ผลผลิตข้าว การสะสมคาร์บอน และศักยภาพของการเกิดก๊าซมีเทนในดินนาที่ใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวและลดการไถพรวน

Rice Yield, Carbon Sequestration and Methane Emission Potential in Paddy Soil with the Application of Rice Straw Compost and Tillage Reduction

พัชรี แสนจันทร์*, อัจฉราวดี เครือภักดี และ ดวงสมร ตุลาพิทักษ์[1*]

Patcharee Saenjan*, Ajcharawadee Kruapukdee and Duangsamorn Tulaphitak[1]

บทคัดย่อ: นาข้าวเป็นแหล่งปลดปล่อยก๊าซมีเทน ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีส่วนทำให้โลกร้อน การผลิตข้าวหรือการทำนามีการไถเตรียมดิน การไถมีอิทธิพลต่อการสลายตัวของอินทรียวัตถุในนาซึ่งมีอิทธิพลต่ออัตราการเกิดก๊าซมีเทน จึงทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของการไถพรวนดินนาที่ใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าว (สัดส่วน C/N 26:1) ต่อผลผลิตข้าว การสะสมคาร์บอนในรูปของส่วนอินทรีย์ต่างๆ และศักยภาพของการเกิดก๊าซมีเทนในดินนา ทำการทดลองในฤดูนาปรังเดือนกุมภาพันธ์ถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2550 วางแผนการทดลองแบบ split plot in CRD โดยให้การใส่และไม่ใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวเป็น main plot ในขณะที่การไถเตรียมดินและการทำเทือกเป็น subplot ผลการทดลองพบว่า จำนวนครั้งของการไถที่มากขึ้นและการทำเทือกส่งผลให้จำนวนต้นข้าวต่อพื้นที่เพิ่มขึ้นและทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 10-13% การใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวในอัตรา 350 กก./ไร่ทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น 19-27 % การทำเทือกทำให้ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน (SOC) และความหนาแน่นของซากอินทรีย์ (OR) ในดินลดลง คาร์บอนที่ละลายน้ำในดิน (DOC) ลดลงหลังเตรียมดินและสูงขึ้นเมื่อข้าวอายุ 87 วันซึ่งสอดคล้องกับช่วงเวลาการปล่อยสารเอกซูเดต การลดการไถพรวนและการไม่ทำเทือกส่งเสริมให้เกิดการสะสมคาร์บอนในดินนาและลดการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวได้แต่ผลผลิตข้าวจะต่ำลงเมื่อเทียบกับมีการทำเทือก แต่การใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวสามารถพยุงผลผลิตข้าวในแปลงที่ลดการไถพรวนและแปลงที่ไม่ทำเทือก ซากอินทรีย์จากตอซังให้ศักยภาพของการเกิดก๊าซมีเทนสูงกว่าซากอินทรีย์จากปุ๋ยหมักฟาง การทำเทือกมีส่วนส่งเสริมการสลายตัวของสารอินทรีย์ที่สลายตัวยากในปุ๋ยหมักฟางข้าวให้กลายเป็นก๊าซมีเทน (**คำสำคัญ:** การไถพรวน, ปุ๋ยหมักฟางข้าว, การสะสมคาร์บอน, ดินนา, มีเทน)

ABSTRACT: Paddy field is a source of methane, a greenhouse gas contributing to global warming. Soil preparation for rice cultivation influences on organic matter decomposition and affects methane emission rate. The present experiment was conducted to investigate the impact of soil tillage with application of rice straw compost (C/N ratio 26:1) on rice yield, carbon sequestration in terms of quantified soil-organic fractions and on potential methane emission from paddy soil. Experiment was trialed on the second rice cropping during February to May, 2007. The experimental design was split plot in CRD, with and without rice straw compost as main plots while tillages and puddling as subplots. Two tillages and puddling resulted in the increase in plant number per unit area, giving higher yield by 10-13% compared with rice stubble incorporation. Application of 350 kg of rice straw compost / rai increased rice yield by 19 - 27 %. Puddling decreased both soil organic carbon (SOC) content and organic residue

[1] ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

Department of Plant Science and Environment, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002.

* Corresponding author: patsae1@kku.ac.th

(OR) density. Dissolved organic carbon (DOC) in soil declined right after soil preparation and gradually reached its maximum when rice plants were 87 days old, which was consistent with a growth stage of producing root exudates. Reduced tillage and no puddling had contribution to carbon sequestration and methane emission mitigation. On the other hand, they could cause lower rice yield. However, rice straw compost could sustain yield in the case of tillage reduction. Organic residues fractionated from rice stubble contributed higher methane emission potential than those from rice straw compost. Puddling stimulated decomposition of persistent organic residues, fractionated from rice straw compost, to methane gas. (**Keywords:** tillage, rice straw compost, carbon sequestration, paddy soil, methane)

บทนำ

ภาคเกษตรกรรมก็เป็นแหล่งหนึ่งที่สำคัญในการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (global warming) หรือสภาวะภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง (climate change) ประเทศไทยได้ลงสัตยาบรรณในพิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) ซึ่งเป็นพิธีสารที่ให้ความสำคัญในการควบคุมปริมาณก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศ การทำนาข้าวในพื้นที่ชลประทานเป็นแหล่งปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซมีเทน โดยเฉพาะการใส่อินทรียวัตถุในนาข้าวส่งเสริมให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซเช่นกัน นาข้าวทั่วโลกปลดปล่อยก๊าซมีเทนสู่บรรยากาศประมาณร้อยละ 20 ของการปลดปล่อยก๊าซมีเทนทั้งหมด (IPCC, 1992) สถาบันวิจัยข้าวนานาชาติได้ประเมินความต้องการข้าวของประชากรโลกเพิ่มเป็น 760 ล้านตัน/ปี ใน ค.ศ. 2020 (IRRI, 1996) นั้นหมายความว่าความต้องการพื้นที่ปลูกข้าวและความถี่ในการปลูกข้าวอาจจะเพิ่มขึ้นและส่งผลให้การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากขึ้น

