

Roman Waławowicz, Danuta Parylak

**Zmiany wybranych właściwości gleby średniej pod wpływem
różnych systemów nawożenia organiczno-mineralnego**

Changes in selected properties of medium textured soil under varying systems
of organic-mineral fertilization

ABSTRACT. The studies were conducted to investigate the changes in selected properties of the soil under varying organic fertilization applied before forecrop (manure – 30 t ha⁻¹ or stubble crop – white mustard – ploughed down with sugar beet leaves – 40 t ha⁻¹) with increasing rates of nitrogen fertilizers (60, 100, 150 kg N ha⁻¹). It was found that fertilizers did not significantly affect changes of the physical properties of medium soil. The content of humus in the soil was more affected by organic than nitrogen fertilization. Application of manure or stubble crop with sugar beet leaves increased the content of humus by 0.16 and 0.10%, respectively, compared to the soil without organic fertilization. Only the application of manure caused a significant increase in cellulose decomposition compared to the soil without organic fertilization. Ploughing down organic fertilizers decreased the index of cloddiness of the soil and increased the index of soil structure. These indices did not unequivocally depend on the rate of nitrogen fertilization.

KEY WORDS: organic fertilization, rate of nitrogen, physical soil properties, humus, cellulose decomposition, medium soil

Możliwości intensyfikacji produkcji roślinnej w znacznej mierze zależą od zastosowanego systemu nawożenia organiczno-mineralnego, który wpływa między innymi na poprawę warunków siedliska. Zwiększenie udziału nawozów organicznych w zmianowaniu lub ich efektywniejsze wykorzystanie umożliwia, zgodnie z zasadami rolnictwa zrównoważonego, ograniczenie dawek nawozów mineralnych. Rezultaty badań dowodzą także korzystniejszego działania wnie-

sionej masy organicznej w warunkach stosowania niższych dawek NPK [Sienkiewicz 1998; Łoginow i in. 1991]. W przypadku niedoboru obornika można go zastąpić substancją organiczną będącą produktem ubocznym w gospodarstwie, np. słomą, liśćmi buraczanymi lub międzyplonami przeznaczonymi na przyoranie [Pommer i in. 1982; Dzienia 1989; Stępień 2000]. Wprowadzone do gleb nawozy organiczne wywołują szereg zmian w siedlisku pola uprawnego. Większość autorów uważa, że nawozy organiczne powodują wzrost zawartości humusu w glebie [Szagała i in. 1984; Dzienia 1989; Janowiak 1992], inni natomiast, iż ułatwiają one jedynie utrzymanie zawartości próchnicy na określonym poziomie [Maćkowiak, Żebrowski 1999; Cwojdziański, Nowak 2000]. Wpływ wprowadzanej do gleby substancji organicznej na właściwości fizyczne gleby jest także zróżnicowany. Przeważają opinie o korzystnym, choć nie zawsze udowodnionym statystycznie jej oddziaływaniu [Pommer i in. 1982; Suwara, Gawrońska-Kulesza 1994]. Powstające z materii organicznej związki próchniczne gleby wraz z wydzielinami bakterii stanowią lepsze drobnych cząstek glebowych, co sprzyja tworzeniu i utrwalaniu struktury gleby [Kordas, Majchrowski 2001]. Niewątpliwą korzyścią płynącą ze stosowania nawożenia organicznego jest również poprawa właściwości biologicznych gleby przez stymulację rozwoju mikroorganizmów [Górska i in. 1999; Mazur 1999; Runowska-Hryńczuk, Hryńczuk 1998].

Celem przeprowadzonych badań było określenie zmian wybranych właściwości gleby pod wpływem zróżnicowanego nawożenia organicznego zastosowanego pod przedplon (burak cukrowy) z jednoczesnym stosowaniem rosnących dawek nawozów azotowych w roślinie testowej (pszenica).

METODY

Dwuczynnikowe doświadczenie polowe przeprowadzono w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Swojec Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Zostało ono założone metodą pasów prostopadłych (split-block) na czarnej ziemi właściwej wytworzonej z gliny lekkiej, na glinie średniej podścielonej gliną lekką. Glebę tę zaliczono do klasy IIIa kompleksu pszennego dobrego. Doświadczenie było realizowane w latach 1998–2000. Powierzchnia poletek wynosiła 40 m^2 .

