

GOSPODARKA AZOTEM W WARUNKACH ZRÓŻNICOWANEGO NAWOŻENIA ŁĄKI NA GLEBIE TORFOWO-MURSZOWEJ

Jerzy BARSZCZEWSKI, Magdalena SZATYŁOWICZ

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Zakład Użytków Zielonych

Słowa kluczowe: gleba torfowo-murszowa, gospodarka azotem, łąka trwała

Streszczenie

Badania prowadzono na doświadczeniu łąkowym w latach 2006–2008 w ZD Biebrza na wieloletniej łące produkcyjnej na glebie torfowo-murszowej. Celem badań było rozpoznanie wpływu różnych rodzajów i poziomów nawożenia (w tym obornika i gnojowicy bydłowej) na plonowanie łąki, zawartość azotu w runi, glebie i wodzie gruntowej oraz jego bilanse. Ze względu na postępującą mineralizację tej gleby i uwalnianie azotu stosowano mineralne nawożenie fosforowo-potasowe – P – 30, K – 60 kg·ha⁻¹. Nawożono również azotem w dwóch różnych dawkach – 60 i 90 kg N·ha⁻¹, przy czym wraz z jego mniejszą dawką stosowano nawożenie fosforem i potasem w podanych dawkach, a wraz z większą – fosfor w ilości 45 kg·ha⁻¹ oraz potas – 90 kg·ha⁻¹. Stosowano także nawożenie obornikiem i gnojowicą w ilości odpowiadającej nawożeniu mineralnemu. Uzyskane wyniki wskazywały na znaczny potencjał plonotwórczy stosowanego nawożenia – od ok. 6 do 9 t s.m.·ha⁻¹. Mimo braku nawożenia azotem na obiektach nawożonych fosforem i potasem, jego zawartość w runi okazała się zbliżona do stwierdzonej na obiektach nawożonych azotem. Pod wpływem nawożenia tym składnikiem, głównie w większej ilości, niezależnie od formy, stwierdzono rosnącą tendencję zawartości azotu (N-NO₃) w obu warstwach gleby – 0–10 i 10–20 cm, co świadczy o jego przemieszczaniu. Wysoce ujemne salda bilansów azotu na wszystkich obiektach świadczą o korzystaniu z jego mineralnych form, zwłaszcza N-NO₃, powodując ograniczanie jego wymywania do wód gruntowych.

WSTĘP I CEL PRACY

W gospodarstwach specjalizujących się w chowie bydła z dużą obsadą zwiększa się zainteresowanie nawożeniem trwałych użytków zielonych nawozami naturalnymi, również na glebach torfowo-murszowych. Wielu autorów, np. GRYNIA [1980], JANKOWSKA-HUFLEJT [1998], NICZYPORUK [1979], WESOŁOWSKI [1995], wskazuje na zalety tych nawozów, między innymi w zakresie poprawy składu gatunkowego runi, zwiększania plonów czy wzbogacenia w substancję organiczną oraz makro- i mikroelementy. Nawożenie nawozami naturalnymi, zwłaszcza obornikiem, łąk na glebach torfowo-murszowych, zwykle niedoborowych w fosfor i potas [OKRUSZKO, GOTKIEWICZ 1993], może wyraźnie uzupełnić te niedobory, jednocześnie zwiększając plonowanie [GOTKIEWICZ 1986; OKRUSZKO i in. 1993]. Nawozy naturalne, wnoszące również znaczne ilości azotu, mogą przyczynić się do zwiększania zawartości jego mineralnych form nie tylko w górnych warstwach tej gleby, lecz również w niższych [PAWLUCZUK 2004; PAWLUCZUK, GOTKIEWICZ 2003], a nawet powodować przenikanie azotanów do wód gruntowych [GOTKIEWICZ, GOTKIEWICZ 1991]. Bilanse azotu [BARSZCZEWSKI 2008; PIETRZAK 1997] mogą być pomocne w ocenie wykorzystania azotu uwalnianego z gleby torfowo-murszowej w procesie jej mineralizacji. Ze względu na powolne uwalnianie azotu z obornika należy rozłożyć w czasie jego wnoszenie do gleby.

Celem badań było rozpoznanie wpływu różnych rodzajów i poziomów nawożenia ze szczególnym uwzględnieniem nawozów naturalnych na plonowanie łąki, na zawartość azotu w runi łąki trwałej, glebie torfowo-murszowej, jego stężenie w wodzie gruntowej oraz wynik bilansu azotu.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Badania realizowano w latach 2006–2008 w Zakładzie Doświadczalnym byłego IMUZ (obecnie ITP) w Biebrzy, w doświadczeniu łąkowym na wieloletniej łące, na glebie torfowo-murszowej. W ostatnich latach przed założeniem doświadczenia na tej łące stosowano intensywne nawożenie gnojowicą w ilości od 80 do 100 m³·ha⁻¹.

