

EMISJA PODTLENKU AZOTU Z GLEBY TORFOWO-MURSZOWEJ W DOLINIE BIEBRZY W ZALEŻNOŚCI OD WARUNKÓW WODNYCH

**Janusz TURBIAK¹⁾, Zygmunt MIATKOWSKI¹⁾,
Sławomir CHRZANOWSKI²⁾, Anna GAŚIEWSKA²⁾,
Piotr BURCZYK³⁾**

¹⁾ Instytut Technologiczno-Przyrodniczy, Kujawsko-Pomorski Ośrodek Badawczy ITP w Bydgoszczy

²⁾ Instytut Technologiczno-Przyrodniczy, Zakład Doświadczalny ITP w Biebrzy

³⁾ Instytut Technologiczno-Przyrodniczy, Zachodniopomorski Ośrodek Badawczy ITP w Szczecinie

Słowa kluczowe: ekosystem łąkowy, gleba torfowo-murszowa, podtlenek azotu, poziom wody gruntowej

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań emisji N_2O z gleby torfowo-murszowej w zależności od warunków wodnych. Emisję N_2O określano metodą komorową za pomocą miernika fotoakustycznego. Stwierdzono, że emisja N_2O z ekosystemu łąkowego na glebie torfowo-murszowej zależała od poziomu wody gruntowej. Maksymalną emisję N_2O stwierdzono w wariancie z poziomem wody gruntowej utrzymywanym na głębokości 0 cm, a najmniejszą – w wariancie z poziomem wody na głębokości 25 cm. W okresie wegetacyjnym emisja N_2O wynosiła od $12,1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot(210 \text{ dni})^{-1}$ w warunkach poziomu wody gruntowej 25 cm p.p.t. do $46,96 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot(210 \text{ dni})^{-1}$ w warunkach poziomu wody gruntowej 0 cm. Emisja N_2O w warunkach poziomu wody gruntowej na głębokości 50 i 75 cm p.p.t. wynosiła odpowiednio $33,3$ i $31,7 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot(210 \text{ dni})^{-1}$. Stwierdzono także, że nawożenie azotowe powodowało zwiększenie emisji N_2O z użytkowanej łąkowo gleby torfowo-murszowej.

WSTĘP

Podtlenek azotu jest gazem cieplarnianym, o potencjale cieplarnianym około 300 razy większym od potencjału CO₂ i bardzo długim okresie utrzymywania się w atmosferze, szacowanym na około 100 lat [SOLOMON i in. 2007, VOLK i in. 1997]. Szacuje się, że ok. 70% emitowanego N₂O jest wytwarzane w glebach, w tym 35% w glebach użytkowanych rolniczo [KROEZE i in. 1999]. W Polsce emisja N-N₂O ze źródeł rolniczych jest szacowana na 48,9 tys. t·rok⁻¹ [OENEMA i in. 1999]. Ze względu na obserwowane stałe zwiększanie się stężenia tego gazu w atmosferze, coraz więcej uwagi poświęca się określaniu źródeł jego emisji.

Wśród gleb jednym z głównych źródeł emisji podtlenku azotu mogą być gleby organiczne. Po zagospodarowaniu gleb organicznych na cele rolnicze, co wiąże się z obniżeniem poziomu wody gruntowej, w glebach tych zachodzi intensywne mineralizacja masy organicznej. W warunkach klimatycznych Polski mineralizacji ulega ok. 10 Mg·ha⁻¹·rok⁻¹ masy organicznej [OKRUSZKO, PIĄŚCIK 1990], w wyniku czego do środowiska uwalnia się nawet do 400 kg·ha⁻¹ azotu mineralnego. Uwalniany w procesie mineralizacji masy organicznej oraz dostarczany z nawozami azot ulega procesom nityfikacji i denityfikacji, w wyniku czego jego część jest emitowana do atmosfery w formie N₂O. Wielkość tej emisji zależy przede wszystkim od panujących w ekosystemie warunków wodnych.

Celem badań było określenie wartości emisji N₂O z gleby torfowo-murszowej w zależności od poziomu wody gruntowej.

