

WPLYW WŁAŚCIWOŚCI FIZYKO-CHEMICZNYCH GLEB NA WYMYWANIE AZOTU MINERALNEGO W BADANIACH MODELOWYCH

Ewa Spychaj-Fabisiak, Barbara Murawska, Jerzy Andrzejewski

Katedra Chemii Rolnej, ATR Bydgoszcz

WSTĘP

Azot wprowadzony do gleby w formie nawozów mineralnych jest tylko w 50-60% wykorzystywany przez rośliny, a znaczna jego ilość ulega uwstecznieniu bądź stratom. Uwstecznianie jest o tyle mniej niebezpieczne, że sprowadza się głównie do odwracalnego wbudowywania w masę mikroflory, natomiast zdecydowanie niekorzystne są straty przez ulatnianie lub wymywanie z gleby, których łączny poziom może przekraczać nawet 30% [1-5].

Sprawą sporną pozostaje dotychczas, czy większe znaczenie mają straty przez ulatnianie (N_2 , NH_3), czy też wymywanie azotu w głąb profilu glebowego. Zależy to niewątpliwie od szczególnych warunków glebowo-klimatycznych, ale również od samej technologii nawożenia azotowego [1,3-8].

Z punktu widzenia efektów nawożenia jest właściwie obojętne, czy straty wiążą się z ulatnianiem azotu elementarnego, podtlenków azotu, amoniaku, czy też wymywaniem z gleby. W każdym jednak przypadku ograniczają one wykorzystanie azotu. Straty przez wymywanie dodatkowo powodują zanieczyszczenie wód [5,9-11].

W przedstawionych doświadczeniach laboratoryjnych badano wpływ podstawowych właściwości fizyko-chemicznych gleb na wymywanie jonów amonowych i azotanowych.

METODYKA BADAŃ

Próbki gleby wysuszono i przesiano przez sito o średnicy oczek 1 mm, a następnie wypełniano kolumny szklane o długości 30 cm i wewnętrznej średnicy 4 cm z lejko-watym zwięzieniem na dole i wkładką przepuszczalną dla wody. Gleby przed napełnieniem kolumn mieszano dokładnie z ilością wapna odpowiadającą pełnej kwasowości hydrolitycznej. Następnie z wkraplacza wprowadzano wodę destylowaną lub 1 M roztwór chlorku potasowego, początkowo bardzo wolno, aż do pełnego nawilżenia gleby, a później z szybkością ok. $2 \text{ cm}^3/\text{min}$. Azotan amonowy wprowadzano pipetą na głębokość ok. 5 cm w postaci 5 cm^3 roztworu NH_4NO_3 zawierającego ogółem 100 mg azotu (50 mg N- NH_4 +50 mg N- NO_3). Odbierano 250 cm^3 przysączu i oznaczano w nich zawartość azotanów i azotu amonowego.

Doświadczenie obejmowało osiem wariantów:

warianty doświadczeń	wypełnicie kolumn glebą	
	bez N	+NH ₄ NO ₃
przemywanie wodą	1	5
przemywanie 1 M KCl	2	6
przemywanie wodą gleby zwapnowanej	3	7
przemywanie 1 M KCl gleby zwapnowanej	4	8

W doświadczeniach laboratoryjnych badano 21 różnych prób glebowych, których zakres i średnie wartości parametrów przedstawiono w tabeli 1.

Badania nad wymywaniem azotu z gleby prowadzono wg. schematu przedstawionego wyżej, a uzyskane wyniki w mg N/250 cm³ przesączu zestawiono w tabeli 2.

OMÓWIENIE WYNIKÓW I DYSKUSJA

Przeprowadzono cykl doświadczeń laboratoryjnych nad wymywaniem azotu mineralnego z gleb różniących się podstawowymi właściwościami fizyko-chemicznymi. Na drodze wymywania wodą można łatwo usunąć z gleb od 6 do 35% dodanego azotu mineralnego, natomiast po zastosowaniu 1 M roztworu KCl ilość ta wzrasta do 11-51%.

Podkreślenia wymaga, że we wszystkich doświadczeniach modelowych, którymi objęto różne gleby nie znaleziono ani jednego przypadku całkowitego braku wymywania azotu z dodawanego nawozu, a także samej gleby [4, 12].

Dla badanych 21 gleb obliczono współczynniki korelacji pomiędzy właściwościami tych gleb, a wymywaniem zarówno azotu amonowego jak i azotanowego (tabela 3).

