

Wieloletnie nawożenie, zarówno mineralne jak i organiczne, może znacząco zmieniać środowisko glebowe. Wielu autorów podkreśla niekorzystny wpływ niezrównoważonego nawożenia mineralnego na niektóre elementy żyzności gleby [Mazur, Sądej 1993; Kuszelewski i in. 1996; Sienkiewicz 2003]. Wyłączne stosowanie nawozów organicznych nie zapewnia także równowagi składników pokarmowych [Kuszelewski i in. 1996; Sienkiewicz 2003]. Najbardziej korzystne efekty osiąga się stosując obornik łącznie z nawozami mineralnymi [Kuszelewski i in. 1996; Urbanowski i in. 1999]. Zdaniem Mercika i in. [2000] nawożenie organiczno-mineralne w porównaniu z wyłącznym nawożeniem mineralnym nie zmienia znacząco zakwaszenia gleby. Właściwe wysycenie kompleksu sorpcyjnego kationami ma bezpośredni wpływ na odżywianie się roślin oraz wysokość i jakość plonu [Łabętowicz i in. 1999; Daugėlienė 2002].

Celem niniejszego opracowania było określenie zmian wybranych właściwości fizykochemicznych gleby w wyniku wieloletniego nawożenia obornikowo-mineralnego i wyłącznie mineralnego.

METODY

Doświadczenie założono w 1986 roku w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym w Bałcynach na glebie płowej typowej wytworzonej z gliny lekkiej, zaliczonej do klasy III kompleksu żytniego bardzo dobrego. Niniejsze opracowanie

Tabela 1. Schemat nawożenia mineralnego
Table 1. Design of mineral fertilization

Nr No.	Obiekt Treatment	Burak cukrowy Sugar beet				Jęczmień jary Spring barley			
		N	P	K	Mg	N	P	K	Mg
Dawka Dose 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

dotyczy czwartej rotacji zmianowania: burak cukrowy, jęczmień jary, kukurydza, pszenica jara i obejmuje lata 1998–2001. Przed rozpoczęciem badań warstwa orna gleby charakteryzowała się odczynem lekko kwaśnym. Pojemność kompleksu sorpcyjnego wynosiła $75,7 \text{ mmol (+) kg}^{-1}$ i był on w 72,1% wysyceny zasadami.

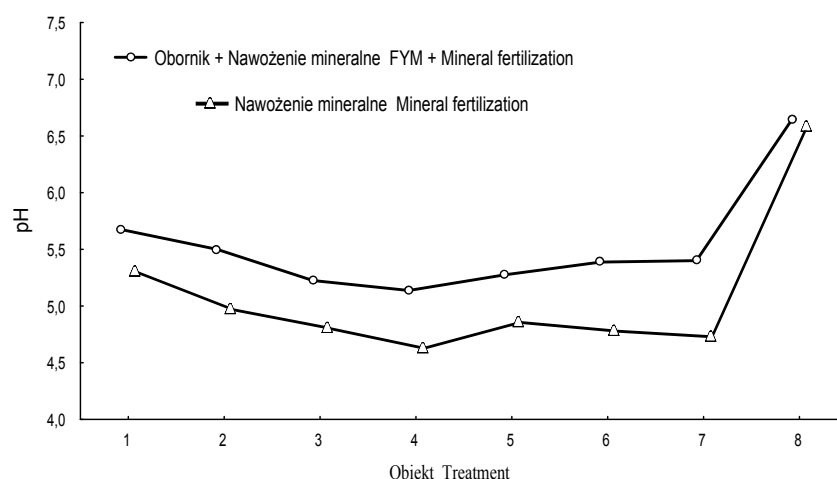
Doświadczenie było prowadzone metodą losowanych bloków na dwóch polach w czterech powtórzeniach. Na jednym polu stosowano nawożenie mineralne łącznie z obornikiem, a na drugim rośliny nawożono tylko nawozami mineralnymi. Obornik w ilości 40 t ha^{-1} dawano pod burak cukrowy i kukurydzę. Wapnowanie zastosowano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

Próby gleb do analiz pobierano po zbiorze roślin z warstwy ornej (0–25 cm). Analizy chemiczne obejmowały: pH w H_2O i w $1 \text{ mol KCl dm}^{-3}$, kwasowość hydrolityczną (metoda Kappena), kationy wymienne ekstrahowano z gleby roztworem NH_4Cl $0,5 \text{ mol dm}^{-3}$ o pH 7,0, a następnie oznaczono Ca^{2+} , K^+ i Na^+ metodą ESA, a Mg^{2+} metodą ASA. Wyniki analiz opracowano statystycznie, wykorzystując program Statistica.

