

# WPLYW OPADU ATMOSFERYCZNEGO I TEMPERATURY ORAZ UWILGOTNIENIA GLEBY ŁĄKOWEJ NA UWALNIANIE I DYNAMIKĘ MINERALNYCH FORM AZOTU

**Barbara SAPEK**

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

*Słowa kluczowe: mineralizacja, mineralna gleba łąkowa, organiczne związki azotu, uwilgotnienie gleby, warunki meteorologiczne*

## Streszczenie

Na przykładzie długoletnich doświadczeń łąkowych na glebie mineralnej, oceniono wpływ warunków meteorologicznych (opadu i temperatury) oraz uwilgotnienia gleby łąkowej na zawartość mineralnych form azotu uwalnianych w procesie mineralizacji jego organicznych związków w latach 1995–2003. Stwierdzono, że przede wszystkim temperatura oraz wielkość opadu decydują o wydajności mineralizacji związków azotu, zwłaszcza w przypadku gleby łąkowej o mniej korzystnych warunkach uwilgotnienia. Obliczona różnicowa wydajność mineralizacji, wyrażona zawartością N-min, wynosząca ok. 70–150 kg N·ha<sup>-1</sup> stanowi nadwyżkę azotu mineralnego uwolnionego w glebie w procesie mineralizacji jego organicznych związków. Wykazany w ostatnich latach wzrost intensywności mineralizacji w glebach łąkowych może świadczyć o wpływie globalnych zmian klimatycznych na ten proces.

## WSTĘP

Długoletnie doświadczenia łąkowe, założone w Zakładzie Chemii Gleby i Wody Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych z myślą o badaniu następczego

---

Adres do korespondencji: prof. dr hab. B. Sapek, Instytut Melioracji i Użytków Zielonych, Zakład Chemii Gleby i Wody, al. Hrabstwa 3, Falenty, 05-090 Raszyn; tel. +48 (22) 720-05-31, w. 220, e-mail: b.sapek@imuz.edu.pl

wpływu wapnowania łąki trwałej na tle zróżnicowanej dawki i postaci nawozu azotowego wykorzystano do badań procesu mineralizacji organicznych związków azotu w mineralnej glebie łąkowej [SAPEK, ESTAVILLO, CORRE, 2000; SAPEK, SAPEK, BARSZCZEWSKI, 2002, SAPEK, KALIŃSKA, 2004]. Wyniki badań wpływu dawki azotu i postaci nawozu oraz odczynu (jako efektu następczego działania wapna), a także terminu pobrania próbek na wydajność mineralizacji organicznych związków azotu omówiono w pracy SAPEK i KALIŃSKIEJ [2004]

Celem niniejszej pracy jest ocena wpływu warunków meteorologicznych (opadu i temperatury) panujących w okresie wegetacyjnym oraz uwilgotnienia gleby łąkowej na zawartość mineralnych form azotu w glebie, uwalnianych w niej w procesie mineralizacji jego organicznych związków w ciągu dziewięciu lat badań.

## MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Wydajność mineralizacji organicznych związków azotu w glebie badano na przykładzie dwóch długoletnich doświadczeń łąkowych zlokalizowanych w miejscowościach Janki (J) i Laszczki (L) [SAPEK, 2006]. Badania wykonywano na wybranych obiektach nawozowych doświadczeń – niewapnowanych ( $Ca_0$ ) i wapnowanych podwojoną dawką wapna ( $Ca_2$ ), nawożonych  $240 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  w postaci saletry amonowej (AN), a począwszy od 1992 r. równoległe (na połowie poletka) w postaci saletry wapniowej (CN). Szczegółowy opis doświadczeń zawierają wcześniejsze prace [SAPEK, 1993; SAPEK, BARSZCZEWSKI, 2000].

W badaniach mineralizacji stosowano metodę inkubacji *in situ*, która umożliwia badanie tego procesu w warunkach zbliżonych do naturalnych. Obszerną literaturę zagraniczną dotyczącą wymienionej metody zacytowano w pracy SAPEK i KALIŃSKIEJ [2004]. Opis metody inkubacji *in situ*, stosowanej w niniejszych badaniach, zawierają prace SAPEK [1999] oraz SAPKA, SAPEK i BARSZCZEWSKIEGO [2002]. Metodą tą badano mineralizację w 0–10 cm warstwie gleby. Jednocześnie, z warstwy gleby o tej samej miąższości, pobierano próbki bezpośrednio spod roślinności, obok zainstalowanych rurek do inkubacji. Obydwa rodzaje próbek pobierano zawsze przed wysiewem nawozów:

- wczesną wiosną przed ruszeniem wegetacji – termin I (próbki inkubowane pozostawiano w glebie w okresie od ostatniego pokosu do ruszenia wegetacji),
- po kolejnych odrostach runi – terminy II–IV (próbki inkubowane pozostawały w glebie w czasie kolejnych odrostów runi).

