

Zmiany zawartości azotu mineralnego w glebie mineralnej pod mieszanką pastwiskową w różnych stanowiskach

¹Adam Harasim, ²Janusz Igras, ³Paweł Harasim

¹Zakład Systemów i Ekonomiki Produkcji Roślinnej, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy, Polska

²Instytut Nowych Syntezy Chemicznych, al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 13a, 24-100 Puławy, Polska

³Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej, Wydział Agrobiotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy, ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin, Polska

Abstrakt. Zmiany zawartości azotu mineralnego badano wiosną i jesienią w latach 2004–2007 w glebie mineralnej (płowa typowa i czarna ziemia zdegradowana) pod mieszanką pastwiskową w warstwach 0–30, 30–60 i 60–90 cm, w różnych stanowiskach. W doświadczeniu założonym na obiektach produkcyjnych wysiano mieszankę motylkowato-trawistą z 20% udziałem koniczyny białej w trzech stanowiskach: po ziemniaku uprawianym na oborniku, na użytku przemiennym po jęczmieniu jarym uprawianym po trawach pastwiskowych, na łące odnowionej metodą pełnej uprawy. Ruń pastwiskowa w stanowisku po ziemniaku na oborniku odznaczała się istotnie większym plonowaniem i większym udziałem koniczyny białej niż na użytku przemiennym i obiekcie łąkowym. Formy azotu mineralnego oznaczono metodą CFA z detekcją spektrofotometryczną. Zawartość azotu mineralnego i jego form (N-NO_3 i N-NH_4) w glebie ulegała większym zmianom w pierwszym roku badań, zwłaszcza w stanowisku po ziemniaku i w siedlisku łąkowym. Zmiany zawartości N mineralnego były zapewne związane z mineralizacją materii organicznej pochodzącej z obornika i starej darni łąkowej. Większe zasoby azotu występowały w glebie łąkowej niż w gruntach ornych. We wszystkich stanowiskach zasoby N mineralnego oraz jego straty w okresie jesienno-zimowym były na ogół małe i potencjalnie nie stwarzały zagrożenia dla czystości wód gruntowych. Najzasobniejsza w azot mineralny była warstwa orna gleby (0–30 cm).

słowa kluczowe: mieszanka pastwiskowa, stanowisko, plon, formy azotu, warstwy gleby

WSTĘP

Gleby uprawne charakteryzują się dużą dynamiką azotu mineralnego (Łoginow, Kaszubiak, 1964). Azot mineralny dostarczany do gleby w nawozach sztucznych lub pochodzący z mineralizacji materii organicznej nawozów naturalnych, a także z glebowej materii organicznej nie jest w całości wykorzystywany przez rośliny. Jego nadmiar

w formie mineralnej jest wymywany z gleby do wód gruntowych, a występujący w formach gazowych jest emitowany do atmosfery (Sapek, 1996b). Azot mineralny (N-NO_3 i N-NH_4) jest bardzo labilny w glebie, przy czym N-NO_3 występuje prawie w całości w roztworze glebowym, a N-NH_4 jest sorbowany okresowo przez koloidy glebowe. Stosowane nawozy i materia organiczna w glebie oraz panujące warunki siedliskowe mają wpływ na kierunki przemian azotu w glebie (Łoginow, Kaszubiak, 1964; Babajewa, 2010; Fotyma i in., 2010; Czyżyk i in., 2011; Pietrzak, 2012).

Zawartość N mineralnego i jego form w glebie jest zależna od jej właściwości fizykochemicznych, warstwy gleby oraz zachodzących w niej procesów glebotwórczych, na przebieg których wpływ mają warunki atmosferyczne (pory roku) (Fotyma i in., 2010; Pietrzak, 2014). Na zawartość azotu w glebie korzystnie wpływają odpowiednie uwilgotnienie, temperatura i natlenienie, które sprzyjają zarówno amonifikacji, jak i nitryfikacji (Babajewa, 2010). Badanie zasobności gleby w N mineralny wiosną ma na celu określenie dawek nawozowych pod uprawiane rośliny, a w okresie jesieni może być kontrolą, czy nie wystąpił nadmiar tego pierwiastka. Azot mineralny w warstwie ornej (0–30 cm) i podornej (30–60 cm) jest wykorzystywany głównie na pokrycie potrzeb pokarmowych roślin, zaś w warstwie poniżej 60 cm ma większe znaczenie środowiskowe z uwagi na możliwość przedostawania się go do wód gruntowych (Fotyma i in., 2010).

Celem badań było określenie zmian zawartości azotu mineralnego i jego form (N-NO_3 i N-NH_4) w glebie pod mieszanką pastwiskową w zależności od warunków siedliskowych oraz terminu badania (wiosna, jesień) i warstwy gleby.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym IUNG-PIB w Grabowie ($\text{N } 52^\circ 13'$, $\text{E } 19^\circ 37'$, woj. mazowieckie), w latach 2004–2007, w trzech siedli-

Autor do kontaktu:

Adam Harasim

e-mail: ahara@iung.pulawy.pl

tel. +48 81 4786 805

skach (na obiektach produkcyjnych): PU – na polu uprawnym w stanowisku po ziemniaku na oborniku ($30 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), UP – na użytku przemiennym po jęczmieniu jarym uprawianym po trawach pastewnych, UZ – na łące trwałej zagospodarowanej metodą pełnej uprawy. Mieszanke pastwiskową uprawiano na glebie kompleksu żynnego bardzo dobrego – typu gleba płowa (pole uprawne i użytk przemienny) i czarna ziemia zdegradowana (łąka) (Marcinek i in., 2011). Mieszanke o składzie: koniczyna biała (20%), kostrzewa łąkowa (30%), życica trwała (30%) i tymotka łąkowa (20%), w ilości 40 kg nasion na 1 ha, wysiano wiosną 2004 r. bez rośliny ochronnej. Doświadczenie przeprowadzono według układu kompletnie zrandomizowanego, w 4 powtórzeniach. Powierzchnia poletka do wypasu wynosiła 48 m^2 .

