

Streszczenie

Stężenie metanu (CH_4) w atmosferze zależy od ilości gazu wyemitowanego przez źródła oraz pochłoniętego przez środowiska przeprowadzające reakcję utleniania. Do grupy naturalnych emiterów, jak i utleniaczy CH_4 należy gleba. W zależności od panujących warunków wodno-powietrznych może spełniać dwie, przeciwstawne funkcje. W warunkach tlenowych zachodzi metanotrofia, czyli utlenianie CH_4 do CO_2 i H_2O . W warunkach beztlenowych, spowodowanych np. zalaniem, przebiega proces metanogenezy, czyli produkcji CH_4 , który następnie emitowany jest do atmosfery. Oba zjawiska w glebach mogą zachodzić równocześnie ze względu na zróżnicowane warunki wodno-powietrze. Procesy te kontrolowane są przez wiele czynników jak właściwości fizyko-chemiczne gleb.

Jednym z takich czynników są metale ciężkie. Do najczęściej występujących w glebach należą Cu, Zn, Ni, Pb, Cd oraz Cr. Do gleb zanieczyszczenia te wprowadzane są w wyniku produkcji przemysłowej oraz stosowanych praktyk rolniczych. Ich obecność może doprowadzać do zaburzeń funkcjonowania mikroorganizmów przeprowadzających procesy metanotrofii i metanogenezy.

Celem niniejszej pracy była ocena wpływu metali ciężkich (Pb, Cd) na procesy produkcji (metanogenezy) oraz utleniania (metanotrofii w warunkach zróżnicowanej wilgotności) metanu w wybranych glebach użytkowanych rolniczo.

Materiał do badań stanowiły trzy gleby uprawne: brunatna (*Eutric Cambisol*), bielnicowa (*Haplic Podzol*) oraz czarna ziemia (*Mollic Gleysol*). Próby gleb po pobraniu były przechowywane w Banku Gleb Mineralnych znajdującym się w Instytucie Agrofizyki, uprzednio wysuszone i przesiane przez sito o wielkości oczek 2 mm. Badania przeprowadzono w kontrolowanych warunkach laboratoryjnych. Dla zainicjowania procesu metanogenezy 10 g próbki gleb zostały całkowicie zalane wodą i przepłukane azotem, w celu stworzenia warunków beztlenowych. W procesie metanotrofii próby glebowe zostały doprowadzone do wilgotności odpowiadającej pF 0, 2,2 oraz 3,2 charakterystycznej dla każdej z gleb. Gleby uwilgotniono roztworami metali ciężkich w 4 dawkach dopuszczalnych dla gleb rolnych:

- ✓ rocznych oraz ich 5-cio krotności (Pb 4.8 mg kg^{-1} , 24 mg kg^{-1} ; Cd 0.048 mg kg^{-1} , 0.24 mg kg^{-1} s.m.)
- ✓ maksymalnych oraz ich 5-cio krotności (Pb 300 mg kg^{-1} , 1500 mg kg^{-1} ; Cd 3 mg kg^{-1} , 15 mg kg^{-1} s.m.).

Powyższe dawki Pb i Cd dobrano na podstawie Dziennika Urzędowego Wspólnot Europejskich, Dyrektywa Rady w sprawie ochrony środowiska, w szczególności gleby, w przypadku wykorzystywania osadów ściekowych w rolnictwie (86/278/EWG)

W badaniu metanotrofii do przygotowanych prób dodano 1% CH₄ (obj.) do powietrza nad glebą. Następnie próby glebowe poddano inkubacji w temperaturze 25°C i stężenie CH₄ mierzono przy pomocy chromatografu gazowego.

Badanie metanotrofii pokazało, że zastosowane dawki metali ciężkich wykazały mniejszy wpływ na zdolność do utleniania CH₄ niż zróżnicowana wilgotność gleby.

Spośród analizowanych metali Pb objawiał się większą toksycznością, w porównaniu do Cd. Zarówno proces utleniania jak i produkcji CH₄ był całkowicie hamowany przy najwyższych (300 mg kg⁻¹, 1 500 mg kg⁻¹) dopuszczalnych dawkach ołowiu. W przypadku kadmu zaobserwowano istotne spowolnienie reakcji utleniania oraz brak wpływu na proces produkcji w dwóch (gleba brunatna i biellicowa) spośród trzech analizowanych gleb.

