

Marzena S. BRODOWSKA<sup>1</sup> i Adam KACZOR<sup>2</sup>

## WPŁYW NAWOŻENIA AZOTEM NA ZAKWASZENIE GLEB

### IMPACT OF NITROGEN FERTILIZATION ON SOIL ACIDIFICATION

**Streszczenie:** Przedstawiono zużycie nawozów mineralnych (NPK) oraz wapniowych w Polsce w ostatnim ćwierćwieczu (1980-2006). Na podstawie tych danych obliczono ładunek jonów wodorowych  $H^+$ , wynikający ze stosowania nawozów azotowych, oraz neutralizację tych jonów związaną z wapnowaniem. Uzyskane dane wskazują, że w 2004 roku zużycie nawozów mineralnych (NPK) wynosiło  $99,3 \text{ kg NPK} \cdot \text{ha}^{-1}$ . W porównaniu z rokiem 1980 poziom ten uległ obniżeniu niemal dwukrotnie ( $192,9 \text{ kg NPK} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Redukcja ta dotyczyła głównie nawozów potasowych i fosforowych. Poziom nawożenia azotem w analizowanym okresie obniżył się tylko o ok. 19%. W rozpatrywanym przedziale czasowym zakwaszenie wynikające z aplikacji azotu zawierało się w przedziale  $1,92 \div 2,87 \text{ kmol } H^+ \cdot \text{ha}^{-1}$  i od 1995 roku wykazuje tendencję rosnącą. Wykonane obliczenia wskazują, że wprowadzone nawozy wapniowe w okresie 1980-2005 całkowicie neutralizowały jony wodoru, których źródłem było nawożenie azotem. Saldo dodatnie w tym zakresie wynosiło od 0,95 (2005 r.) do  $3,67 \text{ kmol } H^+ \cdot \text{ha}^{-1}$  (1990 r.). Wyjątek stanowi ostatni rok badawczy, w którym nawozy wapniowe nie neutralizowały całkowicie jonów wodoru, z ujemnym saldem  $0,62 \text{ kmol } H^+ \cdot \text{ha}^{-1}$ .

**Słowa kluczowe:** poziom nawożenia azotem, zakwaszenie gleb, wapnowanie

Gleba należy do zasobów w praktyce nieodnawialnych, stanowiąc jednocześnie niezbędny środek produkcji żywności, zapewniając w ten sposób wyżywienie ludzi i zwierząt na Ziemi. Już od początków rolnictwa człowiek jest uzależniony w swoim byciu i rozwoju od plodów rolnych, które uzyskuje dzięki uprawie gleby, zaś rolnictwo jest jednym z najstarszych i najważniejszych przejawów życia człowieka.

Gleba, podobnie jak inne składniki przyrody nieożywionej, podlega oddziaływaniu sił przyrody, jednakże duży wpływ na jej przekształcenia i zmiany wywiera również działalność człowieka. Uprawa gleby, przekształcając jej pierwotne właściwości, nadaje jej inny charakter i często powoduje degradację oraz zmniejszenie żyzności.

W Polsce najważniejszym problemem w zakresie ochrony środowiska glebowego jest zakwaszenie gleb [1]. Przyczyniają się do niego zarówno warunki klimatyczno-glebowe, jak i działalność człowieka. Z przyczyn antropogennych, poza kwasotwórczymi tlenkami siarki i azotu, szczególnie niebezpieczne jest wykorzystywanie nawozów azotowych fizjologicznie kwaśnych, zwłaszcza przy niedostatecznych dawkach nawozów wapniowych, których zużycie daleko odbiega od faktycznych potrzeb, zaś różnice w poszczególnych rejonach kraju sięgają nawet 60% [2-4]. Sytuacja taka sprawia, iż od ponad 50 lat udział gleb bardzo kwaśnych i kwaśnych przekracza w Polsce 50% użytków rolnych, a w niektórych rejonach osiąga nawet ponad 80% [4-7]. Największe powierzchnie gleb silnie zakwaszonych występują w województwach mazowieckim, podkarpackim, podlaskim i łódzkim, zaś mniejszy od średniego dla kraju udział gleb bardzo kwaśnych i kwaśnych występuje na obszarze województw kujawsko-pomorskiego, opolskiego i wielkopolskiego [7].