ปัจจุบันรัฐบาลมีนโยบายฟื้นฟูทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อมโดยสนับสนุนให้เกษตรกรทำเกษตรอินทรีย์ (สำนักนายกรัฐมนตรี, 2548) IPCC (2001) ระบุว่าการสะสมคาร์บอนในดินเป็นประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมและเป็นทางเลือกในการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่บรรยากาศ ในกระบวนการผลิตข้าวอินทรีย์มีการเตรียมดิน การไถกลบตอซัง การใส่อินทรียวัตถุ รวมทั้งการขังน้ำทำให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่บรรยากาศซึ่งการไถเตรียมดินเป็นกระบวนการที่สำคัญและมีอิทธิพลต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพืช (Caldeira et al., 2004; Paustian et al., 2004) และการไถติดต่อกันเป็นเวลานานทำให้ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินลดลง (Ogle et al., 2003) สำหรับการวิจัยในประเทศไทยเกี่ยวกับผลของการไถและการใส่อินทรียวัตถุต่อการสะสมคาร์บอนและการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในดินนานั้นยังไม่มีข้อมูล การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของการไถที่มีต่อผลผลิตข้าว ปริมาณการสะสมคาร์บอนในดินนา และศักยภาพการเปลี่ยนเป็นก๊าซมีเทนของอินทรีย์คาร์บอนในดินนา

วิธีการศึกษา

พื้นที่ศึกษาและแผนการทดลอง

ทำการทดลองในนาข้าวของเกษตรกรในเขตชลประทานที่บ้านหนองตูม หมู่ที่ 3 ต.หนองตูม อ.เมือง จ.ขอนแก่น ในฤดูนาปรัง ปี พ.ศ. 2550 เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) วางแผนการทดลองแบบ split plot design โดยจัด main plot แบบ CRD โดยให้การใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวเป็นแปลงหลัก (main plot) คือ การใส่และไม่ใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวในอัตรา 350 กก./ไร่ (เท่ากับ 3.2 กก N/ไร่) และการไถเป็นแปลงย่อย (subplot) มีการไถ 3 แบบคือ 1) ไถพลิกหน้าดิน (disk plow) หรือไถกลบตอซัง 2) ไถพลิกหน้าดินและไถแปร (disk harrow) 3) ไถพลิกหน้าดิน ไถแปร และทำเทือก (puddle) การทดลองประกอบด้วย 6 ทรีทเมนต์ทดลอง ทรีทเมนต์ละ 3 ซ้ำมีทั้งหมด 18 แปลง ก่อนการเตรียมดินได้วัดปริมาณตอซัง(ส่วนที่อยู่เหนือดิน) 1,500

กก./ไร่ แล้วจึงไถกลบตอซัง เตรียมแปลงตามแผนการทดลองข้างต้น แล้วหว่านเมล็ดข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในอัตรา 10 กก./ไร่

การเก็บตัวอย่างดินและผลผลิตข้าว

ในการหาความหนาแน่นรวมของดินใช้ core sampler และ soil core ขนาด 15 ซม. ส่วนการเก็บตัวอย่างดินสำหรับการวิเคราะห์ทางเคมีนั้น ใช้พรั่วมือเก็บดินที่ระดับ 0-15 ซม. เพื่อวิเคราะห์หา ปริมาณคาร์บอนที่ละลายน้ำในดิน (dissolved organic carbon, DOC) (Koprivnjak, 1995) และปริมาณคาร์บอนในดิน (soil organic carbon, SOC) (Walkley and Black, 1934) ในการหาส่วนอินทรีย์ต่างๆ ในดิน ทำโดยกดท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 27 ซม. ลึกลงไปในดิน 15 ซม. เก็บดินในท่อทั้งหมดล่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มม. เพื่อแยกดินเปล่าออกจากชิ้นอินทรียวัตถุที่ค้างอยู่บนตะแกรง แล้วจึงแยกซากอินทรีย์ (OR, organic residue) ออกจากรากข้าว (RR, rice roots) หาน้ำหนักแห้ง (ahs-free dry weight) (Anderson and Ingram, 1992) ของแต่ละส่วน และดินเปล่าที่ปราศจากชิ้นอินทรียวัตถุ ทำการเก็บเกี่ยวเมื่อข้าวอายุ 106 วัน

การบ่มหาศักยภาพการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากส่วนอินทรีย์ต่าง ๆ

