

¹Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej, Akademia Rolnicza w Lublinie
ul. Akademicka 15, 20-033 Lublin, Poland

²Katedra Ogólnej Uprawy Roli i Roślin, ³Stacja Chemiczno-Rolnicza Oddział w Lublinie

Wiesław Bednarek¹, Karol Bujak², Przemysław Tkaczyk³
Mariusz Frant²

Wpływ nawożenia, uprawy roli i roślin na fizykochemiczne właściwości gleby

Influence of fertilization, cultivation and plants on physicochemical properties of soil

ABSTRACT. The paper was based on the results assembled from a field experiment founded on grey-brown podzolic soil made from loess between 1999 and 2002. Before the setting of the experiment the soil was characterized by neutral reaction, a very high content of available forms of phosphorus and potassium and the medium of magnesium. The aim of the research was to evaluate the influence of mineral fertilization, way of cultivation (the sum of ploughing in crop rotation was: I way – 7, II – 3 and III – 1) and crop sequence: potato, spring wheat, pea, winter wheat, on physicochemical properties on grey-brown podzolic soil made from loess whose samples for analyses were taken from a layer of 0–20 cm each year after harvest. The experiment was set in a split-block method in four repetitions. The area of one experimental plot was 20 m². In the autumn farmyard manure was used for potato at the dose of 30 t ha⁻¹ and mineral fertilization at the rate (kg ha⁻¹): N – 60, P – 26.2, K – 58.1 (1 NPK) and N – 90, P – 39.3 and K – 87.2 (1.5 NPK), for spring wheat: N – 50, P – 17.4 and K – 49.8 (1 NPK) and N – 75, P – 26.1 and K – 74.7 (1.5 NPK), for pea: N – 20, P – 26.2 and K – 66.4 (1 NPK) and N – 30, P – 39.3 and K – 99.6 (1.5 NPK), for winter wheat: N – 60, P – 17.4 and K – 58.1 (1 NPK) and N – 90, P – 26.1 and 87.2 (1.5 NPK). The fertilizers were used in the form of ammonium nitrate, triple superphosphate and potassium salt (49.8% K), potassium sulphate (43.2% K) was used for potato. Mineral fertilization, different ways of cultivation did not cause considerable changes of any physicochemical properties of soil: pH_{KCl}, the content of Al³⁺, H⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺ and total alkalic cations, total sorptive capacity and base cation saturation. Further research is advisable in order to improve the knowledge about the role of evaluated factors in shaping the physicochemical properties and also to broaden it for other properties of soil.

KEY WORDS: fertilization, cultivation, plants, soil, physicochemical properties

Właściwości fizykochemiczne są ważnym elementem żyzności gleby. Zaliczyć do nich można odczyn, zawartość glinu ruchomego i kationów wymiennych oraz ich udział w wysyceniu kompleksu sorpcyjnego [Dobrzański i in. 1959; Mercik 1984; Moskal 1984; Bednarek, Lipiński 1995; Bednarek, Lipiński 1996; Mazur i in. 1997; Bednarek, Lipiński 1998; Mercik i in. 2000; Rabikowska, Piszcz 2000; Bednarek 2002; Blecharczyk i in. 2002; Czekala 2002; Mazur, Sądej 2002]. Właściwości te oddziałują pośrednio i bezpośrednio na wysokość i jakość plonu roślin uprawnych.

Czynniki antropogeniczne wywierają bardzo duży wpływ na rozpatrywane cechy. Do nich należy w pierwszej kolejności nawożenie mineralne, szczególnie azotem [Mercik 1984; Moskal 1984; Dechnik i in. 1993; Mazur i in. 1997; Bednarek, Lipiński 1998; Mercik i in. 2000; Rabikowska, Piszcz 2000; Bednarek 2002; Mazur, Sądej 2002]. Oddziaływanie uprawy roli oraz zmianowania z udziałem różnych roślin jest stosunkowo mniej znane [Mercik 1984; Blecharczyk i in. 2002; Czekala 2002].

Celem badań było określenie wpływu nawożenia mineralnego, różnych sposobów uprawy roli oraz zmianowania roślin, jak: ziemniak, pszenica jara, groch siewny, pszenica ozima, na fizykochemiczne właściwości gleby płowej wytworzonej z lessu.