Zawartość mineralnych form azotu – amonowej ( $\text{N-NH}_4$ ) i azotanowej ( $\text{N-NO}_3$ ) w próbkach gleby po inkubacji *in situ* (R) oraz w próbkach pobranych spod roślinności (T) oznaczano w wyciągu z gleby 1%  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , metodą spektrofotometryczną za pomocą automatycznego analizatora przepływowego SKALAR. Z sumy  $\text{N-NH}_4$  i  $\text{N-NO}_3$  obliczano całkowitą zawartość azotu mineralnego (N-min). Ponadto obliczano tzw. różnicową wydajność mineralizacji z różnicy

zawartości azotu oznaczonej w próbce po inkubacji i w próbce spod roślinności (R – T) [SAPEK, SAPEK, BARSZCZEWSKI, 2002; SAPEK, KALIŃSKA, 2004]. Na pojedynczy wynik składały się oznaczenia w 16 próbkach gleby (4 próbki na każdym obiekcie nawozowym w 4 powtórzeniach). Oznaczenia wykonywano w świeżej masie gleby. Wyniki podano w przeliczeniu na  $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

Wpływ badanych czynników, tj. opadów i temperatury, a także uwilgotnienia gleby w okresie wegetacyjnym na wydajność mineralizacji i uwalnianie się badanych form azotu mineralnego w kolejnych latach od 1995 do 2003 oceniono na podstawie ich średnich zawartości z obiektów nawozowych doświadczenia, na których wykonywano badania mineralizacji, wymienionych na wstępie rozdziału, z wszystkich czterech terminów pobierania próbek. Przebieg zmian oraz współzależność zawartości badanych form azotu w glebie i wielkości opadu, temperatury i uwilgotnienia gleby oceniono na podstawie współczynników korelacji liniowej Pearsona.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Jak wykazano we wcześniejszej pracy [SAPEK, KALIŃSKA, 2004], w glebie doświadczenia J, uboższej w próchnicę i minerały ilaste, o mniej korzystnych warunkach wilgotnościowych w porównaniu z glebą doświadczenia L (tab. 1, 2), uwalniało się więcej zarówno azotu azotanowego, jak i amonowego. W okresie badań 1995–2003 stwierdzono systematyczny, a począwszy od 2001 r. – intensywny wzrost wydajności nityfikacji (jednej z dwóch składowych procesu mineralizacji) w glebie na obu doświadczeniach (rys. 1a, b, c). Podobny kierunek zmian chwilowej zawartości azotu amonowego w latach 1995–2001 wskazują wyniki badań TURBIAKA i MIATKOWSKIEGO [2003], przeprowadzonych w warunkach produkcyjnych na glebie torfowo-murszowej i mineralno-murszowej, w rejonie Kopalni Węgla Brunatnego „Bełchatów”. Można więc domniemywać, że zjawisko jest skutkiem obserwowanych obecnie zmian klimatycznych sprzyjających mineralizacji organicznych związków azotu. Na wpływ globalnych zmian klimatu na ten proces zwrócili uwagę LEIROS i in. [1996]. Autorzy wskazują na potrzebę badań wpływu zmian temperatury i uwilgotnienia na proces mineralizacji w celu przewidywania skutków wywołanych zmianami tych parametrów w przebiegu mineralizacji w glebach, zwłaszcza takich, które są szczególnie czułe na globalne zmiany klimatu, jakimi są gleby Galicji w północno-zachodniej Hiszpanii.