WYNIKI

W czwartej rotacji prowadzonych badań wystąpiło silne zróżnicowanie właściwości fizykochemicznych gleby w zależności od systemu nawożenia. Gleby z obiektów pozbawionych nawożenia obornikiem charakteryzował wyraźnie niższy odczyn niż z nawożonych obornikiem (ryc. 1). W odniesieniu do stanu, kiedy zakładano doświadczenie, pH gleby obniżyło się o 0,67 w systemie nawożenia z obornikiem i o 1,12 w zmianowaniu z nawozami mineralnymi. Wskazuje to na korzystne działanie obornika w kierunku łagodzenia zakwaszenia. Spośród składników pokarmowych stosowanych w nawozach mineralnych największy wpływ na obniżenie pH wywierał azot. Wapnowanie w obydwu systemach nawożenia jednakowo silnie zmniejszało zakwaszenia. O degradującym działaniu nawozów azotowych znajdujemy informacje w wielu pracach [Mazur 1995; Filipek, Kaczor 1997; Kaczor, Kozłowska 2003; Sienkiewicz 2003]. Natomiast Mercik i in. [2000] w wieloletnim doświadczeniu nie stwierdzili obniżenia pH w wyniku stosowania nawożenia organiczno-mineralnego, a efekt taki wystąpił po wyłącznym stosowaniu nawozów mineralnych.

Wysokość sumy zasad i pojemność kompleksu sorpcyjnego istotnie zależały od systemu nawożenia (tab. 2). Gleby z pól, na których co dwa lata stosowano obornik, charakteryzowały znacznie wyższe wymienione wskaźniki. Spośród



Rycina 1. pH w 1 mol KCl dm⁻³ gleby w zależności od nawożenia
Figure 1. Soil pH in 1 mol KCl dm⁻³ in relation to fertilization

składników pokarmowych stosowanych w doświadczeniu tylko wapń wpływał istotnie na zmiany powyższych elementów żyzności gleby. Działanie wapnowania dawało wysoce pozytywne efekty – odnotowano wzrost sumy zasad i pojemności sorpcyjnej gleby. Mniejsze znaczenie pod tym względem miały takie pierwiastki jak azot, potas i magnez. Odnotowano jednak tendencję do zmniejszania sumy zasad i pojemności sorpcyjnej gleby pod wpływem najwyższych dawek azotu.

Wysycenie kompleksu sorpcyjnego zasadami wynosiło od 68,7 do 88% w zmianowaniu z obornikiem i od 61,0 do 86,6% w mineralnym systemie nawożenia (tab. 2). Największe wartości wskaźnik ten osiągał na obiektach wapnowanych. Wapnowanie działało prawie jednakowo silnie w obydwu seriach doświadczenia; różnica w wysyceniu zasadami gleby z obornikiem i bez tego nawozu na omawianych obiektach była najniższa. Najmniej zasad znajdowało się w kompleksie glebowym po nawożeniu potrójnymi dawkami azotu. Jednak najniższe wysycenie zasadami gleby nawożonej wysokimi dawkami N w zmianowaniu z obornikiem było wyższe od średniej wartości otrzymanej w warunkach wyłącznego nawożenia mineralnego. Na tej podstawie można wnioskować, że kompleks sorpcyjny gleby nawożonej obornikiem cechował się lepszymi właściwościami i stwarzał możliwości bardziej wszechstronnego zaopatrywania roślin w składniki pokarmowe. Wskazuje to na bardziej stabilny kompleks sorpcyjny gleby, która jest regularnie zaopatrywana w materię organiczną w postaci obornika.

Tabela 2. Suma zasad wymiennych (CEC), pojemność sorpcyjna gleby (TEB), wysycenie kompleksu sorpcyjnego zasadami (BS)

Table 2. Cation exchange capacity (CEC), total exchangeable bases (TEB), base saturation (BS)