Gleba łąkowa cechowała się wyższą zawartością próchnicy niż grunty orne (obiekty PU i UP), zaś odczyn gleby w badanych stanowiskach był dość podobny – lekko kwaśny lub zbliżony do obojętnego (tab. 1). Zawartość składników mineralnych w glebie przed założeniem doświadczenia była znacznie zróżnicowana; użytk przemienny wyróżniał się wysoką zawartością fosforu, a pole uprawne wysoką zawartością potasu. W obu tych stanowiskach gleba była bardzo mało zasobna w magnez. Gleba łąkowa miała niską zawartość fosforu i potasu, a średnią magnezu (Zalecenia nawozowe, 1990).

Nawożenie mineralne stosowano w ilości: 44 kg P jednorazowo wiosną, 100 kg K w dwóch dawkach (po 50 kg wiosną i po drugim odrósie) i N średnio $120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (po 30 kg pod każdy odrós). W roku siewu (2004) mieszanke koszone 2-krotnie, a w latach pełnego użytkowania wypasano krowami 5 razy (lata 2005 i 2007) i 4 razy (2006 – rok posuszny) w okresie wegetacyjnym. Przed wypasem określono plon mieszanek na podstawie próbnego koszenia każdego odrósu. Plony suchej masy opracowano statystycznie, oceniając wartość różnic testem Tukeya (równa liczebność próbek) przy $\alpha = 0,05$.

Próbki gleby do badania zawartości form azotu mineralnego (N-NO_3 i N-NH_4) pobierano dwa razy w sezonie wegetacyjnym – wiosną przed nawożeniem i jesienią po wypasie ostatniego odrósu, z trzech warstw: 0–30, 30–60 i 60–90 cm. Próbke ogólną gleby utworzono z 8 próbek pierwotnych ($4 \text{ poletka} \times 2 \text{ próbki pierwotne}$). Analizy próbek gleby wykonano w akredytowanym Głównym Laboratorium Analiz Chemicznych IUNG-PIB w Puławach, powszechnie przyjętymi metodami. Analizy gleby na zawartość mineralnych form azotu wykonano według polskiej normy (PN-R-04028, 1997) metodą CFA z detekcją spektrofotometryczną. Zasób azotu mineralnego w $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ obliczono dla każdej z trzech 30 cm warstw gleby średniej według formuły: zawartość N_{min} (w $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby) $\times 4,3$ (Fotyma i in., 1998). Wielkość zasobów i strat N mineralnego i formy N-NO_3 w glebach oceniono wiosną i jesienią według metodyki zaproponowanej przez Fotymę i in. (2010). Wielkość różnicy zasobu N mineralnego pomiędzy wynikami z tych terminów badań określa potencjalną stratę azotu, która jest ilościowym wskaźnikiem stopnia zagrożenia wód glebowo-gruntowych nadmiarem azotanów (Fotyma i in., 2010; Sapek, 1996b).

W tabeli 2 przedstawiono warunki termiczno-opadowe i ich syntetyczne ujęcie w formie wskaźnika hydrotermicznego Sielanianowa (Bac i in., 1993), obliczonego według wzoru:

$$k = \Sigma P \cdot 10 / \Sigma t$$

gdzie:

P – opady (mm),

t – średnia dobową temperatura powietrza ($^{\circ}\text{C}$).

Warunki hydrotermiczne oceniono według klasyfikacji Skowery i Puły (2004), w której wydzielono okresy wegetacyjne: dość suchy $1,0 < k \leq 1,3$, optymalny $1,3 < k \leq 1,6$ i dość wilgotny $1,6 < k \leq 2,0$.

Okres badawczy cechował się zróżnicowanymi warunkami pogodowymi (tab. 2). Sezon wegetacyjny w roku siewu mieszanek (2004) pod względem pogodowym był

Tabela 1. Właściwości gleby w warstwie 0–30 cm przed założeniem doświadczenia
Table 1. Soil properties in the 0–30 cm layer before the establishment of the experiment.

Stanowisko Location	Typ gleby [#] Soil type [#]	Skład granulometryczny Soil texture	Próchnica Humus [%]	pH (w 1 N KCl) pH (in 1 N KCl)	Zawartość [$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. gleby] Content [$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ soil DM]		
					P	K	Mg
PU pole uprawne arable land	gleba płowa typowa Haplic Luvisol	glina piaszczysta sandy loam	1,39	6,3	60	173	28
UP użytk przemienny temporary grassland	gleba płowa typowa Haplic Luvisol	glina piaszczysta sandy loam	1,27	6,6	74	51	30
UZ trwały użytk zielony permanent grassland	czarna ziemia zdegradowana Haplic Phaeozem	glina piaszczysta sandy loam	2,43	6,5	30	27	68

[#] według klasyfikacji PTG 2011 (Marcinek i in., 2011); according to PSSS 2011 classification (Marcinek et al., 2011)

Źródło: opracowanie własne na podstawie Harasim i Harasim (2010). Source: own study based on Harasim and Harasim (2010).

