

Agrochemiczne właściwości gleby są w głównej mierze uzależnione od stosowanego nawożenia organicznego i mineralnego, uprawianych roślin oraz warunków klimatycznych. Nawożenie organiczne w dłuższym okresie utrzymuje w glebie zawartość próchnicy na optymalnym poziomie [Mercik i in. 2000; Nowak i in. 2000], a gdy jest uzupełniane nawozami mineralnymi nawet ją podwyższa [Panak, Nowak 1989]. Forma organiczna azotu stanowi ponad 90% całkowitej jego ilości w glebie, natomiast mineralna, która jest bezpośrednio dostępna dla roślin, zaledwie kilka procent [Aulfhammer i in. 1989]. Właściwe i racjonalne nawożenie mineralne połączone z obornikiem wzbogaca glebę w łatwo dostępne dla roślin składniki pokarmowe [Barczak i in. 1999; Stępień, Mercik 1999; Mercik i in. 2000; Sienkiewicz 2003].

Celem badań było określenie zmian w zawartości składników przyswajalnych, węgla organicznego, azotu ogólnego oraz mineralnych jego form pod wpływem wieloletniego zróżnicowanego nawożenia mineralnego oraz mineralno-obornikowego.

METODY

Doświadczenie założono w 1986 roku w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym w Bałczynach na glebie płowej typowej wytworzonej z gliny lekkiej, zaliczonej do klasy III kompleksu żytniego bardzo dobrego. W niniejszym opracowaniu wykorzystano wyniki uzyskane w czwartej rotacji zmianowania: burak cukrowy, jęczmień jary, kukurydza, pszenica jara z lat 1998–2001. Przed rozpoczęciem badań gleba w warstwie ornej (0–25 cm) miała zasobność w składniki przyswajalne na poziomie: 100,0 mg K, 53,2 mg Mg i 41,3 mg P kg⁻¹ gleby oraz zawierała węgla organicznego i azotu ogólnego odpowiednio: 7,9 g kg⁻¹ i 0,79 g kg⁻¹.

Doświadczenie było prowadzone metodą losowanych bloków na dwóch polach w czterech powtórzeniach. Na jednym polu stosowano nawożenie mineralne łącznie z obornikiem, a na drugim rośliny nawożono tylko nawozami mineralnymi. Obornik w ilości 40 t ha⁻¹ dawano pod burak cukrowy i kukurydzę. Wapnowanie przeprowadzono pod burak cukrowy jesienią w ilości 2,5 t CaO ha⁻¹. Zróżnicowane nawożenie mineralne ukształtowano na jednakowym poziomie na obydwu polach (tab. 1).

Próby glebowe pobierano po zbiorze roślin z warstwy ornej (0–25 cm); analizy chemiczne obejmowały: przyswajalny fosfor i potas (metoda Egnera-Riehma), przyswajalny magnez (metoda Schachtschabela), węgiel organiczny (metoda Tiurina), azot ogólny (metoda destylacyjna) po mineralizacji w kwasie siarkowym (VI), azot mineralny po ekstrakcji 1% roztworem K₂SO₄ oznaczono

Tabela 1. Schemat nawożenia mineralnego

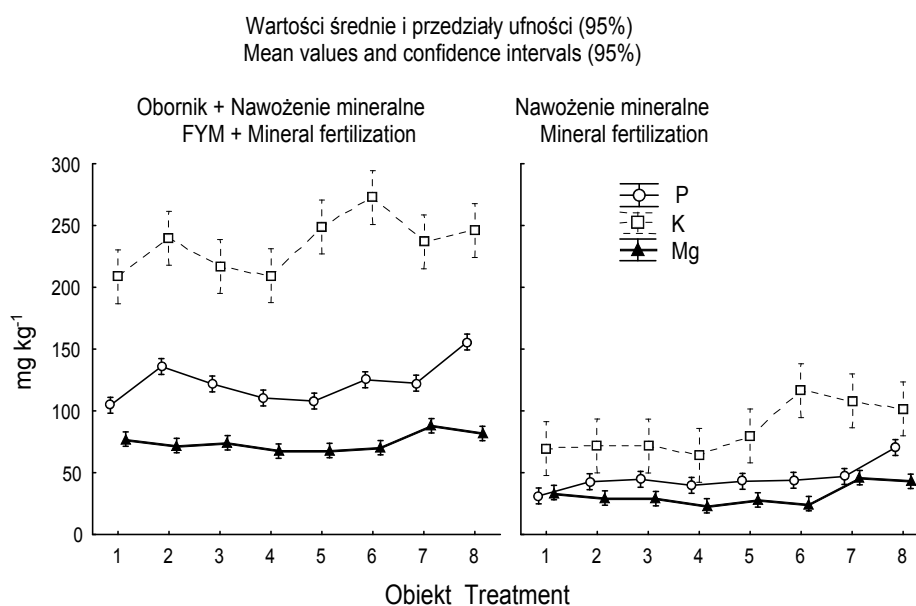
Table 1. Design of mineral fertilization