W przedstawionych badaniach porównano efekty nawożenia nawozami mineralnymi fosforowo-potasowymi (PK) i azotowymi (NPK) oraz obornikiem i gnojowicą bydłącą. Stosowano różne warianty nawożenia: PK – 30 kg P i 60 kg K·ha⁻¹; NPK/I – 60 kg N·ha⁻¹ oraz P i K w tej samej ilości, jak poprzednio; NPK/II – 90 kg N, 45 kg P oraz 90 kg K·ha⁻¹; O/I – obornik 15–20 t·ha⁻¹, ilość wnoszonych składników porównywalna z NPK/I; O/II – obornik 22,5–30,0 t·ha⁻¹, ilość wnoszonych składników porównywalna z NPK/II; G/I – gnojowica 25–35 m³·ha⁻¹; G/II – gnojowica 37,5–52,5 m³·ha⁻¹, ilość wnoszonych składników porównywalna odpowiednio z NPK/I i NPK/II. Nawożenie mineralne stosowano w formie saletry amonowej

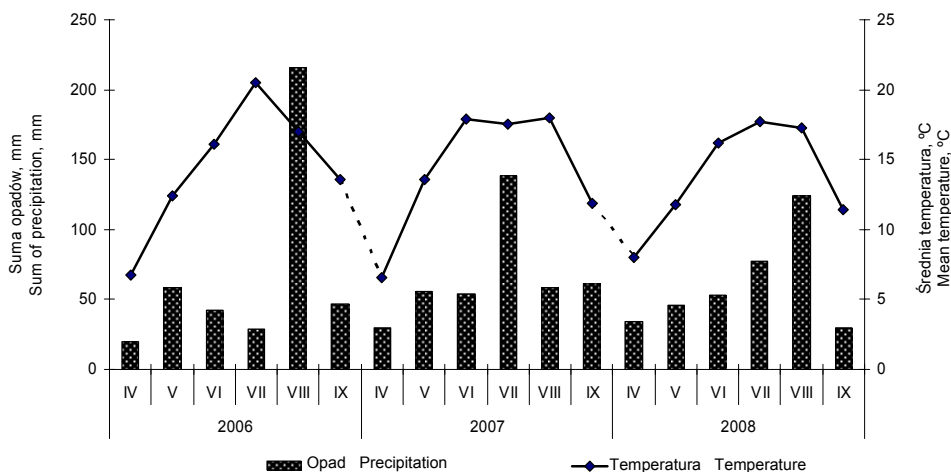
po 1/3 rocznej dawki pod każdy pokos, mączki fosforytowej w okresie wiosennym oraz siarczanu potasu w trzech równych dawkach wiosną oraz po I i II pokosie. Obornik stosowano jednorazowo jesienią, wykorzystując rozrzutnik obornika. Gnojowicę aplikowano metodą rozbryzgową w równych dawkach (wiosną oraz po I pokosie). Dawki obornika i gnojowicy ustalano na podstawie zawartości w nich azotu, przyjmując odpowiednie równoważniki jego wykorzystania (0,5 dla obornika oraz 0,7 dla gnojowicy). Równoważnik dla fosforu w obu nawozach stanowił 1, a dla potasu 0,7 w oborniku oraz 0,8 w gnojowicy. Niedobory fosforu w gnojowicy uzupełniano mączką fosforytową. W ramach badań wydzielono na łące łąny o powierzchni 0,3 ha, na których w stałych punktach wyznaczono poletka o powierzchni 25 m² każde w pięciu powtórzeniach do oceny plonów, poboru próbek roślinności oraz gleby. Na każdym łąnie zainstalowano studzienki do pomiarów poziomu wody gruntowej oraz poboru próbek do oceny jej jakości pod względem chemicznym. Łąkę użytkowano trzykośnie, a pobierane próbki runi mineralizowano w kwasie siarkowym i nadtlenku wodoru. Analizy wykonano za pomocą analizatora przepływowego. Plony suchej masy oraz zawartości azotu w runi łąkowej poddano ocenie statystycznej z wykorzystaniem programu Statistica do obliczenia najmniejszej istotnej różnicy na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Celem określenia ilości azotu pobieranego z gleby torfowo-murszowej (uwalnianego w wyniku jej mineralizacji) wykonano jego bilanse. W bilansach azotu po stronie przychodów uwzględniano jego wnoszenie z nawożeniem, opadem oraz poprzez rośliny motylkowe (bobowate) i mikroorganizmy glebowe, a po stronie rozchodów – wynoszenie azotu z plonem.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Warunki pogodowe, tj. średnia miesięczna temperatura powietrza oraz opady atmosferyczne, w porównywanych okresach wegetacyjnych (rys. 1) wykazywały niewielkie zróżnicowanie. Najniższa temperatura, wynosząca ok. 7°C, zwykle występowała w kwietniu i systematycznie rosła do ok. 20°C w lipcu lub sierpniu. Sumaryczne wartości opadów w poszczególnych miesiącach wykazywały niewielkie zróżnicowanie, od ok. 20 do niewiele ponad 50 mm. Największe ich ilości w 2006 i 2008 r. stwierdzono w sierpniu, a w 2007 r. w lipcu.