OBIEKT I METODY BADAŃ

Badania prowadzono w 2010 r. na stacji lizymetrycznej w Biebrzy, zlokalizowanej na glebie torfowo-murszowej na 53°39'02,02"N i 22°34'41,41"E, na wysokości 113 m n.p.m. na torfowisku Kuwasy. Torfowisko to zostało zmeliorowane w połowie XIX w. w związku z budową kanału Kuwasy. Pomiary emisji N₂O prowadzono na lizymetrach o powierzchni 0,16 m². Lizymetry wypełniono średnio głęboką glebą torfowo-murszową MtlIcb, bez naruszania jej struktury. W warstwie murszowej 0–20 cm zawartość masy organicznej wynosiła 82,5%, azotu ogólnego – 3,6% s.m., pH_(KCl) – 5,5, a gęstość objętościowa – 0,247 g·cm⁻³. W chwili napełniania lizymetrów glebą, budowa profilu glebowego była następująca:

- 0–6 cm – warstwa darniowa M₁,
- 6–18 cm – warstwa poddarniowa M₂,
- 18–25 cm – torf murszejący M₃, wytworzony z torfu turzycowiskowego,
- 25–113 cm – torf silnie rozłożony.

W doświadczeniu założono pięć wariantów badawczych o zróżnicowanym poziomie wody gruntowej i intensywności użytkowania. W czterech wariantach zwierciadło wody gruntowej utrzymywano na głębokości: 0, 25, 50 i 75 cm.

W tych wariantach stosowano nawożenie NPK i koszenie. Wariant 5., ze zwierciadłem wody gruntowej na głębokości 50 cm, był użytkowany kośnie, ale bez stosowania nawożenia mineralnego. Łącznie pomiary prowadzono na 15 lizymetrach (5 wariantów w 3 powtórzeniach). Poziomy wody gruntowej w poszczególnych lizymetrach regulowano od początku kwietnia. W okresie wegetacyjnym były one kontrolowane dwa razy w tygodniu. Nawożenie mineralne stosowano w dawce 70 kg·ha⁻¹ azotu (NH₄NO₃), 110 kg·ha⁻¹ potasu oraz 46 kg·ha⁻¹ fosforu. Fosfor stosowano w jednej dawce wiosną, po ruszeniu wegetacji, natomiast azot i potas – w dwóch dawkach – wiosną i po I pokosie.

W składzie gatunkowym runi łąkowej dominowały życica wielokwiatowa (*Lolium multiflorum* L.) i wiechlina łąkowa (*Poa pratensis* L.). Ruń była ścinana trzykrotnie w okresie wegetacyjnym: 07.06; 24.08. i 10.10.2010 r. Średni plon siana z trzech pokosów w warunkach poziomu wody gruntowej 0, 25, 50, 75 i 50 cm bez NPK wynosił odpowiednio 636, 750, 1026, 964 i 609 g·m⁻².

Pomiary emisji N₂O prowadzono raz w miesiącu w okresie od kwietnia do października. Emisję N₂O oznaczano metodą komorową za pomocą miernika fotoakustycznego o dokładności pomiaru 1 ppb. Do pomiarów stosowano wyposażoną w wentylator komorę pleksiglasową o wymiarach 45 x 45 x 35 cm. Komora była umieszczana w kwadratowej ramce, która w dolnej części była wyposażona w stalowy cylinder długości 10 cm. Cylinder ten był wbijany w znajdującą się w lizymetrze glebę na głębokość około 5 cm. W celu uszczelnienia komory ramka była napełniana wodą. Pomiar emisji N₂O trwał około 8 minut w warunkach całkowitego zaciemnienia, które uzyskiwano przez przykrycie klosza nieprzepuszczającym światła pokrowcem. Stężenie N₂O w komorze zapisywano automatycznie co minutę. Zmiany stężenia N₂O w ppm były przeliczane na mg·m⁻²·h⁻¹.

