

Roman Waclawowicz
Katedra Ogólnej Uprawy Roli i Roślin
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

ZMIANY W SIEDLISKU GLEBOWYM WYWOŁANE NASTĘPCZYM WPŁYWEM NAWOŻENIA ORGANICZNEGO I AZOTOWEGO

Streszczenie

W dwuczynnikowym doświadczeniu polowym przeprowadzonym w latach 2002-2004 badano wpływ trzech form nawozów organicznych (obornik, międzyplon + plony uboczne, wermikompost) zastosowanych pod przedprzedplon oraz zróżnicowanego nawożenia azotem mineralnym (0, 45, 90, 135 i 180 kg N/ha) na właściwości fizyczne i chemiczne gleby. Trzy lata po zastosowaniu nawożenia organicznego obserwowano zmniejszenie gęstości objętościowej gleby oraz zwiększenie jej porowatości ogólnej – szczególnie, jeśli pod przedprzedplon przyorano obornik. Badane formy nawożenia organicznego sprzyjały także zwiększeniu wilgotności, co obserwowano przede wszystkim po wprowadzeniu do gleby międzyplonu łącznie ze słomą i liśćmi buraka cukrowego lub obornika. Wszystkie nawozy organiczne sprzyjały na ogół wzrostowi zawartości podstawowych składników pokarmowych w glebie. Intensyfikacja nawożenia azotowego w niewielkim stopniu wpłynęła na wzrost zawartości C_{org} i N_{og} , oraz obniżenie ilości fosforu w glebie.

Słowa kluczowe: właściwości fizyczne gleby, właściwości chemiczne gleby, nawożenie organiczne, nawożenie azotowe

Wprowadzenie

Nawożenie jest jednym z podstawowych elementów agrotechniki roślin. Nawozy organiczne i mineralne wpływają na fizyczne, chemiczne i biologiczne właściwości gleby, kształtują jej zasobność, żyzność i urodzajność. Najpopularniejszym nawozem organicznym jest obornik, uważany za jeden z najlepiej działających nawozów na środowisko glebowe [Domska, Wojtkowiak 2000; Janowiak 1992; Rabikowska, Piszcz 2005]. Jednak w związku ze wzrostem udziału zbóż w strukturze zasiewów oraz ze zmniejszeniem obsady zwierząt w gospodarstwach rolnych, coraz częściej odczuwa się jego niedobory. Należy szukać innych rozwiązań. Obornik można zastąpić np. słomą oraz międzyplonem, wermikompostem, a także liśćmi buraczanymi [Nowak i Draszawka-Bołzan 2000, Stępień 2000, Zimny i in. 2005]. Jedną z cech charakterystycznych dla nawożenia organicznego jest jego oddziaływanie także w dalszych latach po zastosowaniu [Dzienia, Masny 1984, Stępień 2000].

W literaturze naukowej niewiele jest prac dotyczących następczego wpływu alternatywnych w stosunku do obornika nawozów na siedlisko glebowe, stąd też celem badań było określenie wybranych zmian właściwości fizycznych i chemicznych gleby średniej pod wpływem różnych form nawożenia organicznego stosowanego pod przedprzedplon (burak cukrowy) z jednoczesnym zastosowaniem rosnących dawek nawożenia azotowego pod wszystkie rośliny uprawiane w płodozmianie (burak cukrowy - pszenica jara - jęczmień ozimy), a także porównanie działania alternatywnych w stosunku do obornika nawozów organicznych na siedlisko pola uprawnego.

Metodyka i materiały badawcze

Dwuczynnikowe doświadczenie polowe wykonano drugiej rotacji płodozmiannu w latach 2002-2004 w RZD Swojec należącym do Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Badania przeprowadzono na czarnej ziemi właściwej wytworzonej z gliny lekkiej zaliczanej do klasy IIIa kompleksu pszennego dobrego. Powierzchnia poletek wynosiła 40 m².