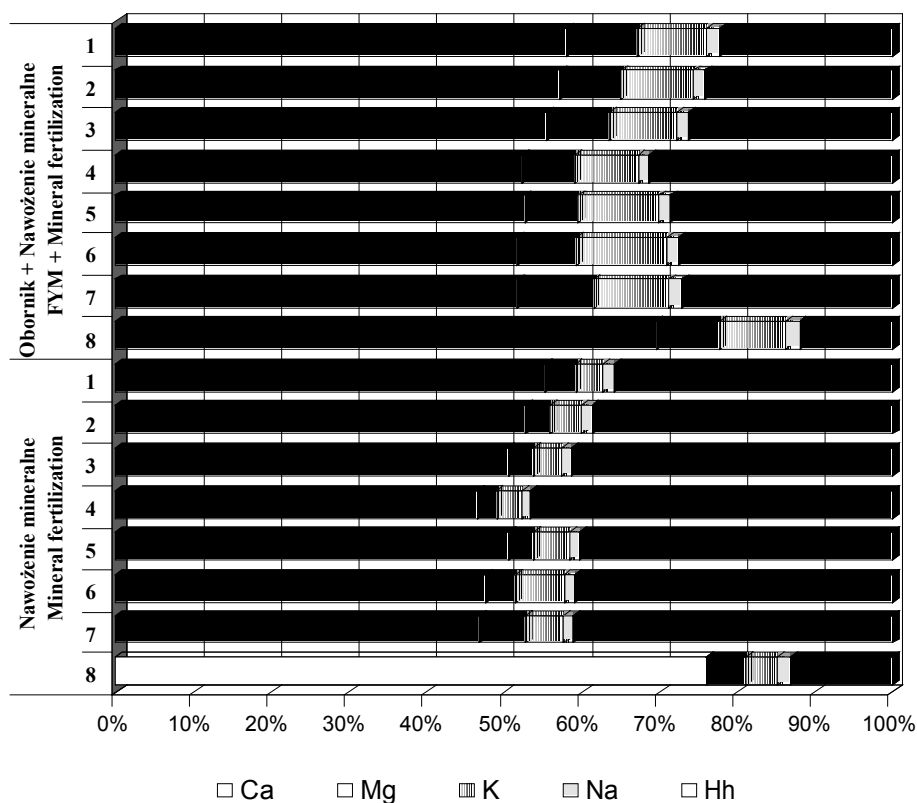
Czynnik I Factor I	Czynnik II Factor II								Średnio Mean
	N ₀ P ₀ K ₀	N ₁ P ₁ K ₁	N ₂ P ₁ K ₁	N ₃ P ₁ K ₁	N ₂ P ₁ K ₂	N ₂ P ₁ K ₃	N ₂ P ₁ K ₂ Mg	N ₂ P ₁ K ₂ Mg+CaO	
CEC mmol (+) kg ⁻¹									
A	63,0	64,5	63,3	56,8	58,2	58,9	61,4	86,5	64,1
B	37,9	38,0	37,4	33,4	38,6	37,4	37,8	68,9	41,2
Średnio Mean	50,5	51,2	50,4	45,1	48,4	48,2	49,6	77,7	-
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									
TEB mmol (+) kg ⁻¹									
A	81,1	84,9	85,8	82,6	81,5	81,2	84,3	98,2	85,0
B	59,1	61,9	63,8	62,5	64,5	63,3	64,2	79,3	64,8
Średnio Mean	70,1	73,4	74,8	72,6	73,0	72,2	74,2	88,7	-
NIR _{0,05} LSD _{0,05} czynnik I factor I 1,41									
NIR _{0,05} LSD _{0,05} czynnik II factor II 2,82									
NIR _{0,05} LSD _{0,05} współdziałanie interaction ns									
BS %									
A	77,8	75,9	73,7	68,7	71,5	72,5	72,9	88,0	75,1
B	64,1	61,3	58,6	53,3	59,8	58,9	58,8	86,6	62,7
Średnio Mean	70,9	68,6	66,1	61,0	65,6	65,7	65,8	87,3	-
NIR _{0,05} LSD _{0,05} czynnik I factor I 0,79									
NIR _{0,05} LSD _{0,05} czynnik II factor II 1,58									
NIR _{0,05} LSD _{0,05} współdziałanie interaction 2,23									

A Obornik + Nawożenie mineralne, A FYM + Mineral fertilization,

B Nawożenie mineralne, B Mineral fertilization,

Korzystny wpływ obornika i wapnowania na sumę zasad i pojemność kompleksu sorpcyjnego stwierdziło również wielu badaczy [Panak i in. 1990; Krzywy i in. 1996; Mercik i in. 2000; Sienkiewicz 2003]. Niemniej spotyka się także publikacje świadczące o braku wpływu obornika na pojemność sorpcyjną gleby [Wiater 1999].

Oddziaływanie nawożenia organicznego bądź mineralnego kształtuje również właściwości kompleksu sorpcyjnego. W przeprowadzonych badaniach stwierdzono wyraźny wpływ obornika na obsadę kompleksu sorpcyjnego poszczególnymi kationami (ryc. 2). Nawóz ten znacznie zwiększał udział kationów Mg²⁺ i K⁺ w kompleksie sorpcyjnym, ograniczając jednocześnie kwasowość gleby. Wzrost ilości K⁺ w kompleksie sorpcyjnym następował również wraz ze zwiększonymi dawkami potasu w nawozach mineralnych, a Mg²⁺ po zastosowaniu nawożenia tym składnikiem. Wapnowanie w niewielkim stopniu ograniczało



