

## การปลดปล่อยก๊าซมีเทนในนาข้าวของจังหวัดขอนแก่น

## Methane emission on paddy rice in Changwat Khon Kaen

ยุทธชัย อนุรักติพันธุ์<sup>1</sup>, บัณฑิต อนุรักษ์<sup>2</sup> และ วชิรย์ ผลเดชสถาพร<sup>1</sup>Yuttachai Anuluxtipun<sup>1</sup>, Bundit Anurak<sup>2</sup> and Wacharee Pondeachsataporn<sup>1</sup>

## บทคัดย่อ

การศึกษานี้ประกอบด้วยการทดลอง 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นการศึกษาในนาข้าวของเกษตรกร บ้านบ่อแก อ. พระยืน จ. ขอนแก่น ชุดดินร่วนเฝ้าที่เป็นดินเค็ม โดยวางแผนการทดลองแบบสปลิตพลอต โดยมี 2 main plot คือ นาน้ำฝนและนาน้ำชลประทาน และอัตราการสับกลบไถอินทรีย์ 1,000-5,000 กิโลกรัมต่อไร่ 5 อัตรา เป็น subplot ในการทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ เก็บตัวอย่างโดยใช้เทคนิคกล่องครอบ และเก็บตัวอย่างสัปดาห์ละครั้ง ตลอดระยะเวลาการปลูก จากการทดลองพบว่า ในนาน้ำฝน อัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทนมีค่าเฉลี่ย 3.93, 7.94, 5.85, 16.71 และ 30.05 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อชั่วโมงขณะที่นาน้ำชลประทาน อัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทนโดยเฉลี่ยเท่ากับ 5.02, 11.22, 17.30, 18.81 และ 20.12 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งผันแปรไปในทิศทางเดียวกับอัตรามวลชีวภาพของอินทรีย์ที่เพิ่มสูงขึ้น ส่วนที่ 2 เป็นการบ่มดินในห้องปฏิบัติการ เพื่อวัดสัดส่วนของก๊าซมีเทนต่อน้ำหนักดินในแต่ละระดับความลึกของดิน ตั้งแต่ ระดับลึก 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 เซนติเมตร โดยใช้ ไสอินทรีย์ในอัตราต่าง ๆ ทั้ง 5 อัตรา พบว่า ที่ระดับความลึก 5, 10 และ 15 เซนติเมตร จะมีสัดส่วนของก๊าซมีเทนต่อน้ำหนักดินอยู่ในช่วง 0.012 – 0.539, 0.0007 – 0.26 และ 0.001 – 0.022 ไมโครกรัมต่อกรัมดิน ที่แตกต่างจากระดับความลึก 20, 25 และ 30 เซนติเมตร ซึ่งให้ค่าเฉลี่ยเพียง 0.0008 – 0.019, 0.0003 – 0.007 และ 0 – 0.0039 ไมโครกรัมต่อกรัมดิน ตามลำดับ การศึกษาพบว่า ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลมีความสัมพันธ์กับระดับน้ำ ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำยังมีความสัมพันธ์กับการปลดปล่อยก๊าซมีเทนและการปลูกข้าวรวมกับการใช้ไสอินทรีย์ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของผลผลิตข้าวทั้งสองพื้นที่

## ABSTRACT

The experiment consisted of two parts. The first part was performed in the saline paddy fields at Ban Bo Kae Changwat Khon Kaen. The experimental design was split plot with three replications. The main factors were rainfed and irrigated paddy fields. Using a static box technique collected the methane emission. The results showed that the methane emission rates were 3.93, 7.94, 5.83, 16.71 and 30.05 mg/m<sup>2</sup>/hr in rainfed condition and 5.02, 11.22, 17.30, 18.81 and 20.12 mg/m<sup>2</sup>/hr in irrigated condition. Using the incubated soil to analyze the methane production in the laboratory performed the second part. The methane produced in each soil depth was collected at 5, 10, 15, 20, 25 and 30 cm as well as at five different incorporation rates of biomass. The result showed significant difference in methane production 5, 10 and 15 cm depths ( the ratio of methane and soil weight of 0.012 – 0.539, 0.0007 – 0.26 and 0.001 – 0.022  $\mu$ g/g soil) an the 20, 25 and 30 cm depths (the ratio of methane and soil weight of 0.0008 – 0.019, 0.0003 – 0.007 and 0 – 0.0039  $\mu$ g/g soil). The study showed the correlation between redox potential and water level. There was a correlation between dissolved

oxygen and methane emission. Both redox potential and dissolved oxygen enhanced the methane emission. By using *Sesbania rostrata* as green manure, the rice yields were significantly increased.