WYNIKI I DYSKUSJA

Emisja N₂O zależała od poziomu wody gruntowej. Największą średnią w okresie badań emisję stwierdzono w warunkach poziomu wody gruntowej 0 cm: (0,93 mg·m⁻²·h⁻¹), a najmniejszą gdy głębokość zwierciadła wody gruntowej wynosiła 25 cm (0,24 mg·m⁻²·h⁻¹). W warunkach poziomu wody gruntowej 50 i 75 cm p.p.t. emisja N₂O wynosiła odpowiednio: 0,66 i 0,63 mg·m⁻²·h⁻¹ (tab. 1).

Duża emisja w wariantcie z głębokością zwierciadła wody gruntowej 0 cm wynikała z bardzo dużej emisji N₂O stwierdzonej w czerwcu – 4,98 mg·m⁻²·h⁻¹. W pozostałych miesiącach okresu wegetacyjnego emisja N₂O w tym wariantcie wynosiła od 0,13 mg·m⁻²·h⁻¹ w kwietniu do 0,47 mg·m⁻²·h⁻¹ w lipcu (tab. 1).

Duża emisja N₂O w wariantcie ze zwierciadłem wody gruntowej utrzymywanym na głębokości 0 cm w czerwcu była związana ze zmianą warunków wodnych w profilu glebowym. W warunkach niedoboru tlenu, powstałego w wyniku długotrwale utrzymującego się pełnego wysycenia porów glebowych wodą, dochodzi do

Tabela 1. Emisja N₂O na stacji lizymetrycznej w Biebrzy, mg·m⁻²·h⁻¹**Table 1.** N₂O emission at the lysimeter station at Biebrza, mg·m⁻²·h⁻¹

Data Date	Poziom wody gruntowej, cm Groundwater level, cm					Średnia Mean
	0	25	50	75	50, bez NPK	
16.04.2010	0,13±0,1	0,22±0,2	0,09±0,1	0,30±0,2	0,30±0,1	0,21±0,1
21.05.2010	0,32±0,2	0,32±0,3	1,62±1,4	0,66±0,3	0,79±0,08	0,74±0,5
17.06.2010	4,98±4,6	0,12±0,1	0,90±0,9	0,64±0,2	0,72±0,3	1,47±2,0
21.07.2010	0,47±0,3	0,34±0,2	0,38±0,3	0,61±0,6	0,20±0,2	0,40±0,1
24.08.2010	0,12±0,1	0,15±0,1	0,53±0,2	0,76±0,1	0,32±0,3	0,37±0,3
17.09.2010	0,22±0,1	0,34±0,1	0,63±0,2	0,81±0,4	0,52±0,1	0,50±0,2
20.10.2010	0,28±0,1	0,19±0,2	0,48±0,3	0,62±0,2	0,75±0,4	0,47±0,2
Średnia Mean	0,93±1,0	0,24±1,8	0,66±4,3	0,63±5,3	0,51±0,2	0,59±0,3

Źródło: wyniki własne. Source: own studies.

redukcji utlenionych związków mineralnych (NO₃⁻, Fe₂O₃ czy SO₄⁻) i powstania między innymi siarczków (HS⁻), które mają zdolność blokowania enzymu reduktazy podtlenu azotu [PAUL, CLARK 2000]. Prawdopodobnie po zablokowaniu tego enzymu dochodziło do akumulacji N₂O w glebie, a w konsekwencji do jego zwiększonej emisji. Stopniowy proces redukcji utlenionych związków mineralnych, który trwa kilka tygodni [GLIŃSKI, STĘPNIĘWSKI 1984], może tłumaczyć wystąpienie zwiększonej emisji N₂O dopiero po około dwóch miesiącach od zmiany stosunków powietrzno-wodnych w profilu glebowym. Podobne zwiększenie emisji N₂O w warunkach utrzymywania się długotrwałego podtopienia gleb organicznych w warunkach polowych stwierdzili BURCZYK i in. [2011].