Obserwowany w niniejszych badaniach intensywny wzrost mineralizacji można by tłumaczyć znacznymi zmianami wielkości opadu oraz temperatury i stąd zmianami uwilgotnienia gleby w okresie wegetacyjnym w latach 2000–2003. Po skrajnie niskim opadzie w 2000 r. (288 mm), 2001 r. był bogaty w opady (396 mm). Podobnie małowemu opadowi w okresie wegetacyjnym w 2002 r. towarzyszyła wyższa, niż stwierdzone w pozostałych latach 1995–2003, średnia temperatura

**Tabela 1.** Charakterystyka gleby (warstwy 0–10 cm) przed założeniem doświadczeń w Jankach i Laszczkach**Table 1.** Soil characteristics (0–10 cm layer) before the start of experiments in Janki and Laszczki

Obiekt Object	Tekstura gleby Soil texture	pH <sub>KCl</sub>	Zawartość, % Content, %		Gęstość objętościowa Bulk density g·cm <sup>-3</sup>
			części <0,02 mm soil particles < 0,02 mm	C <sub>org</sub>	
Janki	piasek gliniasty mocny heavy loamy sand	4,5	18,4	1,9	1,48
Laszczki	glina lekka pylasta light silty loam	4,3	22,4	3,8	1,27

**Tabela 2.** Opady, średnie temperatury oraz uwilgotnienie gleby w warstwie 0–50 cm w okresie wegetacyjnym IV–IX w rejonie doświadczeń w latach 1995–2003**Table 2.** Precipitation, average temperature and soil humidity in 0–50 cm layer during vegetation season April–September in the region of experiments in 1995–2003

Lata Years	Opad Precipitation mm		Temperatura Temperature °C	Uwilgotnienie gleby, % obj. Soil humidity, % vol.	
	roczny annual	w okresie wegetacyjnym during vegetation season		Janki	Laszczki
1995	545	394	15,1	21,4	28,3
1996	534	408	14,4	23,6	31,2
1997	662	480	14,5	26,3	34,6
1998	614	403	15,1	26,8	32,4
1999	580	381	16,0	21,4	27,0
2000	541	288	15,5	20,7	24,8
2001	578	396	15,3	24,0	25,5
2002	535	293	16,6	20,3	25,2
2003	549	342	15,7	19,4	23,8

(16,6°C). Na skutek tego, w 2003 r. uwilgotnienie gleby znacznie się zmniejszyło (tab. 2). Wartości współczynników korelacji Pearsona wskazują na istotny wpływ zmniejszenia opadu na zwiększenie wydajności nityfikacji (rys. 1a) oraz związanego z tym zmniejszenia uwilgotnienia gleby na uwalnianie w glebie obydwóch form mineralnego azotu (rys. 1c). Przebieg zmian wydajności mineralizacji i temperatury w latach badań oraz współzależność obu badanych cech potwierdzają obserwowany wzrost wydajności mineralizacji, zwłaszcza uwalniania w glebie azotanów, wraz ze wzrostem temperatury powietrza (rys. 1b). LEIROS i in. [1996] wykazali istotną współzależność między temperaturą oraz uwilgotnieniem gleby i mineralizacją związków azotu, zwłaszcza amonifikacją. Przebieg tego procesu

różnicowała ponadto warstwa gleby. Autorzy ci stwierdzili, między innymi, że temperatura wywiera silniejszy wpływ na amonifikację w głębszych warstwach gleby, natomiast uwilgotnienie gleby – w warstwie wierzchniej.

Mimo udowodnionej na obu doświadczeniach współzależności między wydajnością mineralizacji mierzonej w warunkach *in situ* (R) i ilością azotu mineralnego w glebie spod roślinności (T) (tab. 3), wpływ opadu oraz temperatury na tę ostatnią cechę, wyrażony współczynnikiem korelacji był nieco inny. W obydwóch przypadkach pozostał ten sam kierunek zmian, ale zmniejszenie wielkości opadu istotnie zwiększało zawartość N-NO<sub>3</sub> w glebie pod roślinnością ( $r = -0,512$ , rys. 1d). Nie wykazano istotnego wpływu temperatury na zawartość N-NH<sub>4</sub> pod roślinnością. Jej wzrost sprzyjał jedynie większej zasobności gleby w azotany (rys. 1e). Wpływ uwilgotnienia w przypadku gleby w badaniach *in situ* (R) i spod roślinności (T) był taki sam (rys. 1c, f).

