR, 1989, 370, 199-208.
164. S u d a k o w A. W., i in.: Uprawnienie poczwinnym płodородiem. Sbor. Naucz. Trud. AFI, Leningrad 1986, 3-207.
165. S u n e j a B. K., N a t h J., A g r a w a l R. P.: Changes in soil structure of sodic and non-sodic soils as influenced by polyvinyl acetate and farmyard manure. J. Indian Soc. Soil Sci., 1982, 30, 2, 202-204.
166. S z c z y p a J., i in.: The influence of some soil conditioners on soil properties. Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv., Gent 1976, 41, 1, 389-396.
167. S z c z y p a J., i in.: Sposób aglomeracji sflokulowanych osadów i urządzenie do aglomeracji sflokulowanych osadów. Patent P-874479, 1976.
168. S z c z y p a J., S o k o ł o w s k a Z., S z y m u l a M.: Investigations of the dynamics of ion sorption in modified soils. ZPPNR, 1983, 220, 61-68.
169. S z t a t n o w W. I., S z c z e r b a k o w a N. I.: Poliakryloamid i Sopolimer-8 kak iskusstwiennyje poczwinnyje strukturoobrazowatieli i kak azotnyje udobrienija. Poczwow., 1964, 10, 79-88.

170. T i s d a l l J. M., O a d e s J. M.: Organic matter and water-stable aggregate in soils. *J. Soil Sci.*, 1982, 33, 141-163.
171. T u r s k i R., i in.: Możliwość wykorzystania w rolnictwie wybranych osadów ściekowych na przykładzie stężenia metali ciężkich w roślinach. *Roczn. Glebozn.*, 1980, 31, 3/4, 193-200.
172. V a n d e r T o o m J.: The biodegradation of vinyl polymers and plasticizers. *Zbl. Bakt. Abt.*, 1969, 123, 101-107.
173. V e r d o n c k O., D e V l e e s c h a u w e r D., P e n n i n c k R.: Bark compost, a new accepted growing medium for plants. *Act. Hort.*, 1982, 133, 221-226.
174. V e r d o n c k O., i in.: The use of tree bark and tobacco waste in agriculture and horticulture. *Proc. Conf.: "Composting Agricultural and other Wastes"*. Oxford 1984.
175. V e r p l a n c k e H., H a r t m a n n R., D e B o o d t M.: The effect of absorbed hydrophobic materials on water movement in soils. *ZPPNR*, 1983, 220, 69-77.
176. W e b b e r J.: The influence of bulky organic materials and soil conditioners on soil properties and crop yields. *H.M.S.O. Tech. Bull.*, 1975, 39, 406-416.
177. W e b e r H. W., V a n R o o y e n P. C.: Polysaccharides in molasses meal as an ameliorant for saline-sodic soils compared to other reclamation agents. *Geoderma*, 1971, 6, 233-253.
178. W e n g l i k o w s k a E.: Porównanie wpływu wieloletniego nawożenia mineralnego i organicznego na zawartość przyswajalnego fosforu w glebie lekkiej. *Roczn. Glebozn.*, 1986, 37, 4, 151-158.
179. W i a t e r J.: Wpływ nawożenia obornikiem i osadami ścieków komunalnych na zawartość wybranych form azotu w glebie i roślinie. *Ann. UMCS, s. E*, 1990 (w druku).
180. W i ś n i e w s k i W., H e r m a n n J.: Sposób przetwarzania gnojowicy na preparat kompostowy. *Mater. Konf. Nauk.: "Niekonwencjonalne nawozy w rolnictwie"*. ATR, Bydgoszcz 1989.
181. W o l s k i T., D e c h n i k I., G l i Ń s k i J.: Sposób otrzymywania wolnodziałających nawozów organiczno-mineralnych. *Patent P-207880*, 1979.
182. W o l s k i T., i in.: Nawozy organiczno-mineralne i sposób otrzymywania nawozów organiczno-mineralnych. *Patent P-217122*, 1983.

183. Wołski T.: Zmodyfikowane białka keratynowe, ich własności fizykochemiczne, analiza oraz zastosowanie. Rozprawa habilitacyjna. Akademia Medyczna, Lublin 1985.
184. Wołski T.: Wykorzystanie odpadów przemysłowych do otrzymywania preparatów próchnicopodobnych. ZPPNR, 1986, 315, 325-339.
185. Wołski T., Gliński J.: Organiczne odpady przemysłowe i ich przetwarzanie na użyteczne rolniczo preparaty. ZPPNR, 1989, 370, 11-20.
186. Wołski T., Gliński J.: Granulat poliamidowo-koro-mocznikowy jako nawóz organiczno-mineralny. Mater. Konf. Nauk.: "Niekonwencjonalne nawozy w rolnictwie". ATR, Bydgoszcz 1989.
187. Wołski T., Gliński J.: Nawozowe granulatory keratyno-koro-mocznikowe z odpadów przemysłowych. Mater. Konf. Nauk.: "Niekonwencjonalne nawozy w rolnictwie". ATR, Bydgoszcz 1989.
188. Young A., Harris P. J.: Preliminary investigations into the biodegradability of polyvinyl alcohol and polyvinyl acetate. Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv., Gent 1976, 41, 1, 253-260.
189. Zalecenia nawozowe. Cz. I. Liczby graniczne do wyceny zawartości w glebach makro- i mikroelementów. IUNG, Puławy 1985.

A P P E N D I X

Tabele wartości średnich badanych cech wynikowych z doświadczeń polowych

Tabela 8. Agregacja gleby	88
Tabela 9. Wodoodporność agregatów	89
Tabela 10. Współczynnik wodoodporności K	90
Tabela 11. Liczbowy wskaźnik agregacji LWAs	91
Tabela 12. Liczbowy wskaźnik agregacji LWAm	92
Tabela 13. Współczynnik wodoodporności WW	93
Tabela 14. Gęstość gleby	94
Tabela 15. Wilgotność aktualna gleby	95
Tabela 16. Pojemność wodna maksymalna gleby	96
Tabela 17. Zawartość C org. ogółem w glebie	97
Tabela 18. Odczyn gleby	98
Tabela 19. Kwasowość hydrolityczna	99
Tabela 20. Suma zasad wymiennych	100
Tabela 21. Pojemność sorpcyjna	101
Tabela 22. Zawartość fosforu przyswajalnego	102
Tabela 23. Zawartość potasu przyswajalnego	103
Tabela 24. Zawartość magnezu przyswajalnego	104
Tabela 25. Plony ziarna żyta ozimego	105
Tabela 26. Plony żyta ozimego ogółem (ziarno+słoma) ...	106
Tabela 27. Współczynniki korelacji prostej pomiędzy badanymi cechami wynikowymi	107

Tabela 8. Zawartość agregatów o średnicy powyżej 1 mm (w %) w stanie powietrznie suchym w glebie piaszczystej i gliniastej w Sobieszynie

Dawki (J)	Środki (K)	Gleba piaszczysta					Gleba gliniasta				
		Lata (L)				Średnia z lat	Lata (L)				Średnia z lat
		1982	1983	1984	1985		1982	1983	1984	1985	
I	A	17,8	15,8	17,0	14,3	16,2	79,0	76,5	74,3	84,4	78,6
	B	31,3	18,8	22,9	27,6	25,3	77,3	83,3	80,7	87,3	82,2
	C	27,8	17,3	20,4	24,0	22,4	80,5	83,5	79,0	88,2	82,8
	D	25,4	19,3	21,3	23,4	22,3	80,7	80,5	80,3	87,6	82,3
	E	17,8	15,9	19,0	19,8	18,1	81,4	81,8	76,8	87,7	81,9
	F	29,0	18,0	27,0	22,8	24,2	80,7	78,4	79,2	88,4	81,7
	G	29,5	16,6	25,0	19,8	22,7	83,4	83,1	78,5	87,4	83,1
	$\bar{x}$	25,6	17,4	21,8	21,7	21,6	80,4	81,0	78,4	87,3	81,8
II	A	20,0	14,6	15,0	13,8	15,8	75,9	78,3	78,5	83,9	79,1
	B	21,8	17,1	19,2	19,7	19,5	81,5	81,2	79,1	87,5	82,3
	C	20,1	17,7	16,8	21,2	19,0	80,0	85,8	79,9	87,5	83,3
	D	26,2	20,6	19,4	25,3	22,9	79,0	81,7	76,7	83,6	80,3
	E	18,6	13,3	18,8	20,5	17,7	81,3	81,1	80,6	88,1	82,8
	F	25,0	19,5	23,0	21,5	22,2	78,2	81,7	78,1	85,0	80,8
	G	23,8	19,8	23,5	25,0	23,0	79,0	79,7	75,1	86,7	80,1
	$\bar{x}$	22,2	17,5	19,4	21,0	20,0	79,3	81,4	78,3	86,1	81,2
III	A	14,3	13,5	13,6	11,7	13,3	78,4	76,1	76,8	84,5	78,9
	B	20,2	14,5	24,4	25,7	21,1	82,6	80,7	76,8	89,0	82,3
	C	21,1	18,1	17,3	19,4	19,0	78,0	80,8	77,7	86,3	80,7
	D	21,4	15,5	17,3	20,0	18,6	82,3	81,5	78,9	86,5	82,3
	E	20,9	14,7	18,6	16,3	17,6	79,5	79,1	80,0	87,2	81,5
	F	22,0	19,7	21,2	21,6	21,1	80,7	79,8	82,6	90,8	83,5
	G	23,1	18,8	23,4	19,6	21,2	84,4	79,0	75,9	89,1	82,1
	$\bar{x}$	20,4	16,4	19,4	19,2	18,9	80,9	79,6	78,4	87,7	81,6
Średnie I-III	A	17,4	14,7	15,2	13,3	15,1	77,8	76,9	76,5	84,3	78,9
	B	24,6	16,8	22,2	24,3	22,0	80,5	81,7	78,9	87,9	82,3
	C	23,0	17,7	18,2	21,5	20,1	79,5	83,4	78,9	87,4	82,3
	D	24,3	18,5	19,3	22,9	21,3	80,7	81,2	78,6	85,9	81,6
	E	19,1	14,7	18,8	18,8	17,9	80,8	80,7	79,1	87,7	82,1
	F	25,3	19,1	23,7	22,0	22,5	79,9	80,0	80,0	88,1	81,9
	G	25,5	18,4	23,9	21,5	22,3	82,3	80,6	76,5	87,7	81,8
	$\bar{x}$	22,8	17,1	20,2	20,6	20,2	80,2	80,7	78,4	87,0	81,6
NIR											
P=0,01		L - n.i.				LJ - n.i.				LJ - n.i.	
* P=0,05		J - 1,6				LK - n.i.				LK - n.i.	
dla:		K - 2,5				JK - n.i.				JK - n.i.	
		LJK - n.i.				LJK - n.i.					