<sup>1</sup> Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej, Akademia Rolnicza w Lublinie, ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin, tel. 081 445 60 45, fax 081 445 66 64, e-mail: marzena.brodowska@ar.lublin.pl

<sup>2</sup> Katedra Biochemii i Chemii Środowiskowej, Akademia Rolnicza w Lublinie, ul. Szczepieńska 102, 20-400 Zamość, tel. 084 677 27 03, fax 084 639 60 39, e-mail: adam.kaczor@ar.lublin.pl

Fakt, iż w Polsce podobnie jak w krajach Unii Europejskiej ponad 50% powierzchni jest użytkowana rolniczo, wskazuje na konieczność ciągłego monitorowania wzajemnego oddziaływania pomiędzy rolnictwem a środowiskiem przyrodniczym [8]. Dotyczy to szczególnie nadzorowania stosowania nawozów mineralnych, zwłaszcza nawozów azotowych amonowych, które bezpośrednio oddziałują na zawartość jonów wodorowych w roztworze glebowym, przyczyniając się w wydatny sposób do zakwaszenia gleb [9, 10].

Celem pracy było ustalenie zakwaszającego wpływu nawozów azotowych na glebę na obszarze Polski w latach 1980-2006 oraz określenie stopnia neutralizacji jonów  $H^+$  nawozami wapniowymi w poszczególnych analizowanych latach.

### Metodyka badań

Ustalenia zakwaszającego wpływu nawozów azotowych na glebę dokonano poprzez obliczenie ładunku [ $kmol H^+ \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ ], wynikającego ze zużycia nawozów azotowych fizjologicznie kwaśnych oraz ilości w [ $kmol H^+ \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ ] zobojętnianych w efekcie wprowadzenia nawozów wapniowych. Podstawę do wykonania analizy stanowiły dane dotyczące zużycia nawozów azotowych i wapniowych w Polsce w latach 1980-2006, zaczerpnięte z Roczników Statystycznych [11]. Ładunek protonów [ $kmol H^+ \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ ] obliczono na podstawie równoważników kwasowych, przyjmując, iż 1 kg azotu zastosowany w formie siarczanu amonu jest źródłem 110 moli  $H^+$ , zaś w postaci saletry amonowej i mocznika - 36 moli  $H^+$ . Przy określaniu ładunku  $H^+$  przyjęto dla wszystkich lat obliczeniowych średnią strukturę zużycia nawozów azotowych, a mianowicie 12% dla siarczanu amonu, 47% dla saletry amonowej, 31% dla mocznika oraz 10% w przypadku saletrzaków. Jednocześnie w obliczeniach założono neutralne oddziaływanie ostatniej grupy nawozów azotowych na odczyn (pH) gleb.

W celu zasygnalizowania trendu w zużyciu nawozów mineralnych w Polsce w badanym okresie w tabeli 1 zamieszczono łączne zużycie nawozów NPK oraz stosunek poszczególnych składników nawozowych w puli nawozów.

### Omówienie wyników i ich analiza

W pierwszym analizowanym okresie (1980 r.) zużycie nawozów NPK kształtowało się w granicach  $193 kg \cdot ha^{-1}$ . Po 1990 roku nastąpił znaczący spadek zużycia nawozów mineralnych w stosunku do lat 80. W najgorszym pod tym względem roku gospodarczym 1991/1992 zużyto w kraju zaledwie  $62 kg \cdot ha^{-1}$  NPK, w tym 34 kg N na 1 ha użytków rolnych. Były to ilości 3-krotnie mniejsze niż w końcu lat 80. [12]. W latach 1992-1998 w warunkach gospodarki rynkowej notuje się dodatni trend w zużyciu nawozów z przyrostem rocznym około 2,8 kg N (7,3%), 1,0 kg  $P_2O_5$  (6,6%) i 3,0 kg  $K_2O$  (6,2%)  $\cdot ha^{-1}$  [13]. Trend ten uległ zahamowaniu w 1999 roku, gdy zużycie nawozów obniżyło się o 2,9%.

