

STĘŻENIE I ŁADUNEK SKŁADNIKÓW NAWOZOWYCH WNOSZONYCH Z OPADEM ATMOSFERYCZNYM NA POWIERZCHNIĘ ZIEMI W REGIONIE OSTROŁĘCKIM W LATACH 1993–1996

Andrzej SAPEK, Piotr NAWALANY

Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach, Zakład Chemii Gleby i Wody

Słowa kluczowe: azot amonowy, azot azotanowy, chlorki, opad mokry, pH

Streszczenie

W pracy przedstawiono analizę stężenia składników nawozowych w próbkach wody opadu atmosferycznego, zbieranych w trzech punktach regionu ostrołęckiego w latach 1993–1996. Badania prowadzono w ramach projektu „Rolnictwo polskie i ochrona jakości wody” wykonywanego na podstawie umowy między polskim Ministerstwem Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej a Agencją Ochrony Środowiska Stanów Zjednoczonych (US EPA). Celem projektu było opracowanie programu działania zmierzającego do ograniczenia zanieczyszczenia wody ze źródeł rolniczych. Analiza opadu atmosferycznego miała umożliwić oszacowanie ładunku składników nawozowych wnoszonych na powierzchnię ziemi w ciągu roku. Zebrano 820 próbek wody, w których zmierzono odczyn oraz stężenie azotu azotanowego, azotu amonowego, fosforanów, chlorków, sodu, potasu, magnezu i wapnia. Dla trzech obiektów z regionu ostrołęckiego obliczono roczny ładunek składników nawozowych. Stwierdzono, że w ciągu roku z opadem wnoszone jest od 8,7 do 18,0 kg N·ha⁻¹, co stanowi od 25 do 40% dawki azotu pochodzącego z nawozów mineralnych stosowanych na tym terenie.

WSTĘP

Ładunek składników nawozowych wnoszonych na powierzchnię ziemi z opadem atmosferycznym stanowi istotną część ich bilansu w środowisku. Dotyczy to zwłaszcza azotu. Szacuje się, że w Polsce w 2000 r. wprowadzone zostało z opa-

Adres do korespondencji: prof. dr hab. A. Sapek, Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach, Zakład Chemii Gleby i Wody, 05–090 Raszyn, tel. +48 (22) 720-05-31 w. 223, e-mail: A.Sapek@imuz.edu.pl

dem mokrym około 532 Gg N, w tym 313 Gg na powierzchnię użytków rolnych [SAPEK, SAPEK, PIETRZAK, 2002]. Większość badań ogranicza się do analizy próbek opadu mokrego, tylko niewiele ośrodków prowadzących monitoring opadu wykonuje analizę opadu suchego, obejmującą zawartość związków azotu w opadzie pyłów, wnoszonych z rosą oraz sorbowanych przez glebę i rośliny. Ilość tak oznaczanego azotu w opadzie suchym jest porównywalna z jego ładunkiem wnoszonym z opadem mokrym [SAPEK, 1998].

W Europie Środkowej ładunek azotu wnoszony z mokrym i suchym opadem przekracza $30 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$. Azot opadający na użytki rolne jest wykorzystywany przez uprawy i nie stanowi bezpośredniego zagrożenia dla środowiska, lecz zwiększa ryzyko wymycia azotanów i emisji gazowych związków azotu. Tak duży ładunek azotu opadający na lasy i użytki ekologiczne może zakłócić równowagę gospodarki składnikami nawozowymi w tych ekosystemach. W Polsce azot tylko z opadu mokrego przyczynia się prawie w 50% do zakwaszania środowiska [SAPEK, 1998].

Celem pracy jest przedstawienie stężenia i ładunku składników nawozowych w opadzie mokrym w trzech punktach pomiarowych w regionie ostrołęckim w latach 1993–1996. Badania te prowadzono w ramach projektu EPA pt. „Rolnictwo polskie i ochrona jakości wody”, sponsorowanego przez Agencję Ochrony Środowiska Stanów Zjednoczonych.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

W trzech gospodarstwach demonstracyjnych projektu EPA, zlokalizowanych w miejscowościach: Rupin (gm. Baranowo), Szafranki (gm. Łyse) i Załuski (gm. Czerwin), zainstalowano urządzenia do automatycznego zbierania opadu atmosferycznego [BARSZCZEWSKI, GRADAL, SAPEK, 1989]. Wybrane obiekty znajdują się na obszarze zaliczanym przez IUNG do kategorii rolniczo niekorzystnych. Średnia temperatura roczna nie przekracza 7°C , występują liczne przygruntowe przymroz-

