

Produktywność azotu na łące górskiej

M. KASPERCZYK, W. SZEWCZYK, P. KACORZYK

Katedra Łąkarstwa, Akademia Rolnicza im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

Nitrogen productivity in a mountain meadow

Abstract. Nitrogen is the most important factor influencing crop production. This is due to the fact that plant demands for this nutrient are the highest ones, because nitrogen is the main mineral constituent of a cell. However, this nutrient is also the most expensive as fertiliser and it leads to particularly severe environment pollution since it easily volatilises as well as leaches with percolating water. Under Polish conditions nitrogen use efficiency fluctuates around 14%, which is nearly three times lower than in the Western European countries. Thus, the investigation was undertaken to assess nitrogen use efficiency and nitrogen uptake by the mountain-meadow vegetation.

Key words: mountain grassland, nitrogen fertilisation, floristic composition, productivity

1. Wstęp

Azot jest najważniejszym czynnikiem plonotwórczym. Wynika to z faktu, że zapotrzebowanie roślin na azot jest największe spośród składników mineralnych ponieważ jest on ich podstawowym budulcem. Jest on jednak składnikiem nawozowym najdroższym, a zarazem najbardziej zanieczyszczającym środowisko przyrodnicze z racji dużej podatności na ulatnianie i wymywanie przez wody opadowe (BLEKEN i BAKKEN, 1997; MARCINKOWSKI, 2002; MERCIK i wsp., 1995; WESOŁOWSKI i DURKOWSKI, 2004). Według badaczy norweskich (BLEKEN i BAKKEN, 1997) dieta żywnościowa Norwegów zawiera zaledwie około 10% ilości azotu wprowadzonego do jej wytwarzania. Z kolei wg SAPKA i PIETRZAKA (1997) w rolnictwie polskim wykorzystanie azotu nawozowego waha się na poziomie około 14% i jest ono prawie trzykrotnie niższe niż w rolnictwie duńskim. Tak znaczne różnice w wykorzystaniu azotu nawozowego pomiędzy rolnictwem polskim a duńskim skłania do prowadzenia badań nad racjonalizacją stosowania tego nawozu w naszym kraju.

Celem niniejszych badań była ocena produktywności i wykorzystania azotu nawozowego przez górską roślinność łąkową w pierwszym i drugim okresie wegetacji.

2. Materiał i metody

Badania przeprowadzono na łące górskiej (640 m n.p.m.) w latach 2003-2005. Na polu doświadczalnym występowała gleba brunatna o składzie granulometrycznym piasku gliniastego. Gleba ta charakteryzowała się następującymi właściwościami chemicznymi: $\text{pH}_{\text{KCl}} - 5,0$, przyswajalny: $\text{P} = 12,3$, $\text{K} - 123$ i $\text{Mg} - 115 \text{ mg kg}^{-1}$ gleby. Przed rozpoczęciem badań gatunkami przewodnimi w runi łąkowej były kostrzewa czerwona (*Festuca rubra*) i mietlica pospolita (*Agrostis capillaris*). Sumy opadów atmosferycznych w okresach wegetacji (IV-IX) przedstawiały się następująco: 2003 r. – 346 mm, 2004 r. – 586 mm, 2005 r. – 672 mm. W nawożeniu łąki stosowano: 18 kg P jednorazowo wiosną, 66 kg K w dwóch równych częściach – wiosną i pod drugi odrost, a dawki azotu wynoszące 50, 100 i 150 dzielono: pod I i II odrost w proporcji 60 i 40%. Skład botaniczny runi wyceniono metodą szacunkową Klappa w czasie pierwszego odrostu. Corocznie runi koszone 2-krotnie. Do oceny plonowania i zasobności w białko ogólne pobierano losowo z każdego poletka próbki zielonej masy o wadze około 1,5 kg. Zawartość suchej masy oznaczono metodą suszarkową w temperaturze 105°C, a białko ogólne metodą Kjeldahl'a.

