

UTLENIANIE CH₄ NA TLE EMISJI O₂ i CO₂ PRZEZ GLEBĘ PŁOWĄ WYTWORZONĄ Z LESSU

Z. Stępniewska^{1,2}, A. Ostrowska¹, M. Nosalewicz¹

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

²Katolicki Uniwersytet Lubelski, Al. Kraśnicka 102, 20-718 Lublin

Streszczenie. Celem pracy było określenie zdolności metanotroficznej gleby w warunkach laboratoryjnych. Do doświadczenia użyto glebę płową wytworzoną z lessu. Glebę o wilgotności odpowiadającej potencjałowi wody glebowej 159 hPa odważono w porcjach o masie 10 g, umieszczono je w naczyniach inkubacyjnych wykonanych z ciemnego szkła i szczelnie zamknięto. Następnie z naczyń usunięto po 4,4 ml powietrza i zadozowano po 4,4 ml CH₄, co dawało 5%-ową zawartość metanu, z wyjątkiem kontroli, do których nie dodano CH₄. Inkubację prowadzono w temperaturze 20°C przez okres 60 dni. Najwyższą aktywność metanotroficzną wykazała gleba z pola uprawnego, z poziomu Ap (głębokość 0-20cm), w której całkowite utlenienie metanu nastąpiło już po 8 dniach inkubacji. W przypadku gleby leśnej w ciągu całego doświadczenia stężenie metanu zmniejszyło się jedynie o dziesiątne części procenta. Znaczne różnice pH badanych gleb wynoszące: 6,8 dla gleby z pola uprawnego, 4,2 dla gleby z lasu (głębokość 3 – 10 cm) i 4,9 dla gleby z lasu (głębokość 140 – 160 cm), mogły mieć istotny wpływ na przebieg procesu metanotrofii.

Słowa kluczowe: gleba płowa, utlenianie metanu.

WSTĘP

Metan jest ważnym gazem cieplarnianym występującym w atmosferze w ilościach śladowych. Stężenie metanu atmosferycznego podlegało i wciąż podlega zmianom. Całkowita emisja globalna szacowana jest na 400-600 Tg CH₄ rocznie. W ciągu ostatnich 100-150 lat stężenie CH₄ w atmosferze gwałtownie wzrosło i wynosi obecnie 1,7 ppm [4].

Znanych jest kilkanaście znaczących źródeł emisji CH_4 do atmosfery. Wśród nich wyróżnia się źródła naturalne (tereny podmokłe, zwierzęta przeżuwające, termity, zbiorniki wodne, erupcje wulkaniczne) i źródła antropogenne (wyrób i przetwórstwo ropy naftowej, węgla i gazu ziemnego, hodowla bydła, pola ryżowe, wysypiska śmieci, oczyszczalnie ścieków) [3]. Największym źródłem CH_4 do jest gleba, która emituje za 40-50% metanu dostającego się do atmosfery [6].

Znaczące dla tego przyrostu jest także obniżenie się zdolności utleniania CH_4 zarówno w atmosferze (w konsekwencji spadku stężenia rodników hydroksylo- wych), jak i w glebie (w wyniku intensywnego nawożenia i stosowania pestycydów). Określenie i wykorzystanie właściwości metanotroficznej gleby jest jednym ze sposobów ograniczenia wzrostu koncentracji metanu w atmosferze. Wśród znaczących źródeł antropogennych występują również wysypiska śmieci, które w praktyce pokrywa się nadkładem glebowym. Wydajność metanotroficzna tego nadkładu jest istotna w obniżeniu emisji CH_4 z wysypisk.

Podjęte badania miały na celu określenie tempa utleniania metanu przez glebę płową wytworzoną z lessu, pobraną z poziomów próchnicznych gleb różnie użytkowanych i ich skały macierzystej.

MATERIAŁY I METODY

Do doświadczenia użyto materiał glebowy pochodzący z gleby płowej wytworzonej z lessu, pobrany z Czesławic. Do badań wykorzystano próbki pobrane z poziomu ornego Ap pola uprawnego Zakładu Doświadczalnego AR Lublin, z poziomu Ah gleby leśnej i z poziomu Ck tej gleby.

Próbki z pola pobrane z głębokości 0-20 cm charakteryzowały się 1,5% zawartością substancji organicznej i $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 6,2. Próbki z lasu zostały pobrane z głębokości 3-10 cm i 140-160 cm. Miały one odpowiednio $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 4,6 i 1,9% substancji organicznej oraz $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 7,9 i 0,1% substancji organicznej.

Pobrano materiał glebowy suszono do stanu powietrznie suchego, a następnie przesiano przez sito 1 mm i przechowywano w temperaturze pokojowej.