Tabela 2. Warunki hydrotermiczne w okresach wegetacyjnych (kwiecień–wrzesień)
Table 2. Hydrothermal conditions in growing seasons (April–September).

Wyszczególnienie Specification	Lata; Years				Średnia wieloletnia Long term mean
	2004	2005	2006	2007	
Suma opadów Amount of precipitation [mm]	380,3	353,7	365,0	492,4	404,0
Średnia dobową temperatura powietrza Average daily air temperature [°C]	14,3	15,1	16,0	15,6	14,4
Wskaźnik hydrotermiczny Sielanianowa Sielanianow's hydrothermic index	1,45	1,28	1,25	1,72	1,53

Źródło: opracowanie własne; Source: own study

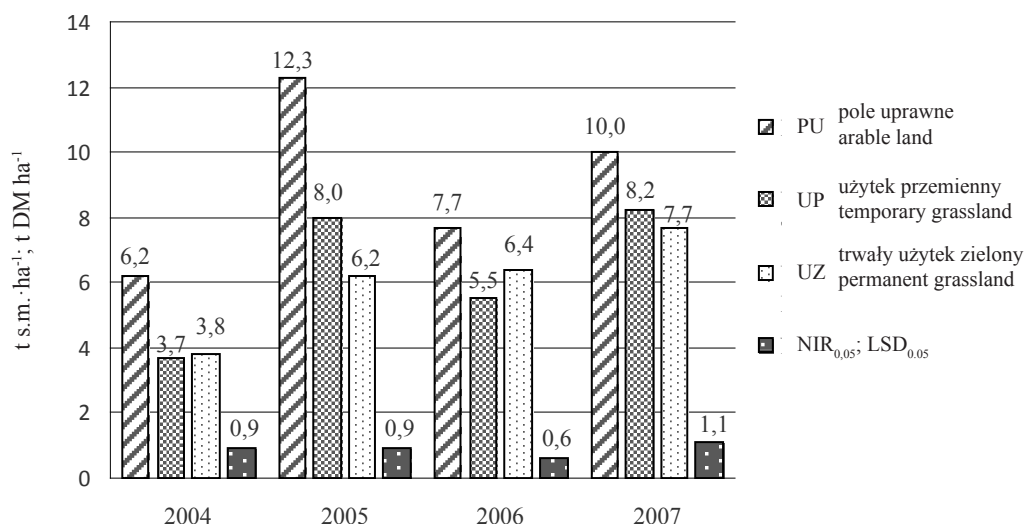
optymalny, lata 2005 i 2006 dość suche, a rok 2007 dość wilgotny. Szczególnie niekorzystne warunki panowały w 2006 roku, bowiem w lipcu wystąpił duży deficyt wody (małe opady) połączone z upałami.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

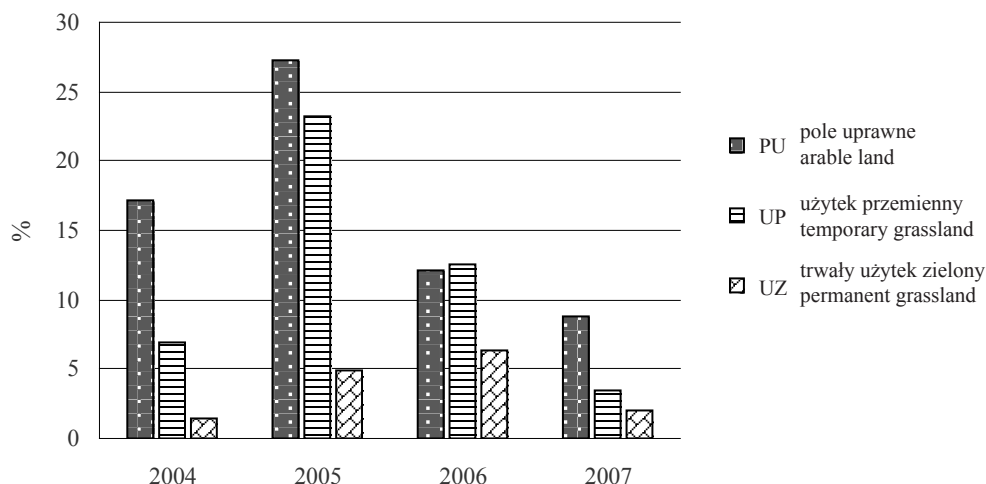
Na wielkość plonów mieszanki pastwiskowej wyraźny wpływ miały zarówno warunki glebowe, jak i pogodowe w latach pełnego jej użytkowania. Najmniejsze plony (rys. 1), mimo korzystnych warunków pogodowych, uzyskano w roku siewu mieszanki (2004), w którym po przykoszeniu pielęgnacyjnym runi zebrano w sezonie dwa odrosty. W okresie pełnego użytkowania rok 2006 cechował się niekorzystnymi warunkami pogodowymi, gdyż w lipcu wystąpiły upały i duży niedobór opadów powodujące zasychanie odrostu runi. W latach 2005 i 2007 mieszanka była 5-krotnie wypasana, a w posuszonym roku 2006 prze-

prowadzono 4 wypasy. Największe plony we wszystkich latach badań uzyskano na polu uprawnym w stanowisku po ziemniaku, a istotnie mniejsze na użytku przemiennym i w siedlisku łąkowym (rys. 1).