Objaśnienia: Środki (K): A - NPK, B - obornik, C - gnojowica płynna, D - gnojowica flokulowana, E - granulat keratyno-koro-mocznikowy, F - poliakryloamid, G - osad ściekowy. Dawki (J): I - pełna dawka, II - 1/2 dawki pełnej, III - 1/3 dawki pełnej. Szczegółowy opis przedstawiono w rozdz. 4.

Tabela 9. Zawartość agregatów wodoodpornych o średnicy powyżej 1 mm (w %) w glebie piaszczystej i gliniastej

Dawki (J)	Środki (K)	Gleba piaszczysta					Gleba gliniasta				
		Lata (L)				Średnia z lat	Lata (L)				Średnia z lat
		1982	1983	1984	1985		1982	1983	1984	1985	
I	A	7,9	8,2	8,9	7,3	8,1	39,5	42,0	45,3	62,1	47,2
	B	21,7	12,1	15,9	18,5	17,1	52,4	57,3	55,8	65,0	57,6
	C	16,5	10,7	11,2	14,8	13,3	52,1	60,4	50,3	62,8	56,4
	D	15,2	11,4	12,5	12,7	13,0	44,4	52,8	52,7	66,4	54,1
	E	9,1	9,2	11,1	12,9	10,6	47,8	50,8	55,4	68,3	55,6
	F	22,6	11,6	18,1	14,1	16,6	56,8	51,5	58,1	68,2	58,6
	G	18,9	10,6	12,8	12,0	13,6	56,1	59,2	55,9	67,0	59,6
	$\bar{x}$	16,0	10,6	12,9	13,2	13,2	49,9	53,4	53,4	65,7	55,6
II	A	9,7	6,6	6,8	7,2	7,6	41,1	43,9	48,8	57,5	47,8
	B	12,5	11,1	11,6	11,4	11,7	55,1	56,2	60,9	68,2	60,1
	C	12,4	11,4	9,2	12,2	11,3	54,8	61,2	62,4	68,0	61,6
	D	16,9	12,5	11,9	16,2	14,4	42,9	54,2	53,6	59,4	52,5
	E	11,1	7,9	9,7	11,0	9,9	61,9	52,7	60,5	69,3	61,1
	F	17,0	12,0	13,2	14,4	14,2	46,0	55,1	57,3	64,8	55,8
	G	14,6	11,3	13,8	14,1	13,5	53,2	58,9	55,5	67,7	58,8
	$\bar{x}$	13,5	10,4	10,9	12,4	11,8	50,7	54,6	57,0	65,0	56,8
III	A	6,9	6,7	6,6	7,7	7,0	42,4	41,6	48,3	60,2	48,1
	B	12,3	9,9	15,8	14,7	13,2	51,3	53,7	56,8	69,2	57,8
	C	12,1	11,2	9,6	11,4	11,1	43,4	58,8	54,4	62,7	54,8
	D	12,5	9,0	10,7	12,1	11,1	46,6	57,4	60,9	67,7	58,2
	E	10,9	9,2	10,5	9,6	10,1	50,8	52,3	56,6	58,8	54,7
	F	11,9	12,7	11,9	14,0	12,6	48,7	48,7	59,5	71,6	57,1
	G	12,5	12,1	11,8	11,7	12,0	47,0	55,7	59,4	69,4	57,9
	$\bar{x}$	11,3	10,1	11,0	11,6	11,0	47,2	52,6	56,5	65,9	55,5
Średnie I-III	A	8,2	7,2	7,4	7,4	7,6	41,0	42,5	47,5	60,0	47,7
	B	15,5	11,0	14,4	14,9	14,0	52,9	55,7	57,8	67,5	58,5
	C	13,6	11,1	10,0	12,8	11,9	50,1	60,1	55,7	64,5	57,6
	D	14,9	11,0	11,7	13,7	12,8	44,6	54,8	55,8	64,5	54,9
	E	10,4	8,8	10,4	11,2	10,2	53,5	51,9	57,5	65,5	57,1
	F	17,2	12,1	14,4	14,2	14,5	50,5	51,8	58,3	68,2	57,2
	G	15,3	11,3	12,8	12,6	13,0	52,1	57,9	56,9	68,0	58,7
	$\bar{x}$	13,6	10,4	11,6	12,4	12,0	49,3	53,6	55,7	65,5	56,0
NIR											
P=0,01		L - n.i.		LJ - n.i.		L - 3,2*		LJ - n.i.*			
* P=0,05		J - 1,3		LK - n.i.		J - n.i.		LK - 7,7 *			
dla:		K - 1,9		JK - 3,3		K - 3,9		JK - 6,7			
		LJK - n.i.				LJK - n.i.					

Objaśnienia jak w tab. 8.

Tabela 10. Wartości średnie współczynnika wodoodporności K dla gleby piaszczystej i gliniastej

Dawki (J)	Środki (K)	Gleba piaszczysta					Gleba gliniasta				
		Lata (L)				Średnia z lat	Lata (L)				Średnia z lat
		1982	1983	1984	1985		1982	1983	1984	1985	
I	A	0,43	0,52	0,50	0,51	0,49	0,50	0,55	0,61	0,67	0,58
	B	0,62	0,65	0,66	0,67	0,65	0,68	0,69	0,69	0,74	0,70
	C	0,55	0,61	0,55	0,62	0,58	0,62	0,72	0,70	0,71	0,69
	D	0,59	0,58	0,57	0,54	0,57	0,55	0,69	0,66	0,76	0,66
	E	0,51	0,58	0,57	0,64	0,58	0,58	0,62	0,72	0,78	0,68
	F	0,76	0,65	0,68	0,62	0,68	0,70	0,65	0,73	0,77	0,71
	G	0,59	0,55	0,51	0,60	0,56	0,67	0,71	0,71	0,77	0,72
	$\bar{x}$	0,58	0,59	0,58	0,60	0,59	0,61	0,66	0,69	0,74	0,68
II	A	0,48	0,50	0,46	0,52	0,49	0,53	0,56	0,62	0,69	0,60
	B	0,54	0,64	0,61	0,59	0,60	0,67	0,69	0,76	0,78	0,73
	C	0,59	0,62	0,53	0,58	0,58	0,68	0,71	0,78	0,78	0,74
	D	0,59	0,60	0,60	0,64	0,61	0,55	0,66	0,71	0,71	0,66
	E	0,57	0,59	0,51	0,54	0,55	0,76	0,65	0,74	0,78	0,73
	F	0,67	0,61	0,58	0,67	0,64	0,59	0,67	0,73	0,76	0,69
	G	0,59	0,58	0,59	0,57	0,58	0,68	0,74	0,73	0,78	0,73
	$\bar{x}$	0,58	0,59	0,55	0,59	0,58	0,64	0,67	0,73	0,75	0,70
III	A	0,47	0,49	0,48	0,50	0,48	0,54	0,57	0,63	0,71	0,61
	B	0,60	0,70	0,65	0,58	0,63	0,64	0,66	0,74	0,78	0,71
	C	0,54	0,60	0,56	0,59	0,57	0,56	0,73	0,70	0,73	0,68
	D	0,58	0,58	0,61	0,60	0,59	0,57	0,66	0,77	0,78	0,70
	E	0,50	0,62	0,56	0,52	0,57	0,64	0,66	0,70	0,68	0,67
	F	0,55	0,65	0,57	0,59	0,59	0,61	0,61	0,72	0,79	0,68
	G	0,52	0,63	0,50	0,60	0,56	0,57	0,70	0,78	0,78	0,71
	$\bar{x}$	0,53	0,61	0,56	0,58	0,57	0,59	0,66	0,72	0,75	0,68
Średnie I-III	A	0,46	0,50	0,48	0,51	0,49	0,52	0,56	0,62	0,69	0,60
	B	0,59	0,67	0,64	0,62	0,63	0,66	0,68	0,74	0,77	0,71
	C	0,56	0,61	0,55	0,59	0,58	0,62	0,72	0,72	0,74	0,70
	D	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,55	0,67	0,71	0,75	0,67
	E	0,53	0,60	0,55	0,59	0,57	0,66	0,64	0,72	0,75	0,69
	F	0,66	0,64	0,61	0,63	0,63	0,63	0,64	0,73	0,77	0,70
	G	0,57	0,59	0,53	0,59	0,57	0,64	0,72	0,74	0,78	0,72
	$\bar{x}$	0,56	0,60	0,57	0,59	0,58	0,61	0,66	0,71	0,75	0,68
NIR		L - n.i.					L - 0,11*				
P=0,01		J - n.i.					J - n.i.				
* P=0,05		K - 0,04					K - 0,04				
dla:		LJK - n.i.					LJK - n.i.				

Objaśnienia jak w tab. 8.

Tabela 11. Wartości średnie liczbowego wskaźnika agregacji w stanie powietrznie suchym (LWAs) dla gleby piaszczystej i gliniastej

Dawki (J)	Środki (K)	Gleba piaszczysta					Gleba gliniasta				
		Lata (L)				Średnia z lat	Lata (L)				Średnia z lat
		1982	1983	1984	1985		1982	1983	1984	1985	
I	A	353	235	232	247	267	462	421	411	374	417
	B	340	253	251	250	273	441	452	436	410	435
	C	308	227	287	236	264	437	432	433	401	426
	D	310	270	280	211	268	436	436	430	409	428
	E	314	241	278	241	267	466	427	443	396	433
	F	302	243	288	201	258	501	473	453	410	459
	G	331	244	292	228	274	471	441	466	359	434
	$\bar{x}$	322	245	273	231	268	459	440	439	394	433
II	A	294	270	232	249	261	426	441	431	396	423
	B	295	241	228	241	251	430	454	432	417	433
	C	331	256	296	236	279	481	431	467	387	441
	D	311	254	255	209	257	445	456	433	353	422
	E	312	215	251	216	249	474	482	458	372	447
	F	332	236	267	220	264	437	466	434	406	435
	G	332	241	268	234	269	436	448	479	434	449
	$\bar{x}$	315	245	257	229	261	447	454	448	394	436
III	A	336	222	233	243	258	425	437	443	369	419
	B	323	233	274	234	266	413	466	402	382	416
	C	339	270	287	217	278	430	451	456	419	439
	D	324	234	237	204	250	434	460	405	435	434
	E	315	241	244	229	257	464	437	436	376	428
	F	347	253	266	189	264	433	460	439	378	428
	G	316	242	272	239	267	431	459	484	418	448
	$\bar{x}$	328	242	259	222	263	433	453	438	396	430
Średnie I-III	A	327	242	232	246	262	437	433	428	380	420
	B	319	242	251	242	264	428	457	424	403	428
	C	326	251	290	230	274	449	438	452	402	435
	D	315	253	257	208	258	438	451	423	399	428
	E	314	232	258	228	258	468	449	446	381	436
	F	327	244	274	203	262	457	466	442	397	441
	G	326	243	277	234	270	446	450	477	404	444
	$\bar{x}$	322	244	263	227	264	446	449	442	395	433
NIR											
P=0,01											
*·P=0,05											
dla:											
		L - 79*				LJ - n.i.*		L - n.i.		LJ - n.i.	
		J - n.i.				LK - 41		J - n.i.		LK - n.i.	
		K - n.i.				JK - n.i.		K - 22		JK - n.i.	
		LJK - n.i.						LJK - n.i.			

