

อิทธิพลของสารคัดหลั่งจากรากข้าว 2 พันธุ์ต่อการปลดปล่อยก๊าซมีเทน ในดินน้ำขัง

Effect of root exudates of 2 rice varieties on methane emission in flooded paddy soil

พัชรี แสนจันทร์^{1*}, มัชฌิมา เจียจันท์¹, วรณวิภา แก้วประดิษฐ์¹, เกริก ปั่นแห่งเพชร¹
และ ดวงสมร ตุลาพิทักษ์¹

Patcharee Saenjan^{1*}, Matchima Jiajanthuek¹, Wanwipa Kaewpradit¹,
Krirk Pannangpetch¹ and Duangsamorn Tulaphitak²

บทคัดย่อ: การทดลองในกระถางเบื้องต้นพบว่า มีก๊าซมีเทนเคลื่อนที่จากดินน้ำขังผ่านต้นข้าวออกสู่บรรยากาศถึงร้อยละ 96 และปล่อยออกจากดินน้ำขังในกระถางเดียวกันเพียงร้อยละ 4 ทำการทดลองต่อเนื่องโดยใช้ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์สกลนคร เพื่อศึกษาอิทธิพลของสารคัดหลั่งจากรากข้าวต่อปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนสู่บรรยากาศ และพบว่าผลรวมของปริมาณสารคัดหลั่งจากรากข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 (763.8 มก.คาร์บอน/กอ/ฤดูปลูก) ซึ่งน้อยกว่าของข้าวพันธุ์สกลนคร (1,120.3 มก.คาร์บอน/กอ/ฤดู) และขณะเดียวกันปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนตลอดทั้งฤดูปลูกของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 (463.5 มก./กอ/ฤดูปลูก) น้อยกว่าของข้าวพันธุ์สกลนคร (690.9 มก./กอ/ฤดูปลูก) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยที่ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนตลอดฤดูปลูกของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 คิดเป็นร้อยละ 67 ของข้าวพันธุ์สกลนคร สรุปได้ว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 สร้างสารคัดหลั่งและปล่อยก๊าซมีเทนได้น้อยกว่าของข้าวพันธุ์สกลนคร และในข้าวทั้งสองพันธุ์ ปริมาณสารคัดหลั่งจากรากข้าวมากขึ้นปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจะสูงขึ้น การทดลองในลักษณะนี้ควรศึกษากับข้าวพันธุ์ต่างๆ ต่อไปเพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการปรับปรุงพันธุ์ในอนาคตที่สามารถปล่อยสารคัดหลั่งต่ำ ปล่อยก๊าซมีเทนต่ำ แต่ให้ผลผลิตข้าวสูง

คำสำคัญ: สารคัดหลั่ง, ก๊าซมีเทน, พันธุ์ข้าว

ABSTRACT: Preliminary pot experiment with flooded rice revealed that there was methane gas moved from flooded soil through rice plant to atmosphere. This amount of plant mediated methane accounted for 96% while via flooded soil was only 4 %. Continuation of the experiment was performed with rice varieties: Chainat 1 and Sakon Nakhon in order to study the influence of root exudates on the amount of methane emission to atmosphere. It was found that total amount of root exudates from Chainat 1 (763.8 mg.C hill⁻¹ season⁻¹) was smaller than that from Sakon Nakhon

¹ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร สาขาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

Land Resources and Environment Section, Department of Plant Science and Agriculture Resources, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand.

² ศูนย์ศึกษาค้นคว้าและพัฒนาเกษตรกรรมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

Agriculture Research and Development Center in Northeast, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand.