Udział koniczyny białej w plonie mieszanki pastwiskowej, podobnie jak wielkość plonów suchej masy mieszanki, był średnio największy w stanowisku po ziemniaku na oborniku (rys. 2). Najwięcej tego gatunku w runi obserwowano w drugim roku wegetacji roślin (2005), zaś w następnych latach wystąpiło wyraźne zmniejszenie jego udziału. Ustępowanie koniczyny białej z runi w siedlisku łąkowym po 2006 roku było spowodowane głównie wyniszczeniem jej w okresie zimowym przez normiki (Harasim, 2008). Przypuszcza się, że mniejszy udział koniczyny w runi na użytku przemiennym i na glebie łąkowej był również spowodowany zbyt małą zawartością przyswajalnych form fosforu i potasu w tych siedliskach, zwłaszcza łąkowym (tab. 1). Badania Kasperczyka (1999, 2003) wskazują, że



Rysunek 1. Roczne plony suchej masy [t · ha⁻¹] mieszanki pastwiskowej w różnych stanowiskach
Figure 1. Annual dry matter yields [t ha⁻¹] of grazing mixture in different locations.



Rysunek 2. Udział koniczyny białej w plonie suchej masy [%] mieszanki pastwiskowej w różnych stanowiskach
Figure 2. The share of the white clover in dry matter yield [%] of the grazing mixture in different locations.

duża zawartość P i K w glebie lub nawożenie tymi składnikami sprzyjają rozwojowi koniczyny białej. Można stwierdzić, że w badaniach własnych plony mieszanki pastwiskowej i konkurencyjność koniczyny białej względem traw wzrastały wraz z żyznością siedliska.

Korzystny wpływ obornika zastosowanego pod rośliny okopowe na żyzność gleby i plonowanie roślin następczych jest na ogół znany i nie wymaga szerszego omówienia. Nieco inaczej wygląda sytuacja w przypadku stanowisk na użytkach przemiennym i łąkowym. Według Kryszaka i in. (1998, 1999) krótkotrwały użytk zielony na gruntach ornych można traktować jako ważne źródło składników pokarmowych dla jednorocznych roślin następczych. Resztki roślinne mieszanek pastwiskowych, zwłaszcza trawisto-motylkowatych, są substratem procesów mineralizacyjnych i humifikacyjnych – korzystnie wpływających na wartość stanowiska dla roślin następczych. W przypadku badań własnych na użytku przemiennym po likwidacji krótkotrwałego użytku zielonego (2-letnia mieszanka traw) uprawiano jęczmień jary, a po nim wysiano motylkowato-trawistą mieszankę pastwiskową. W takich warunkach nie ujawnił się w pełni korzystny wpływ resztek roślinnych mieszanki traw (przedprzedplonu) na żyzność gleby i plonowanie mieszanki pastwiskowej (tab. 1, rys. 1). W stanowisku po zaoranej łące korzystny wpływ na plonowanie mieszanki pastwiskowej zapoczątkowany w 2005 roku był wyraźnie widoczny dopiero w 2007 roku (rys. 1). W warunkach dość dużej masy resztek roślinnych (darni łąkowej), na skutek rozluźnienia gleby poddanej pełnej uprawie, prawdopodobnie z powodu przesuszenia, nastąpił spowolniony rozkład (mineralizacja) materii organicznej z darni łąkowej i uwalnianie składników pokarmowych, a korzystny efekt tych przemian przesunął się w czasie.

Zawartość azotu mineralnego i udział jego form (N-NO_3 i N-NH_4) w glebie zależały od stanowiska i terminu pobrania próbek oraz warstwy gleby i roku badań (tab. 3 i 4). W poszczególnych stanowiskach i latach badań zawartość N mineralnego na ogół zmniejszała się wraz z głębokością warstwy gleby. Najzasobniejsza w azot mineralny była wierzchnia warstwa (0–30 cm), stanowiąca poziom orno-próchniczny gleb użytkowanych rolniczo. Wyjątkiem było stanowisko po ziemniaku na oborniku, w którym wiosną w pierwszym roku badań zawartość N-mineralnego i udział formy N-NH_4 były podobne w poszczególnych warstwach gleby, co mogło mieć związek z mineralizacją materii organicznej obornika. W górnej warstwie gleby dynamika azotu jest największa, bowiem najintensywniej zachodzą w niej procesy mikrobiologiczne, pobieranie przez rośliny i wymywanie N mineralnego oraz dopływ azotu w formie nawozów i z opadu atmosferycznego (Fotyma i in., 2010).

W pierwszym roku wiosną forma amonowa (N-NH_4) dominowała we wszystkich stanowiskach i we wszystkich warstwach. Natomiast zawartość azotu azotanowego (N-NO_3) nie wykazywała większego zróżnicowania między badanymi stanowiskami (tab. 3). Duża zawartość N-NH_4 wynikała zapewne z mineralizacji obornika w polu uprawnym, jak i z rozkładu resztek starej darni łąkowej. Można przyjąć, że w wyniku mineralizacji materii organicznej pochodzącej z obornika i darni łąkowej uwalniany azot przechodził w formy mineralne – najpierw w N-NH_4 , a dalej w procesie nityfikacji w N-NO_3 (Sapek, 1996a). Forma N-NO_3 jako bardziej labilna i niezatrzymywana przez kompleks sorpcyjny gleby może ulec wymyciu poza strefę korzeniową i zanieczyszczać wody gruntowe bądź może być w większej ilości pobierana przez rośliny

Tabela 3. Zawartość azotu azotanowego (N-NO₃) i amonowego (N-NH₄) w glebie w okresie wiosny i jesieni w zależności od stanowiskaTable 3. Nitrate (N-NO₃) and ammonium (N-NH₄) nitrogen soil content during spring and autumn dependent on locations.