Objaśnienia jak w tab. 8.

Tabela 12. Wartości średnie liczbowego wskaźnika agregacji po przesianiu w wodzie (LWam) dla gleby piaszczystej i gliniastej

Dawki (J)	Środki (K)	Gleba piaszczysta					Gleba gliniasta				
		Lata (L)				Średnia z lat	Lata (L)				Średnia z lat
		1982	1983	1984	1985		1982	1983	1984	1985	
I	A	268	199	209	247	231	471	443	419	459	448
	B	278	217	246	245	246	568	525	502	503	525
	C	249	193	263	234	235	538	542	468	547	524
	D	257	223	236	198	229	542	511	498	484	509
	E	288	203	218	242	238	541	487	525	475	507
	F	282	196	245	199	230	582	523	469	532	526
	G	294	202	255	225	244	572	541	514	428	514
	$\bar{x}$	274	205	239	227	236	545	510	485	490	507
II	A	269	228	218	247	241	444	441	458	431	444
	B	245	200	212	238	224	578	564	515	470	532
	C	268	201	242	223	234	574	504	527	488	523
	D	278	211	212	214	229	532	540	480	447	500
	E	259	184	193	211	212	636	503	528	485	538
	F	329	206	222	217	244	533	547	480	503	516
	G	289	197	221	243	238	580	538	516	519	538
	$\bar{x}$	277	204	217	228	231	554	520	501	478	513
III	A	283	193	212	245	233	388	437	455	440	423
	B	303	186	254	229	243	521	544	523	479	517
	C	293	220	246	212	243	471	504	436	531	486
	D	288	186	223	206	226	526	485	453	520	496
	E	262	201	198	208	217	539	491	475	500	501
	F	277	224	221	196	230	512	504	489	479	496
	G	263	212	243	232	238	496	554	485	548	521
	$\bar{x}$	281	203	228	218	233	493	503	474	495	491
Średnie I-III	A	274	207	213	247	235	434	440	444	434	438
	B	275	201	237	238	238	556	544	513	484	524
	C	270	205	250	223	237	528	516	477	522	511
	D	274	207	224	206	228	533	512	477	484	501
	E	270	196	203	220	222	572	494	509	487	516
	F	296	209	229	204	235	542	524	479	504	513
	G	282	204	240	233	240	549	545	505	498	524
	$\bar{x}$	277	204	228	224	233	531	511	486	488	504
NIR											
P=0,01		L - 43		LJ - n.i.		L - n.i.		LJ - 39*			
* P=0,05		J - n.i.		LK - 37		J - 16		LK - n.i.			
dla:		K - n.i.		JK - n.i.		K - 36		JK - n.i.			
		LJK - n.i.				LJK - n.i.					

Objaśnienia jak w tab. 8.

Tabela 13. Wartości średnie współczynnika wodoodporności WW dla gleby piaszczystej i gliniastej

Dawki (J)	Środki (K)	Gleba piaszczysta					Gleba gliniasta				
		Lata (L)				Średnia z lat	Lata (L)				Średnia z lat
		1982	1983	1984	1985		1982	1983	1984	1985	
I	A	0,79	0,84	0,91	1,00	0,88	1,03	1,06	1,04	1,23	1,09
	B	0,82	0,86	0,98	0,98	0,91	1,28	1,19	1,16	1,26	1,22
	C	0,79	0,85	0,92	0,99	0,89	1,29	1,34	1,10	1,36	1,27
	D	0,83	0,83	0,88	0,95	0,87	1,25	1,29	1,17	1,19	1,23
	E	0,92	0,84	0,86	1,00	0,91	1,18	1,21	1,20	1,20	1,20
	F	0,94	0,80	0,89	0,99	0,90	1,18	1,11	1,04	1,34	1,17
	G	0,88	0,82	0,89	0,99	0,90	1,27	1,31	1,10	1,21	1,22
	$\bar{x}$	0,85	0,84	0,91	0,99	0,89	1,21	1,22	1,11	1,26	1,20
II	A	0,87	0,86	0,97	1,00	0,92	1,05	1,01	1,07	1,09	1,06
	B	0,84	0,83	0,94	0,99	0,90	1,34	1,25	1,20	1,13	1,23
	C	0,82	0,79	0,83	0,96	0,85	1,20	1,25	1,15	1,28	1,22
	D	0,90	0,83	0,90	1,03	0,91	1,20	1,29	1,14	1,27	1,23
	E	0,82	0,86	0,86	0,98	0,88	1,35	1,04	1,17	1,31	1,22
	F	0,99	0,88	0,89	0,99	0,94	1,23	1,23	1,09	1,26	1,20
	G	0,88	0,82	0,89	1,03	0,91	1,34	1,31	1,09	1,20	1,23
	$\bar{x}$	0,87	0,84	0,90	1,00	0,90	1,24	1,20	1,13	1,22	1,20
III	A	0,80	0,88	0,93	1,03	0,91	0,94	1,01	1,03	1,10	1,02
	B	0,94	0,80	0,93	0,99	0,92	1,29	1,18	1,31	1,28	1,27
	C	0,87	0,81	0,83	0,98	0,87	1,11	1,20	0,96	1,28	1,14
	D	0,89	0,80	0,95	1,00	0,91	1,20	1,14	1,12	1,22	1,17
	E	0,83	0,83	0,91	0,92	0,87	1,18	1,20	1,09	1,34	1,21
	F	0,81	0,89	0,88	1,04	0,90	1,19	1,15	1,11	1,35	1,20
	G	0,83	0,88	0,92	0,98	0,90	1,16	1,27	1,00	1,46	1,22
	$\bar{x}$	0,85	0,84	0,91	0,99	0,90	1,15	1,17	1,09	1,29	1,17
Średnie I-III	A	0,82	0,86	0,93	1,01	0,91	1,01	1,03	1,05	1,14	1,05
	B	0,87	0,83	0,95	0,99	0,91	1,30	1,21	1,22	1,23	1,24
	C	0,83	0,82	0,86	0,98	0,87	1,20	1,27	1,07	1,30	1,21
	D	0,88	0,82	0,91	0,99	0,90	1,22	1,24	1,14	1,28	1,21
	E	0,86	0,84	0,88	0,97	0,89	1,24	1,15	1,15	1,29	1,21
	F	0,91	0,86	0,89	1,00	0,91	1,20	1,16	1,08	1,32	1,19
	G	0,86	0,84	0,90	1,00	0,90	1,26	1,30	1,06	1,29	1,23
	$\bar{x}$	0,86	0,84	0,90	0,99	0,90	1,20	1,19	1,11	1,26	1,19
NIR											
P=0,01		L - n.i.		LJ - n.i.		L - n.i.		LJ - 0,31*			
* P=0,05		J - n.i.		LK - n.i.		J - n.i.		LK - 0,17			
dla:		K - n.i.		JK - n.i.		K - 0,09		JK - n.i.			
		LJK - n.i.		LJK - n.i.							

Objaśnienia jak w tab. 8.

Tabela 14. Wartości średnie gęstości (w G/cm³) gleby piaszczystej i gliniastej

Dawki Środki (J) (K)		Gleba piaszczysta					Gleba gliniasta				
		Lata (L)				Średnia z lat	Lata (L)				Średnia z lat
		1982	1983	1984	1985		1982	1983	1984	1985	
I	A	1,54	1,53	1,55	1,57	1,55	1,52	1,48	1,51	1,48	1,50
	B	1,45	1,48	1,52	1,48	1,48	1,41	1,43	1,44	1,40	1,42
	C	1,53	1,52	1,55	1,52	1,53	1,44	1,50	1,36	1,48	1,44
	D	1,48	1,50	1,50	1,50	1,49	1,44	1,31	1,38	1,43	1,39
	E	1,49	1,47	1,51	1,54	1,50	1,46	1,39	1,34	1,39	1,40
	F	1,45	1,48	1,49	1,50	1,48	1,45	1,33	1,38	1,40	1,39
	G	1,47	1,51	1,52	1,51	1,50	1,39	1,34	1,35	1,34	1,36
	$\bar{x}$	1,49	1,50	1,52	1,52	1,51	1,44	1,40	1,40	1,42	1,41
II	A	1,57	1,55	1,55	1,57	1,56	1,51	1,48	1,50	1,47	1,49
	B	1,50	1,45	1,45	1,49	1,48	1,48	1,41	1,39	1,37	1,41
	C	1,52	1,52	1,49	1,49	1,50	1,46	1,44	1,35	1,42	1,42
	D	1,47	1,51	1,48	1,44	1,47	1,40	1,43	1,35	1,43	1,40
	E	1,50	1,53	1,46	1,50	1,50	1,45	1,39	1,39	1,44	1,42
	F	1,48	1,38	1,47	1,51	1,46	1,38	1,42	1,33	1,35	1,37
	G	1,49	1,46	1,49	1,48	1,48	1,35	1,38	1,40	1,37	1,37
	$\bar{x}$	1,51	1,49	1,48	1,50	1,49	1,43	1,42	1,39	1,41	1,41
III	A	1,53	1,55	1,56	1,56	1,55	1,50	1,43	1,53	1,49	1,49
	B	1,51	1,48	1,50	1,52	1,50	1,43	1,36	1,41	1,43	1,41
	C	1,51	1,53	1,53	1,51	1,52	1,43	1,44	1,39	1,45	1,43
	D	1,44	1,50	1,46	1,51	1,48	1,46	1,32	1,37	1,48	1,41
	E	1,49	1,49	1,51	1,50	1,50	1,39	1,39	1,32	1,53	1,41
	F	1,46	1,50	1,44	1,50	1,47	1,46	1,34	1,32	1,39	1,38
	G	1,48	1,44	1,46	1,48	1,47	1,44	1,34	1,38	1,32	1,39
	$\bar{x}$	1,49	1,50	1,49	1,51	1,50	1,45	1,37	1,39	1,46	1,42
Średnie I-III	A	1,55	1,54	1,56	1,57	1,55	1,51	1,46	1,51	1,48	1,49
	B	1,49	1,47	1,49	1,50	1,49	1,44	1,40	1,41	1,40	1,41
	C	1,52	1,52	1,52	1,51	1,52	1,45	1,46	1,37	1,45	1,43
	D	1,46	1,50	1,48	1,48	1,48	1,43	1,35	1,37	1,45	1,40
	E	1,49	1,50	1,49	1,51	1,50	1,43	1,39	1,35	1,46	1,41
	F	1,46	1,45	1,47	1,50	1,47	1,43	1,37	1,34	1,38	1,38
	G	1,48	1,47	1,49	1,49	1,48	1,39	1,35	1,38	1,38	1,37
	$\bar{x}$	1,49	1,50	1,50	1,51	1,50	1,44	1,40	1,39	1,43	1,41
NIR											
P=0,01		L - 0,01*		LJ - n.i.		L - 0,05*		LJ - 0,05*			
* P=0,05		J - n.i.		LK - n.i.		J - n.i.		LK - 0,08			
dla:		K - 0,02		JK - n.i.		K - 0,04		JK - n.i.			
		LJK - 0,13*				LJK - n.i.					

