

Streszczenie

Udział metanu (CH_4) w globalnej zmianie klimatu sprawia, iż badania procesów odpowiedzialnych za wydzielanie i pochłanianie CH_4 są potrzebne i uzasadnione. Podjęta w niniejszej pracy tematyka dotyczy aktywności metanotroficznej gleb, która przyczynia się do redukcji stężenia metanu w atmosferze.

Głównym celem badań była analiza wpływu jonów amonowych (NH_4^+) i azotanowych (NO_3^-) oraz warunków tlenowych na zdolność wybranych gleb mineralnych do utleniania CH_4 .

Materiał badawczy stanowiły próbki gleb uprawnych: brunatnej (*Eutric Cambisol*), biellicowej (*Haplic Podzol*) oraz czarnej ziemi (*Mollic Gleysol*). Poddano je inkubacji z dodatkiem jonów NH_4^+ , NO_3^- lub NH_4^+ i NO_3^- w dawkach 100 mg N kg^{-1} i 200 mg N kg^{-1} gleby. Kontrolę stanowiły próbki bez dodatku azotu. Dodatkowo w inkubowanych próbkach (kontrolnych oraz z dodatkiem N) zróżnicowano stan natlenienia od atmosferycznego stężenia tlenu do silnej hipoksji. W tym celu zastosowano następujące początkowe natlenienie: pełne ($20\%O_2$), ograniczone ($10\%O_2$), hipoksja ($5\%O_2$), silna hipoksja ($2\%O_2$). Metodą chromatografii gazowej analizowano ubytek dodanego CH_4 (1% obj.) w czasie inkubacji i na podstawie przebiegu krzywych określano ilość oraz szybkość utleniania CH_4 , a także fazę opóźnienia procesu. Ponadto mierzono ubytek O_2 oraz ilość wydzielonego CO_2 . W wybranym okresie inkubacji za pomocą spektrofotometru przepływowego oznaczano mineralne formy azotu (NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^-). Na koniec okresu inkubacji dokonano pomiaru potencjału oksydoredukcyjnego (Eh) metodą potencjometryczną.

Badania wykazały, iż gleby kontrolne różniły się aktywnością metanotroficzną, jednak wszystkie całkowicie utleniły dodany CH_4 w stanach natlenienia od pełnego ($20\%O_2$) do hipoksji ($5\%O_2$), a znaczne zahamowanie procesu zaobserwowano w silnej hipoksji ($2\%O_2$). Dodane formy azotu silniej modyfikowały szybkość utleniania CH_4 niż stan natlenienia.

Obecność formy amonowej wiązała się z osłabieniem lub nawet zahamowaniem procesu utleniania CH_4 , co można tłumaczyć inhibicją kompetycyjną. Wpływ NH_4^+ zależał od typu gleby i warunków inkubacji. Czynniki hamującymi mogą być tu także jony NO_2^- , będące produktami pośrednimi nitryfikacji (utleniania NH_4^+). Analiza form azotu w glebie potwierdziła większe tempo nitryfikacji przy wyższych stężeniach O_2 .

Reakcja gleb na dodatek jonów NO_3^- była odmienna w każdej z testowanych gleb, jednak czarna ziemia i bielica całkowicie utleniły dodany CH_4 we wszystkich stanach natlenienia. W czarnej ziemi w hipoksji ($5\%O_2$) wystąpiła nawet stymulacja procesu. Może to świadczyć o wykorzystywaniu NO_3^- , jako akceptora elektronów przy niskich stężeniach O_2 .

Testowane gleby cechowały się zazwyczaj najwyższą zdolnością do utleniania CH_4 w warunkach ograniczonego natlenienia ($10\%O_2$) oraz hipoksji ($5\%O_2$), a negatywny wpływ dodatku azotu był na ogół najslabszy w hipoksji ($5\%O_2$). Najwyższą aktywnością metanotroficzną charakteryzowała się czarna ziemia, wyróżniająca się wysoką zawartością C_{org} , co mogło stwarzać najlepsze warunki do ogólnej aktywności biologicznej.