Rok Year	Warstwa gleby Soil layer [cm]	Zawartość [mg· kg ⁻¹ s.m. gleby]; Content [mg kg ⁻¹ soil DM]											
		N-NO ₃						N-NH ₄					
		wiosna; spring			jesień; autumn			wiosna; spring			jesień; autumn		
		stanowisko; location [#]											
		PU	UP	UZ	PU	UP	UZ	PU	UP	UZ	PU	UP	UZ
2004	0–30	1,61	1,73	2,73	2,32	1,59	7,78	7,87	2,77	10,15	1,99	1,96	0,86
	30–60	0,53	0,55	0,47	1,60	0,65	2,24	9,03	2,80	5,40	0,90	0,64	0,80
	60–90	0,40	0,49	0,27	1,12	0,29	1,19	8,36	1,53	2,34	0,64	0,62	0,73
	0–90	0,85	0,92	1,16	1,68	0,84	3,74	8,42	2,37	5,96	1,18	1,07	0,80
2005	0–30	2,27	1,90	8,40	2,64	2,29	8,82	1,24	1,69	1,44	4,07	3,96	1,33
	30–60	0,76	0,45	2,14	1,20	0,64	2,30	0,98	1,03	0,52	1,47	1,68	0,48
	60–90	0,58	0,25	0,68	0,38	0,22	0,64	0,62	0,65	0,42	0,76	0,93	0,39
	0–90	1,20	0,87	3,74	1,41	1,05	3,92	0,95	1,12	0,79	2,10	2,19	0,73
2006	0–30	3,05	2,14	5,86	3,93	2,85	6,09	2,41	4,07	1,74	2,08	3,54	2,08
	30–60	0,77	0,55	3,80	1,62	2,42	1,79	0,89	1,24	0,68	0,89	1,24	0,57
	60–90	0,67	0,45	1,44	0,87	1,97	0,67	0,64	0,94	0,64	0,51	0,49	0,53
	0–90	1,50	1,05	3,70	2,14	2,42	2,85	1,31	2,08	1,02	1,16	1,76	1,06
2007	0–30	2,45	1,61	5,02	1,97	1,72	6,63	2,52	5,69	1,32	6,04	5,32	4,91
	30–60	0,93	0,56	2,44	0,43	0,41	1,44	1,74	1,45	0,75	1,82	1,48	1,99
	60–90	0,72	0,35	0,73	0,24	0,22	0,40	0,94	0,91	0,69	1,48	0,86	1,76
	0–90	1,37	0,84	2,73	0,88	0,78	2,82	1,73	2,68	0,92	3,11	2,55	2,89

Objasnienia – patrz tab. 1; Explanations – see Table 1

Tabela 4. Zawartość azotu mineralnego (N-NO₃ + N-NH₄) i udział azotu azotanowego (N-NO₃) w zasobach azotu mineralnego w glebie w okresie wiosny i jesieni w zależności od stanowiskaTable 4. Mineral nitrogen content (N-NO₃ + N-NH₄) and nitrate nitrogen (N-NO₃) share of mineral nitrogen amounts in soil during spring and autumn dependent on location.

Rok Year	Warstwa gleby Soil layer [cm]	Zawartość [mg·kg ⁻¹ gleby] Content [mg kg ⁻¹ soil DM]						Udział N-NO ₃ w zasobach N mineralnego [%] The share N-NO ₃ in amounts of mineral N [%]					
		wiosna; spring			jesień; autumn			wiosna; spring			jesień; autumn		
		stanowisko; location [#]											
		PU	UP	UZ	PU	UP	UZ	PU	UP	UZ	PU	UP	UZ
2004	0–30	9,48	4,50	12,88	4,31	3,55	8,64	17,0	38,4	21,2	53,8	44,8	90,0
	30–60	9,56	3,35	5,87	2,50	1,29	3,04	5,5	16,4	8,0	64,0	50,4	73,7
	60–90	8,76	2,02	2,61	1,76	0,91	1,92	4,6	24,3	10,3	63,6	31,9	62,0
	0–90	9,27	3,29	7,12	2,86	1,92	4,53	9,1	28,1	16,2	58,8	44,0	82,4
2005	0–30	3,51	3,59	9,84	6,71	6,25	10,15	64,7	52,9	85,4	39,3	36,6	86,9
	30–60	1,74	1,48	2,66	2,67	2,32	2,78	43,7	30,4	80,5	44,9	27,6	82,7
	60–90	1,20	0,90	1,10	1,14	1,15	1,03	48,3	27,8	61,8	33,3	19,1	62,1
	0–90	2,15	1,99	4,53	3,51	3,24	4,65	56,0	43,7	82,5	40,1	32,4	84,2
2006	0–30	5,46	6,21	7,60	6,01	6,39	8,17	55,9	34,5	77,1	65,4	44,6	74,5
	30–60	1,66	1,79	4,48	2,51	3,66	2,36	46,4	30,7	84,8	64,5	66,1	75,8
	60–90	1,31	1,39	2,08	1,38	2,46	1,20	51,1	32,4	69,2	63,0	80,1	55,8
	0–90	2,81	3,13	4,72	3,30	4,17	3,91	53,3	33,5	78,4	64,8	58,1	72,9
2007	0–30	4,97	7,30	6,34	8,01	7,04	11,54	49,3	22,1	79,2	24,6	24,4	57,5
	30–60	2,67	2,01	3,19	2,25	1,89	3,43	34,8	27,9	76,5	19,1	21,7	42,0
	60–90	1,66	1,26	1,42	1,72	1,08	2,16	43,4	27,8	51,4	14,0	20,4	18,5
	0–90	3,10	3,52	3,65	3,99	3,37	5,71	44,1	23,9	74,8	22,0	23,5	49,4