Tabela 1. Średnie wartości pH i stężenia składników nawozowych w opadzie mokrym – dane z lat

Table 1. Mean values of pH and nutrient concentration in wet deposition – data from 1993–1996

Obiekt Object	pH			P			N-NO ₃			N-NH ₄		
	<i>n</i>	$\frac{\bar{x}}{\text{min-max}}$	<i>SD</i>	<i>n</i>	$\frac{\bar{x}}{\text{min-max}}$	<i>SD</i>	<i>n</i>	$\frac{\bar{x}}{\text{min-max}}$	<i>SD</i>	<i>n</i>	$\frac{\bar{x}}{\text{min-max}}$	<i>SD</i>
Rupin	266	$\frac{6.3}{4.2-8.1}$	0,67	265	$\frac{0.052}{0.001-1.00}$	0,12	264	$\frac{1.23}{0.20-12.0}$	1,28	266	$\frac{1.90}{0.04-8.72}$	1,34
Załuski	222	$\frac{6.2}{3.7-8.3}$	0,75	222	$\frac{0.069}{0.001-0.74}$	0,13	222	$\frac{1.40}{0.02-8.1}$	1,53	222	$\frac{1.37}{0.01-5.90}$	1,14
Szafranki	331	$\frac{5.7}{4.2-8.1}$	0,83	332	$\frac{0.046}{0.001-1.10}$	0,10	333	$\frac{1.20}{0.12-7.13}$	0,95	331	$\frac{1.58}{0.01-7.49}$	1,11

Objaśnienia: *P* – opad, mm; *n* – liczba próbek, \bar{x} – średnia wartość stężenia, $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$; min-max – skrajne wartości stężenia,

Explanations: *P* – precipitation, mm; *n* – number of samples, \bar{x} – mean values of nutrient concentration, $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$; min-max –

ki, roczne opady atmosferyczne są mniejsze od 600 mm, przeważają słabe gleby piaszczyste i torfowe. W gminach Baranowo i Łyse dominują łąki i pastwiska, natomiast w gminie Czerwin – grunty orne (kompleks żytni słaby). Urządzenia do zbierania opadu ustawiono na terenie gospodarstwa. Próbkę zbierano po każdym opadzie, jednocześnie mierząc jego wysokość w mm, następnie dostarczono je do Falent, gdzie oznaczano stężenie azotu azotanowego, azotu amonowego i fosforanów za pomocą autoanalyzera przepływowego, stężenie sodu, potasu, magnezu i wapnia za pomocą spektrometru do absorpcji atomowej, zaś chlorki – metodą miareczkowania potencjometrycznego z zastosowaniem elektrody platynowej. Łącznie wykonano ponad 820 analiz próbek wody.

Ładunek roczny wnoszony z opadem atmosferycznym na powierzchnię ziemi obliczono, korzystając ze wzoru:

$$L = \Sigma (10Pc) 10^{-3}$$

gdzie:

L – ładunek składnika, $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$;

P – opad, mm;

c – stężenie składnika, $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$.

OMÓWIENIE I Dyskusja Wyników

Badane próbki wody opadowej miały podobny odczyn (Rupin od 4,2 do 8,1; Żałuski od 3,7 do 8,3 i Szafranki od 3,8 do 7,8). Maksymalne stężenie fosforu wyniosło $1,1 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ (Szafranki), azotu azotanowego $12,0 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ (Rupin), azotu amonowego $8,7 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ (Rupin), a chlorków $19,9 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ (Rupin). Maksymalne stężenie potasu ($17,2 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) i wapnia ($47,3 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) było największe w Żałuskach (tab. 1). Stosunek stężenia azotu amonowego do azotanowego w Rupinie

