

ZAWARTOŚĆ AZOTU (N-NO₃) W WODZIE LIZYMETRYCZNEJ W ZALEŻNOŚCI OD OKRYWY ROŚLINNEJ GLEBY

Mateusz Kaczmarski¹, Mirosław Kasperczyk²

¹ Instytut Rolnictwa, Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa im. Jana Grodka w Sanoku, ul. A. Mickiewicza 21, 38-500 Sanok, e-mail: kaczmarski176@gmail.com

² Zakład Łąkarstwa, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Al. A. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków, e-mail: rkl@ar.krakow.pl

STRESZCZENIE

Celem badań była ocena wpływu okrywy roślinnej gleby na ilość przemieszczającej się wody przez profil gleby oraz stężenia i wielkość ładunku N-NO₃ wyniesionego z tą wodą z gleby. Okrywę gleby w lizymetrach stanowiły: kupkówka pospolita (*Dactylis glomerata* L.) – nienawożona (obiekt kontrolny); kupkówka pospolita (*Dactylis glomerata* L.) i życica trwała (*Lolium perenne* L.) – nawożone dawkami 20 kg P, 50 kg K i 120 kg N·ha⁻¹ oraz koniczyna łąkowa (*Trifolium pratense* L.) – nawożona 20 kg P i 50 kg K·ha⁻¹. Badania przeprowadzono w latach 2009–2011 w miejscowości Nowosielce, woj. podkarpackie. W okresie wegetacyjnym wyróżniono 2 podokresy: pierwszy obejmował czas wzrostu roślin w pierwszym odroście, a drugi w drugim odroście. W całym okresie badawczym najwięcej wody przemieściło się przez profil gleby w obiekcie kontrolnym, zaś najmniej w obiekcie z koniczyną łąkową. Największe stężenie N-NO₃ stwierdzono w wodzie przesiąkowej w obiekcie z koniczyną łąkową. Z tego obiektu został również wyniesiony największy ładunek N-NO₃. Był on 2-krotnie większy od ładunku wyniesionego w obiekcie kontrolnym, 20% większy niż w obiekcie z życicą trwałą i 8% większy niż w obiekcie z kupkówką pospolitą.

Słowa kluczowe: lizymetry, okrywa roślinna gleby, woda odciekowa, stężenie i ładunek N-NO₃

CONTENT OF NITROGEN (NO₃-N) IN LEACHATE WATER DEPENDING ON PLANT COVERAGE OF THE SOIL

ABSTRACT

The aim of the study was to evaluate the impact of plant coverage of the soil on the amount of water moving through the soil profile and the concentration of N-NO₃, as well as the volume of load components taken out from the soil. The lysimeters were cover by the following plants: cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) – non-fertilized, cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) and perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) – fertilized with doses 20 kg P, 50 kg K i 120 kg N·ha⁻¹, and red clover (*Trifolium pratense* L.) - fertilized by 20 kg P and 50 kg K·ha⁻¹. The study was conducted in 2009–2011 in Nowosielce, Podkarpackie province. Two sub-periods were distinguished in the vegetation season. The first period included growth of plants in the first regrowth, and the second in the second one. During the experimental period the

biggest amount of water moved through the soil profile in the control object, and the least in the object with the red clover. The greatest concentration of $\text{NO}_3\text{-N}$ was found in water seepage in the object with red clover. The largest load of $\text{NO}_3\text{-N}$ was stated in this object as well. It was two times bigger than the load in the control object, by 20% bigger than in the object with perennial ryegrass and by 8% bigger than in the object with fertilized cocksfoot.

Keywords: lysimeters, leachate water, concentration and load of $\text{NO}_3\text{-N}$.