3. Wyniki i dyskusja

3.1. Skład botaniczny

Na początku badań w runi łąkowej zasadniczo dominowały dwie trawy: kostrzewa czerwona i mietlica pospolita (tab. 1). Obok nich w ilościach 2-3-krotnie mniejszych występowały jeszcze kostrzewa łąkowa (*Festuca pratensis*), tomka wonna (*Anthoxanthum odoratum*) i śmiałek darniowy (*Deschampsia caespitosa*). W sumie, w plonie runi, trawy stanowiły 65%, koniczyna biała (*Trifolium repens*) 5% i inne dwuliścienne 30%.

Po 3 latach badań, przy 2-krotnym koszeniu łąki, frakcja traw zwiększyła swój udział kosztem dwuliściennych średnio o 10%. Gatunkami, które dodatnio zareagowały na regularne koszenie w runi kontrolnej były: kostrzewa czerwona i grzebienica pospolita (*Cynosurus cristatus*). W ciągu 3 lat pierwsza z nich zwiększyła udział 2-krotnie, a druga z ilości śladowych do 6%. Z kolei gatunkami, które ujemnie zareagowały na koszenie przy braku nawożenia były: śmiałek darniowy i kostrzewa łąkowa. Samo nawożenie fosforowo-potasowe sprzyjało rozwojowi kostrzewy łąkowej i koniczyny białej. Koniczyna biała w ciągu 3 lat zwiększyła swój udział aż 4-krotnie. Dawki azotu zastosowane na tle nawożenia fosforowo-potasowego ograniczyły udział kostrzewy czerwonej, a prawie całkowicie wyeliminowały z runi mietlicę pospolitą, grzebienicę pospolitą i śmiałka darniowego. Kosztem tych traw rozprzestrzeniły się: kostrzewa łąkowa, tymotka łąkowa (*Phleum pratense*) i wiechlina łąkowa (*Poa pratensis*), przy czym ilości kostrzewy łąkowej i tymotki łąkowej zwiększały się do wielkości dawki wynoszącej 100 kg ha⁻¹ N. Natomiast pod wpływem dawki 150 kg ha⁻¹ N rozprzestrzeniły się głównie wiechlina łąkowa i perz właściwy (*Agropyron repens*). Udział tego ostatniego gatunku w tym przypadku osiągnął 1/5 plonu runi.

Tabela 1. Skład botaniczny runi łąkowej w trzecim roku badań (%)
Table 1. Botanical composition of meadow sward in the 3rd year of study (%)

Gatunki – Species	Stan wyjściowy Initial state	Nawożenie – Fertilization				
		0	P ₁₈ K ₅₀	P ₁₈ K ₅₀ N ₅₀	P ₁₈ K ₅₀ N ₁₀₀	P ₁₈ K ₅₀ N ₁₅₀
<i>Festuca rubra</i>	20	40	35	20	8	10
<i>Agrostis capillaris</i>	18	14	8	5	2	+
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	8	7	2	–	–	–
<i>Festuca pratensis</i>	8	3	12	23	29	16
<i>Deschampsia caespitosa</i>	6	3	2	2	+	+
<i>Poa pratensis</i>	2	2	3	6	16	24
<i>Agropyron repens</i>	1	1	1	2	3	20
<i>Cynosurus cristatus</i>	1	6	2	–	–	–
<i>Phleum pratense</i>	–	–	–	10	16	12
<i>Trifolium repens</i>	5	4	18	8	+	–
<i>Plantago lanceolata</i>	6	3	1	1	–	–
<i>Alchemilla pastoralis</i>	5	3	5	7	7	4
<i>Leontodon hispidus</i>	5	3	1	–	–	–
<i>Taraxacum officinale</i>	5	4	3	2	4	3

3.2. Plonowanie

Średnio za 3 lata plonowanie runi kontrolnej wyrażone w suchej masie kształtowało się na poziomie 3,60 t, a w białku ogólnym na poziomie 466 kg ha⁻¹ (tab. 2-3). Samo nawożenie fosforowo-potasowe zwiększyło plony pierwszego składnika o 34% a drugiego o 61%. Zaś dawki azotu 50, 100 i 150 kg ha⁻¹ N, zastosowane na tle PK, zapewniły przyrost plonów suchej masy o 35%, 59% i 70%, a białka ogólnego odpowiednio o 18, 41 i 62%.