<sup>1</sup> Soil and Water Conservation Research Section, Land Development Department

<sup>1</sup> กลุ่มอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน

<sup>2</sup> Environmental Science Department, Thammasat University

<sup>2</sup> ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

### คำนำ

การเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศบนโลกในปัจจุบันนี้มีความรุนแรงมาก ขึ้นปัญหาหนึ่งที่กำลังรุนแรงในขณะนี้คือปัญหาโลกร้อน (global warming) ซึ่งมีสาเหตุมาจากการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gas) ในชั้นบรรยากาศ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน ก๊าซไนตรัสออกไซด์ เป็นต้น ซึ่งโดยปกติก๊าซเหล่านี้จะอยู่อย่างสมดุลในชั้นบรรยากาศ และทำให้โลกมีความอบอุ่น ช่วยกักเก็บความร้อน ทำให้โลกไม่สูญเสียความร้อนจนอุณหภูมิลดลงมาก แต่เมื่อมีการพัฒนาของการเกษตรกรรม และอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็ว มีการปล่อยสารมลพิษต่าง ๆ ขึ้นสู่บรรยากาศโลก รวมถึงการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากจนเกิดการเสียสมดุลของระบบนิเวศต่าง ๆ บนโลก และเนื่องจากก๊าซเหล่านี้มีคุณสมบัติในการเก็บกักความร้อนได้ จึงทำให้เกิดการเก็บกักความร้อนไว้ภายในบรรยากาศโลกมากกว่าปกติ เป็นผลให้บรรยากาศโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น โดยเฉลี่ยประมาณ 0.45 – 0.6 องศาเซลเซียส (IPCC, 1996) และพบว่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน และก๊าซไนตรัสออกไซด์ ในบรรยากาศปัจจุบันนั้น เพิ่มขึ้นจากก่อนการปฏิวัติอุตสาหกรรม (ค.ศ. 1750) โดยเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 28, 145 และ 13 ตามลำดับ (IPCC, 1996) การเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกเหล่านี้มีผลส่วนใหญ่มาจากกิจกรรมของมนุษย์

ในส่วนของก๊าซมีเทนนั้นพบว่ามีความเข้มข้นในบรรยากาศสูงกว่าในอดีตมาก และพบว่าแหล่งปลดปล่อยก๊าซมีเทนที่สำคัญได้แก่ การทำนาข้าว มีการปลดปล่อยก๊าซมีเทนถึง 70 – 170 เทระกรัมต่อปี ซึ่งมีอัตราการปลดปล่อยสูงกว่าแหล่งอื่น ๆ (Tyler, 1991)

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมและสามารถปลูกข้าวได้ทั่วทุกภาคของประเทศประกอบด้วยสภาพภูมิอากาศ และอุณหภูมิเหมาะสมต่อการปลูกข้าว ทำให้มีพื้นที่ปลูกข้าวมากกว่าการใช้ที่ดินประเภทอื่น ๆ คิดเป็นพื้นที่ประมาณร้อยละ 51 ของพื้นที่ทั่วประเทศ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2542) นาข้าวจึงมีบทบาทสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก เนื่องจากเป็นแหล่งใหญ่ที่ปลดปล่อยก๊าซมีเทน เพราะช่วงการทำนา ต้องมีการขังน้ำตลอดระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว ทำให้เกิดสภาพไม่มีออกซิเจน และพบว่าพื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีการทำนาข้าวมากที่สุด มีการทำนาทั้งในสภาพนาน้ำฝน และน่าน้ำชลประทาน ซึ่งดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีลักษณะเป็นดินเค็ม ระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำขาดอินทรีย์วัตถุ ผลผลิตข้าวจึงต่ำมาก ก่อให้เกิดผลกระทบต่อเกษตรกรเป็นอย่างมาก เนื่องจากผลผลิตที่ได้เป็นเมล็ดข้าวนั้น มีอัตราส่วนของเมล็ดเสียมาก เกิดความเสียหายต่อความเป็นอยู่ของเกษตรกร กรมพัฒนาที่ดินจึงได้ริเริ่มให้มีการใช้ไลนัฟริกกันเป็นปุ๋ยพืชสดก่อนการปลูกข้าว ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับดิน และยังเป็นแหล่งที่มาของธาตุไนโตรเจนให้แก่ข้าวอีกด้วย แต่ยังเป็นคำถามว่าปริมาณมวลชีวภาพของไลนัฟริกกันที่สับ



กลบลงไปในวันนั้น ส่งผลกระทบต่อการย่อยสลายในสภาพไม่มีออกซิเจน (anaerobic decomposition) ของจุลินทรีย์ในดิน และมีการปลดปล่อยก๊าซมีเทน ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกชนิดหนึ่งออกมาในปริมาณเท่าใด และแตกต่างในการปลูกข้าวสภาพนาข้าวและสภาพนาข้าวชลประทานอย่างไร

จากกรณีนี้ทำให้เกิดผลกระทบอย่างมากต่อโลกในด้านการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลก และต่อประเทศไทยในด้านความสัมพันธ์ระหว่างประเทศในฐานะผู้ผลิตข้าวรายใหญ่ของโลก จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในการนำไปใช้เป็นข้อมูลวางแผนในการควบคุมก๊าซมีเทนได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม จึงเป็นที่มาของการศึกษาเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐาน ในการวางแผนการควบคุมการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว อย่างมีประสิทธิภาพโดยการศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบอัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวประเภทนาข้าวและนาข้าวชลประทานที่ใช้ไนโตรเจนเป็นปุ๋ยพืชสด

### อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยนี้แบ่งการทดลองเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นการดำเนินการทดลองวัดอัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในพื้นที่นาข้าว บ้านปอแก อำเภอยะยี่ จังหวัดขอนแก่น ชุดดินร่วนซุยตลอดช่วงการปลูกข้าว และวางแผนการทดลองแบบ สปลิทพลอต จำนวน 3 ซ้ำ โดยมีปัจจัยหลักคือการทำนาข้าวและนาข้าวชลประทาน ส่วนปัจจัยรองคืออัตราการใส่ไนโตรเจน 1,000, 2,000, 3,000, 4,000 และ 5,000 กิโลกรัมต่อไร่ และส่วนที่ 2 เป็นการทดลองบ่มดินในห้องปฏิบัติการ

#### การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างก๊าซ

ช่วงระยะเวลาการเก็บตัวอย่างก๊าซที่ปลดปล่อยจากนาข้าว ทำการเก็บตัวอย่างก๊าซทุก ๆ 1 สัปดาห์ ตลอดช่วงการเพาะปลูกข้าว กำหนดช่วงเวลาเก็บตัวอย่างในรอบ 1 วัน โดยเก็บตัวอย่างก๊าซในช่วงอุณหภูมิที่สูงที่สุดในรอบวันในช่วง 12.00 - 14.00 น. (ปิยะบุตร วานิชพงศ์พันธุ์, 2536) การวางครีบดักเก็บและการเก็บตัวอย่างก๊าซ โดยการวางกล่องครอบ (chamber) ตามวิธีของ Lindau (1994) ขนาด 50×50×100 ลูกบาศก์เซนติเมตร วิเคราะห์หาปริมาณก๊าซมีเทนด้วยเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟีชนิด flame ionization detector (FID) โดยใช้ก๊าซตัวอย่างปริมาตร 1 มิลลิลิตร

#### การเก็บข้อมูลพารามิเตอร์

โดยวัดความสูงและการแตกกอของต้นข้าว, ความหนาแน่น ความสูงและมวลชีวภาพของไนโตรเจน, อุณหภูมิภายในกล่องครอบเก็บก๊าซตัวอย่าง, อุณหภูมิดินที่ระดับลึก 5 เซนติเมตร, อุณหภูมิน้ำที่ระดับกึ่งกลางน้ำ, ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียล (redox potential) ในกล่องครอบเก็บก๊าซตัวอย่างที่ระดับความลึก 5 เซนติเมตร (Lindau, 1994) โดย Platinum electrode, ค่าความเป็นกรด - เบส ของดินและน้ำ, ค่าออกซิเจนละลายในน้ำที่ระดับกึ่งกลางความลึกของน้ำ และที่ระดับผิวดิน โดยเครื่อง DO - meter, วัดความเข้มแสง ด้วยเครื่อง lux meter, วัดระดับน้ำทุกครั้งที่เก็บตัวอย่างก๊าซ ด้วยไม้บรรทัด

### การวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์

ทำการวิเคราะห์ เนื้อดิน, ความนำไฟฟ้าของสารละลายดินซึ่งอิ่มตัวด้วยน้ำ, ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน, ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด, available P, C.E.C., เหล็ก แมงกานีส, ซัลเฟต, ปริมาณคลอไรด์ ค่าความเป็นกรด-เบสของดิน, exchangeable K Ca Mg Na, soluble K Ca Mg และ Na, ปริมาณไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส คาร์บอนของไลนอัสฟริกกัน

### การวัดก๊าซมีเทนจากการบ่มดินในห้องปฏิบัติการ

โดยเก็บตัวอย่างดินจากแปลงทดลองทั้งหมดที่ระดับความลึก 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 เซนติเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์ความเข้มข้นด้วยเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟี

### การคำนวณอัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทน

$$F = (V/A)(\Delta C/\Delta t)(298/(273+T))$$

F คือ อัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (มก./ตร.ม./ชม.) V คือ ปริมาตรกล่องครอบ (ลบ.ม.)

A คือ พื้นที่หน้าตัดกล่องครอบ (ตร.ม.)  $\Delta C$  คือ ค่าการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในช่วงเวลา t (มก./ลบ.ม.)

$\Delta t$  คือ ระยะเวลาที่วัดการปล่อยก๊าซมีเทน (ชม.) T คือ อุณหภูมิอากาศภายในกล่องครอบ ( $^{\circ}\text{C}$ )

### การคำนวณสัดส่วนของก๊าซมีเทนในดิน

$$C = C_a \times V_{HS} \times MW \times MV \times 1 \text{ L}/10^6 \mu\text{L} \times 10^3 \mu\text{g}/\text{mg}$$

$$W_s$$

C คือ สัดส่วนของก๊าซมีเทนในดิน ( $\mu\text{g}/\text{g}$ )  $C_a$  คือ ความเข้มข้นของตัวอย่างก๊าซมีเทน ( $\mu\text{L}/\text{L}$ )

$V_{HS}$  คือ ปริมาตรของช่องว่างในขวดแก้ว (mL)  $W_s$  คือ น้ำหนักของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (g)

MW คือ น้ำหนักโมเลกุลของก๊าซมีเทนเท่ากับ 16 mg/mmol

MV คือ ปริมาตรโมเลกุลของก๊าซมีเทนที่ 25  $^{\circ}\text{C}$  เท่ากับ 0.04 mmol/mL

### การทดสอบทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย F - test และทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อน (multiple comparisons) ด้วย Duncan's new multiple range test

