

EMISJA METANU Z UDZIAŁEM *Salix americana* UPRAWIANEJ
NA POLACH IRYGOWANYCH ŚCIEKAMI MIEJSKIMI*

G. Przywara¹, Z. Stępniewska^{1,2}

¹Institut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27

²Katolicki Uniwersytet Lubelski, Al. Kraśnicka 102, 20-718 Lublin
e-mail: grace@demeter.ipan.lublin.pl

S t r e s z c z e n i e: Badania przeprowadzono na glebie torfowo-murszowej (Eutric Histosol) o naturalnym układzie poziomów i strukturze glebowej (pH w KCl 7,2; C org. 326 g kg⁻¹). Pole podzielone było na trzy kwatery (A, B, C), na których zastosowano trzy kombinacje nawodnień: A-kontrolne (zasilane tylko wodami opadowymi), B-60 mm dawki ścieków jednorazowo oraz C-120 mm dawki ścieków. Podczas trwania nawodnień pobierano z komór gazy w określonych przedziałach czasowych oraz mierzono potencjał oksydoredukcyjny gleby elektrodami platynowymi zamontowanymi na stałe w profilu glebowym na głębokościach 10, 30, 50, 70 i 100 cm.

Emisję gazów z powierzchni pól odsłoniętych i porośniętych roślinami wikliny, wyznaczano z użyciem komór wykonanych z plexi osadzonych na stalowym cokole i uszczelnionych płaszczem wodnym. Pobrane próby gazowe w odstępach czasowych (30 i 60 min.) z kloszy analizowano chromatograficznie przy użyciu chromatografu gazowego Shimadzu GC-14. W doświadczeniu przeprowadzonym w okresie wiosennym, stwierdzono gwałtowny wzrost emisji metanu przez rośliny wikliny nawadniane podwójną dawką ścieków do poziomu 230 cm³ m⁻² h⁻¹ po jednej dobie od momentu zaistnienia warunków stresowych. W okresie letnim zaobserwowano podwyższenie emisji metanu do poziomu 65-70 cm³ m⁻² h⁻¹ na polach nawadnianych pojedynczą oraz podwójną dawką ścieków drugiego i trzeciego dnia od zadania ścieków. Wskaźnikiem zachodzących w glebie zmian anaerobowych był potencjał redoks, który na głębokości 70 cm uległ obniżeniu do - 150 mV.

S ł o w a k l u c z o w e: metan, ścieki, *Salix americana*, potencjał redoks.

WSTĘP

Działalności człowieka przypisuje się przede wszystkim stały wzrost gazów cieplarnianych: CO₂, metanu (CH₄), ozonu (O₃), podtlenku azotu (N₂O) i chłoro-fluorowęglowców (gazy CFC). Szacuje się, że agrocenozy produkują ponad 75% gazów szklarniowych.

**Praca została częściowo wykonana w ramach projektu badawczego 5P06H044 finansowanego przez Komitet Badań Naukowych i Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska w Lublinie.

Metan jest jednym z gazów szklarniowych, który wywiera, ze względu na swoją trwałość, wpływ na ocieplenie powierzchni Ziemi [1].

Poznanie możliwości regulowania emisji CH_4 z pól uprawnych pozwoli na ograniczenie jego wydzielania. Metan powstaje z rozkładu polimerycznych substancji organicznych, takich jak polisacharydy, które w warunkach anaerobowych degradowane są przez związki przejściowe do octanów i H_2 [4].

Czynniki środowiskowe, takie jak: temperatura, pH, stężenie substratu, itp. mają wpływ na metabolizm drobnoustrojów, a tym samym na zmianę szybkości produkcji metanu [8,9,12].

Zdolność rozwoju niektórych roślin na glebach o ograniczonym dostępie tlenu wynika, nie tyle z biochemicznych różnic metabolizmu ich korzeni, lecz z możliwości ciągłego dostępu do nich tlenu z nadziemnych części rośliny drogą transportu wewnętrznego. Jednocześnie do wnętrza rośliny przenikają z gleby szkodliwe gazy (np. siarkowodór i metan), których toksyczność neutralizuje się w częściach nadziemnych rośliny, lub zostają one przetransportowane w górne części roślin i wydzielone do atmosfery.

Metan, wytworzony przez anaeroby w glebach zalanych, transportowany jest do atmosfery drogą dyfuzji, poprzez wydostawanie się gazów z powierzchni wody, jak również drogą wewnętrzną poprzez rośliny. Tkanki aerenchymy roślin ryżu i innych roślin, wykazujących budowę ciągłych kanałów, mają zdolność przystosowania się w warunkach nadmiernego uwilgotnienia i są w stanie transportować nagromadzony metan z gleby do atmosfery [6,11].

