

การลดมีเทนฟุตพริ้นท์ในนาข้าว จังหวัดขอนแก่น

Methane footprint reduction in Khon Kaen paddy fields

พัชรี แสงจันทร์^{1*}

Patcharee Saenjan^{1*}

บทคัดย่อ: การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากก๊าซ CH_4 ที่ปล่อยจากการผลิตข้าว และหาแนวทางการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์จาก CH_4 ในดินนาปกติและดินนาเค็ม ที่ปลูกข้าวพันธุ์ต่างๆ ด้วยวิธีปลูกและการเขตกรรมที่ต่างกันในพื้นที่ชลประทานและอาศัยน้ำฝน (2) ศึกษาอิทธิพลของการปลูกข้าวแบบนาดำและนาหว่านที่มีการจัดการปุ๋ยและความคืบหน้าชลประทาน รวมถึงการทดลองปลูกข้าวในดินเค็มที่มีคราบเกลือและนอกคราบเกลือที่อาศัยน้ำฝน และ (3) เพื่อศึกษาการลดปริมาณการปล่อยก๊าซ CH_4 ด้วยปุ๋ยซัลเฟตในกระถาง โดยทุกการศึกษาล้วนได้ติดตามวัดปริมาณการปล่อย CH_4 ทั้งหมดตลอดฤดูปลูก (TME) เก็บผลผลิตข้าว (GY) หาปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จาก CH_4 ที่ปล่อยต่อการผลิตข้าว 1 กก. (CH_4 -C footprint per kg grain, MFPG) และหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างข้อมูลต่างๆ ผลการศึกษพบว่า ในดินนาขุขันธ์ (Rb) ปล่อย MFPG ต่ำกว่าของดินร่อยเอ็ด (Re) และดินเค็ม (Re saline) เนื่องจาก GY ที่ได้จากนาดินเค็มมีปริมาณต่ำกว่าของนาข้าวปกติ ค่า r ระหว่าง GY ของนาดำและนาหว่านกับ MFPG เท่ากับ -0.187 และ -0.762 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า นาหว่านให้ GY สูงกว่าในขณะที่ปล่อย MFPG ต่ำกว่าของนาดำ แต่ทั้งนี้ต้องจัดการนาข้าวให้ปลอดวัชพืชและศัตรูข้าว ในขณะที่ข้าวพันธุ์ต่างๆ แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง GY กับปริมาณ MFPG โดยเรียงค่า r จากน้อยไปมากได้ ดังนี้ ชัยนาท 1 กข10 ขาวดอกมะลิ 105 และ กข6 มีค่า -0.917, -0.627, -0.313 และ -0.219 ในประเด็นของการจัดการน้ำการสลบให้น้ำคายระเหยจนผิวดินแห้ง (แต่ความชื้นในดินไม่ต่ำกว่าความจุความชื้นสนาม) กับขังน้ำ สามารถทำได้ 2-3 ครั้งในหนึ่งฤดูปลูก ส่งผลให้ปริมาณ TME ลดลงอย่างชัดเจน แต่ได้รับผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นหากมีการจัดการปุ๋ยและดูแลอย่างดี โดยที่ในนาหว่านนํ้าตมค่า r ระหว่างปริมาณ TME กับ GY เป็นไปในทางลบ (-0.65) และปริมาณน้ำในดินนาหว่านกับ GY เป็นลบ (-0.77) เช่นกัน ช่วยยืนยันว่านาหว่านนํ้าตมนอกจากจะช่วยลด TME แล้ว ยังคงไว้ซึ่ง GY สูงและประหยัดน้ำในการผลิตข้าวได้ การใส่ปุ๋ยรองพื้น 16-16-8 อัตรา 20 กก./ไร่ แล้วแต่งหน้าด้วยปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต 30 กก./ไร่ หรือปุ๋ยยูเรีย 15 กก./ไร่ ร่วมกับปล่อยให้นํ้าคายระเหยจนดินแห้งบางช่วงจะให้ GY สูงขึ้นและปล่อย TME ต่ำลง สำหรับดินเค็ม GY จากดินในคราบเกลือได้ต่ำมาก ในขณะที่ของนอกคราบเกลือที่อยู่ติดกันที่ได้รับฟางข้าวและมูลวัวให้ GY ในช่วง 399-479 กก./ไร่ การใส่วัสดุอินทรีย์ให้กับดินนาปกติและดินนาเค็มสามารถเพิ่ม GY แต่ก็ปล่อย TME มากขึ้น จากผลข้างต้นได้แนะนำการจัดการดิน วัสดุอินทรีย์ ปุ๋ย และน้ำเพื่อการเพิ่ม GY และให้สามารถลด MFPG จากนาข้าวได้ในบทความนี้

