

## FORMY AZOTU W KUPKÓWCE POSPOLITEJ NAWOŻONEJ ZRÓŻNICOWANYMI DAWKAMI NAWOZÓW MINERALNYCH

*Wiesław Bednarek*

Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej, Akademia Rolnicza  
ul. Akademicka 15, 20- 950 Lublin  
e-mail: wieslaw.bednarek@ar.lublin.pl

**Streszczenie.** Celem badań było określenie wpływu zróżnicowanego nawożenia mineralnego (N, P, K) na zawartość niektórych form azotu (N ogółem, N białkowy, N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub>) w kupkówce pospolitej (części nadziemne i korzenie). Przedstawione opracowanie powstało na podstawie zebranych wyników badań z trzyletniego doświadczenia polowego założonego i przeprowadzonego na glebie płowej wytworzonej z lessu. Eksperyment polowy obejmował 27 obiektów nawozowych, tzn. na tle trzech wzrastających poziomów nawożenia fosforem rozlosowano dziewięć kombinacji azotowo-potasowych. Całą dawkę fosforu i pół dawki potasu wysiewano przed siewem kupkówki oraz w drugim i trzecim roku po zbiorze trzeciego pokosu; drugą dawkę potasu stosowano w każdym roku po pierwszym zbiorze trawy. Azot wysiewano wczesną wiosną oraz po pierwszym i drugim pokosie w trzech równych częściach. Nawożenie azotem i fosforem wpływało istotnie na zawartość N ogółem i N białkowego w częściach nadziemnych kupkówki. Zawartość N-NH<sub>4</sub> i N-NO<sub>3</sub> zależała istotnie jedynie od nawożenia azotem (N-NO<sub>3</sub> w korzeniach – również od nawożenia potasem). Zawartość ocenianych form azotu w kupkówce zależała istotnie i dodatnio przede wszystkim od zawartości w glebie N-NH<sub>4</sub> i N-NO<sub>3</sub>, pobranie tego składnika uzależnione było istotnie i dodatnio od zawartości w glebie szczególnie N-NO<sub>3</sub>.

**Słowa kluczowe:** kupkówka pospolita, formy azotu, nawożenie mineralne

### WSTĘP

Kupkówka pospolita jest rośliną, która znakomicie rozwija się na żyznych glebach różnych typów, zasobnych w składniki pokarmowe. Jako trawa azotolubna dobrze wykorzystuje wysokie dawki nawozów mineralnych, szczególnie azotowych. One też odgrywają podstawową rolę w kształtowaniu zawartości niektórych form azotu (N białkowy, N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub>) w kupkówce, a także ich udziału w azocie ogółem [1-12,14-17]. Pobieranie azotu oraz włączanie go w związki organiczne przebiega przy bezpośrednim udziale fosforu, który uczestniczy pra-

wie we wszystkich etapach przemian N. Właściwe zaopatrzenie w ten składnik oraz zachowanie optymalnego stosunku P do N jest jednym z podstawowych warunków prawidłowego przebiegu procesów metabolicznych w roślinie. Niedostateczne zaopatrzenie w fosfor może powodować zakłócenia w proporcjach między poszczególnymi frakcjami azotu; młode rośliny zawierają wówczas mniej azotanów (V), a starsze więcej co może być związane ze zmniejszeniem szybkości ich redukcji [7]. Również odpowiednie zaopatrzenie w potas sprzyja pobieraniu azotu przez rośliny, oddziałuje na metabolizm węglowodanów i pośrednio na redukcję N-NO<sub>3</sub>. W roślinach z niedoborem tego składnika następują zmiany proporcji między azotem białkowym i niebiałkowym na korzyść tego ostatniego. Związane jest to z gromadzeniem dużych ilości wolnych aminokwasów i amidów, będących skutkiem zakłóceń biosyntezy białka. Wzrasta też wówczas zawartość amin oraz jonów amonowych niekiedy w dużych ilościach. Przyczyną może być również osłabienie biosyntezy białka oraz zmniejszenie natężenia fotosyntezy. W tej sytuacji ilość związków organicznych w roślinie jest niewystarczająca do związania jonów NH<sub>4</sub> [1-8, 11-17].

Celem badań było określenie wpływu zróżnicowanego nawożenia mineralnego (N, P, K) na zawartość niektórych form azotu (N ogółem, N białkowy, N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub>) w kupkówce pospolitej (części nadziemne i korzenie), uprawianej na glebie płowej wytworzonej z lessu.