Objaśnienia jak w tab. 8.

Tabela 15. Wartości średnie wilgotności aktualnej (w % wag.)
gleby piaszczystej i gliniastej

Dawki Środki (J) (K)		Gleba piaszczysta					Gleba gliniasta				
		Lata (L)				Średnia z lat	Lata (L)				Średnia z lat
		1982	1983	1984	1985		1982	1983	1984	1985	
I	A	7,3	6,0	8,3	7,7	7,3	22,3	17,8	15,4	18,5	18,5
	B	9,3	6,8	8,7	8,1	8,2	21,1	18,1	15,9	19,3	18,6
	C	7,7	6,5	8,3	9,4	8,0	22,4	19,5	17,3	20,2	19,8
	D	7,5	7,2	8,7	8,1	7,9	23,5	18,2	16,0	18,8	19,1
	E	7,8	6,2	8,4	7,7	7,5	21,8	17,8	17,5	18,9	19,0
	F	7,1	6,7	8,7	8,1	7,6	22,1	17,4	16,5	20,1	19,0
	G	8,2	6,5	8,7	8,7	8,0	24,1	18,0	16,0	19,3	19,4
	$\bar{x}$	7,8	6,5	8,5	8,3	7,8	22,5	18,1	16,4	19,3	19,1
II	A	5,6	5,6	8,2	7,7	6,7	22,0	17,6	15,0	18,1	18,2
	B	7,2	6,2	8,1	8,0	7,4	22,1	18,6	16,0	18,9	18,9
	C	7,7	6,0	8,4	7,9	7,5	24,8	18,4	16,1	17,4	19,2
	D	7,1	5,9	8,4	8,0	7,3	24,1	18,2	16,2	18,1	19,2
	E	6,7	6,1	9,2	8,6	7,6	21,2	18,5	17,3	19,1	19,0
	F	7,1	6,5	8,1	9,1	7,7	22,2	17,9	15,8	18,9	18,7
	G	6,9	6,7	9,6	8,0	7,8	25,9	17,9	17,1	18,8	19,9
	$\bar{x}$	6,9	6,1	8,6	8,2	7,4	23,2	18,2	16,2	18,5	19,0
III	A	6,9	5,7	8,3	7,6	7,1	21,2	17,4	16,4	16,0	17,8
	B	7,8	6,8	8,9	8,4	8,0	21,0	19,2	16,5	18,8	18,9
	C	7,5	6,4	8,2	7,5	7,4	22,1	17,4	16,9	16,9	18,4
	D	7,5	6,5	8,2	7,7	7,5	22,9	17,8	16,5	17,6	18,7
	E	7,2	6,1	9,6	7,8	7,7	21,3	18,4	17,2	17,0	18,5
	F	7,4	5,9	8,6	8,4	7,6	19,4	18,0	16,1	18,1	17,9
	G	7,6	6,1	8,8	10,7	8,3	22,8	18,2	16,5	17,5	18,7
	$\bar{x}$	7,4	6,2	8,7	8,3	7,7	21,6	18,0	16,6	17,4	18,4
Średnie I-III	A	6,6	5,8	8,2	7,7	7,1	21,8	17,6	15,6	17,5	18,1
	B	8,1	6,6	8,6	8,2	7,9	21,4	18,6	16,2	19,0	18,8
	C	7,6	6,3	8,3	8,3	7,6	23,1	18,4	16,8	18,2	19,1
	D	7,4	6,5	8,4	7,9	7,6	23,5	18,1	16,2	18,2	19,0
	E	7,2	6,1	9,0	8,1	7,6	21,4	18,2	17,3	18,3	18,8
	F	7,2	6,3	8,5	8,5	7,6	21,3	17,7	16,1	19,0	18,5
	G	7,6	6,4	9,0	9,2	8,1	24,2	18,0	16,5	18,5	19,3
	$\bar{x}$	7,4	6,3	8,6	8,2	7,6	22,4	18,1	16,4	18,4	18,8
NIR											
P=0,01		L - 0,4		LJ - 0,6		*	L - 0,9		LJ - 1,0		
* P=0,05		J - 0,2		LK - 0,7			J - 0,4		LK - 1,3		
dla:		K - 0,4		JK - 0,6		*	K - 0,6		JK - n.i.		
		LJK - 2,9					LJK - n.i.				

Objaśnienia jak w tab. 8.

Tabela 16. Maksymalna pojemność wodna (w % wag.) gleby piaszczystej i gliniastej

Dawki (J)	Środki (K)	Gleba piaszczysta					Gleba gliniasta				
		Lata (L)				Średnia z lat	Lata (L)				Średnia z lat
		1982	1983	1984	1985		1982	1983	1984	1985	
I	A	20,0	19,7	20,3	18,1	19,5	24,2	28,2	26,3	23,3	25,5
	B	24,3	21,8	21,2	19,1	21,6	25,2	29,1	32,2	26,7	28,3
	C	19,9	19,1	21,0	17,5	19,4	25,5	32,2	31,6	25,4	28,7
	D	21,7	20,4	21,0	19,6	20,7	27,8	35,2	27,5	24,5	28,7
	E	19,8	23,2	21,6	18,6	20,8	25,5	28,6	28,5	24,0	26,6
	F	21,1	20,7	22,7	19,0	20,9	28,2	39,0	31,9	23,7	30,7
	G	21,4	21,1	21,7	18,9	20,8	26,5	39,5	38,1	26,9	32,8
	$\bar{x}$	21,2	20,8	21,4	18,7	20,5	26,1	33,1	30,8	24,9	28,8
II	A	18,6	20,1	19,9	17,6	19,0	22,6	29,9	26,2	23,7	25,6
	B	19,4	23,2	20,9	18,7	20,5	25,1	33,8	29,9	26,4	28,8
	C	19,1	20,4	21,0	17,9	19,6	24,6	34,6	33,3	27,2	29,9
	D	21,5	19,7	20,6	18,6	20,1	25,8	36,6	29,4	24,8	29,1
	E	19,9	20,9	20,3	18,7	19,9	27,9	29,7	29,4	27,6	28,7
	F	20,9	25,3	20,8	19,1	21,5	25,4	33,8	30,9	27,7	29,4
	G	21,6	22,3	21,2	19,5	21,2	27,2	36,4	34,2	24,6	30,6
	$\bar{x}$	20,2	21,7	20,7	18,6	20,3	25,5	33,5	30,5	26,0	28,9
III	A	19,8	21,1	19,5	17,8	19,5	24,1	25,8	24,9	20,2	23,8
	B	20,8	21,4	20,5	19,6	20,6	24,5	31,5	29,0	23,7	27,2
	C	21,4	21,1	20,4	18,0	20,2	24,3	31,9	32,7	21,1	27,5
	D	24,9	21,7	19,8	18,9	21,3	26,9	32,3	28,8	22,9	27,7
	E	23,5	22,0	21,5	18,7	21,4	25,7	32,0	29,4	20,6	26,9
	F	20,7	23,5	19,6	18,7	20,6	23,4	34,5	33,2	26,3	29,4
	G	21,3	21,0	20,8	20,2	20,8	25,7	35,1	34,8	23,5	29,8
	$\bar{x}$	21,8	21,7	20,3	18,8	20,6	24,9	31,9	30,4	22,6	27,5
Średnie I-III	A	19,5	20,3	19,9	17,8	19,4	23,6	28,0	25,8	22,4	25,0
	B	21,5	22,1	20,9	19,1	20,9	24,9	31,5	30,4	25,6	28,1
	C	20,1	20,2	20,8	17,8	19,7	24,8	32,9	32,5	24,6	28,7
	D	22,7	20,6	20,5	19,0	20,7	26,8	34,7	28,5	24,1	28,5
	E	21,1	22,0	21,1	18,7	20,7	26,4	30,1	29,1	24,1	27,4
	F	20,9	23,2	21,0	18,9	21,0	25,6	35,7	32,0	25,9	29,8
	G	21,4	21,5	21,2	19,5	20,9	26,5	37,0	35,7	25,0	31,1
	$\bar{x}$	21,0	21,4	20,8	18,7	20,5	25,5	32,8	30,6	24,5	28,4
NIR											
P=0,01		L - 0,7		LJ - 0,9		L - 2,4		LJ - n.i.			
* P=0,05		J - n.i.		LK - 1,5		J - 1,2		LK - 3,9			
dla:		K - 0,8		JK - 1,3		K - 1,9		JK - n.i.			
		LJK - 5,3				LJK - n.i.					

Objaśnienia jak w tab. 8.