คำสำคัญ: ดินนา, ดินเค็ม, ข้าว, คาร์บอน, ขอนแก่น

¹ สาขาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Land Resources and Environment Section, Department of Plant Science and Agricultural Resources, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University

* Corresponding author: patsae1@kku.ac.th

ABSTRACT: The objective of the research was to evaluate methane carbon ($\text{CH}_4\text{-C}$) footprint (CF) relating to rice production, and find means to reduce CH_4 CF in typical paddy soils and saline soil which cultivated to various rice cultivars with different manuals under irrigation and rainfed. Additional fertilizer experiment cultured to transplanting and sowing rice with controllable irrigation water, as well as experiment cultivated to rice inside and outside salt patches under rainfed was also performed. Moreover, pot experiment with sulfate fertilizer to grasp CH_4 reduction was also conducted. In all of the experiments conducted, total CH_4 emission (TME), rice grain yield (GY) and $\text{CH}_4\text{-C}$ footprint per kg grain (MFPG) were pursued. Correlation coefficients (r) between the studied parameters were calculated. In Rachaburi soil (Rb), MFPG was lower than in Roi et soil (Re) and Re saline soil, this was due to lower GY obtained from saline soil than those of normal soils. Relationship of GY from transplanting rice, sowing rice and their MFPG gave negative r, -0.187 and -0.762, respectively. Sowing rice, obviously gave higher GY and lower MFPG than transplanting rice, if provided free from weeds and pests. Relationship between GY from various rice cultivars and their MFPG yielded negative decreasing r values for CN1, RD10, KDML105, and RD6 as -0.917, -0.627, -0.313 and -0.219, respectively. In relation to the water management, alternate evapotranspiring and reflooding soil could be done 2-3 times in a single rice cropping. By this mean, TME was reduced, though GY increased as proper fertilizer provided. Accordingly, for sowing rice, negative r values between TME and GY as well as between soil water content and GY were -0.65 and -0.77, respectively. This confirmed that sowing rice could reduce TME, maintained high GY but saved some water. Basal application of 16-16-8 at 20 kg/rai and top dress of ammonium sulfate at 30 kg/rai and managed soil some evapotranspiration could yield high GY with low TME. GY from inside salt patch was very low while those from outside adjacent saline patch treated rice straw and cow manure were 399-479 kg/rai. Organic material application increased GY, but increase TME from rice field. All of the above results were drawn in this article, guidelines for soil, organic materials, fertilizer and water management for rice production and MFPG mitigation.

Keywords: paddy soil, saline soil, rice, carbon, Khon Kaen

บทนำ

ประเทศไทยผลิตข้าวและส่งออกข้าวเป็นอันดับต้นของโลก พื้นที่เพาะปลูกข้าวทั้งหมด 60 ล้านไร่ อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 32.7 ล้านไร่ ผลผลิตข้าวนาปีของปีเพาะปลูก 2555/56 เฉลี่ย 334 กก./ไร่ และของนาปรัง 555 กก./ไร่ ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำมากต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของโลก (680 กก./ไร่) และของภาคตะวันออกเฉียงเหนือต่ำที่สุดในประเทศไทย (338 กก./ไร่) (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) ทั้งที่มีพื้นที่ปลูกมากที่สุด การปลูกข้าวจะมีช่วงเวลาที่มีการขังน้ำทำให้อินทรีย์วัตถุในดินเน่าสลายตัวในสภาพที่ขาดออกซิเจนก่อให้เกิดการสร้างและปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) สู่อากาศ (Saenjan et al., 2002) ก๊าซ CH_4 มีศักยภาพทำให้โลกร้อนมากกว่า CO_2 ถึง 25 เท่า (IPCC, 2001) ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (global warming) และส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (climate change) สำหรับนาข้าวในประเทศไทยนั้นพบว่าในปี พ.ศ. 2555 มีปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนเพิ่มขึ้นมากกว่า 100 Gg