#### MATERIAŁ I METODY

Przedstawione opracowanie powstało na podstawie wyników badań zebranych z trzyletniego doświadczenia polowego (1997-1999) założonego i przeprowadzonego na glebie płowej wytworzonej z lessu – (pH<sub>KCl</sub> – 4,9, próchnica – 1,18 %, formy przyswajalne: P – 77,2 mg·kg<sup>-1</sup>, K – 187 mg·kg<sup>-1</sup>, Mg – 44 mg·kg<sup>-1</sup>, N-NH<sub>4</sub> – 55,1 mg N·kg<sup>-1</sup>, N-NO<sub>3</sub> – 17,1 mg N·kg<sup>-1</sup>, N – łatwo hydrol. – 100 mg N·kg<sup>-1</sup>). Eksperyment obejmował 27 obiektów nawozowych, tzn. na tle trzech wzrastających poziomów nawożenia fosforem rozlosowano dziewięć kombinacji azotowo-potasowych (w czterech powtórzeniach każda). Powierzchnia jednego poletka wynosiła 50 m<sup>2</sup>, do zbioru – 36 m<sup>2</sup>. Stosowano następujące nawożenie – azotem: N<sub>1</sub> – 120 kg N·ha<sup>-1</sup>, N<sub>2</sub> – 240 kg·ha<sup>-1</sup> i N<sub>3</sub> – 360 kg·ha<sup>-1</sup> (saletra amonowa), fosforem: P<sub>1</sub> – 34,9 kg P·ha<sup>-1</sup>, P<sub>2</sub> – 69,8 kg·ha<sup>-1</sup>, P<sub>3</sub> – 104,7 kg·ha<sup>-1</sup> (superfosfat potrójny granulowany) i potasem: K<sub>1</sub> – 83 kg K·ha<sup>-1</sup>, K<sub>2</sub> – 166 kg·ha<sup>-1</sup> i K<sub>3</sub> – 249 kg·ha<sup>-1</sup> (sól potasowa, 47,3% K). Całą dawkę fosforu i pół dawki potasu wysiewano przed siewem kupkówki oraz w drugim i trzecim roku po zbiorze trzeciego pokosu; drugą dawkę potasu stosowano w każdym roku po pierwszym zbiorze trawy. Azot wysiewano wczesną wiosną (po ruszeniu wegetacji) oraz po pierwszym i po drugim pokosie w trzech równych częściach. Zbiór pierwszego pokosu kupkówki pospolitej odmiany Motycka dokonywano w trzeciej dekadzie maja, drugiego – w trzeciej

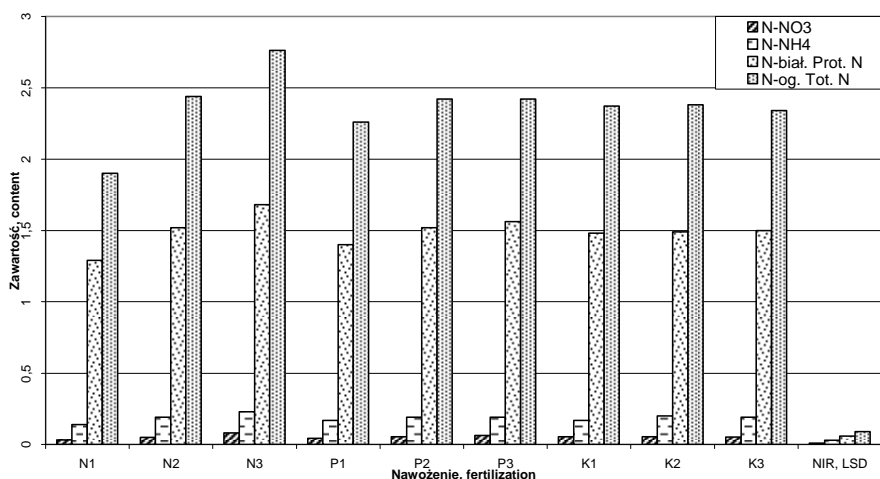
dekadzie lipca i trzeciego – w trzeciej dekadzie września lub pierwszej października. Po zbiorze trawy pobierano do analiz chemicznych, średnio z obiektu, próby materiału roślinnego (części nadziemne i korzenie), w których oznaczono w dwóch powtórzeniach:

- N ogółem, metodą Kjeldahla,
- N białkowy, po ekstrakcji wodą i strąceniu białka, metodą Kjeldahla z kwasem trójchlorooctowym,
- N  $\text{NH}_4$ , metodą z odczynnikiem Nesslera,
- N  $\text{NO}_3$ , metodą z kwasem fenolodwusulfonowym.

Zawartość form azotu w roślinie i jego pobranie przez kupkówkę oceniono metodą analizy wariancji z zastosowaniem półprzedziału ufności Tukey'a ( $p = 0,05$ ). Obliczono również zależności występujące pomiędzy formami azotu w glebie (N- $\text{NH}_4$ , N- $\text{NO}_3$ ,  $\text{N}_{\text{hydr.}}$ ) i roślinie oraz pobraniem tego składnika. W tabelach i na rysunkach przedstawiono średnie wyniki z trzech lat badań i trzech pokosów trawy.

#### WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Ocena wyników przedstawionych w tabeli 1 oraz na rysunku 1 wskazuje, że zawartość azotu ogółem w częściach nadziemnych kupkówki pospolitej (łodygi, liście) utrzymywała się, w zależności od zastosowanego czynnika doświadczalnego, na poziomie 1,76-2,84% N w s. m. Jedynie nawożenie azotem i fosforem wpływało na istotne zwiększenie akumulacji tej formy N. Zastosowanie



**Rys. 1.** Zawartość form azotu w częściach nadziemnych kupkówki (% N w s.m.)

**Fig. 1.** Content of nitrogen forms in aboveground parts of orchard grass (% N in d.m.)

**Tabela 1.** Zawartość różnych form azotu w kupkówce pospolitej oraz pobranie N przez tę roślinę w zależności od zastosowanego nawożenia mineralnego (% N w s.m.)