Uzyskane wyniki świadczą o tym, że w warunkach długotrwałego podtopienia terenu, np. w wyniku powodzi lub podczas rewitalizacji torfowisk, może okresowo dochodzić do dużej emisji N₂O. Brak zwiększonej emisji N₂O w pozostałych wariantach wilgotnościowych, w których głębokość zwierciadła wody gruntowej wynosiła maksymalnie 25 cm świadczy o tym, że duża emisja N₂O była związana ze zmianami stosunków powietrzno-wodnych w najbardziej aktywnej biologicznie, powierzchniowej warstwie profilu glebowego 0–25 cm.

Czynnikiem wpływającym na zwiększenie emisji N₂O w warunkach pełnego wysycenia gleby wodą mogło być także nawożenie mineralne w formie saletry amonowej. Jony azotanowe, w warunkach niedoboru tlenu i słabszego ich wykorzystania przez rośliny, mogły w większym stopniu ulegać procesowi denitryfikacji.

Większa emisja N₂O w wariantcie z całkowitym wysyceniem profilu glebowego wodą, w porównaniu z emisją z pozostałych wariantów wilgotnościowych, była wyraźnie widoczna jeszcze w lipcu, z wyjątkiem wariantu ze zwierciadłem wody na głębokości 75 cm (tab. 1). Natomiast w kolejnych miesiącach, tj. sierpniu, wrześniu i październiku, emisja N₂O z lizymetrów z poziomem wody gruntowej 0 cm była na ogół znacznie mniejsza niż z pozostałych wariantów wilgotnościowych

(tab. 1). W tym okresie średnia emisja N_2O w wariacie ze zwierciadłem wody gruntowej utrzymywanym na głębokości 0 cm wynosiła $0,208 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$, natomiast w wariantach, w których zwierciadło wody gruntowej utrzymywano na głębokości 25, 50 i 75 cm wynosiła odpowiednio 0,23, 0,54 i $0,733 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ i była o 3,6, 162 i 252% większa. Wynika z tego, że w warunkach utrzymywania stałego, wysokiego poziomu wody gruntowej emisja N_2O była znacznie ograniczona w stosunku do wariantów z niższym poziomem wody gruntowej.

Porównując emisję N_2O w wariacie z nawożeniem i bez nawożenia NPK stwierdzono, że w wariacie z nawożeniem była ona o 28,7% większa niż w wariacie bez nawożenia. Można więc stwierdzić, że nawożenie azotowe spowodowało zwiększenie emisji N_2O .

W okresie wegetacyjnym emisja podtlenku azotu wynosiła od $12,1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot(210 \text{ dni})^{-1}$, gdy zwierciadło wody gruntowej utrzymywano na głębokości 25 cm, do $47,0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot(210 \text{ dni})^{-1}$, gdy poziom wody gruntowej wynosił 0 cm (tab. 2). Gdy zwierciadło wody gruntowej utrzymywano na głębokości 50 i 75 cm emisja N_2O wynosiła odpowiednio 33,3 i $31,7 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot(210 \text{ dni})^{-1}$.

Tabela 2. Emisja N_2O na stacji lizymetrycznej w Biebrzy, $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$

Table 2. N_2O emission at the lysimeter station at Biebrza, $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$

Okres Period	Poziom wody gruntowej, cm				Groundwater level, cm
	0	25	50	75	50, bez NPK
IV–X	47,0	12,1	33,3	31,7	25,9
VIII–X	10,5	11,4	27,4	36,9	26,6

Źródło: wyniki własne. Source: own studies.

W okresie od sierpnia do października, emisja N_2O w wariacie z poziomem wody gruntowej 0 cm, wynosiła $10,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, a w wariantach ze zwierciadłem wody gruntowej utrzymywanym na głębokości 25, 50 i 75 cm odpowiednio 11,4, 27,4 i $36,9 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot(210 \text{ dni})^{-1}$ (tab. 2). Uzyskane wyniki świadczą o tym, że po okresowym zwiększeniu emisji N_2O , w warunkach utrzymywania stabilnego, wysokiego poziomu wody gruntowej emisja tego gazu była wyraźnie mniejsza niż w wariantach z niższym poziomem wody gruntowej.