* corresponding author: patsae1@kku.ac.th

(1,120.3 mg.C hill⁻¹ season⁻¹). Meanwhile, the total methane released from Chainat 1 (463.5 mg hill⁻¹ season⁻¹) was lower with high significance than Sakon Nakon (690.9 mg. hill⁻¹ season⁻¹). Total methane emission of Chainat 1 accounted for 67 percent of Sakon Nakon. Results were concluded that Chainat 1 produced less root exudates and emitted less methane than Sakon Nakon. For both varieties, higher amount of root exudates induced higher amount of methane emission. Further experiment in similar manner should be performed by using various rice varieties for rice breeding improvement in the future, enabling to attain low quantity of root exudates, low plant mediated methane emission, but high rice yield.

Keywords: exudates, methane, rice variety

บทนำ

กระบวนการเกิดก๊าซมีเทน (methanogenesis) ในดินนาเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินกลุ่มที่ผลิตก๊าซมีเทน (methanogens) โดยจุลินทรีย์เหล่านี้จะย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในดินในสภาพน้ำขังที่ขาดออกซิเจนให้เป็นก๊าซมีเทน ก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นนี้จะละลายอยู่ในสารละลายดิน และแพร่เข้าสู่สารละลายในผนังเซลล์ของราก เปลี่ยนรูปเป็นก๊าซ (gasify) ที่คอรัเทกซ์ (root cortex) และถูกปล่อยออกตรงรูเล็ก ๆ (micropores) ที่อยู่ใต้กาบใบ (leaf sheaths) ของต้นข้าวออกสู่บรรยากาศ (Nouchi et al., 1990) ซึ่งกลไกการปล่อยก๊าซมีเทนผ่านต้นข้าวสู่บรรยากาศนี้มีนักวิจัยศึกษากันน้อยมาก แหล่งที่เกิดการผลิตก๊าซมีเทนในนาข้าวอยู่ที่บริเวณรากข้าว (rice rhizosphere) ซึ่งเป็นบริเวณที่อยู่อาศัยของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ประกอบกับมีสารอาหารที่ถูกปล่อยออกจากรากข้าวในรูปของสารคัดหลั่ง (exudates) ที่ประกอบด้วย กลูโคส (glucose) กรดอินทรีย์ (organic acids) และกรดอะมิโน (amino acids) (Kerdchoechuen, 2005) Waschutza et al. (1992) พบว่าสารคัดหลั่งจากรากข้าวมีน้ำตาลแรฟฟิโนส (raffinose) กลูโคส (glucose) ฟรุกโตส (fructose) อะรามิโนส (arabinose) ไรโบส (ribose) และไซโลส (xylose) เป็นองค์ประกอบ และมีกรดอินทรีย์ที่ประกอบด้วย ออกซาลิก (oxalic) ซัคซินิก (succinic) อะโคนิติก (aconitic) ซิทริก (citric) มาลิก (malic) ทาร์ทาริก (tartaric) และแลคติก (lactic acids) จึงเป็นแหล่งของคาร์บอนอินทรีย์และเป็นสารอาหาร

(substrate) อย่างดีให้แก่จุลินทรีย์ดินกลุ่มที่ผลิตก๊าซมีเทน และได้ผลิตก๊าซมีเทนสุดท้ายเป็นก๊าซมีเทนสู่บรรยากาศ (Melting et al., 1992) ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกที่ส่งผลทำให้โลกร้อนขึ้น (IPCC, 2007) ดังนั้นปริมาณของสารคัดหลั่งจากรากข้าวจึงเป็นตัวแปรสำคัญในการผลิตก๊าซมีเทนออกสู่บรรยากาศ (Aulakh et al., 2000) รวมทั้งชนิดของพันธุ์ข้าว (Sass et al., 1991) การศึกษาค้นคว้าวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาการเคลื่อนที่ของก๊าซมีเทนผ่านต้นข้าวสู่บรรยากาศ 2) ศึกษาปริมาณสารคัดหลั่งจากรากข้าวในระยะการเจริญเติบโตต่างๆของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์สกลนคร และ 3) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารคัดหลั่งทั้งหมดที่รากข้าวปล่อยออกมากับปริมาณก๊าซมีเทนทั้งหมดที่ปลดปล่อยตลอดฤดูปลูกของข้าวทั้ง 2 พันธุ์ข้างต้น