Tabela 17. Zawartość węgla organicznego ogółem (w %) w glebie piaszczystej i gliniastej

Dawki (J)	Środki (K)	Gleba piaszczysta					Gleba gliniasta				
		Lata (L)				Średnia z lat	Lata (L)				Średnia z lat
		1982	1983	1984	1985		1982	1983	1984	1985	
I	A	0,39	0,38	0,32	0,37	0,36	1,08	1,05	0,94	0,95	1,00
	B	0,57	0,48	0,40	0,40	0,47	1,31	1,18	1,05	0,99	1,13
	C	0,48	0,40	0,38	0,38	0,42	1,29	1,10	1,03	1,00	1,12
	D	0,50	0,43	0,38	0,38	0,42	1,28	1,14	1,09	1,01	1,13
	E	0,46	0,45	0,38	0,35	0,42	1,17	1,06	0,99	0,92	1,04
	F	0,45	0,39	0,37	0,35	0,39	1,15	1,06	0,95	0,92	1,03
	G	0,51	0,45	0,38	0,39	0,43	1,27	1,12	1,04	1,01	1,11
	$\bar{x}$	0,48	0,43	0,38	0,38	0,42	1,22	1,11	1,01	0,97	1,08
II	A	0,39	0,38	0,36	0,37	0,37	1,10	1,00	0,95	0,98	1,00
	B	0,51	0,50	0,45	0,40	0,47	1,24	1,21	1,12	1,10	1,17
	C	0,45	0,49	0,37	0,38	0,43	1,25	1,21	1,00	1,00	1,13
	D	0,49	0,45	0,41	0,38	0,43	1,17	1,17	1,04	1,02	1,09
	E	0,40	0,46	0,40	0,39	0,42	1,05	1,05	0,99	0,96	1,02
	F	0,44	0,39	0,37	0,37	0,39	1,14	1,05	0,99	1,00	1,05
	G	0,49	0,44	0,40	0,42	0,44	1,14	1,13	1,05	1,05	1,09
	$\bar{x}$	0,46	0,45	0,40	0,38	0,42	1,16	1,11	1,03	1,02	1,08
III	A	0,38	0,42	0,33	0,32	0,36	1,04	0,98	0,95	0,89	0,96
	B	0,42	0,45	0,42	0,40	0,44	1,22	1,16	1,11	1,05	1,14
	C	0,44	0,44	0,36	0,32	0,40	1,18	1,11	1,06	0,90	1,08
	D	0,45	0,41	0,42	0,37	0,41	1,19	1,10	1,00	1,05	1,08
	E	0,43	0,40	0,42	0,36	0,42	1,06	1,05	1,01	0,93	1,02
	F	0,42	0,37	0,35	0,33	0,37	1,02	1,01	0,97	0,98	1,01
	G	0,49	0,47	0,40	0,38	0,44	1,19	1,12	1,08	1,05	1,11
	$\bar{x}$	0,45	0,43	0,39	0,36	0,41	1,15	1,07	1,03	0,98	1,07
Średnie I-III	A	0,38	0,39	0,34	0,35	0,37	1,06	1,00	0,95	0,93	0,98
	B	0,52	0,48	0,44	0,40	0,46	1,26	1,18	1,09	1,05	1,15
	C	0,46	0,45	0,38	0,37	0,42	1,24	1,16	1,04	0,99	1,11
	D	0,48	0,43	0,40	0,38	0,42	1,20	1,12	1,07	1,00	1,10
	E	0,44	0,46	0,40	0,38	0,42	1,10	1,06	0,99	0,95	1,03
	F	0,45	0,38	0,36	0,35	0,38	1,13	1,04	0,97	0,97	1,03
	G	0,50	0,45	0,39	0,40	0,44	1,20	1,13	1,06	1,04	1,11
	$\bar{x}$	0,46	0,43	0,39	0,38	0,41	1,17	1,10	1,03	0,99	1,07
NIR											
P=0,01		L - 0,06		LJ - 0,02		L - 0,08		LJ - 0,03			
* P=0,05		J - 0,01		LK - 0,03		J - 0,01		LK - 0,05*			
dla:		K - 0,01		JK - n.i.		K - 0,03		JK - 0,05			
		LJK - 0,09				LJK - n.i.					

Objaśnienia jak w tab. 8.

Tabela 18. Odczyn gleby gliniastej i piaszczystej w doświadczeniu polowym w Sobieszynie (pH w 1 M KCl)

Dawki Środki (J) (K)		Gleba piaszczysta					Gleba gliniasta				
		Lata (L)				Średnia z lat	Lata (L)				Średnia z lat
		1982	1983	1984	1985		1982	1983	1984	1985	
I	A	4,8	4,7	4,4	4,3	4,5	6,4	6,5	6,2	6,5	6,4
	B	5,2	4,9	4,8	4,5	4,8	7,1	6,9	6,8	6,6	6,8
	C	4,8	4,6	4,5	4,1	4,5	6,6	6,2	6,5	6,4	6,4
	D	5,0	4,9	4,7	4,4	4,7	6,9	6,8	6,6	6,4	6,7
	E	4,5	4,5	4,3	4,1	4,3	6,3	6,2	6,1	6,4	6,2
	F	4,9	4,7	4,5	4,3	4,6	6,6	6,6	6,3	6,3	6,4
	G	5,5	5,2	5,2	5,0	5,2	7,0	6,8	7,0	6,8	6,9
	$\bar{x}$	4,9	4,8	4,6	4,4	4,7	6,7	6,5	6,5	6,5	6,5
II	A	4,7	4,7	4,5	4,5	4,6	6,4	6,5	6,4	6,5	6,4
	B	5,0	5,0	4,7	4,6	4,8	7,0	6,9	6,8	6,6	6,8
	C	4,9	4,7	4,5	4,2	4,6	6,6	6,3	6,3	6,2	6,3
	D	5,1	4,9	4,5	4,3	4,7	6,9	6,7	6,7	6,5	6,7
	E	4,5	4,5	4,3	4,1	4,3	6,5	6,2	5,9	6,1	6,2
	F	4,8	4,6	4,6	4,3	4,6	6,6	6,7	6,6	6,5	6,6
	G	5,4	5,4	5,2	5,2	5,3	7,0	6,9	7,0	6,8	6,9
	$\bar{x}$	4,9	4,8	4,6	4,4	4,7	6,7	6,6	6,6	6,4	6,6
III	A	4,7	4,7	4,3	4,3	4,5	6,4	6,5	6,2	6,4	6,4
	B	4,9	5,0	5,0	4,7	4,9	6,8	6,9	6,9	6,6	6,8
	C	4,8	4,7	4,5	4,2	4,5	6,6	6,3	6,3	6,0	6,3
	D	4,8	4,8	4,6	4,4	4,6	6,7	6,6	6,6	6,6	6,6
	E	4,5	4,5	4,3	4,0	4,3	6,5	6,1	5,9	6,1	6,1
	F	4,6	4,7	4,4	4,1	4,4	6,5	6,4	6,4	6,3	6,4
	G	5,1	5,1	5,3	5,0	5,1	6,8	7,0	6,9	6,7	6,8
	$\bar{x}$	4,7	4,8	4,6	4,4	4,6	6,6	6,5	6,4	6,4	6,5
Średnie I-III	A	4,7	4,7	4,4	4,4	4,5	6,4	6,5	6,3	6,5	6,4
	B	5,0	5,0	4,8	4,6	4,8	7,0	6,9	6,8	6,6	6,8
	C	4,8	4,7	4,5	4,2	4,5	6,6	6,3	6,4	6,2	6,4
	D	5,0	4,9	4,6	4,4	4,7	6,8	6,7	6,6	6,5	6,6
	E	4,5	4,5	4,3	4,1	4,3	6,4	6,2	6,0	6,2	6,2
	F	4,8	4,7	4,5	4,2	4,5	6,6	6,6	6,4	6,4	6,5
	G	5,3	5,2	5,2	5,1	5,2	6,9	6,9	7,0	6,8	6,9
	$\bar{x}$	4,8	4,8	4,6	4,4	4,7	6,6	6,6	6,5	6,4	6,5
NIR											
P=0,01		L - 0,1		LJ - 0,1*		L - 0,1		LJ - n.i.			
* P=0,05		J - 0,1		LK - 0,2		J - 0,1		LK - 0,2			
dla:		K - 0,1		JK - 0,2		K - 0,1		JK - 0,1			
		LJK - 0,4*		LJK - 0,5							

Objaśnienia jak w tab. 8.

Tabela 19. Kwasowość hydrolityczna (w mmol (+)/1 kg) gleby
piaszczystej i gliniastej

Dawki (J)	Środki (K)	Gleba piaszczysta					Gleba gliniasta				
		Lata (I)				Średnia z lat	Lata (I)				Średnia z lat
		1982	1983	1984	1985		1982	1983	1984	1985	
I	A	1,72	1,83	1,90	1,70	1,81	1,17	0,95	1,60	1,25	1,25
	B	1,06	1,66	1,70	1,21	1,43	0,93	0,73	1,15	1,05	0,95
	C	1,26	1,52	1,89	1,38	1,51	1,05	1,00	1,18	1,18	1,11
	D	1,60	1,89	1,98	1,46	1,74	1,07	1,03	1,27	1,35	1,17
	E	1,77	1,95	1,67	1,40	1,71	1,25	0,96	1,39	1,35	1,22
	F	1,44	1,67	1,75	1,82	1,67	0,96	0,95	1,25	1,30	1,11
	G	1,72	1,85	1,46	1,62	1,67	0,81	0,85	1,01	0,99	0,92
	$\bar{x}$	1,52	1,77	1,77	1,53	1,65	1,03	0,93	1,25	1,21	1,11
II	A	1,45	1,55	1,85	1,58	1,60	1,10	0,79	1,31	1,31	1,03
	B	1,43	1,71	1,81	1,72	1,68	0,94	0,94	1,32	1,00	1,06
	C	1,76	1,49	1,75	1,55	1,64	1,01	0,98	1,15	1,38	1,13
	D	1,66	1,67	1,55	1,64	1,62	0,90	0,78	1,14	0,91	0,93
	E	1,30	1,59	1,77	1,82	1,64	0,98	0,87	1,37	1,25	1,12
	F	1,50	1,52	1,58	1,45	1,46	0,89	0,99	0,99	1,05	0,97
	G	1,36	1,30	1,60	1,94	1,56	0,85	0,74	0,98	0,90	0,85
	$\bar{x}$	1,47	1,54	1,71	1,68	1,60	0,95	0,87	1,17	1,08	1,02
III	A	1,38	1,52	1,32	1,58	1,46	1,04	1,00	1,37	1,23	1,17
	B	1,90	1,53	1,59	2,12	1,78	1,00	0,90	1,35	1,35	1,16
	C	1,50	1,84	1,86	2,10	1,84	1,09	1,01	1,34	1,52	1,23
	D	1,39	1,49	1,40	1,88	1,56	0,96	0,93	1,25	1,10	1,05
	E	1,56	1,65	1,14	1,66	1,51	0,94	1,05	1,32	1,48	1,20
	F	1,22	1,54	1,50	2,04	1,59	0,97	0,97	1,23	1,37	1,14
	G	1,23	1,45	1,61	1,47	1,45	0,96	0,80	0,96	1,17	0,96
	$\bar{x}$	1,46	1,59	1,50	1,85	1,60	1,00	0,96	1,26	1,31	1,13
Średnie I-III	A	1,51	1,65	1,69	1,65	1,62	1,11	0,92	1,42	1,18	1,16
	B	1,46	1,64	1,73	1,70	1,63	0,96	0,86	1,26	1,15	1,06
	C	1,51	1,62	1,83	1,70	1,66	1,05	1,00	1,23	1,35	1,16
	D	1,57	1,67	1,67	1,66	1,64	0,94	0,92	1,21	1,12	1,05
	E	1,57	1,74	1,53	1,65	1,62	1,06	0,97	1,36	1,35	1,18
	F	1,33	1,58	1,60	1,78	1,57	0,94	0,97	1,14	1,23	1,07
	G	1,44	1,53	1,57	1,69	1,56	0,87	0,80	0,96	1,00	0,91
	$\bar{x}$	1,48	1,63	1,66	1,69	1,62	1,00	0,92	1,23	1,20	1,06
NIR											
P=0,01		L - n.i.		LJ - 0,07		L - 0,24		LJ - 0,11			
* P=0,05		J - n.i.		LK - n.i.		J - 0,05		LK - 0,16			
dla:		K - n.i.		JK - 0,08		K - 0,08		JK - 0,14			
		LJK - n.i.				LJK - 0,44*					

Objaśnienia jak w tab. 8.