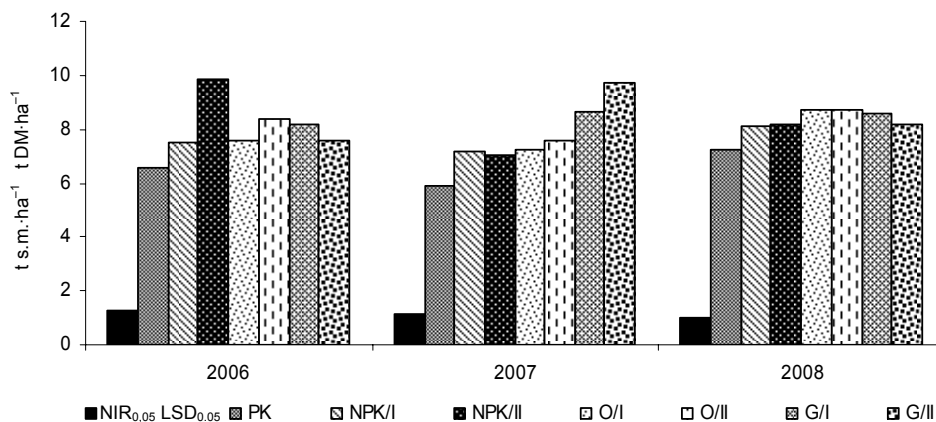
Roczne plony suchej masy z poszczególnych obiektów w 2006 r. znacznie się różniły (rys. 2). Największy plon, istotnie większy w porównaniu z uzyskanymi ze wszystkich badanych obiektów, stwierdzono na NPK/II. Również duże plony uzyskano na obiektach G/I oraz O/II, były one istotnie większe niż na PK. W 2007 r. zarówno na obu obiektach nawożonych nawozami mineralnymi (NPK/I i NPK/II), jak i obu nawożonych obornikiem (O/I i O/II), uzyskano istotnie większe plony niż na obiekcie PK. Plony z obu obiektów nawożonych gnojowicą (G/I i G/II) były istotnie większe w porównaniu z uzyskanymi z obiektu PK. Plony w 2008 r. cha-

rakteryzowały się znacznie większym wyrównaniem w stosunku do poprzednich lat, przy czym istotnie większe plony niż na obiekcie PK stwierdzono na obiektach O/I, O/II oraz G/I.



Rys. 1. Przebieg temperatury oraz opadów w sezonach wegetacyjnych w latach badań; źródło: wyniki własne

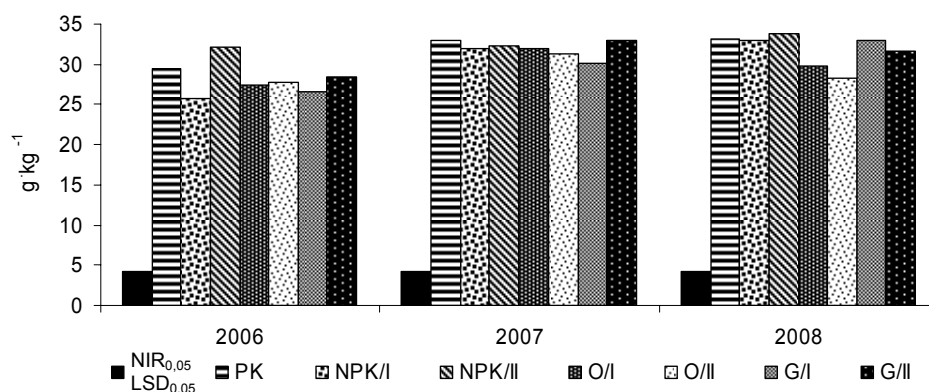
Fig. 1. Temperature and atmospheric precipitation in vegetation seasons of the study years; source: own studies



Rys. 2. Roczne plony suchej masy ($t \cdot ha^{-1}$) z poszczególnych obiektów; NIR_{0,05} – najmniejsza istotna różnica, gdy $\alpha = 0,05$; PK, NPK/I, NPK/II, O/I, O/II, G/I, G/II – warianty nawożenia opisane na s. 8; źródło: wyniki własne

Fig. 2. Annual dry matter yields ($t \cdot ha^{-1}$) from particular objects, LSD_{0.05} – least significant difference at $\alpha = 0.05$; PK, NPK/I, NPK/II, O/I, O/II, G/I, G/II – fertilisation variants described in the page 8; source: own studies

Zawartość azotu w runi łąkowej, niezależnie od sposobu oraz poziomu nawożenia, wykazywała tendencję rosnącą w kolejnych pokosach. Średnia zawartość tego składnika w runi w kolejnych latach (rys. 3) na wszystkich obiektach znacznie się różniła – od ok. 25 do 33 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. W 2006 r. największą zawartość azotu, istotnie większą niż na większości porównywanych obiektów, stwierdzono na obiekcie NPK/I, a nieznacznie mniejszą na obiekcie PK. W 2007 r. średnia zawartość azotu w runi łąkowej wyraźnie zwiększyła się na wszystkich obiektach, nie różniąc się istotnie na poszczególnych z nich. Również w 2008 r. na większości obiektów utrzymywała się duża zawartość tego składnika w runi. Wśród porównywanych obiektów największą jego zawartość w runi stwierdzono na obiekcie NPK/II ($N = 90 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), istotnie większą w porównaniu z odnotowaną na obu obiektach nawożonych obornikiem.