Badano następczy wpływ trzech form nawozów organicznych zastosowanych pod przedprzedplon na wybrane właściwości fizyczne i chemiczne gleby. Nawozy były zastosowane w następujących ilościach: obornik – 30 t/ha, wermikompost wyprodukowany z obornika bydłęcego z udziałem dżdżownicy kompostowej (*Eisenia fetida* (Sav.)) – 10 t/ha, międzyplon ścierniskowy z gorczycy białej wysiany w ilości 20 t/ha po uprzednim przyoraniu 5 t/ha słomy jęczmiennej z dodatkiem 50 kg N/ha. Dodatkowo na poletkach, na których wcześniej przyorano gorczycę białą, wprowadzono liście buraczane (40 t/ha) pod przedplon (pszenicę jarą), natomiast w następnym roku przed siewem jęczmienia ozimego przyorano słomę pszeną (5 t/ha) z dodatkiem 50 kg N/ha. Na obiekcie kontrolnym nie wnoszono do gleby nawozów organicznych.

Badano również wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem mineralnym na właściwości fizyczne i chemiczne gleby. Dawki dostosowano do uprawianych roślin - dla jęczmienia ozimego wynosiły one: 0, 45, 90, 135 i 180 kg N/ha. Nawożenie fosforowe i potasowe jednakowe dla wszystkich obiektów doświadczenia (26 kg P i 66 kg K) w formie superfosfatu potrójnego 46% i soli potasowej 60% zastosowano jesienią. Pozostałe zabiegi agrotechniczne wykonywano według obowiązujących zaleceń.

Gęstość objętościową, porowatość ogólną i wilgotność gleby oznaczono w okresie zbioru jęczmienia ozimego przy użyciu cylinderków Kopeckiego o pojemności 100 cm³ w warstwach 5-10, 15-20 i 25-30 cm w dwóch powtórzeniach na każdym poletku. We wszystkich latach badań, zawsze po zbiorze jęczmienia określono także zawartość: azotu ogólnego – metodą Kjeldahla, węgla organicznego – metodą Westerhoffa oraz przyswajalnych form fosforu i potasu metodą Egnera-Riehma.

Omówienie wyników badań i dyskusja

Gęstość objętościowa gleby określona po zbiorze jęczmienia ozimego była istotnie zróżnicowana tylko pod wpływem następczego oddziaływania nawozów organicznych, co obserwowano wyłącznie w warstwie 25-30 cm (tab. 1).

Wszystkie nawozy organiczne przyczyniły się do istotnego zmniejszenia gęstości objętościowej gleby w tej warstwie w porównaniu z glebą nienawożoną organicznie. Po zastosowaniu obornika gęstość zmalała o 4,7%, natomiast po przyoraniu międzyplonu i plonu ubocznego lub wermikompostu zmniejszyła się średnio o 2,3%.

Podobny kierunek zmian obserwowano w warstwie 15-20 cm, różnic tych nie udowodniono jednak statystycznie. Nawożenie organiczne w niewielkim stopniu wpływało również na zmianę gęstości objętościowej gleby w warstwie 5-10 cm, po zastosowaniu międzyplonu, liści buraczanych i słomy zagęszczenie gleby nieco zmniejszyło się, natomiast wprowadzenie do gleby obornika lub wermikompostu przyczyniło się do nieznacznego wzrostu gęstości gleby. Podobny kierunek zmian po przyoraniu obornika zauważyli również Suwara i in. [2005], Mercik i in. [2000], Piechota [2005] oraz Zebarth i in. [1999], a po przyoraniu słomy Kuduk [1978]. Stosowanie nawozu azotowego mineralnego spowodowało niewielkie zmiany gęstości objętościowej gleby we wszystkich warstwach, na ogół wraz ze wzrostem dawki N gęstość malała.