METODY

Przedstawione opracowanie powstało na podstawie wyników zebranych z doświadczenia polowego, założonego i prowadzonego w latach 1999–2002 przez Katedrę Ogólnej Uprawy Roli i Roślin AR w Lublinie w Gospodarstwie Doświadczalnym w Czesławicach koło Nałęczowa na glebie płowej wytworzonej z lessu. Przed założeniem eksperymentu gleba cechowała się obojętnym odczynem, bardzo wysoką zasobnością w przyswajalne formy fosforu i potasu oraz średnią – magnezu.

W doświadczeniu zastosowano dwa poziomy nawożenia mineralnego, trzy sposoby uprawy roli i zmianowanie z udziałem następujących roślin: ziemniak (Ania), pszenica jara (Helia), groch siewny (Agra) i pszenica ozima (Roma). Eksperyment założono metodą split-block w czterech powtórzeniach. Powierzchnia jednego poletka do zbioru wynosiła 20 m².

Jesienią pod ziemniak zastosowano obornik (30 t ha⁻¹) oraz nawożenie mineralne (kg ha⁻¹): N – 60, P – 26,2, K – 58,1 (1 NPK) oraz N – 90, P – 39,3 i K – 87,2 (1,5 NPK), pod pszenicę jarą: N – 50, P – 17,4 i K – 49,8 (1 NPK) oraz N – 75, P – 26,1 i K – 74,7 (1,5 NPK), pod groch siewny: N – 20, P – 26,2 i K – 66,4 (1 NPK) oraz N – 30, P – 39,3 i K – 99,6 (1,5 NPK), pod pszenicę

ozimą: N – 60, P – 17,4 i K – 58,1 (1 NPK) oraz N – 90, P – 26,1 i K – 87,2 (1,5 NPK). Nawozy stosowano w postaci saletry amonowej, superfosfatu potrójnego granulowanego i soli potasowej (49,8% K), pod ziemniak stosowano siarczan potasowy (43,2% K). Pierwszą dawkę azotu pod zboża zastosowano w okresie ruszenia wegetacji, drugą w fazie strzelania w źdźbło, pod pszenicę jara, w obiektach z niższym nawożeniem, całą dawkę zastosowano przed siewem.

Uprawa roli pod ziemniak przedstawiała się następująco: I – jesienią podorywka i bronowanie (dwa razy), stosowanie obornika, orka przedzimowa (25–30 cm), II – jesienią kultywatorowanie zamiast podorywki, reszta zabiegów bez zmian, III – jesienią talerzowanie zamiast podorywki, reszta bez zmian. Wiosną wykonano na wszystkich trzech obiektach bronowanie, kultywatorowanie, bronowanie i sadzenie.

Pod pszenicę jara wykonano: I – jesienią orkę przedzimową (18–20 cm), II – jesienią kultywatorowanie zamiast orki, III – jesienią tylko bronowanie broną ciężką. Wiosną na wszystkich obiektach wykonano bronowanie, kultywatorowanie, bronowanie, siew i bronowanie.

Pod groch siewny wykonano: I – jesienią podorywkę i bronowanie (dwa razy) oraz orkę przedzimową (18–20 cm), II – jesienią kultywatorowanie zamiast podorywki i płytką orkę przedzimową (do 15 cm), III – jesienią talerzowanie zamiast podorywki i głęboszowanie (35–40 cm) zamiast orki przedzimowej. Wiosną na wszystkich trzech obiektach wykonano bronowanie, kultywatorowanie, bronowanie, siew i bronowanie.

Pod pszenicę ozimą wykonano: I – jesienią podorywkę i bronowanie (dwa razy), orkę siewną (18–20 cm), bronowanie, siew i bronowanie, II – jesienią nie wykonano uprawek późniejszych, lecz płytką orkę siewną, tzw. razówkę (do 15 cm), pozostałe zabiegi bez zmian, III – jesienią talerzowanie zamiast podorywki i kultywatorowanie zamiast orki siewnej, pozostałe zabiegi jak w obiekcie I. Wiosną na wszystkich obiektach wykonano bronowanie.

Suma orok w rotacji płodozmianowej wynosiła: I sposób uprawy – 7, II – 3 i III – 1.

Pozostałe zabiegi wykonano zgodnie z zasadami nowoczesnej agrotechniki roślin.

