

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ : MRG4580019

ชื่อโครงการ: การประเมินศักยภาพของพื้นที่ป่าไม้ในประเทศไทยในการออกซิไดร์ก๊าซมีเทน

นักวิจัย: อำนวย ชิดโธสง บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม ม.เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

E-mail: amnat_c@jgsee.kmutt.ac.th , ระยะเวลาโครงการ: กรกฎาคม 2545 – มิถุนายน 2547

ก๊าซมีเทนเป็นการเรือนกระจกที่สำคัญและการออกซิไดร์มีเทนโดยแบคทีเรียในดินถือเป็นแหล่งดูดกลับก๊าซมีเทนจากอากาศที่สำคัญแหล่งหนึ่ง ประเทศไทย ได้มีการประมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากแหล่งต่างๆไว้ค่อนข้างมาก แต่ที่ผ่านมายังไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับแหล่งดูดกลับและปริมาณการดูดกลับโดยแหล่งต่างๆเหล่านั้น การศึกษาครั้งนี้จึงได้วัดอัตราการออกซิไดร์มีเทนโดยเปรียบเทียบในดินที่มีการใช้ประโยชน์แตกต่างกันในจังหวัดนครราชสีมา ได้แก่ ดินป่าธรรมชาติดิบแล้ง ดินป่าปลูกกระถินเทพา และดินที่ใช้ทำการเกษตร (ปลูกข้าวโพด) อัตราการออกซิไดร์วัดโดยวิธี Close chamber method โดยทำการวัดทุกเดือนระหว่างมกราคม ถึง ธันวาคม 2546 นอกจากนี้ได้เก็บตัวอย่างดินเพื่อศึกษาลักษณะทางจุลศาสตร์ของการออกซิไดร์ก๊าซมีเทนและลักษณะโครงสร้างประชากรของ methanotrophic bacteria โดยวิธี denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE) จากชิ้นส่วนของยีนที่ควบคุมการทำงานของเอนไซม์มีเทนโมโนออกซิจีเนส ผลการศึกษาพบว่า ดินทั้งสามแห่งสามารถออกซิไดร์ก๊าซมีเทนระดับความเข้มข้นตามธรรมชาติได้ แต่อัตราการออกซิไดร์แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ฤดูกาล ลักษณะการใช้ที่ดิน และจุดที่ทำการเก็บตัวอย่าง ในฤดูแล้งอัตราการออกซิไดร์ก๊าซมีเทนจะสูงกว่าในฤดูฝน นอกจากนี้ในฤดูฝนบางครั้งยังมีการปลดปล่อยก๊าซมีเทนออกมา แสดงว่าความชื้นของดินเป็นปัจจัยหลักอันหนึ่งในการควบคุมอัตราการออกซิไดร์ก๊าซมีเทน จากการเปรียบเทียบ พบว่าการออกซิไดร์ก๊าซมีเทนในป่าธรรมชาติและป่าปลูกในประเทศไทยอยู่ในระดับที่พบในดินแถบอบอุ่น จากค่าเฉลี่ยต่อปีพบว่า ดินป่าเป็นแหล่งดูดกลับก๊าซมีเทนสุทธิ (1.50 และ 1.17 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ในป่าธรรมชาติและป่าปลูก ตามลำดับ) สำหรับในดินที่ใช้ทำการเกษตร การปลดปล่อยก๊าซมีเทนโดยเฉพาะในช่วงฤดูฝนทำให้เฉลี่ยทั้งปีดินนี้เป็นแหล่งปลดปล่อยสุทธิ