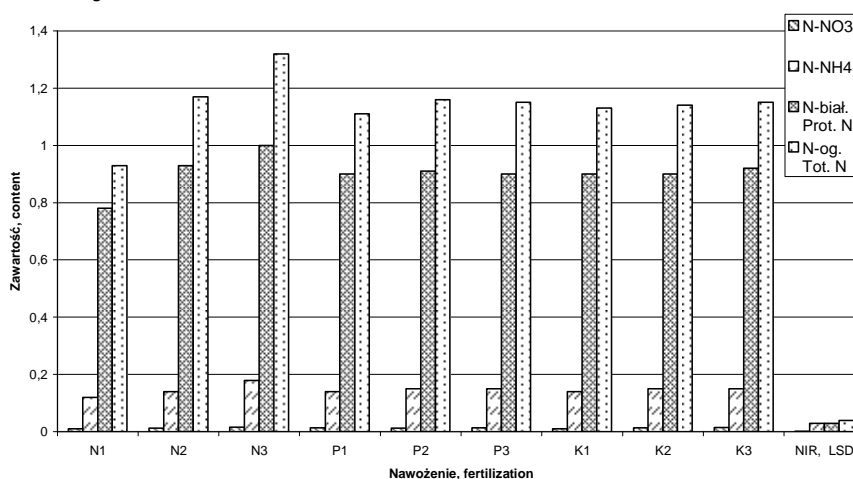
**Table 1.** Content of different forms of nitrogen in orchard grass and uptake of N dependent on the mineral fertilization applied (% N in d.m.)

Nawo- żenie Fertili- zation	K1	P1 K2	K2	K1	P2, K2 N ogółem Total N	K3	K1	P3, K2	K3	NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>
N1	1,76	1,77	1,87	1,91	1,86	2,01	1,88	1,99	2,08	N, P – 0,09
N2	2,24	2,33	2,26	2,49	2,56	2,53	2,60	2,61	2,33	N, K – 0,21
N3	2,82	2,74	2,50	2,80	2,82	2,84	2,82	2,78	2,67	
N białkowy Protein N										
N1	1,17	1,15	1,20	1,30	1,29	1,35	1,33	1,38	1,41	N, P – 0,06
N2	1,34	1,45	1,45	1,53	1,52	1,60	1,52	1,63	1,56	
N3	1,61	1,62	1,58	1,71	1,67	1,72	1,79	1,75	1,68	
N – NH <sub>4</sub>										
N1	0,13	0,12	0,12	0,14	0,11	0,18	0,15	0,18	0,17	N – 0,03
N2	0,15	0,19	0,18	0,15	0,23	0,22	0,21	0,22	0,17	
N3	0,21	0,23	0,23	0,22	0,27	0,25	0,21	0,22	0,21	
N – NO <sub>3</sub>										
N1	0,028	0,025	0,036	0,025	0,026	0,031	0,039	0,041	0,030	N, P – 0,011
N2	0,031	0,039	0,041	0,050	0,059	0,048	0,069	0,071	0,046	
N3	0,068	0,069	0,058	0,080	0,087	0,089	0,100	0,087	0,089	
Pobranie, uptake N, kg ha <sup>-1</sup>										
N1	63	60	68	66	64	67	60	67	79	N – 7,3
N2	98	106	98	111	118	111	106	112	102	
N3	135	131	119	128	132	135	123	123	123	

podwójnej dawki azotu ( $N_2$ ) spowodowało wzrost zawartości o 28,4, a potrójnej – o 45,3% w stosunku do dawki pojedynczej ( $N_1$ ). Nawożenie podwójną i potrójną dawką fosforu, w relacji do pojedynczej, przyczyniło się do przyrostu koncentracji N ogółem jedynie o 7,1%. Nawożenie potasem nie wywołało zmian udowodnionych statystycznie zawartości tej formy azotu w częściach nadziemnych rośliny, która utrzymywała się na wyrównanym poziomie 2,34-2,38% N w s. m. Natomiast współdziałanie tego składnika (K) z azotem przyczyniło się do istotnego przyrostu ilości azotu ogółem. Kupkówka pospolita była w wystarczający sposób zaopatrzona w azot, którego ilość wynosiła przeciętnie 2,37% w s. m. części nadziemnych.

Zawartość azotu ogółem w korzeniach kupkówki kształtowała się na poziomie 0,88-1,41% N s.m. w zależności od zastosowanego nawożenia (tab. 2, rys. 2). Spośród rozpatrywanych czynników jedynie nawożenie azotem i fosforem powodowało istotny przyrost koncentracji tej formy N. Zastosowanie saletry amonowej spowodowało zwiększenie ilości N ogółem o 25,8 ( $N_2$ ) i 41,9% ( $N_3$ ). Wzrastające dawki fosforu przyczyniły się do jej przyrostu o 4,5 ( $P_2$ ) i 3,6% ( $P_3$ ). Przeciętna zawartość azotu całkowitego w korzeniach kupkówki wynosiła 1,14% N i była ponad dwukrotnie mniejsza niż w częściach nadziemnych.