Glebą luźno wypełniono cylindry o pojemności 100 cm^3 i wstawiono je na podsiak kapilarny. Po nasyceniu porów glebowych wodą cylindry przestawiono na płytę ssącą (159 hPa), gdzie pozostały aż do ustalenia się stałej wilgotności. Zawartość wody w pobranych próbkach oznaczono grawimetrycznie. Zawartość wody (%) w poszczególnych próbkach glebowych wynosiła dla poziomów: Ap - 26,4%, Ah - 30,4%, Ck - 28,1%.

Z tak przygotowanej gleby o wilgotności odpowiadającej ssaniu 159 hPa odważono porcje o masie 10g (3 powtórzenia i 2 próbki kontrolne dla każdej gleby) i umieszczono je w naczyniach inkubacyjnych wykonanych z ciemnego szkła o pojemności 59,8 cm³. Wszystkie naczynia szczelnie zamknięto za pomocą gumowych korków i aluminiowych kapsli. Następnie z butelek usunięto po 4,4 ml powietrza i zadozowano po 4,4 ml CH₄, co dawało 5%-ową zawartość metanu, z wyjątkiem butelek kontrolnych, do których metanu nie dodano. Inkubację prowadzono w temperaturze 20°C przez okres 60 dni. Oznaczenia stężeń CH₄ a ponadto CO₂, i O₂ przeprowadzono zaraz po zadozowaniu metanu i do 12-tego dnia inkubacji wykonywano je codziennie, poczym do 60-tego dnia analizy były wykonywane w odstępach 2-3 dniowych.

Stężenie gazów oznaczono za pomocą chromatografu gazowego, wyposażonego w detektor przewodnościowo-ciepłny (katarometr), Shimadzu GC-14A.

WYNIKI I DYSKUSJA

W badanych glebach całkowite utlenienie metanu stwierdzono jedynie w glebie pochodzącej z pola uprawnego. W przypadku gleby leśnej, w ciągu całego okresu trwania inkubacji, stężenie wprowadzonego metanu zmniejszyło się jedynie o dziesiątę części procenta.

Gleba z pola uprawnego, poziom Ap

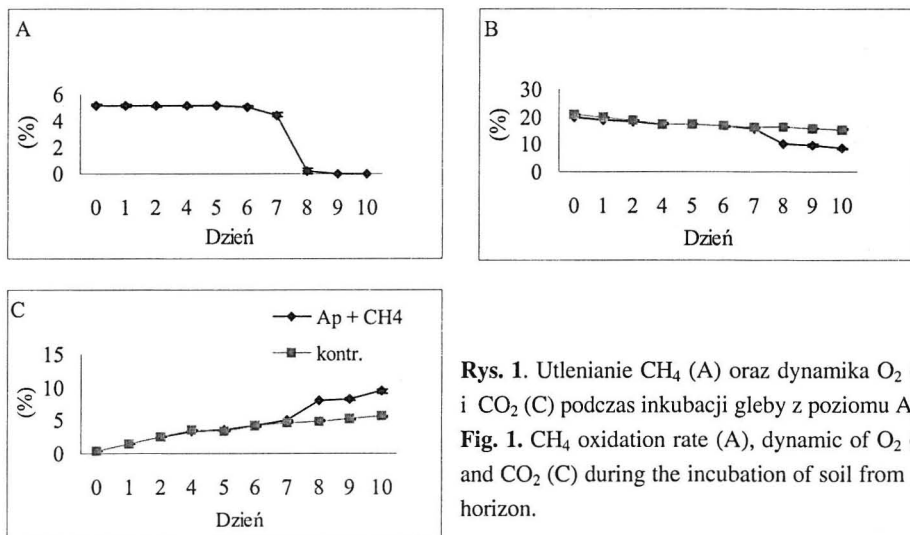
W przypadku gleby, pochodzącej z warstwy ornej, przez pierwsze 6 dni inkubacji stężenie CH₄ utrzymywało się na poziomie zbliżonym do wyjściowego i był to czas adaptacji metanotrofów do środowiska. Siódmego dnia stężenie CH₄ gwałtownie spadło osiągając wartość 0,19%, natomiast całkowite utlenienie metanu wystąpiło dziewiątego dnia inkubacji. (Rys. 1A).

Równocześnie z ubytkiem metanu w badanym powietrzu zmniejszało się stężenie O₂. Wyjściowo próbki zawierały 19,7% O₂ i ilość ta stopniowo obniżała się osiągając siódmego dnia inkubacji wartość 15,7%. Nastąpił wówczas gwałtowny spadek stężenia tlenu i ósmego dnia inkubacji stężenie O₂ wynosiło już tylko 10,2%. W próbach kontrolnych takiego dużego spadku stężenia O₂ nie odnotowano i w 10 dniu doświadczenia zawartość tlenu w badanym powietrzu pozostawała na poziomie około 16%, (Rys. 1B).