Stwierdzono, że ilość wymywanego azotu amonowego z gleb bez dodatku N (wymywanie wodą) okazała się istotnie, ujemnie skorelowana z zawartością frakcji splawialnych w glebie ($r = -0.814$). Podobnej zależności nie stwierdzono dla jonów azotanowych. Z kolei po zastosowaniu saletry amonowej straty zarówno azotu amonowego jak i azotanowego okazały się istotnie, ujemnie skorelowane z zawartością frakcji splawialnych. Zatem można sądzić, że z gleb o wyższej zawartości frakcji splawialnych straty na drodze wymywania azotu mineralnego mogą być ograniczone.

Zauważono, że wymywanie obu form azotu z gleb wodą oraz 1 M KCl było istotnie, ujemnie skorelowane z zawartością węgla organicznego, zwłaszcza po zastosowaniu dodatku azotu.

Jeśli można przypuszczać, że gleby bogate w substancje humusowe mają zdolność wiązania jonów N-NH₄⁺ choćby poprzez grupy karboksylowe i ograniczać ich straty na drodze wymywania to skomplikowaną sprawą jest wytłumaczenie mechanizmów zatrzymywania przez nie jonów azotanowych.

Tabela 1

Właściwości fizyko-chemiczne badanych gleb
Physico-chemical and chemical properties of soils studied

Parametr Parameter		Zakres Range	Średnia Mean
C	mg/100g	138 – 9549	845
N		17 – 740	91
N-NH ₄		0.9 – 4.6	2.6
N-NO ₃		0.3 – 7.5	0.75
K		2.2 – 36	10.1
P		2.3 – 14.8	5.2
frakcje splawialne (<0.02 mm) granulometric fraction		%	4-49
Kwasowość hydrolityczna Hydrolytic acidity		mmol(+)/kg	2.6 – 21.9
pH w KCl		4.9 – 6.7	5.4

Tabela 2

Wymywanie azotu mineralnego (mg/250cm³)
Mineral nitrogen leaching (mg/250cm³)

Warianty dośw. Experiment variants	N-NH ₄		N-NO ₃	
	Zakres Range	Średnia Mean	Zakres Range	Średnia Mean
1	0.85-2.64	1.15	0.27-7.80	2.26
2	1.01-2.83	2.31	0.74 -5.21	3.30
3	1.45-2.92	2.15	0.53-7.04	3.27
4	2.15-3.90	2.95	2.03-4.95	3.53
5	6.0-14.50	12.1	1.85-16.60	13.60
6	6.0-27.40	15.2	5.07-23.15	14.00
7	7.24-19.00	13.9	4.61-20.35	13.20
8	10.13-27.90	17.4	7.46-21.25	15.10

Należy jednak zwrócić uwagę, że gleba jako środowisko reakcji chemicznych ma swoją specyfikę. Szczególne warunki dla zachodzących w glebie reakcji, niezależnie od ich charakteru, nastręcza sam problem transportu i kontaktu substratów. Możliwości w tym zakresie są silnie uzależnione od procesów sorpcyjnych i zjawisk zachodzących na granicy faz, szczególnie związanych z sorpcją chemiczną oraz zatrzymaniem produktów reakcji na granicy fazy stałej i ciekłej [1,3]. Glebowa materia organiczna posiada głównie ujemny ładunek zmienny. Związany jest on z reakcjami dysocjacji protonogennych grup funkcyjnych. Należy jednak pamiętać, że z uwagi na szeroki zakres stałych dysocjacji tych grup ładunek materii

Tabela 3

Współczynniki korelacji dla właściwości fizyko-chemicznych gleb i ilości wymytego azotu mineralnego
Correlation coefficients for physico-chemical soil properties versus quantity of mineral nitrogen leached