Uzyskane wartości emisji N_2O mieszczą się w górnym zakresie zmienności emisji tego gazu z gleb organicznych, podawanej przez innych autorów. PIETRZAK i in. [2002] podają, że emisja $N-N_2O$ w Polsce kształtuje się na poziomie $2,8 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ ($4,4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1} N_2O$). ALM i in. [1999] w Finlandii określili emisję N_2O w ciągu całego roku na $18,4 \text{ kg}$, przy czym w okresie wegetacyjnym emitowane było $11,4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} N_2O$. W Holandii LANGEVELD i in. [1997] określili emisję N_2O z torfowiska użytkowanego kośnie w warunkach wysokiego (0,3 m) i niskiego (0,5 m) poziomu wody gruntowej odpowiednio na 14,0 i $28,0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Mniejszą emisję N_2O na użytkowanym kośnie torfowisku w Finlandii stwierdzili MALJANEN

i in. [2004] – $4,3 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Natomiast VIRKAJÄRVI i in. [2010] określili emisję N_2O w zakresie od $5,0$ do $6,4 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Według IPCC [2000] średnia roczna emisja N_2O w klimacie umiarkowanym wynosi $8 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N-N}_2\text{O}$ ($12,6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}_2\text{O}$).

WNIOSKI

1. Emisja N_2O z ekosystemu łąkowego na glebie torfowo-murszowej zależała od poziomu wody gruntowej. Najmniejszą emisję N_2O stwierdzono w wariancie ze zwierciadłem wody gruntowej utrzymywanym na głębokości 25 cm , a największą – w wariancie ze zwierciadłem wody na głębokości 0 cm . W okresie wegetacyjnym emisja podtlenu azotu w tych wariantach wynosiła odpowiednio $12,10$ i $46,96 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot (210 \text{ dni})^{-1}$.

2. Utrzymywanie w profilu gleby torfowo-murszowej wysokiego poziomu wody gruntowej (0 cm) powodowało okresowe, krótkotrwałe zwielokrotnienie wartości emisji N_2O . Emisja ta w czerwcu była ponad pięciokrotnie większa ($5 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$) niż średnia w okresie wegetacyjnym emisja uzyskana w tym wariancie ($0,92 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$).

3. Obniżenie poziomu wody gruntowej w profilu gleby torfowo-murszowej powodowało zwiększenie emisji N_2O . Emisja N_2O w wariantach ze zwierciadłem wody gruntowej na głębokości 50 i 75 cm była prawie trzykrotnie większa niż ze zwierciadłem wody gruntowej na głębokości 25 cm .

4. Nawożenie azotowe przyczynia się do zwiększenia emisji N_2O z użytkowanej łąkowo gleby torfowo-murszowej. Emisja N_2O w wariancie z nawożeniem azotowym była o $28,6\%$ większa niż w wariancie bez nawożenia.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2009–2012 jako projekt badawczy N305 137 637.

LITERATURA

- ALM J., SAARNIO S., NYKANEN H., SIVOLA J., MARTIKAINEN P.J. 1999. Winter CO_2 and N_2O fluxes on some natural and drained boreal peatlands. *Biogeochemistry*. Vol. 44 nr 2 s. 163–186.
- BURCZYK P., MIATKOWSKI Z., TURBIAK J. 2011. Wstępne rozpoznanie emisji N_2O w wybranych siedliskach łąkowych w różnych regionach Polski. *Woda Środ. Obsz. Wiej.* W niniejszym zeszycie.
- IPCC 2000. Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National GHG Inventories [online]. [Dostęp 06.05.2011]. Dostępny w Internecie: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/english/4_Agriculture.pdf, 06.05.2011.
- GLIŃSKI J., STĘPNIEWSKI W. 1984. Procesy biologiczne i chemiczne w glebie uzależnione od stanu natlenienia. *Problemy Agrofizyki*. Z. 44 ss. 73.
- KROEZE, C., MOSIER, A., BOUWMAN, L. 1999. Closing the global N_2O budget: a retrospective analysis 1500–1994. *Global Biogeochemical Cycles*. Vol. 13 s. 1–8.
- MALJANEN M., KOMULAINEN V. M., HYTTONEN J., MARTIKAINEN P.J., LAINE, J. 2004. Carbon dioxide, nitrous oxide and methane dynamics in boreal organic agricultural soils with different soil characteristics. *Soil Biology & Biochemistry*. Vol. 36 iss. 11 s. 1801–1808.