**Tabela 3.** Współczynniki korelacji liniowej Pearsona między wydajnością mineralizacji organicznych związków azotu w czasie inkubacji gleby *in situ* (R), zawartością mineralnych form azotu w glebie spod roślinności (T) i różnicową wydajnością mineralizacji (R – T) w latach 1995–2003<sup>1)</sup>

**Table 3.** Person's linear coefficients of correlation between mineralization rate of organic nitrogen compounds in the soil during *in situ* soil incubation (R), and the content of mineral nitrogen forms in the soil under vegetation (T) and the differential mineralization rate (R – T) in 1995–2003<sup>1)</sup>

Forma azotu Nitrogen form	Cecha Feature	Janki		Laszczki		Janki i Laszczki	
		T	R – T	T	R – T	T	R – T
N-NO <sub>3</sub>	R	0,975**	0,754**	0,988**	0,068	0,973***	0,591**
N-NH <sub>4</sub>	R	-0,279	0,846**	0,670*	0,888***	0,464*	0,742***
N-min	R	0,963**	0,827**	0,985**	0,316	0,976***	0,791***

<sup>1)</sup> Obliczenia na podstawie średnich z lat.

<sup>1)</sup> Calculations based on mean annual values.

Rozważono także wpływ opadu, temperatury oraz uwilgotnienia gleby na wydajność mineralizacji różnicowej (R – T) – sumarycznie dla obu form azotu mineralnego (N-min) oraz dla każdej z form oddzielnie (N-NH<sub>4</sub> i N-NO<sub>3</sub>) (rys. 2). Jej zmiany w okresie badań nie wykazują tak wyraźnego wzrostu jak w omawianych poprzednio przypadkach (R i T, rys. 1), zwłaszcza na doświadczeniu w Laszczkach o korzystnych warunkach uwilgotnienia. Zwiększanie wartości R – T wraz z obniżaniem wielkości opadu i wzrostem temperatury, dla sumy azotu mineralnego (N-min) udowodniono tylko w warunkach doświadczenia w Jankach (rys. 2a, b), natomiast w warunkach obu doświadczeń udowodniono, że różnicowa wydajność mineralizacji (R – T) obliczona dla azotu amonowego maleje ze wzrostem opadu i zwiększa się wraz ze wzrostem temperatury (rys. 2d, e). Mimo znacznej różnicy między uwilgotnieniem gleby na dwóch doświadczeniach, nie wykazano jego istotnego wpływu na wartość R – T, co jest dość zaskakujące z uwagi na zależność

tej cechy gleby od opadu i temperatury (rys. 2c, f). Współczynniki korelacji Pearsona między uwilgotnieniem gleby i opadem ( $r_1$ ) oraz uwilgotnieniem i temperaturą ( $r_2$ ) były istotne: na doświadczeniu w Jankach –  $r_1 = 0,779^{**}$ ,  $r_2 = -0,675^*$ , na doświadczeniu w Laszczkach –  $r_1 = 0,824^{**}$ ,  $r_2 = -0,744^{**}$ .

PIERZYŃSKI, SIMS i VANCE [1994] cytują wyniki badań STANFORDA [1973] oraz STANFORDA i EBSTAINA [1974], którzy wykazali wzrost wydajności mineralizacji związków azotu wraz ze wzrostem temperatury w przedziale 5–35°C. Stwierdzono, że temperatura optymalna dla procesu nityfikacji wynosi 30–35°C oraz że wzrost uwilgotnienia gleby w temperaturze 35°C powoduje zmniejszenie całkowitej ilości mineralizowanego azotu. Ponadto, autorzy ci wskazali, że uwilgotnienie gleby optymalne dla mineralizacji wynosi 50–65% jej pojemności wodnej, a jej pH – 6,6–8,0.

Istotny wpływ omawianych parametrów, a także aktywności biologicznej gleby na mineralizację netto w warunkach laboratoryjnych stwierdzili TEIRA-ESMATGES i VAN CLEEMPUT [1996]. Wykazali, że proces przebiegał najintensywniej w temperaturze 25°C, w warunkach wilgotności gleby równej 3/4 jej połowej pojemności wodnej. W warunkach pełnego wysycenia gleby wodą i w temperaturze mniejszej niż 15°C wydajność mineralizacji była zbliżona do wydajności tego procesu w suchej glebie. Wykazana przez autorów potencjalna zdolność mineralizacji związków azotu była równa 238 kg N·ha<sup>-1</sup>.