Objasnienia – patrz tab. 1; Explanations – see Table 1

lub ulegać denitryfikacji. Z badań Łabętowicza i Rutkowskiej (1996) wynika, że nawożenie obornikiem podwyższa istotnie poziom stężenia jonu amonowego w roztworze glebowym w ciągu całego okresu wegetacji, a nie wpływa na stężenie azotanów. Według Sapek (1996a) zmiana użytkowania trwałego użytku zielonego przez zaoranie prowadzi do nadmiernego i niekontrolowanego uwalniania azotu w glebie. Naruszenie struktury wierzchnich warstw gleby zwiększa aerację i utlenienie, a tym samym stwarza korzystne warunki do mineralizacji starej darni i zwiększa możliwość strat azotu przez wymycie azotanów. Również badania Wardy i in. (1999) wykazały, że w przypadku zagospodarowania użytku zielonego metodą pełnej uprawy następowało zwiększone przenikanie azotu azotanowego i fosforanów do wody gruntowej, większe w warunkach gleby mineralnej niż torfowo-murszowej. W badaniach własnych gleba łąkowa (czarna ziemia zdegradowana) na użytku zielonym przed założeniem doświadczenia zawierała więcej próchnicy (tab. 1), a w latach badań cechowała się większymi zasobami N mineralnego i zarazem mniejszymi jego stratami niż gleba płowa na polu uprawnym i na użytku przemiennym (tab. 5).

Najmniejsze różnice między zawartością $N-NO_3$ i $N-NH_4$ w 2004 roku, zwłaszcza w ornej warstwie gleby (0–30 cm), były na użytku przemiennym (UP). Jesienią w stosunku do stanu z wiosny w siedlisku łąkowym (UZ) wyraźnie wzrosła zawartość $N-NO_3$, a w stanowiskach po ziemniaku (PU) i w glebie łąkowej (UZ) zmniejszyła się znacząco zawartość $N-NH_4$ (tab. 3). W okresie pełnego użytkowania mieszanki pastwiskowej (lata 2005–2007) w stanowisku po ziemniaku na oborniku nie stwierdzono większych różnic w zawartości $N-NO_3$ w ornej warstwie gleby (0–30 cm) między wynikami badań z wiosny i jesieni. Podobne relacje między zawartością $N-NH_4$ były wiosną i jesienią w warunkach posusznego 2006 roku, zaś w latach 2005 i 2007 więcej tej formy azotu było jesienią

(tab. 3). W siedlisku łąkowym w warstwie ornej w latach 2005–2007 stwierdzono podwyższony i dość podobny poziom $N-NO_3$ wiosną i jesienią oraz wyraźne zmniejszenie zawartości $N-NH_4$ jesienią 2004 roku w porównaniu do stanu z okresu wiosennego. W ostatnim roku badań (2007) jesienią zawartość obydwu form azotu w warstwie gleby 0–90 cm była podobna.

Zawartość form N mineralnego wiosną i jesienią każdego roku była przeważnie największa w glebie łąkowej, szczególnie w warstwie 0–30 cm (tab. 4). W stanowisku po ziemniaku na oborniku największą zawartość azotu w glebie stwierdzono wiosną w roku zakładania doświadczenia (2004), przy czym w poszczególnych warstwach gleby była dość podobna. W następnych latach w stanowiskach na gruntach ornych – po ziemniaku i na użytku przemiennym – zawartość tego składnika była niższa i kształtowała się podobnie na różnych głębokościach.

Ze względu na ochronę środowiska ważna jest znajomość udziału N azotanowego w całkowitej ilości azotu mineralnego. Udział $N-NO_3$ w zasobach N mineralnego wykazywał zmiany w zależności od terminu oceny (wiosna, jesień), lat badań i stanowiska (tab. 4). Wiosną w pierwszym roku badań udział $N-NO_3$ był najmniejszy, a w następnych latach wyraźnie się zwiększył, zwłaszcza w glebie łąkowej. Udział tej formy stanowił ponad 75% zasobu N mineralnego w warstwie 0–90 cm. Jesienią 2004 roku w porównaniu ze stanem z wiosny nastąpił zdecydowany wzrost udziału $N-NO_3$ w całkowitej ilości N mineralnego, zwłaszcza w stanowisku po ziemniaku i w glebie łąkowej. We wszystkich latach badań siedlisko łąkowe sprzyjało większej koncentracji $N-NO_3$ (tab. 3), co mogło stwarzać potencjalne zagrożenie zanieczyszczenia wód gruntowych azotanami (Sapek, 1996a, 1996b).

W tabeli 5 przedstawiono zasoby azotu w glebie jesienią i wiosną oraz jego straty w okresie zimowym. W literaturze przedmiotu (Fotyma i in., 2010) za ważniejszą

Tabela 5. Zasoby i straty azotu azotanowego i mineralnego w okresie jesienno-zimowym w warstwie 0–90 cm
Table 5. The amounts and losses of the nitrate and mineral nitrogen in autumn-winter period in the 0–90 cm soil layer.