ในดินป่าทั้งสองแห่ง พบว่าชั้นดินระหว่าง 15-40 ซม เป็นชั้นที่มีอัตราการออกซิไดร์มีเทนสูงสุดในขณะที่ในดินที่ใช้ทำการเกษตร ความแตกต่างในการออกซิไดร์มีเทนตามความลึกไม่ชัดเจนนัก ความเข้มข้นที่สูงของไนเตรท ไนโตรทและแอมโมเนียในดินชั้นบนอาจมีผลยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ออกซิไดร์มีเทน ทำให้ไม่พบการออกซิไดร์ในดินชั้นบนนี้ จากการศึกษาทางจุลศาสตร์ของการออกซิไดร์มีเทนพบว่าดินป่าธรรมชาติมีความจำเพาะต่อมีเทนสูง (ค่า $K_m = 52$ ppmv) แต่ศักยภาพในการออกซิไดร์ต่ำ (ค่า $V_{max} = 0.82$ นาโนโมลต่อกรัมดินต่อชั่วโมง) ในขณะที่ดินจากป่าปลูกมีความจำเพาะต่อมีเทนสูงรองลงมา ($K_m = 723$ ppmv) และดินจากพื้นที่เกษตรมีความจำเพาะต่อมีเทนต่ำสุด ($K_m = 1454-2362$ ppmv) ฉะนั้น ดินป่าสามารถออกซิไดร์มีเทนที่ความเข้มข้นต่ำได้ดีกว่าดินที่ใช้ทำการเกษตร ลักษณะทางจุลศาสตร์นี้สัมพันธ์กับลักษณะโครงสร้างประชากรของแบคทีเรียในดิน กล่าวคือผลของ DGGE ชี้ว่าโครงสร้างประชากรของ methanotroph ในดินป่าทั้งสองแห่งมีความคล้ายคลึงกัน และแตกต่างดินที่ใช้ทำการเกษตร ทั้ง *Methylobacter* spp. และ *Methylocystis* spp เป็นกลุ่มแบคทีเรียหลัก นอกจากนี้ ยังพบ methanotroph ที่จัดอยู่ใน cluster α (USC α) ซึ่งเชื่อว่าเป็นกลุ่มหลักที่สามารถออกซิไดร์มีเทนที่ระดับความเข้มข้นตามธรรมชาติ ในดินป่าทั้งสองแห่ง และพบลำดับเบสของกลุ่มแบคทีเรียที่ยังไม่เคยพบมาก่อนที่อาจมีความสัมพันธ์กับแบคทีเรียในกลุ่ม Gammaproteobacteria หรือกลุ่มอื่นๆที่มีเอนไซม์ควบคุมการทำงานของเอนไซม์แอมโมเนียโมโนออกซิจีเนส ของแบคทีเรียที่ออกซิไดร์แอมโมเนีย จากผลที่กล่าวมาแสดงให้เห็นว่า นอกจากปัจจัยแวดล้อมเช่นความชื้นแล้ว ความแตกต่างด้านโครงสร้างประชากรของ methanotroph ที่พบในดินที่มีการใช้ประโยชน์ต่างกัน ก็เป็นเหตุผลที่สำคัญประการหนึ่ง อันนำไปสู่ความแตกต่างในศักยภาพและจุลศาสตร์การออกซิไดร์มีเทนดังที่กล่าวมาแล้ว

ผลการศึกษาครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่าลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินมีผลอย่างมากต่ออัตราการออกซิไดร์มีเทน การเปลี่ยนจากป่าไปเป็นพื้นที่เกษตรส่งผลให้ดินสูญเสียคุณสมบัติการออกซิไดร์ก๊าซมีเทน อย่างไรก็ตาม การปลูกป่าก็ช่วยทำให้ดินกลับมาออกซิไดร์มีเทนได้อีกครั้ง การสูญเสียความสามารถในการออกซิไดร์ก๊าซมีเทนนี้มีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชากรของ methanotroph และคุณสมบัติทางจุลศาสตร์ของการออกซิไดร์มีเทนของแบคทีเรียเหล่านั้น จากการประมาณการในเบื้องต้นพบว่า ดินป่าไม้ในประเทศไทยมีศักยภาพสูงในการออกซิไดร์มีเทนที่ความเข้มข้นระดับธรรมชาติ การช่วยรักษาพื้นที่ป่าจึงมีความสำคัญในการรักษาลักษณะที่เป็นแหล่งดูดกลับมีเทนสุทธิของป่าเอาไว้