Nr No.	Obiekty Treatments	Burak cukrowy Sugar beet				Jęczmień jary Spring barley			
		N	P	K	Mg	N	P	K	Mg
		Dawka Rate kg ha ⁻¹							
1	N ₀ P ₀ K ₀	0	0	0	0	0	0	0	0
2	N ₁ P ₁ K ₁	60	34,9	66,4	0	30	34,9	33,2	0
3	N ₂ P ₁ K ₁	120	34,9	66,4	0	60	34,9	33,2	0
4	N ₃ P ₁ K ₁	180	34,9	66,4	0	90	34,9	33,2	0
5	N ₂ P ₁ K ₂	120	34,9	132,8	0	60	34,9	66,4	0
6	N ₂ P ₁ K ₃	120	34,9	199,3	0	60	34,9	99,7	0
7	N ₂ P ₁ K ₂ Mg	120	34,9	132,8	48,2	60	34,9	66,4	18,1
8	N ₂ P ₁ K ₂ Mg+CaO	120	34,9	132,8	48,2	60	34,9	66,4	18,1
		Kukurydza Maize				Pszenica jara Spring wheat			
1	N ₀ P ₀ K ₀	0	0	0	0	0	0	0	0
2	N ₁ P ₁ K ₁	60	26,2	49,8	0	40	34,9	24,9	0
3	N ₂ P ₁ K ₁	120	26,2	49,8	0	80	34,9	24,9	0
4	N ₃ P ₁ K ₁	180	26,2	49,8	0	120	34,9	24,9	0
5	N ₂ P ₁ K ₂	120	26,2	99,7	0	80	34,9	49,8	0
6	N ₂ P ₁ K ₃	120	26,2	149,5	0	80	34,9	74,7	0
7	N ₂ P ₁ K ₂ Mg	120	26,2	99,7	24,1	80	34,9	49,8	18,1
8	N ₂ P ₁ K ₂ Mg+CaO	120	26,2	99,7	24,1	80	34,9	49,8	18,1

N-NO₃ metodą z kwasem fenolodisulfonowym i N-NH₄ metodą Nesslerera. Otrzymane wyniki analiz opracowano statystycznie, wykorzystując program Statistica.

WYNIKI

Zawartość podstawowych składników przyswajalnych (P, K i Mg) uległa znacznym zmianom w wyniku wieloletniego stosowania nawożenia organiczno-mineralnego oraz mineralnego (ryc. 1). Regularnie stosowany obornik podwyższył prawie 3-krotnie ilość dostępnego fosforu, 2,3-krotnie potasu oraz 1,4-krotnie magnezu. Nawozy mineralne wywierały także wpływ na przyswajalność dla roślin podstawowych makroskładników w ornej warstwie gleby. Zawartość fosforu wzrastała po nawożeniu tym składnikiem, ale również korzystny wpływ wywierało wapnowanie. Na wzrost ilości przyswajalnego potasu w glebie oprócz obornika, silny wpływ wywierało nawożenie solą potasową. Odnotowano także nieznaczną tendencję do zmniejszania zasobów przyswajalnego K w wyniku stosowania wzrastających dawek azotu. Badania potwierdziły dodatni wpływ regularnego nawożenia obornikiem na dostępność magnezu dla roślin. W przeciwieństwie do tego systemu gospodarowanie tylko oparte na nawozach



Rycina 1. Zawartość składników przyswajalnych w glebie w mg kg^{-1} w zależności od nawożenia
Figure 1. Content of available nutrients in soil in mg kg^{-1} in relation to fertilization

mineralnych prowadzi, w miarę wzrastających dawek azotu i potasu, do zubożenia gleby w przyswajalne związki magnezu. Otrzymane wyniki wykazały, że nawet coroczne nawożenie magnezem w dawkach nieznacznie przekraczających jego pobranie, nie dało tak pozytywnych efektów, jak obornik stosowany co dwa lata.