Porowatość ogólna gleby po zbiorze jęczmienia ozimego była istotnie zróżnicowana tylko w warstwie 25–30 cm (tab. 2). Wprowadzenie do gleby każdej z badanych form nawozów organicznych sprzyjało zwiększeniu porowatości ogólnej gleby – jednak udowodniony statystycznie wzrost obserwowano tylko trzy lata po przyoraniu obornika. W porównaniu z glebą nienawożoną organicznie, nawóz ten przyczynił się do zwiększenia badanego wskaźnika o 3,2 pkt. %. W warstwie 5-10 cm nie odnotowano istotnych zmian, zaobserwowano jednak niewielkie zmniejszenie porowatości ogólnej gleby, jeżeli trzy lata wcześniej wprowadzono do gleby wermikompost lub obornik. Nieznaczne zwiększenie porowatości w wyniku zastosowania nawozów organicznych obserwowano również w warstwie 15-20 cm. Wszystkie badane nawozy przyczyniły się do wzrostu porowatości gleby, przy czym najkorzystniejszy pod tym względem okazał się obornik.

Również Zimny i in. [2005] zaobserwowali wzrost porowatości ogólnej po przyoraniu obornika lub słomy z międzyplonem, przy czym skala zmian była większa, jeśli wprowadzono do gleby słomę z nawozem zielonym. Większą porowatość po zastosowaniu nawożenia organicznego udowodnili również Suwara i in. [2005] oraz Piechota [2005]. Nawóz azotowy miał niewielki wpływ na zmianę porowatości ogólnej gleby w badanych warstwach. W warstwie 5–10 i 25-30 cm porowatość systematycznie zwiększała się wraz ze wzrostem dawek azotu jednak tylko do dawki 135 kg N/ha, zastosowanie

180 kg N/ha przyczyniło się do niewielkiego zmniejszenia wartości badanej cechy. Z kolei w warstwie 15–20 cm dawka azotu nie miała większego wpływu na zmiany porowatości ogólnej. Zimny i in. [2005] zaobserwowali natomiast, że intensyfikacja nawożenia N na ogół przyczynia się do zmniejszenia porowatości ogólnej.

Tabela 1. Gęstość objętościowa gleby (Mg/m^3), (średnie z lat 2002-2004)
Table 1. Bulk density of the soil (Mg/m^3), (means for years 2002-2004)

Nawożenie azotowe kg N/ha	Nawożenie organiczne				
	bez nawożenia	obornik	międzyplon + plony uboczne	wermikompost	średnio
warstwa 5–10 cm					
-	1,60	1,64	1,62	1,67	1,63
45	1,57	1,63	1,57	1,62	1,59
90	1,60	1,57	1,58	1,56	1,58
135	1,55	1,54	1,52	1,55	1,54
180	1,56	1,58	1,52	1,63	1,57
Średnio	1,58	1,59	1,56	1,60	-
NIR _{0,05} dla nawożenia organicznego – r.n. NIR _{0,05} dla nawożenia azotowego– r.n. NIR _{0,05} dla interakcji – r.n.					
warstwa 15–20 cm					
-	1,64	1,58	1,59	1,63	1,61
45	1,60	1,60	1,55	1,61	1,59
90	1,60	1,59	1,59	1,57	1,59
135	1,60	1,52	1,65	1,54	1,58
180	1,59	1,56	1,50	1,60	1,56
Średnio	1,61	1,57	1,58	1,59	-
NIR _{0,05} dla nawożenia organicznego – r.n. NIR _{0,05} dla nawożenia azotowego– r.n. NIR _{0,05} dla interakcji – r.n.					
warstwa 25–30 cm					
-	1,77	1,67	1,71	1,77	1,73
45	1,76	1,62	1,66	1,65	1,67
90	1,74	1,64	1,68	1,61	1,67
135	1,70	1,65	1,67	1,62	1,66
180	1,65	1,62	1,68	1,73	1,67
Średnio	1,72	1,64	1,68	1,68	-
NIR _{0,05} dla nawożenia organicznego – 0,08 NIR _{0,05} dla nawożenia azotowego– r.n. NIR _{0,05} dla interakcji – r.n.					