Tabela 20. Suma zasad wymiennych (w mmol (+)/1 kg) w glebie piaszczystej i gliniastej

Dawki (J)	Środki (K)	Gleba piaszczysta					Gleba gliniasta				
		Lata (I)				Średnia z lat	Lata (I)				Średnia z lat
		1982	1983	1984	1985		1982	1983	1984	1985	
I	A	2,11	1,69	1,54	1,39	1,66	18,00	16,65	16,70	16,50	16,94
	B	3,43	2,65	2,30	2,33	2,69	19,97	19,79	18,00	18,32	19,04
	C	3,12	2,42	2,04	1,98	2,40	20,03	19,20	17,64	17,32	18,55
	D	2,70	2,40	2,07	1,87	2,27	19,50	18,60	17,58	16,60	18,09
	E	2,16	2,00	2,14	1,70	2,02	18,97	17,51	16,83	16,71	17,51
	F	2,71	2,18	2,07	1,78	2,18	18,29	18,62	16,90	16,60	17,60
	G	2,93	2,60	2,78	2,16	2,63	26,96	23,50	22,66	19,56	23,19
	$\bar{x}$	2,74	2,29	2,14	1,89	2,26	20,26	19,14	18,06	17,37	18,71
II	A	1,99	1,67	1,60	1,08	1,58	17,59	17,09	16,44	17,34	17,10
	B	2,54	2,50	2,41	1,80	2,32	19,61	19,26	18,03	19,30	19,07
	C	2,39	2,36	2,30	1,72	2,20	19,78	20,02	17,90	17,21	18,75
	D	2,52	2,51	2,64	1,91	2,41	20,13	19,32	18,28	17,56	18,83
	E	2,40	1,90	2,25	1,61	2,04	19,00	19,20	17,41	17,03	18,31
	F	2,51	2,22	2,16	1,90	2,20	18,56	19,54	17,69	15,60	18,32
	G	2,93	2,99	2,70	1,85	2,63	23,88	23,28	22,90	19,37	22,37
	$\bar{x}$	2,47	2,31	2,31	1,71	2,20	19,80	18,67	18,35	18,01	18,93
III	A	1,81	1,38	1,47	1,25	1,47	16,58	17,20	16,32	16,54	16,64
	B	2,41	2,53	2,37	1,68	2,25	18,70	18,79	16,64	17,03	17,81
	C	2,55	1,99	1,82	1,20	1,91	18,31	18,51	17,11	15,62	17,39
	D	2,70	2,71	2,40	1,75	2,41	17,74	18,76	17,10	16,97	17,64
	E	2,30	1,90	2,49	1,41	2,04	19,10	17,90	16,95	15,57	17,39
	F	2,52	2,18	2,02	1,76	2,12	17,25	17,70	16,27	15,22	16,61
	G	2,99	2,78	2,87	2,02	2,67	20,01	22,85	22,79	19,00	21,18
	$\bar{x}$	2,47	2,22	2,22	1,59	2,12	18,25	18,81	17,56	16,44	17,74
Średnie I-III	A	1,97	1,57	1,54	1,22	1,57	17,38	16,95	16,52	16,73	16,95
	B	2,79	2,56	2,38	1,96	2,42	19,45	19,28	17,58	18,24	18,64
	C	2,69	2,26	2,06	1,66	2,17	19,37	19,24	17,58	16,72	18,23
	D	2,64	2,56	2,39	1,85	2,36	19,15	18,90	17,66	17,05	18,19
	E	2,29	1,95	2,29	1,60	2,03	19,04	18,21	17,06	16,63	17,73
	F	2,58	2,20	2,07	1,82	2,17	18,04	18,62	16,95	16,45	17,51
	G	2,95	2,81	2,80	2,02	2,64	23,62	23,23	22,79	19,34	22,25
	$\bar{x}$	2,56	2,27	2,22	1,73	2,20	19,44	19,21	17,92	17,27	18,46
NIR											
P=0,01		L - 0,16				LJ - 0,17	L - 0,83				LJ - 0,61
* P=0,05		J - 0,07				LK - 0,30	J - 0,26				LK - 1,37
dla:		K - 0,15				JK - 0,26	K - 0,68				JK - n.i.
		LJK - 0,80*					LJK - 3,80*				

Objaśnienia jak w tab. 8.

Tabela 21. Pojemność sorpcyjna (w mmol (+)/1 kg) gleby
piaszczystej i gliniastej

Dawki (J)	Środki (K)	Gleba piaszczysta					Gleba gliniasta				
		Lata (L)				Średnia z lat	Lata (L)				Średnia z lat
		1982	1983	1984	1985		1982	1983	1984	1985	
I	A	3,84	3,47	3,45	3,08	3,46	19,17	17,60	18,30	18,20	18,21
	B	4,48	4,31	4,12	3,55	4,12	20,90	20,52	19,10	19,37	19,99
	C	4,39	3,92	3,93	3,37	3,91	21,07	20,20	18,85	18,50	19,66
	D	4,30	4,29	4,06	3,34	4,01	20,60	19,62	18,85	18,00	19,27
	E	3,93	3,94	3,81	3,25	3,73	20,22	18,47	18,22	18,05	18,74
	F	4,15	3,86	3,72	3,61	3,85	19,25	19,57	18,12	17,90	18,71
	G	4,65	4,52	4,25	3,78	4,30	27,77	24,40	23,67	20,55	24,10
	$\bar{x}$	4,26	4,05	3,92	3,42	3,91	21,29	20,06	19,30	18,68	19,81
II	A	3,35	3,22	3,45	2,67	3,18	18,78	17,90	17,75	18,37	17,92
	B	3,98	4,21	4,22	3,62	4,00	20,55	20,20	19,35	20,40	20,13
	C	4,15	3,86	4,02	3,28	3,84	20,80	21,00	19,10	19,57	19,89
	D	4,18	4,15	4,19	3,55	4,03	21,02	20,12	19,42	18,47	19,77
	E	3,71	3,49	4,02	3,43	3,68	20,00	20,07	18,77	18,82	19,42
	F	3,79	4,21	3,74	3,37	3,66	19,45	20,52	18,67	18,50	19,30
	G	4,30	4,29	4,30	3,80	4,19	24,72	24,02	23,80	20,27	23,21
	$\bar{x}$	3,94	3,86	4,01	3,39	3,80	20,75	20,10	19,53	19,20	19,95
III	A	3,20	2,98	3,49	2,83	3,18	17,62	18,18	17,70	17,21	17,90
	B	4,37	4,06	3,96	3,80	4,04	19,80	19,70	18,00	18,37	18,97
	C	4,06	3,84	3,68	3,47	3,75	19,40	19,52	18,45	17,15	18,62
	D	4,10	4,21	3,90	3,63	3,97	18,70	19,70	18,35	18,07	18,70
	E	3,86	3,60	3,63	3,06	3,55	20,05	19,00	18,27	17,05	18,59
	F	3,70	3,73	3,96	3,81	3,71	18,20	18,67	17,50	16,60	17,75
	G	4,22	4,24	4,49	3,50	4,12	20,97	23,65	23,80	20,20	22,35
	$\bar{x}$	3,94	3,81	3,82	3,45	3,72	19,25	19,77	18,92	17,80	18,87
Średnie I-III	A	3,48	3,21	3,46	2,86	3,29	18,50	17,87	17,90	17,90	18,31
	B	4,26	4,20	4,11	3,66	4,06	20,42	20,14	18,84	19,39	19,69
	C	4,20	3,88	3,90	3,36	3,84	20,42	20,25	18,82	18,07	19,39
	D	4,21	4,23	4,06	3,51	4,00	20,12	19,82	18,86	18,18	19,25
	E	3,86	3,69	3,82	3,24	3,66	20,10	19,18	18,42	17,97	18,92
	F	3,91	3,78	3,68	3,60	3,74	18,98	19,59	18,10	17,68	18,59
	G	4,39	4,34	4,37	3,71	4,20	24,49	24,03	23,77	20,34	23,16
	$\bar{x}$	4,05	3,90	3,88	3,42	3,81	20,43	20,13	19,15	18,47	19,55
NIR											
P=0,01		L - 0,33		LJ - 0,20*		L - 0,94		LJ - 0,62			
* P=0,05		J - 0,08		LK - 0,32*		J - 0,26		LK - 1,34			
dla:		K - 0,16		JK - n.i.		K - 0,67		JK - n.i.			
		LJK - n.i.				LJK - 3,69*					

Objaśnienia jak w tab. 8.

Tabela 22. Zawartość fosforu przyswajalnego (w mg P/100 g gleby),
wg Egnera-Riehma, w glebie piaszczystej i gliniastej