Oddziaływanie nawożenia mineralnego, szczególnie azotowego, na zawartość N ogółem w suchej masie roślin jest szeroko i wszechstronnie opisane w literaturze naukowej. Intensyfikacja nawożenia tym składnikiem prowadzi na ogół do wzrostu zawartości tej formy azotu w roślinie. Natomiast znacznie rzadziej oceniane było oddziaływanie nawożenia potasem czy fosforem [3,4,8-17].



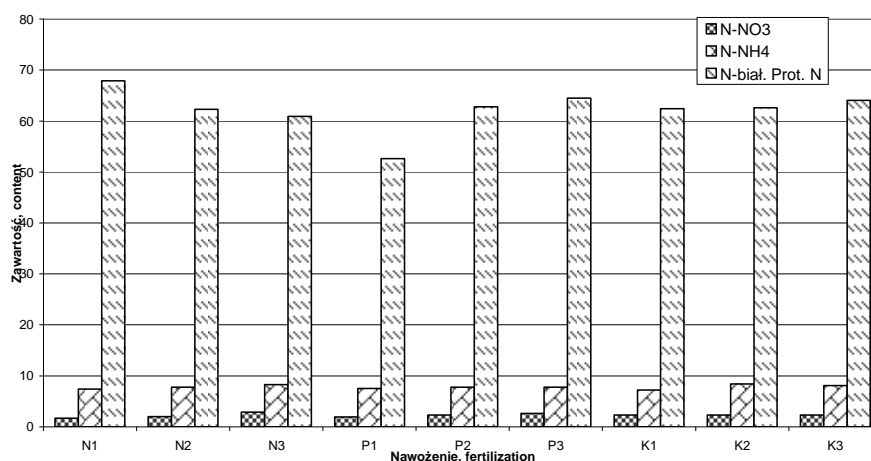
**Rys. 2.** Zawartość form azotu w korzeniach kupkówki (% N w s.m.)

**Fig. 2.** Content of nitrogen forms in orchard grass roots (% N in d.m.)

**Tabela 2.** Zawartość różnych form azotu w korzeniach kupkówki pospolitej w zależności od zastosowanego nawożenia mineralnego (% N w s.m.)  
**Table 2.** Content of different forms of nitrogen in orchard grass roots dependent on the mineral fertilization applied (%N in d.m.)

Nawożenie Fertilization	P1			P2			P3			NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>
	K1	K2	K3	K1	K2	K3	K1	K2	K3	
N ogółem Total N										
N1	1,00	0,88	0,92	0,88	0,93	0,98	0,92	0,92	0,90	N,P – 0,04 N,P – 0,09
N2	1,13	1,13	1,16	1,22	1,21	1,26	1,15	1,11	1,18	
N3	1,25	1,28	1,22	1,25	1,36	1,31	1,38	1,41	1,37	
N białkowy Protein N										
N1	0,83	0,72	0,79	0,74	0,78	0,85	0,76	0,78	0,77	N-0,03
N2	0,94	0,89	0,95	0,91	0,94	0,96	0,91	0,95	0,94	PK-0,07
N3	0,99	0,99	0,96	0,98	1,02	1,02	0,98	1,00	1,00	
N-NH <sub>4</sub>										
N1	0,12	0,11	0,12	0,11	0,10	0,11	0,12	0,12	0,13	N-0,03
N2	0,13	0,13	0,14	0,13	0,17	0,14	0,15	0,14	0,15	
N3	0,16	0,21	0,16	0,19	0,19	0,17	0,18	0,16	0,19	
N-NO <sub>3</sub>										
N1	0,010	0,010	0,013	0,009	0,010	0,011	0,011	0,010	0,011	N,P,K – 0,002
N2	0,011	0,012	0,016	0,010	0,011	0,011	0,011	0,017	0,013	PK – 0,005
N3	0,013	0,014	0,024	0,010	0,017	0,015	0,018	0,020	0,016	

Zawartość azotu białkowego w liściach i łodygach utrzymywała się na poziomie 1,15-1,79% N w s.m. i zależała od formy zastosowanego nawożenia mineralnego (tab. 1, rys. 1). Użycie nawozów azotowych i fosforowych istotnie różnicowało tę zawartość, natomiast nawożenie potasem nie miało wpływu udowodnionego statystycznie. Wzrastające dawki azotu spowodowały przyrost ilości tej formy o 17,8 (N<sub>2</sub>) i 30,2% (N<sub>3</sub>). Nawożenie fosforem wywołało mniejszy lecz również istotny przyrost zawartości azotu białkowego o 8,6 (P<sub>2</sub>) i 11,4% w s. m. (P<sub>3</sub>). Współdziałanie czynników doświadczalnych, tzn. nawożenie azotem, fosforem i potasem, nie wpływało istotnie na zmiany zawartości tej formy N w częściach nadziemnych kupkówki, która utrzymywała się na przeciętnym poziomie 1,5% N w s. m. i wynosiła 63,2% udziału w azocie ogółem (rys. 3).