Zmiany w siedlisku glebowym...

*Tabela 2. Porowatość ogólna gleby (%), (średnie z lat 2002-2004)
Table 2. Total porosity of the soil (%), (means for years 2002-2004)*

Nawożenie azotowe kg N/ha	Nawożenie organiczne				
	bez nawożenia	obornik	międzyplon + plony uboczne	wermikompost	średnio
warstwa 5–10 cm					
-	38,2	36,8	37,5	35,5	37,0
45	39,5	37,2	39,6	37,3	38,4
90	38,1	39,4	39,0	39,9	39,1
135	40,1	40,6	41,2	40,2	40,5
180	39,9	38,8	41,3	37,2	39,3
Średnio	39,2	38,6	39,7	38,0	-
NIR _{0,05} dla nawożenia organicznego – r.n. NIR _{0,05} dla nawożenia azotowego– r.n. NIR _{0,05} dla interakcji – r.n.					
warstwa 15–20 cm					
-	36,7	39,0	38,6	36,9	37,8
45	38,1	38,1	40,2	37,7	38,5
90	38,1	38,6	38,6	39,3	38,6
135	37,6	41,2	36,0	39,7	38,6
180	38,8	39,6	42,0	38,1	39,6
Średnio	37,8	39,3	39,1	38,4	-
NIR _{0,05} dla nawożenia organicznego – r.n. NIR _{0,05} dla nawożenia azotowego– r.n. NIR _{0,05} dla interakcji – r.n.					
warstwa 25–30 cm					
-	31,8	35,4	34,1	31,6	33,2
45	31,9	37,5	35,8	36,2	35,3
90	33,0	36,6	35,2	37,7	35,6
135	34,5	36,1	35,7	37,5	35,9
180	36,3	37,6	35,3	33,4	35,6
Średnio	33,5	36,7	35,2	35,3	-
NIR _{0,05} dla nawożenia organicznego – 3,0 NIR _{0,05} dla nawożenia azotowego– r.n. NIR _{0,05} dla interakcji – r.n.					

Zastosowanie nawożenia organicznego sprzyjało poprawie warunków wilgotnościowych, statystycznie udowodniony wzrost wilgotności gleby stwierdzono jednak tylko w warstwie 5–10 cm (tab. 3). Do znaczącego wzrostu wilgotności gleby w porównaniu z glebą nawożoną wyłącznie mineralnie przyczynił się obornik (o 1,7%) oraz międzyplon przyorany wraz z liśćmi buraka cukrowego oraz słomą (o 1,9%). Również trzy lata po przyoraniu wermikompostu obserwowano wzrost uwilgotnienia gleby, nie udowodniono

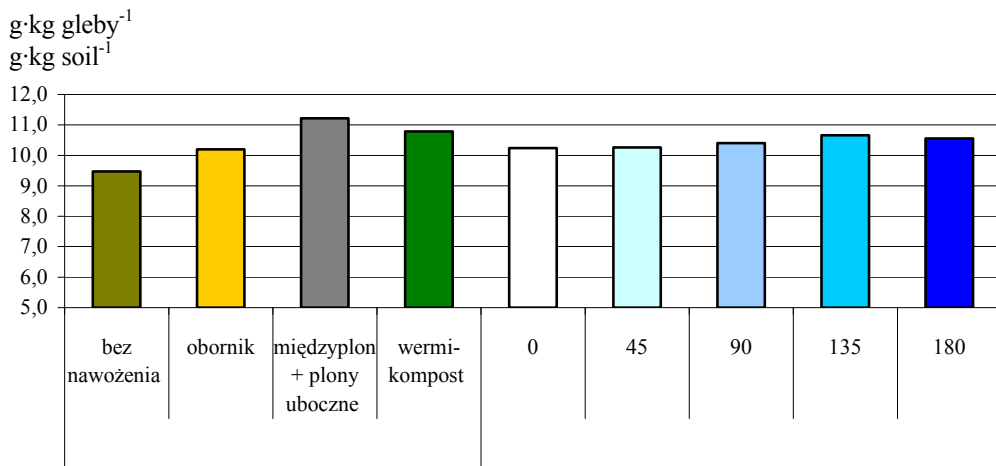
tego jednak statystycznie. W warstwach 15-20 i 25–30 cm nie stwierdzono istotnych zmian, można jednak zauważyć, że podobnie jak w warstwie najpłytszej zarówno obornik, jak i międzyplon z plonami ubocznymi sprzyjał poprawie wilgotności gleby. Uzyskane wyniki potwierdziły spostrzeżenia Lenarta i in. [2005] oraz Suwary i in. [2005].