ชั่งแต่ละส่วนอินทรีย์ (ซากอินทรีย์ รากข้าว และดินเปล่าที่ปราศจากอินทรียวัตถุ) 2.5 กรัม ใส่ในขวดปริมาตร 82 มล. เติมเชื้อดิน 2 มล. (โดยเตรียมดินนาน้ำขัง 100 กรัมที่เก็บจากความลึก 15 ซม. ละลายในน้ำกลั่น 500 มล.) แล้วเติมน้ำกลั่น 8 มล. ให้ท่วมตัวอย่าง คนให้เข้ากันแล้วเขย่าด้วยเครื่องเขย่า (shaker) เพื่อไล่ฟองอากาศเล็กๆ ออกจากตัวอย่าง แล้วพ่นด้วยก๊าซไนโตรเจนเพื่อไล่อากาศในขวดออก ทำให้ภายในขวดตัวอย่างอยู่ในสภาพที่ขาดออกซิเจน รีบปิดฝาให้สนิทแล้วพันรอบฝาด้วยเทปพันสายไฟ บ่มที่อุณหภูมิ 35 °ซ ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ (incubator) จำนวนตัวอย่างของแต่ละส่วนอินทรีย์มีทั้งหมด 18 ขวด บ่มนาน 7 วัน วิเคราะห์ความเข้มข้นของก๊าซมีเทนที่ออกจากส่วนอินทรีย์ต่างๆ ด้วยเครื่อง gas chromatograph แล้วคำนวณศักยภาพของอัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทน มีหน่วยเป็น มิลลิกรัม CH_4/กก./วัน

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติกับความหนาแน่นรวมของดิน จำนวนต้นข้าวต่อพื้นที่ ผลผลิตข้าว คาร์บอนที่ละลายน้ำในดิน (DOC) คาร์บอนในดิน (SOC) น้ำหนักแห้งของซากอินทรีย์ และรากข้าว โดยวิธี duncan's multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรม MSTAT-C

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลของการไถและการใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวต่อจำนวนต้นข้าวต่อพื้นที่และผลผลิตข้าว

จำนวนต้นข้าวต่อพื้นที่ (นับเมื่ออายุ 60 วันหลังหว่าน) ของทั้งการทดลองอยู่ในช่วง 112 - 225 ต้นต่อตรม. (**Table 1**) โดยพบว่าทรีทเมนต์ที่ทำเทือก (IHP, CIHP) ให้จำนวนต้นข้าวต่อพื้นที่มากกว่าทรีทเมนต์ที่ไม่ได้ทำเทือกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ในขณะที่การใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวไม่มีผลต่อจำนวนต้นข้าวต่อพื้นที่ เพราะการทำเทือกเป็นการปรับระดับพื้นที่ให้เรียบเหมาะกับการกระจายของเมล็ดข้าวที่หว่านและเหมาะกับการงอกของเมล็ดข้าว ในขณะที่การไถกลบตอซังอย่างเดียวทำให้หน้าดินไม่เรียบและความชื้นที่ผิวดินไม่สม่ำเสมอทำให้การกระจายของเมล็ดข้าวและการงอกไม่ดี อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับการไถกลบตอซังอย่างเดียวการไถ 2 ครั้งให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น 10 % และหากทำเทือกร่วมด้วยให้ผลผลิตข้าว

Table 1 Number of plants (counted at 60 days old) and rice yield as influenced by compost and tillage.

Treatment No.	Agricultural practice	Number of plant	Rice yield
		plant/m^2	kg/rai
1	I	119 b	434 c
2	IH	135 b	477 b
3	IHP	224 a	490 b
4	CI	112 b	551 a
5	CIH	161 ab	566 a
6	CIHP	225 a	591 a
	f-test	**	*
	CV%	22.8	7.3

Average values (n = 3) with the same letters in a column showed non significant differences at 95%(*) and 99 % (**) confidence by DMRT.

I = incorporation of rice stubble; IH = incorporation of rice stubble and harrowing; IHP = incorporation of rice stubble, harrowing and puddling; CI = compost and rice stubble incorporation; CIH = compost and rice stubble incorporation and harrowing; CIHP = compost and rice stubble incorporation harrowing and puddling.

เพิ่มขึ้น 13 % สามารถกล่าวได้ว่าการเตรียมดินเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากต่อการเพิ่มผลผลิตข้าว ในการทดลองนี้การใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวแม้ว่าจะใส่ในปริมาณที่ต่ำ 350 กก./ไร่ แต่ก็ให้ผลผลิตข้าว 551 - 591 กก./ไร่ มากกว่าที่ไม่ใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าว 434 - 490 กก./ไร่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเพิ่มขึ้น 19 - 27 % นั่นคือควรมีการใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าว

ผลของการไถและการใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวต่อส่วนอินทรีย์ต่าง ๆ ในดินนาในช่วงฤดูปลูกข้าว

ในการทดลองนี้ได้ทำการแยกส่วนอินทรีย์ต่างๆ ในดินนาออกจากส่วนที่เป็นอนินทรีย์ และวิเคราะห์หาคาร์บอนที่ละลายน้ำในดิน (DOC) คาร์บอนทั้งหมดในดิน (SOC) ความหนาแน่นของซากอินทรีย์ (OR) ในดิน (น้ำหนักแห้งของซากอินทรีย์ในดินต่อพื้นที่) ความหนาแน่นของรากข้าว (RR) ในดิน (น้ำหนักแห้งของรากข้าวในดินต่อพื้นที่) และดินที่ปราศจากชิ้นอินทรีย์

คาร์บอนที่ละลายน้ำในดิน (DOC)