Przeprowadzone analizy uzupełniają dotychczasowy stan wiedzy z zakresu wpływu zróżnicowanych warunków na procesy związane z obiegiem metanu w glebach uprawnych. Gleba to bardzo złożony ekosystem, jednak znając reakcję środowiska na zastosowane czynniki, możliwe jest oszacowanie zdolności gleb to produkcji i utleniania metanu. Pozwoli to na dostosowanie odpowiednich technik zarządzania glebą (stosowanie nawozów, metody uprawy) i ograniczenie pogłębiającego się efektu cieplarnianego.

Słowa kluczowe: gleba; efekt cieplarniany; metale ciężkie; wilgotność; metanotrofia; metanogeneza

Abstract

The concentration of methane (CH₄) in the atmosphere depends on the amount of gas emitted by the sources and absorbed by the environments which carry out the oxidation reaction. Soil belongs to the group of natural emitters as well as CH₄ oxidants. Depending on the prevailing water and air conditions, it can have two opposing functions. Under aerobic conditions methanotrophy occurs, i.e. the oxidation of CH₄ to CO₂ and H₂O. Under anaerobic conditions, caused e.g. by flooding, the process of methanogenesis, i.e. CH₄ production, takes place and which is emitted to the atmosphere. Both phenomena in soils may occur simultaneously due to different water and air conditions. These processes are controlled by many factors such as the physical and chemical properties of the soils.

One of such factor is heavy metals. The most common in soil are Cu, Zn, Ni, Pb, Cd and Cr. They are introduced into the soils as a result of industrial production and agricultural practices. Their presence may lead to disturbances in the functioning of microorganisms carrying out processes of methanotrophy and methanogenesis.

The aim of the study was to evaluate the influence of heavy metals (Pb, Cd) on the processes of production (methanogenesis) and oxidation (methanotrophy under conditions of varied humidity) of methane in selected agricultural soils.

The study material consisted of three cultivated soils: brown soil (*Eutric Cambisol*), podzolic soil (*Haplic Podzol*) and black soil (*Mollic Gleysol*). Soil samples after collection were stored in the Bank of Mineral Soils located in the Institute of Agrophysics, previously dried and sieved through a 2 mm mesh sieve. The tests were conducted in controlled laboratory conditions. To initiate the process of methanogenesis, 10 g of soil samples were completely flooded with water and rinsed with pure nitrogen to create anaerobic conditions. During the methanotrophy process, the soil samples were brought to a moisture content corresponding to pF 0, 2,2 and 3,2 characteristic of each soil. The soils were moistened with heavy metal solutions at 4 doses acceptable for agricultural soils:

- ✓ annual and 5 times (Pb 4.8 mg kg⁻¹, 24 mg kg⁻¹; Cd 0.048 mg kg⁻¹, 0.24 mg kg⁻¹ d.m.)
- ✓ maximum and their 5 times (Pb 300 mg kg⁻¹, 1500 mg kg⁻¹; Cd 3 mg kg⁻¹, 15 mg kg⁻¹ d.m.).

These Pb and Cd doses were selected on the basis of the Official Journal of the European Communities, Council Directive on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture (86/278/EEC)

In the methanotrophy study 1% CH₄ (v/v) was added to the prepared samples to the air above the soil. Then the soil samples were incubated at 25°C and CH₄ concentration was measured with a gas chromatograph.

The methanotrophy study showed that the applied doses of heavy metals showed a smaller effect on the oxidation capacity of CH₄ than the differentiated soil moisture.

Among the analysed metals, Pb showed higher toxicity, compared to Cd. Both the process of oxidation and CH₄ production was completely inhibited at the highest (300 mg kg⁻¹, 1 500 mg kg⁻¹) acceptable doses of lead. In the case of cadmium, a significant slowdown of the oxidation reaction and no effect on the production process was observed in two (*Eutric Cambisol*, *Haplic Podzol*) of the three analyzed soils.

The analyses carried out supplement the current state of knowledge on the influence of different conditions on the processes related to methane circulation in cultivated soils. Soil is a very complex ecosystem, however, knowing the environmental response to the applied factors, it is possible to estimate the ability of soils to produce and oxidise methane. This will allow to adapt appropriate soil management techniques (use of fertilizers, cultivation methods) and limit the deepening of the greenhouse effect.

Key words: soil; greenhouse effect; heavy metals; moisture; methanotrophy; methanogenesis