Z danych zamieszczonych w tabeli 1 widać, że w analizowanym okresie ilości  $kmol H^+ \cdot ha^{-1}$  wynikające z zastosowanych nawozów azotowych mieściły się w przedziale od 1,92 (1995 r.) do 2,87 (1980 r.)  $kmol H^+ \cdot ha^{-1}$ . W latach 1980-1996 ilość kationów wodoru systematycznie malała. W tym przedziale czasowym ładunek  $H^+$  uległ redukcji o około 32%. Podobną tendencję stwierdza się w latach 1997-1999, przy czym spadek jest zdecydowanie mniejszy, rzędu 3%. Począwszy od 2000 roku zauważa się tendencję wzrostu ilości protonów wodoru wynikających z nawożenia azotem. W ostatnim

analizowanym roku ilość jonów  $H^+$  przewyższa o 34% najmniejszy ładunek protonów odnotowany w 1995 roku i aż o 29% ilość kmoli  $H^+$ , wynikającą z nawożenia azotem na początku obecnego stulecia.

Z danych zamieszczonych w tabeli 2 wynika, że w rozpatrywanym okresie zużycie nawozów wapniowych zamykało się w przedziale od  $182,4 \text{ kg CaO}\cdot\text{ha}^{-1}$  (1990 r.) do  $54,8 \text{ kg CaO}\cdot\text{ha}^{-1}$  (2006 r.). W latach 1980-2006 ilość wprowadzanych nawozów wapniowych ulegała systematycznemu spadkowi. Wyjątek stanowił 1990 rok. W ostatnim analizowanym roku ilość zastosowanych nawozów wapniowych była o 70% niższa niż w 1990 roku i o 48% niższa niż na początku XXI wieku. Tak drastyczny spadek zastosowanych nawozów wapniowych w 2006 roku sprawił, iż nawozy te nie neutralizowały całkowicie jonów wodoru, których źródłem było nawożenie azotem. Ujemne saldo wynosiło  $0,62 \text{ kmol H}^+\cdot\text{ha}^{-1}$ . W pozostałym okresie badawczym zastosowane wapnowanie przyczyniło się do neutralizacji jonów wodoru na poziomie  $6,51 \text{ kmol H}^+\cdot\text{ha}^{-1}$  (1990 r.) -  $3,27$  (2005 r.). Saldo dodatnie w tym okresie wynosiło od  $3,67 \text{ kmol H}^+\cdot\text{ha}^{-1}$  (1990 r.) do  $0,95 \text{ kmol H}^+\cdot\text{ha}^{-1}$  (2005 r.).

Małe zużycie nawozów wapniowych w Polsce potwierdzają dane GUS (2005 r.), z których wynika, iż potrzeby wapnowania gleb w latach 2001-2004 określono na poziomie koniecznym na 28,6% gleb, potrzebnym na 16,6% gleb, wskazanym na 16,1% gleb, ograniczonym na 13,6% gleb, a zbędne na 24,9% gleb.