W każdym roku, po zbiorze roślin, pobierano próby glebowe (średnie z obiektu) z warstwy 0–20 cm i oznaczono w nich: pH w 1 mol dm⁻³ KCl potencjometrycznie, glin ruchomy metodą Sokołowa, kwasowość hydrolityczną metodą Kappena, kationy wymienne o charakterze zasadowym, metodą ASA, po ekstrakcji z gleby 1 mol dm⁻³ CH₃COONH₄ o pH 7, jony wodorowe obliczono jako różnicę pomiędzy wartością Hh a zawartością Al³⁺, całkowitą pojemność sorpcyjną jako sumę kationów zasadowych, wodorowych i glinowych.

Analizy chemiczne wykonano w Katedrze Chemii Rolnej i Środowiskowej AR w Lublinie. Zebrane wyniki oceniono statystycznie metodą analizy wariancji potrójnej krzyżowej z zastosowaniem półprzedziału ufności Tukeya.

WYNIKI

Analiza wyników przedstawionych w tabelach 1 i 2 wskazuje na to, że zastosowane czynniki doświadczalne (nawożenie, sposób uprawy roli, rośliny) nie wpłynęły istotnie na zróżnicowanie odczynu warstwy ornej gleby. Był on lekko kwaśny, bardzo wyrównany i niezależnie od zastosowanego czynnika wynosił pH_{KCl} 6,2–6,4. Jednak nieco bardziej zakwaszała glebę wyższa dawka nawozów mineralnych i pierwszy sposób uprawy. Zastosowane czynniki były jednak za mało zróżnicowane, aby w znaczący sposób oddziaływać na odczyn badanej gleby. Cecha ta jest wartością względnie stabilną, zależy od szeregu właściwości, m.in. zawartości próchnicy i cząstek spławianych (szczególnie ilu koloidalnego), pojemności kationowej oraz właściwości buforowych. Jednak wieloletnie, intensywne nawożenie mineralne może doprowadzić do bardzo dużego zakwaszenia gleby [Moskal 1984; Dechnik i in. 1993; Bednarek, Lipiński 1996; Rabikowska, Piszcz 2000; Bednarek 2002; Bleharczyk i in. 2002]. Gleba płowa wytworzona z lessu po 25 latach stosowania dużych dawek NPK uległa zakwaszeniu aż do $pH_{KCl} = 3,7$, niespotykanego w glebach uprawnych [Bednarek 2002]. Natomiast następstwo roślin nie powodowało większych różnic w pH gleby [Bleharczyk i in. 2002].

Nawożenie, uprawa roli oraz rośliny nie wpłynęły istotnie na zawartość glinu ruchomego w glebie (0,3–0,4 mmol (+) kg^{-1} , udział w całkowitej pojemności sorpcyjnej 0,28–0,36%). Nie należy jednak oczekiwać, aby gleba żyzna, znajdująca się w wysokiej kulturze rolnej i lekko kwaśnym odczynie, zawierała zbyt wiele jonów Al^{3+} . W glebach nawożonych od wielu lat tylko nawozami mineralnymi stwierdzono bardzo duże ilości glinu ruchomego [Moskal 1984; Bednarek, Lipiński 1996; Mazur i in. 1997; Mazur, Sądej 2002], sięgające nawet do około 80 mmol (+) kg^{-1} [Bednarek 2002].

Zawartość jonów wodorowych była również cechą wyrównaną i nie zależała od zastosowanych czynników. Można jednak odnotować, że wyższy poziom nawożenia mineralnego spowodował zauważalny jej wzrost – do 14,1 mmol (+) kg^{-1} . W zależności od zastosowanego czynnika i jego poziomu udział jonów H^+ w całkowitej pojemności sorpcyjnej wynosił od 13,0 do 14,4%, decydował w 97,5–98,1% o wartości Hh (jony glinowe jedynie w 1,9–2,5%). Rola nawożenia mineralnego, zwłaszcza azotem, w zwiększaniu zakwaszenia gleby jest znana od dawna i często opisywana [Mercik i in. 2000; Rabikowska, Piszcz 2000;

Tabela 1. Wpływ nawożenia mineralnego i sposobów uprawy roli na fizykochemiczne właściwości gleby, mmol (+) kg⁻¹Table 1. Influence of mineral fertilization and ways of cultivation on physicochemical properties of soil, mmol (+) kg⁻¹