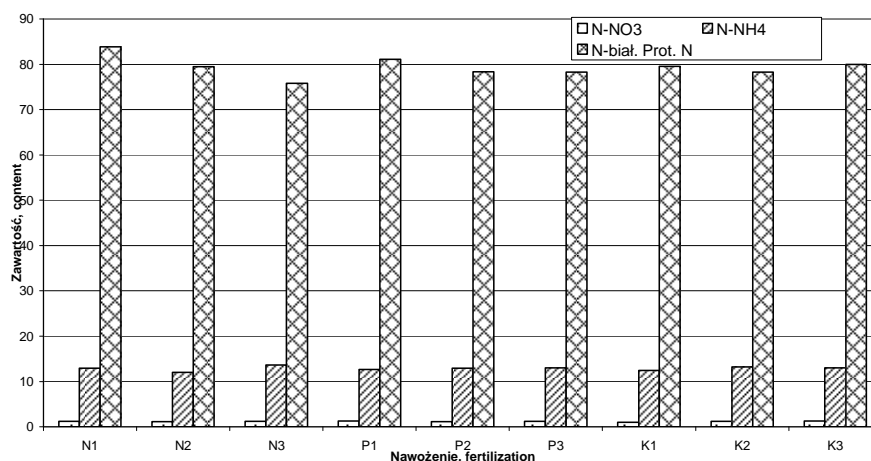


**Rys. 3.** Procentowy udział azotu azotanowego, amonowego i białkowego w azocie ogółem części nadziemnych kupkówki pospolitej

**Fig. 3.** Percentage of ammonium nitrogen, nitrate and protein nitrogen in total nitrogen in above ground parts of orchard grass

Zawartość azotu białkowego w korzeniach kupkówki była na poziomie 0,72-1,02% N w s. m., w zależności od zastosowanego nawożenia mineralnego (tab. 2, rys. 2). Istotny przyrost koncentracji tej formy N wywołało jedynie nawożenie azotem. Zastosowanie podwójnej dawki spowodowało przyrost ilości o 19,2 i potrójnej o 28,2% w stosunku do dawki pojedynczej. Nawożenie fosforem i potasem nie oddziaływało istotnie na ilość tej formy N, która pod wpływem pierwszego czynnika (P) utrzymywała się na bardzo wyrównanym poziomie 0,9-0,91% N i drugiego (K) również na podobnej wysokości 0,9-0,92% N w s.m. Przeciętna zawartość azotu białkowego w korzeniach kupkówki (0,90% N w s.m.) była

znacznie niższa niż w częściach nadziemnych (1,496% N) i wynosiła aż 78,9% N całkowitego (rys. 4).



**Rys. 4.** Procentowy udział azotu azotanowego, amonowego i białkowego w azocie ogółem korzeni kupkówki pospolitej

**Fig. 4.** Percentage of ammonium nitrogen, nitrate and protein nitrogen in total nitrogen in roots of orchard grass

Również autorzy innych opracowań doszli do wniosku, że zawartość azotu białkowego wzrastała pod wpływem nawożenia mineralnego (szczególnie azotem i fosforem), lecz tempo jego przyrostu było powolniejsze niż azotu ogółem i w końcowym efekcie prowadziło do zmniejszenia udziału N białkowego w N ogółem [1,4,7,8,10,14-17]. Zawartość N białkowego oraz jego udział w N ogółem należą do najważniejszych cech wartościujących jakość paszową roślin pastewnych.

Zawartość azotu amonowego w częściach nadziemnych utrzymywała się na poziomie 0,11-0,27% N w s.m. i zależała od zastosowanych czynników doświadczalnych (tab. 1, rys. 1). Jednak istotne zmiany wywołało jedynie nawożenie azotem. Zastosowanie wzrastających dawek fosforu i potasu nie powodowało zmian udowodnionych statystycznie i wskazywało, że kupkówka była optymalnie zaopatrzona w te składniki. Użycie podwójnej dawki azotu ( $N_2$ ) przyczyniło się do przyrostu ilości N amonowego o 35,7 a potrójnej ( $N_3$ ) o 64,3%. Współdziałanie czynników doświadczalnych (NPK) nie wpłynęło istotnie na zmiany tej formy azotu w częściach nadziemnych rośliny, której zawartość utrzymywała się na przeciętnym poziomie 0,19% N w s.m. i wynosiła około 7,9% N ogółem (rys. 3).

Zawartość  $N-NH_4$  w korzeniach kupkówki wahała się od 0,10 do 0,21% (przy przeciętnej zawartości 0,15% N w s. m.) w zależności od zastosowanego nawożenia



i jego dawki (tab. 2, rys. 2). Spośród zastosowanych czynników doświadczalnych jedynie nawożenie azotem wpływało istotnie na przyrost koncentracji azotu amonowego. Pod wpływem podwójnej dawki jego ilość zwiększyła się o 16,7, a potrójnej o 50% w stosunku do dawki pojedynczej. Przeciętna koncentracja tej formy N w korzeniach była zauważalnie mniejsza (0,146% N) niż w częściach nadziemnych (0,19% N w s. m.) i stanowiła 12,8% całkowitej zawartości N (rys. 4).