Wielu badaczy zwraca uwagę na to, że koncentracja przyswajalnych składników pokarmowych w glebach w największym stopniu jest uzależniona od nawożenia organicznego i mineralnego [Mercik i in. 1993; Bednarek, Lipiński 1994; Mattsson 1999]. W pracach naukowych spotyka się pogląd, że stosowanie wyłącznie nawozów organicznych w długim okresie może prowadzić do zubożenia gleby w fosfor [Strączyńska 1998; Barczak i in. 1999]. Spotyka się również prace podkreślające korzystny wpływ obornika na zasoby przyswajalnego fosforu w glebie [Sienkiewicz i in. 1999]. W badaniach własnych otrzymano znaczący wpływ obornika na dostępność potasu. Także Stepień i Mercik [1999] oraz Sienkiewicz [2003] największe przyrosty zawartości K dostępnego otrzymali na obiektach systematycznie nawożonych obornikiem. W kształtowaniu zasobności gleby w dostępne formy potasu wielkie znaczenie mają nawozy potasowe [Barczak i in. 1999, Sienkiewicz i in. 1999]. Niebezpiecznym zjawiskiem jest wymywanie magnezu wraz ze wzrostem dawek nawozów NPK

[Dechnik i in. 1993]. Spotyka się również publikacje wykazujące brak reakcji lub nawet zmniejszanie ilości dostępnego Mg w glebie po nawożeniu magnezem [Kaniuczak 1999]. Dobrym zabiegiem zwiększającym zasoby dostępnego magnezu w glebie jest nawożenie obornikiem [Mercik i in. 1993; Sienkiewicz 2003].

Wzbogacenie w materię organiczną ma szczególne znaczenie w kreowaniu cech żyzności gleby. Stosowany regularnie, co dwa lata obornik pozwolił na zgromadzenie w glebie istotnie większych ilości węgla organicznego i azotu ogółem (tab. 2). Średni wzrost zawartości węgla organicznego kształtował się w granicach bliskich 50%, a azotu nie przekraczał 40%. Stosowane nawozy mineralne nie wywierały znaczącego wpływu na koncentrację węgla organicznego i azotu ogółem w wierzchniej warstwie gleby. Zdaniem wielu autorów zawartość węgla organicznego i azotu ogólnego zależy od systemu nawożenia [Szulc i in. 1999; Sienkiewicz 2003].

Tabela 2. Zawartość węgla organicznego (C_{org}) i azotu ogólnego (N_{tot}) w glebie w zależności od nawożenia

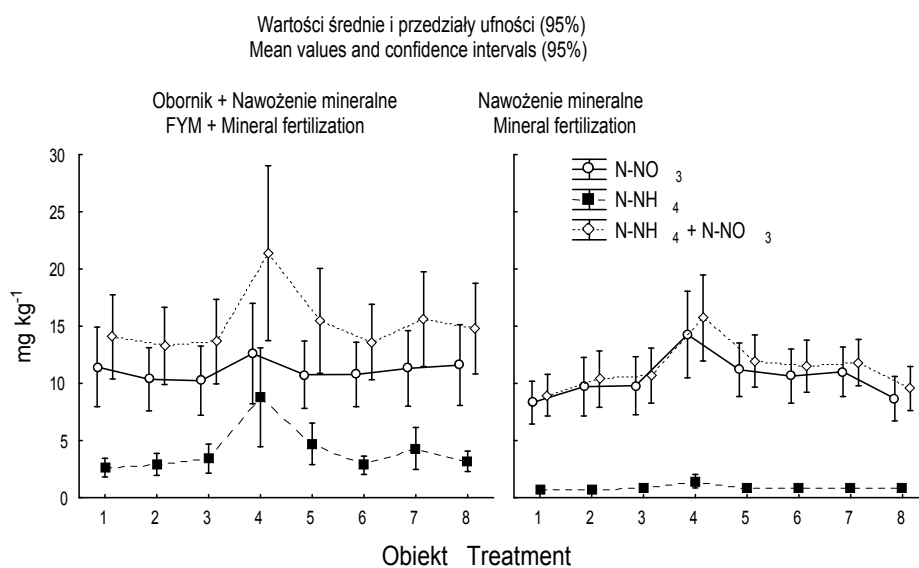
Table 2. Content of organic carbon (C_{org}) and total nitrogen (N_{tot}) in soil in relation to fertilization