Badana cecha Feature studied	Nawożenie Fertilization		NIR _{0,05} LSD _{0,05}	Sposoby uprawy Method of cultivation			NIR _{0,05} LSD _{0,05}
	1 NPK	1,5 NPK		I	II	III	
pH _{KCl}	6,4	6,2	-	6,2	6,4	6,3	-
Al ³⁺	0,29	0,31	ni ns	0,29	0,34	0,28	ni ns
H ⁺	13,4	14,1	ni ns	13,8	13,3	14,2	ni ns
Ca ²⁺	66,5	68,4	ni ns	64,4	70,8	67,1	ni ns
Mg ²⁺	9,11	9,13	ni ns	10,4	9,10	8,82	ni ns
K ⁺	8,25	8,52	ni ns	8,63	8,29	8,24	ni ns
Na ⁺	0,60	0,61	ni ns	0,61	0,56	0,66	ni ns
S TEB	84,5	86,7	ni ns	84,0	88,8	84,8	ni ns
T CEC	98,2	101,1	ni ns	97,1	102,4	99,3	ni ns
Al ³⁺ %	0,30	0,31	-	0,30	0,33	0,28	-
H ⁺ %	13,6	14,0	-	14,2	13,0	14,2	-
Ca ²⁺ %	67,7	67,7	-	66,3	69,1	67,6	-
Mg ²⁺ %	9,28	9,02	-	10,7	8,89	8,88	-
K ⁺ %	8,40	8,43	-	8,89	8,10	8,30	-
Na ⁺ %	0,61	0,60	-	0,63	0,55	0,67	-
V %	86,0	85,8	-	86,5	86,7	85,4	-

ni nieistotne, not significant, – nie obliczano, not calculated, S – suma kationów zasadowych total exchangeable bases, T – całkowita kationowa pojemność sorpcyjna cation exchange capacity, V – stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi base saturation

Bednarek 2002; Blecharczyk i in. 2002; Czekala 2002; Mazur, Sądej 2002]. Natomiast następstwo roślin (zmianowanie, monokultura) nie powodowało większych zmian wartości tej cechy [Blecharczyk i in. 2002].

Zawartość jonów Ca²⁺ również nie zależała od zastosowanych zabiegów agrotechnicznych. Ich ilość kształtowała się w zakresie 64,4–70,8 mmol (+) kg⁻¹, w zależności od rozpatrywanego czynnika i jego poziomu, a przeciętny udział w wysyceniu kompleksu sorpcyjnego wynosił około 67,5%. Intensywne nawożenie mineralne (szczególnie azotem) może jednak prowadzić do istotnego zmniejszenia zawartości tych jonów w glebie i ich udziału w kompleksie sorpcyjnym [Dechnik i in. 1993; Bednarek, Lipiński 1998; Czekala 2002; Rabikowska, Piszcz 2000].

Nawożenie mineralne, sposób uprawy roli oraz rośliny nie oddziaływały istotnie na zawartość magnezu wymiennego w glebie. Jego ilość kształtowała się na poziomie 8,7–10,4 mmol (+) kg⁻¹, a udział w kompleksie sorpcyjnym był wysoki i wynosił od 8,8 do 10,7%. Inne badania dowodzą, że szczególnie

w warunkach stosowania dużych dawek nawozów mineralnych dochodziło do istotnego obniżenia zawartości tej formy Mg w glebie i jego udziału w wysyceniu kompleksu sorpcyjnego [Dechnik i in. 1993; Bednarek, Lipiński 1998; Rabi-kowska, Piszcz 2000].

Zawartość jonów K^+ nie zależała istotnie od czynników doświadczalnych i ich poziomów i wynosiła od 8,2 do 8,6 mmol (+) kg^{-1} . Udział tego pierwiastka w wysyceniu całkowitej pojemności kompleksu sorpcyjnego był stosunkowo wysoki: 8,0–8,9%. Nawożenie azotem prowadziło do istotnego zmniejszenia zawartości tej formy K w glebie, natomiast nawożenie potasem do wzrostu jego udziału w wysyceniu kompleksu sorpcyjnego [Bednarek, Lipiński 1998; Rabi-kowska, Piszcz 2000].

Nawożenie mineralne, sposób uprawy roli oraz uprawiane rośliny nie wpłynęły istotnie na zawartość sodu wymiennego w glebie. Jego ilość utrzymywała się na poziomie 0,55–0,71 mmol (+) kg^{-1} , a udział w całkowitej pojemności kompleksu sorpcyjnego wynosił 0,55–0,68%. Jednak jednostronne nawożenie mineralne, szczególnie potasem, prowadziło do istotnego zmniejszenia zawartości tej formy sodu w glebie i procentowego udziału w wysyceniu kompleksu sorpcyjnego [Bednarek, Lipiński 1998].