Zawartość N-NO<sub>3</sub> w częściach nadziemnych utrzymywała się na poziomie 0,025-0,1% N w s. m. (tab. 1, rys. 1). Nawożenie azotem i fosforem powodowało statystycznie udowodnione przyrosty tej formy azotu; stwierdzenia tego typu nie można odnieść do potasu. Podwójna dawka azotu przyczyniła się do przyrostu N-NO<sub>3</sub> o 56,2, a potrójna aż o 153,1%. Również podwójna i potrójna dawka fosforu powodowała wzrost zawartości azotu azotanowego (V) kolejno o 25 i 45,4%. Przeciętna zawartość tej formy N w częściach nadziemnych utrzymywała się na poziomie 0,054% N w s. m. (a więc była absolutnie nieszkodliwa dla zwierząt) i wynosiła 2,3% całkowitej ilości N (rys. 3).

W korzeniach ilość N-NO<sub>3</sub> wynosiła od 0,019 do 0,02%, przy przeciętnej zawartości 0,01% N w s.m. (tab. 2, rys. 2). Koncentracja w tej części rośliny była ponad czterokrotnie mniejsza niż w częściach nadziemnych. Nawożenie azotem i potasem oraz PK istotnie oddziaływało na zawartość N-NO<sub>3</sub> w korzeniach. Podwójna i potrójna dawka azotu spowodowała przyrost zawartości o 18,2 i 45,4%, a podwójna i potrójna dawka potasu o 27,3 i 36,4%. Udział tej formy wynosił 1,14% całkowitej koncentracji N (rys. 4).

Koter [7] stwierdziła, że nawożenie fosforem (przy dużych dawkach azotu) zwiększało zawartość azotanów (V) w częściach nadziemnych i korzeniach jęczmienia jarego. W tych warunkach intensywne nawożenie potasem obniżało procentową zawartość N-NO<sub>3</sub>, a więc oddziaływało przeciwnie do stwierdzonego w ocenianych korzeniach kupkówki pospolitej.

Pobranie azotu ogółem przez kupkówkę istotnie zależało od nawożenia tym składnikiem, fosfor i potas nie odegrał roli udowodnionej statystycznie (tab. 3). Podobne zależności stwierdziła Stuczyńska [11], analizując oddziaływanie dawek jednorazowych i podzielonych na pokosy na skład mineralny i pobranie azotu przez kupkówkę. W zależności od zastosowanego nawozu i jego dawki, roślina pobrała od 59,8 do 135,5 kg N·ha<sup>-1</sup>. Podwójna dawka azotu przyczyniła się do zwiększenia pobrania tego składnika o 16,2, a potrójna o 19,4% w stosunku do pojedynczej.

Formy azotu ogółem i białkowego charakteryzowały się względną stabilnością w poszczególnych pokosach i latach badań (tab. 3). Azotu amonowego było istotnie mniej w roślinach drugiego zbioru oraz więcej w drugim i trzecim roku. Z kolei N-NO<sub>3</sub> było istotnie więcej w pierwszym pokosie i pierwszym roku badań. Najwięcej azotu pobrały rośliny pierwszego pokosu oraz zebrane w drugim i trzecim roku.

**Tabela 3.** Zawartość różnych form azotu oraz pobranie tego składnika przez kupkówkę pospolitą w zależności od zebranego pokosu i lat doświadczeń

**Table 3.** Content of different forms of nitrogen and uptake of this component by orchard grass dependent on hay cut yield and years of experiments

Wyszczególnienie Specification	Formy azotu Nitrogen forms								Pobranie N, kg ha <sup>-1</sup> Uptake
	N ogółem Total N		N białkowy Protein N		N-NH <sub>4</sub>		N-NO <sub>3</sub>		
	%								
	Ruń Sward	Korzenie Roots	Ruń Sward	Korzenie Roots	Ruń Sward	Korzenie Roots	Ruń Sward	Korzenie Roots	
	Pokosy Cuts								
I	2,43	1,10	1,52	0,89	0,24	0,12	0,072	0,015	115
II	2,20	1,14	1,50	0,91	0,11	0,10	0,047	0,011	89
III	2,46	1,18	1,46	0,91	0,21	0,21	0,045	0,014	97
NIR <sub>0,05</sub> ,LSD <sub>0,05</sub>	0,02	3 x 10 <sup>-6</sup>	0,03	0,005	0,003	0,0025	0,001	0,0003	8,1
	Lata Years								
I	2,44	1,17	1,54	0,91	0,16	0,11	0,067	0,015	86
II	2,30	1,11	1,44	0,89	0,22	0,18	0,042	0,011	115
III	2,35	1,10	1,44	0,90	0,23	0,20	0,043	0,010	112
NIR <sub>0,05</sub> ,LSD <sub>0,05</sub>	0,01	2 x 10 <sup>-6</sup>	0,02	0,003	0,002	0,002	6 x 10 <sup>-4</sup>	0,0002	5,5

**Tabela 4.** Zależność zawartości i pobrania azotu przez kupkówkę pospolitą od występowania w glebie kilku form tego składnika (n = 162)  
**Table 4.** Dependence of content and uptake of nitrogen by orchard grass on the occurrence of several forms of that component in soil (n = 162)