W niniejszych badaniach największe wydajności mineralizacji oznaczonej w warunkach *in situ* (R), wyrażonej zawartością N-NO<sub>3</sub>, wykazane w latach 2002–2003, wynosiły od ok. 320 kg N·ha<sup>-1</sup> w przypadku gleby bogatszej w próchnicę, o korzystniejszych warunkach uwilgotnienia (doświadczenie L), do ok. 430 kg N·ha<sup>-1</sup> w przypadku gleby ubogiej w węgiel organiczny, o słabym uwilgotnieniu (doświadczenie J) (rys. 1a, b, c). Obliczona w tych samych latach dla wymienionych dwóch doświadczeń różnicowa wydajność mineralizacji (R – T), wyrażona zawartością N-min, wynosiła ok. 70–150 kg N·ha<sup>-1</sup> (rys. 2a, b, c). W obydwóch przypadkach, najintensywniejszej mineralizacji odpowiadała temperatura 15,2–16,6°C oraz uwilgotnienie gleby 20–25% objętościowych.

Obserwowane, częściowo odmienne, oddziaływanie badanych parametrów na wydajność mineralizacji oznaczoną w warunkach *in situ* (R) oraz na różnicową wydajność mineralizacji (R – T), a także na zawartość mineralnych form azotu w glebie pod roślinnością (T) skłoniło do zbadania wzajemnych zależności tych wielkości (tab. 3). Wydajność mineralizacji (R) N-min, a także wyrażona ilością uwolnionego N-NO<sub>3</sub> oraz zawartości N-min i N-NO<sub>3</sub> w glebie pod roślinnością (T) były najsilniej skorelowane, na co wskazują bezwzględne wartości  $r$  otrzymane w przypadku każdego z obu doświadczeń oraz w obu doświadczeniach łącznie. Współzależność wydajności mineralizacji (R) oraz różnicowej wydajności mineralizacji (R – T) ujawniła się głównie w przypadku N-NH<sub>4</sub> (tab. 3), można zatem sądzić, że w procesie mineralizacji organicznych związków azotu o wydajności

decyduje przede wszystkim jej pierwsza faza – amonifikacja, na co również wskazują wyniki badań LEIROSA i in [1996].

### PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W warunkach wykonywanych doświadczeń obserwowano większą intensywność procesu mineralizacji w glebie o mniejszym uwilgotnieniu i zawartości próchnicy (doświadczenie J) w porównaniu z glebą, gdzie te warunki, w świetle badań innych autorów, były korzystniejsze (doświadczenie L). Wykazano dominujący, dodatni wpływ temperatury i ujemny wpływ wielkości opadu oraz uwilgotnienia na wydajność mineralizacji związków azotu w warunkach inkubacji *in situ* (R). Mimo istotnej współzależności opadu i uwilgotnienia gleby, nie stwierdzono istotności tego wpływu na wielkość mineralizacji różnicowej (R – T). Wykazano natomiast dominujący wpływ temperatury i brak istotnego wpływu uwilgotnienia gleby na wydajność pierwszego jej etapu – amonifikacji. Tymczasem w glebie, w warunkach oddziaływania roślinności (T), wzrost temperatury sprzyjał w głównej mierze uwalnianiu azotanów.

- Na podstawie otrzymanych wyników badań można sądzić, że w przypadku gleby łąkowej, zwłaszcza o mniej korzystnych warunkach uwilgotnienia, przede wszystkim temperatura oraz wielkość opadu decydują o wydajności mineralizacji związków azotu.
- W warunkach inkubacji gleby *in situ*, maksymalne ilości uwolnionego w niej azotu mineralnego wynosiły ok. 350–460 kg N·ha<sup>-1</sup>.
- Obliczona różnicowa wydajność mineralizacji, wyrażona zawartością N-min, w przedziale od ok. 70–150 kg N·ha<sup>-1</sup> stanowi nadwyżkę azotu mineralnego uwolnionego w glebie w procesie mineralizacji jego organicznych związków.
- Wykazany w ostatnich latach, również przez innych autorów, w różnych warunkach produkcyjnych i glebowych, wzrost intensywności mineralizacji związków azotu w glebach łąkowych może wskazywać na wpływ obserwowanych obecnie globalnych zmian klimatycznych na ten proces.

