

Katedra Gleboznawstwa i Ochrony Gleb, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
Plac Łódzki 3, 10-727 Olsztyn, Poland

Jan Pawluczuk

Mineralizacja azotu w glebach torfowo-murszowych strefy morenowej Pojezierza Mazurskiego

Nitrogen mineralization in peat-muck soils of the moraine zone of the Mazurian Lake District

ABSTRACT. The paper presents results of studies on organic nitrogen compounds in the peat-muck soils of the Lutra site within the moraine zone of the Mazurian Lake District representing the young-glacial areas of north-eastern Poland of great natural values. The issues raised are important for the protection of the environment and rational usability of peat soils. Free nitrogen release, in very considerable amounts in some sites, leads to a loss in the organic matter, lowering the surface and in consequence disappearance of soil. It was found that within the Lutra site there is a soligenous water supply system to habitats, which ensures the maintenance of high soil humidity. In such conditions, mineralization of nitrogen organic compounds in the soil is limited throughout the year. The content of nitrates was usually in a very small or small content range and only sporadically in the average range. Ammonia nitrogen was also released in small amounts. The results indicate an important role of habitat conditions in the transformations occurring in peat soils.

KEY WORDS: Young glacial areas, peat-muck soils, nitrogen mineralization

Mineralizacja organicznych połączeń azotu w glebach torfowo-murszowych jest głównym źródłem azotu dostępnego dla roślin. Proces uwalniania azotu mineralnego w glebie w postaci jonów $N-NH_4$ i $N-NO_3$ przebiega z różnym nasileniem w zależności od panujących warunków siedliskowych, a zwłaszcza uzależniony jest od stanu odwodnienia gleb i związanego z tym uwilgotnienia [Gotkiewicz 1983]. Intensywność procesu mineralizacji bywa zróżnicowana w poszczególnych latach, jak również występują wahania sezonowe w obrębie

jednego roku [Klupczyński 1978; Popławski, Filipiak 1981; Gotkiewicz 1983; Pawluczuk 2001; Pawluczuk, Gotkiewicz 2003]. Ilość uwalnianego azotu mineralnego z gleb torfowo-murszowych przekracza często potrzeby roślin, a nadmiar tego składnika ulega rozproszeniu w środowisku [Sapek 1996]. Dlatego potrzebne jest rozpoznanie i kontrola tego procesu.

Celem badań było przedstawienie przebiegu procesu mineralizacji azotu w latach 2001–2003 w ciągu sezonu wegetacyjnego i podczas zimy w glebie torfowo-murszowej obiektu Lutry, położonego na Poj. Mazurskim w strefie wysoczyzn morenowych na tle występujących tam warunków siedliskowych.

METODY

Badania nad mineralizacją azotu prowadzono na obszarze makroregionu Pojezierza Mazurskiego, reprezentującego młodoglacjalny krajobraz Polski północno-wschodniej, gdzie areał gleb torfowych i torfowo-murszowych wynosi około 98 800 ha [Gotkiewicz i in. 1996]. Obszar ten cechuje duża odrębność siedliskowa w stosunku do reszty kraju [Kondracki 1972]. Zróżnicowanie geomorfologiczne i siedliskowe Poj. Mazurskiego dobrze wyraża dziewięć wydzielonych typów krajobrazów, które połączono w różniące się warunkami siedliskowymi strefy litogeniczne, określone jako: równiny zastoiskowe, wysoczyzny morenowe i równiny sandrowe [Gotkiewicz, Smołucha 1996].