Celem przeprowadzonych badań było określenie udziału *Salix americana* w transporcie metanu drogą wewnętrzną z gleb irygowanych ściekami miejskimi po drugim stopniu oczyszczenia (mechanicznym i biologicznym) na przykładzie dwóch cykli zalewowych.

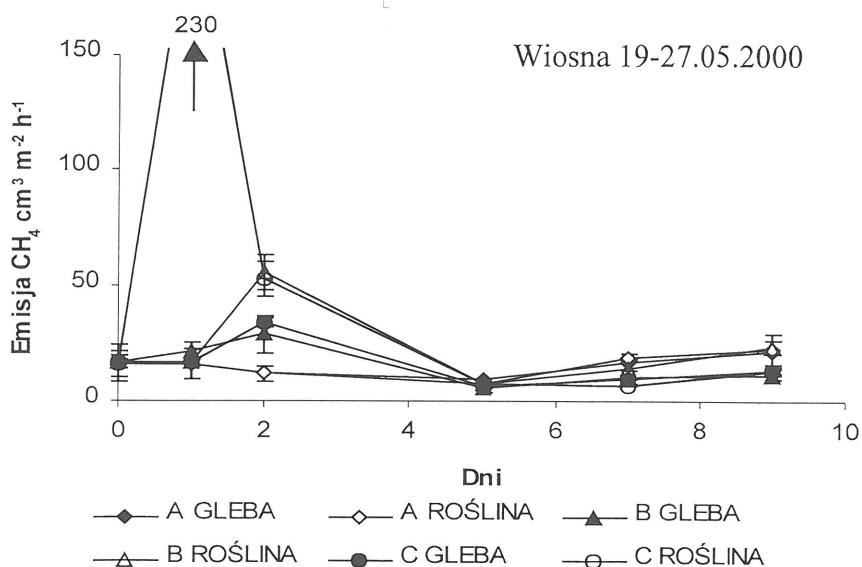
MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono na glebie torfowo-murszowej (Eutric Histosol) o naturalnym układzie poziomów i strukturze glebowej (pH w KCl 7.2, C org. 326 g kg^{-1}) z uprawą wikliny (*Salix americana*). Pole podzielone było na trzy kwatery (A, B, C), na których zastosowano trzy kombinacje nawodnień: pole A kontrolne odpowiadające nawodnieniom pochodzącym z opadów atmosferycznych, B - nawadniane dawką 60 mm ścieków po drugim stopniu oczyszczenia, pole C nawadniane dawką podwójną. Podczas trwania nawodnień oznaczano emisję CH_4 i stan natlenienia gleby. Warunki redukcyjne gleby wyznaczono za pomocą pomiaru

potencjału redoks gleby elektrodami platynowymi, zamontowanymi na stałe w profilu glebowym na głębokościach 10, 30, 50, 70 i 100 cm. Emisję gazów z powierzchni pól odsloniętych i porośniętych roślinami wikliny wyznaczano z użyciem ustawionych komór wykonanych z pleksi osadzonych na stalowym cokole i uszczelnionych płaszczem wodnym. Pobrane próby gazowe w (odstępach czasowych 30 i 60 min.) z kloszy analizowano przy użyciu chromatografu gazowego Shimadzu GC-14.

WYNIKI I DYSKUSJA

Nawodnienie środowiska glebowego w okresie wiosennym (Rys. 1) podwójną dawką ścieków spowodowało gwałtowny wzrost transportowanego metanu. Emisja z roślin na polu irygowanym podwójną dawką ścieków dochodziła do $230 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$. Po jednej dobie obniżyła się do wartości około $50 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$, a po pięciu dniach doszła do wartości kontrolnych. W okresie intensywnej emisji metanu potencjał redoks gleby na głębokości 70 cm obniżył się do poziomu - 153 mV.