### LITERATURA

- LEIROS C., TRASAR-CEPEDA C., SEOANE S., GIL-SOTRES F., 1996. Influence of global climatic change on nitrogen mineralization in acid and organic matter-rich soils. Preliminary data. Trans. 9th Nitrogen Workshop. Braunschweig, September 1996. Braunschweig: Tech. Univ. s. 257–260.
- PIERZYNSKI G.M., SIMS J.T., VANCE G.F., 1994. Soils and environmental quality. Boca Raton, Florida: Lewis Publishers s. 6176.
- SAPEK A., SAPEK B., BARSZCZEWSKI J., 2002. Mineralizacja azotu w glebie łąki trwałej deszczowanej. Nawozy Nawożenie s. 238-246.
- SAPEK B., 1993. Studia nad wapnowaniem trwałego użytku zielonego. Rozpr. Habil. Falenty: Wydaw. IMUZ ss. 93.

- SAPEK B., 1999. Ocena dynamiki mineralizacji związków azotu metodą inkubacji *in situ* i jego bilans w mineralnej glebie łąkowej. Wiad. IMUZ t. 20 z. 1 s. 39–57.
- SAPEK B., 2006. Przedmowa (w niniejszym zeszycie).
- SAPEK B., BARSZCZEWSKI J., 2000. Characteristics of the long-term meadow experiments in Janki and Laszczki; a description of the sites, soils, treatments and some results. W: Effects of liming and nitrogen fertilizer application on soil acidity and gaseous nitrogen oxide emissions in grassland systems. Pr. zbior. Red. O. Oenema, A. Sapek. Falenty: Wydaw. IMUZ s. 14–24.
- SAPEK B., ESTAVILLO J.M., CORRE W J., 2000. Amounts of ammonium and nitrate in grassland soil as a function of soil pH and fertiliser nitrogen application. W: Effects of liming and nitrogen fertilizer application on soil acidity and gaseous nitrogen oxide emissions in grassland systems. Pr. zbior. Red. O. Oenema, A. Sapek. Falenty: Wydaw. IMUZ s. 25–37.
- SAPEK B., KALIŃSKA D., 2004. Mineralizacja organicznych związków azotu w glebie w świetle długoletnich doświadczeń łąkowych IMUZ. Woda Środ. Obsz. Wiej. t. 4 z. 1 (10) s. 183–200.
- TEIRA-ESMATGES M. R., VAN CLEEMPUT O., 1996. Nitrogen mineralization in two Catalan benchmark soils under irrigation. Trans. 9th Nitrogen Workshop. Braunschweig, September 1996. Braunschweig Tech. Univ. s. 353–356.
- TURBIAK J., MIATKOWSKI Z., 2003. Zawartość mineralnych form azotu w długotrwanie odwodnionej płytkiej glebie torfowo-murszowej i mineralno-murszowej. Woda Środ. Obsz. Wiej. t. 3 zesz. specj. (9) s. 139–152.

Barbara SAPEK

**THE EFFECT OF PRECIPITATION, TEMPERATURE  
AND HUMIDITY OF MEADOW SOIL  
ON THE RELEASE AND DYNAMICS OF MINERAL NITROGEN FORMS**