Formy N w glebie Forms of N in soil	Współczynniki korelacji Coefficients of correlation				Współczynniki regresji Coefficients of regression			
	Nog.	Nbiał.	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	Nog.	Nbiał.	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>
	Części nadziemne, aboveground parts							
NNH <sub>4</sub>	0,255	0,380	- 0,184	0,275	0,006	0,004	- 0,0009	0,0008
N-NO <sub>3</sub>	0,369	0,374	*	0,155	0,018	0,009	*	0,0010
Nłh.	*	*	- 0,305	*	*	*	- 0,0010	*
	Korzenie, Roots							
NNH <sub>4</sub>	0,298	0,297	*	0,180	0,003	0,002	*	0,0001
NNO <sub>3</sub>	0,582	0,521	0,155	*	0,013	0,007	0,0005	*
Nłh.	0,392	0,286	*	*	0,004	0,002	*	*
	Pobranie, Uptake							
NNH <sub>4</sub>	*		Nie obliczano Not evaluated		*		Nie obliczano Not evaluated	
NNO <sub>3</sub>	0,155				0,557			
Nłh.	*				*			

\* brak istotnych zależności, no significant dependence.

Wyliczone współczynniki korelacji i regresji wskazują, że koncentracja ocenianych form azotu w częściach nadziemnych kupkówki zależała przede wszystkim od zawartości w glebie N-NH<sub>4</sub> i N-NO<sub>3</sub> (tab. 4). Należy oczekiwać, że w przypadku przyrostu zawartości w glebie tych form azotu zwiększy się w kupkówce ilość N ogółem, białkowego i azotanowego (V). Z wielkości obliczonych współczynników regresji wynika, że wzrost ten będzie jednak niewielki.

Nagromadzenie analizowanych form azotu – głównie ogółem i białkowego oraz w mniejszym stopniu amonowego i azotanowego (V) – w korzeniach zależało istotnie od zawartości w glebie wszystkich trzech oznaczanych form tego pierwiastka. Przyrost ten, jak wskazują współczynniki regresji, będzie niewielki.

Pobranie azotu przez kupkówkę było uzależnione istotnie i dodatkowo od zawartości w glebie N-NO<sub>3</sub>. Należy oczekiwać, że w warunkach przeprowadzonego eksperymentu pobranie azotu wzrośnie o około 0,6 kg N·ha<sup>-1</sup> w stosunku do przeciętnej absorpcji tego składnika, jeżeli ilość N-NO<sub>3</sub> w glebie zwiększy się o 10 mg N·kg<sup>-1</sup>.

#### WNIOSKI

1. Zawartość azotu ogółem w kupkówce pospolitej, w zależności od zastosowanego nawożenia mineralnego, wahała się od 1,76 do 2,84% N w s.m. części nadziemnych oraz od 0,88 do 1,41% N w s.m. korzeni. Spośród czynników doświadczalnych (N, P, K) jedynie nawożenie azotem i fosforem wpływało istotnie na zawartość tej formy azotu, która była ponad dwukrotnie mniejsza w korzeniach niż w częściach nadziemnych.

2. Zawartość azotu białkowego w kupkówce wynosiła 1,15-1,79% N w s.m. (części nadziemne) i 0,72-1,02% N w s.m. (korzenie). Zależała ona istotnie od nawożenia azotem oraz fosforem (tylko liście i łodygi). Zawartość tej formy N w częściach nadziemnych była o 66% większa niż w korzeniach.

3. Zawartość azotu amonowego w kupkówce pospolitej utrzymywała się na poziomie 0,11-0,27% N w s.m. (części nadziemne) i 0,1-0,21% N w s.m. (korzenie). Spośród zastosowanych czynników jedynie nawożenie azotem oddziaływało istotnie na ilość tej formy N. Jej zawartość w częściach nadziemnych była o 27% większa niż w korzeniach.

4. Zawartość azotu azotanowego (V), w zależności od zastosowanego nawożenia mineralnego, utrzymywała się na poziomie 0,03-0,1% N w s.m. (części nadziemne) i 0,09-0,02% N w s.m. (korzenie). W zasadzie jedynie nawożenie azotem (w korzeniach – również potasem) wpływało istotnie na zawartość tej formy N, której ilość była ponad czterokrotnie mniejsza w korzeniach niż w częściach nadziemnych.

5. Zawartość ocenianych form azotu w kupkówce zależała istotnie i dodatnio przede wszystkim od ilości w glebie  $N-NH_4$  i  $N-NO_3$ ; pobranie tego składnika uzależnione było istotnie i dodatnio od zawartości w glebie szczególnie  $N-NO_3$ .