Tabela 3. Wilgotność gleby (%), (średnie z lat 2002-2004)
Table 3. Moisture of the soil (%), (means for years 2002-2004)

Nawożenie azotowe kg N/ha	Nawożenie organiczne				
	bez nawożenia	obornik	międzyplon + plony uboczne	wermikompost	średnio
warstwa 5–10 cm					
-	24,7	27,5	26,9	25,7	26,2
45	23,2	26,0	26,0	25,5	25,2
90	24,3	24,5	25,1	23,2	24,3
135	22,9	23,9	24,2	23,4	23,6
180	23,0	24,8	25,2	23,4	24,1
Średnio	23,6	25,3	25,5	24,2	-
NIR _{0,05} dla nawożenia organicznego – 1,7 NIR _{0,05} dla nawożenia azotowego– r.n. NIR _{0,05} dla interakcji – r.n.					
warstwa 15–20 cm					
-	25,4	24,9	25,8	26,2	25,6
45	23,8	25,5	24,8	25,0	24,8
90	24,2	25,1	24,5	23,6	24,4
135	24,2	24,3	24,9	23,4	24,2
180	23,9	24,9	24,9	23,7	24,4
Średnio	24,3	24,9	25,0	24,4	-
NIR _{0,05} dla nawożenia organicznego – r.n. NIR _{0,05} dla nawożenia azotowego– r.n. NIR _{0,05} dla interakcji – r.n.					
warstwa 25–30 cm					
-	25,7	27,8	24,8	26,0	26,1
45	23,2	24,2	24,5	25,4	24,3
90	22,6	24,2	25,2	23,1	23,8
135	24,1	23,2	25,0	23,0	23,8
180	23,3	23,9	23,8	23,7	23,7
Średnio	23,8	24,7	24,6	24,2	-
NIR _{0,05} dla nawożenia organicznego – r.n. NIR _{0,05} dla nawożenia azotowego– r.n. NIR _{0,05} dla interakcji – r.n.					

Również Zimny i in. [2005] po wprowadzeniu do gleby słomy z międzyplonem lub obornika zauważyli zwiększenie wilgotności gleby, należy jednak zauważyć, że autorzy badali bezpośredni wpływ nawożenia organicznego na właściwości fizyczne gleby. Z kolei według Jaskulskich [2003] wprowadzenie do gleby międzyplonu wraz ze słomą może powodować zmniejszenie wilgotności gleby. Nawożenie azotowe nie miało istotnego wpływu na uwilgotnienie gleby. Obserwowano jednak, że intensyfikacja nawożenia N do dawki 135 kg N/ha przyczyniła się do systematycznego zmniejszenia wilgotności gleby w każdej z badanych warstw. Również w badaniach Koszańskiego i in. [1995] obserwowano mniejszy zapas wody w glebie w wyniku zastosowania wysokich dawki N. Autorzy tłumaczą to wzmożonym procesem transpiracji z większej powierzchni liści i całych roślin intensywnie nawożonych azotem.

Większy wpływ na zmiany właściwości chemicznych gleby badanej w terminie zbioru jęczmienia ozimego miały nawozy organiczne zastosowane w doświadczeniu, niż mineralne azotowe. Nawożenie organiczne przyczyniło się do wzrostu zawartości węgla organicznego w glebie (rys. 1).