วิธีการศึกษา

เก็บตัวอย่างดินนาเกษตรกรที่บ้านหนองน้ำเกลี้ยง ตำบลสำราญ อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น ที่ระดับความลึก 0-15 ซม. ตากดินให้แห้งในร่ม (air dried) ร้อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 2 มม. (10 เมช) ดินมีเนื้อดินเป็นร่วนทราย (sandy loam) อินทรีย์วัตถุ 1.8 % pH 5.7 ไนโตรเจนทั้งหมด 0.02 % ความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน 4 เซนติโมล/กก. ผสมดิน 3 กก. กับปุ๋ยสูตร 16-16-8 หน้าก 0.3656 ก./กระถาง (อัตรา 25 กก./ไร่) ใส่ลงกระถางพลาสติกใสขนาดกว้าง 15.3 ซม. ยาว 15.3 ซม. สูง 24 ซม. ขังน้ำให้ระดับน้ำอยู่ระดับเดียวกับผิวดิน ทั้งไว้ 1 คืนก่อนปลูกกล้าข้าว

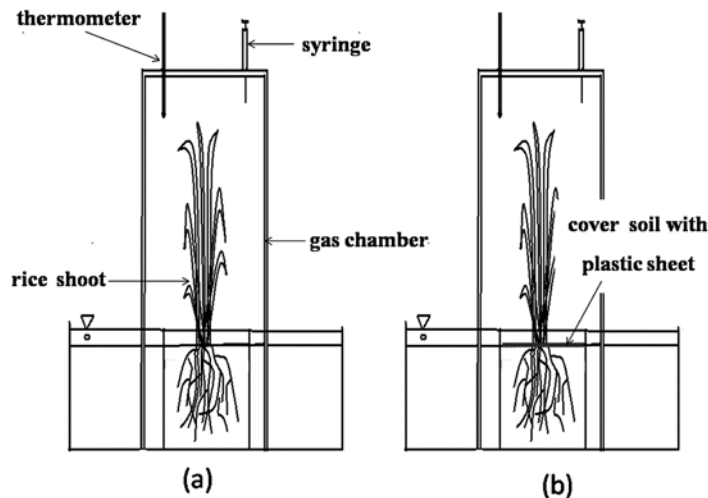


Figure 1 (a) Gas sampling from planted-potted soil (open soil surface), and (b) from rice plant (covered soil surface). This experiment was done with Chainat 1

การทดสอบวัดปริมาณก๊าซมีเทนส่วนที่ผ่านต้นข้าวสู่บรรยากาศ และส่วนที่ผ่านดินสู่บรรยากาศเตรียมตัวอย่างดินดังกล่าวข้างต้น ปลูกกล้าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 อายุ 20 วัน 5 ต้น/จับ/กระถาง ในวันที่ 20 เมษายน 2552 ใช้น้ำ 7 ถึง 10 ซม. ตลอดฤดูปลูก ทำ 3 ซ้ำ ทำการเก็บตัวอย่างก๊าซมีเทนสัปดาห์ละครั้ง ก่อนดำเนินการยกกระถางวางไว้ในภาชนะบรรจุน้ำ (Figure 1) ครอบกระถางด้วยกล่องอะครีลิกใส (หนา 0.4 ซม.) ขนาด 21 x 21 x 100 ซม. สำหรับเก็บตัวอย่างอากาศข้างในกล่อง ซึ่งก๊าซมีเทนที่อยู่ในกล่องนี้ถูกปล่อยออกจากต้นข้าวและดินในกระถาง (Figure 1a) ดังกล่าวดัดแปลงจากวิธี closed chamber (IRRI, 1996) ใช้เข็มฉีดยาคูดอากาศภายใน 1 มล. ที่เวลา 0, 10 และ 20 นาที พร้อมกับวัดอุณหภูมิภายในกล่อง ต่อจากนั้นในกระถางเดียวกันได้ทำการเก็บตัวอย่างก๊าซมีเทนที่ปล่อยจากต้นข้าวโดยใช้ผ้าพลาสติกปิดหน้าดินในกระถางให้เฉพาะต้นข้าวแผ่ออกมา ครอบกล่องอะครีลิกเก็บตัวอย่างอากาศข้างในกล่องเช่นเดียวกับวิธีข้างต้น (Figure 1b) วิเคราะห์ความเข้มข้นก๊าซมีเทนทันทีด้วยเครื่อง GC-FID (พัชรีและคณะ, 2547) คำนวณอัตราการปลดปล่อยก๊าซ