### ผลการทดลองและวิจารณ์

การปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวซึ่งใช้ไลนอัสฟริกกันเป็นปุ๋ยพืชสด โดยใช้พื้นที่นาข้าวของเกษตรกร บ้าน บ่อแก อำเภอบัวลาย จังหวัดขอนแก่น ชุดดินร่อยเอ็ดที่เป็นดินเค็ม ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เมื่อดำเนินการทดลอง โดยใช้เทคนิคกล่องครอบ เวลา 12.00 - 14.00 น. พบว่าในแปลงน่าน้ำฝนนั้น อัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทนโดยเฉลี่ย เท่ากับ 3.93, 7.94, 5.85, 16.71 และ 30.05 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง ของการใช้มูลชีวภาพของไลนอัสฟริกกันในอัตรา 1,000, 2,000, 3,000, 4,000 และ 5,000 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ดังภาพที่ 1

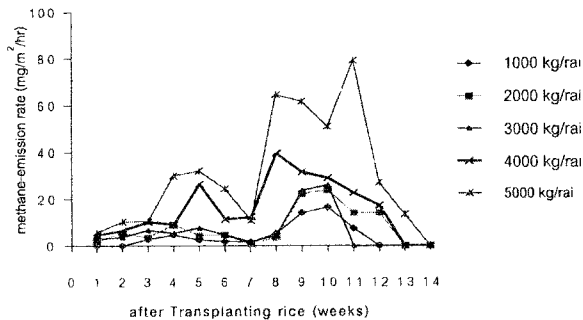


Figure 1 methane emission rates in rainfed condition

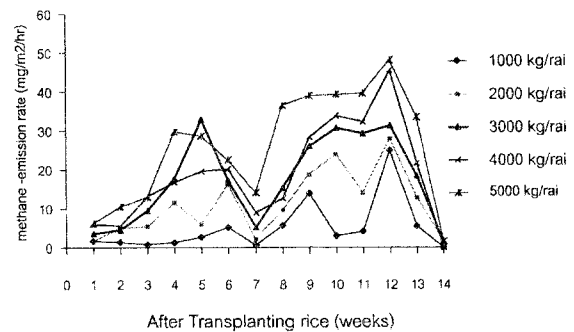


Figure 2 methane emission rates in irrigated condition

ในขณะที่ แปลงนาข้าวชลประทานนั้น มีอัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทนโดยเฉลี่ยเท่ากับ 5.02, 11.22, 17.30, 18.81 และ 20.12 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง ของมวลชีวภาพของอินทรีย์ในอัตรา 1,000, 2,000, 3,000, 4,000 และ 5,000 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ดังภาพที่ 2

ในส่วนของแปลงนาข้าวที่ไม่ใช้อินทรีย์นั้น พบว่าอัตราการปลดปล่อยมีค่าเฉลี่ยที่ต่ำกว่าแปลงที่ใช้อินทรีย์ โดยอัตราการปลดปล่อยเฉลี่ยเท่ากับ 1.96 และ 3.73 มิลลิกรัมต่อ ตารางเมตรต่อชั่วโมง ของแปลงนาข้าว และนาข้าวชลประทาน ตามลำดับ ดังภาพที่ 3

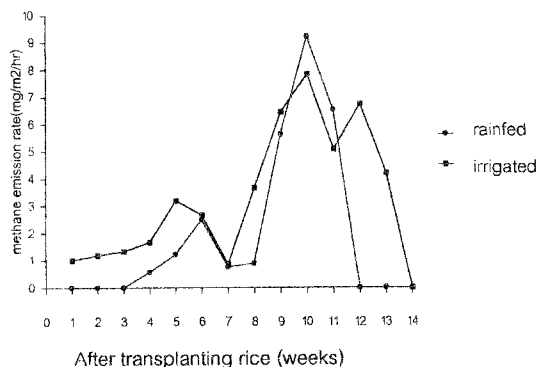
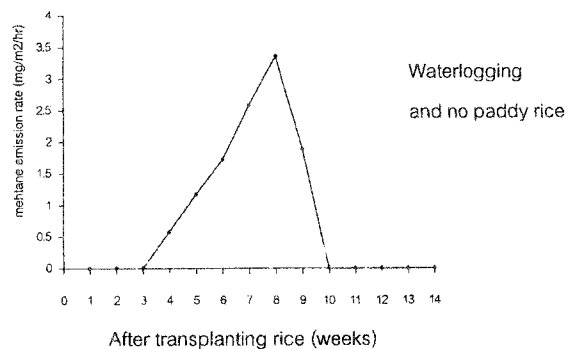
Figure 3 The comparative of methane emission between  
Rainfed and irrigate condition

Figure 4 The control plot that is no paddy rice

เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Jernsawadipong และคณะ(1994). และ ปิยะบุตร วานิชพงศ์พันธุ์ (2536) การปลดปล่อยมีเทนซึ่งเกิดจากปัจจัยของการใช้อินทรีย์เป็นส่วนสำคัญ เพราะอินทรีย์ที่ใส่ลงไปแปลงนา นั้น เป็นแหล่งของอาหาร และแหล่งพลังงานที่สำคัญของ จุลินทรีย์ ประเภทเมทาโนจีนิคแบคทีเรีย ในการนำไปใช้เป็นส่วนประกอบภายในเซลล์ ด้านแปลงนาที่ไม่มีการปลูกข้าวและไม่ใช้อินทรีย์นั้น พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.81 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง ดังภาพที่ 4