Tabela 1

Zużycie nawozów mineralnych [ $\text{kg N, P}_2\text{O}_5, \text{K}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1}$ ] oraz ilość jonów  $H^+$  wynikająca ze zużycia nawozów azotowych w Polsce w latach 1980-2006 [11]

Table 1

The utilization of mineral fertilizers [ $\text{kg N, P}_2\text{O}_5, \text{K}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1}$ ] and the amount of  $H^+$  ions resulting from utilization of nitrogen fertilizers in Poland in the years 1980-2006 [11]

Lata Years	NPK	Stosunek N:P:K Proportion N:P:K	Nawożenie azotem Nitrogen fertilization	
			[ $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ ]	[ $\text{kmol H}^+\cdot\text{ha}^{-1}$ ]
1980	192,9	1:0,7:1,0	69,6	2,87
1985	175,2	1:0,7:0,9	66,1	2,73
1990	163,9	1:0,6:0,8	68,9	2,84
1995	102,4	1:0,3:0,4	46,6	1,92
1996	84,5	1:0,4:0,4	47,6	1,96
1997	88,3	1:0,3:0,4	49,9	2,06
1998	89,6	1:0,3:0,5	49,8	2,05
1999	87,4	1:0,4:0,5	48,4	2,00
2000	85,8	1:0,3:0,4	48,4	2,00
2001	90,8	1:0,4:0,4	50,3	2,07
2002	93,2	1:0,4:0,5	51,0	2,10
2003	93,6	1:0,4:0,5	51,5	2,12
2004	99,3	1:0,4:0,5	54,8	2,26
2005	102,4	1:0,4:0,5	56,3	2,32
2006	123,3	1:0,4:0,5	62,5	2,58

Tabela 2

Ilość jonów  $H^+$  wynikająca ze zużycia nawozów azotowych na tle zużycia nawozów wapniowych w Polsce w latach 1980-2006

Table 2

The amount of  $H^+$  ions resulting from nitrogen fertilizers utilization against a background of lime fertilizers utilization in Poland in the years 1980-2006

Lata Years	Ilość [kmol $H^+$ ·ha <sup>-1</sup> ]  Amount of [kmol $H^+$ ·ha <sup>-1</sup> ]	Zużycie nawozów wapniowych [kg CaO·ha <sup>-1</sup> ] Utilization of lime fertilizers [kg CaO·ha <sup>-1</sup> ]	Neutralizacja $H^+$ wynikająca z wapnowania Neutralization of $H^+$ ions resulting from liming	Saldo +/- jonów $H^+$  $H^+$ ions balance +/-
			[kmol $H^+$ ·ha <sup>-1</sup> ]	
1980	2,87	159,7	5,70	(+) 2,83
1985	2,73	139,4	4,98	(+) 2,25
1990	2,84	182,4	6,51	(+) 3,67
1995	1,92	131,9	4,71	(+) 2,79
1996	1,96	124,4	4,44	(+) 2,48
1997	2,06	139,0	4,96	(+) 2,90
1998	2,05	130,6	4,66	(+) 2,61
1999	2,00	104,2	3,72	(+) 1,72
2000	2,00	95,1	3,40	(+) 1,40
2001	2,07	94,2	3,36	(+) 1,29
2002	2,10	94,1	3,36	(+) 1,26
2003	2,12	94,6	3,38	(+) 1,26
2004	2,26	93,5	3,34	(+) 1,08
2005	2,32	91,5	3,27	(+) 0,95
2006	2,58	54,8	1,96	(-) 0,62

## Wnioski

1. W latach 1980-1999 ładunek  $H^+$  wynikający z zastosowanych nawozów azotowych ulegał ciągłemu obniżeniu, a począwszy od 2000 roku wykazywał tendencję rosnącą.
2. W latach 1980-2005 zastosowane wapnowanie neutralizowało jony wodoru na poziomie 6,51 kmol  $H^+$ ·ha<sup>-1</sup> (1990 r.) - 3,27 (2005 r.). Saldo dodatnie w tym okresie wynosiło od 3,67 do 1,08 kmol  $H^+$ ·ha<sup>-1</sup>.
3. Drastyczny spadek poziomu wapnowania w 2006 roku spowodował tylko częściową neutralizację jonów  $H^+$  wynikających z nawożenia azotem.
4. W związku z pogłębiającym się zakwaszeniem gleb w Polsce istnieje potrzeba ciągłego monitorowania wpływu działalności człowieka na środowisko przyrodnicze.