Badania nad przebiegiem procesu mineralizacji prowadzono w latach 2001–2002 i w okresie zimy roku 2003 w glebach torfowo-murszowych obiektu Lutry. Objęte badaniem gleby położone są w północno-wschodniej części mezo-regionu Pojezierza Olsztyńskiego, wchodzącego w skład makroregionu Pojezierze Mazurskie [Kondracki 1972; Dembek i in. 2000]. Badania terenowe prowadzono na dwóch reprezentatywnych odkrywkach glebowych, umiejscowionych na zmeliorowanym pastwisku, użytkowanym w sposób ekstensywny. Odkrywka pierwsza zlokalizowana była w bezpośrednim sąsiedztwie wysoczyzny morenowej, a odkrywka druga w środkowej części obiektu. W wytypowanych odkrywkach pobierano próbki glebowe cylinderkami o pojemności 100 cm³ w czterech terminach (wiosennym, letnim, jesiennym i zimowym), w czterech powtórzeniach z warstw: 5–10, 25–30, 35–40 cm. W pobranych próbkach oznaczono podstawowe właściwości fizyczne (popielność, gęstość objętościową, gęstość właściwą, porowatość) według metodyki Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych, stosowanej dla gleb organicznych [Sapek, Sapek 1997]. Oznaczono azot ogólny metodą Kiejdahla oraz azot mineralny (N-NO₃ i N-NH₄) w wyciągu 1% K₂SO₄ po 14 dniowej inkubacji w temperaturze 28°C. W okresie badań dokonywano pomiarów poziomu zalegania wody gruntowej w założonych studzienkach pomiarowych.

WYNIKI

Obiekt Lutry występuje w strefie wysoczyzn morenowych, charakteryzującej się silnym urzeźbieniem terenu [Gotkiewicz, Smołucha 1996]. W strefie tej znajdują się bardzo liczne małe skupiska torfowisk niskich, wytworzone w okresie holoceniście. Torfowiska usytuowane w zagłębieniach śródmorenowych mają duże możliwości stałego retencjonowania wody dzięki krążącej wodzie, która pod ciśnieniem spływa z przyległych wysoczyzn. Jest to naporowy i wyciekowy soligeniczny typ zasilania hydrologicznego [Okruszko 1983; Gotkiewicz, Smołucha 1996], sprzyjający utrzymywaniu w glebach wysokiego uwilgotnienia.

Torfowisko niskie obiektu Lutry zajmuje obszar 19,4 ha. Występuje tu gleba torfowo-murszowa (MtlIca), średnio zmurszała, wytworzona z torfu olesowego (24–42 cm) silnie rozłożonego podścielonego (43–47 cm) torfem turzycowiskowym o średnim stopniu rozkładu (R_2). Niżej (47–130 cm) zalega torf mechowiskowy słabo rozłożony (R_1). Opisywaną glebę można zaliczyć do prognostycznego kompleksu wilgotnościowo-glebowego (PKWG) posusznego C [Okruszko 1988]. Całe torfowisko jest zmeliorowane i ekstensywnie użytkowane jako pastwisko. W runi łąkowej dominują: wyczyniec łąkowy, kupkówka, kostrzewa czerwona oraz znaczna ilość roślin charakterystycznych dla terenów podmokłych.

Tabela 1. Właściwości fizyczne gleb torfowo-murszowych obiektu Lutry
Table 1. Physical properties of peat-muck soils in Lutry object

Profil Profile	Głębokość pobrania Depth cm	Popielność Ash % sm	Gęstość obj. Vol. denisty g cm ⁻³	Gęstość wł. Specific denisty g cm ⁻³	Porowatość Porosity %
Odkrywka 1 Profile 1	5-10 25-30	49,04 41,81	0,362 0,154	1,990 1,910	81,04 92,26
MtlIca	35-40	18,63	0,110	1,655	93,35
Odkrywka 2 Profile 2	5-10 25-30	58,04 50,89	0,488 0,268	2,089 2,010	76,63 86,66
MtlIca	35-40	23,12	0,253	1,705	85,16

Właściwości fizyczne gleb przedstawia tabela 1. Wysoka popielność gleby w warstwie do 30 cm (41,81–58,04% sm) jest wynikiem silnego zamulenia. W warstwie 35–40 cm popielność zmniejsza się do 18,63–23,12% sm, osiągając wartości typowe dla utworów organicznych niezamulonych. Wysoka popielność wpłynęła na zwiększenie gęstości objętościowej i właściwej gleby. Porowatość gleb odkrywki 1 wynosi średnio około 89%, a odkrywki 2 jest nieco mniejsza i wynosi średnio 83% (tab. 1).

Tabela 2. Poziomy wody gruntowej (cm) w glebach torfowo-murszowych obiektu Lutry w 2001–2002 r.