เมื่อเปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว และนาข้าวชลประทาน ดังตารางที่ 1 พบว่า ความแตกต่างของนาข้าวทั้งสองประเภทนั้น เกิดความแตกต่างในนาข้าวที่ใช้อินทรีย์ในอัตรา 2,000 และ 3,000 กิโลกรัมต่อไร่ อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเกิดจากปัจจัยของระดับน้ำเป็นสำคัญ ในส่วนของแปลงนาข้าวที่ใช้อินทรีย์ในอัตรา 4,000 และ 5,000 กิโลกรัมต่อไร่ นั้นไม่เกิดความแตกต่างของการปลดปล่อยก๊าซมีเทนระหว่างนาข้าวทั้ง

สองประเภท ซึ่งเกิดจากการที่ปริมาณมวลชีวภาพของอินทรีย์วัตถุที่ใส่ลงไปแปลงนามีอิทธิพลที่เด่นกว่าปัจจัยของระดับน้ำ

Table 1

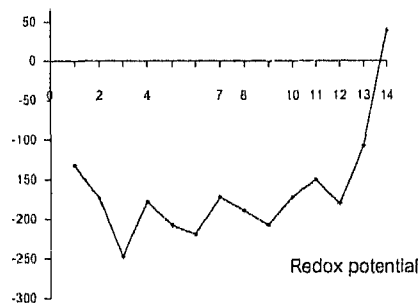
The comparative of methane emission between Rainfed and irrigate condition

| S. rostrata<br>(kg./rai) | Methane emission rate<br>(mg/m <sup>2</sup> /hr) |           | significant | avarage<br>sig.different<br>(mg/m <sup>2</sup> /hr) |
|--------------------------|--------------------------------------------------|-----------|-------------|-----------------------------------------------------|
|                          | rainfed                                          | Irrigated |             |                                                     |
| control                  | 1.96a                                            | 3.73a     | *           | -2.33                                               |
| 1000                     | 3.93a                                            | 5.0a      | ns          | -3.91                                               |
| 2000                     | 7.94ab                                           | 11.22ab   | *           | -3.29                                               |
| 3000                     | 5.85a                                            | 17.30b    | *           | -12.24                                              |
| 4000                     | 16.71b                                           | 18.81b    | ns          | -2.49                                               |
| 5000                     | 30.05c                                           | 20.12b    | ns          | 4.67                                                |

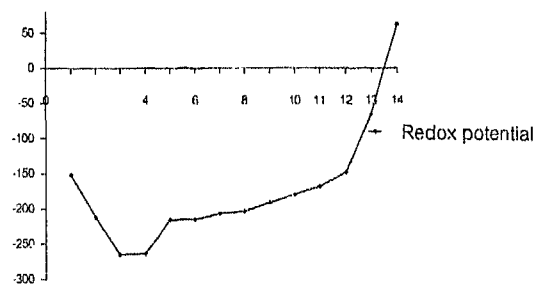
\* significant difference at the 95% ns = no significant difference

การปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวในแต่ละช่วงของการเจริญเติบโตนั้น พบว่าจะมีช่วงการปลดปล่อยที่สูง 2 ช่วง คือ ช่วงการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น ในช่วงข้าวแตกกอ และช่วงที่ข้าวออกรวง (Holzapfel Pschorn และคณะ, 1986; Mitra และคณะ, 1999) โดยการปลดปล่อยในช่วงแรกที่สูงนั้น เป็นเหตุจากการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุจากการใส่อินทรีย์วัตถุลงในนาข้าว (Jugsujinda และคณะ, 1995) ส่วนในช่วงที่สองนั้น เกิดจากการไหลของอินทรีย์สารจากรากข้าว (root exudate) (Braatz และ Hogan, 1991) และการหลุดร่วง (root litter) รวมถึงการย่อยสลายของรากข้าวเป็นสำคัญ (Nouchi และคณะ, 1994; Banker และคณะ, 1995) ซึ่งอินทรีย์สารที่ไหลจากรากข้าว นั้น มีองค์ประกอบของโมเลกุลที่ไม่ซับซ้อน (Kimura และคณะ, 1979) ทำให้อินทรีย์ จุลินทรีย์จึงสามารถนำสารอาหารเหล่านี้ไปใช้ได้เลย จึงเกิดการเพิ่มจำนวน จุลินทรีย์ และปลดปล่อยก๊าซมีเทนได้มากกว่าในช่วงการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น

ปัจจัยที่มีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซมีเทนที่ทำการวิจัยในครั้งนี้ ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลมีความสัมพันธ์กับระดับน้ำ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r = -0.81$  และ  $r = -0.74$ ) ในน่าน้ำฝน และน่าน้ำชลประทาน ตามลำดับ โดยค่ารีดอกซ์ โพเทนเชียลที่ตรวจวัดได้ในแปลงนาข้าว นั้นมีแนวโน้มลดลงช่วงการปลูกข้าว ดังภาพที่ 5 และ 6

Redox potential ( $E_h$ ; mV)

After transplanting rice (weeks)

Figure 5 The relationship between redox potential and time in  
Rainfed conditionRedox potential ( $E_h$ ; mV)

After transplanting rice (weeks)

Figure 6 The relationship between redox potential and time  
in irrigated condition