ก่อนการทดลองคาร์บอนที่ละลายน้ำในดินมีความเข้มข้น 24.8 กรัม/ตรม./0.15 เมตร (**Table 2**) และค่อยๆ เพิ่มขึ้นที่ 87 วันหลังหว่านซึ่งมีความเข้มข้นสูงที่สุดอยู่ในช่วง 33.3 - 46.0 กรัม/ตรม./0.15 เมตร และพบว่าการทำเทือกส่งเสริมให้มีคาร์บอนที่ละลายน้ำในดินมากกว่าการไถน้อยครั้ง และพบว่าที่ 106 วันหลังหว่านนั้นในทรีทเมนต์ที่ทำเทือก (IHP, CIHP) ให้ค่าคาร์บอนที่ละลายน้ำในดิน 31.4 และ 28.8 กรัม/ตรม./0.15 เมตร ซึ่งมากกว่าทรีทเมนต์อื่นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ทั้งนี้เพราะอยู่ในช่วงระยะสุกแก่ซึ่งมีความชื้นในดินอยู่ในช่วงของดินแห้ง (dry range) โดยเฉพาะทรีทเมนต์ที่ทำเทือกมีความชื้นในดินต่ำกว่าทรีทเมนต์อื่น นั่นคือคาร์บอนที่ละลายน้ำในดินแปรผกผันกับความชื้นในดินในช่วงของดินแห้งซึ่งพบในระยะสุกแก่ (maturity, 101 วัน) ในขณะที่การใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวไม่มีผลต่อคาร์บอนที่ละลายน้ำในดิน

Table 2 Density of various organic-carbon fractions in paddy soil with added compost and tillage. Soils were sampled from 0 - 0.15 m depth at various days after sowing.

Agricultural practice	Organic-fraction density (g/m^2 /0.15m)												
	Prior experiment			40 DAS				87 DAS		106 DAS		101 DAS	
	DOC	SOC	OR[1]	DOC	SOC	OR	RR	DOC	SOC	DOC	SOC	OR	RR
I	24.8	148.3	1,024	19.4	781.3	1,485 a	269 ab	46.0 ab	1,796.3 a	4.5 b	395.0 a	571.3 a	1,090
IH	24.8	148.3	1,024	29.2	835.4	1,040 ab	216 b	41.2 ab	1,636.3 ab	5.6 b	261.0 b	493.7 b	1,041
IHP	24.8	148.3	1,024	29.6	710.2	805 bc	339 a	45.6 a	1,562.6 b	31.4 a	279.1 b	435.7 bc	667
CI	24.8	148.3	1,024	8.0	816.1	1,228 ab	299 ab	33.3 b	1,730.1 b	8.5 b	309.1 b	460.0 bc	1,174
CIH	24.8	148.3	1,024	29.9	740.0	1,199 ab	377 a	40.5 a	1,491.9 b	25.0 b	257.4 b	392.7 cd	827
CIHP	24.8	148.3	1,024	25.0	542.4	411 c	296 ab	45.8 a	1,444.8 b	28.8 a	227.2 b	332.7 d	740
f-test	DOC = 16.7 % SOC		-	ns	ns	*	**	**	**	**	*	**	ns
CV %	-	-	-	34.2	30.3	39.7	21.1	14.9	8.2	52.4	17.2	10.2	34.2

DAS = day after sowing; DOC = dissolved organic carbon; SOC = soil organic carbon; OR[1] = dry weight of roots and shoots of stubber incorporated; OR = organic residue; RR = rice roots. Average values (n = 3) with the same letters in a column showed non significant differences at 95% (*) and 99 % (**) confidence by DMRT.

คาร์บอนที่ละลายน้ำในดินนาได้จากการสลายตัวของอินทรียวัตถุในดิน และการปลดปล่อยสารเอกซูเดต (exudates) จากรากข้าว (Neue et al., 1997) หลังการเตรียมดินซึ่งมีการไถกลบตอซังและใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าว ปริมาณคาร์บอนที่ละลายน้ำในดินมีการเปลี่ยนแปลงจนถึงสิ้นฤดูปลูก คาดว่าเนื่องจากในฤดูปลูกดินมีกระบวนการที่เกี่ยวกับการใช้คาร์บอนที่ละลายน้ำโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน เช่น การสร้างมวลชีวภาพของจุลินทรีย์ดิน และการเกิดก๊าซมีเทน โดยทั่วไปสารเอกซูเดตที่ปล่อยจากรากข้าวมีคาร์โบไฮเดรต 50 - 80 % (Marschner, 1996) เมื่อถึงสิ้นฤดูปลูกต้นข้าวลดปริมาณการปล่อยสารเอกซูเดตจึงทำให้ปริมาณคาร์บอนที่ละลายน้ำในดินมีปริมาณต่ำ คาร์บอนที่ละลายน้ำในดินเป็นสารอาหารของจุลินทรีย์ดินที่ถูกใช้ประโยชน์ได้อย่างอย่างรวดเร็วจึงเปลี่ยนแปลงง่าย (labile) และถูกใช้ในการผลิตก๊าซมีเทนโดยจุลินทรีย์ในกลุ่ม methanogenic archaea (Richter et al., 1999) Yahai et al. (2000) กล่าวว่าดินในชั้นรากข้าว (root zone) มีสหสัมพันธ์ระหว่างพลวัตของคาร์บอนที่ละลายน้ำกับความเข้มข้นของมีเทนในสารละลายดิน และกับอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนในดินนา

คาร์บอนทั้งหมดในดิน (SOC)