มีเทน (methane emission rate, MER) และปริมาณก๊าซมีเทนทั้งหมด (total methane emission, TME) (Saenjan, 2002) ที่ปล่อยออกจากต้นข้าวตลอดฤดูปลูก และที่ปล่อยออกจากดินในกระถาง

อีกการทดลองหนึ่งปลูกข้าววิธีเดียวกันโดยใช้ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์สกลนคร ปลูกเมื่อ 6 มกราคม 2553 ซึ่งพันธุ์ชัยนาท 1 เป็นข้าวเจ้า ส่วนพันธุ์สกลนครเป็นข้าวเหนียว ทั้งคู่เป็นข้าวไม่ไวแสง และมีอายุการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน ใช้สำหรับเก็บสารคัดหลั่งจากรากข้าวที่ระยะการเจริญเติบโต 5 ระยะ ได้แก่ ระยะต้นกล้า ระยะแตกหน่อ ระยะออกดอก ระยะสุกแก่ และระยะเก็บเกี่ยว ทุกระยะทำ 4 ซ้ำ (4 กระถาง) โดยนำต้นข้าวออกจากกระถาง ล้างรากต้นข้าวให้ดินออกอย่างระมัดระวังด้วยน้ำปราศจากประจุ (deionized water) นำต้นข้าวที่ล้างสะอาดแล้วมาใส่ลงในขวดพลาสติกใสรูปทรงกระบอกขนาด 1.2 ลิตรที่บรรจุสารละลาย 0.01 M CaSO_4 150 มล. ให้รากจมอยู่ในสารละลาย (ถ้าต้นตั้งตรง) ปล่อยให้สารคัดหลั่งออกจากรากนานสองชั่วโมง ในบทความนี้จะเรียกละการละลายนี้ว่า “สารคัดหลั่ง” หาปริมาณสารคัดหลั่งโดยวิธี wet-digestion (Aulakh et al., 2001) ในหน่วย

น้ำหนักรของคาร์บอน (exudate carbon) ขณะเดียวกันเก็บตัวอย่างก๊าซมีเทนจากต้นข้าวทั้งสองพันธุ์โดยวิธีข้างต้นทุกสัปดาห์วิเคราะห์ตัวอย่างก๊าซมีเทนหาอัตราการปล่อยก๊าซมีเทน และปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนทั้งหมดตลอดฤดูปลูก

ทั้งการทดลองวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองทางสถิติโดยวิธี F-test ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป MSTAT-C

ผลการทดลองและวิจารณ์

การปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากต้นข้าวที่ปลูกในกระถางและจากดินในกระถาง

จากการศึกษาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนทั้งหมดตลอดฤดูปลูก (TME) ของต้นข้าวและดินที่ปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 (Figure 1a) พบว่าการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากต้นข้าวและดิน (รวมกัน) สู่อากาศมีปริมาณทั้งหมด 540.4 มก./กระถาง/ฤดู (Figure 2) ในขณะที่การปลดปล่อยก๊าซมีเทนสู่อากาศจากต้นข้าว (อย่างเดียว) มีปริมาณทั้งหมด 486.0 มก./กอก/ฤดู การปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากดินผ่านต้นข้าวสู่อากาศนี้คิดเป็นร้อยละ 96 ของก๊าซมีเทนทั้งหมดที่ปล่อยออกจากต้นข้าวและดินในกระถางเดียวกัน ในการศึกษาพบว่าก๊าซมีเทนปล่อยออกจากดินโดยตรงน้อยกว่าเพียงร้อยละ 4 เนื่องจากกระถางที่ใช้ปลูกข้าวมีขนาดเล็กและมีพื้นที่ส่วนที่เป็นดินน้อย การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่ามีก๊าซมีเทน (เกิดขึ้นในดิน) เคลื่อนที่ผ่านต้นข้าวสู่อากาศ รายงานการทดลองของ Aulakh et al. (2000) พบว่าก๊าซมีเทนถูกปลดปล่อยผ่านทางต้นข้าวมากกว่าร้อยละ 90 ของปริมาณที่ปล่อยจากนาข้าวสู่อากาศ

ปริมาณสารคัดหลั่งจากรากข้าว 2 พันธุ์

ผลการศึกษาพบว่าปริมาณสารคัดหลั่งจากรากของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์สกลนครในระยะต้นกล้าอายุ 20 วัน (0 วันหลังย้ายปลูก) มีปริมาณมากที่สุด 12.1-13.4 มก.คาร์บอน/กอก ที่ระยะแตกกอพบว่าข้าวทั้ง 2 พันธุ์มีปริมาณสารคัดหลั่งต่ำลงและค่อยๆ เพิ่มขึ้นเมื่อข้าวมีอายุมากขึ้น (Table 1) อาจเนื่องมาจากที่ระยะแตกกอนั้นข้าวต้องการอาหารจากดินมากเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต ส่วนในระยะการสืบพันธุ์เป็นระยะที่ข้าวมีการสร้างและสะสมอาหารมากอยู่แล้ว จึงมีการเคลื่อนย้ายสารอาหารไปที่ปลายรากเจริญและปล่อยสารคัดหลั่งออกมากขึ้น เหล่านี้จะชักนำให้เกิดกระบวนการดูดซับธาตุอาหาร (plant nutrient) และกระบวนการแลกเปลี่ยนธาตุอาหารระหว่างรากและดิน จนกระทั่งถึงระยะเก็บเกี่ยวสารคัดหลั่งมีปริมาณต่ำลง เนื่องจากพืชไม่ต้องการอาหารมาก ประกอบกับรากไม่มีการเจริญเติบโต (วารุณีและคณะ, 2546) วารุณีและคณะ (2546) ยังพบว่า ข้าวที่ระยะแตกกอ (49 วันหลังออก) ในสารคัดหลั่งจะมีกลูโคสเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ ส่วนระยะข้าวตั้งท้อง (63 วันหลังออก) จะพบฟรุกโตสเป็นองค์ประกอบหลัก ในการทดลองนี้สารคัดหลั่งที่ระยะแตกกอและระยะออกดอกของข้าวพันธุ์สกลนครมีปริมาณมากกว่าของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะการเจริญเติบโตในช่วงออกดอก จะมีการปล่อยสารคัดหลั่งจากรากข้าวสูง ซึ่งเป็นสารอาหารอย่างดีสำหรับจุลินทรีย์ที่ผลิตก๊าซมีเทน ซึ่งจะเห็นได้จากปริมาณก๊าซมีเทนที่สูงขึ้นในช่วงออกดอก (Figure 3)

Table 1 Root exudates at various growth stages of flooded 2 rice varieties

Rice variety	seedling ^{1/} (0 DAT)	tillering (34 DAT)	flowering (75 DAT)	ripening (97 DAT)	harvesting (116 DAT)
Root exudates (mg-C/hill) ^{2/}					
Chainat 1	12.1	3.3	7.4	7.6	4.3
Sakon Nakhon	13.4	7.0	11.1	10.1	7.3
F-test	ns	**	*	ns	Ns
CV (%)	17.8	16.0	46.3	29.4	19.5