ในสัปดาห์แรกของการปักดำข้าวนั้น ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลมีค่า  $-152$  มิลลิโวลต์ ซึ่งเป็นช่วงที่เริ่มมีการทำกิจกรรมของจุลินทรีย์พวกเมทาโนจีนิคแบคทีเรีย และมีการปลดปล่อยก๊าซมีเทนออกมา (Jugsujinda และคณะ, 1996) และลดลงอย่างรวดเร็วในระยะเวลาต่อมา จนถึงจุดต่ำสุดในสัปดาห์ที่สามหลังการปักดำข้าว ซึ่งอาจเกิดจากการที่อุณหภูมิดินในช่วงนั้นสูง อยู่ในช่วง  $30 - 35$  องศาเซลเซียส โดยเป็นช่วงที่ส่งเสริมให้รีดอกซ์โพเทนเชียลของดินลดลงอย่างรวดเร็ว (ทัศนีย์ อัดตะนันท์, 2534) เช่นเดียวกับงานวิจัยที่กล่าวว่า หลังจากขังน้ำไปแล้ว 2 อาทิตย์ พบว่าค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลลดลงโดยมีค่าอยู่ในช่วง  $-150$  ถึง  $-210$  มิลลิโวลต์ และมีการดำเนินต่อไปเรื่อย ๆ (Lindau, 1994) จากนั้นจะมีค่าค่อนข้างคงที่ประมาณ  $-200$  มิลลิโวลต์ ไปตลอดช่วงการปลูกข้าว และเริ่มมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงที่ข้าวอยู่ในระยะตั้งท้อง จนกระทั่งช่วงสร้างเมล็ด และ เก็บเกี่ยว ซึ่งค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลมีค่าเป็นบวก (Mitra และคณะ, 1999; Lindau และคณะ, 1991) เนื่องจากเป็นช่วงที่ระดับน้ำเริ่มลดลง (ประมาณ  $0 - 5$  เซนติเมตร) การแพร่กระจายของออกซิเจนลงไปในดินจะมีมากขึ้นกว่าในช่วงแรก

นอกจากนั้น ยังพบว่าค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลมีความสัมพันธ์กับ ค่าการละลายของออกซิเจนที่ระดับผิวดิน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r = 0.655$ ) ด้วยเหตุผลที่ว่า เมื่อมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในดินน้อย จะทำให้เกิดสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนมากขึ้น เป็นผลให้จุลินทรีย์พวกที่อยู่ในสภาวะมีออกซิเจนน้อยลงไป และมีปริมาณจุลินทรีย์ชนิดที่อาศัยในสภาวะไม่มีออกซิเจนเพิ่มขึ้น จนกระทั่งจุลินทรีย์ประเภทที่อยู่ในสภาวะมีออกซิเจนหมดไป และเกิดการใช้ตัวรับอิเล็กตรอนชนิดอื่นแทน ซึ่งไม่ใช่ออกซิเจนที่มีสภาวะการออกซิไดซ์สูง ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลจึงลดลง (Cresser และ Tony, 1993) และค่าการละลายของออกซิเจนในน้ำนั้น มีความสัมพันธ์กับการปลดปล่อยก๊าซมีเทน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r = -0.64$ ) ในส่วนของอุณหภูมิดินนั้น ไม่พบว่ามีค่าสัมพันธ์กับการปลดปล่อยก๊าซมีเทนเนื่องจาก ในช่วงที่มีการปลดปล่อยสูง ต้นข้าวมีการบดบังผิวดินจากแสงแดดที่ส่องลงมา จึงทำให้อุณหภูมิดินไม่มีการเปลี่ยนแปลง ประกอบกับมีระดับน้ำในแปลงนาด้วย ความเป็นกรด - เบสที่วัดได้ มีค่าเป็นกลางโดยมีค่าอยู่ในช่วง  $5.6 - 7.2$  และ  $5.5 - 7.1$  ในน่าน้ำฝน และน่าน้ำชลประทาน ตามลำดับ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนมีความสัมพันธ์กับการปลดปล่อยก๊าซมีเทนที่สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r = 0.57$ ) ในส่วนของพารามิเตอร์อื่น ๆ ยังเห็นความสัมพันธ์ที่ไม่ชัดเจนนักในทางสถิติ

การบ่มดินในห้องปฏิบัติการ เพื่อวัดสัดส่วนของก๊าซมีเทนต่อน้ำหนักดินในแต่ละระดับความลึกของดิน ตั้งแต่ระดับลึก 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 เซนติเมตร โดยใช้ไสอินทรีย์ในอัตราต่าง ๆ ทั้ง 5 อัตรา พบว่า เมื่อพิจารณาถึงระดับความลึกของดินแล้ว ดินในระดับที่ไม่ลึกประมาณ 5 -15 เซนติเมตร จะได้รับอิทธิพลจากการสับกลบไสอินทรีย์ลงไปในน้าข้าว โดยส่งผลให้สัดส่วนของก๊าซมีเทนต่อน้ำหนักดินมีค่าที่มากกว่าในระดับ 20 - 30 เซนติเมตร เพราะในการสับกลบไสอินทรีย์ลงในนาข้าวโดยปกติแล้ว จะมีการสับกลบลงไปประมาณ 15 เซนติเมตร และเมื่อพิจารณาถึงอัตราของการใช้ไสอินทรีย์นั้น พบว่าที่อัตรา 5,000 กิโลกรัมต่อไร่ ให้สัดส่วนของก๊าซมีเทนต่อน้ำหนักดินสูงสุด และลดลงตามอัตราของการใช้ไสอินทรีย์ที่ลดลง จากการทดลองนี้ชี้ให้เห็นถึงอิทธิพลของการใช้ไสอินทรีย์ว่ามีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (วัชรีย์ ผลเดชสถาพร 2544)