Stężenie CO₂ w badanym powietrzu zaraz po zamknięciu naczyń inkubacyjnych wynosiło 0,5% i w kolejnych dniach stopniowo wzrastało osiągając siódmego dnia inkubacji wartość 5%. Gwałtowny wzrost stężenia (8% CO₂)

nastąpił ósmego dnia inkubacji. W próbach kontrolnych stężenie dwutlenku węgla ósmego dnia inkubacji wynosiło 4,94 %, (Rys. 1C).

Badana gleba lessowa pola ornego wykazywała odczyn obojętny (pH=6,8) i była to optymalna wartość dla aktywności metanotroficznej.

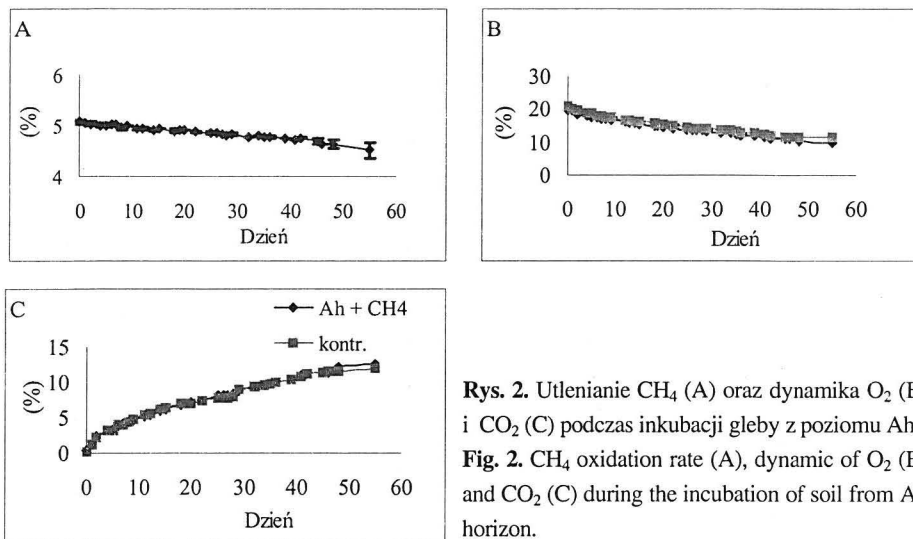


Rys. 1. Utlenianie CH₄ (A) oraz dynamika O₂ (B) i CO₂ (C) podczas inkubacji gleby z poziomu Ap.
Fig. 1. CH₄ oxidation rate (A), dynamic of O₂ (B) and CO₂ (C) during the incubation of soil from Ap horizon.

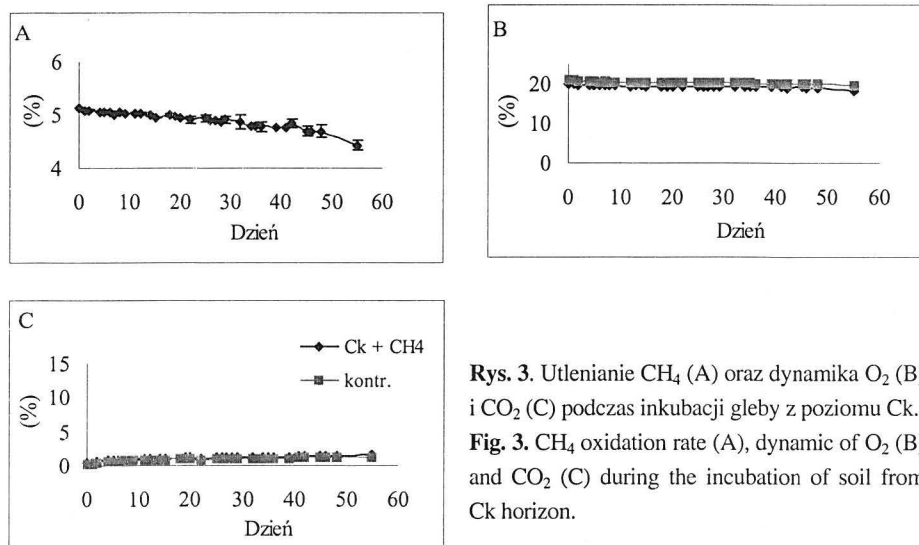
Gleba z lasu, poziom Ah i Ck

Gleba leśna nie wykazała zdolności utleniających metan. Po 55 dniach inkubacji ilość CH₄ zmalała z 5,07% do 4,4% (poziom Ah), (Rys. 2A) i z 5,1% do 4,2% (poziom Ck), (Rys.3A). Można przypuszczać, że związane to było z niskim odczynem tych gleb: pH = 4,2 (poziom Ah), pH = 4,9 (poziom Ck). Optimum pH do utleniania metanu w glebach piaszczystych użytkowanych rolniczo określono na (5,9-7,7), [1] oraz na 6,3 w kwaśnym luwisolu leśnym [2]. Odczyn badanych gleb znacznie więc odbiegał od wartości najbardziej sprzyjających rozwojowi metanotrofów.