คำหลัก: มีเทนออกซิเดชัน ดินป่าไม้ในประเทศไทย การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน แบคทีเรียกลุ่ม methanotroph, DGGE

Abstract

Project Code: MRG4580019

Project Title: Estimate of Methanotrophic Capacity of Tropical Forests of Thailand

Investigator: Amnat Chidthaisong

E-Mail: amnat_c@jgsee.kmutt.ac.th

Project Period: July 2002-June 2004

Methane is an important greenhouse gas and oxidation in soils represents a significant sink. In Thailand, estimate of methane emission is well established but there has been no estimate available for methane sink. In this study, methane oxidation fluxes were measured with the closed chamber method in different land use types; natural forest (dry evergreenforest; SK site), re-grown forest (*Acacia mangium*, AC site) and corn cultivation (CF site). Monthly *in situ* fluxes were monitored during January – December 2003 in Nakornratchasima Province, Northeast Thailand. Soil samples were taken for kinetic study in the laboratory and for analysis of methanotrophic bacteria (MB) community by denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE) of *pmoA* gene fragments (encoding for a subunit of particulate methane monooxygenase) that were PCR-amplified from total soil DNA extracts. Results reveal that methane oxidation occurred in all land use types but oxidation rate varied according to season, land use types, and sampling spots. Both SK and AC forests showed the oxidation rates comparable to that found in temperate forests. High rate of methane oxidation was found during the summer months. In raining season, net methane emission was occasionally observed, indicating the importance of soil moisture as the controlling factor. On one-year average basis, soil at both SK and AC forests were the net methane sinks (1.50 and 1.17 mg CH₄ m⁻² day⁻¹, respectively). On the other hand, high methane emission during raining season made soil at CF site became a net methane source on annual average basis.

In SK and AC soil a clear zonation for active oxidation layer was between 15-40 cm while in CF soil no clear active layer was observed. This was possibly due to high concentration of inorganic nitrogen compounds (NO₃⁻, NO₂⁻ and NH₄⁺) in the topsoil that inhibited the activity of methane oxidizing bacteria. Examining kinetic coefficients of these active layers revealed that soil at SK site had low methanotrophic capacity (V_{max} of 0.82 nmol·g soil⁻¹·h⁻¹) but relatively high affinity for methane (K_m of 52 ppmv). Soil at AC and CF sites showed low affinity for methane (K_m of 724 ppmv and 1454-2362 ppmv, respectively). However, soils at these two sites were capable of oxidizing high concentration of methane while soil at SK site it was not. Difference in kinetic characteristics among these three sites is also reflected in structure of methanotrophic community. Cluster analysis based on the DGGE banding patterns indicated that the MB community of SK and AC sites were similar to each other but different from that of the CF site. Sequence analysis of excised DGGE bands indicated that *Methylobacter* spp. and *Methylocystis* spp represented genera of cultivated MB at the sampling sites. Sequences of upland soil cluster α (USC α), that has been suggested to represent organisms involved in atmospheric methane consumption in diverse soils, were detected in the native forest and reforested site. Such sequences formed a separate branch related to USC α . Other sequences that indicated the uncultivated groups of potential MB were related to methanotrophic Gammaproteobacteria or an unknown sequence cluster that may represent either *pmoA* or *amoA* (coding for a subunit of the ammonia monooxygenase of ammonia oxidizing bacteria). It is thus concluded that besides the environmental factors such as water content, different community composition of methanotrophic bacteria under different land use is one of the important factors leading to different in methanotrophic capacity and kinetic characteristics of methane oxidation.

In conclusion, the results obtained in this study indicate that land use change from forest to agriculture significantly reduces methanotrophic capacity of soils. However, conversion of agriculture back to forest and preserving the natural forest conditions can maintain high methane oxidation capacity. Loss of methanogenic capacity upon changing land use is associated with altering bacteria community and their characteristics of kinetic methane uptake. Preliminary estimate indicates that Thai forest soils have high capacity for atmospheric methane sink and thus maintaining forest area is important if their sink characteristics are to be preserved.

Keywords: Methane oxidation, Thai forest soil, Land use, Methanotroph, DGGE