Jednym z czynników doświadczalnych były dwa rodzaje nawożenia organicznego zastosowanego pod przedplon (burak cukrowy): 1) obornik bydlęcy w ilości 30 t ha^{-1} oraz 2) przyorany międzyplon ścierniskowy z gorczycy białej, którą wysiano w ilości 20 kg ha^{-1} po uprzednim przyoraniu 5 t ha^{-1} przedprzedplonowej słomy jęczmiennej z dodatkiem 50 kg N ha^{-1} . W stanowisku po wcześniej uprawianym międzyplonie po zbiorze buraka cukrowego dodatkowo przy-

orano liście buraczane w ilości 40 t ha^{-1} . Na obiekcie kontrolnym nie wnoszono do gleby nawozów organicznych. Drugim czynnikiem badawczym był zróżnicowany poziom nawożenia azotowego, zastosowany zarówno w uprawie przedplonu, jak i rośliny badanej (pszenicy). Dawki nawozów dostosowano do gatunku rośliny uprawnej. Dla pszenicy wynosiły one: 60, 100 i 150 kg N ha^{-1} . Azot dostarczono w formie saletry amonowej. Nawożenie fosforowe i potasowe jednakowe dla wszystkich obiektów doświadczenia (26 kg P i 75 kg K) w formie superfosfatu potrójnego 46% i soli potasowej 60% zastosowano jesienią.

Stopień rozkładu błonnika w glebie określono metodą Kuźniara, zmodyfikowaną przez Miklaszewskiego [1974], przez wagową ocenę stopnia ubytku bibuły filtracyjnej umieszczonej w glebie. Badania przeprowadzono w terminie kwitnienia pszenicy w warstwie 0–20 cm. W terminie zbioru rośliny uprawnej w warstwie 0–30 cm oznaczono zawartość węgla organicznego metodą Westerhoffa, przeliczając na % próchnicy.

Wybrane właściwości fizyczne gleby określono również w terminie zbioru pszenicy. Zapas wody i porowatość kapilarną gleby oznaczono metodą Kopecký'ego przy użyciu cylinderek o pojemności 100 cm^3 w warstwach 5–10, 15–20 i 25–30 cm w dwu powtórzeniach na poletku. Wskaźnik zbrylenia (B) oraz wskaźnik struktury gleby (W) określono w warstwach 0–10, 10–20 i 20–30 cm po uprzednim rozdzieleniu gleby na zestawie sit o średnicy oczek 0,25; 0,5; 1,0; 3,0; 5,0; 7,0 i 10,0 mm. (B = masa agregatów o średnicy $> 10,0 \text{ mm}$ w % dzielona przez masę agregatów o średnicy $< 10,0 \text{ mm}$ w %, W = masa agregatów o średnicy 1,0–10 mm w % dzielona przez masę agregatów o średnicy $> 10 \text{ mm}$ i $< 0,25 \text{ mm}$ w %)

WYNIKI

Zarówno formy nawożenia organicznego, jak i poziomy nawożenia azotowego nie wpływały istotnie na zmiany badanych właściwości fizycznych gleby (tab. 1). Można jednak zauważyć, że po wprowadzeniu do gleby międzyplonu i plonów ubocznych przedplonów warunki wilgotnościowe gleby nieznacznie się polepszyły, ale tylko w warstwie 5–10 i 15–20 cm. Zapas wody w warstwie 5–10 cm w porównaniu z glebą nienawożoną organicznie zwiększył się o 2,8%, a w warstwie 15–20 cm o 1,6%.

Spośród zastosowanych dawek nawozów azotowych największy zapas wody we wszystkich badanych warstwach odnotowano po zastosowaniu 60 kg N ha^{-1} . Zdaniem Koszańskiego in. [1995] stosowanie wysokiej dawki azotu (150 kg N ha^{-1}) zmniejsza zapas wody w glebie, głównie w wyniku wzmożonego procesu transpiracji z większej powierzchni liści i całych roślin intensywnie nawożonych azotem.