		Gleba piaszczysta					Gleba gliniasta				
Dawki (J)	Środki (K)	Lata (L)				Średnia z lat	Lata (L)				Średnia z lat
		1982	1983	1984	1985		1982	1983	1984	1985	
I	A	3,4	3,6	3,6	3,8	3,6	6,8	9,7	8,8	7,2	8,1
	B	3,8	4,0	4,1	4,0	4,0	8,8	10,0	9,9	6,8	8,9
	C	3,7	3,9	4,1	4,3	4,0	8,0	9,7	10,1	7,9	8,9
	D	3,5	4,3	3,6	4,2	3,9	8,8	10,4	9,7	8,1	9,3
	E	3,7	4,6	3,7	4,1	4,0	6,6	8,6	7,6	7,2	7,5
	F	3,9	4,0	4,0	4,1	4,0	6,5	11,9	9,5	8,0	9,0
	G	3,8	4,6	4,7	4,7	4,5	8,2	10,2	11,2	7,8	9,4
	$\bar{x}$	3,7	4,1	4,0	4,2	4,0	7,7	10,1	9,6	7,6	8,7
II	A	3,1	3,4	3,5	4,0	3,5	6,9	8,5	8,9	8,0	8,1
	B	3,3	4,2	3,7	3,9	3,8	7,3	11,1	10,6	7,9	9,2
	C	3,2	4,3	3,8	4,1	3,9	6,0	10,3	8,6	7,2	8,0
	D	3,3	4,3	4,0	4,0	3,9	6,6	9,6	9,7	8,2	8,5
	E	3,7	4,1	3,9	4,2	4,0	7,4	8,2	7,2	6,4	7,3
	F	3,1	3,8	3,9	3,8	3,6	6,8	9,7	9,9	8,7	8,8
	G	3,3	4,5	5,0	4,5	4,3	7,9	10,5	12,3	8,3	9,8
	$\bar{x}$	3,3	4,1	4,0	4,1	3,9	7,0	9,7	9,6	7,8	8,5
III	A	3,6	3,8	3,7	3,9	3,8	5,6	7,2	7,4	6,9	6,8
	B	4,2	4,7	4,2	4,9	4,5	6,9	8,1	7,9	7,6	7,6
	C	3,5	4,0	4,1	4,1	3,9	7,2	10,9	7,6	6,3	8,0
	D	3,8	4,2	4,6	4,3	4,2	6,3	8,6	7,6	7,2	7,4
	E	3,4	3,6	4,6	4,3	4,0	5,8	9,1	6,2	6,7	7,0
	F	3,6	3,9	4,3	3,1	3,7	5,3	7,0	7,4	6,5	6,6
	G	3,7	4,2	4,3	4,4	4,2	8,6	10,4	12,6	7,6	9,8
	$\bar{x}$	3,7	4,1	4,3	4,1	4,0	6,5	8,8	8,1	7,0	7,6
Średnie I-III	A	3,4	3,6	3,6	3,9	3,6	6,4	8,5	8,4	7,4	7,7
	B	3,8	4,3	4,0	4,3	4,1	7,7	9,7	9,5	7,4	8,6
	C	3,5	4,1	4,0	4,2	4,0	7,1	10,3	8,8	7,1	8,3
	D	3,5	4,3	4,1	4,2	4,0	7,2	9,5	9,0	7,8	8,4
	E	3,6	4,1	4,1	4,2	4,0	6,6	8,6	7,0	6,8	7,2
	F	3,5	3,9	4,1	3,7	3,8	6,2	9,5	8,9	7,7	8,1
	G	3,6	4,4	4,7	4,5	4,3	8,2	10,4	12,0	7,9	9,6
	$\bar{x}$	3,6	4,1	4,1	4,1	4,0	7,1	9,5	8,3	7,4	8,3
NIR											
P=0,01		L - 0,3		LJ - 0,3*		L - 1,7		LJ - n.i.			
* P=0,05		J - 0,1		LK - n.i.		J - 0,4		LK - 1,6			
dla:		K - 0,3		JK - 0,5		K - 0,8		JK - 1,4			
		LJK - n.i.				LJK - 4,5					

Objaśnienia jak w tab. 8.

Tabela 23. Zawartość potasu przyswajalnego (w mg K/100 g gleby),
wg Egnera-Riehma, w glebie piaszczystej i gliniastej

Dawki (J)	Środki (K)	Gleba piaszczysta					Gleba gliniasta				
		Lata (L)				Średnia z lat	Lata (L)				Średnia z lat
		1982	1983	1984	1985		1982	1983	1984	1985	
I	A	4,4	3,7	3,6	4,7	4,1	14,1	15,4	17,7	12,6	15,0
	B	7,7	5,0	6,6	6,3	6,4	16,4	15,8	17,9	12,1	15,6
	C	6,6	4,5	4,8	4,9	5,2	19,2	17,5	19,2	13,6	17,4
	D	5,7	4,6	4,8	5,3	5,1	14,7	15,2	17,6	13,6	15,3
	E	4,5	4,3	2,9	4,3	4,0	15,9	17,3	18,9	17,4	17,4
	F	4,4	4,3	4,6	4,4	4,4	12,9	15,9	15,2	14,6	14,7
	G	4,6	4,4	4,4	4,3	4,4	15,5	14,0	16,3	14,1	15,0
	$\bar{x}$	5,4	4,4	4,5	4,9	4,8	15,5	15,9	17,6	14,0	15,8
II	A	4,1	3,2	3,7	4,6	3,9	14,0	13,1	14,3	11,8	13,3
	B	5,8	5,4	5,6	5,4	5,5	14,7	14,7	16,4	11,8	14,4
	C	5,0	4,3	5,3	5,3	5,0	14,4	13,5	16,5	14,8	14,8
	D	5,5	4,1	4,9	5,6	5,0	16,9	18,3	19,8	14,8	17,5
	E	4,2	3,5	2,5	3,2	3,4	16,2	13,1	15,0	13,1	14,4
	F	4,4	4,4	4,1	4,5	4,3	15,6	17,7	18,2	18,1	17,4
	G	4,7	4,5	4,6	5,1	4,7	14,8	14,6	15,5	11,4	14,1
	$\bar{x}$	4,8	4,2	4,4	4,8	4,5	15,2	15,0	16,5	13,7	15,1
III	A	3,8	3,9	3,1	3,5	3,6	14,3	13,1	15,7	13,1	14,1
	B	5,7	5,2	5,7	6,3	5,7	20,4	18,5	24,8	14,1	19,4
	C	4,9	4,9	4,4	4,1	4,6	16,0	17,7	18,1	13,7	16,4
	D	5,3	5,8	4,6	4,6	5,1	16,2	19,1	21,5	15,8	18,1
	E	3,5	3,1	3,2	2,9	3,2	12,6	14,7	14,1	12,1	13,4
	F	4,8	4,8	3,7	2,9	4,1	14,6	13,1	15,9	16,0	14,9
	G	4,5	4,6	3,8	3,5	4,1	13,1	14,6	16,7	14,2	14,7
	$\bar{x}$	4,6	4,6	4,1	4,0	4,3	15,3	15,8	18,1	14,1	15,8
Średnie I-III	A	4,1	3,6	3,5	4,3	3,9	14,1	13,9	15,9	12,5	14,1
	B	6,4	5,2	6,0	6,0	5,9	17,2	16,3	19,7	12,7	16,5
	C	5,5	4,6	4,8	4,8	4,9	16,5	16,2	17,9	14,0	16,2
	D	5,5	4,8	4,8	5,2	5,1	15,9	17,5	19,6	14,7	16,9
	E	4,1	3,6	2,9	3,5	3,5	14,9	15,0	16,0	14,2	15,0
	F	4,5	4,5	4,1	3,9	4,2	14,4	15,6	16,4	16,2	15,7
	G	4,6	4,5	4,3	4,3	4,4	14,5	14,4	16,2	13,2	14,6
	$\bar{x}$	5,0	4,4	4,3	4,6	4,6	15,4	15,6	17,4	13,9	15,6
NIR											
P=0,01		L - n.i.		LJ - 0,8*		L - n.i.*		LJ - n.i.			
* P=0,05		J - 0,3		LK - 0,8*		J - 0,7*		LK - 2,3			
dla:		K - 0,4*		JK - 0,8*		K - 1,2		JK - 2,0			
		LJK - 2,4*				LJK - 6,7*					

Objaśnienia jak w tab. 8.

Tabela 24. Zawartość magnezu przyswajalnego (w mg Mg/100 g gleby),
wg Schachtschabela, w glebie piaszczystej i gliniastej

Dawki (J)	Środki (K)	Gleba piaszczysta					Gleba gliniasta				
		Lata (L)				Średnia z lat	Lata (L)				Średnia z lat
		1982	1983	1984	1985		1982	1983	1984	1985	
I	A	1,2	1,1	0,9	0,5	0,9	8,5	8,5	7,5	7,2	7,9
	B	1,2	1,1	1,1	0,9	1,1	11,0	10,1	7,9	7,3	9,1
	C	1,1	0,9	0,6	0,5	0,8	11,4	10,8	8,3	7,8	9,6
	D	1,0	0,9	0,7	0,6	0,8	10,1	10,2	7,7	7,7	8,9
	E	1,3	1,1	0,7	0,6	0,9	10,5	9,3	8,4	8,0	9,0
	F	1,6	1,5	0,9	0,7	1,2	10,0	9,8	7,4	8,1	8,8
	G	1,3	1,2	0,8	0,8	1,0	10,9	10,4	7,5	8,0	9,2
	$\bar{x}$	1,2	1,1	0,8	0,6	0,9	10,4	9,9	7,8	7,7	8,9
II	A	1,3	1,4	1,0	0,8	1,1	8,9	9,0	7,8	7,1	8,2
	B	1,2	1,3	1,2	1,0	1,2	10,5	10,6	8,5	8,5	9,5
	C	1,1	1,2	0,8	0,8	1,0	11,5	11,0	8,4	9,1	10,0
	D	1,1	0,9	1,2	0,9	1,0	9,2	9,7	7,2	7,8	8,5
	E	1,0	1,1	0,7	0,7	0,9	10,8	11,7	8,7	8,5	9,9
	F	1,3	1,0	0,6	0,7	0,9	9,3	9,3	7,3	7,9	8,5
	G	1,4	1,3	0,7	0,8	1,0	10,5	9,4	7,1	7,2	8,6
	$\bar{x}$	1,2	1,1	0,9	0,8	1,0	10,1	10,1	7,9	8,0	9,0
III	A	1,2	1,2	0,6	0,8	0,9	8,1	8,8	7,6	7,1	7,9
	B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	10,5	9,8	7,9	7,7	9,0
	C	1,2	1,0	0,7	0,8	0,9	10,4	9,9	7,5	7,5	8,8
	D	1,4	1,0	0,7	0,7	0,9	9,6	9,9	7,4	7,5	8,6
	E	1,2	1,0	0,7	0,4	0,8	10,1	10,5	7,8	8,4	9,2
	F	1,0	1,2	0,5	0,7	0,9	11,1	9,2	8,3	7,9	9,1
	G	1,2	1,1	0,8	0,5	0,9	10,7	10,1	7,6	7,4	8,9
	$\bar{x}$	1,2	1,1	0,7	0,7	0,9	10,1	9,7	7,7	7,6	8,8
Średnie I-III	A	1,2	1,2	0,8	0,7	1,0	8,5	8,8	7,6	7,1	8,0
	B	1,2	1,1	1,1	1,0	1,1	10,7	10,2	8,1	7,8	9,2
	C	1,1	1,0	0,7	0,7	0,9	11,1	10,6	8,1	8,2	9,5
	D	1,2	0,9	0,9	0,7	0,9	9,6	9,9	7,4	7,7	8,6
	E	1,2	1,0	0,7	0,6	0,9	10,5	10,5	8,3	8,3	9,4
	F	1,3	1,2	0,7	0,7	1,0	10,1	9,4	7,7	8,0	8,8
	G	1,3	1,2	0,7	0,7	1,0	10,7	10,0	7,4	7,5	8,9
	$\bar{x}$	1,2	1,1	0,8	0,7	1,0	10,2	9,9	7,8	7,8	8,9
NIR											
P=0,01		L - 0,2		LJ - n.i.		L - 0,7		LJ - n.i.			
* P=0,05		J - 0,1		LK - 0,2		J - 0,2		LK - 0,8			
dla:		K - 0,1		JK - 0,2		K - 0,4		JK - 0,7			
		LJK - n.i.				LJK - n.i.					