Table 2. Ground water (cm) of peat-muck soils in Lutry object in 2001–2002

Profil Profile	Wiosna Spring	Lato Summer	Jesień Autumn	Zima Winter
rok 2001 year				
Odkrywka 1 Profile 1	15	35	20	-
Odkrywka 2 Profile 2	25	30	25	-
rok 2002 year				
Odkrywka 1 Profile 1	45	130	40	50
Odkrywka 2 Profile 2	30	130	30	*

*Woda na powierzchni Water at the surface

Tabela 3. Wilgotność gleb torfowo-murszowych obiektu Lutry w 2001-2002 r.

Table 3. Moisture of peat-muck soils in Lutry object in 2001-2002

Profil Profile	Głębokość pobrania Depth cm	Terminy pomiarów Dates of measurements			
		Wiosna Spring	Lato Summer	Jesień Autumn	Zima Winter
Wilgotność gleby % obj. Moisture of soi in vol. (%)					
rok 2001 year					
Odkrywka 1 Profile 1	5-10	72,8	69,2	75,8	-
MtIIca	25-30	79,8	69,3	84,5	-
	35-40	81,5	75,0	90,5	-
Odkrywka 2 Profile 2	5-10	63,7	57,5	72,1	-
MtIIca	25-30	75,7	61,5	81,2	-
	35-40	84,7	78,2	86,1	-
rok 2002 year					
Odkrywka 1 Profile 1	5-10	74,5	66,8	78,8	-
MtIIca	25-30	78,5	69,5	79,0	76,6
	35-40	82,9	75,8	85,3	80,3
Odkrywka 2 Profile 2	5-10	76,9	65,5	77,3	*
MtIIca	25-30	80,0	75,6	82,3	*
	35-40	86,7	77,0	88,3	*

* Pełna pojemność wodna Total moisture capacity

W 2001 r. w badanych glebach obiektu Lutry poziom wód gruntowych był wysoki i wahał się od 15 do 35 cm (tab. 2). Najbliżej powierzchni woda zalegała wiosną w glebie odkrywki pierwszej, położonej w pobliżu wysoczyzny, natomiast w okresie lata poziom wody gruntowej nieco spadł i utrzymywał się na poziomie 30–35 cm. W 2002 roku w glebie odkrywki pierwszej poziom wody gruntowej w okresie wiosny i jesieni był zbliżony i wynosił około 40 cm. W okresie upalnego lata odnotowano największe obniżenie poziomu wody gruntowej poniżej 130 cm w obu odkrywkach. W zimie poziom wody w odkrywce pierwszej obniżył się do 50 cm. W odkrywce drugiej lustro wody

w okresie wiosny i jesieni znajdowało się na poziomie 30 cm, a w ciągu upalnego lata poziom wody obniżył się poniżej 130 cm. W okresie zimy w odkrywce drugiej woda stagnowała na powierzchni (tab. 2). W roku 2001, wiosną i jesienią w obu odkrywkach w warstwach 5–30 cm utrzymywało się wysokie uwilgotnienie, przekraczające najczęściej 70% obj. i ponad 80% obj. warstwach 35–40 cm. W ciągu lata występowało krótkotrwałe przesuszenie, zwłaszcza gleby odkrywki drugiej (tab. 3). W r. 2002 utrzymywało się wysokie uwilgotnienie (ponad 70% obj.) w glebach obu odkrywek, jedynie w okresie lata wierzchnie warstwy uległy przesuszeniu i uwilgotnienie ich obniżyło się do około 66% obj. Zimą uwilgotnienie gleby odkrywki pierwszej wzrosło do około 80% obj. (tab. 3). Zawartość azotu ogólnego w glebach obu odkrywek obiektu wynosiła średnio 20,9 g kg⁻¹ (odkrywka 1) oraz 19,6 g kg⁻¹ (odkrywka 2) – tab. 4. W warstwie 5–30 cm zawartość azotu ogólnego w glebie obu odkrywek była mała, gdyż mieściła się

Tabela 4. Azot mineralny i ogólny w gleb torfowo-murszowych obiektu Lutry w 2001 r.
Table 4. Mineral and total nitrogen of peat-muck soils in Lutry object in 2001