^{1/}transplanted 20 day-old seedlings (0 days after transplanting, DAT), 5 plants per hill per pot

^{2/} n = 4, * indicates significant difference at P<0.05 , ** at P<0.01, ns is no significant

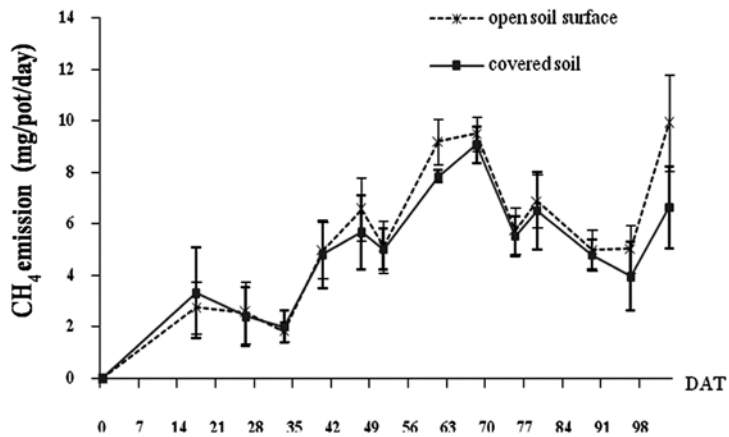


Figure 2 Methane emission rate from planted-pot soil (open soil surface) and from rice plant (covered soil)

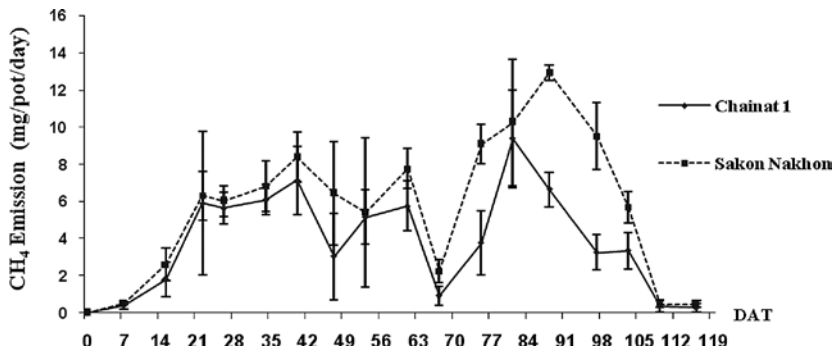


Figure 3 Methane emission rate through growth period of flooded rice varieties, Chainat 1 and Sakon Nakhon. Bars indicate standard deviation. n = 4, S: seedling, T: tillering, B: booting, F: flowering, R: ripening

Table 2 Total exudate carbon (TEC) and total methane emission (TME) of flooded 2 rice varieties.

Rice variety	TEC (mg C / hill / season) ^{1/}	TME (mg CH ₄ -C/ hill / season) ^{1/}	TME / TEC
Chainat 1	763.8	463.5	0.61
Sakon Nakhon	1,120.3	690.9	0.62
F-test	*	**	ns
CV%	23.3	12.9	22.6

^{1/} n = 4. * indicates significant difference at P<0.05, ** at p<0.01

อัตราการปล่อยก๊าซมีเทนจากข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และข้าวพันธุ์สกลนคร

ผลการศึกษ้อัตราการปล่อยก๊าซมีเทนจากกระถางทดลองตลอดฤดูปลูกข้าวจากข้าว 2 พันธุ์ (Figure 3) โดยทั่วไปพบว่าในข้าวทั้ง 2 พันธุ์ในระยะกล้า (S) อัตราการปล่อยก๊าซมีเทนค่อยๆ เพิ่มขึ้นหลังย้ายปลูก (0 DAT) จนถึงระยะแตกกอ (T) ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 4-8 มก./กอ/วัน และลดลงที่ระยะตั้งท้อง (B) เนื่องจากต้นข้าวมีอัตราการใช้น้ำสูงทำให้ดินมีน้ำขังตื้นอยู่ที่ระดับผิวดิน จากนั้นจะเห็นว่าอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วหลังขังน้ำในระยะออกดอก (F) และค่อยๆ ลดลงในระยะสุกแก่ (R) เป็นที่น่าสังเกตว่าข้าวพันธุ์สกลนครมีอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนตลอดฤดูปลูกสูงกว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 (Figure 3)