คาร์บอนอินทรีย์ในดินก่อนการทดลองมีปริมาณ 148.3 กรัม/ตรม./0.15 เมตร (**Table 2**) เพิ่มขึ้นหลังเตรียมดินอยู่ในช่วง 452.4 - 835.4 กรัม/ตรม./0.15 เมตร (เก็บตัวอย่างดินที่ 40 วันหลังหว่าน) และเพิ่มขึ้นสูงที่สุดที่ 87 วันหลังหว่านอยู่ในช่วง 1,444.8 - 1,796.3 กรัม/ตรม./0.15 เมตร และมีปริมาณลดลงที่ 106 วัน หลังหว่านอยู่ในช่วง 227.2 - 395.0 กรัม/ตรม./0.15 เมตร จะเห็นว่าปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินมีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างฤดูปลูก ทั้งนี้ทรีทเมนต์ที่ไถกลบตอซังเพียงอย่างเดียว (I) ให้ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินสูงกว่าทรีทเมนต์อื่น ทั้งนี้การรบกวนดินน้อยครั้งช่วยลดอัตราการสลายตัวของอินทรียวัตถุในดิน กล่าวคืออินทรียวัตถุที่อยู่ในเม็ดดิน (aggregates) หรือในช่องว่างขนาดเล็ก (small pores) ที่ถูกปกป้องทางฟิสิกส์ส่งผลให้จุลินทรีย์ดินไม่สามารถใช้อินทรียวัตถุ (Sollins et al., 1996) นั่นคือคาร์บอนทั้งหมดในดินมีปริมาณลดลงตามจำนวนครั้งของการไถที่เพิ่มขึ้น

ในขณะที่การไถหลายครั้งนั้นจะส่งเสริมการสลายตัวของอินทรียวัตถุในดินเพราะเกิดการเปลี่ยนสภาพของ microclimate ในดิน (Parton et al., 1996) และนอกจาก

นั้นการไถหลายครั้งรวมทั้งการทำเทือกเป็นการรบกวนดินอย่างมากก่อให้เกิดการทำลายโครงสร้างดิน (เม็ดดินแตก) ส่งผลให้จุลินทรีย์ดินสามารถใช้อินทรียวัตถุที่อยู่ในเม็ดดินและในช่องว่างดินได้ง่ายขึ้น Ogle et al. (2003) รายงานว่า การไถพรวนในระยะยาวส่งผลให้ปริมาณการสะสมคาร์บอนในดินลดลง 20 - 50 % ผู้วิจัยมีความเห็นว่าการที่พื้นที่เพาะปลูกผ่านการไถเป็นเวลานานนั้นส่งผลกระทบอย่างมากต่อการสูญเสียคาร์บอนในดิน

ที่ประเทศจีนมีการศึกษาและวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินนา พบว่ามีค่าเฉลี่ย 29.5 ตัน C /เฮกตาร์ ซึ่งเฉลี่ยจากจำนวนตัวอย่างดินนาชั้นไถพรวน 150,589 ตัวอย่าง (Pan et al., 2003) ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดินนาของจีนมีค่าสูง เป็นที่ทราบกันทั่วไปว่ามีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์อย่างแพร่หลาย ส่วนในการทดลองนี้ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินนา จ.ขอนแก่นมีค่าต่ำมาก โดยที่ก่อนการทดลองมีปริมาณต่ำ 1.5 ตัน/เฮกตาร์ ระหว่างฤดูอยู่ในช่วง 14.4 - 18.0 ตัน/เฮกตาร์ และในช่วงปลายฤดูมีปริมาณลดลงอยู่ในช่วง 2.3-4.0 ตัน/เฮกตาร์

ความหนาแน่นของซากอินทรีย์ในดิน (OR)

ในดินที่มีการไถกลบตอซังมีซากอินทรีย์ในดินที่ 40 วันหลังหว่านในปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 1,024 กรัม/ตรม./0.15 เมตรเป็น 1,485 กรัม/ตรม./0.15 เมตร (**Table 2**) และที่ 101 วันหลังหว่านพบว่ามีปริมาณลดลง 571.3 กรัม/ตรม./0.15 เมตร (ซากอินทรีย์ลดลง 44.20% จากหลังการไถกลบตอซัง) Maeda and Omikura (1977) รายงานว่าในดินนาฟางข้าวที่ถูกไถกลบจะสลายตัว 62 % ภายในหนึ่งปี การไถกลบ การทำเทือกทำให้น้ำหนักแห้งซากอินทรีย์เหลือน้อยกว่าการไถกลบตอซังอย่างเดียวตลอดฤดูปลูกเป็นเพราะว่า การทำเทือกจะเร่งการเปลี่ยนแปลงของ microclimate ในดินให้เหมาะสมต่อการสลายตัวของอินทรียวัตถุในดินนาน้ำขัง (Parton et al., 1996) และนอกจากนั้นจำนวนครั้งของการไถที่เพิ่มขึ้นโดยเฉพาะการทำเทือกจะเร่งการสลายตัวของอินทรียวัตถุในดินนาน้ำขัง ส่งผลให้เหลือซากอินทรีย์ในปริมาณน้อย และส่งผลให้ความหนาแน่นรวมของดินสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยเฉพาะที่ 40 วันหลังหว่าน