Okres jesienno-zimowy Autumn-winter period	Stanowisko; Location [#]								
	PU			UP			UZ		
	jesień autumn	wiosna spring	potencjalne straty potential losses	jesień autumn	wiosna spring	potencjalne straty potential losses	jesień autumn	wiosna spring	potencjalne straty potential losses
Azot azotanowy; Nitrate nitrogen [kg $N-NO_3 \cdot ha^{-1}$]									
2004/05	21,7	15,5	- 6,2	10,9	11,2	0,3	48,2	48,2	0,0
2005/06	18,1	19,3	1,2	13,5	13,5	0,0	50,6	47,4	- 3,2
2006/07	27,6	17,6	- 10,0	31,1	10,8	- 20,3	36,8	35,2	- 1,6
Azot mineralny; Mineral nitrogen [kg $N-NO_3 + N-NH_4 \cdot ha^{-1}$]									
2004/05	36,8	27,8	- 9,0	24,7	25,7	1,0	58,6	58,4	- 0,2
2005/06	45,3	36,3	- 9,0	41,8	40,4	- 1,4	60,0	60,9	0,9
2006/07	42,5	40,0	- 2,5	53,8	45,4	- 8,4	50,4	47,2	- 3,2

[#] Objasnienia – patrz tab. 1; Explanations – see Table 1

szy uznaje się zasób N-NO_3 niż N-NH_4 , gdyż forma azotanowa jest bardziej ruchliwa i łatwiej dostępna dla roślin, a także stanowi większe zagrożenie dla czystości wód gruntowych. Gleba łąkowa jako zasobniejsza w próchnicę (tab. 1) cechowała się większymi zasobami azotu azotanowego (N-NO_3) i mineralnego niż gleba w stanowisku po ziemniaku i na użytku przeminnym. Wykazana zależność znajduje potwierdzenie w wynikach badań Pietrzaka (2014), wskazujących, iż zasoby azotu mineralnego są większe w mineralnych glebach łąkowych niż w glebach gruntów ornych. Sapek (1996a) wskazuje, że w glebie zasobniejszej w próchnicę uwalnia się więcej N-NO_3 . Na podstawie klas zawartości azotu w glebie zaproponowanych przez Fotymę i in. (2010) można stwierdzić, że zasób zarówno N-NO_3 , jak i N mineralnego jesienią i wiosną był mały. Według Sapek (1996b) i Babajewej (2010) zawartość mineralnych form azotu (N-NO_3 i N-NH_4) jest największa w okresie maj–lipiec w warunkach dostatecznej wilgotności gleby, co sprzyja zarówno procesom amonifikacji, jak i nitryfikacji. Zasób N mineralnego, a zwłaszcza jego formy azotanowej (N-NO_3), w glebie w okresie jesieni może służyć jako wskaźnik potencjalnego zagrożenia nadmiarem tego składnika dla wód glebowo-gruntowych (Fotyma i in., 2010).

Poziom strat azotu w okresie jesienno-zimowym był też na ogół mały. Jednak w sezonie 2006/07 w stanowiskach po ziemniaku i na użytku przeminnym straty N-NO_3 były większe niż we wcześniejszych okresach, co można tłumaczyć niższymi plonami mieszanki pastwiskowej (rys. 1) i tym samym mniejszym pobraniem azotu przez rośliny w posuszonym okresie wegetacyjnym 2006 roku (tab. 2). Na podstawie danych zawartych w tabeli 5 można stwierdzić brak potencjalnego zagrożenia wód gruntowych nadmiarem azotanów. W praktyce zawartość N-NO_3 w wodach gruntowych zależy głównie od użytkowania gruntów, kategorii agronomicznej gleby, obsady zwierząt w gospodarstwie, wielkości dawek mineralnych nawozów azotowych i opadów atmosferycznych (Sapek, 1996a; Fotyma i in., 2010; Pietrzak, 2012).

WNIOSKI

1. Ruń pastwiskowa w stanowisku po ziemniaku na oborniku odznaczała się istotnie większym plonem i większym udziałem koniczyny białej niż na użytku przeminnym i glebie łąkowej.

2. Zawartość azotu mineralnego i jego form (N-NO_3 i N-NH_4) w glebie ulegała większym zmianom w pierwszym roku badań niż w latach następnych, zwłaszcza w stanowisku po ziemniaku i w siedlisku łąkowym.

3. Większe zasoby azotu występowały w glebie łąkowej niż w stanowiskach na gruntach ornych.

4. We wszystkich stanowiskach zasoby N mineralnego oraz jego straty w okresie jesienno-zimowym były na ogół małe i potencjalnie nie stwarzały zagrożenia dla czystości wód gruntowych.