Rycina 2. Wysycenie kompleksu sorpcyjnego kationami Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ i H^+ w %
 Figure 2. Cation exchange capacity of Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ and H^+ in %

udział Mg^{2+} w kompleksie sorpcyjnym i bardzo silnie zwiększało ilość kationów Ca^{2+} . Wzrastające nawożenie azotem powodowało zwiększenie wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami H^+ , przede wszystkim kosztem Ca^{2+} i w mniejszym zakresie Mg^{2+} . Zależność ta silniej ujawniła się w zmianowaniu bez obornika. Mniej korzystne działanie nawożenia mineralnego w porównaniu z organiczno-mineralnym na kationowy skład kompleksu sorpcyjnego znajduje potwierdzenie w pracach innych autorów [Panak i in. 1990; Mercik i in. 2000; Rabikowska, Piszcz 2000; Sienkiewicz 2003]. Równoczesne stosowanie obornika i nawozów mineralnych zapewnia większe zrównoważenie wysycenia kompleksu sorpcyjnego. Pozwala to na bardziej efektywne zaopatrywanie roślin w składniki pokarmowe, a tym samym stwarza lepsze warunki do ich wzrostu i rozwoju. Ostatecznym efektem winien być duży plon o pożądanej jakości.

WNIOSKI

1. System nawożenia obornikowo-mineralny w stosunku do mineralnego hamuje proces zakwaszania gleby, zwiększa sumę zasad, pojemność kompleksu sorpcyjnego i jego wysycenie zasadami.
2. Obornik korzystnie zwiększa udział kationów Mg^{2+} i K^+ w kompleksie sorpcyjnym.
3. Wysokie dawki azotu mineralnego stosowane bez obornika i wapnowania oraz niezrównoważone odpowiednim nawożeniem potasem i magnezem znacznie zmniejszają wysycenie kompleksu sorpcyjnego kationami Ca^{2+} , M^{2+} i K^+ .

PIŚMIENNICTWO

- Daugėlienė N. 2002. Soil acidity in relation to mobile phosphorus and potassium contents and yield of the pasture. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 482, 121–127.
- Filipek T., Kaczor A. 1997. Dynamika antropogenicznej presji zakwaszenia rolniczej przestrzeni produkcyjnej w Polsce. *Mat. konf. „Ochrona i wykorzystanie rolniczej przestrzeni produkcyjnej Polski”* Wyd. IUNG Puławy, 3–4 czerwca 1997, 35–43.
- Kaczor A., Kozłowska J. 2003. Wpływ nawożenia roślin różnymi formami azotu i potasu na odczyn i zasobność gleby w fosfor. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 493, 375–379.
- Krzywy E., Krupa J., Wołoszyk C. 1996. Wpływ wieloletniego nawożenia organicznego i mineralnego na niektóre wskaźniki żyzności gleby. *Zesz. Nauk. AR w Szczecinie, Rol.* 172, 259–264.
- Kuszelewski L., Łabętowicz J., Szulc W. 1996. Współdziałanie nawozów mineralnych z obornikiem w kształtowaniu dynamiki wzrostu i pobierania składników pokarmowych w uprawie jęczmienia jarego i pszenicy ozimej. *Zesz. Nauk. AR w Szczecinie, Rol.* 62, 273–284.
- Łabętowicz J., Kuszelewski L., Korc M., Szulc W. 1999. Znaczenie nawożenia organicznego dla trwałości plonów i równowagi jonowej gleby lekkiej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 465, 123–134.
- Mazur T. 1995. Rozważania o degradacji gleb w wyniku nawożenia. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 418, 25–36.
- Mazur T., Sądej W. 1993. Nawożenie a żyzność gleb. *Rocz. Gleb.* 43, 58–63.
- 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, Agric. 84, 311–316.
- Panak H., Wojnowska T., Sienkiewicz S. 1990. Działanie obornika i nawozów mineralnych na żyzność i produktywność gleby. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Rol.* 53, 196, 149–160.
- 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, Agric. 84, 423–428.
- Sienkiewicz S. 2003. Oddziaływanie obornika i nawozów mineralnych na kształtowanie żyzności i produktywności gleby. *Wyd. UWM, Rozprawy i monografie*, 74, 1–120.
- Urbanowski S., Jaskulska I., Urbanowska T. 1999. Zmiany zawartości węgla organicznego oraz makroelementów w glebie pod wpływem wieloletniego nawożenia. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 465, 353–361.
- Wiater J. 1996. Wpływ nawożenia słomą, obornikiem i wapnowania na właściwości fizykochemiczne gleby w ósmym roku uprawy pszenicy ozimej w monokulturze. *Rocz. Gleb.* 47, 3/4, 63–74.