Rys. 1. Zawartość węgla organicznego w glebie (średnie z lat 2002-2004)

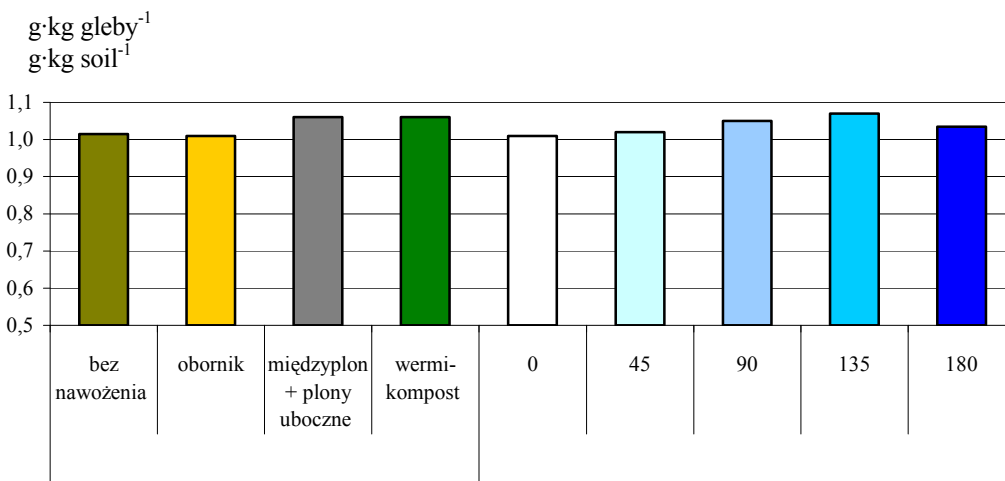
Fig. 1. Content of organic carbon in soil (mean for years 2002-2004)

Przyoranie wermikompostu wpłynęło na wzrost zawartości C organicznego w glebie o 18,5%, międzyplonu z gorczycy białej oraz słomy i liści buraczanych o 13,9%, a obornika o 7,7% w porównaniu z glebą, na której nie stosowano nawożenia organicznego. Wyniki badań Stępnia [2000] oraz Waławowicza [2002] potwierdzają zwiększenie zasobności gleby w organiczne formy węgla w dalszych latach po przyoraniu obornika lub międzyplonu i plonów ubocznych przedplonów.

W badaniach własnych intensyfikacja nawożenia azotowego wpłynęła na niewielki wzrost zawartości węgla organicznego w glebie. Po zastosowaniu

135 kg N/ha koncentracja tego składnika w glebie wzrosła o 4,1% w stosunku do obiektu kontrolnego. Stępień [2000] oraz Łoginow i in. [1988] wzrost zawartości próchnicy w glebie w wyniku nawożenia azotem tłumaczą zwiększeniem plonów, a tym samym ilości resztek poźniwnych i w konsekwencji wzmożeniem procesu humifikacji. Janowiak [1992] uważa, że nawożenie azotem powoduje przede wszystkim przyspieszenie procesu mineralizacji i może prowadzić do istotnego zmniejszenia C organicznego w glebie.

Podobnie do wzrostu zawartości azotu ogólnego w glebie w największym stopniu przyczynił się wermikompost oraz gorczyca biała wraz z plonami ubocznymi przedprzedplonów (rys. 2). Po wprowadzeniu do gleby tych nawozów koncentracja azotu w glebie wzrosła o 5%. Również Puła i Łabza [2004] oraz Kotlyarova i Czerenkov [1998] wykazali wzrost zawartości azotu w glebie po zastosowaniu międzyplonów, natomiast Nowak i Draszawska-Bołzan [2000] po zastosowaniu wermikompostu. Wzrastające nawożenie azotowe do dawki 135 kg N/ha sprzyjało wzrostowi N_{og} w glebie.