formy N N forms	parametr parameter	N=0				N=100			
		O		Ca		O		Ca	
		H ₂ O	KCl	H ₂ O	KCl	H ₂ O	KCl	H ₂ O	KCl
N-NH ₄	frakcja ** fraction	-0.814*	0,109	0,176	0,035	-0.850*	-0,343	-0.831*	-0,377
	Zawartość Content mg/100g	-0.265	-0.397	-0.344	-0.392	-0.688*	-0.699*	-0.696*	-0.587*
	C org.	-0.272	-0.399	-0.353	-0.392	-0.701*	-0.712*	-0.704*	-0.604*
	N tot.	0.926*	0.968*	0.913*	0.940*	0.190	0.661*	0.118	0.418
	N-NH ₄	0.216	0.361	0.107	0.386	-0.628*	0.060	-0.630*	-0.025
	N-NO ₃	0.624*	0.853*	0.597*	0.856*	0.129	0.730*	0.090	0.518*
	P K	0.360	0.591*	0.328	0.577*	-0.306	0.645*	-0.339	0.518*
N-NO ₃	frakcja** fraction	0,219	0,115	0,294	0,181	-0.531*	-0,478	-0.605*	-0,382
	Zawartość Content mg/100g	-0.089	-0.307	-0.663*	-0.279	-0.670*	-0.722*	-0.830*	-0.635*
	C org.	-0.088	-0.308	-0.641*	-0.276	-0.670*	-0.739*	-0.821*	-0.651*
	N tot.	0.859*	0.960*	0.756*	0.906*	0.330	0.715*	0.227	0.565*
	N-NH ₄	0.513*	0.435	0.536*	0.449	-0.077	-0.077	-0.191	0.014
	N-NO ₃	0.660*	0.847*	0.595*	0.796*	0.477	0.675*	0.436	0.625*
	P K	0.530*	0.624*	0.573*	0.595*	0.070	0.509*	-0.050	0.558*

** – frakcje splawialne (<0.02 mm)
granulometric fraction

* – istotny współczynnik korelacji (p = 0.05)
significant correlation

organicznej zależy od pH środowiska glebowego w sposób zbliżony do liniowego i może on być dodatni, zerowy lub ujemny [13]. Prawdopodobnie w środowisku glebowym istnieją zawsze możliwości włączania się dodatkowych czynników wpływających istotnie na przebieg i mechanizm reakcji. Ich rola przypuszczalnie może sprowadzać się do zatrzymywania choćby jonów azotanowych, oczywiście w specyficznych warunkach, dokładnie jeszcze niezbadanych.

Dla badanych gleb stwierdzono również istotną ujemną korelację pomiędzy zawartością azotu ogółem, a wymywaniem zarówno jonów amonowych jak i azotanowych. Zależność tę zdecydowanie zauważono dla gleb z dodatkiem azotu w formie siatry amonowej. Wiadomo, że zawartość azotu ogółem w glebie jest zależna

od ilości węgla organicznego. W związku z powyższym jest rzeczą naturalną, że korelacje pomiędzy zawartością N ogółem w glebie, a ilością wymywanych jonów amonowych i azotanowych były podobne do zależności między zawartością C organicznego, a stratami azotu.

Zauważono także, że zawartość jonów amonowych w badanych glebach była istotnie dodatnio skorelowana z ilością wymywanych jonów amonowych i azotanowych we wszystkich badanych wariantach bez dodatku azotu. Z kolei dla obiektów z dodatkiem azotu zależności te zauważono jedynie dla gleb przemywanych 1 M KCl. Dysponując danymi dla 21 różnych gleb badanych w doświadczeniach modelowych poszukiwano również zależności pomiędzy zawartością przyswajalnych form fosforu i potasu, a wymywaniem azotu mineralnego.

Stwierdzono, że zawartości przyswajalnego fosforu w glebie były, z nielicznymi wyjątkami, istotnie dodatnio skorelowane z ilością wymywanych jonów amonowych oraz azotanowych. Podobną zależność zaobserwowano dla przyswajalnego potasu.

Można pośrednio przypuszczać, że intensywne nawożenie fosforem i potasem zwiększa straty azotu na drodze wymywania. Stosowane w rolnictwie nawozy mineralne i organiczne mogą potęgować m.in. procesy zakwaszenia środowiska glebowego, a tym samym wpływać na przemieszczanie i wymywanie składników o charakterze zasadowym [14]. W innych badaniach [12], przeprowadzonych przez autorów prezentowanej pracy zauważono, że zakwaszanie gleby w sposób istotny wpływa na wymywanie azotu mineralnego z gleby. Okazało się, że przemywanie gleb kwaśnym deszczem powoduje prawie 2-krotnie większe wymywanie azotu w porównaniu z wymywaniem wodą destylowaną.

WNIOSKI

1. W przeprowadzonych badaniach nad wymywaniem azotu z gleb przemywanych wodą destylowaną stwierdzono, że zawartość frakcji splawialnych była istotnie, ujemnie skorelowana z ilością wymywanych jonów amonowych.
2. Ilość wymywanego azotu mineralnego była ujemnie, istotnie skorelowana z zawartością węgla organicznego w glebie, zwłaszcza po dodaniu do gleby dodatku azotu.
3. Zawartość azotu amonowego oraz przyswajalnych form fosforu i potasu w glebie okazała się istotnie, dodatnio skorelowana z ilością wymywanego azotu amonowego i azotanowego.