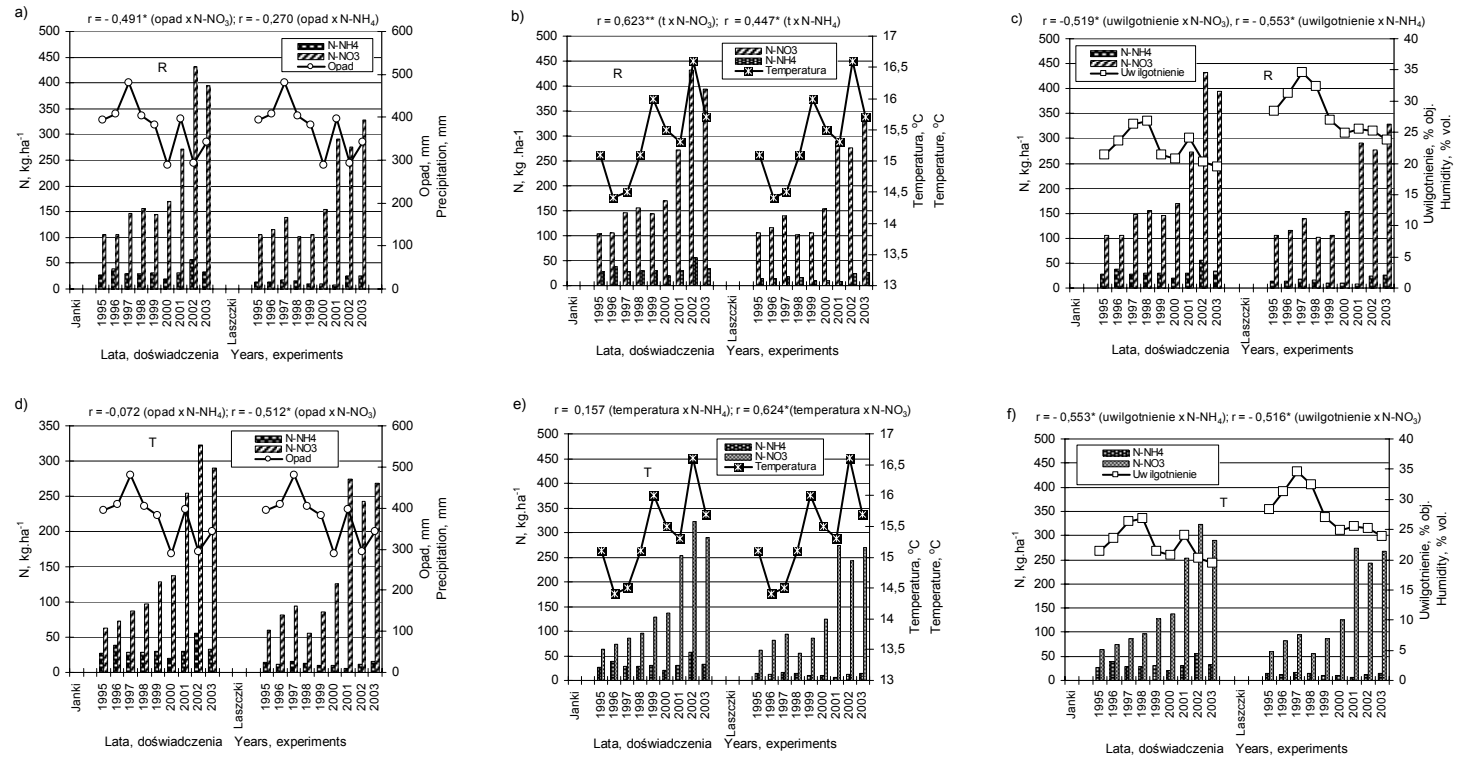
*Key words: meteorological conditions, mineral meadow soil, mineralization, organic nitrogen compounds, soil moisture*

**S u m m a r y**

The effect of meteorological conditions – precipitation and temperature as well as humidity of meadow soil on the content of mineral nitrogen forms released during mineralization of organic compounds was estimated in long-term grassland experiments in the years 1995–2003. Temperature and precipitation were found to primarily decide on mineralization efficiency of nitrogen compounds, especially in the case of meadow soils with poorer moisture conditions. Calculated differential efficiency of mineralization expressed as N-min content (about 70–150 kg N·ha<sup>-1</sup>) was the mineral nitrogen surplus that was released into the soil during mineralization of organic nitrogen compounds. Recently observed increased intensity of mineralization in grassland soils might indicate the effect of global climate changes on this process.