Objaśnienia jak w tab. 8.

Tabela 25. Plony ziarna żyta ozimego (w t/ha) na glebie piaszczystej i gliniastej w Sobieszynie w latach 1982-1985

Dawki (J)	Środki (K)	Gleba piaszczysta					Gleba gliniasta				
		Lata (L)				Średnia z lat	Lata (L)				Średnia z lat
		1982	1983	1984	1985		1982	1983	1984	1985	
I	A	1,68	1,62	2,15	2,28	1,93	3,11	3,02	2,40	2,49	2,75
	B	2,16	2,07	3,00	2,58	2,45	3,74	3,25	2,71	2,55	3,06
	C	1,68	2,04	2,42	2,41	2,14	3,16	3,22	2,47	2,66	2,88
	D	1,88	2,03	2,97	2,73	2,41	3,58	2,97	2,72	2,66	2,99
	E	1,95	2,29	2,42	2,41	2,27	3,09	3,64	3,29	3,19	3,30
	F	1,81	1,84	2,49	2,40	2,13	3,24	3,52	2,97	2,70	3,11
	G	2,03	2,04	2,36	2,44	2,22	3,80	3,33	3,01	2,75	3,23
	$\bar{x}$	1,89	1,99	2,55	2,47	2,22	3,39	3,28	2,80	2,72	3,05
II	A	1,49	1,27	2,01	2,51	1,82	3,14	3,03	2,80	2,59	2,89
	B	1,96	2,26	2,53	2,46	2,31	3,26	3,33	3,44	3,17	3,30
	C	1,93	2,17	2,27	2,27	2,16	3,75	3,27	3,25	2,88	3,29
	D	2,17	2,04	2,70	2,67	2,40	3,46	3,04	3,36	3,03	3,22
	E	2,11	1,94	2,37	2,46	2,22	2,95	3,66	2,57	2,57	2,94
	F	1,98	1,87	3,12	2,71	2,42	3,24	3,28	3,17	2,42	3,03
	G	2,18	1,83	2,86	2,60	2,37	3,43	3,65	2,91	2,40	3,10
	$\bar{x}$	1,98	1,92	2,55	2,53	2,24	3,32	3,32	3,07	2,73	3,11
III	A	1,58	1,55	1,91	2,00	1,76	2,97	2,64	2,70	2,74	2,76
	B	1,68	2,17	2,41	2,28	2,14	3,12	3,07	2,76	2,78	2,98
	C	1,59	1,88	2,30	2,04	1,95	3,20	3,00	3,04	2,70	2,98
	D	1,69	1,85	2,35	2,20	2,02	3,10	2,41	2,55	2,83	2,72
	E	1,75	2,03	2,77	2,13	2,17	2,92	3,74	3,16	2,76	3,14
	F	2,00	1,79	2,32	2,28	2,10	3,24	3,17	2,54	2,76	2,93
	G	1,74	1,83	2,36	1,97	1,98	3,20	2,89	2,45	2,45	2,75
	$\bar{x}$	1,72	1,87	2,35	2,13	2,02	3,11	2,99	2,49	2,72	2,89
Średnie I-III	A	1,59	1,48	2,02	2,27	1,84	3,07	2,89	2,63	2,60	2,80
	B	1,93	2,17	2,65	2,44	2,30	3,37	3,22	2,97	2,84	3,10
	C	1,73	2,03	2,33	2,23	2,08	3,37	3,16	2,92	2,75	3,05
	D	1,91	1,98	2,67	2,54	2,27	3,38	2,81	2,88	2,84	2,98
	E	1,94	2,09	2,52	2,34	2,22	2,99	3,68	3,01	2,84	3,13
	F	1,93	1,83	2,64	2,46	2,22	3,24	3,32	2,90	2,63	3,02
	G	1,98	1,90	2,53	2,34	2,19	3,48	3,29	2,79	2,54	3,02
	$\bar{x}$	1,86	1,93	2,48	2,37	2,16	3,27	3,20	2,87	2,72	3,01
NIR											
*	P=0,01	L - 0,32		LJ - n.i.		L - 0,38*		LJ - n.i.*			
	P=0,05	J - 0,22		LK - n.i.		J - 0,23*		LK - 0,57*			
	dla:	K - 0,20		JK - n.i.		K - 0,22*		JK - 0,50*			
		LJK - n.i.				LJK - n.i.					

Objaśnienia jak w tab. 8.

Tabela 26. Plony żyta ozimego ogółem (ziarno + słoma, w t/ha),
na glebie piaszczystej i gliniastej w Sobieszynie

Dawki (J)	Środki (K)	Gleba piaszczysta					Gleba gliniasta				
		Lata (L)				Średnia z lat	Lata (L)				Średnia z lat
		1982	1983	1984	1985		1982	1983	1984	1985	
I	A	6,56	4,90	6,69	7,38	6,38	9,98	8,40	7,91	8,65	8,74
	B	6,79	5,18	7,62	8,36	6,99	11,11	8,94	8,16	8,87	9,27
	C	6,20	5,15	6,62	7,36	6,33	9,16	9,46	7,74	8,28	8,66
	D	6,09	4,94	8,20	7,28	6,23	10,60	8,41	9,32	7,59	8,98
	E	6,39	6,22	7,32	7,09	6,76	9,55	10,89	10,11	8,83	9,84
	F	5,80	4,82	7,02	7,55	6,30	9,73	10,22	9,22	6,66	8,96
	G	6,83	4,83	7,19	6,88	6,43	9,69	9,74	9,31	8,03	9,19
	$\bar{x}$	6,38	5,15	7,24	7,41	6,55	9,98	9,44	8,82	8,13	9,09
II	A	5,79	3,85	5,37	7,00	5,50	10,00	9,21	8,14	8,28	8,91
	B	6,31	6,04	6,19	6,98	6,38	10,05	9,30	9,30	8,77	9,35
	C	6,10	5,73	6,05	6,46	6,09	11,12	9,31	9,91	8,81	9,79
	D	6,61	4,92	6,80	8,10	6,61	10,30	8,91	11,15	8,45	9,70
	E	7,01	6,29	6,08	6,04	6,36	8,89	10,34	6,53	7,10	8,22
	F	6,54	4,31	8,26	8,36	6,87	9,52	9,35	10,17	6,91	8,99
	G	6,63	5,18	6,79	7,35	6,49	10,20	10,27	9,17	6,49	9,04
	$\bar{x}$	6,43	5,19	6,51	7,18	6,33	10,02	9,53	9,20	7,83	9,14
III	A	5,64	4,83	5,17	6,13	5,45	9,47	8,34	8,95	7,70	8,62
	B	6,05	5,58	5,84	5,64	5,78	9,79	8,68	8,89	6,97	8,58
	C	5,26	5,29	5,76	6,11	5,61	9,77	9,19	9,90	7,68	9,14
	D	6,06	4,56	6,16	6,06	5,71	9,75	7,20	8,28	8,49	8,43
	E	6,04	6,05	6,36	5,19	5,91	8,53	10,51	10,00	7,46	9,13
	F	5,66	4,99	5,50	6,00	5,54	9,33	9,23	8,38	7,53	8,62
	G	5,86	4,89	6,10	6,43	5,82	10,00	8,33	8,27	6,47	8,27
	$\bar{x}$	5,80	5,17	5,84	5,94	5,69	9,52	8,78	8,96	7,47	8,68
Średnie I-III	A	6,00	4,53	5,74	6,83	5,78	9,82	8,65	8,33	8,21	8,75
	B	6,38	5,60	6,55	6,99	6,38	10,32	8,97	8,78	8,20	9,07
	C	5,86	5,39	6,15	6,65	6,01	10,02	9,32	9,18	8,28	9,20
	D	6,26	4,81	7,05	7,14	6,31	10,22	8,17	9,59	8,20	9,04
	E	6,48	6,19	6,59	6,11	6,34	8,99	10,58	8,88	7,80	9,06
	F	6,00	4,70	6,93	7,30	6,23	9,53	9,60	9,26	7,04	8,86
	G	6,44	4,97	6,69	6,89	6,25	9,97	9,45	8,92	7,00	8,83
	$\bar{x}$	6,20	5,17	6,53	6,85	6,19	9,84	9,25	8,99	7,81	8,97
NIR											
P=0,01		L - 0,65*		LJ - n.i.		L - 0,75		LJ - n.i.			
* P=0,05		J - 0,71		LK - 1,05		J - 0,40		LK - 1,56			
dla:		K - 0,42		JK - 1,21		K - 0,31		JK - 1,35			
		LJK - n.i.				LJK - n.i.					

Objaśnienia jak w tab. 8.

Tabela 27. Wartości istotne współczynników korelacji prostej ($y = a + bx$) pomiędzy badanymi cechami gleb i plonami żyta

Cechy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1 Agregacja *	.932	.406	-.421	.389	.	.	.335	.343	.	.517	.459	.	.510	.	.362
2 Wodood- porność	.745	*	.663	-.468	.391	.	.305	.379	.	.514	.453	.	.537	.	.372
3 WW	.498	.937	*	-.478	.	.	.	.	.	.302	.385	.	.378	.	.385
4 Gestofó	.	-.403	*	.	.	.	.	-.383	.	-.531	-.553	.	.	.	.
5 Wilgot- ność	.669	-.301	-.417	.	*	.	.	.	.	.	.	.	.	-.578	.614
6 Pojemn. wodna	-.338	.	.	-.534	.	*	.454	.478	.	.573	.581	.	.	.455	.
7 pH	-.336	.	.	.	.	.	.351	*	.659	.336	.708	.689	.	.375	.526 .317
8 C org.	.377	.	.	.	.580	.361	.659	*	-.321	.744	.635	.	.472	.602	.430
9 Kwas. hydrol.	.	.	.	.	-.388	-.376	-.595	-.614	*	-.428	.	.	.	.	.
10 Suma zas.wym.	.	.	.	-.387	.363	.419	.657	.616	-.651	*	.868	.	.436	.452	.
11 Pojemn. sorpc.	.	.	.	-.301	.354	.413	.632	.591	-.593	.990	*	.	.396	.376	.
12 P	.389	.	.	-.306	-.410	.723	.388	.445	.	.433	.431	*	.	-.357	.389
13 K	-.376	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*	.	.
14 Mg	.	-.328	-.329	.	.587	.	.	.727	-.557	.445	.419	.	.	*	-.556
15 Płon ziarna	.367	.343	-.363	.428	.	.	.	.597	-.462	.432	.394	.	.	.643	*

Objaśnienia w rozdz. 4.