Tabela 1. Wpływ nawożenia organicznego i poziomu nawożenia azotowego na wybrane właściwości fizyczne gleby

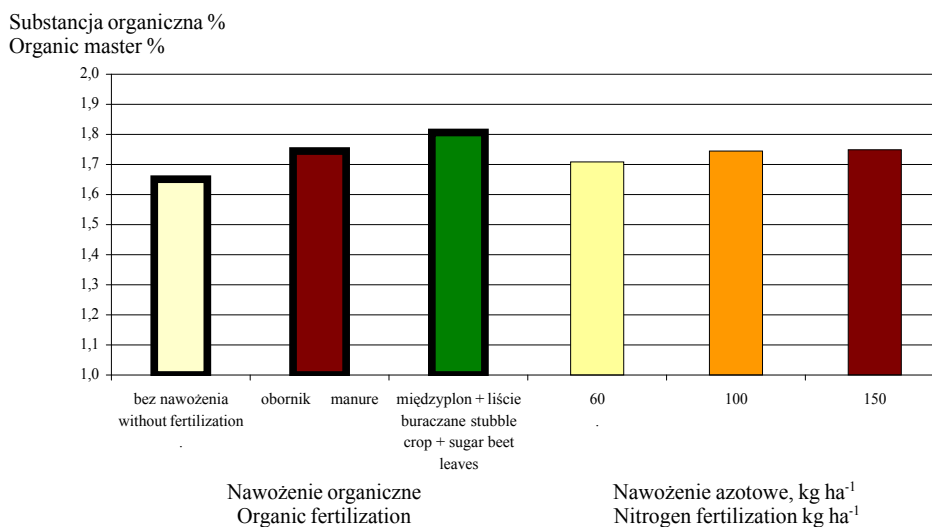
Table 1. The effect of organic fertilization and the level of nitrogen fertilization on selected physical properties of the soil

Nawożenie azotowe Nitrogen fertilization kg N ha ⁻¹	Zapas wody, mm Water reserves, mm				Porowatość kapilarna, % Capillary capacity, %			
	bez nawożenia organicznego without organic fertilization	obornik manure	międzyplon + liście buraczane stubble crop + sugar beet leaves	średnio mean	bez nawożenia organicznego without organic fertilization	obornik manure	międzyplon + liście buraczane stubble crop + sugar beet leaves	średnio mean
Warstwa Layer 5–10 cm								
60	11,2	10,6	10,8	10,9	32,0	32,9	31,8	32,2
100	10,3	10,5	11,1	10,6	33,3	31,5	32,6	32,5
150	10,2	10,6	10,9	10,6	32,6	31,2	32,9	32,2
Srednio Mean	10,6	10,6	10,9		32,6	31,9	32,4	
Warstwa Layer 15–20 cm								
60	12,6	12,2	12,2	12,3	30,7	30,9	29,6	30,4
100	12,1	12,2	12,7	12,3	30,4	29,9	29,8	30,0
150	11,9	12,1	12,2	12,1	29,7	30,3	30,8	30,3
Srednio Mean	12,2	12,2	12,4		30,3	30,4	30,1	
Warstwa Layer 25–30 cm								
60	12,5	12,4	11,8	12,2	30,0	29,7	28,8	29,5
100	11,9	11,6	12,1	11,9	29,3	29,5	28,8	29,2
150	12,3	11,7	12,1	12,0	29,5	29,4	29,3	29,4
Srednio Mean	12,2	11,9	12,0		29,6	29,5	29,0	

dla warstw: for layers:

NIR_{0,05} nawożenie organiczne – ni LSD_{0,05} organic fertilization – nsNIR_{0,05} nawożenie azotowe – ni LSD_{0,05} nitrogen fertilization – nsNIR_{0,05} interakcja – ni LSD_{0,05} interaction – ns

Zróżnicowanie porowatości kapilarnej gleby, wywołane obecnością i rodzajem nawożenia organicznego oraz różnymi dawkami nawozów azotowych, także było niewielkie i niejednoznaczne. W warstwie 5–10 cm wahała się ona w granicach od 31,2% po wprowadzeniu do gleby obornika i 150 kg N ha⁻¹ do 33,3%, gdy zastosowano wyłącznie nawożenie mineralne z 100 kg N ha⁻¹. Z kolei w warstwie najgłębszej najmniejszą porowatość kapilarną (28,8%) wykazywała gleba po przyoraniu międzyplonu i liści buraczanych oraz dostarczeniu 60 lub 100 kg N ha⁻¹, natomiast największą (30,0%) zaobserwowano po zastosowaniu wyłącznie nawożenia mineralnego, w tym azotowego w dawce 60 kg ha⁻¹.