Tabela 2. Plony suchej masy (t ha⁻¹)
Table 2. Dry matter yield (t ha⁻¹)

Nawożenie Fertilization	Odrost – Regrowth		2003	2004	2005	Średnia Mean
	I	II				
0	2,48	1,36	3,39	3,78	4,31	3,83
P ₁₈ K ₅₀	3,10	2,06	4,12	4,98	6,30	5,13
P ₁₈ K ₅₀ N ₅₀	4,34	2,59	6,25	7,01	7,53	6,93
P ₁₈ K ₅₀ N ₁₀₀	5,24	2,93	7,60	7,88	9,04	8,17
P ₁₈ K ₅₀ N ₁₅₀	5,59	3,18	7,95	8,20	10,09	8,75
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,51	0,26	0,89	0,63	0,78	0,77

W miarę trwania lat badań plonowanie łąki systematycznie zwiększało się, co było efektem lepszych warunków wilgotnościowych. Jednakże przyrosty plonów spowod-

wane nawożeniem azotowym stopniowo, w miarę lat, malały z racji znaczącego wzrostu plonowania runi nawożonej fosforem i potasem wskutek rozprzestrzeniania się koniuczyny białej. Przykładowo, jeśli w roku pierwszym dawka 50 kg ha⁻¹ N w odniesieniu do samego nawożenia fosforowo-potasowego dała przyrost plonu suchej masy 2,54 t a białka ogólnego 26 kg, zaś dawka 150 kg ha⁻¹ N odpowiednio 4,14 t i 573 kg, to w roku trzecim pod wpływem dawki 50 kg N przyrosty te wynosiły już tylko 1,02 t suchej masy i 17 kg białka, a dawka 150 kg N spowodowała przyrosty odpowiednio 3,08 t i 382 kg ha⁻¹.

Tabela 3. Plony białka ogólnego (kg ha⁻¹)
Table 3. Crude protein yield (kg ha⁻¹)

Nawożenie Fertilization	Odrost – Regrowth		2003	2004	2005	Średnia Mean
	I	II				
0	318	149	422	446	530	466
P ₁₈ K ₅₀	468	285	600	754	902	752
P ₁₈ K ₅₀ N ₅₀	553	338	857	898	919	891
P ₁₈ K ₅₀ N ₁₀₀	647	417	1031	1081	1078	1063
P ₁₈ K ₅₀ N ₁₅₀	740	481	1175	1198	1284	1219