Warstwa Layer cm	N-NO ₃ mg dm ⁻³	N-NH ₄ mg dm ⁻³	Razem Total	Stosunek N-NO ₃ /N-NH ₄ Ratio	N-ogółem N-Total g kg ⁻¹
Odkrywka 1 Profile 1					
Wiosna Spring					
5-10	5,04	7,01	12,05	0,73	-
25-30	4,58	8,25	12,83	0,56	-
35-40	4,38	6,21	10,59	0,70	-
Lato Summer					
5-10	2,34	1,56	3,90	1,50	18,06
25-30	5,43	1,33	6,76	4,08	20,30
35-40	3,99	1,87	5,86	2,13	24,47
Jesień Autumn					
5-10	11,26	6,49	17,75	1,73	-
25-30	3,67	8,40	12,07	0,43	-
35-40	4,06	4,14	8,20	0,98	-
Odkrywka 2 Profile 2					
Wiosna Spring					
5-10	6,13	11,78	17,91	0,52	-
25-30	6,25	12,60	18,85	0,49	-
35-40	0,24	10,84	11,08	0,02	-
Lato Summer					
5-10	7,17	6,10	13,27	1,17	17,58
25-30	5,33	3,41	8,74	1,56	17,69
35-40	9,08	4,15	13,23	2,19	23,41
Jesień Autumn					
5-10	8,89	7,86	16,76	1,13	-
25-30	5,34	3,57	8,91	1,49	-
35-40	3,59	3,31	6,90	1,08	-

w przedziale 19,2–17,6 g kg⁻¹ N. W warstwie 35–40 cm stwierdzono wzrost zawartości azotu ogólnego do 24,5 g kg⁻¹ (odkrywka 1) i 23,4 g kg⁻¹ (odkrywka 2), osiągając wartości typowe dla torfowisk niskich (tab. 4).

Tabela 5. Azot mineralny i ogólny w glebach torfowo-murszowych obiektu Lutry w 2002 r. i w okresie zimy 2003 r.

Table 5. Mineral and total nitrogen of peat-muck soils in Lutry object in 2002 and in winter 2003

Warstwa Layer cm	N-NO ₃ mg dm ⁻³	N-NH ₄ mg dm ⁻³	Razem Total	Stosunek N-NO ₃ /N-NH ₄ Ratio	N-ogółem N-Total g kg ⁻¹
Odkrywka 1 Profile 1					
Wiosna Spring					
5-10	1,75	6,45	8,20	0,27	-
25-30	2,52	7,54	10,06	0,33	-
35-40	3,04	6,12	9,16	0,49	-
Lato Summer					
5-10	11,34	4,28	15,62	2,64	18,06
25-30	13,21	3,13	16,34	4,22	20,30
35-40	9,84	2,98	12,82	3,30	24,47
Jesień Autumn					
5-10	3,26	2,63	5,89	1,23	-
25-30	3,76	3,54	7,30	1,06	-
35-40	4,15	3,95	8,10	1,05	-
Zima Winter					
35-40	1,48	44,65	46,13	0,03	-
45-50	1,56	45,74	47,30	0,03	-
Odkrywka 2 Profile 2					
Wiosna Spring					
5-10	7,87	13,87	21,74	0,56	-
25-30	7,34	11,65	18,99	0,63	-
35-40	2,43	10,58	13,01	0,22	-
Lato Summer					
5-10	15,76	7,83	23,59	2,01	17,58
25-30	12,23	6,47	18,70	1,89	17,69
35-40	11,52	4,31	15,83	2,67	23,41
Jesień Autumn					
5-10	6,87	5,63	12,5	1,22	-
25-30	5,63	4,93	10,56	1,14	-
35-40	3,95	4,61	8,56	0,85	-