Tabela 2. Oddziaływanie roślin uprawnych na fizykochemiczne właściwości gleby, mmol (+) kg^{-1}
Table 2. Influence of crops on physicochemical properties of soil, mmol (+) kg^{-1}

Badana cecha Feature studied	Ziemiak Potarto	Pszonica jara Spring wheat	Groch siewny Pea	Pszonica ozima Winter wheat	NIR _{0,05} LSD _{0,05}
pH _{KCl}	6,3	6,2	6,4	6,3	-
Al ³⁺	0,37	0,29	0,28	0,28	ni ns
H ⁺	14,6	14,0	12,9	13,4	ni ns
Ca ²⁺	70,0	64,9	67,1	67,7	ni ns
Mg ²⁺	9,77	8,68	9,05	9,10	ni ns
K ⁺	8,33	8,55	8,43	8,24	ni ns
Na ⁺	0,71	0,55	0,60	0,57	ni ns
S TEB	88,8	82,7	85,2	85,6	ni ns
T CEC	103,8	97,0	98,4	99,3	ni ns
H %	14,1	14,4	13,1	13,5	-
Al ³⁺ %	0,36	0,30	0,28	0,28	-
Ca ²⁺ %	67,4	66,9	68,2	68,2	-
Mg ²⁺ %	9,41	8,95	9,20	9,16	-
K ⁺ %	8,03	8,81	8,57	8,30	-
Na ⁺ %	0,68	0,57	0,61	0,57	-
V %	85,6	85,3	86,6	86,2	-

Oznaczenia jak w tabeli 1 Explanation as in Table 1

Suma kationów zasadowych (S) nie zależała istotnie od zabiegów agrotechnicznych i była względnie wyrównana (82,7–88,8 mmol (+) kg⁻¹). Stanowiła od 85,3 do 86,7% całkowitej pojemności kompleksu sorpcyjnego. Nieco większa zawartość kationów zasadowych w glebie z uprawą ziemniaka mogła zostać spowodowana nawożeniem obornikiem oraz ich wydalaniem przez tę roślinę w końcowym etapie okresu wegetacyjnego. W innych opracowaniach na ogół stwierdzano, że stosowanie nawozów mineralnych (szczególnie azotowych i potasowych) prowadziło do istotnego zmniejszenia zawartości kationów zasadowych w glebie i ich udziału w kompleksie sorpcyjnym [Mercik 1984; Bednarek, Lipiński 1998; Mercik i in. 2000; Rabikowska, Piszcz 2000; Blecharczyk i in. 2002]. Te niekorzystne objawy łagodziło nawożenie obornikiem oraz wapnowanie [Mercik i in. 2000; Rabikowska, Piszcz 2000; Blecharczyk i in. 2002]. Następstwo roślin nie wpłynęło zauważalnie na wartość S [Blecharczyk i in. 2002].

Wielkość całkowitej pojemności sorpcyjnej (T) gleby również nie zależała istotnie od zastosowanych zabiegów agrotechnicznych. Wartość tej cechy utrzymywała się na poziomie 97,0–103,8 mmol (+) kg⁻¹. Największa stwierdzona pod uprawą ziemniaka (103,8 mmol (+) kg⁻¹) została prawdopodobnie spowodowana korzystnym oddziaływaniem obornika, na co wskazują również badania Mercika i in. [2000], Rabikowskiej i Piszcz [2000] oraz Blecharczyka i in. [2002]. Nawożenie mineralne powodowało natomiast na ogół istotne zmniejszenie wartości tej cechy [Bednarek, Lipiński 1998; Mercik i in. 2000; Rabikowska, Piszcz 2000; Blecharczyk i in. 2002].

WNIOSKI

1. Nawożenie mineralne, różne sposoby uprawy roli oraz rośliny nie oddziaływały istotnie na niektóre analizowane fizykochemiczne właściwości gleby płowej wytworzonej z lessu: pH_{KCl}, zawartość glinu ruchomego i jonów wodorowych, jonów Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺ oraz sumę kationów zasadowych (S), całkowitą pojemność kationową (T), a także stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi (V).