ปริมาณทั้งหมดของสารคัดหลั่งจากรากข้าวและปริมาณก๊าซมีเทนทั้งหมดที่ปล่อยตลอดฤดูปลูก

ข้าวพันธุ์สกลนครผลิตสารคัดหลั่งตลอดฤดูปลูก 1,120.3 มก.คาร์บอน/กอ ซึ่งมากกว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ผลิตสารคัดหลั่งตลอดฤดูปลูก 763.8 มก.คาร์บอน/กอ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) สารคัดหลั่งเป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ที่ผลิตก๊าซมีเทนส่งผลให้ข้าวพันธุ์สกลนครปล่อยก๊าซมีเทน 690.9 มก./กอ/ฤดูปลูก มากกว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ซึ่งปล่อยก๊าซมีเทน 463.5 มก./กอ/ฤดูปลูก (Table 2) การปลดปล่อยก๊าซมีเทนตลอดฤดูปลูกจากข้าวพันธุ์

ชัยนาท 1 คิดเป็นร้อยละ 67 ของข้าวพันธุ์สกลนคร และในประเด็นของการแปรรูปสารคัดหลั่ง ซึ่งตามทวารุณีและคณะ (2546) กล่าวว่าองค์ประกอบส่วนใหญ่ของสารคัดหลั่งคือกลูโคสและฟรุกโตส (มีสูตรเคมีเหมือนกัน C₆H₁₂O₆) ซึ่งผู้เขียนขอตั้งสมมุติฐานว่าในสภาพไร้ออกซิเจน C₆H₁₂O₆ 1 โมเลกุลสามารถเปลี่ยนไปเป็นก๊าซมีเทน(CH₄)ได้ 3 โมเลกุลและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO₂)ได้ 3 โมเลกุล นั่นคือตามสมมุติฐานข้างต้นสัดส่วนระหว่าง TME/TEC น่าจะเป็นค่า 0.5 หากดูผลการทดลองใน Table 2 พบว่าสัดส่วน TME/TEC มีค่า 0.61-0.62 อาจเป็นไปได้ว่ามีก๊าซมีเทนสู่บรรยากาศร้อยละ 62 นั่นซึ่งร้อยละ 50 มาจากสารคัดหลั่ง และอีกร้อยละ 12 มาจากอินทรีย์วัตถุในดิน

จาก Table 2 การที่ปริมาณสารคัดหลั่งจากรากข้าวตลอดฤดูปลูกมากกว่าปริมาณมีเทนทั้งหมดตลอดฤดูปลูก คาดว่าสารคัดหลั่งจากรากข้าวนอกจากสามารถเปลี่ยนรูปเป็นก๊าซมีเทนแล้ว บางส่วนได้อยู่ในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์ มวลชีวภาพในจุลินทรีย์ดิน ก๊าซมีเทนที่ละลายน้ำ (dissolved methane) และก๊าซมีเทนในช่องว่างดิน (soil-pore methane) (Lu et al., 2000) ซึ่งยังไม่หลุดออกสู่บรรยากาศ Neue et al. (1994b) กล่าวว่าพันธุ์ข้าวที่มีลักษณะของความสูง การแตกกอ พื้นที่ใบ และช่องอากาศที่แตกต่างกัน จะมีผลให้ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากต้นข้าวสู่บรรยากาศในปริมาณต่างกัน