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้ไสอินทรีย์ และผลผลิตข้าว ดังแสดงในภาพที่ 7 และ 8 พบว่า แนวโน้มของผลผลิตข้าวจะเพิ่มขึ้นตามอัตราการใช้ไสอินทรีย์ โดยมีสมการ  $Y = 249.88e^{0.0001X}$  ( $r^2 = 0.95$ )

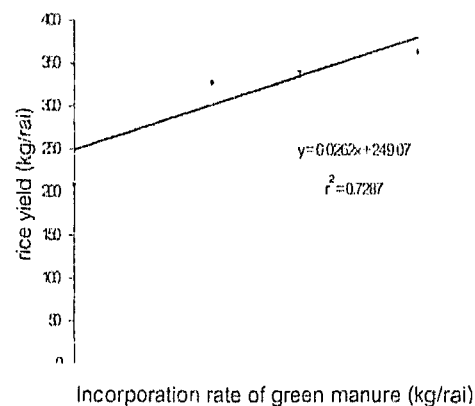
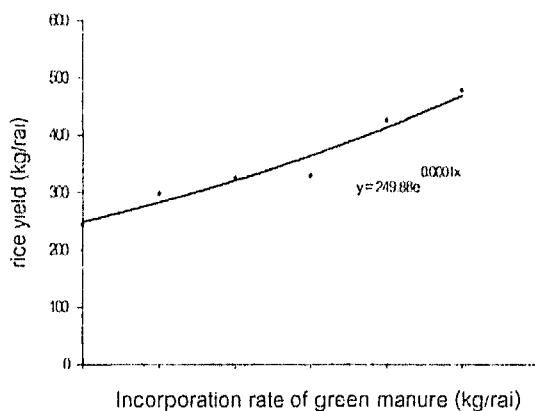


Figure 7 The relationship between *S. rostrata* as green manure and rice yield in rainfed condition Figure 8 The relationship between *S. rostrata* as green manure and rice yield in irrigated condition

และ  $Y = 0.0262X + 249.07$  ( $r^2 = 0.73$ ) ในน้าน้ำฝน และน้าน้ำชลประทาน ตามลำดับ โดย Y คือ ผลผลิตข้าว (กิโลกรัมต่อไร่) X คือ อัตราไสอินทรีย์ (กิโลกรัมต่อไร่)

ด้านความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทน และอัตราการใช้ไสอินทรีย์ พบว่าแนวโน้มของอัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจะเพิ่มขึ้นตามอัตราการใช้ไสอินทรีย์ โดยมีสมการ  $Y = 2.1237e^{0.0005X}$  ( $r^2 = 0.92$ ) และ  $Y = 0.0037X + 3.4495$  ( $r^2 = 0.94$ ) โดย Y คือ อัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง) X คือ อัตราไสอินทรีย์ (กิโลกรัมต่อไร่) ดังภาพที่ 9, 10

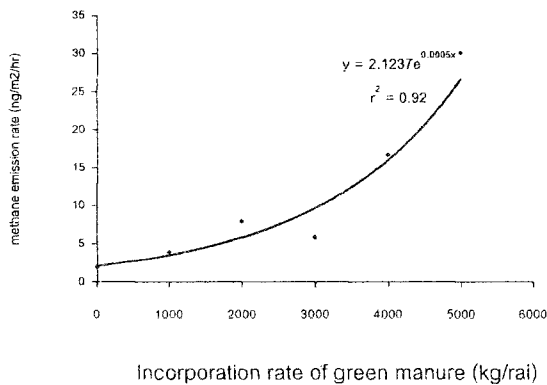


Figure 9 The relationship of methane emission and green manure incorporation rates in rainfed condition

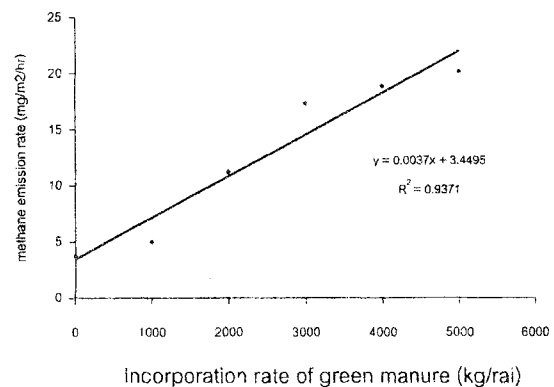


Figure 10 The relationship of methane emission and green manure incorporation rates in irrigated condition