PIŚMIENNICTWO

- Babajewa K.M., 2010.** Wpływ mieszanek motylkowato-trawia-
stych i nawożenia mineralnego na dynamikę przemian przy-
swajalnych form azotu w glebie w warunkach pustynnienia.
Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie, 10(4): 7-14.
- Bac S., Koźmiński C., Rojek M., 1993.** Agrometeorologia. Pań-
stwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- Czyżyk F., Pulikowski K., Strzelczyk M., Pawęska K., 2011.**
Wymywanie mineralnych form azotu z gleby lekkiej nawożo-
nej corocznie kompostem z osadów ściekowych i nawozami
mineralnymi. Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie, 11(4):
95-105.
- Fotyma E., Wilkos G., Pietruch C., 1998.** Test glebowy azotu
mineralnego – możliwości praktycznego wykorzystania. Ma-
teriały szkoleniowe, IUNG Puławy, 69, 48 ss.
- Fotyma M., Kęsik K., Pietruch C., 2010.** Azot mineralny
w glebach jako wskaźnik potrzeb nawozowych roślin i stanu
czystości wód glebowo-gruntowych. Nawozy i Nawożenie,
38: 5-83.
- Harasim J., 2008.** Plonowanie runi pastwiskowej z udziałem ko-
niczyny białej w zależności od ilości wysiewu nasion i siedli-
ska. Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie, 8(2b): 19-29.
- Harasim J., Harasim A., 2010.** Produkcyjność mieszanek pa-
stwiskowych z udziałem koniczyny białej (*Trifolium repens*
L.) w różnych warunkach siedliskowych. Monografie i Roz-
prawy Naukowe, IUNG-PIB Puławy, 26, 65 ss.
- Kasperczyk M., 2003.** Przydatność koniczyny białej (*Trifolium*
repens) do zagospodarowania pastwiska górskiego. Biuletyn
IHAR, 225: 193-199.
- Kasperczyk M., 1999.** Znaczenie koniczyny białej (*Trifolium*
repens) w gospodarce pastwiskowej. Zeszyty Naukowe AR
w Krakowie, Sesja Naukowa, 347(62): 175-180.
- Kryszak J., Szczepaniak W., Grzebisz W., 1998.** Ocena poten-
cjalnej wartości nawozowej resztek roślinnych mieszanek
trawisto-motylkowatych. Biuletyn Naukowy, 1: 243-250.
- Kryszak J., Szczepaniak W., Grzebisz W., 1999.** Ocena stano-
wiska po krótkotrwałych użytkach zielonych. Folia Universi-
tatis Agriculturae Stetinensis, Agricultura, 197(75): 203-206.
- Labętowicz J., Rutkowska B., 1996.** Dynamika stężenia azo-
tanów i jonu amonowego w roztworze glebowym w róż-
nicowanych warunkach nawozowych. Zeszyty Problemowe
Postępów Nauk Rolniczych, 440: 223-229.
- Loginow W., Kaszubiak T., 1964.** Dynamika azotu w glebie. Pa-
miętnik Puławski, 14: 15-39.
- Marcinek J., Komisarek L., Bednarek R., Mocek A., Skiba S.,
Wiatrowska K., 2011.** Systematyka gleb Polski. Wydanie V.
Roczniki Gleboznawcze, 62(3): 5-193.
- Pietrzak S., 2012.** Azotany w wodach gruntowych na terenach
zajmowanych przez użytki zielone w Polsce. Polish Journal
of Agronomy, 11: 34-40.
- Pietrzak S., 2014.** Kształtowanie się ilości azotu mineralnego w
mineralnych glebach łąkowych w Polsce w latach 2008-2012.
Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie, 14(3): 113-124.
- PN-R-04028. 1997.** Analiza chemiczno-rolnicza gleby. Me-
toda pobierania próbek i oznaczania zawartości jonów
azotanowych i amonowych w glebach mineralnych. PKN
Warszawa.
- Sapek B., 1996a.** Mineralizacja materii organicznej w glebach
łąkowych jako źródło azotu. Zeszyty Edukacyjne, IMUZ Fa-
lenty, 1: 75-85.

Sapek B., 1996b. Potencjalne wymyście azotanów na tle dynamiki mineralizacji azotu w glebach użytków zielonych. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 440: 331-341.

Skowera B., Puła J., 2004. Skrajne warunki pluwiometryczne w okresie wiosennym na obszarze Polski w latach 1971-2000. *Acta Agrophysica*, 3(1): 171-177.

Warda M., Smoleń E., Ćwintal H., Krzywiec D., 1999. Wpływ typu gleby na zawartość azotu i fosforu w wodach gruntowych pastwisk dla bydła. *Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis, Agricultura*, 197(75): 351-354.

Zalecenia nawozowe, 1990. Cz. I. Liczby graniczne do wyceny zawartości w glebach makro- i mikroelementów. Wydanie II, IUNG Puławy, ser. P(44), 26 ss.

A. Harasim, J. Igras, P. Harasim

CHANGES IN MINERAL NITROGEN OF A MINERAL SOIL CROPPED TO PASTURE MIXTURE ACROSS DIFFERENT CROPPING ENVIRONMENTS

Summary

Mineral nitrogen changes were determined in mineral soil (Haplic Luvisol and Haplic Phaeozem) in 2004–2007 (autumn vs. spring) cropped to a pasture mixture in 0–30, 30–60 and 60–90 cm soil depth layers, across different localities. In an on-farm experiment a legume-grass mixture containing 20% of white clover was sown in three cropping environments: after farm manure-fertilized potatoes, in a ley rotation after pasture grasses and spring barley, and in a meadow restored by full tillage. The pasture sward after potatoes gave superior yields and contained a higher proportion of white clover as compared to the ley rotation and to the restored meadow. Mineral nitrogen forms were determined by CFA method with spectrophotometry detection. The contents of soil nitrate and ammonia nitrogen showed greater changes in the first study year, especially at the site cropped previously to potatoes and in the meadow environment. Changes in mineral N were presumably related to mineralization of organic matter derived from farmyard manure and from old meadow sod. Greater nitrogen resources were to be found in the meadow soil than in tilled environments. In all environments, soil N resources and its losses over the autumn-winter period were generally low and posed no potential hazard to ground water purity. Top, arable layer of soil (0–30 cm) had the highest mineral nitrogen content.

Key words: grazing mixture, locality, yield, nitrogen form, soil layer