สรุป

1) ต้นข้าวมีบทบาทสำคัญต่อการปล่อยก๊าซมีเทนจากดินสู่บรรยากาศ โดยร้อยละ 96 ของก๊าซมีเทนที่ปล่อยออกจากกระถางปลูกข้าวจะผ่านทางต้นข้าว ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนตลอดทั้งฤดูปลูกของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 น้อยกว่าพันธุ์สกลนคร โดยพันธุ์ชัยนาท 1 ปลดปล่อยก๊าซมีเทนร้อยละ 67 ของพันธุ์สกลนคร 2) ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 สร้างสารคัดหลั่งน้อยกว่าของพันธุ์สกลนคร และ 3) ในข้าวทั้งสองพันธุ์ ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจะสูงขึ้นตามปริมาณสารคัดหลั่งจากรากข้าว การทดลองในลักษณะนี้ควรทำการศึกษาเกี่ยวกับพันธุ์ข้าวอื่นๆ ต่อไปเพื่อใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการปรับปรุงพันธุ์ข้าวที่ปล่อยสารคัดหลั่งต่ำ ปล่อยก๊าซมีเทนต่ำ แต่ให้ผลผลิตข้าวสูง

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา โครงการกลุ่มวิจัยดินปัญหาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ กองทุนวิจัย 40 ปี มหาวิทยาลัยขอนแก่น และโครงการวิจัยประเภทอุดหนุนทั่วไปปีงบประมาณ 2553 มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เอกสารอ้างอิง

- วารุณี ภูัสัจพงษ์, อรพิน เกิดชูชื่น และสิรินทรเทพ เต้าประยูร. 2546. น้ำตาลกลูโคส ฟรุกโตส และซูโครสในรากและสารคัดหลั่งรากของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1. วารสารวิจัยและพัฒนา. 26: 339-350.
- Aulakh, M.S., R. Wassmann, C. Bueno, J. Kreuzwieser and H. Rennenberg. 2001. Characterization of root exudates at different growth stages of ten rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. *Plant Biol.* 3:139-148.
- Aulakh, M.S., J. Bodenbender, R. Wassmann and H. Rennenberg. 2000. Methane transport capacity of rice plants. Part II. Variations among different rice cultivars and relationship with morphological characteristics. *Nutr. Cycling Agroecosyst.* 58:367-375.
- 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), 1-13.
- International Panel on Climate Change (IPCC). 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report IPCC Fourth Assessment (AR4). Valencia, Spain.
- Kerdchoechuen, O. 2005. Methane emission in four rice varieties as related to sugars and organic acids of roots and root exudates and biomass yield. *Agriculture, Ecosystems & Environment.* 108:155-163.
- Lu, Y., R. Wassmann, H-U. Neue and C. Huang. 2000. Dynamics of dissolved organic carbon and methane mission in a flooded rice soil. *Soil. Soc. Am. J.* 64:2011-2017.
- Melting, F.B. 1992. Soil Microbial Ecology Application in Agricultural and Environmental Management. Marce Dekker Inc US.
- Neue, H.U., R. Wassmann, R.S. Lantin, M.C.R. Alberto, J.B. Aduna and International Rice Research Institute. 1994b. Methane emission from rice fields. *IRRN.* 19:31-34.
- Nouchi, I., S. Mariko and K. Aoki. 1990. Mechanism of methane transport from the rhizosphere through rice plants. *Plant Physiol.* 94:59-66.
- Sass, R., F.M. Fisher, P.A. Harcombe and F.T. Turner. 1991. Methane production and emission in Texas rice field. *Global Biogeochemical Cycle.* 4:47-68.
- Saenjan, P., D. Tulaphitak, T. Tuaphitak, S. Tangchupong, and S. Jearakongman. 2002. Methane emission from farmer paddy fields as a basis for appropriate mitigation technologies. In: 17th World Congress of Soil Science, 14-21 August 2002. Bangkok, Thailand.

Waschutza, S., N. Hofmann, E.G. Niemann and I. Fendrik.
1992. Investigations on root exudates of Korean rice.
Symb. Rehovot. 131:181-189.