Podsumowując, testowane czynniki istotnie wpływały na aktywność metanotroficzną badanych gleb: dodatek azotu > typ gleby > stan natlenienia. Odmienna reakcja testowanych gleb na dodany azot może mieć związek z gatunkami zasiedlających bakterii metanotroficzych, co wymaga potwierdzenia analizami mikrobiologicznymi.

Słowa kluczowe: efekt cieplarniany, metan, utlenianie metanu, gleba, nawozy azotowe, jony amonowe, jony azotanowe, stan natlenienia, inhibicja, stymulacja.

Abstract

Given the participation of methane (CH_4) in global climate change, research of processes responsible for CH_4 emission and consumption are needed and justified. The theme of the present study concerns the methanotrophic activity of soil, which contributes to the reduction of the concentration of this greenhouse gas in the atmosphere.

The main aim was to study the impact of ammonium (NH_4^+) and nitrate ions (NO_3^-) and oxygenation status on the capability of selected mineral soils of CH_4 oxidation.

The tested material included samples of arable soils: *Eutric Cambisol*, *Haplic Podzol*, and *Mollic Gleysol*. They were incubated with NH_4^+ , NO_3^- or NH_4^+ , and NO_3^- ions added in doses of 100 mg N kg^{-1} and 200 N mg kg^{-1} soil. The control comprised samples without nitrogen addition. Additionally, in the incubated samples (both control and with the addition of N), the oxygen concentration was differentiated from ambient to strong hypoxia. Therefore, the initial oxygen concentrations used were as follows: ambient ($20\%O_2$), reduced ($10\%O_2$), hypoxia ($5\%O_2$), and strong hypoxia ($2\%O_2$). The decrease in the added CH_4 (1% v/v) was determined with the gas chromatography method, and, based on the curves, the amount of oxidized CH_4 , methane oxidation rate, and the lag phase were calculated. Additionally, the decrease in O_2 and the amount of emitted CO_2 were measured. Mineral forms of nitrogen (NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^-) were determined using a flow spectrophotometer in the selected incubation time. At the end of the incubation, redox potential (Eh) was measured with the potentiometric method.

The studies have shown that the control soils differed in their methanotrophic activity; however, all soils completely oxidized the added CH_4 in the oxygenation range from ambient ($20\%O_2$) to hypoxia ($5\%O_2$), while a significant reduction of the process at strong hypoxia ($2\%O_2$) was observed. The nitrogen addition to the soil influenced the methanotrophic activity more strongly than oxygenation.

The presence of the ammonium form was connected with a decrease or even inhibition of the CH_4 oxidation, which can be explained by competitive inhibition. The effect of NH_4^+ depended on the soil type and conditions of incubation. NO_2^- ions, i.e. an intermediate product of nitrification (NH_4^+ oxidation), could also be the inhibiting factors. Determination of the mineral forms of nitrogen confirmed the higher nitrification rate at the higher oxygen concentration.

The response of the soil to the addition of NO_3^- ions varied among the tested soils; however, *Mollic Gleysol* and *Haplic Podzol* completely oxidized the added methane in all oxygen conditions. In the *Mollic Gleysol* incubated at hypoxia ($5\%O_2$), stimulation of the process was observed. This may indicate that NO_3^- serves as an electron acceptor at low concentrations of O_2 .

The tested soils were usually characterized by the highest methanotrophic activity in reduced oxygenation ($10\%O_2$) and hypoxia ($5\%O_2$), and a negative influence of nitrogen was generally found in hypoxia ($5\%O_2$). The *Mollic Gleysol*, which showed the highest methanotrophic activity, was rich in C_{org} ; therefore, it could create more favorable conditions for the total microbial activity.

In conclusion, the studied factors significantly influenced the methanotrophic activity of the tested soils: nitrogen addition > soil type > oxygen status. The different reaction response of the tested soils to the nitrogen addition can be connected with the species of methanotrophic bacteria, which should be confirmed in biological analyses.

keywords: greenhouse effect, methane, methane oxidation, methanotrophy, soil, nitrogen fertilizers, ammonium ions, nitrate ions, aeration status, inhibition, stimulation.