3.3. Efektywność nawożenia

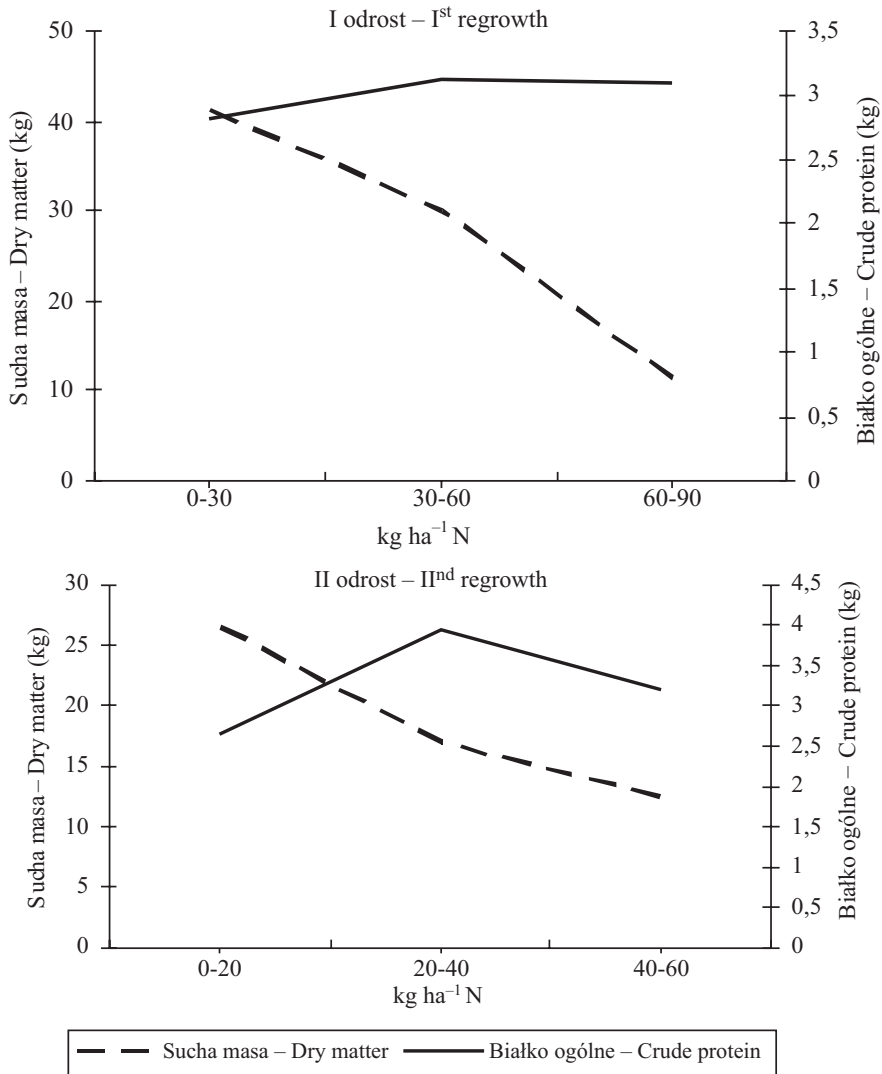
Średnio za 3 lata, a także w obu odrostach produktywność 1 kg N zastosowanego na tle PK wyrażona w przyroście plonu suchej masy w miarę zwiększania dawki tego składnika malała i w większości przypadków w miarę proporcjonalnie (tab. 4).

Średnio za 3 lata pod wpływem dawki 50 kg N przyrost ten wynosił 36,0 kg, przy 100 kg N – 30,4 kg, a pod wpływem 150 kg ha⁻¹ N – 24,1 kg suchej masy. W odrostach pierwszych przyrosty te były o 48-64% większe niż w odrostach drugich.

Tabela 4. Efektywność nawożenia azotowego
Table 4. Effectiveness of nitrogen fertilization

Nawożenie Fertilization	Przyrost plonu – Yield increase (kg kg ⁻¹ N)					
	Sucha masa – Dry matter			Białko ogólne – Crude protein		
	Odrost – Regrowth		Średnia – Mean	Odrost – Regrowth		Średnia – Mean
	I	II		I	II	
N ₅₀	41,3	26,5	36,0	2,83	2,65	2,78
N ₁₀₀	35,6	21,7	30,4	2,98	3,30	3,11
N ₁₅₀	27,6	18,6	24,1	3,02	3,26	3,11

Z kolei wyrażając produktywność azotu w przyroście plonu białka ogólnego nie stwierdzono tak jednokierunkowej zależności jak w przyroście plonu suchej masy. Śred-



Ryc. 1. Produkcyjność azotu w przedziałach poszczególnych jego dawek
 Fig.1. Productivity of nitrogen in its partition of dose

nio za 3 lata najniższy przyrost plonu białka ogólnego na 1 kg N nawozowego wystąpił pod wpływem nawożenia 50 kg ha⁻¹ N. Dawki 100 i 150 kg ha⁻¹ N spowodowały przyrosty podobne i wyższe o 0,3 kg białka. Natomiast w odrostach pierwszych przyrosty plonu białka na 1 kg N zwiększały się wraz ze wzrostem dawki azotu. W odrostach drugich pod wpływem nawożenia najniższą dawką azotu (50 kg) były one mniejsze o 10% niż w odrostach pierwszych, a dawki 100 i 150 kg N spowodowały przyrosty podobne i wyższe niż w pierwszych odrostach średnio o 10%.