Rys. 2. Zawartość azotu ogólnego w glebie (średnie z lat 2002-2004)
Fig. 2. Content of total nitrogen in soil (mean for years 2002-2004)

Dane dotyczące zawartości w glebie fosforu i potasu przedstawiono w tabeli 4. Zawartość fosforu w glebie wzrosła szczególnie po przyoraniu międzyplonu ścierniskowego z plonami ubocznymi lub obornika odpowiednio o 13,4% i 9,2% w porównaniu z obiektem kontrolnym.

Nawożenie azotem w każdej dawce spowodowało redukcję zawartości P w glebie w porównaniu do obserwowanego z poletek nienawożonych azotem. Jeśli jęczmień ozimy nawożono 180 kg N/ha to ilość fosforu zmniejszyła się średnio o 9,1%. W badaniach Sienkiewicza i in. [1999], zastosowanie obornika wpłynęło na zwiększenie ilości P w glebie. Zdaniem Domskiej i Wojtkowiak [2000] obornik nie zapewnia dobrej zasobności gleby w fosfor.

Zawartość potasu w glebie zwiększyła się po zastosowaniu każdego z nawozów organicznych, przy czym najkorzystniejszy wpływ na wzrost tego składnika w glebie (o 36,6%) miał obornik. Zależność tę potwierdzili Rabikowska i Piszcz [2005] oraz Puła i Łabza [2004]. Nawożenie mineralnym azotem w niższych dawkach (45 lub 90 kg N/ha) spowodowało wzrost zawartości K w glebie, natomiast zastosowanie wyższych dawek (135 lub 180 kg N/ha) zmniejszyło koncentrację tego składnika w glebie.

Tabela 4. Zawartość w glebie przyswajalnych form potasu i fosforu (średnie z lat 2002-2004)

Table 4. Content of available phosphorus and potassium in soil (mean for years 2002-2004)

Nawożenie azotowe kg N/ha	Nawożenie organiczne				
	bez nawożenia	obornik	międzyplon + plony uboczne	wermikompost	średnio
P mg/kg gleby					
-	128	137	133	129	132
45	122	132	118	128	125
90	107	125	159	132	131
135	127	137	131	118	128
180	114	121	137	108	120
Średnio	119	130	135	123	-
K mg/kg gleby					
-	174	231	149	178	183
45	172	238	200	264	219
90	158	244	165	210	194
135	159	211	170	176	179
180	142	176	142	136	149
Średnio	161	220	165	193	-

Wnioski

Wprowadzenie do gleby nawozów organicznych w większym stopniu wpłynęło na właściwości fizyczne i chemiczne gleby niż rosnące dawki azotu.

Trzy lata po przyoraniu obornika obserwowano istotne zmniejszenie gęstości objętościowej oraz zwiększenie porowatości ogólnej gleby - zależności te obserwowano tylko w warstwie 25-30 cm. Z kolei istotnemu wzrostowi uwilgotnienia gleby w warstwie 5-10 cm sprzyjało wprowadzenie do gleby obornika lub międzyplonu łącznie ze słomą i liśćmi buraka cukrowego.

Nawożenie organiczne, szczególnie w formie międzyplonu z plonami ubocznymi przedplonów oraz wermikompostu, przyczyniło się do zwiększenia zawartości węgla organicznego i azotu ogólnego w glebie, natomiast obornik sprzyjał koncentracji potasu oraz fosforu. Intensyfikacja nawożenia azotowego w niewielkim stopniu wpłynęła na wzrost zawartości C_{org} i N_{og} oraz obniżenie ilości fosforu w glebie.