Rycina 1. Wpływ nawożenia organicznego i poziomu nawożenia azotowego na zawartość próchnicy w glebie, %

Figure 1. The effect of organic fertilization and the level of nitrogen fertilization on the content of humus in the soil

Zawartość próchnicy w glebie zależała w większym stopniu od wprowadzonych do gleby nawozów organicznych niż od poziomu nawożenia azotowego. Najwięcej próchnicy (średnio 1,81%) stwierdzono po przyoraniu pod przedplon słomy i międzyplonu, a bezpośrednio pod pszenicę - liści buraka cukrowego. Po zastosowaniu takiego nawożenia zawartość badanego składnika w glebie była wyższa o 0,16% niż na polstkach nienawożonych organicznie. Nieco mniejszy, bo 0,05%, wzrost zawartości próchnicy po przyoraniu słomy, międzyplonu i liści buraczanych stwierdził Stępień [2000]. Guiot i in. [1990] potwierdzają możliwość wzbogacenia gleby w substancję organiczną po zastosowaniu liści buraka cukrowego. Wprowadzenie do gleby obornika sprzyjało zwiększeniu zawartości próchnicy o 0,10% w porównaniu z obiektem kontrolnym (bez nawożenia organicznego). Szagała i in. [1984] stosując obornik raz na dwa lata zaobserwowali wzrost C_{org} w glebie o 11%, a gdy nawożono raz na cztery lata – o 10%. Jeszcze większe, bo 22% zwiększenie koncentracji tego składnika otrzymali Barczak i in. [1999], przyorując 40 ton obornika co cztery lata.

Niewielkie zwiększenie zawartości próchnicy w glebie obserwowano także wraz ze wzrostem nawożenia azotowego. Po zastosowaniu 100 i 150 kg N ha⁻¹ zawartość badanego składnika zwiększyła się o 0,04% w porównaniu z glebą nawożoną 60 kg N ha⁻¹. Stępień [2000] oraz Łoginow i in. [1988] wzrost zawartości próchnicy w glebie w wyniku nawożenia azotem tłumaczyli zwiększeniem plo-

nów, a tym samym ilości resztek poźniwnych i w konsekwencji wzmożeniem procesu humifikacji. Z kolei Janowiak [1992] uważa, że nawożenie azotem powoduje przede wszystkim przyspieszenie procesu mineralizacji i może prowadzić do istotnego, nawet 17% zmniejszenia C organicznego w glebie.

Tabela 2. Wpływ nawożenia organicznego i poziomu nawożenia azotowego na stopień rozkładu błonnika w glebie, %

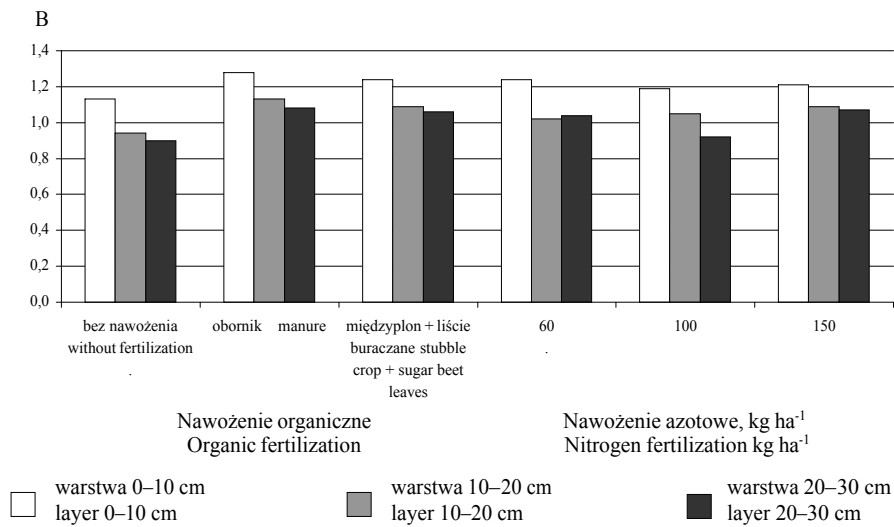
Table 2. The effect of organic fertilization and the level of nitrogen fertilization on the degree of cellulose decomposition in the soil, %

Nawożenie azotowe Nitrogen fertilization kg N ha ⁻¹	Nawożenie organiczne Organic fertilization			
	bez nawożenia organicznego without organic fertilization	obornik manure	międzyplon + liście buraczane stubble crop + sugar beet leaves	średnio mean
60	31,3	34,5	30,0	31,9
100	24,7	27,1	30,0	27,3
150	26,0	36,6	28,8	30,5
Średnio Mean	27,3	32,7	29,6	