- OENEMA O., PIETRZAK S., SAPEK A. 1999. Controlling nitrous oxide emissions from grassland farming systems in Poland; preliminary results. W: Nitrogen cycle and balance in Polish agriculture. Pr. zbior. Red. A. Sapek. Falenty. Wydaw. IMUZ s. 126–139.
- OKRUSZKO H., PIAŚCIK H. 1990. Charakterystyka gleb hydrogenicznych. Olsztyn. Wydaw. ART. ss. 291.
- LANGEVELD C.A., SEGERS R., DRIKS B.O.M., VAN DEN POL-VAN DASSELAAR A., VELTHOF G.L., HENSEN A. 1997. Emissions of CO₂, CH₄ and N₂O from pasture on drained peat soils in the Netherlands. *European Journal of Agronomy*. Vol. 7 s. 35–42.
- PAUL E. A., CLARK F. E. 2000. Mikrobiologia i biochemia gleb. Lublin. Wydaw. UMCS ss. 400.
- PIETRZAK S., SAPEK A., OENEMA O. 2002. Ocena emisji podtlenku azotu z gleb trwałych użytków zielonych. W: Pomiar i symulacja emisji podtlenku azotu (N₂O) ze źródeł rolniczych w Polsce. Pr. zbior. Red. B. Sapek. Zeszyty Edukacyjne. Z. 8. Falenty. Wydaw. IMUZ s. 37–56.
- SOLOMON S., QIN D., MANNING M., CHEN Z., MARQUIS M., AVERYT K.B., TIGNOR M., MILLER H.L. 2007. Climate change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [online]. [Dostęp: 06.05.2011]. Dostępny w Internecie: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/contents.html
- VIRKAJÄRVI P., MALJANEN M., SAARIJÄRVI K., HAAPALA J., MARTIKAINEN P.J. 2010. N₂O emissions from boreal grass and grass – clover pasture soils. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. Vol. 137 s. 59–67.
- VOLK C.M., ELKINS J.W., FAHEY D.W., DUTTON G.S., GILLIGAN J.M., LOEWENSTEIN M., PODOLSKIE J.R., CHAN K.R., GUNSON M.R. 1997. Evaluation of source gas lifetimes from stratospheric observations. *Journal of Geophysical Research*. Vol. 102 s. 25543–25564.

*Janusz TURBIAK, Zygmunt MIATKOWSKI, Sławomir CHRZANOWSKI,
Anna GAŚIEWSKA, Piotr BURCZYK*

DINITROGEN OXIDE EMISSION FROM A PEAT-MUCK SOIL IN THE BIEBRZA RIVER VALLEY IN RELATION TO WATER CONDITIONS

Key words: dinitrogen oxide, grassland ecosystem, groundwater level, peat-muck soil

S u m m a r y

Results of measurements of N₂O emission from a peat-muck soil are presented in the paper in relation to water conditions. N₂O emission was determined by the chamber method using a photoacoustic sensor. It was found that N₂O emission from grassland ecosystem on the peat-muck soil depended on groundwater level. Maximum N₂O emission was found in the variant with groundwater level kept at a depth of 0 cm, and the lowest in the variant with water level at a depth of 25 cm. In the growing season the mean N₂O emission ranged from 12.1 kg·ha⁻¹·(210 days)⁻¹ at groundwater level of 25 cm to 46.96 kg·ha⁻¹·(210 days)⁻¹ at a groundwater level of 0 cm. N₂O emission at groundwater level at a depth of 50 and 75 cm was 33.3 and 31.7 kg·ha⁻¹·(210 days)⁻¹ respectively. It was also found that nitrogen fertilisation increased the N₂O emission from a grassland-used peat-muck soil.

Praca wpłynęła do Redakcji 31.03.2011 r.