คุณสมบัติของดินในแปลงก่อนการทดลอง พบว่าค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในแต่ละแปลงทดลองนั้นไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละดำรับการทดลอง โดยค่าเฉลี่ยความเป็นกรด - เบส เริ่มต้นเท่ากับ 6.82 ในส่วนของค่าการนำไฟฟ้านั้นมีค่าเฉลี่ย 0.053 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ซึ่งถือว่ามีความสูงมากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (เอิบ เขียวรีนรมย์, 2542) จัดเป็นดินเค็ม ในส่วนของปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน, ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัส ค่าที่ได้ในแต่ละดำรับทดลองไม่มีความแตกต่างกัน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.363 เปอร์เซ็นต์, 0.018 เปอร์เซ็นต์ และ 0.77 ppm จัดอยู่ในกลุ่มที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินนั้น มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.14 cmol kg<sup>-1</sup> ปริมาณ ซัลเฟตนั้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.33 ppm ซึ่งไม่แตกต่างกันในแต่ละดำรับทดลองด้านปริมาณคลอไรด์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.03 ppm ปริมาณโพแทสเซียม, แคลเซียม, โซเดียม และแมกนีเซียมที่สกัดได้มีค่าเฉลี่ย 0.02, 0.25, 0.07 และ 0.03 meq /100 g ปริมาณเหล็กและแมงกานีสมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 38.6 และ 19 ppm ในส่วนของจุลธาตุอาหารที่ละลายได้นั้น โพแทสเซียม, โซเดียม, แคลเซียม และ แมกนีเซียมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.5, 25.9, 6.6 และ 3.3 ppm มีสัดส่วนของ sand : silt : clay เท่ากับ 74 : 14 : 12

### สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การปลูกข้าวโดยใช้โซนอฟริกกันเป็นปุ๋ยพืชสดนั้น ควรใช้โซนอฟริกกันในอัตรา 4,000 และ 5,000 กิโลกรัมต่อไร่ ในน่าน้ำฝน และน่าน้ำชลประทาน ตามลำดับ เนื่องจากการใช้โซนอฟริกกันในอัตราดังกล่าวนี้ เป็นจุดที่เหมาะสมและเป็นไปได้ต่อการให้ ผลผลิตข้าว



### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณไพฑูรย์ บุญวิเศษ คุณเทอดศักดิ์ วงศ์พร เจ้าหน้าที่กรมพัฒนาที่ดิน เขต 5 จังหวัดขอนแก่น พ่อใหญ่ทองสา บัวใส และครอบครัว ที่ได้ช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างภาคสนาม

### เอกสารอ้างอิง

- ทัศนีย์ อัดตะนันท์. 2534. ดินที่ใช้ปลูกข้าว. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.
- มานพ เมฆประยูรทอง. 2537. แผนปฏิบัติการ 21 เพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน. กรุงเทพมหานคร อมรินทร์พริ้นติ้ง แอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2542. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2540/41. ศูนย์สารสนเทศการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นส่วนจำกัด เจ. เอ็น. ที.
- ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์. 2536. การปลดปล่อยและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- วัชรีย์ ผลเดชสถาพร. 2544. ผลของการใช้ไสอินทรีย์เป็นปุ๋ยพืชสดต่อการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวในจังหวัดขอนแก่น. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- Lindau, C. W. 1994. Methane Emissions from Louisiana Rice Fields Amended with Nitrogen Fertilizers. *Soil Biology. Biochem* 26: 353-359
- Jermasawatdipong, P., J. Murase, P. Prabuddham, Y. Hasathon, N. Khomthong, K. Naklang, A. Watanabe, H. Haraguchi, and M. Kimura. 1994. Methane Emission from Plots with Differences in Fertilizer Application in Thai Paddy Fields. *Soil Science Plant and Nutrition* 40: 63 – 71.
- Holzappel-Pschorn, A., R. Conrad and W. Seiler. 1986. Effects of Vegetation on the Emission of Methane from Submerged Paddy Soil. *Plant and Soil* 92: 223-233.
- Mitra, S., M. C. Jain, S. Kumar. S. K. Bandyopadhyay and N. Kalra. 1999. Effect of Rice Cultivars on Methane Emission. *Agriculture Ecosystems and Environment* 73: 177 – 183.
- Jugsujinda, A., R. D. Delaune, and C. W. Lindau. 1996. Factors Controlling Carbondioxide and Methane Production in Acid Sulfate Soils. *Water Air Soil Pollution* 87: 345-355.
- Braatz, B. V. and K. B. Hogan. Sustainable Rice Productivity and Methane Reduction Research Plan, 1991
- Nouchi, I., T. Hosono, K. Aoki and K. Minami. 1994. Seasonal Variation in Methane Flux from Rice Paddies Associated with Methane Concentration in Soil Water, Rice Biomass and Temperature and its Modelling. *Plant and Soil* 161: 195 – 208.
- Banker, B. C., H. K. Kludze, D. P. Alford, R. D. Delaune and C. W. Lindau. 1995. Methane Sources and Sinks in Paddy Rice Soils: Relationship to Emissions. *Agriculture. Ecosystems & Environment* 53: 243 – 251.



- Kimura, M., H. Wada and Y. Takai. 1979. The Studies on the Rhizosphere of Paddy Rice VI The Effects of Anaerobiosis on Microbes. Soil Science Plant and Nutrition 25: 145 – 153.
- Tyler, S. C. The Global Methane Budget. In Microbial Production and Consumption of Greenhouse Gases: Methane, Nitrogen oxides and Halomethanes, p. 16. Edited by J. E. Rogers and B. Whitman. United State of America. Washington. D.C., 1991.
- Lindau, C. W., P. K. Bollich, R. D. Delaune, W. H. Patrick and V. J. 1991. Law. Effect of Urea Fertilization and Environmental Factors on CH<sub>4</sub> Emission from a Louisiana USA rice field. Plant and Soil 136: 195-203.
- Cresser, M., K. Killham and T. Edwards. 1993. Soil Chemistry and its Applications. Cambridge University,
- IPCC. <<http://www.epa.gov/globalwarming/emissions/national/ghgintro.html>>. 1996.