Oceniając zaś przyrosty plonów obu składników przypadające na 1 kg N zastosowanego w przedziałach poszczególnych dawek azotu w obu odrostach stwierdzono, że przybierały one inne wartości w odniesieniu do wcześniej przedstawionych w tabeli 4. W przypadku suchej masy były one znacznie niższe, a przy białku ogólnym nieznacznie wyższe (ryc. 1).

W odrostach pierwszych każdy kilogram azotu zastosowany w przedziale od 30 do 60 kg N zapewniał przyrost 30 kg suchej masy i 3,13 kg białka ogólnego, zaś zastosowany w przedziale od 60 do 90 kg odpowiednio 11,6 kg i 3,1 kg. Natomiast w odrostach drugich w przedziałach dawek azotu 20-40 kg oraz 40-60 kg ha⁻¹ N przyrosty plonów wynosiły odpowiednio 17,0 i 12,5 kg suchej masy oraz 3,95 i 3,20 kg białka ogólnego.

Z uzyskanych wyników na uwagę zasługują znaczne różnice w produktywności azotu pomiędzy obu odrostami runi łąkowej i stosowanymi dawkami tego składnika. Przyrosty plonu suchej masy przypadające na 1 kg N nawozowego w odniesieniu do nawożenia fosforowo-potasowego średnio za 3 lata były stosunkowo wysokie. Nawet przyrosty uzyskane pod wpływem nawożenia dawką 150 kg ha⁻¹ N wskazują na znaczną opłacalność tego nawożenia. Niższe natomiast wartości przybierały te wskaźniki w drugich odrostach roślinności, a jeszcze gorzej kształtowały się one przy analizie w przedziałach poszczególnych dawek azotu. W odrostach drugich przyrosty suchej masy na 1 kg N były średnio o 1/3 niższe niż w odrostach pierwszych. Dodatkowo przyrosty te po przekroczeniu dawki 60 kg ha⁻¹ N w odrostach pierwszych i 40 kg ha⁻¹ N w drugich gwałtownie się obniżały – poniżej granicy opłacalności. Granica ta według obliczeń autorów waha się wokół 14 kg suchej masy w przeliczeniu na 1 kg ha⁻¹ N. Na ogół panuje przekonanie, że w miarę zwiększania dawek azotu nawozowego przyrosty plonu suchej masy na 1 kg N maleją, a przyrosty plonu białka ogólnego się zwiększają. W niniejszych badaniach zależność taka występowała do poziomu nawożenia 100 kg ha⁻¹ N. Natomiast dawka 150 kg ha⁻¹ N powodowała, że wraz z obniżką przyrostu plonu suchej masy zmniejszały się również przyrosty plonu białka i było to najbardziej widoczne w odrostach drugich. Tę ostatnią zależność należy łączyć ze znaczną obniżką wykorzystania azotu stosowanego w przedziale pomiędzy 100 a 150 kg ha⁻¹ N. Zjawisko to sugeruje, że przy wyższych dawkach azotu pobieranie tego składnika przez roślinność łąkową było limitowane przyrostem plonu suchej masy.

Obliczone w tych badaniach wykorzystanie azotu nawozowego, na poziomie 43-55% jest zaniżone z racji nieuwzględnienia w obiekcie PK ilości azotu dostarczonego przez koniczynę białą. Niemniej jednak daje się zauważyć, że nawożenie to znacznie obciąża środowisko przyrodnicze. Według FOTYMY (2006), w rolnictwie polskim nadwyżka bilansowa azotu kształtuje się średnio na poziomie 35 kg N na 1 ha użytków rolnych. Z kolei SAPEK i PIETRZAK (1997) donoszą, że nadwyżka ta jest wyższa i wynosi około 74 kg N na hektar. Zarówno w pierwszym jak i drugim przypadku wartości te można uznać za bezpieczne, gdyż zdaniem PIETRZAKA (2002) potencjalne zagrożenie dla środowiska stanowi nadmiar azotu przekraczający 100 kg ha⁻¹ N. Autor ten jednak w swym stwierdzeniu nie uwzględnia rodzaju gleby, od którego głównie zależy bezpieczna ilość zatrzymanego azotu.