Tempo procesu mineralizacji organicznych związków azotu w badanych glebach obiektu Lutry zależało głównie od stanu uwilgotnienia gleby. Wyniki oznaczeń azotu mineralnego w roku 2001, mieszczące się w przedziale 3,90–17,75 mg cm⁻³ (odkrywka 1) i 8,74–17,91 mg cm⁻³ (odkrywka 2), wskazują, że proces mineralizacji przebiegał w sposób ograniczony w glebach obu profili, a tempo uwalniania się azotu mineralnego było mało zróżnicowane we wszystkich badanych terminach sezonu wegetacyjnego, mimo że w wierzchnich

warstwach występuje torf olesowy bardzo podatny na przemiany. W okresie wiosennym w warstwie do 40 cm ilość azotanów wahała się w przedziale 4,38–5,04 mg cm⁻³ (odkrywka 1) i 0,24–6,13 mg cm⁻³ (odkrywka 2) – tab. 4. Według przyjętych norm [Gotkiewicz 1983] są to wartości małe i bardzo małe. Uwalnianie azotu amonowego w tym okresie było większe, a zawartość N-NH₄ w badanych warstwach wahała się 6,21–8,25 mg cm⁻³ (odkrywka 1) i 10,84–12,60 mg cm⁻³ (odkrywka 2). W okresie wiosny w glebach obu profili stosunek N-NO₃ do N-NH₄ kształtował się poniżej jedności, co wskazuje na niekorzystne warunki mineralizacji [Gotkiewicz 1983]. W okresie letnim i jesiennym 2001 roku zawartość N-NO₃ w glebach obu profili mieściła się w zasobności od bardzo małej (2,34 mg cm⁻³) do średniej (11,26 mg cm⁻³) – tab. 4. Ilość uwalnianego N-NH₄ w tym okresie była niższa od ilości uwalnianego N-NO₃, z wyjątkiem warstw głębszych (25–30 cm i 35–40 cm) odkrywki pierwszej w sezonie jesiennym. Stosunek N-NO₃/N-NH₄ w okresie jesieni i lata zwykle kształtował się nieco powyżej jedności. W roku 2002 ilość uwalnianego azotu mineralnego mieściła się w przedziale 7,30–15,62 mg cm⁻³ (odkrywka 1) i 13,01–23,59 mg cm⁻³ (odkrywka 2) – tab. 5. Świadczy to o ograniczonym przebiegu procesu mineralizacji. Zawartość azotanów w glebie mieściła się wiosną i jesienią zwykle w przedziale zasobności bardzo małej w glebie odkrywki pierwszej (1,75–4,15 mg cm⁻³) i zasobności od bardzo małej do małej w glebie odkrywki drugiej (2,43–7,87 mg cm⁻³). Latem, z powodu niskiego zalegania poziomu wody gruntowej i spadku uwilgotnienia gleby, ilość azotanów w glebie obu odkrywek wzrosła do zasobności średniej (11,34–15,76 mg cm⁻³) – tab. 5. W okresie lata i jesieni w glebie odkrywki pierwszej, położonej blisko wysoczyzny, ilość uwalnianego azotu amonowego była mała (2,63–4,28 mg cm⁻³). Stosunek N-NO₃/N-NH₄ w tym okresie kształtował się w przedziale od 1 do 4, co wskazuje na to, że w tym okresie panowały dogodne warunki do mineralizacji. W odkrywce pierwszej wiosną i zimą ilość uwalnianego N-NH₄ była znacznie większa (6,12–45,74 mg cm⁻³). W glebie odkrywki drugiej, oddalonej od wysoczyzny, najwięcej azotanów uwalniało się w ciągu lata (11,52–15,76 mg cm⁻³). Zawartość azotu amonowego w glebie była największa wiosną (10,58–13,87 mg cm⁻³), a latem i jesienią zmalała do wartości 4,31–7,83 mg cm⁻³. Stosunek N-NO₃/N-NH₄ w terminach letnim i jesiennym wynosił powyżej jedności, co świadczy o dobrych warunkach nityfikacji, a wiosną i zimą obniżył się poniżej jedności.

Wyniki oznaczeń Nm wskazują na to, że na obiekcie Lutry sposób dopływu wody do siedlisk, określany jako soligeniczny typ zasilania hydrologicznego, zapewnia utrzymywanie się wysokiego uwilgotnienia gleby. W tych warunkach mineralizacja organicznych połączeń azotu w glebie jest ograniczona w ciągu całego roku. Zebrane wyniki świadczą o dużej roli warunków siedliskowych w przemianach zachodzących w glebach torfowych.