Rys. 3. Średnia zawartość azotu ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) w runi łąkowej z poszczególnych obiektów; objaśnienia, jak pod rys. 2; źródło: wyniki własne

Fig. 3. Mean N content ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) in meadow sward from particular objects, explanations as in fig. 2; source: own studies

Zawartość azotu azotanowego ($\text{N}\text{-NO}_3$) w obu warstwach gleby (0–10 i 10–20 cm) w 2006 r. była bardzo duża na wszystkich obiektach (tab. 1), co wynikało z wysokiego poziomu nawożenia w poprzednim roku – ok. 100 m^3 gnojowicy na ha. W 2007 i 2008 r. zawartość ta była kilkakrotnie mniejsza na wszystkich obiektach, niezależnie od poziomu nawożenia oraz form nawozu. Zarówno w 2006 r., jak i w latach następnych udział azotu azotanowego w całkowitej ilości mineralnych jego form stanowił ok. 90% lub więcej, a stosunek $\text{N}\text{-NO}_3$ do $\text{N}\text{-NH}_4$ wynosił od kilku do kilkudziesięciu. Zawartość azotu azotanowego w obu górnych warstwach gleby w okresach wiosennych różniła się na większości obiektów. Wyraźniej większą zawartość tej formy azotu w okresach wiosennych dało się zauważyć na obiektach nawożonych jesienią obornikiem, zwłaszcza na obiekcie O/II, głównie w górnej warstwie (0–10 cm). Zawartość ta w okresie letnim (po pierwszym

Tabela 1. Zawartość mineralnych form azotu (N-NO₃ i N-NH₄) w górnych warstwach gleby
Table 1. The content of mineral forms of nitrogen (N-NO₃ and N-NH₄) in the upper layers

Lata Years	Termin Term	Warstwa Layer	cm	PK		NPK/I		NPK/II		O/I		O/II		G/I		G/II	
				N-NO ₃	N-NH ₄	N-NO ₃	N-NH ₄	N-NO ₃	N-NH ₄	N-NO ₃	N-NH ₄	N-NO ₃	N-NH ₄	N-NO ₃	N-NH ₄	N-NO ₃	N-NH ₄
2006	wiosna	0-10	74,42	1,30	58,58	2,90	70,39	2,21	71,78	1,45	73,81	1,68	54,57	2,67	93,65	1,78	
	wiosna	0-10	13,91	1,80	19,81	1,03	12,69	1,13	18,75	1,53	31,98	1,09	13,62	1,26	17,66	1,37	
2007	wiosna	0-10	15,16	0,85	16,40	1,31	11,59	1,19	14,07	1,22	19,97	1,04	8,39	0,91	15,15	0,85	
	wiosna	0-10	25,72	1,43	29,84	1,25	54,76	1,82	37,10	1,62	48,31	1,42	41,09	1,69	41,37	1,94	
	po I pokosie	0-10	24,78	1,44	18,83	1,36	29,87	0,75	26,05	1,35	25,75	1,29	25,79	1,41	22,88	1,64	
	po I pokosie	0-10	26,56	0,58	29,49	1,24	50,63	0,89	37,82	1,19	36,04	0,50	24,56	1,02	50,62	1,29	
	po II pokosie	0-10	25,26	0,62	18,52	1,58	43,25	0,84	18,17	0,80	24,32	0,60	13,61	0,79	25,00	0,93	
	po II pokosie	0-10	25,95	0,90	19,23	1,15	21,52	1,11	25,20	1,38	22,27	0,80	24,88	1,42	28,56	0,38	
2008	wiosna	0-10	21,62	1,02	19,43	0,78	33,40	1,20	25,31	1,24	17,70	0,59	15,81	0,87	15,54	0,56	
	wiosna	0-10	18,15	1,75	16,16	1,25	14,47	1,84	19,75	1,10	20,55	1,54	14,83	1,32	17,75	0,77	
	wiosna	0-10	22,28	0,89	16,32	1,05	29,39	0,92	17,96	0,65	15,04	0,56	17,05	0,71	12,54	1,31	
	wiosna	0-10	18,29	1,64	18,60	0,95	15,77	2,28	28,96	1,65	27,55	1,10	20,21	1,36	21,42	2,44	
	po I pokosie	0-10	10,73	0,90	15,07	0,50	16,29	0,92	16,84	1,00	15,42	0,85	14,70	1,52	12,78	1,16	
	po I pokosie	0-10	28,37	3,13	29,78	5,70	25,87	3,96	31,33	3,04	37,21	2,40	30,08	1,97	28,11	2,39	
2008	po II pokosie	0-10	20,38	1,62	24,69	2,30	19,09	3,60	24,52	1,56	13,02	0,87	21,76	1,04	21,87	2,39	
	po II pokosie	0-10	16,29	1,62	18,81	2,33	9,42	2,46	22,34	2,30	15,12	1,91	18,49	1,95	13,90	2,20	
2008	wiosna	0-10	16,20	1,63	16,20	2,61	9,36	1,38	18,97	1,69	15,17	3,59	15,65	2,00	9,88	1,46	
	wiosna	0-10	16,20	1,63	16,20	2,61	9,36	1,38	18,97	1,69	15,17	3,59	15,65	2,00	9,88	1,46	

Objaśnienia: PK, NPK/I, NPK/II; O/I, O/II, G/I, G/II – warianty nawożenia opisane na s. 8.