WSTĘP

Azot jest najbardziej plonotwórczym składnikiem spośród podstawowych składników nawozowych wykorzystywanych w rolnictwie. Jego rola plonotwórcza wynika z dwóch faktów. Ma on znaczący udział w składzie chemicznym suchej masy roślin, ponadto w największym stopniu wpływa na rozbudowę masy nadziemnej – aparatu fotosyntetycznego. Oprócz tej pozytywnej strony jego ujemną stroną jest duża podatność na różnego rodzaju straty [Isermann 1991, Svensson 1994, Mazur i in. 1996, Bleken, Bakken 1997, Pietrzak 2002, Pietrzak i in. 2006, Kasperczyk i in. 2010]. Z badań norweskich [Bleken, Bakken 1997] wynika, że w produktach gospodarstw rolnych odzyskuje się zaledwie 12,4% ilości azotu wprowadzonego do rolnictwa. Wykorzystanie tego składnika w rolnictwie w naszym kraju również jest małe. Pietrzak [2002] za Fotymą podaje, że na 1 jednostkę zbożową plonu w Polsce zużywa się średnio 2,81 kg N, zaś w krajach dawnej UE wskaźnik ten wynosi 1,96 kg N. Dlatego zarówno z powodu jego ważnej roli w żywieniu roślin oraz znacznej podatności na rozpraszanie w środowisku poświęca się mu wiele uwagi w pracach badawczych [Isermann 1991, Svensson 1994, Mazur i in. 1996, Sapek 2010]. W badaniach tych dąży się do udoskonalenia zasad stosowania azotu zwiększających jego wykorzystanie w rolnictwie, co ograniczy migrację tego składnika do środowiska przyrodniczego. Jedną z dróg jego strat jest podatność na wymywanie z gleby. Procesowi temu podlega głównie azot obecny w glebie w formie azotanów(V). Z niektórych badań wynika, że o ilości wody przemieszczającej się przez profil, a tym samym o ilości składników wyniesionych z gleby, decyduje rodzaj okrywy roślinnej [Kasperczyk, Kacorzyc 2008, Baran i in. 2011]. Fakt ten skłonił autorów do podjęcia badań nad wpływem rodzaju okrywy roślinnej gleby na zawartość N-NO_3 w wodzie przesiąkowej oraz jego ilość wyniesioną z gleby.

MATERIAŁY I METODY BADAŃ

Badania przeprowadzono w latach 2009–2011 w doświadczeniu polowym zlokalizowanym na terenie Zespołu Szkół Rolniczych w Nowosielcach (woj. podkarpackie). Gleba, na której założone zostało doświadczenie, to mada o odczynie zasadowym ($\text{pH}_{\text{KCl}} = 7,10$), zawierająca 3,15% próchnicy oraz 0,20% N. Na polu doświadczalnym

zostały zamontowane lizymetry o powierzchni 0,5 m², które wkopano jesienią 2008 roku na głębokość 70 cm w ilości 12 sztuk. Wiosną 2009 roku na powierzchniach lizymetrów wysiano 3 gatunki roślin stanowiących okrywą gleby. W badaniach były uwzględnione 4 obiekty (w trzech powtórzeniach). Były nimi: kupkówka pospolita (*Dactylis glomerata* L.) nienawożona – stanowiąca obiekt kontrolny, kupkówka pospolita (*Dactylis glomerata* L.) i życica trwała (*Lolium perenne* L.) nawożone NPK w dawkach 20 kg P, 50 kg K i 120 kg N·ha⁻¹ oraz koniczyna łąkowa (*Trifolium pratense* L.) nawożona 20 kg P i 50 kg K·ha⁻¹.