WNIOSKI

1. Tempo mineralizacji organicznych związków azotu w glebach torfowo-murszowych obszarów młodoglacjalnych zależy od warunków siedliskowych, a zwłaszcza od uwilgotnienia gleby i sposobu dopływu wody.

2. W glebach obiektu Lutry, typowego dla strefy wysoczyzn morenowych, dominuje naporowy i wyciekowy soligeniczny typ zasilania hydrologicznego, który zapewnia stały dopływ wody z otaczających terenów, dzięki czemu w glebie utrzymuje się wysokie uwilgotnienie, ograniczające mineralizację organicznych połączeń azotu.

3. Zawartość azotanów w badanych glebach mieściła się zwykle w przedziale zasobności bardzo małej i małej, a tylko sporadycznie w przedziale zasobności średniej. Ilość uwalnianego azotu amonowego była w okresie wegetacyjnym mała.

4. Stwierdzono, że uwalnianie się i kumulowanie azotu mineralnego może się odbywać także zimą. W tym okresie zaznaczyło się duże uwalnianie azotu amonowego ze względu na zahamowanie procesu nitryfikacji, o czym może świadczyć kształtowanie się stosunku $N-NO_3/N-NH_4$ poniżej jedności.

5. Uzyskane wyniki, wskazujące na dużą rolę warunków siedliskowych w przemianach zachodzących w glebach torfowo-murszowych, mogą być wykorzystane do doskonalenia gospodarowania oraz ochrony tych gleb.

PIŚMIENNICTWO

- Dembek W., Piórkowski H., Rycharski M. 2000. Mokradła na tle regionalizacji fizyczno-geograficznej Polski. *Bibl. Wiad. IMUZ* 97, 1–131.
- Gotkiewicz J. 1983. Zróżnicowanie intensywności mineralizacji azotu w glebach organogenicznych związane z odrębnością warunków siedliskowych. *Rozpr. hab. IMUZ, Falenty*, 11.
- Gotkiewicz J., Okruszko H., Smołucha J. 1996. Powstanie i przeobrażanie się gleb hydrogenicznych w krajobrazie młodoglacjalnym Pojezierza Mazurskiego i Równiny Sępolskiej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 431, 181–199.
- Gotkiewicz J., Smołuch J. 1996. Charakterystyka krajobrazów młodoglacjalnych Pojezierza Mazurskiego i Równiny Sępolskiej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 431, 119–135.
- Kłupczyński Z. 1978: Dynamika azotu mineralnego w glebie. *Rocz. Nauk Rol. AR w Poznaniu*, 109.
- Kondracki J. 1972. *Polska północno-wschodnia*. PWN, Warszawa.
- Okruszko H. 1983. Zróżnicowanie warunków hydrologicznych mokradeł w aspekcie ich melioracji. *Wiad. IMUZ* 15, 1, 13–31.
- Okruszko H. 1988. Zasady podziału gleb hydrogenicznych na rodzaje oraz łączenia rodzajów w kompleksy. *Rocz. Gleb.* 29, 1, 13–31.

-
- Pawluczuk J. 2001. Mineralizacja związków azotu w glebach torfowych na tle zróżnicowanych warunków siedliskowych obszarów młodogłacjalnych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 476, 243–250.
- Pawluczuk J., Gotkiewicz J. 2003. Ocena procesu mineralizacji w glebach wybranych ekosystemów torfowiskowych Polski północno-wschodniej w aspekcie ochrony zasobów glebowych. *Acta Agrophysica* 1, 4, 721–728.
- Popławski Z., Filipiak K. 1981. Zawartość azotu dostępnego w glebie na tle zmiennych opadów i temperatur gleby. *Semin. nt.: Mikrobiologiczne przemiany związków azotowych w glebie w różnych warunkach ekologicznych. Cz. II.* 3–5 VI 1981.
- Sapek A., Sapek B. 1997. *Metody analizy chemicznej gleb organicznych.* IMUZ, Falenty.
- Sapek A. 1996. *Udział rolnictwa w zanieczyszczeniu wody składnikami nawozowymi.* *Zeszyty Edukacyjne* (1), IMUZ, Falenty, 9–34.

