

## SKUTKI AZOTOWEJ EUTROFIZACJI GLEB

*Zbigniew Mazur, Teofil Mazur*

Katedra Chemii Środowiska, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski  
Pl. Łódzki 4, 10-718 Olsztyn  
e-mail: zbigniew.mazur@uwm.edu.pl

**Streszczenie.** W pracy omówiono eutrofizację gleb azotem pochodzącym z nawozów mineralnych i organicznych. Określono jego wykorzystanie przez rośliny w pierwszym i drugim roku po zastosowaniu nawozów. Na przykładzie ziemniaka wykazano, że duże dawki azotu ujemnie działają na cechy jakościowe bulw. Duża akumulacja N-mineralnego w glebie prowadzi do jego strat na skutek wymycia. Wymycie N-NO<sub>3</sub> z gleb nawożonych przez 25 lat było nieco większe po zastosowaniu nawozów organicznych niż mineralnych.

**Słowa kluczowe:** azot mineralny, gleba, roślina, wymycie

### WSTĘP

W ostatnich latach szczególną uwagę poświęca się racjonalnej gospodarce składnikami pokarmowymi roślin uprawnych. Wynika to z potrzeby pozyskiwania plonów o niepodważalnej wartości użytkowej oraz ochrony środowiska. Spośród makroskładników nawozowych azot najbardziej modyfikuje skład chemiczny roślin i oddziałuje na zanieczyszczenie środowiska [1,6,7,9,10]. To niekorzystne oddziaływanie azotu zachodzi głównie po przekroczeniu optymalnych jego dawek tak nawozów mineralnych jak też nawozów organicznych. Następuje wówczas duża akumulacja w glebie mineralnych form, dochodzi więc do azotowej eutrofizacji siedliska. Te zagadnienia są treścią niniejszego opracowania.

### ZAŁOŻENIA METODYCZNE

Drogę naszych rozważań wyprzedzimy zdefiniowaniem azotowej eutrofizacji siedliska. Gleba eutroficzna charakteryzuje się dużą i obfitą ilością składników odżywczych roślin, a w naszym opracowaniu dotyczy to azotu mineralnego. W glebach

azot występuje głównie w związkach organicznych, a tylko nieznaczna jego część w formach  $\text{N-NH}_4^+$  i  $\text{N-NO}_3^-$ . Zawartość form mineralnych w glebie wzrasta w wyniku stosowania nawozów mineralnych i organicznych. Wysokie dawki nawozów mineralnych jak i organicznych mogą ujemnie wpływać na gleby, wody i rośliny, a poprzez nie na zwierzęta i ludzi [2].

W związku z koniecznością zachowania określonej objętości pracy zamieszczono tylko wybrane zagadnienia skutków azotowej eutrofizacji gleb. Wykorzystano głównie wyniki badań własnych oraz niektórych innych autorów. Poruszając problematykę odniesiono do nawożenia zdając sobie sprawę, że na zawartość N-mineralnego w glebach mają wpływ także inne czynniki jak np. użytkowanie gleby, jej wilgotność, temperatura itp.

#### WYNIKI I DYSKUSJA

Z nawozami sztucznymi do gleby wprowadza się mineralne formy azotu, jedynie organiczne z mocznikiem, z którego po hydrolizie powstaje  $\text{N-NH}_4^+$ . Inne znaczenie mają nawozy organiczne, z których uwalnianie N-min. następuje w czasie 1-3 lat, w zależności od kategorii agronomicznej gleby. Istnieją zatem różnice w wykorzystaniu azotu przez rośliny w pierwszym i dalszych latach po ich zastosowaniu (tab. 1).

Mniejsze wykorzystanie azotu przez rośliny uprawne z nawozów organicznych niż mineralnych nie oznacza większych jego strat. Nawozy organiczne są bowiem podstawowym źródłem próchnicotwórczym a więc znaczna ilość azotu jest spożytkowana do biosyntezy związków humusowych [4].

Oprócz nawozów mineralnych i organicznych znaczącym źródłem azotu są rośliny motylkowate uprawiane na zielony nawóz bądź na nasiona lub paszę (tab. 2). Ilość azotu wprowadzanego do gleby z całą masą roślin motylkowatych uprawianych w plonie głównym wynosi 180-210  $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ , a międzyplonach 95-120  $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Po przyoraniu tylko resztek pozbiorowych gleba zostaje wzbogacona o 45-60  $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  [5]. Resztki rozbiorowe koniczyny czerwonej wzbogacają glebę o 124  $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ , a lucerny mieszańcowej o 172  $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  [1,5]. W wyniku rozkładu wymienionych nawozów zielonych lub ich resztek pozbiorowych w glebie wzrasta zawartość N-min. Jego losy są zbliżone do  $\text{N-NH}_4$  i  $\text{N-NO}_3$  uwalnianych z nawozów organicznych.