#### PIŚMIENNICTWO

1. **Domska D., Benedycka Z., Krauze A.:** Wpływ intensywnego nawożenia mineralnego na jakość paszy pastwiskowej. Cz. II. Zawartość związków azotowych w runi, pastwiskowej. Mat. Syp.: Wpływ nawożenia na jakość plonów, Olsztyn, 2, 145-150, 1986.
2. **Firek E., Kasperczyk M.:** Wpływ podziału dawek azotu na plonowanie łąki i zawartość azotanów w masie roślinnej. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 210, 275-283, 1978.
3. **Gawęcki J., Mikołajczak Z.:** Wpływ różnych nawozów azotowych i terminów ich stosowania na wysokość plonu roślin łąkowych oraz na zawartość w nich azotu ogólnego i azotanów. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 210, 69-79, 1978.
4. **Gąsior J., Kaniuczak J.:** Wpływ nawożenia mineralnego na plon i zawartość różnych frakcji azotu w sianie łąki górskiej. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 440, 101-108, 1996.
5. **Kasperczyk M.:** Wpływ różnych zestawów dawki NPK na zawartość  $N-NO_3$  i rozpuszczalnych węglowodanów w runi łąk trwałych. Zesz. Nauk. AR Kraków, Roln., 22, 115-124, 1982.
6. **Kopeć M., Mazur K., Filipek-Mazur B.:** Zmiany zawartości  $N-NO_3$  w runi łąkowej w 10-letnim okresie zróżnicowanego nawożenia i wapnowania w doświadczeniu statycznym (Czarny Potok). Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 440, 185-191, 1996.
7. **Koter Z.:** Wpływ fosforu i potasu na gromadzenie azotanów w roślinach jęczmienia. Pam. Puł., 33, 159-176, 1968.
8. **Krzywy E., Wołoszyk C., Nowak W.:** Wpływ zróżnicowanych dawek azotu i potasu na wysokość plonu i zawartość niektórych form azotu w kupkówce pospolitej. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 440, 201-206, 1996.
9. **Stuczyński E.:** Wpływ nawożenia azotem na wysokość i jakość plonu kupkówki (*Dactylis glomerata* L.) uprawianej na paszę. Pam. Puł., 36, 69-116, 1969.
10. **Stuczyńska J.:** Wpływ nawożenia NPK na plonowanie i skład chemiczny kupkówki. Pam. Puł., 58, 155-179, 1973.
11. **Stuczyńska J.:** Zawartość składników mineralnych w kupkówce oraz ich pobranie w zależności od dawek azotu. Pam. Puł., 59, 211-219, 1974.
12. **Stuczyńska J., Jakubowski S.:** Wpływ częstotliwości koszenia na ilość i jakość masy korzeni niektórych traw po dwuletnim użytkowaniu. Biul. IHAR, 140, 3-15, 1980.
13. **Stuczyńska J., Jakubowski S.:** Wyniki badań nad zawartością składników mineralnych w trawach i niektórych innych roślinach pastewnych. Biul. IHAR, 147, 13-23, 1982.
14. **Stuczyński E., Stuczyńska J., Jakubowski S., Jasińska B.:** Plonowanie i skład chemiczny kupkówki w zależności od nawożenia azotem i zaopatrzenia w wodę. Pam. Puł., 44, 119-144, 1971.
15. **Stuczyński E., Stuczyńska J., Jakubowski S.:** Działanie różnych nawozów azotowych na plon i skład chemiczny kupkówki. Pam. Puł., 51, 233-248, 1972.
16. **Stuczyński E., Stuczyńska J., Skałacki S.:** Reakcja kupkówki na różne poziomy nawożenia azotem i wilgotności gleby. Pam. Puł., 39, 103-128, 1970.
17. **Wiater J.:** Wpływ nawożenia NPK na zawartość różnych form azotu w sianie. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 440, 395-401, 1996.

## NITROGEN FORMS IN ORCHARD GRASS FERTILIZED WITH DIVERSIFIED DOSES OF MINERAL FERTILIZERS

*Wiesław Bednarek*

Department of Agricultural and Environmental Chemistry, Agricultural University  
ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin  
e-mail: wieslaw.bednarek@ar.lublin.pl

**Abstract.** The aim of the research was to evaluate the influence of diversified mineral fertilization (N,P,K) on the content of some nitrogen forms (total nitrogen, protein nitrogen, N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub>) in orchard grass (aboveground parts and roots). The study presented has been based on the results of a field experiment which lasted three years and was localized and carried out on Haplic luvisol (acc. to FAO) developed from loess. The field experiment included 27 fertilization objects – against the background of three increasing phosphorus fertilization levels nine nitrogen-phosphorus combinations were applied after random selection. The whole dose of phosphorus and half a dose of potassium were sown before orchard grass sowing and in the second and third year after the third hay harvest cut. Nitrogen was sown in the early spring and after the first and second hay harvest cuts in three equal parts. Fertilization with nitrogen and phosphorus influenced significantly the content of total nitrogen and protein nitrogen in aboveground parts and in roots of orchard grass. The content of N-NH<sub>4</sub> and N-NO<sub>3</sub> depended considerably on nitrogen fertilization (N-NO<sub>3</sub> in roots – also on potassium fertilization). The content of evaluated forms of nitrogen in orchard grass depended significantly and positively mostly on the content of N-NH<sub>4</sub> and N-NO<sub>3</sub> in the soil. Uptake of this component was significantly and positively dependent on the content of N-NO<sub>3</sub> in the soil.

**Keywords:** orchard grass, nitrogen forms, mineral fertilizers