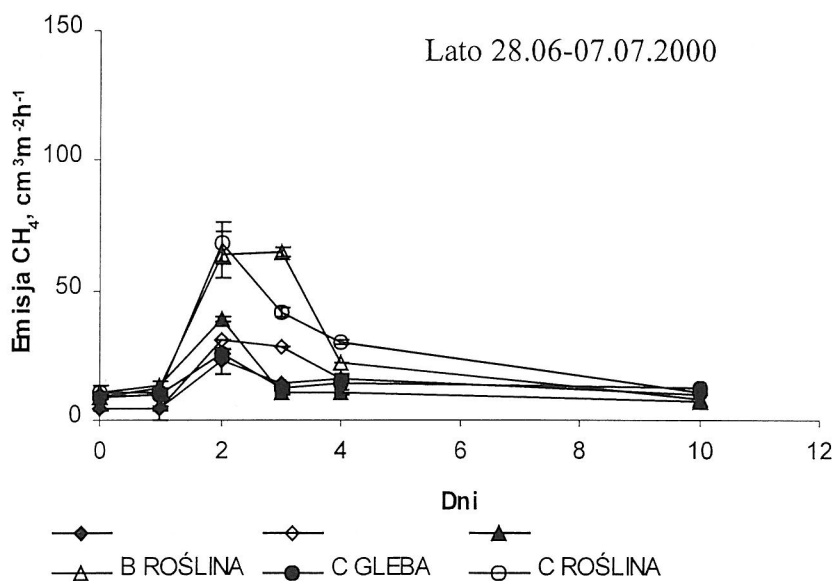
Rys. 1. Udział roślin wikliny w emisji metanu z gleby torfowo-murszowej irygowanej ściekami miejskimi - okres wiosenny; A - pole kontrolne, B - nawadniane pojedynczą dawką, C - nawadniane dawką podwójną). Na wykresie przedstawiono wartości średnie i odchylenia standardowe.

Fig. 1. The share of willow plant in methane emission from peat-muck soil irrigated with municipal waste water in spring time. A - control field, B - flooded field with single dose of wastewater, C - flooded field with double dose of wastewater.

Przeprowadzone badania wykazały zwiększoną emisję metanu z roślin wikliny uprawianych na polach nawadnianych zarówno pojedynczą jak i podwójną dawką ścieków w porównaniu z próbą kontrolną, które (Rys. 2) wystąpiło drugiego i trzeciego dnia od momentu nawodnienia pól ściekami i kształtowało się na poziomie $65-70 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$, podczas gdy emisja metanu w kombinacji kontrolnej utrzymywała się na poziomie około $10 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$. Temperatura gleby, mierzona na poziomie 8-10 cm, wahała się w granicach $12-16 \text{ }^\circ\text{C}$. W okresie podwyższonej emisji metanu potencjał redoks (Eh) gleby mierzony na głębokości 70 cm obniżył się do poziomu około -150 mV , podczas gdy w warunkach kontrolnych ustabilizował się na poziomie 300 mV .

Stwierdzony poziom stanu oksydo-redukcyjnego gleby (Eh) jest sygnałem zaistniałych zmian anaerobowych w środowisku gleb irygowanych ściekami.

Przerwanie nawodnień ściekami spowodowało powrót po upływie 8-10 dni do poziomu emisji kontrolnej, pozostającej na poziomie $0-20 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$.



Rys. 2. Udział roślin wikliny w emisji metanu z gleby torfowo-murszowej irygowanej ściekami miejskimi - okres letni A - pole kontrolne, B - nawadniane pojedynczą dawką, C - nawadniane dawką podwójną). Na wykresie przedstawiono wartości średnie i odchylenia standardowe.

Fig. 2. The share of willow plant in methane emission from peat-muck soil irrigated with municipal waste water in summer time. A - control field, B - flooded field with single dose of wastewater, C - flooded field with double dose of wastewater.

Masscheleyn i wsp. [7], zaobserwowali, że Eh na poziomie - 150 mV było wartością krytyczną dla produkcji metanu, natomiast Stępniewska i Stępniewski [10] stwierdzili, że rozpoczęcie tworzenia się metanu w glebie występuje przy potencjale redoks <50 mV, a maksimum jego emisji następuje przy Eh w granicach - 150 mV.

Kludze i DeLaune [5] stwierdzili, że *Spartina patens* hodowana przez 20 dni przy potencjale redoks -200 mV emitowała około 7 razy więcej metanu w porównaniu z roślinami pozostającymi w warunkach potencjału redoks powyżej 200 mV. Tendencja kilkakrotnie zwiększonej emisji metanu w warunkach obniżonego potencjału redoks zgodna jest z wynikami otrzymanymi w naszym doświadczeniu.

WNIOSKI

1. W okresie wiosennym stwierdzono gwałtowny wzrost emisji metanu z roślin wikliny nawadnianych podwójną dawką ścieków do poziomu $230 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ po upływie jednej doby od momentu zaistnienia warunków stresowych podczas gdy emisja z gleby nie przekraczała $50 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-2}$.

2. W okresie letnim zaobserwowano podwyższenie emisji metanu z gleby utrzymującej się do 4 doby na polach nawadnianych pojedynczą oraz podwójną dawką ścieków do poziomu $65\text{-}70 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ począwszy od drugiego i trzeciego dnia od zastosowania ścieków.