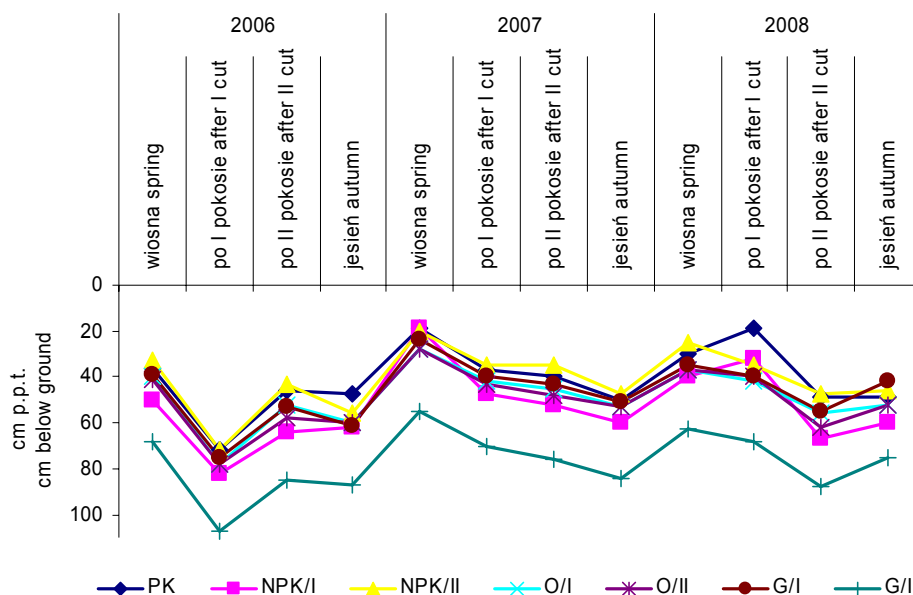
Explanations: PK, NPK/I, NPK/II, O/I, O/II, G/I, G/II – fertilisation variants described on the page 8.

Źródło: wyniki własne. Source: own studies.

i drugim pokosie) na wszystkich obiektach w 2007 i 2008 r. była znacznie większa niż w okresie wiosennym. Znacznie większą zawartość azotanowej formy azotu niż na obiektach PK oraz NPK/I stwierdzono na obiekcie NPK/II oraz na obiektach nawożonych nawozami naturalnymi, zarówno obornikiem, jak i gnojowicą (O/I, O/II, G/I, G/II). Zawartość tego składnika jesienią wykazywała podobne zróżnicowanie w porównywanych warstwach (0–10 i 10–20 cm), jak w poprzednich okresach, ale na wszystkich obiektach była znacznie mniejsza.

Zawartość amonowej formy azotu, stanowiącej niewielki udział w ogólnej zawartości azotu mineralnego glebie, różniła się nieznacznie zarówno na poszczególnych obiektach, jak i w poszczególnych latach badań. Wyraźnie większą zawartość tej formy, podobnie jak $N-NO_3$, notowano w górnej warstwie gleby. W 2008 r., zwłaszcza po II pokosie oraz w okresie jesiennym, zawartość tej formy azotu w obu warstwach na wszystkich obiektach wyraźnie się zwiększyła.

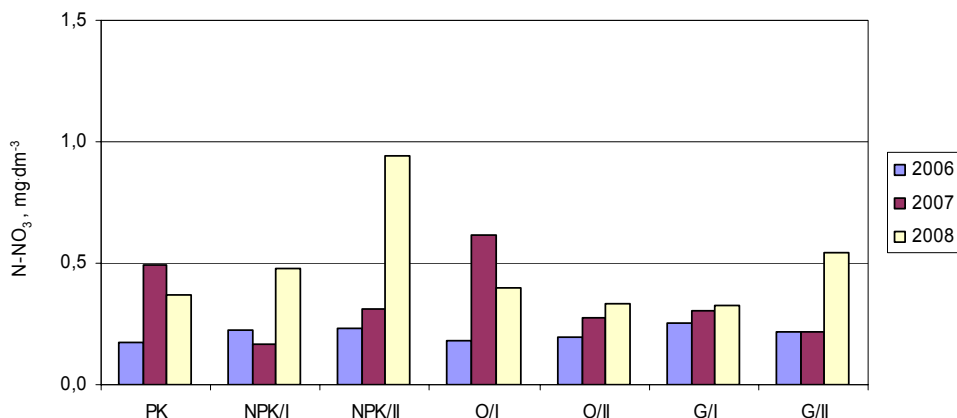
Zwierciadło wody gruntowej na większości obiektów w porównywanych latach średnio układało się na głębokości od ok. 20 do 100 cm p.p.t. (rys. 4). Wysoki poziom notowano zwykle wiosną lub po dużych opadach, a najniższy po I lub II pokosie. Głębszy poziom wody z zachowaniem tendencji zmian, jak na większości obiektów, stwierdzono na obiekcie nawożonym gnojowicą w większej dawce (G/II).



Rys. 4. Położenie zwierciadła wody gruntowej (cm p.p.t.) na poszczególnych obiektach; objaśnienia, jak pod rys. 2; źródło: wyniki własne

Fig. 4. Ground water table depth (cm below ground) in particular objects; explanations as in fig. 2; source: own studies

Średnie w ciągu sezonu wegetacyjnego stężenie azotu azotanowego w wodzie gruntowej na wszystkich obiektach (rys. 5) różniło się bardzo nieznacznie – od 0,2 do ok. 1,0 mg·dm⁻³, co kwalifikowało ją w dolnym przedziale wartości ustalonych dla I klasy jakości wody (dopuszczalne stężenie do 10 mg·dm⁻³) [Rozporządzenie... 2008]. Wskazuje to na brak wpływu nawożenia na jakość wody.