1993–1996

Cl			Na			K			Mg			Ca		
n	$\frac{\bar{x}}{\text{min-max}}$	SD	n	$\frac{\bar{x}}{\text{min-max}}$	SD	n	$\frac{\bar{x}}{\text{min-max}}$	SD	n	$\frac{\bar{x}}{\text{min-max}}$	SD	n	$\frac{\bar{x}}{\text{min-max}}$	SD
248	$\frac{2,75}{0,05-19,9}$	2,63	255	$\frac{1,7}{0,1-7,6}$	1,47	257	$\frac{0,7}{0,1-8,3}$	1,00	258	$\frac{0,4}{0,1-4,0}$	0,45	258	$\frac{3,2}{0,1-16,6}$	2,65
196	$\frac{2,31}{0,02-10,5}$	1,75	208	$\frac{1,9}{0,1-12,3}$	1,96	208	$\frac{1,4}{0,1-17,2}$	2,51	208	$\frac{0,8}{0,1-11,7}$	1,57	208	$\frac{3,6}{0,1-47,3}$	6,30
291	$\frac{2,28}{0,04-10,7}$	1,69	320	$\frac{2,1}{0,1-10,5}$	1,72	321	$\frac{0,4}{0,1-3,3}$	0,58	321	$\frac{0,3}{0,1-4,3}$	0,41	320	$\frac{2,5}{0,1-17,6}$	2,63

$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, SD – odchylenie standardowe.

minimal-maximal values of nutrient concentration, $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$; SD – standard deviation.

i Szafrankach był większy od 1, co świadczy o tym, że emisja gazowych związków azotu z rolnictwa jest głównym źródłem azotu wnoszonego do ekosystemów.

Obliczono ładunek poszczególnych składników nawozowych wnoszonych na powierzchnię ziemi (tab. 2). W obliczeniach pominięto 1996 r. (próbki opadu zbierano tylko od stycznia do maja tego roku). Ładunek, zwłaszcza azotu i fosforu, różnił się w zależności od lokalizacji punktu pomiarowego. Obliczony ładunek azotu i fosforu był największy na obiekcie Rupin, położonym na obszarze intensywniej użytkowanym rolniczo i bliżej większych skupisk ludności.

W regionie ostrołęckim w roku gospodarczym 1995/1996 zużyto $41,9 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ nawozów azotowych; $15,1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ fosforowych i $18,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ potasowych [Rocznik ..., 1997]. W związku z tym ładunek azotu wnoszony z opadem mokrym stanowi od 25 do 40% dawki azotu pochodzącego z nawozów mineralnych, a w przypadku potasu od 10 do nawet 50%. Ładunek fosforu wnoszony z opadem mokrym w regionie ostrołęckim był podobny do wnoszonego w rejonie jeziora Miedwie, natomiast azotu był mniejszy [DURKOWSKI i in., 1999]. Pomiarzy PIOŚ wykazują mniejsze ładunki azotu wnoszone z opadem mokrym – około $7 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ na terenach nizinnych i $16 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ na Śnieżce [Ochrona ..., 2003]. W badaniach prowadzonych w latach 1995–2001 w Falentach stwierdzono, że na powierzchnię użytków rolnych w ciągu roku wnoszony jest ładunek $18,0 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, $0,4 \text{ kg P}\cdot\text{ha}^{-1}$ i $3,6 \text{ kg K}\cdot\text{ha}^{-1}$ [SAPEK, NAWALANY, BARSZCZEWSKI, 2003].

Rutynowa analiza składu chemicznego opadów atmosferycznych na obszarach typowo rolniczych i ocena ładunku składników nawozowych wnoszonych z opadem atmosferycznym na powierzchnię ziemi może być wykorzystana m.in. do obliczania bilansu nawozowego w gospodarstwie rolnym z uwzględnieniem biogenów wprowadzanych z opadami, do oceny zagrożenia gleb użytkowanych rolniczo, eutrofizacji wód czy zagrożenia upraw rolniczych stwarzanego przez zbyt duży odczyn opadu atmosferycznego [TWAROWSKI i in., 2000].

WNIOSKI

1. Ładunek azotu wnoszony z mokrym opadem, wynoszący od 8,7 do $18,0 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, ma znaczący wpływ na produkcję rolniczą w regionie ostrołęckim.

2. W związku ze zmniejszającą się ilością stosowanych nawozów mineralnych na badanym obszarze ładunek azotu wnoszony z opadem atmosferycznym ma znaczny udział we wzbogacaniu gleby w ten składnik.