Doświadczalnie udowodniono, że na skutek rozkładu substancji organicznej w glebie płowej na uwolniony N-min przypada 60%  $\text{N-NH}_4$  i 40%  $\text{N-NO}_3$  [8]. W gospodarstwach o dużej obsadzie zwierząt gospodarskich produkcja nawozów naturalnych sprawia duże kłopoty w ich racjonalnym zagospodarowywaniu. Obornik stosuje się w dużych dawkach i częściej niż ustalone zalecenia.

**Tabela 1.** Wykorzystanie azotu przez rośliny uprawne z nawozów mineralnych i organicznych\* (opracowano na podstawie różnych autorów)**Table 1.** Utilization of nitrogen from mineral and organic fertilizers by field crops\* (based on data provided by various authors)

Nawozy Fertilizers	Dawka średnia Mean dose		Wykorzystanie w 1. roku Utilization in 1st year		Wykorzystanie w 2. roku i latach następnych Utilization in 2nd and con- secutive years		Wykorzysta- nie razem Utilization total		Stosowanie Application
	(t·ha <sup>-1</sup> )	azotu (kg·ha <sup>-1</sup> )	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	
Mineralne Mineral		95,7	60	57,4	14	13,4	74	70,8	corocznie every year
Obornik Manure	30	159	25	40,0	25	40,0	50	79,5	co 4 lata every 4 years
Gnojowica Slurry	60	183	40	73,2	15	27,4	55	100,6	corocznie lub rzadziej every year or less often
Komposty Composts	40	155	25	38,8	25	38,8	50	77,5	raz na 4 lata once every four years
Pomiot kurzy Chicken dung	10	212	35	74,2	15	31,8	50	106,0	raz na 4 lata once every four years

\*dane dla warunków krajowych – data obtained under local conditions.

Następuje więc eutrofizacja środowiska glebowego N-mineralnym w wyniku mineralizacji materii organicznej. Z dawki obornika wynoszącej 30 N·ha<sup>-1</sup> w ciągu jego rozkładu powstaje ok. 65kg N-NO<sub>3</sub>, z tego w pierwszym roku 80% na glebach lekkich, 60% na glebach średnich i 33% na glebach ciężkich [4]. Zwiększenie dawki obornika bądź częstotliwości jego stosowania powoduje wzrost zawartości azotanów w glebie. W systemie nawożenia w zmianowaniu roślin najczęściej stosuje się nawożenie mineralne i organiczne. Jak wpływa taki sposób nawożenia na zawartość azotanów (V) w glebie (0-100 cm) ilustrują poniższe dane:

Nawożenie	Zawartość N-NO <sub>3</sub> , kg·ha <sup>-1</sup>
Bez nawożenia	32,7
NPK	78,9
NPK+obornik <sup>1)</sup>	120,3
NPK+obornik <sup>4)</sup>	231,0

<sup>1)</sup> – jeden raz w 4-półowym zmianowaniu,<sup>4)</sup> – coroczne nawożenie obornikiem w 4-półowym zmianowaniu.

**Tabela 2.** Plon suchej masy i ilość wprowadzonego do gleby azotu [5]  
**Table 2.** Dry matter yield and amount of nitrogen introduced into the soil [5]

Roślina Plant	Uprawa w plonie Cultivation	Plon – Yield (t·ha <sup>-1</sup> )		Ilość azotu Amount of N kg·ha <sup>-1</sup>	
		całkowity total	resztki poz- biorowe crop residue	w całej masie in total mass	w resztkach pozbiorowych in crop residue
Łubin żółty Yellow lupine	głównym main crop	8,58	2,42	206,5	44,5
	poplon aftercrop	6,47	2,08	95,0	50,0
Seradela Serradella	głównym main crop	8,00	2,88	208,2	57,6
	poplon aftercrop	6,20	2,56	121,7	51,7
Peluszka Field pea	głównym main crop	8,16	2,91	181,1	55,9
	poplon aftercrop	7,08	2,47	147,7	59,2

Duże zagrożenie dla środowiska stanowi gnojowica produkowana w dużych fermach bezściołowych. Wynika to z faktu niedostosowania obszaru pól przeznaczonych do nawożenia gnojowicą w stosunku do ilości produkowanej gnojowicy. Dopuszczalna dawka gnojowicy nie powinna przekraczać 170 kg N·ha<sup>-1</sup> tj. 55 t·ha<sup>-1</sup> świeżej masy. W tej masie gnojowicy wprowadza się do gleb 85-95 kg N-min. głównie formy amonowej. Procesy nitrifikacji powodują powstawanie azotanów, których duża koncentracja sprawia, że gnojowicę zaliczamy do nawozów powodujących zanieczyszczenie wód gruntowych.