NIR_{0,05} nawożenie organiczne – 4,9 LSD_{0,05} organic fertilization – 4,9

NIR_{0,05} nawożenie azotowe – ni LSD_{0,05} nitrogen fertilization – ns

NIR_{0,05} interakcja – ni LSD_{0,05} interaction – ns



Rycina 2. Wpływ rodzaju nawożenia organicznego i poziomu nawożenia azotowego na wskaźnik zbrylenia gleby (B)

Figure 2. The effect of organic fertilization and level of nitrogen fertilization on the index of cloddiness of the soil (B)

Przyoranie nawozów organicznych pod przedplon w istotny sposób różnicowało stopień rozkładu błonnika w glebie, co świadczyć może o ich wpływie na aktywność drobnoustrojów celulozowych (tab. 2). W wyniku wprowadzenia do gleby substancji organicznej stwierdzono średnio o 3,9% większy stopień rozkładu błonnika w glebie w porównaniu z obserwowanym w warunkach braku nawożenia organicznego. Największy ubytek celulozy w glebie zaobserwowano na poletkach, gdzie dwa lata wcześniej przyorano obornik. Ilość błonnika ulegającego rozkładowi wzrosła istotnie (o 5,4%) w porównaniu z glebą nienawożoną organicznie. Nawożenie międzyplonem wraz z liśćmi buraczanymi również spowodowało zwiększenie rozkładu celulozy w glebie, jednak zależności tej nie udowodniono statystycznie. Runowska-Hryńczuk i Hryńczuk [1998] stwierdzili, że nawożenie obornikiem, w przeciwieństwie do nawożenia wyłącznie mineralnego, powoduje zwiększenie liczby bakterii celulozowych o 48–100%, a zdaniem Mazura [1999] o 35%. Górską i in. [1999] dodają, że obecność tej grupy drobnoustrojów zależy także od wapnowania i nawożenia NPK.

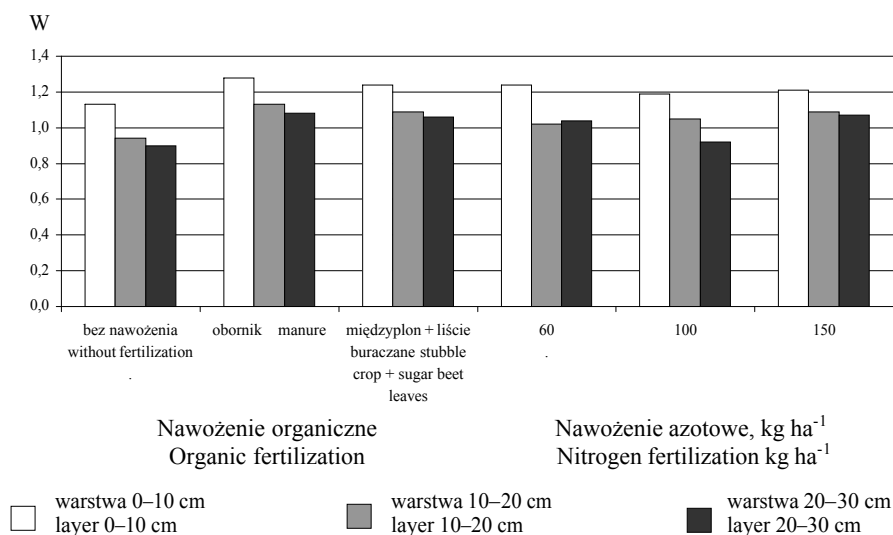
W przeprowadzonych badaniach nie stwierdzono istotnych zmian stopnia rozkładu błonnika pod wpływem nawożenia azotowego. Można jednak zauważyć, że niezależnie od nawożenia organicznego zastosowanie najniższej dawki azotu (60 kg N ha^{-1}) na ogół sprzyjało nieznacznie większemu rozkładowi celulozy w glebie.