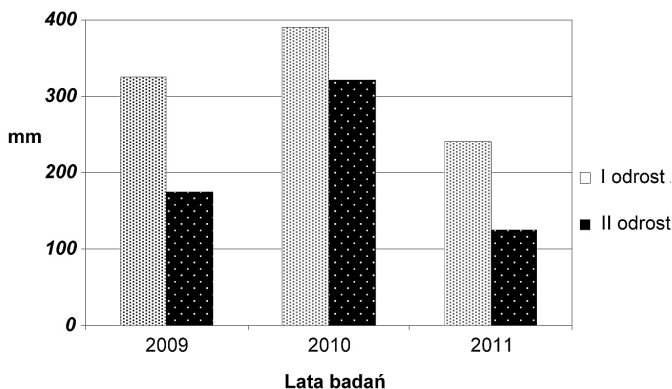
Nawożenie roślin fosforem i potasem zastosowano wiosną, odpowiednio w postaci 40% superfosfatu i 60% soli potasowej. Natomiast azot stosowano w ilości 120 kg N·ha⁻¹, w dwóch terminach w proporcji 60% pod pierwszy i 40% pod drugi odrost. W ciągu okresu wegetacyjnego rośliny z powierzchni lizymetrów koszone 2-krotnie: w połowie czerwca i w ostatnich dniach sierpnia. W okresie wegetacji wyróżniono dwa cykle badawcze: pierwszy przypadał na czas wzrostu roślin w pierwszym odroście, a drugi na drugi odrost.

Ilość wody przesiąkowej oceniono każdorazowo po jej pojawieniu się w odbieralnikach (dm³). Z tej ilości pobierano próbki wielkości 0,1 dm³ do analizy chemicznej. Próbki te łączono z 3 powtórzeń tworząc próbę zbiorczą dla każdego okresu. Zawartość azotanów oznaczono z użyciem fotometru LF-205. Wielkość wyniesionego ładunku N-NO₃ obliczono mnożąc zawartość przez ilość wody odciekowej.

WYNIKI BADAŃ I Dyskusja

Suma opadów i ilość wody odciekowej

Sumy opadów atmosferycznych w kolejnych odrostach runi w latach 2009–2011 różniły się w poszczególnych latach oraz cyklach badawczych (rys. 1).



Rys. 1. Sumy opadów atmosferycznych w kolejnych odrostach runi w latach 2009–2011
Fig. 1. Total rainfall in subsequent sward regrowth in 2009–2011

Największą sumą opadów atmosferycznych zanotowano w 2010 roku (rys. 1), w którym suma ta była 2-krotnie większa niż w 2011 roku i o 30% większa w porównaniu z rokiem 2009. W okresie wzrostu roślin I odrostu ilość opadów była zawsze większa w porównaniu z drugim odrostem. Również ilości wody przesiąkowej były zróżnicowane (tab. 1). Szczególnie małe ilości tej wody stwierdzono w czasie wzrostu roślin drugiego odrostu w 2009 roku oraz w całym okresie wegetacyjnym 2011 roku. W pierwszym wymienionym okresie współczynniki odpływu wody z profilu glebowego (stosunek ilości wody przesiąkowej do sumy opadów atmosferycznych) wynosiły od 1 do 2,2%, zaś w drugim wynosiły średnio 5–10%. Natomiast w 2010 roku współczynniki te mieściły się w granicach od 14% w obiekcie z koniczyną łąkową do 23% w obiekcie kontrolnym. W sumie za cały okres badawczy najwięcej wody przemieściło się przez profil glebowy w obiekcie kontrolnym – około $280 \text{ dm}^3 \cdot \text{m}^{-2}$, natomiast najmniej (o 30% mniej) w obiekcie z koniczyną łąkową.

Tabela 1. Ilość wody odciekowej z profilu glebowego [mm]

Table 1. The amount of water effluent from the soil profile [mm]

Obiekt	Lata					
	2009		2010		2011	
	Odrost					
	I	II	I	II	I	II
Kupkówka pospolita nienawożona (Kontrola)	82,5	7,2	68,8	95,0	9,65	17,2
Kupkówka pospolita + $\text{P}_{20}\text{K}_{50}\text{N}_{120}$	97,5	2,5	44,1	75,1	22,4	13,2
Życica trwała + $\text{P}_{20}\text{K}_{50}\text{N}_{120}$	72,5	5,0	43,0	77,7	11,17	10,3
Koniczyna łąkowa + $\text{P}_{20}\text{K}_{50}$	72,5	4,0	33,3	62,8	9,21	9,6
$\text{NIR}_{\alpha=0,05}$	10,2	n.i.	10,3	16,0	n.i.	n.i.