3. Sygnałem zaistniałych zmian anaerobowych była wartość potencjału redoks, która na głębokości 70 cm obniżyła się do poziomu - 150 mV.

LITERATURA

1. **Bouwman, A.F.:** Agronomic aspects of wetland rice cultivation and associated methane emissions. *Biochemistry*, 15, 65-88, 1991.
2. **Cicerone R.J., Shetter J.D.:** Sources of atmospheric methane: measurements in rice paddies and a discussion. *J. Geophysical Research* 86 C, 7203-7209, 1981.
3. **Conrad R.:** Control of methane production in terrestrial ecosystems. In: Andreae MO, Schimel DS. (Eds). *Exchange of trace gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere*. Dahlem Konferenzen, Wiley, Chichester, 39-58, 1989.
4. **Conrad R.:** Mechanism controlling methane emissions from wetland rice fields. In: Oremland RS (Ed) *The biogeochemistry of global change: radiative trace gases*. Chapman and Hall, New York, 317-335, 1993.
5. **Kludze H.K., DeLaune R.D.:** Methane emissions and growth of *Spartina patens* in response to soil redox intensity. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 58, 1838-1845, 1994.
6. **Mariko S., Harazano Y., Owa N., Nouchi I.:** Methane in flooded soil water and emission through rice plants to the atmosphere through rice plants. *Plant Physiol.*; 94, 59-66, 1991.

7. **Masscheleyn P.A., DeLaune R.D., Patrick W.H., Jr.:** Methane and nitrous oxide emissions from a flooded rice soil: Effect of soil oxydation-reduction status. *Chemosphere*, 1993.
8. **Neue H.U., Roger P.A.:** Rice agriculture: factors controlling emissions. In: Khalil, MAK (Ed). *Atmospheric methane: sources, sinks, and role in global change*. Springer, Berlin Heidelberg New York, 254-298, 1993.
9. **Neue H.U., Sass R.L.:** Trace gas emissions from rice fields. In Prinn R.G., (Ed). *Global atmospheric-biospheric chemistry*. Plenum, New York, 119-147, 1994.
10. **Stępniewski W., Stępniewska Z.:** Oxygenology of treatment wetlands and its environmental effects. 7th Int. Conf. Wetland Systems for Water Pollution Control., Vol. II, 671-678, 2000.
11. **Wagatsuma T., Nakashima T., Tawaraya K., Watanabe S., Kamio A. and Ueki A.:** Role of plant aerenchyma in wet tolerance and methane emission from plants. In: *Plant Nutrition-Physio-logy and Applications* (M.L. van Buesichem, Ed.), 455-461, Kluwer, Dordrecht, 1990.
12. **Yao H., Conrad R., Wassmann R., Neue U.:** Effect of soil characteristics on reduction and methane production and sixteen rice paddy soils from China, the Philipines, and Italy. *Biogeochemistry* 47, 269-295, 1999.

METHANE EMISSION FROM *Salix americana* CULTIVATED
FIELDS IRRIGATED WITH MUNICIPAL WASTE WATER.

*G. Przywara*¹, *Z. Stępniewska*^{1,2}

¹Institute of Agrophysics PAN, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27

²Catholic University of Lublin, A. Kraśnicka 102, 20-718 Lublin
e-mail: grace@demeter.ipan.lublin.pl

A b s t r a c t: Studies were carried out on a peat-muck soil (Eutric Histosol) with a natural pattern of genetic layers and soil structure (pH in KCl 7.2, C org. 326 g kg⁻¹). The study plot was divided into three sections (A,B,C), in which three combinations of irrigation treatments were applied. During irrigation treatment, CH₄ emission and soil aeration status (redox potential) were determined at the depth of the soil profile 10, 30, 50, 70 and 100 cm. Gas emission from the uncovered soil and the soil with willow plants was determined by means of gas analysis from plexiglass chamber mounted on steel platforms and tightened with water coats. Gas samples were taken at the time intervals of 30 and 60 minutes from the plexiglas covers and were analysed by gas chromatography (Shimadzu GC-14). In spring, an abrupt increase in the methane emission level from purple willow plants irrigated with a double sewage water dose, up to a level of 230 m³ m⁻² h⁻¹ was observed after 24 hours from the onset of stress conditions. In summer an increase level of methane emission of up to a level of 65-70 cm³ m⁻² h⁻¹ was observed in the plots irrigated with a single and double dose of sewage water on the second and third day after irrigation. Redox potential was a signal of the above changes as at the depth of 70 cm, it decreased to a level of - 150 mV.

K e y w o r d s: methane, sewage water, *Salix americana*, redox potential.