2. Przeciętne wskaźniki charakteryzujące właściwości fizykochemiczne badanej gleby kształtowały się na następującym poziomie: pH_{KCl} – 6,3; Al³⁺ – 0,3; Ca²⁺ – 65,7; Mg²⁺ – 9,2; K⁺ – 8,4; Na⁺ – 0,61; H⁺ – 13,8; S – 85,6; T – 99,7 mmol (+) kg⁻¹, V – 85,8%.

3. Wskazane jest prowadzenie dalszych badań (uwzględniających zwłaszcza różne sposoby uproszczeń w uprawie roli oraz zmianowaniu roślin i współdziałaniu tych czynników z nawożeniem), mających na celu dokładniejsze poznanie

udziału ocenianych czynników w kształtowaniu właściwości fizykochemicznych, a także ich rozszerzenie o inne cechy gleby.

PIŚMIENNICTWO

- Bednarek W. 2002. Glin ruchomy w glebie nawożonej azotem, fosforem i potasem. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 482, 47–51.
- Bednarek W., Lipiński W. 1995. Fizykochemiczne właściwości gleby zdegradowanej poddanej oddziaływaniu wapnowania i nawożenia mineralnego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 418, 643–648.
- Bednarek W., Lipiński W. 1996. Oddziaływanie nawożenia mineralnego i wapnowania na fizykochemiczne właściwości gleby lekkiej, plonowanie oraz niektóre cechy jęczmienia jarego. *Roczn. Gleb.* 47, 3/4, 109–115.
- Bednarek W., Lipiński W. 1998. Kationy wymienne w glebie poddanej oddziaływaniu zróżnicowanego nawożenia mineralnego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 456, 147–151.
- Blecharczyk A., Małecka I., Piechota T. 2002. Wpływ wieloletniego nawożenia oraz następstwa roślin na właściwości gleby i skład chemiczny jęczmienia jarego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 482, 59–64.
- Czekała J. 2002. Zmiany ilościowe kationów wymiennych gleby w zależności od płodozmianu i nawożenia azotem. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 482, 99–105.
- Dechnik I., Bednarek W., Filipek T. 1993. Wpływ nawożenia azotem i potasem na niektóre właściwości gleby brunatnej wytworzonej z lessu. *Zesz. Nauk. Akad. Rol. w Krakowie* 277, 133–141.
- Dobrzański B., Turski R., Pomian J. 1959. Charakterystyka gleb Rolniczego Zakładu Doświadczalnego Czesławice. *Annales UMCS, Sect. E*, 14, 1–30.
- Mazur T., Wojtas A., Mazur Z., Sądej W. 1997. Porównanie działania nawożenia organicznego i mineralnego na odczyn i kwasowość gleby. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 456, 251–256.
- Mazur T., Sądej W. 2002. Porównanie stanu zakwaszenia gleb w wyniku wieloletniego nawożenia gnojowicą, obornikiem i nawozami mineralnymi. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 482, 375–383.
- Mercik S. 1984. Wpływ wieloletniego nawożenia mineralnego, organicznego i zmianowania na niektóre właściwości fizykochemiczne gleby. *Symp. nauk. 60 lat statycznych doświadczeń nawozowych na polu doświadczalnym SGGW-AR w Skierniewicach, Skierniewice 31 V–1 VI 1984*, 102–106.
- Mercik S., Stepień W., Lenart S. 2000. Żyzność gleb w trzech systemach nawożenia: mineralnym, organicznym i organiczno-mineralnym – w doświadczeniach wieloletnich. Cz. I. Właściwości fizyczne i fizykochemiczne gleb. *Folia Univ. Agric. Stetin.* 211, *Agricult.* 84, 311–316.
- Moskal S. 1984. Wpływ nawozów mineralnych, obornika i wapna na odczyn gleb, jej kwasowość i zawartość glinu ruchomego. *Symp. Nauk. 60 lat statycznych doświadczeń nawozowych na polu doświadczalnym SGGW-AR w Skierniewicach, Skierniewice 31 V–1 VI 1984*, 52–63.
- Rabikowska B., Piszcz U. 2000. Zakres i zasięg zmian odczynu i właściwości sorpcyjnych w glebie płowej pod wpływem długoletniego nawożenia obornikiem i azotem. *Folia Univ. Agric. Stetin.* 211, *Agricult.* 84, 423–428.