น้ำหนักแห้งรากข้าว

น้ำหนักแห้งรากข้าวเพิ่มขึ้นตลอดฤดูปลูกเมื่อต้นข้าวอายุ 40 วันมีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 216 - 377 กรัม/ตรม./0.15 เมตร (**Table 2**) การใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวที่ไถกลบตอซังและตามด้วยการไถแปร (CIH) ทำให้รากข้าวในดิน (เมื่อข้าวอายุ 40 วัน) มีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นจาก 216 เป็น 377 กรัม/ตรม./0.15 เมตร อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ในขณะที่น้ำหนักแห้งรากข้าว (เมื่อต้นข้าวอายุ 101 วัน) มีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 667 - 1,174 กรัม/ตรม./0.15 เมตร ในขณะที่น้ำหนักแห้งรากข้าวมีความหนาแน่นในดินเพิ่มขึ้นตามเวลาตลอดฤดูปลูก ชีวมวลรากต้นข้าวหลังเก็บเกี่ยวเป็นส่วนที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อปริมาณคาร์บอนในดินนา (SOC) และต่อการสะสมคาร์บอนในดินนา

ศักยภาพการเกิดก๊าซมีเทนจากซากอินทรีย์รากข้าว และดินที่ปราศจากอินทรียวัตถุ

ซากอินทรีย์ที่แยกออกจากตัวอย่างดิน (ที่เก็บเมื่อ 40 วันหลังหว่าน) ถูกนำมาบ่มภายใต้สภาพที่ขาดออกซิเจนและพบว่า ศักยภาพของการเกิดก๊าซมีเทนอยู่ในช่วง 5.2 - 8.1 มก.CH_4/กก./วัน (**Figure 1a**) ในขณะที่การบ่มซากอินทรีย์ที่แยกออกจากตัวอย่างดิน (ที่เก็บเมื่อ 101 วันหลังหว่าน) ของทุกทรีทเมนต์ถูกนำมาบ่มและพบว่า ซากอินทรีย์จากทรีทเมนต์ที่ใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวมีศักยภาพของการเกิดก๊าซมีเทนอยู่ในช่วง 5.7 - 10.8 มก.CH_4/กก./วัน สูงกว่าทรีทเมนต์ที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวซึ่งมีค่าต่ำอยู่ในช่วง 0.8 - 3.7 มก.CH_4/กก./วัน ก๊าซมีเทนที่เกิดจากการบ่มซากอินทรีย์ของทรีทเมนต์

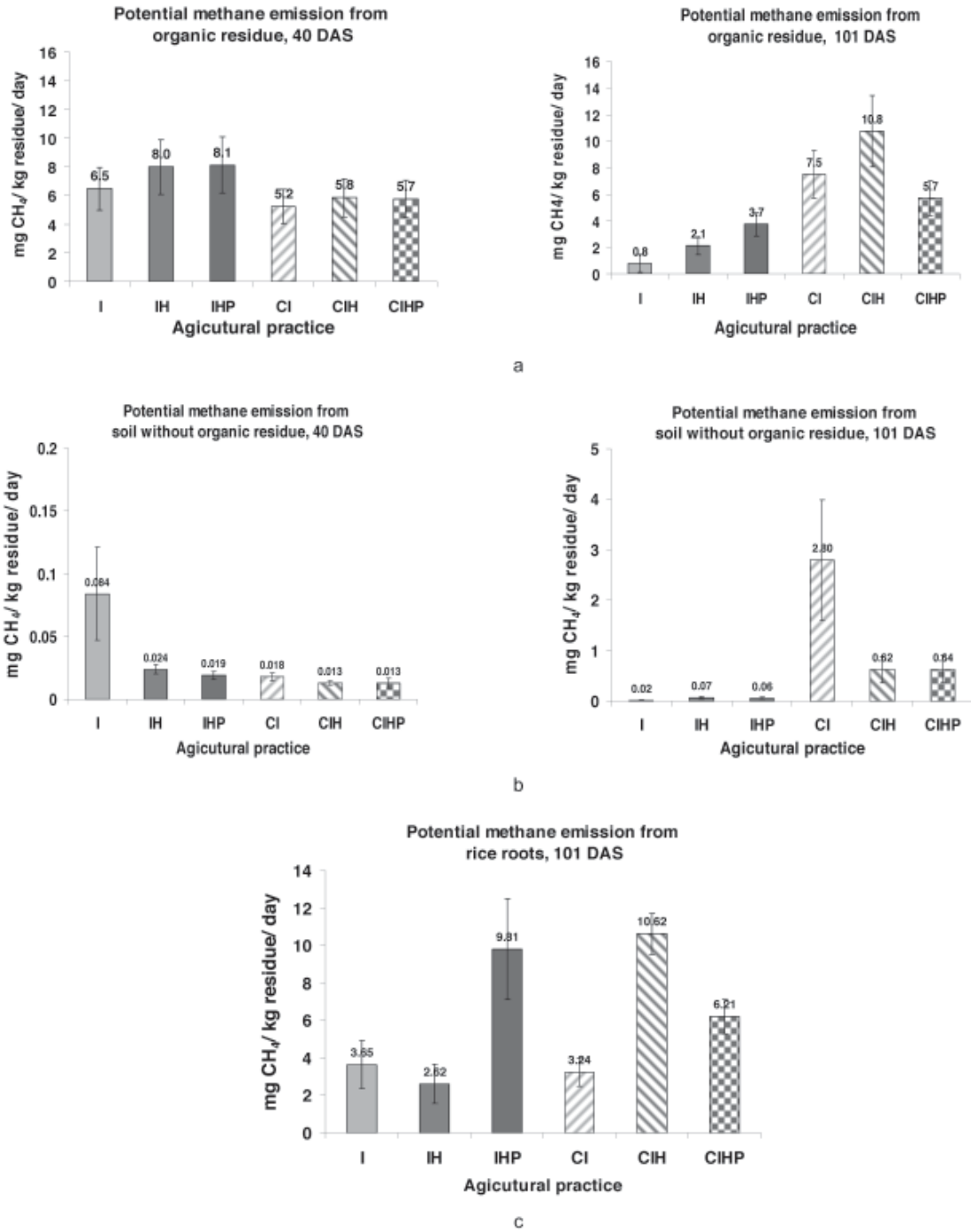

Figure 1 Potential methane emission from organic residue, at 40 and 101 DAS (a); from soil without organic fraction, at 40 and 101 DAS (b); and from rice roots, at 101 DAS (c). Vertical bar represents confidence interval of the mean of each incubation period. DAS represents days after sowing.