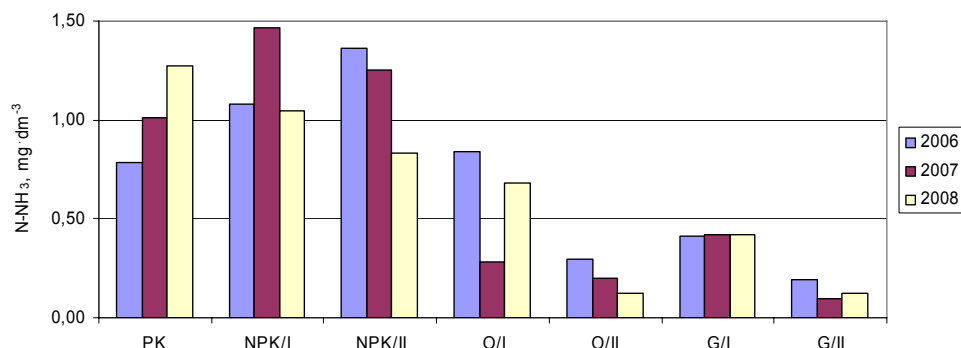


Rys. 5. Średnie roczne stężenie (mg·dm⁻³) azotu azotanowego (N-NO₃) w wodzie gruntowej; objaśnienia, jak pod rys. 2; źródło: wyniki własne

Fig. 5. Mean annual concentration (mg·dm⁻³) of nitrate-nitrogen in ground water; explanations as in fig. 2; source: own studies

Średnie stężenie amonowej formy azotu w wodzie gruntowej (rys. 6) w porównywanych latach było duże, odpowiadające II lub III klasie jakości na wszystkich obiektach nawożonych mineralnymi formami nawozów. Na obiektach nawożonych nawozami naturalnymi na obu poziomach stwierdzono znacznie lepszą jakość wody pod tym względem, kwalifikującą się do II lub I klasy na obiektach nawożonych obornikiem i do I na nawożonych gnojowicą.

W obliczonych bilansach azotu odnotowano znaczne zróżnicowanie po obu stronach (tab. 2), co wynika głównie z poziomów nawożenia tym składnikiem oraz udziału w runi roślin bobowatych po stronie wnoszenia, a po stronie wynoszenia – z różnic w plonach. Salda bilansu azotu we wszystkich latach badań na wszystkich obiektach były ujemne. W 2006 r. najmniejszą bezwzględną wartość salda bilansu azotu (–90,3 kg N·ha⁻¹) stwierdzono na obiekcie NPK/I, a największą (–175,2 kg N·ha⁻¹) na NPK/II. Nawożenie nawozami naturalnymi (obornikiem oraz gnojowicą) na pierwszym poziomie (O/I i G/I) powodowało zwiększenie wartości bezwzględnych sald azotu w porównaniu z NPK/I. Na obiektach nawożonych nawozami naturalnymi na drugim poziomie (O/II i G/II) wartości bezwzględne salda azotu były mniejsze w porównaniu z NPK/II. Saldo bilansu azotu w 2007 r. na obiekcie PK kształtowało się na zbliżonym poziomie, jak w poprzednim roku. Na



Rys. 6. Średnie roczne stężenie ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) azotu amonowego ($\text{N}\text{-NH}_4$) w wodzie gruntowej; objaśnienia, jak pod rys. 2; źródło: wyniki własne

Fig. 6. Mean annual concentration ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) of ammonium-nitrogen in ground water; explanations as in fig. 2; source: own studies

objektach nawożonych na obu poziomach NPK (I i II) stwierdzono znacznie korzystniejsze salda bilansu azotu niż na PK, wynoszące odpowiednio $-96,8$ oraz $-98,0 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Nawożenie obornikiem na obu poziomach powodowało niewielkie zwiększenie wartości bezwzględnych sald bilansu azotu do ponad 100 kg . Znaczne ich zwiększenie, spowodowane większymi plonami, stwierdzono na obu obiektach nawożonych gnojowicą – odpowiednio do $-187,2$ lub $-201,3 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Średnie salda bilansowe z lat 2006–2009 wynosiły od $-179,37$ na obiekcie nawożonym wyłącznie fosforem i potasem do $-117,87$ na obiekcie nawożonym obornikiem na drugim poziomie, co wskazuje na największe jego pobieranie z zasobów glebowych na obiekcie PK.

Wyraźnie większe plony w trzecim roku badań na obiektach PK, NPK/I, NPK/II, O/I i O/II spowodowały znaczne zwiększenie wartości bezwzględnych sald bilansu azotu. Wartości te na obiektach G/I i G/II, porównywalne z ubiegłorocznymi lub mniejsze, wynikały również z plonowania runi na tych obiektach.

DYSKUSJA WYNIKÓW

Wyniki przeprowadzanych badań wskazały na znaczny potencjał plonotwórczy, gdyż uzyskane plony biomasy w przeliczeniu na suchą masę wynosiły od ok. 6 do ponad $9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Nawożenie wyłącznie fosforowo-potasowe (PK) na glebie torfowo-murszowej, zwykle niedoborowej w te składniki, jak wskazują OKRUSZKO i in. [1993], zwiększa plonowanie, co potwierdziły uzyskane wyniki. Pełne nawożenie NPK, niezależnie od stosowanej formy nawozu, powodowało zwiększenie plonów, podobnie jak w badaniach NICZYPORUKA [1979], GRZYNI [1980], JAN-KOWSKIEJ-HUFLEJT [1998] oraz WESOŁOWSKIEGO [1995].