LITERATURA

- BARSZCZEWSKI J., GRADAL J., SAPEK A., 1989. Urządzenie do rozdzielczego pobierania próbek suchego i mokrego opadu. *Wiad. Melior.* nr 10 s. 205–206.
- DURKOWSKI T., LEMPICKA A., PAWLIK-DOBROWOLSKI J., WORONIECKI T., 1999. Mokry opad zanieczyszczeń atmosferycznych jako podstawowe źródło zanieczyszczeń zbiorników wodnych (na przykładzie Jeziora Miedwie). *Rocz. AR Pozn.* t. 310 s. 391–402.
- Ochrona środowiska, 2003. Warszawa: GUS ss. 505.
- Rocznik statystyczny województw, 1997. Warszawa: GUS ss. 361.
- SAPEK A., 1998. Udział azotu z opadu atmosferycznego w zanieczyszczaniu zasobów wody. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* z. 458 s. 485–494.
- SAPEK A., SAPEK B., PIETRZAK S., 2002. Obieg i bilans azotu w rolnictwie polskim. *Nawozy i Nawożenie* 1(10) s. 100–121.
- SAPEK A., NAWALANY P., BARSZCZEWSKI J., 2003. Ładunek składników nawozowych wnoszony z opadem mokrym na powierzchnię ziemi w Falentach w latach 1995–2001. *Woda Środ. Obsz. Wiej.* t. 3 z. 6 s. 69–77.
- TWAROWSKI R., BŁACHUTA J., DĄBROWSKI A., GENDOLLA T., WYRODEK S., SIENKIEWICZ R., 2000. Ogólnopolski monitoring chemizmu opadów atmosferycznych depozycji zanieczyszczeń do podłoża. Stan i antropogeniczne zmiany jakości wód w Polsce. *Łódź: Wydaw. UŁ* s. 17–38.

Andrzej SAPEK, Piotr NAWALANY

**CONCENTRATIONS AND LOADS OF NUTRIENTS DEPOSITED
WITH WET PRECIPITATION
ON AGRICULTURAL WATERSHEDS IN THE OSTROŁĘKA REGION IN 1993–1996**

Key words: ammonium, chloride, nitrate, pH, wet precipitation

S u m m a r y

The results of chemical analyses of wet precipitation in three sites of the Ostrołęka region are presented. The study was done within the project “Polish Agriculture and Water Quality Protection” (1992–1997), sponsored by US Environmental Protection Agency. Values of pH and concentrations of nitrate, ammonia, phosphate, chloride, sodium, potassium, magnesium and calcium were measured in samples of wet precipitation. Annual load of each nutrient was then calculated. The nitrogen load ranged from 8 to 18 kg N·ha⁻¹·year⁻¹, potassium load – from 1 to 10 kg K·ha⁻¹·year⁻¹ and calcium load – from 9 to 20 kg Ca·ha⁻¹·year⁻¹.

Recenzenci:

prof. dr hab. Józef Koc

doc. dr hab. Tadeusz Marcinkowski

Praca wpłynęła do Redakcji 19.12.2003 r.

Tabela 2. Ładunek składników nawozowych (kg·ha⁻¹·rok⁻¹) wnoszonych z opadem mokrym na powierzchnię ziemi w regionie ostrołęckim w latach 1993–1995

Table 2. Nutrient loads (kg·ha⁻¹·rok⁻¹) in precipitation reaching earth surface in Ostrołęka region in 1993–1996

Obiekt Object	Lata Years	Opad Precipitation	Ładunek Load								
			N-NO ₃	N-NH ₄	N-NO ₃ + N-NH ₄	P	Cl	Na	K	Mg	Ca
Rupin	1993	638,1	6,8	11,2	18,0	0,52	17,0	7,5	3,1	1,7	12,6
	1994	771,0	7,5	10,4	17,9	0,46	15,4	11,3	5,2	2,8	20,2
	1995	599,8	6,1	9,7	15,8	0,25	11,3	11,4	4,7	2,3	17,5
Załużski	1993	472,6	4,4	4,3	8,7	0,22	7,7	5,8	6,5	2,8	14,1
	1994	634,1	6,5	6,6	13,1	0,16	12,7	9,5	8,0	4,1	17,8
	1995	539,1	9,2	5,1	14,2	0,51	9,2	10,1	10,2	3,1	11,2
Szafranki	1993	472,6	3,6	5,3	8,9	0,32	8,1	4,8	1,5	0,9	9,8
	1994	584,6	5,4	6,9	12,3	0,15	26,7	10,3	2,0	1,7	12,2
	1995	642,8	5,0	7,6	12,6	0,19	7,4	9,2	1,3	1,4	8,6