Objaśnienie: n.i. – różnica nieistotna

Explanation: n.i. - not significant difference

Stężenie N-NO_3

Największe stężenia N-NO_3 w wodzie przesiąkowej obserwowano w pierwszym roku badań (tab. 2). Wynosiły one od $2,67 \text{ mg N-NO}_3 \cdot \text{dm}^{-3}$ w obiekcie kontrolnym do $3,67 \text{ mg N-NO}_3 \cdot \text{dm}^{-3}$ w obiekcie z kupkówką pospolitą. W drugim i trzecim roku badań stężenia tego składnika w odniesieniu do roku pierwszego były 2–3-krotnie mniejsze. Analizując stężenia tego składnika w wodzie poszczególnych obiektów stwierdzono, że począwszy od drugiego odrostu w 2009 roku woda z obiektu z koniczyną łąkową charakteryzowała się największymi stężeniami N-NO_3 . Zawierała ona 2,5–3-krotnie więcej N-NO_3 w porównaniu z wodą pochodzącą z obiektów z trawami nawożonymi. Natomiast w odniesieniu do wody z obiektu kontrolnego różnica stężenia tego składnika była prawie 10-krotna.

Tabela 2. Stężenie N-NO₃ w wodzie przesiąkowej [mg·dm⁻³]**Table 2.** NO₃-N concentration in the water seepage [mg·dm⁻³]

Obiekt	Lata								
	2009			2010			2011		
	Odrost								
	I	II	x _w	I	II	x _w	I	II	x _w
Kupkówka pospolita nienawożona (Kontrola)	2,69	2,30	2,67	0,26	0,44	0,37	0,49	0,48	0,48
Kupkówka pospolita + P ₂₀ K ₅₀ N ₁₂₀	3,70	2,30	3,67	0,86	1,56	1,30	1,20	1,06	1,15
Życica trwała + P ₂₀ K ₅₀ N ₁₂₀	3,54	2,00	3,44	0,86	2,09	1,65	1,24	1,46	1,35
Koniczyna łąkowa + P ₂₀ K ₅₀	2,92	4,00	2,98	2,39	3,70	3,25	3,40	3,84	3,62

Objaśnienie: x_w – średnia ważona.

Explanation: x_w – weighted mean.

Ładunek N-NO₃

Wielkość ładunku N-NO₃ wyniesionego z gleby z wodą odciekową jest iloczynem ilości wody przemieszczonej przez profil gleby i stężenia w niej tego składnika (tab. 3).

Tabela 3. Ilości wynoszonego N-NO₃ z gleby z wodą odciekową [kg·ha⁻¹]**Table 3.** Concentration of N-NO₃ lost from the soil with water drip [kg·ha⁻¹]

Obiekt	Lata									Σ 2009– 2011
	2009			2010			2011			
	Odrost									
	I	II	Σ _{I+II}	I	II	Σ _{I+II}	I	II	Σ _{I+II}	
Kupkówka pospolita nienawożona (Kontrola)	2,22	0,17	2,39	0,18	0,42	0,60	0,05	0,08	0,13	3,12
Kupkówka pospolita + P ₂₀ K ₅₀ N ₁₂₀	3,61	0,06	3,67	0,38	1,17	1,55	0,27	0,14	0,41	5,63
Życica trwała + P ₂₀ K ₅₀ N ₁₂₀	2,57	0,10	2,67	0,37	1,62	1,99	0,14	0,15	0,29	4,95
Koniczyna łąkowa + P ₂₀ K ₅₀	2,12	0,16	2,28	0,80	2,32	3,12	0,31	0,37	0,68	6,08
NIR α=0,05	n.i.	n.i.	0,39	n.i.	0,22	0,32	n.i.	n.i.	0,16	0,77