ที่ใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวมีศักยภาพของการเกิดก๊าซมีเทนสูงกว่าทรีทเมนต์ที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าว

จากผลการทดลองบ่มซากอินทรีย์ที่ได้ผ่านการสลายตัวภายใต้สภาพน้ำขังมาแล้ว 40 วันนั้นพบว่ามีศักยภาพของการเกิดก๊าซมีเทนสูง (**Figure 1a**) กว่าดินที่ปราศจากอินทรียวัตถุ (**Figure 1b**) สอดคล้องกับผลการทดลองของ Kaku et al. (2000) ที่ทำการแยกส่วนอินทรีย์ต่างๆ (ซากอินทรีย์ รากข้าว และดินที่ปราศจากอินทรียวัตถุ) ในดินนา แล้วนำมาบ่มเพื่อศึกษากิจกรรมของจุลินทรีย์ดินที่ผลิตก๊าซมีเทน พบว่ากิจกรรมของจุลินทรีย์ดินที่ผลิตก๊าซมีเทน มีศักยภาพในการผลิตก๊าซมีเทนสูงที่สุดจากซากอินทรีย์ รองลงมาคือรากข้าว ต่ำที่สุดคือดินนาที่ปราศจากอินทรียวัตถุ ส่วนผลการทดลองบ่มซากอินทรีย์ที่เก็บตัวอย่างที่ 101 วันหลังหว่านนั้น (**Figure 1a**) พบว่าซากอินทรีย์ที่เก็บจากแปลงที่ไถกลบตอซังที่ 101 วันหลังหว่านนั้นได้สลายตัวเป็นก๊าซมีเทนมาแล้วก่อน 101 วัน ซากอินทรีย์ที่เก็บจากแปลงที่ได้รับปุ๋ยหมักฟางข้าวให้ศักยภาพของการเกิดก๊าซมีเทนสูงกว่าเมื่อเทียบกับซากอินทรีย์ที่เก็บจากแปลงที่ไถกลบตอซัง แสดงว่าซากอินทรีย์จากปุ๋ยหมักฟางข้าวสลายตัวเป็นก๊าซมีเทนช้าเมื่อเทียบกับตอซัง เนื่องจากปุ๋ยหมักฟางข้าวมีองค์ประกอบของสารอินทรีย์ที่เหลือจากการสลายตัวเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ

จากการบ่มดินที่ปราศจากชิ้นอินทรีย์ (เก็บตัวอย่างดินที่ 40 และที่ 101 วันหลังหว่าน) พบว่ามีอัตราการเกิดก๊าซมีเทนต่ำมากอยู่ในช่วง 0.013 - 2.8 มก.CH_4/กก./วัน (**Figure 1b**) ซึ่งต่างจากอัตราการเกิดก๊าซมีเทนจากซากอินทรีย์ (**Figure 1a**) และรากข้าว (**Figure 1c**) อย่างสิ้นเชิง แสดงว่าดินที่ปราศจากอินทรียวัตถุจะขาดศักยภาพในการเกิดก๊าซมีเทนทั้งนี้เพราะขาดสารอาหารให้แก่จุลินทรีย์ที่ผลิตก๊าซมีเทน (methanogenic archaea) ในทำนองเดียวกันรากข้าวที่แยกออกจากตัวอย่างดิน (เมื่อต้นข้าวอายุ 101 วัน) ของทุกทรีทเมนต์ถูกนำมาบ่มและพบว่าอัตราการเกิดก๊าซมีเทนอยู่ในช่วง 2.6 - 10.6 มก.CH_4/กก./วัน (**Figure 1c**) ในส่วนของรากข้าวสามารถกล่าวได้ว่าหลังการเก็บเกี่ยวหากดินมีความชื้นและอยู่ในสภาพที่ขาดออกซิเจน รากข้าวที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวจะมีการสลายตัวและปลดปล่อยก๊าซมีเทนสู่บรรยากาศในช่วงที่พื้นดินถูกปล่อยว่างระหว่างฤดูปลูก