## Literatura

- [1] Mercik S.: *Trendy w poziomie stosowania nawozów mineralnych w krajach Unii Europejskiej i w Polsce*. Wieś Jutra, 1998, 5(5), 2-7.
- [2] Goulding K.W.T. i Blake L.: *Soil acidification and the mobilization of toxic metals caused by acid deposition and fertiliser application*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 1998, (456), 19-27.
- [3] Skrastina L. i Vucans R.: *Effect of fertilizers on soil reaction*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 1998, (456), 137-141.
- [4] Lipiński W.: *Stan zakwaszenia gleb w Polsce i zapotrzebowanie na nawozy wapniowe*. Nawozy i Nawożenie, 2004, 3(8), 27-50.
- [5] Strączyński S.: *Stan zakwaszenia i potrzeby wapnowania gleb w Polsce*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 1999, (467), 527-532.

- [6] Fotyma M.: *Fertilizer use by crop in Poland*. Nawozy i Nawożenie, 2003, **1**(14), 5-46.
- [7] Filipek T., Fotyma M. i Lipiński W.: *Stan, przyczyny i skutki zakwaszenia gleb ornych w Polsce*. Nawozy i Nawożenie, 2006, **2**(27), 7-38.
- [8] Duer I.: *Wprowadzanie prawa UE w zakresie ochrony środowiska w Polsce, w odniesieniu do rolnictwa*. Nawozy i Nawożenie, 2005, **1**(22), 26-44.
- [9] Bohn H.L., McNeal B.L. i O'Connor G.A.: *Soil Chemistry*. John Wiley & Sons. Inc. 2001.
- [10] Małecka I.: *Zmiany odczynu gleby pod wpływem następczego oddziaływania wieloletniego deszczowania i nawożenia azotem*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 2002, (482), 359-364.
- [11] GUS 1981, 1986, 1991-2006.
- [12] Igras J. i Schimmelpfennig Z.: *Nadmiar czy niedobór azotu w rolnictwie polskim*. Mat. Konf. nt. Nadmiar azotu w rolnictwie czynnikiem zagrożenia zdrowia człowieka. Wyd. IMUZ, Falenty 1996, 97-104.
- [13] Fotyma M.: *Gospodarka nawozowa w Polsce w latach 1990-1999*. Nawozy i Nawożenie, 2000, **4**(5), 7-17.

### IMPACT OF NITROGEN FERTILIZATION ON SOIL ACIDIFICATION

**Summary:** Consumption of mineral (NPK) and lime fertilizers in Poland in the last 27 years (1980-2006) was presented. These data were used to calculate the charge of  $H^+$  resulting from the application of nitrogen fertilizers and neutralization of these ions, which is related to liming. The obtained data indicate that the consumption of mineral fertilizers (NPK) in 2004 amounted to  $99.3 \text{ kg NPK} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Compared to the year 1980 the consumption decreased almost twice ( $192.9 \text{ kg NPK} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). This reduction concerned mainly potassium and phosphorus fertilizers. The level of nitrogen fertilization in the analysed period dropped only by circa 19%. In the considered period the acidification resulting from the application of nitrogen fertilizers fell in the range between  $1.92 \div 2.87 \text{ kmol } H^+ \cdot \text{ha}^{-1}$  and showed a growing tendency from 1995. The performed calculations indicate that applied lime fertilizers in the experimental period 1980-2006 fully neutralized hydrogen ions resulting from nitrogen fertilization. The positive balance in this case ranged from 0.95 (2005) to  $3.67 \text{ kmol } H^+ \cdot \text{ha}^{-1}$  (1990). The exception is the last experimental year, where lime fertilizers did not fully neutralize hydrogen ions, with negative balance of  $0.62 \text{ kmol } H^+ \cdot \text{ha}^{-1}$ .

**Keywords:** nitrogen fertilization level, soil acidification, liming