Bibliografia

Domska D., Wojtkowiak K. 2000. Ocena niektórych właściwości gleb nawożonych obornikiem. *Folia Univ. Agric. Stetin.* 211, *Agricultura*, 84: 95-98

Dzienia S., Masny J. 1984. Działanie masy organicznej w zmianowaniu zbożowym na glebie lekkiej. *Mat. z Konf. Nauk. Nawozy organiczne. AR Szczecin*, 2, ss. 149-156

Janowiak J. 1992. Wpływ nawożenia obornikiem i azotem na zawartość substancji organicznej w glebie i niektóre właściwości kwasów huminowych. *Mat. Konf. Nauk. Nawozy organiczne. AR Szczecin*, 1, ss. 271-276

Jaskulska I., Jaskulski D. 2003. Wpływ wieloletniego nawożenia na kształtowanie właściwości gleby. *Postępy Nauk Rolniczych*, 4: 21-35

Koszański Z., Kaczmarczyk 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. Zeszyty Naukowe, AR Szczecin* 165, *Rol.*, 59: 51-56

Kotlyarova O.G., Czerenkov V.V. 1998. The accumulation of soil organic matter by green manure crops and nutrients added to soil as a result of their incorporation. *Agrokhimiya*, 12: 15–19

Kuduk C. 1978. Wpływ nawożenia słomą gleby lekkiej na niektóre właściwości chemiczne, fizyczne i biologiczne. *Rocz. Glebozn.*, 39(2): 67-78

Lenart S., Mercik S., Łabętowicz J., Mazur T., Urbanowski S. 2005. Zmiany właściwości fizycznych gleby pod wpływem różnych systemów nawożenia w pięciu wieloletnich doświadczeniach polowych. *Fragm. Agron.*, 1: 161–170

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. AR Szczecin*, 1, ss. 19-27

Mercik S., Stępień W., Łabętowicz J. 2000. Żyzność gleb w trzech systemach nawożenia: mineralnym, organicznym i organiczno-mineralnym – w doświadczeniach wieloletnich. Cz. 2. *Właściwości chemiczne gleb. Fol. Univ. Agric. Stetin., Agricultura*, 84: 317-322

Nowak W., Draszawka-Bołzan B. 2000. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem i wermikompostem na plonowanie, jakość sałaty i rzodkiewki oraz na

zmiany właściwości gleby lekkiej. Cz. II. Zmiany właściwości gleby lekkiej. Fol. Univ. Agric. Stetin. 211, Agricultura, 84: 363-366

Piechota T. 2005. Wpływ wieloletniego oddziaływania systemów następstwa roślin i nawożenia na fizyczne właściwości gleby. *Fragm. Agron.*, 2: 158-166

Puła J., Łabza T. 2004. Wpływ nawożenia organicznego na zawartość składników mineralnych w warstwie ornej gleby lekkiej. *Annales UMCS 59, Sec. E*, 3: 1505-1511

Rabikowska B., Piszcz U. 2005. Oddziaływanie nawożenia obornikiem i azotem na bilans potasu w doświadczeniu wieloletnim. *Fragm. Agron.*, 1(85): 225-237

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

Stępień A. 2000. Zmiany chemicznych właściwości gleby pod wpływem różnych sposobów nawożenia w zmianowaniu. *Fol. Univ. Agric. Stetin., Agricultura*, 84: 459-464

Suwara I., Gawrońska-Kulesza A., Korc M. 2005. Wpływ systemów nawożenia na kształtowanie się wybranych właściwości fizycznych gleby lekkiej. *Fragm. Agron.*, 1(85): 290-297

Waławowicz R. 2002. Następczy wpływ różnych form nawożenia organicznego oraz dawek azotu na warunki siedliskowe i plonowanie pszenicy uprawianej po buraku cukrowym. Cz. 1. Wpływ na wybrane właściwości gleby. *Zesz. Nauk. AR Wrocław, Roln.*, 84: 143-170

Zimny L., Waławowicz R., Malak D. 2005. Zmiany wybranych właściwości fizycznych gleby jako skutki zróżnicowanego nawożenia organicznego i mineralnego azotowego. *Fragm. Agron.*, 1(85): 664-677

Zebarth B.J., Neilsen G.H., Hogue E., Neilsen D. 1999. Influence of organic waste amendments on selected soil physical and chemical properties. *Can. J. Soil Sci.* 79: 501-504