LITERATURA

1. Fenn L.B., Miyamoto S. (1981). Ammonia loss and associated reaction of urea in calcareous soils. *Soil.Sci.Amer.Proc.*, 45, 537-540.
2. Loginow W., Spychaj-Fabisiak E. (1985). Chemiczne przemiany azotu w glebie. *Post. Nauk. Roln.* 5, 38-53.
3. Spychaj-Fabisiak E. (1986). Ulatnianie amoniaku z gleby jako jedna z możliwości strat azotu. Rozprawa doktorska. ATR Bydgoszcz.

4. Spychaj-Fabisiak E., Andrzejewski J. (1991). Badania modelowe nad wymywaniem jonów amonowych i azotanowych z różnych gleb mineralnych. *Zesz.Nauk. ATR Bydgoszcz*, 178, Rol. 31., 28-41.
5. Ruskowska M. (1979). Dynamika i bilans składników pokarmowych w doświadczeniach lizymetrycznych. *Rocz.Nauk.Roln.*, 173, 7-53.
6. Pondel H., Ruskowska M., Terelak H. (1991). Wymywanie składników nawozowych z gleb w świetle badań Instytutu Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa. *Rocz.Gleb. XLII*, 3/4, 97-107.
7. Scharf P.C., Alley M.M. (1988). Nitrogen loss pathways and nitrogen loss inhibitors: A review. *J. Fertiliz. Iss.*, 5(4), 109-125.
8. Kopeć S., Nowak K. (1991). Straty składników nawozowych przez wymywanie w zależności od nawożenia i uprawianej rośliny, *Rocz. Gleb. XLII*, 3/4, 109-114.
9. Starr J.L., Broadbent F.E., (1974). Nitrogen transformation during continuous leaching. *Soil Sci. Soc. Amer.* 38(1), 283-293.
10. Borowiec S., Skrzyczyński T. (1978). Migracja składników pokarmowych z gleb Niziny Szczecińskiej. *Szczecińskie Tow. Nauk. Wydz. Nauk. Przyrod. Roln.* 1, 3-66.
11. Long F.L., Huck M.G. (1980). Nitrate movement under cord fallow conditions, *Soil. Sci. Soc. Amer. Journ.* 44/4, 787-792.
12. Spychaj-Fabisiak E., Murawska B., Cwojdzński W. (1993). The influence of the simulated rainfalls on mineral nitrogen leaching from soils. *Post. Nauk. Roln.* (publikacja w druku).
13. Józefaciuk G., Stawiński J., (1993). Ważniejsze mechanizmy reakcji chemicznych i procesów fizykochemicznych zachodzących podczas zmian odczynu gleby. *Materiały Sympozjum nt. Przyrodnicze i antropogeniczne przyczyny oraz skutki zakwaszania gleb*, 63-70.
14. Mazur T. (1993). Nawożenie jako czynnik zakwaszenia gleb użytkowanych rolniczo. *Materiały Sympozjum nt. Przyrodnicze i antropogeniczne przyczyny oraz skutki zakwaszania gleb*, 19-26.

STRESZCZENIE

Badania laboratoryjne prowadzono dla 21 prób glebowych różniących się podstawowymi właściwościami fizyko-chemicznymi. Azot mineralny z gleb wymywano wodą destylowaną oraz 1 M roztworem KCl. Na podstawie uzyskanych wyników doświadczalnych obliczono współczynniki korelacji pomiędzy podstawowymi właściwościami fizyko-chemicznymi, a wymywaniem azotu amonowego i azotanowego.

THE INFLUENCE OF THE PHYSICO-CHEMICAL SOIL PROPERTIES ON MINERAL NITROGEN LEACHING IN MODEL EXPERIMENTS

E. Spychaj-Fabisiak, B. Murawska, J. Andrzejewski

Department of Agricultural Chemistry, University of Technology and Agriculture in Bydgoszcz

S u m m a r y

Laboratory studies were performed on 21 soil samples having different physico-chemical properties. Mineral nitrogen was leached from soils by washing with distilled water and 1 M KCl water solution.

On the basis of the obtained experimental data, correlation coefficients between basic physico-chemical soil properties and amounts of ammonium and nitrate nitrogen leached were calculated.