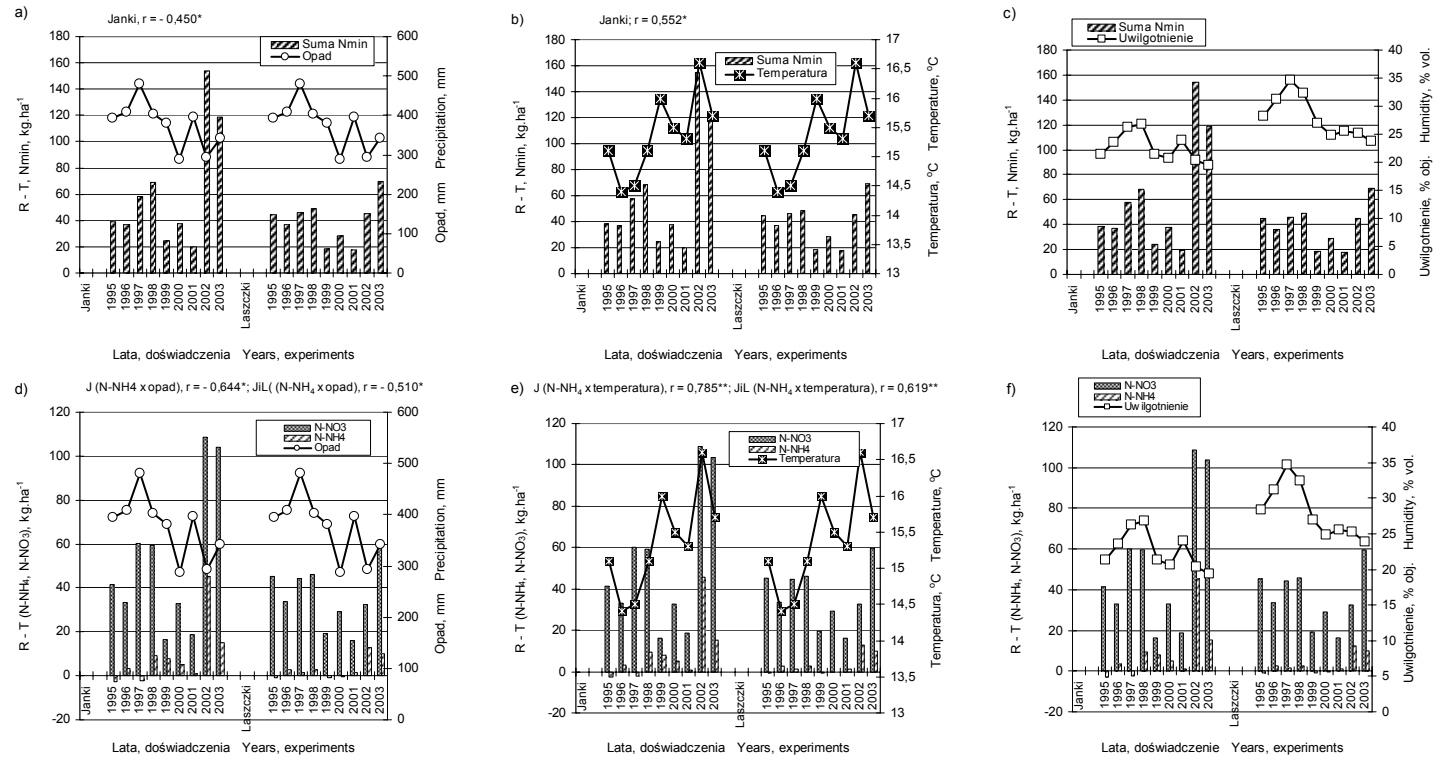
Praca wpłynęła do Redakcji 22.07.2005 r.





Rys. 1. Zmiany i zależność wydajności mineralizacji związków azotu oznaczone w warunkach inkubacji gleby *in situ* (R) wyrażonej ilością uwolnionego azotu amonowego (N-NH<sub>4</sub>) i azotanowego (N-NO<sub>3</sub>) oraz zawartość tych składników w glebie pod roślinnością (T) od opadu (a, d), temperatury (b, e) i uwilgotnienia gleby (c, f) na doświadczeniach łąkowych w Jankach i Laszczkach w latach 1995–2003

Fig. 1. Changes and the relationship between mineralization rate of nitrogen compounds determined during *in situ* soil incubation (R), expressed as a content of released ammonium and nitrate nitrogen in the soil, and the content of these components in the soil under vegetation (T) and precipitation (a, d), temperature (b, e) and soil humidity (c, f) in Janki and Laszczki grassland experiments in 1995–2003



Rys. 2. Zmiany i zależność różnicowej wydajności mineralizacji związków azotu (R – T) wyrażonej sumaryczną ilością uwolnionego w glebie azotu mineralnego (N-min) oraz amonowego (N-NH<sub>4</sub>) i azotanowego (N-NO<sub>3</sub>) od opadu (a, d), temperatury (b, e) i uwilgotnienia gleby (c, f) na doświadczeniach łąkowych w Jankach i Laszczkach w latach 1995–2003

Fig. 2. Changes and the relationship between differential mineralization rate of nitrogen compounds (R – T), expressed as total released mineral nitrogen (N-min), ammonium nitrogen (N-NH<sub>4</sub>) and nitrate nitrogen (N-NO<sub>3</sub>), and precipitation (a, d), temperature (b, e) and soil humidity (c, f) in Janki and Laszczki grassland experiments in 1995–2003