Wprowadzeniu do gleby nawozów organicznych towarzyszyło zmniejszenie wskaźników zbrylenia gleby (B) we wszystkich badanych warstwach (ryc. 2). W warstwie 0–10 cm najmniej zbrylona okazała się gleba, po przyoraniu międzyplonu z plonami ubocznymi przedplonów, natomiast w warstwach 10–20 cm i 20–30 cm najmniejszą wartość wskaźnika zbrylenia zanotowano po wprowadzeniu pod przedprzedplon obornika. Nawozy te powodowały zmniejszenie stopnia zbrylenia gleby w kolejnych warstwach odpowiednio o 24, 21 i 14% w stosunku do gleby, na której nie stosowano nawożenia organicznego. Badania własne nie potwierdziły opinii Kordasa i Majchrowskiego [2001] o wzroście zbrylenia gleby po zastosowaniu międzyplonów. Zdaniem Kordasa i Zimnego [1998] również przyoranie obornika sprzyja zwiększeniu wskaźnika zbrylenia.

Nie zaobserwowano natomiast jednoznacznych i wyraźnych zmian zbrylenia gleby pod wpływem nawożenia azotowego. W warstwie 0–10 cm najmniej zbryloną była gleba po zastosowaniu 60 lub 100 kg N ha^{-1} , w warstwie 10–20 cm – 100 kg N ha^{-1} , a w warstwie 20–30 cm – 150 kg N ha^{-1} .

Wprowadzenie do gleby substancji organicznej wpłynęło na wzrost wskaźnika struktury gleby (W) – rycina 3. We wszystkich badanych warstwach najlepszą strukturę gleby stwierdzono po przyoraniu obornika. W porównaniu z glebą nienawożoną organicznie wartość wskaźnika W po nawożeniu obornikiem

zwiększyła się w warstwie 0–10 cm o 13%, a w warstwach 10–20 i 20–30 cm o 20%. Zastosowanie nawozów zielonych również sprzyjało poprawie strukturalności gleby. W stosunku do obiektu kontrolnego wskaźnik struktury wzrósł w warstwie 0–10 cm o 10%, w warstwie 10–20 cm o 16% oraz w warstwie 20–30 cm o 18%.



Rycina 3. Wpływ rodzaju nawożenia organicznego i poziomu nawożenia azotowego na wskaźnik struktury gleby (W)

Figure 3. The effect of organic fertilization and level of nitrogen fertilization on the index of structure of the soil (W)

Intensyfikacja nawożenia azotem wpływała z kolei na zmniejszenie wskaźnika strukturalności gleby, jednak tylko w warstwie najpłytszej. W warstwach głębszych obserwowano na ogół zależności odwrotne. Kordas i Majchrowski [2001a] obserwowali po podwojeniu nawożenia azotowego z 85 do 170 kg N ha⁻¹ zmniejszenie wartości wskaźnika struktury gleby we wszystkich badanych warstwach.

WNIOSKI

1. Zróżnicowane nawożenie organiczne zastosowane pod przedprzedplon oraz rosnące dawki nawożenia azotowego pod kolejno uprawiane rośliny nie wpływały istotnie na wybrane właściwości fizyczne gleby średniej.

2. Zawartość próchnicy w glebie w większym stopniu zależała od nawożenia organicznego niż azotowego. Wprowadzenie do gleby obornika lub międzyplonu ścierniskowego z liśćmi buraka cukrowego spowodowało wzrost zawartości próchnicy odpowiednio o 0,16 i 0,10% w porównaniu z glebą nienawożoną organicznie.

3. Spośród zastosowanych nawozów jedynie obornik wpływał na istotne zwiększenie (o 5,4%) stopnia rozkładu błonnika w glebie w stosunku do gleby nienawożonej organicznie.

4. Przyoranie nawozów organicznych spowodowało zmniejszenie wartości wskaźnika zbrylenia gleby, a wzrost wskaźnika strukturalności gleby. Wskaźniki te nie zależały jednoznacznie od poziomu nawożenia azotowego.