Objaśnienie: n.i. – różnica nieistotna

Explanation: n.i. – not significant difference

Największy ładunek N-NO₃ wyniesiony w wodzie przesiąkowej stwierdzono w pierwszym roku badań, zwłaszcza w okresie wzrostu roślin w pierwszym odrósie. W kolejnych latach jego wielkość malała. W ostatnim roku badań, stosunkowo suchym, w którym ilości wody przesiąkowej były bardzo małe, wielkość tego ładunku była 9-krotnie mniejsza w obiektach trawiastych nawożonych a w obiekcie kontrolnym aż 18-krotnie mniejsza,

w odniesieniu do ładunku stwierdzonego w pierwszym roku badań. Z kolei w obiekcie z koniczyną łąkową różnica ta była 3,5-krotna.

W sumie w okresie trzech lat wielkość ładunku N-NO₃ wyniesionego z gleby wahała się od 3,12 kg·ha⁻¹ w obiekcie kontrolnym do 6,08 kg·ha⁻¹ w obiekcie z koniczyną łąkową. Ładunki N-NO₃ wyniesione z obiektu z kupkówką pospolitą i życicą trwałą były odpowiednio o 10% i 20% mniejsze od stwierdzonych w obiekcie z koniczyną łąkową.

Ilość wody przemieszczonej przez profil glebowy zależała głównie od sumy opadów atmosferycznych, ale w znaczącym stopniu także od okrywy roślinnej gleby. W 2010 roku, kiedy suma opadów atmosferycznych była największa (710 mm), współczynniki odpływu wody mieściły się w granicach 14–23%, zaś w 2011 roku, z najmniejszą sumą opadów, współczynniki te wynosiły odpowiednio 5–10%. Zależność ta znajduje również odzwierciedlenie w innych badaniach [Jaguś, Twardy 2004, Kasperczyk, Kacorzyk 2008, Kasperczyk i in. 2010].

Stwierdzona największa ilość wody odciekowej w obiekcie kontrolnym wynikała z małego zużycia wody przez rośliny na przyrost plonu oraz małej zdolności retencyjnej darni. Obiekt ten był pokryty przez kupkówkę pospolitą, która tworzy rzadką darń słabo zatrzymującą wodę. Z tym faktem należy łączyć również większy odpływ wody i z nią większy ładunek N-NO₃ z obiektu z tą trawą w odniesieniu do życicy trwałej w warunkach nawożenia. Życicę trwałą uważa się za trawę tworzącą bardzo gęstą darń. Stosunkowo mały odpływ wody z obiektu z koniczyną łąkową należy tłumaczyć tworzeniem przez tę roślinę dużej masy nadziemnej, zatrzymującej na swej powierzchni znaczne ilości wody, oraz dużym jej zużyciem na przyrost plonu. O wpływie rodzaju okrywy roślinnej na ilość wody odciekowej wskazują wyniki innych badaczy [Jaguś, Twardy 2004, Kasperczyk, Kacorzyk 2008, Baran i in. 2011].

W badaniach Jagusia i Twardego [2004] przy braku okrywy roślinnej gleby ilość wody przemieszczającej się przez profil gleby była aż 2-krotnie większa w porównaniu z glebą, która była pokryta roślinnością trawiastą. Duży ładunek N-NO₃ wyniesiony z wodą z gleby obiektu z koniczyną łąkową był wynikiem dużej podaży azotu w glebie z racji wiązania go przez bakterie symbiotyczne z atmosfery. Z badań Ludgarda i Steele [1992] wynika, że obecność koniczyny białej w runi pastwiskowej w warunkach klimatu umiarkowanego dostarcza do gleby od 50 do 295 kg N·ha⁻¹·rok⁻¹. Ponadto Verbrugen i in. [1994] donoszą, że ilości azotu znajdujące się w wodach przemieszczających się przez profil glebowy są znacznie mniejsze niż rzeczywiście wymyte z użytków rolnych. Ich zdaniem większość przemian azotu w środowisku glebowo-wodnym zachodzi niemal jednocześnie i często produkty jednych są substratem dla drugich.