Tabela 2. Bilanse azotu na badanych obiektach

Składowe bilansu Balance elements kg·ha ⁻¹	Wartość na poszczególnych obiektach w latach badań								
	PK			NPK/I			NPK/II		
	2006	2007	2008	2006	2007	2008	2006	2007	2008
Wnoszenie: Input:									
– nawozy fertilisers				60	60	60	90	90	90
– opady atmosferyczne atmospheric precipitation	15	15	15	15	15	15	15	15	15
– rośliny bobowate legumes	3,0	11,1	0,0	18,0	48,0	6,0	27,9	15,0	6,0
– mikroorganizmy glebowe soil microorganisms	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Suma wnoszenia Total input	28,0	36,1	25,0	103,0	133,0	91,0	142,9	130,0	121,0
Wynoszenie Output	195,5	193,1	238,6	193,3	229,8	268,6	318,1	228,0	275,8
Saldo roczne Annual balance	-167,5	-157,0	-213,6	-90,3	-96,8	-177,6	-175,2	-98,0	-154,8
Saldo średnio Mean balance		-179,4			-121,6			-142,7	

Objaśnienia: PK, NPK/I, NPK/II, O/I, O/II, G/I, G/II – warianty nawożenia opisane na s. 8.

Źródło: wyniki własne

Na obiekcie nawożonym fosforem i potasem (PK), mimo braku nawożenia azotem, jego zawartość w runi łąkowej kształtowała się na poziomie porównywalnym ze stwierdzanym na obiektach z nawożeniem azotem lub nawet wyższym niż na niektórych z nich. Nawożenie NPK, głównie na drugim poziomie (N – 90 kg·ha⁻¹) niezależnie od formy stosowanego nawozu, powodowało większą niż na obiekcie PK zawartość azotu azotanowego (N-NO₃) w obu warstwach gleby (0–10 i 10–20 cm), wskazując na jego przemieszczanie. Potwierdza to wyniki PAWLUCZUKA i GOTKIEWICZA [2003] oraz PAWLUCZUKA [2004]. Niewielkie zwiększenie stężenia N-NO₃ w wodzie gruntowej w kolejnych latach wskazuje na nieznaczne jego wymywanie do wód gruntowych, potwierdzając wyniki GOTKIEWICZA i GOTKIEWICZ [1991].

W bilansach azotu, głównie na glebach mineralnych, zwykle stwierdza się znacznie mniejsze wartości bezwzględne (ujemne) jego salda [PIETRZAK 1997] lub nawet dodatnie, co wynika z badań BARSZCZEWSKIEGO [2003] oraz BARSZCZEWSKIEGO i BURSA [2008]. Wyniki omawianych badań na glebie torfowo-murszowej są odmienne. Wysoce ujemne salda bilansów azotu świadczą o korzystaniu z jego mineralnych form, zwłaszcza N-NO₃ uwalnianego w wyniku postępującej mineralizacji gleby, co powoduje ograniczenie jego wymywania. Może to potwierdzać mała zawartość tego składnika w glebie w warstwie 10–20 cm oraz małe stężenie w wodzie gruntowej.

Table 2. Nitrogen balance in studied objects

Value on particular objects in study years											
O/I			O/II			G/I			G/II		
2006	2007	2008	2006	2007	2008	2006	2007	2008	2006	2007	2008
60	60	60	90	90	90	60	60	60	90	90	90
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
14,4	45,0	15,0	0,0	15,0	3,0	24,9	21,0	0,0	2,1	5,1	0,0
10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
99,4	130,0	100,0	115,0	130,0	118,0	109,9	106,0	85,0	117,1	120,1	115,0
206,9	230,9	259,8	233,2	237,2	246,2	217,6	293,2	268,5	216,0	321,4	257,8
-107,5	-100,9	-159,8	-118,2	-107,2	-128,2	-107,7	-187,2	-183,5	-98,9	-201,3	-142,8
	-122,7			-117,9			-159,5			-147,7	

Explanations: PK, NPK/I, NPK/II, O/I, O/II, G/I, G/II – variants of fertilisation described on the page s. 8.

Source: own studies.

WNIOSKI

1. Stosunkowo duże plony i duża zawartość azotu w runi łąkowej z obiektu nawożonego wyłącznie fosforem i potasem (większa niż na obiektach nawożonych różnymi formami azotu) mogą świadczyć o znacznych zasobach dostępnych form tego składnika w glebie.

2. Istotnie większe plony runi łąkowej na obiektach nawożonych nawozami naturalnymi w porównaniu z dość dużymi z obiektów nawożonych wyłącznie fosforem i potasem wskazują na lepsze wykorzystanie azotu i innych składników nawozowych.

3. Mimo znacznych ilości wynoszonego azotu w plonach, zwiększenie zawartości N-NO₃ w obu warstwach gleby torfowo-murszowej w okresie letnim, tj. po pierwszym i drugim pokosie może świadczyć o wzmożonym procesie mineralizacji w tym okresie oraz przemianach azotu i jego uwalnianiu ze związków organicznych.

4. Mimo dużej zawartości azotu w glebie, zwłaszcza jego azotanowej formy, na obiektach nawożonych dawką 90 kg N·ha⁻¹, nie stwierdzono zwiększenia stężenia tego składnika w wodzie gruntowej.