Przyswajalne formy azotu, niezależnie od pochodzenia, mają podstawowe znaczenie w kształtowaniu wielkości i jakości pozyskiwanych plonów. Mniejsze dawki azotu powodują przyrost plonów bez wyraźnego zróżnicowania jego cech jakościowych. W miarę zwiększenia dawek nawozów azotowych wzrasta zawartość białka w roślinach oraz zmienia się ich skład chemiczny. Zakres tych zmian zależy od gatunku, a nawet odmiany rośliny. Ziemniak należy do roślin reagujących wyraźną zmianą cech jakościowych w wyniku intensywnego nawożenia azotem co ilustrują dane zamieszczone w tabeli 3. W stosunku do dawki 40 kg N·ha<sup>-1</sup> na nawożeniu 200 kg N·ha<sup>-1</sup> cechy jakościowe bulw ziemniaka uległy obniżeniu, za wyjątkiem zawartości białka. Jednak jego wartość biologiczna spadła na skutek zmiany składu aminokwasowego.

**Tabela 3.** Wpływ intensywnego nawożenia azotem na cechy jakościowe bulw ziemniaka  
**Table 3.** Effects of intensive nitrogen fertilization on the quality of potato tubers

Wyszczególnienie – Specification	Dawki azotu – Doses of nitrate (kg N·ha <sup>-1</sup> )		
	40	120	200
Plon bulw, t·ha <sup>-1</sup> Yield of tubers, t ha <sup>-1</sup>	32,1	36,4	35,2
Wartość skrobi – Starch, %	15,3	14,4	12,2
Zawartość białka ogółem, g·kg <sup>-1</sup> s.m. Total proteins, g kg <sup>-1</sup> d.m.	8,56	10,56	12,38
Zawartość białka właściwego, g·kg <sup>-1</sup> Specific proteins, g kg <sup>-1</sup>	4,75	5,94	6,75
Wartość biologiczna białka Biological value of protein	470	474	385
Zawartość N-NO <sub>3</sub> , mg·kg <sup>-1</sup> ś.m. Content of N-NO <sub>3</sub> , mg kg <sup>-1</sup> f.m.	4,6	7,4	12,2

Rozważyć należy jakie były losy azotu wprowadzonego do gleb z obornikiem i nawozami mineralnymi pod ziemniaki. Do wymienionych w tabeli 3 dawek nawozów mineralnych należy dodać 39 kg N-min. uwalnianego z dawki 30 t·ha<sup>-1</sup> obornika. Z plonem bulw odprowadzono odpowiednio: 99 kg, 138 kg i 157 kg N·z ha. Wykorzystanie azotu wynosiło zatem na najniższym nawożeniu – 125%, średnim – 83% i najwyższym 66%. Stanowisko po zbiorze ziemniaków w obiekcie z niskim nawożeniem mineralnym kształtowało się poniżej naturalnej zawartości N-min., na średniej dawce zostało wzbogacone o 27 kg a najwyższej o 81 kg N-min na 1 ha. Ma to znaczenie dla określenia strat azotu z gleby tak w czasie wegetacji roślin, a głównie po ich zbiorze. Wiadomym jest bowiem, że wymywanie azotanów następuje z gleb bez okrywy roślinnej.

W doświadczeniu modelowym określono wymywanie azotu z warstwy 0-60 cm gleby płowej i brunatnej nawożonej corocznie obornikiem, gnojowicą i NPK w dawkach zrównoważonych azotem (tab. 4). Nieco większe wymycie N-min. z gnojowicą niż obornikiem należy tłumaczyć zawartością NH<sub>4</sub> i NO<sub>3</sub> w płynnym nawozie naturalnym. Natomiast w porównaniu do NPK większym odkładaniu w glebie form azotu ulegających enzymatycznej hydrolizie [3].

Gnojowicę ze względu na duży udział N-min. w azocie ogółem można zaliczyć do nawozów organiczno-mineralnych. Jej stosowanie w zwiększonych dawkach powoduje proporcjonalny wzrost wymycia azotu. Przeprowadzone na ten

temat doświadczenia, w których stosowano gnojowicę w dawkach wzrastających (60-300 t·ha<sup>-1</sup>) potwierdzały tę zależność. Współczynnik korelacji był bardzo wysoki i wynosił  $r = 0,98$ .