Czynnik I Factor I	Czynnik II Factor II								Średnio Mean
	$N_0P_0K_0$	$N_1P_1K_1$	$N_2P_1K_1$	$N_3P_1K_1$	$N_2P_1K_2$	$N_2P_1K_3$	$N_2P_1K_2Mg$	$N_2P_1K_2MgCa$	
C_{org} (g kg ⁻¹)									
A	10,42	10,26	10,01	10,42	10,01	9,99	9,76	10,63	10,19
B	6,59	6,63	7,16	7,11	6,83	6,76	6,57	6,53	6,71
Średnio Mean	8,51	8,45	8,58	8,76	8,42	8,38	8,16	8,58	-
NIR _{0,05} LSD _{0,05} czynnik I factor I 1,67									
NIR _{0,05} LSD _{0,05} czynnik II factor II 3,34									
NIR _{0,05} LSD _{0,05} współdziałanie interaction ns									
N_{og} N_{tot} (g kg ⁻¹)									
A	1,11	1,08	1,09	1,08	1,10	1,10	1,07	1,11	1,09
B	0,82	0,81	0,76	0,80	0,76	0,76	0,76	0,75	0,79
Średnio Mean	0,97	0,95	0,93	0,94	0,93	0,93	0,91	0,93	-
NIR _{0,05} LSD _{0,05} czynnik I factor I 0,02									
NIR _{0,05} LSD _{0,05} czynnik II factor II ns									
NIR _{0,05} LSD _{0,05} współdziałanie interaction ns									

A Obornik + Nawożenie mineralne FYM + Mineral fertilization

B Nawożenie mineralne Mineral fertilization

Z nawożeniem organicznym jak i mineralnym wiąże się niebezpieczeństwo wzrostu ilości mineralnych form azotu w glebie ($N-NH_4$ i $N-NO_3$). W badaniach własnych stwierdzono większe nagromadzenie obydwu form N mineralnego w systemie nawożenia z obornikiem (ryc. 2). W tym systemie nawożenia naj-



Rycina 2. Zawartość N-NH_4 , N-NO_3 i $\text{N-NH}_4+\text{N-NO}_3$ w glebie w mg kg^{-1} s.m. gleby w zależności od nawożenia

Figure 2. Content of N-NH_4 , N-NO_3 and $\text{N-NH}_4+\text{N-NO}_3$ in soil in mg kg^{-1} of dry matter soil in relation to fertilization

wyższe dawki azotu mineralnego wydatnie zwiększały ilość N-NO_3 w glebie, a w zmianowaniu z wyłącznym nawożeniem mineralnym N-NH_4 , chociaż odnotowano wzrost zawartości jednej i drugiej formy w obydwu systemach nawożenia. Podobnie jak w badaniach Mercika i in. [2000] zmiany w zawartości mineralnego azotu pod wpływem zróżnicowanego nawożenia ujawniły się znacznie silniej niż w odniesieniu do azotu ogólnego. Z kolei Houba i in. [1987] informują, że różnicowanie nawożenia i zmianowania nie zmieniło w szerokim zakresie ilości mineralnego azotu glebowego. Nowak i in. [2000] otrzymali większy wzrost koncentracji N_{min} po nawożeniu mineralnym niż po zastosowaniu obornika. W przeciwieństwie do tego Mercik i in. [2000] uzyskali wyniki świadczące o znaczącym wpływie obornika na zawartość N-NH_4 i N-NO_3 w profilu glebowym, co zdaniem autorów może świadczyć o wyraźnych stratach azotu z obornika, większych niż z nawozów mineralnych. Podane dane z literatury nie dają jednoznacznych informacji o zagrożeniu środowiska mineralnymi związkami azotu, wynikającym ze stosowania nawozów.