4. Wnioski

- Wiosenne nawożenie azotem w porównaniu z zastosowaniem go po pierwszym koszeniu charakteryzuje się wyższą produktywnością wyrażoną w suchej masie średnio o 50%.
- Uzasadnionymi dawkami azotu do nawożenia łąk górskich są ilości do 60 kg ha⁻¹ N pod pierwszy odrost i do 40 kg N pod drugi. Po przekroczeniu tych ilości produktywność 1 kg azotu wyrażona w przyroście plonu suchej masy gwałtownie się obniża (2-3 krotnie), oraz pojawia się degradacja składu botanicznego runi łąkowej w związku z rozprzestrzenieniem się perzu właściwego.
- Przy stosunkowo wysokim nawożeniu azotowym (150 kg ha⁻¹ N) pomiędzy przyrostami plonów suchej masy i białka ogólnego występuje dodatnia zależność, tzn. małe przyrosty plonu suchej masy ograniczają akumulację azotu w roślinach.

Literatura

- BLEKEN M.A., BAKKEN L.R., 1997. The nitrogen cost of food production: Norwegian society. *Ambio*, 26, 134-142.
- FOTYMA M., 2006. Środowiskowe i produkcyjne skutki stosowania nawozów w rolnictwie. *Fragmenta Agronomica*, 2, 185-205.
- MARCINKOWSKI T., 2002. Identyfikacja strat azotu w towarowych gospodarstwach rolnych Żuław Wiślanych. *Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie. Rozprawy naukowe i monografie*, nr 1.
- MERCIK S., MOSKAL S., STĘPIEŃ W., 1995. Emisja do atmosfery podtlenku azotu (N₂O) z użytków rolnych w Polsce w aspekcie efektu cieplarnianego. *Roczniki Gleboznawcze*, XLVI, 135-148.
- PIETRZAK S., 2000. Ocena potencjalnych strat azotu na podstawie bilansu w gospodarstwach rolnych o zróżnicowanym udziale użytków zielonych. *Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie, Rozprawy naukowe i monografie*, nr 2.
- SAPEK A., PIETRZAK S., 1997. Bilans azotu w rolnictwie polskim – prognoza rozproszenia azotu do środowiska. W: *Nadmiar azotu w rolnictwie czynnikiem zagrożenia zdrowia człowieka. Materiały Konferencyjne*, Falenty, 88-96.
- WESOŁOWSKI P., DURKOWSKI T., 2004. Stężenie składników mineralnych w wodach gruntowych na łąkach torfowych nawożonych gnojowicą i obornikiem. *Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie*, 4, 1 (10), 139-147.

Nitrogen productivity in a mountain meadow

M. KASPERCZYK, W. SZEWCZYK, P. KACORZYK

Department of Grassland Sciences, Agricultural University of Cracow

Summary

This research was conducted over mountain grassland area (640 m a.s.l.) of red fescue and common bent-grass type, in 2003-2005. Experimental soil was brown, classified by mechanical analysis as sandy loam. The study aimed to find out the effects of three different nitrogen dosages (50, 100, or 150 kg ha⁻¹ N) on floristic composition of the meadow, yields of dry matter and crude protein as well as on the production effect of each kg N used per hectare after each of two mowings. It occurred that the most reasonable nitrogen doses in mountain meadow fertilization are: up to 60 kg ha⁻¹ N after the first mowing and up to 40 kg ha⁻¹ N after the second one. Higher amounts of nitrogen lead to dramatic (two- or three-fold) reduction in its productivity expressed as the gains of dry matter yield, and to degradation in floristic composition due to the expansion of couch grass. In comparison with late-summer fertilization, mineral nitrogen applied at spring showed 50% higher productivity as far as dry matter gain is concerned.

Recenzent – Reviewer: *Zofia Benedycka*

Adres do korespondencji – Address for correspondence:
Prof. dr hab. Mirosław Kasperczyk
Katedra Łąkarstwa, Akademia Rolnicza w Krakowie
al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków
tel.: (012) 662-43-63
e-mail: rkl@ar.krakow.pl