**Tabela 4.** Wymycie N-NO<sub>3</sub> i N-NH<sub>4</sub> z gleb corocznie nawożonej przez 25 lat (kg·ha<sup>-1</sup>)  
**Table 4.** N-NO<sub>3</sub> and N-NH<sub>4</sub> leaching from soil fertilized annually for 25 years (kg ha<sup>-1</sup>)

Nawożenie Fertilization	Gleba płowa Gray-brown podsolic soil			Gleba brunatna Brown soil		
	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	Razem Total	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	Razem Total
Bez nawożenia Without fertilization	9,9	0,4	10,3	8,1	0,6	8,7
Obornik Manure	15,2	2,0	17,2	15,8	0,3	16,1
Gnojowica Slurry	16,5	0,5	17,0	17,1	0,4	17,5
NPK	14,2	0,6	14,8	5,4	–	

Dużą zależność ( $r = 0,91$ ) stwierdzono między zawartością azotanów (V) w profilu glebowym a ilością N-NO<sub>3</sub> w wodach drenarskich [6].

Mineev i in. [10] podają, że w wyniku ulatniania się amoniaku z gleb uprawnych straty azotu nawozowego wynoszą 5% przy wahaniach 0-50% w zależności od kategorii agronomicznej gleby i rodzaju stosowanego nawozu. Większe straty tego składnika następują na skutek denitryfikacji, bowiem średnio wynoszą 15%, a niekiedy mogą dochodzić do 49% w roku zastosowania nawozu. Amoniak i tlenki azotu w procentach denitryfikacji wracają do gleby z opadami atmosferycznymi natomiast podtlenek azotu (N<sub>2</sub>O) może przebywać w atmosferze do 150 lat.

## WNIOSKI

1. Wysokie dawki nawozów organicznych powodują wzrost zawartości azotu mineralnego w glebie. Wpływa on niekorzystnie na jakość plonu roślin oraz zanieczyszczenie środowiska.
2. Przekroczenie optymalnej dawki azotu pod ziemniaki znacząco obniża jakość bulw na skutek spadku zawartości skrobi i wartości biologicznej białka.
3. Z gleb nawożonych organicznie wymycie N-NO<sub>3</sub> może być większe niż nawożonych NPK.

## PIŚMIENNICTWO

1. **Czuba R., Mazur T.:** Wpływ nawożenia na jakość plonów. PWN Warszawa, 1988.
2. **Lityński T.:** Zadania chemii rolnej w zakresie ochrony środowiska. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, 169. Sesja nauk., 10, 5-17, 1982.
3. **Mazur T., Budzyńska D.:** Leaching from soil fertilized with animal slurry, manure and NPK. Pol. J. of Soil. Sci., 27, 2, 152-157: 1994.
4. **Mazur T.:** Nawożenie organiczne a zawartość azotanów w glebie. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 440, 239-247, 1996.
5. **Mazur T., Mazur Z.:** Znaczenie nawozów zielonych w kształtowaniu żywności gleb. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 501, 297-303, 2004.
6. **Mazur T.:** Azot w glebach uprawnych. Red. PWN Warszawa, 1991.
7. **Mazur T.:** Nawożenie a ochrona środowiska. Ekoinżynieria, 5(20), 27-30, 1997.
8. **Mazur T.:** The content of mineral nitrogen forms in the soil treated with slurry, manure and NPK on the basis of fourteen-year field experiment. Pol. J. of Soil. Sci., 20, 2, 47-52, 1987.
9. **Mazur T.:** Ekologiczne uwarunkowania nawożenia w rolnictwie jutra. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, 349. Sesja nauk., 64, 263-270, 1999.
10. **Mineev V.G., Debreceni B., Mazur T.:** Biologičeskoe zemledelie i mineralnye udobrenija. Agropromizdat. Moskwa, 1993.

## RESULTS OF NITROGEN EUTROPHICATION OF SOILS

*Zbigniew Mazur, Teofil Mazur*

Department of Environmental Chemistry, University of Warmia and Mazury  
Pl. Łódzki 4, 10-718 Olsztyn  
e-mail: zbigniew.mazur@uwm.edu.pl

**Abstract.** The process of soil eutrophication caused by nitrogen from mineral and organic fertilizers is discussed in the paper. Nitrogen utilization by plants in the first and second year following fertilization was determined. It was demonstrated that high nitrogen rates had a negative effect on the quality of potato tubers. Excessive accumulation of mineral N in the soil results in the loss of this element due to leaching. The level of N-NO<sub>3</sub> leaching in the soil fertilized for 25 years was slightly higher after the application of organic fertilizers, compared with mineral fertilizers.

**Key words:** mineral nitrogen, soil, plant, leaching