Natomiast szybkość ubytku stężenia O₂ i przyrosty CO₂ w obu badanych próbkach gleb leśnych różniły się od siebie w sposób istotny. W próbce z poziomu próchniczego w ciągu 55 dni inkubacji ilość tlenu zmalała z 19,9% do 10%, (Rys. 2B), a ilość CO₂ wzrosła z 0,4% do 12%, (Rys. 2C), co świadczy o intensywnie przebiegających tu procesach mikrobiologicznych. Natomiast w próbce z lessu macierzystego zarówno ubytek O₂ jak i przyrost CO₂ były niewielkie.



Ilość tlenu po 55 dniach zmalała do 18%, (Rys. 3B), a stężenie dwutlenku węgla wzrosło do 2%, (Rys. 3C). Można więc stwierdzić, że aktywność mikroorganizmów glebowych jest kilkakrotnie większa w powierzchniowych warstwach gleby, gdzie intensywniej zachodzą procesy oddychania.



Próbki glebowe zawierające metan, w porównaniu z próbkami kontrolnymi, nie wykazały różnic w zawartości O_2 i CO_2 . Obecność CH_4 nie miała więc wpływu na przebiegające tu procesy mikrobiologiczne.

WNIOSKI

1. Najwyższą aktywność metanotroficzną wykazały próbki gleb pobrane z poziomu Ap gleby uprawnej, w których całkowite utlenienie metanu nastąpiło po 8 dniach inkubacji.
2. Próby gleby leśnej w ciągu 55-dniowej inkubacji (poziom Ah : pH = 4,2, poziom Ck : pH = 4,9,) wykazały znikomą aktywność metanotroficzną.
3. Istotny wpływ na zdolności metanotroficzne badanych gleb miał ich odczyn.
4. Aktywność mikrobiologiczna gleby leśnej z poziomu Ck, była kilkakrotnie niższa w porównaniu z aktywnością gleby z poziomu Ah.

PIŚMIENNICTWO

1. **Arif M.A.S., Houwen F., Verstraete W.:** Agricultural Factors Affecting Methane Oxidation in Arable Soil. *Biology and Fertility of Soils*, 21 (1-2), 95-102, 1996.
2. **Bender M., Conrad R.:** Effect of CH_4 Concentrations and Soil Conditions on the Induction of CH_4 Oxidation Activity. *Soil Biology and Biochemistry*, 27 (12), 1517-1527, 1995.
3. **Hogan K.B., Hoffman J.S., Thompson A.M.:** Methane on the Greenhouse Agenda. *Nature*, 354, 181-182, 1991.
4. **Khalil M.A., Rasmussen R.A.:** Atmospheric methane: global trends. *Environ. Sci. Technol.* 24, 549-553, 1990.
5. **Lelieveld J., Crutzen P.J.:** Methane Emission into the Atmosphere. An Overview, Proceedings of IPCC Workshop „Methane and Nitrous Oxide”, Amersfoort, 17-25, 1993.
6. **Mosier A.R.:** Soils and global change. W: Proceedings of World Congress of Soil Sciences, Montpellier, Francja, 1998.

CH₄ OXIDATION AGAINST A BACKGROUND OF O₂ AND CO₂
EMISSIONS IN LOESS SOIL

Z. Stepniewska^{1, 2}, *A. Ostrowska*¹, *M. Nosalewicz*¹

¹Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27

²Catholic University of Lublin, Al. Kraśnicka 102, 20-718 Lublin

Summary. The aim of the study was to qualify methanotrophic ability of grey-brown podzolic loess soil taken from the forest and cultivated fields under laboratory conditions. The soil samples (10 g) at water potential 159 hPa were placed in dark glass flasks and tightly closed. The 4.4 cm³ of methane was injected to each bottle in order to obtain 5% of CH₄ concentration in the head spaces. Control samples were prepared without methane. During incubation at 20°C through 60 days air samples were analysed by gas chromatography. The highest methanotrophic activity was observed in the cultivated soil from Ap horizon (pH = 6.8) and after 8 days of incubation all added methane was oxidised. In the case of forest soil during the incubation only some % of CH₄ oxidation took place. Significant differentiation of pH in the investigation soils: 6.8; 4.2; 4.9 for cultivated and for Ah and Ck horizons of forest soil respectively seems to be very important for methanotrophic process, showing optimum at neutral pH.

Key words: grey-brown podzolic soil, methane oxidation.