สรุป

จำนวนครั้งของการไถที่มากขึ้นและการทำเทือกส่งผลให้จำนวนต้นข้าวต่อพื้นที่เพิ่มขึ้น และทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น 10-13% การใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวในอัตรา 350 กก./ไร่ ทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น 19 - 27 % การไถกลบตอซังอย่างเดียวทำให้ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน (SOC) สูง และปริมาณของซากอินทรีย์ในดินต่อพื้นที่สูงขึ้นกว่าที่ไถหลายครั้ง จำนวนครั้งของการไถมากขึ้นทำให้คาร์บอนอินทรีย์ในดินลดต่ำลงแต่ให้คาร์บอนที่ละลายน้ำในดิน (DOC) ลดลงหลังไถกลบและเริ่มสูงขึ้นหลัง 40 วันหลังหว่าน คาร์บอนที่ละลายน้ำมีปริมาณ 0.8-5.7 % ของคาร์บอนอินทรีย์ในดิน การใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวในอัตรา 350 กก./ไร่ไม่มีผลต่อปริมาณคาร์บอนที่ละลายน้ำในดิน คาร์บอนอินทรีย์ในดิน และซากอินทรีย์ในดินนา การลดการไถพรวนและการไม่ทำเทือกส่งเสริมให้เกิดการสะสมคาร์บอนในดินนาและลดการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวได้แต่ผลผลิตข้าวจะต่ำลง ส่วนการใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวสามารถชดเชยผลผลิตข้าวในแปลงที่ลดการไถพรวนและแปลงที่ไม่ทำเทือก ซากอินทรีย์จากตอซังให้ศักยภาพในการเกิดก๊าซมีเทนสูงกว่าซากอินทรีย์จากปุ๋ยหมักฟาง การทำเทือกมีส่วนส่งเสริมให้มีสลายตัวของสารอินทรีย์ที่สลายตัวยากในปุ๋ยหมักฟางข้าวให้กลายเป็นก๊าซมีเทนในสภาพน้ำขัง

คำขอบคุณ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยขอนแก่น ประเภททุนอุดหนุนทั่วไป ปีงบประมาณ พ.ศ. 2550 ภายใต้ชุดโครงการ การฟื้นฟูทรัพยากรที่ดิน สิ่งแวดล้อม และแก้ไขปัญหามลพิษในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และทุนบางส่วนได้รับการสนับสนุนจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น คณะวิจัยใคร่ขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

สำนักนายกรัฐมนตรี. 2548. แผนบริหารราชการแผ่นดิน พ.ศ. 2548-2551 : แหล่งข้อมูล: http://www.sri.cmu.ac.th/form/plan48-51.pdf. ค้นเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2549.

Anderson, J.M. and J.S.I. Ingram. 1993. Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods. Wallingford. CAB International.

Cambardella, C. 1998. Experimental verification of simulated soil organic matter pools. In Lal, L., J.M. Kimble, R.A. Follrtt, B. A. Stewart eds. Soil processes and the carbon cycle. CRC Press Boca Raton FL.

International Rice Research Institute (IRRI). 1996. Measurement of Methane Emissions from Rice Fields, Principles and operation of GC Techniques, Soil and Water science Division and Training Center (SWSD).

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 1992. Climate change 1992. the supplementary report to the IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press, Cambridge.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2001. Climate Change 2001: The Carbon Cycle and Atmospheric Carbon Dioxide in The Scientific Basis (eds Houghton JT, Y. Ding and D.J. Griggs). Cambridge University Press, Cambridge.

Koprivnjak, J.F., J.G. Blanchette, R.A. Bourbonniere, T.A. Clair, A. Heyes, K.R. Lum, R. Mccrea and T.R. Moore 1995. The underestimation of concentration of dissolved organic carbon in freshwaters. Wat. Res, 29. 91-94

Lal R. 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. Science. 304, 1623-1627.

Marschner, H. 1996. Mineral nutrition of higher plants. Academic Pres. London.

Maeda, K. and Y. Onikura. 1977. Measuring method for decomposition rate of organic matter under field conditions. Jpn.J. Soil Sci. Plant Nutr. 48, 567-568 (in Japanese with English abstract).

Neue, H.U., R. Wassmann, H.K. Kludze, W. Bujun and R.S. Lantin. 1997. Factors and processes controlling methane emissions from rice fields. Nutrient Cycling in Agroecosystems 49, 111-117.

Ogle, S.M., F.J. Breidt, M.D. Eve and K. Paustian. 2003. Uncertainty in estimating land use and management impacts on soil organic carbon storage for US agricultural lands between 1982 and 1997. Global Change Biol. 9, 1521-1542.

Pan, G., L. Li, L. Wu and X. Zhang. 2003. Storage and sequestration potential of topsoil organic carbon in China's paddy soils. Global Change Biology. 10, 79-92.

Parton, W.J., D.S. Ojima and D.S. Schimel. 1996. Models to evaluate soil organic matter storage and dynamics. In: Carter, M.R., B.A. Stewart (eds.), Structure and Organic Matter Storage in Soils, Lewis Publ., CRC Press, Boca Raton, FL, 421-448.

Paustian, K., B. Babcock, C. Kling, J.L. Hatfield, R. Lal, B. McCarl, S. McLaughlin, W.M. Post, A.R. Mosier, C. Rice, G.P. Robertson, N.J. Rosenberg, C. Rosenzweig, W.H. Schlesinger and D. Zilberman. 2004. Climate change and greenhouse gas mitigation: challenges and opportunities for agriculture. Council for Agricultural Science and Technology. Task Force Report No. 141, 120.

Schomberg, H.H., J.L. Steiner and P.W. Unger. 1994. Decomposition and nitrogen dynamics of crop residues: Residue quality and water effects. Soil Sci. Soc. Am. J. 58, 372-381.

Sollins, P., P. Homann. and B.K. Caldwell. 1996. Stabilization and destabilization of soil organic matter: mechanisms and controls. Geoderma 74, 65-105.

Walkley, A and I.A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method .Soil Sci. 37, 29-33.

Lu, Y., R. Wassmann, H.U. Neue, and C. Huang. 2000. Dynamics of dissolved organic carbon and methane emission in a flooded rice soil. Soil. Soc. Am. J. 64, 2011 - 2017.