WNIOSKI

1. Koniczyna łąkowa była okrywą gleby zatrzymującą największe ilości wody opadowej. Natomiast najmniejszą zdolnością retencyjną charakteryzowała się ruń obiektu kontrolnego (kupkówka pospolita nienawożona).
2. Najmniejsze stężenia N-NO₃ zanotowano w wodzie odciekowej z obiektu kontrolnego, a największe w wodzie przesiąkowej z obiektu z koniczyną łąkową, 2,5-krotnie większe niż z obiektu kontrolnego. Woda odciekowej z obiektów z okrywą trawiastą nawożoną zawierała podobne ilości N-NO₃, lecz średnio o 1/3 mniej niż wody lizymetryczne z obiektu z koniczyną łąkową.
3. W sumie w trzech okresach wegetacji największy ładunek N-NO₃ z wodą przesiąkową został odprowadzony z gleby obiektu z koniczyną łąkową. Wielkości ładunku wyniesionego z obiektów nawożonych z kupkówką pospolitą i życicą trwałą były mniejsze odpowiednio o 10% i 20% w porównaniu z wyniesionym z obiektu z koniczyną łąkową.

PIŚMIENNICTWO

1. Baran A., Kacorzyk P., Jasiewicz Cz., Kasperczyk M. 2011. Wymywanie pierwiastków śladowych z gleby w zależności od rodzaju nawożenia łąki górskiej. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, 11, z. 1(33): 11-20.
2. Bleken M.A., Bakken L.R. 1997. The nitrogen cost of food production: Norwegian society. *Ambio*, 26(3): 134-142.
3. Isermann K. 1991. Nitrogen and phosphorus balances in agriculture - A comparison of several Western European countries. *Int. Conf. of nitrogen, phosphorus and organic matter*, May 13-15, 1991, Helsingor-Denmark, p. 1-20.
4. Jaguś A., Twardy S. 2004. Wpływ częstości koszenia łąki górskiej na plon i skład chemiczny wód odciekowych (w warunkach badań lizymetrycznych). Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, 4, z. 1(10): 125-137.
5. Kasperczyk M., Szewczyk W., Kacorzyk P. 2010. Wpływ rodzaju nawożenia na ilość i skład chemiczny wód przesiąkowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 547: 177-184.
6. Kasperczyk M., Kacorzyk P. 2008. Wpływ rodzaju nawożenia na wartość gospodarczą łąki górskiej. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, 8, z. 1(22): 143-150.
7. Ledgard S.F., Steele K.W. 1992. Biological nitrogen fixation in mixed legume/grass pastures. *Plant Soil*, 141(1-2): 137-153.
8. Mazur T., Wojtas A., Mazur Z. 1996. Wpływ nawożenia na zawartość jonu amonowego i azotanowego w roztworze glebowym. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 440: 258-261.
9. Pietrzak S. 2002. Ocena potencjalnych strat azotu na podstawie bilansu w gospodarstwach rolniczych o zróżnicowanym udziale użytków zielonych. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, *Rozprawy naukowe i monografie*, z. 2: 58 ss.
10. Pietrzak S., Urbaniak M., Sapek B. 2006. Ocena zmian stężenia mineralnych form azotu w roztworach glebowych i ich wymywania. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, 6, z. specj. (17): 51-63.

11. Sapek A. 2010. Rolnictwo Polski i ochrona jakości wody, zwłaszcza wody Bałtyku. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 10, z. 1(29): 175-200.
12. Svensson L. 1994. A new method of ammonia losses from land-spread manure. Uppsala: Swedish Inst. of Agricul. EGINEERING, 12 ss.
13. Verbrugen J., Carlier L., Bockstaele E. 1994. Surplus of nutrients on dairy farms in Belgium. *Grassland and Society, Proc. 15th Gen. Meet. EGF*, 463-465.