PIŚMIENNICTWO

- Barczak B., Cwojdzński W., Nowak K. 1999. Wpływ nawożenia mineralnego i organicznego na niektóre właściwości gleby w statycznym doświadczeniu polowym. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 467, 177–183.
- Cwojdzński W., Nowak K. 2000. Wpływ nawożenia na wybrane właściwości gleby w statycznym doświadczeniu nawozowym. *Fol. Univ. Agric. Stetin., Agricult.* 84, 69–74.
- Dzienia S. 1989. Wpływ masy organicznej na plonowanie roślin i chemiczne właściwości gleby lekkiej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 377, 155–160.
- Górska B. E., Russel S., Łabętowicz J. 1999. Wpływ wieloletniego nawożenia na występowanie tlenowych, mezofilnych, przetrwalnikujących bakterii celulolitycznych w glebie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 465, 517–526.
- Guiot J., Grevy L., Calvet R. 1990. Changes in nitrate content of the soil profile under a sugar beet, winter wheat and winter barley rotation. "Nitrates-Agriculture-Water". *Int. Symp. Paris, La Defenese*, 417–423.
- Janowiak J. 1992. Wpływ nawożenia obornikiem i azotem na zawartość substancji organicznej w glebie i niektóre właściwości kwasów huminowych. *Mat. Konf. Nauk. Nawozy organiczne. Szczecin*, 1, 271–276.
- Kordas L., Majchrowski P. 2001. Wpływ międzyplonu ścierniskowego i głęboszowania w uprawie buraka cukrowego na wskaźniki struktury gleby średniej. *Zesz. Nauk. AR. Wroc., Rol.* 80, 145–152.
- Kordas L., Majchrowski P. 2001a. Wpływ nawożenia azotowego w różnych systemach uprawy buraka cukrowego na wybrane wskaźniki struktury gleby średniej. *Fol. Univ. Agric. Stetin. Agric. Stetin., Agricult.* 88, 97–102.
- Kordas L., Zimny L. 1998. Wpływ międzyplonów ścierniskowych stosowanych w systemie siewu bezpośredniego na strukturę roli, *Bibl. Fragm. Agron.* 4B, 313–319.
- Koszański Z., Karczmarczyk S., Podsiadło C. 1995. Wpływ deszczowania i nawożenia azotem na pszenicę i pszenżyto ozime uprawiane na glebie kompleksu żytniego dobrego. *Cz. III. Gospodarka wodna oraz chemiczne właściwości gleby. Zesz. Nauk. AR Szczec., Rol.* 59, 51–56.
- Łoginow W., Andrzejewski J., Janowiak J. 1991. Rola nawożenia organicznego w utrzymaniu zasobów materii organicznej w glebie. *Rocz. Gleb.* 42, 3/4, 19–25.

- Łoginow W., Murawska B., Janowiak J. 1988. Wpływ równoległego nawożenia obornikiem i słomą oraz azotem na zawartość węgla organicznego w glebie. *Mat. Konf. Nauk. Nawozy organiczne*. Szczecin, 1, 19–27.
- Maćkowiak C., Żebrowski J. 1999. Wpływ nawożenia obornikiem i doboru roślin w zmianowaniu na zawartość w glebie węgla organicznego i azotu ogólnego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 465, 341–351.
- Mazur T. 1999. Rolnicze i ekologiczne znaczenie nawożenia organicznego i mineralnego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 467, 151–157.
- Miklaszewski S. 1974. Wpływ współczesnej agrotechniki na aktywność i rozmieszczenie drobno-ustrojów celulolitycznych w warstwie ornej gleby. *Pr. Kom. Nauk Pol. Tow. Glebozn., Kom. Biol. Gleby* 13, 3–23.
- Pommer G., Beck T., Borchert H., Hege U. 1982. Auswirkungen von Zwischenfruchtanbau und Strohdüngung auf Ertragsleistung, Bodenstruktur und Bodenmikroorganistentätigkeit in einseitigen Getreidefruchtfolgen. *Bayer. Landwirtsch. Jahrb.* 59, 6, 718–734.
- Runowska-Hryńczuk B., Hryńczuk B. 1998. Zmiany biologiczno-chemiczne gleby pod wpływem wieloletniego stosowania obornika i nawozów mineralnych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 460, 191–198.
- Sienkiewicz S. 1998. Porównanie dwóch systemów nawożenia roślin w płodozmianie. *Rocz. AR Pozn.*, 107, Rol. 52, 127–135.
- Stępień A. 2000. Zmiany chemicznych właściwości gleby pod wpływem różnych sposobów nawożenia w zmianowaniu. *Fol. Univ. Agric. Stetin.* 211, *Agricult.* 84, 459–464.
- Suwara I., Gawrońska-Kulesza A. 1994. Wpływ wieloletniego nawożenia na właściwości gleby i plonowanie roślin. *Cz. I. Właściwości gleby. Rocz. Nauk Rol., Ser. A*, 110, 3/4, 105–115.
- Szagała J., Wróbel Z., Mazur T. 1984. Współdziałanie nawozów organicznych i mineralnych w zmianowaniu na niektóre właściwości gleby. *Mat. Konf. Nauk. „Nawozy organiczne”*. Szczecin, 2, 21–27.