LITERATURA

- BARSZCZEWSKI J. 2008. Kształtowanie się obiegu składników nawozowych w produkcyjnym gospodarstwie mlecznym w warunkach dochodzenia do zrównoważonego systemu gospodarowania. *Woda Środowisko Obszary Wiejskie. Rozprawy naukowe i monografie*. Nr 23 ss. 123.
- BARSZCZEWSKI J., BURS W. 2003. Połowe bilanse azotu, fosforu i potasu w gospodarstwie na przykładzie Zakładu Doświadczalnego w Falentach. *Woda Środowisko Obszary Wiejskie*. T. 3 z. 1 s. 25–37.
- GOTKIEWICZ J. 1986. Wpływ zróżnicowanego nawożenia łąki na glebie torfowej na wysokość i jakość plonów siana. W: *Wpływ nawożenia na jakość plonów*. Mater. Symp. Olsztyn, 24–25 czerwca 1986 r. Puławy. Komitet Gleboznawstwa i Chemii Rolnej Polskiej Akademii Nauk, IUNG. Olsztyn. ART s. 51–63.
- GOTKIEWICZ J., GOTKIEWICZ M. 1991. Gospodarowanie azotem na glebach torfowych. Gospodarowanie na glebach torfowych w świetle 40-letniej działalności Zakładu Doświadczalnego Biebrza. *Biblioteczka Wiadomości IMUZ*. Nr 77 s. 59–77.
- GRYNIA M. 1980. Development of root mass of simple grassland mixtures as affected by cattle slurry and nitrogen fertilizer application. W: *The role of nitrogen in intensive grassland production. Proceedings of an International Symposium of the European Grassland Federation*, 25–29 August 1980. Wageningen. Pudoc s. 164.
- JANKOWSKA-HUFLEJT H. 1998. Ocena wieloletniego nawożenia obornikiem na stan i produktywność łąki. *Rozprawa doktorska*. Falenty. IMUZ ss. 115.
- NICZYPORUK A. 1979. Nawożenie organiczno-mineralne jako czynnik ulepszania składu botanicznego i zadarnienia łąki. *Wiadomości Melioracyjne*. Nr 10 s. 268–270.
- OKRUSZKO H., GOTKIEWICZ J., SZUNIEWICZ J. 1993. Zmiany zawartości mineralnych składników gleby torfowej pod wpływem wieloletniego użytkowania łąkowego. *Wiadomości IMUZ*. T. XVII z. 3 s. 139–151.
- PAWLUCZUK J. 2004. Mineralizacja azotu w glebach torfowo-murszowych strefy morenowej Pojezierza Mazurskiego. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska*. Vol. LIX nr 2 sect. E s. 559–567.
- PAWLUCZUK J., GOTKIEWICZ J. 2003. Ocena procesu mineralizacji azotu w glebach wybranych ekosystemów torfowiskowych Polski Północno-Wschodniej w aspekcie ochrony zasobów glebowych. *Acta Agrophysica*. Nr 1 s. 721–728.
- PIETRZAK S. 1997. Metoda bilansowania składników nawozowych w gospodarstwie rolnym. *Materiały Instruktażowe*. Nr 116. Falenty. Wydaw. IMUZ ss. 22.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych. *Dz. U.* nr 143 poz. 896.
- SAPEK A. 1987. Zasady stosowania gnojowicy na użytki zielone w świetle konsultacji grupy roboczej FAO. *Wiadomości Melioracyjne*. Nr 7 s. 199–200.
- WESOŁOWSKI P. 1995. Ocena skutków nawożenia łąki torfowej obornikiem na tle nawożenia mineralnego. *Wiadomości IMUZ*. T. XVIII z. 3 s. 151–165.

*Jerzy BARSZCZEWSKI, Magdalena SZATYŁOWICZ***NITROGEN BALANCE AT DIFFERENT FERTILISATION OF A MEADOW
ON PEAT-MUCK SOIL***Key words: nitrogen balance, peat-muck soil, permanent meadow***S u m m a r y**

Studies were carried out in the years 2006–2008 in a plot experiment at the Experimental Farm Biebrza on permanent productive meadow grown on peat-muck soil. The aim of the studies was to analyse the effect of different types and rates of fertilisation (including cattle manure and liquid manure) on yielding, nitrogen content in the sward, soil and ground water and on nitrogen balance. Due to proceeding soil mineralization and nitrogen release, mineral P and K fertilisation (30 and 60 kg·ha⁻¹, respectively) was applied. Nitrogen fertiliser was applied in two doses – 60 and 90 kg·ha⁻¹, the smaller dose was accompanied by P and K fertilisation as above and the larger dose was applied together with 45 kg P·ha⁻¹ and 90 kg K·ha⁻¹. Organic fertilisation was also applied with manure and liquid manure in amounts respective to mineral fertilisation. Obtained results indicated a substantial yield-forming potential of applied fertilisers ranging from 6 to 9 t DM·ha⁻¹. Despite a lack of N fertilisation in objects fertilised with P and K, the content of N in sward was similar to that in N fertilised objects. Under the effect of N fertilisation, irrespective of its form, a trend was observed of increasing N-NO₃ concentration in 0–10 and 10–20 cm soil layers which is an evidence of its mobility. Highly negative balance of nitrogen in all objects points to its utilisation from mineral forms, mainly N-NO₃, which hampers its release to ground waters.

Recenzenci:*prof. dr hab. Jan Łabętowicz**prof. dr hab. Piotr Wesółowski*

Praca wpłynęła do Redakcji 29.04.2011 r.