WNIOSKI

1. Nawożenie obornikiem i nawozami mineralnymi w porównaniu z wyłącznym nawożeniem mineralnym wydatnie zwiększa zasoby węgla organicznego, azotu ogólnego i przyswajalnych makroelementów.
2. Magnez i potas stosowane w zmianowaniu zwiększają dostępność tych składników w glebie, jednak w mniejszym stopniu niż obornik.
3. Wysokie dawki azotu mineralnego zwiększają ilość N-NO₃, a obornik w większym stopniu odpowiada za nagromadzenie N-NH₄ w glebie.
4. W warunkach gospodarki bezobornikowej wzrost zasobności gleby w składniki pokarmowe można osiągnąć stosując zrównoważone nawożenie i wapnowanie.

PIŚMIENNICTWO

- Aulfhammer W., Federolf K.G., Kempf H., Kübler E., Stützel H. 1989. Variabilitätsursachen und Aussagemöglichkeiten der N-min Methode. *Landwirtsch. Forsch.* 42, 4, 81–92.
- 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.
- Bednarek W., Lipiński W. 1994. Mobile phosphorus forms in limed soil and fertilized with phosphorus and magnesium. *Polish J. Soil. Sci.* 27, 1, 34–48.
- Dechnik I., Bednarek W., Filipek T. 1993. Wpływ nawożenia azotem i potasem na niektóre właściwości gleby brunatnej wytworzonej z lessu. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie* 277, Sesja Nauk. 37, 133–141.
- Houba I.V.G., Novozamsky I., Uittengaard I., Lee I.I. 1987. Atomic determination of total soluble nitrogen in soil extract. *Landwirtsch. Forsch.* 40, 295–302.
- Mattsson L. 1999. Systems of plant nutrient application and their impacts on soil fertility development at three Swedish long-term experimental sites. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 465, 169–179.
- Mercik S., Nowosielski O., Paul M. 1993. Wpływ zróżnicowanego nawożenia i zmianowania na zawartość składników pokarmowych w glebie pólowej po 35 i 70 latach w statycznych doświadczeniach nawozowych. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie* 277, 37, 85–96.
- Mercik S., Stępień W., Łabętowicz J. 2000. Żyzność gleb w trzech systemach nawożenia: mineralnym, organicznym i organiczno-mineralnym w doświadczeniach wieloletnich. Cz. II. Właściwości chemiczne gleb. *Folia Univ. Agric. Stetin.* 211, Agric. 84, 317–322.
- Nowak W., Sowiński J., Słowiński H., Pytlarz-Kozicka M. 2000. Wpływ nawożenia organicznego oraz azotowego na odczyn gleby, ilość N-mineralnego i zawartość węgla organicznego w czasie wegetacji buraka cukrowego. *Folia Univ. Agric. Stetin.* 211, Agric. 84, 367–372.
- Panak H., Nowak G. 1989. Wpływ intensywnego nawożenia mineralnego na rozkład materii organicznej w glebie. *Rocz. Gleb.* 40, 1, 147–153.

- Sienkiewicz S., Panak H., Wojnowska T. 1999. Wpływ wieloletniego nawożenia organiczno-mineralnego na poziom żyzności i produktywności gleby. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 467, 207–213.
- Sienkiewicz S. 2003. Oddziaływanie obornika i nawozów mineralnych na kształtowanie żyzności i produktywności gleby. Wyd. UWM, Rozprawy i monografie 74, 1–120.
- Stępień W., Mercik S. 1999. Zmiany zawartości fosforu i potasu w glebie oraz plonowania roślin na przestrzeni 30 lat na glebie nawożonej i nienawożonej tymi składnikami. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 467, 269–278.
- Strączyńska S. 1998. Wpływ nawożenia organicznego i mineralnego na skład frakcyjny związków próchnicznych i chemiczne właściwości gleby. Folia Univ. Agric. Stetin. 190, Agric. 72, 289–293.
- Szulc W., Łabętowicz J., Kuszelewski L. 1999. Zmiany ilościowe próchnicy i jej frakcje pod wpływem wieloletniego nawożenia mineralnego i organicznego w glebie lekkiej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 465, 303–309.