(พันตัน) หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 5 จากปีที่ผ่านมา (FAO, 2012) เนื่องจากก๊าซ CH_4 มีศักยภาพทำให้โลกร้อนมากกว่า CO_2 ถึง 25 เท่า IPCC (2001) ได้ระบุให้กิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ควรมีการลดปริมาณการปล่อยก๊าซ CH_4 สู่อากาศรวมถึงนาข้าวด้วย ปริมาณการปล่อยก๊าซ CH_4 จากนาข้าวมีความผันแปรขึ้นกับหลายปัจจัย อาทิ สภาพพื้นที่ คุณสมบัติของดินนา สภาพภูมิอากาศ ฤดูกาล พันธุ์ข้าว ชนิดและปริมาณวัสดุอินทรีย์วิธีการปลูก การใส่ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี และการจัดการน้ำ (ชนะ, 2548) ดังนั้นประเทศไทยในฐานะผู้ผลิตข้าวรายใหญ่ของโลกควรเล็งเห็นความสำคัญของการวิจัยให้ได้มาซึ่งเทคโนโลยีการลดปริมาณการปล่อยก๊าซ CH_4 จากนาข้าวและรักษาผลผลิตข้าว อันเป็นฐานสำคัญของการสร้างความเข้มแข็งด้านการเกษตรอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม จึงเป็นที่มาของการศึกษารอยเท้าคาร์บอนจากก๊าซ CH_4 หรือคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากก๊าซ CH_4 ($\text{CH}_4\text{-C}$ footprint) ที่ปล่อยจากการผลิตข้าว เพื่อหาแนวทางการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากก๊าซ CH_4 ในนาข้าว

วิธีการศึกษา

สำรวจระบบนิเวศนาข้าว ฤดูปลูกนาปี (major rice) และนาปรัง (second rice) ในพื้นที่ชลประทาน (irrigated) และพื้นที่อาศัยน้ำฝน (rainfed) อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น ที่ตั้งของนาข้าวที่ศึกษาได้รับน้ำไว้ข้างใต้ Table 1 เพื่อติดตามวัดปริมาณการปล่อยก๊าซ CH_4 จากนาข้าวเกษตรกรใน 5 ฤดูปลูก พ.ศ. 2542-2544 (ค.ศ.1999-2001) กับพื้นที่นาลุ่ม (lowland rice soil) ซึ่งเป็นดินเหนียว ชุดดินราชบุรี (Rb) พื้นที่นาที่ราบขั้นต่ำ (low terrace) ซึ่งเป็นดินร่วน ชุดดินร้อยเอ็ด (Re) และพื้นที่นาดินเค็ม ชุดดินร้อยเอ็ดที่เป็นดินเค็ม (Re saline phase) ซึ่งเป็นตัวแทนของดินนาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทั้งนี้มีวิธีการปลูกข้าวแบบนาดำ (T) และแบบนาหว่านนํ้าตาม (B) ซึ่งเกษตรกรปลูกข้าวเหนียว (กข6 และ กข10) และข้าวเจ้า (ขาวดอกมะลิ 105 และชัยนาท1) ในพื้นที่นาชลประทานที่ควบคุมน้ำได้และที่อาศัยน้ำฝน จำนวนแปลงศึกษาทั้งหมด 38 แปลง แสดงไว้ในคอลัมน์ซ้ายของ Table 1 (พัชร และอรรคเดช, 2545; Seanjan et al., 2002) อีกทั้งยังได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาการปล่อยก๊าซ CH_4 กับการใช้วัสดุอินทรีย์ในพื้นที่ที่มีคราบเกลือและนอกคราบเกลือที่อาศัยน้ำฝน (Supparattanapan et al., 2009) การทดลองการจัดการน้ำและปุ๋ยเคมีในนาดำและนาหว่านในพื้นที่นาชลประทานเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซ CH_4 (พัชร และคณะ, 2547; พัทธ และสิริธร, 2549) และนอกจากนั้นยังได้ทำการทดลองในกระถางที่ปลูกข้าวเพื่อศึกษาการลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CH_4 ด้วยปุ๋ยซัลเฟต (Ro et al., 2011)

การดำเนินงานของแปลงสำรวจใน Table 1 และของงานทดลองเพิ่มเติมได้ทำการเก็บตัวอย่างก๊าซทุกสัปดาห์ด้วยวิธี close chamber เก็บตัวอย่างก๊าซในตอนเช้า 9.00-11.00 น. โดยใช้ syringe ปริมาตร 1 มล. เก็บที่ 0, 5, 10, 15 และ 20 นาที วัดความเข้มข้นก๊าซ CH_4 ด้วยเครื่อง gas chromatograph ที่ติดตั้งด้วย flame ionization detector คำนวณหาอัตราการปล่อย

ก๊าซ CH_4 (methane emission rate) และปริมาณการปล่อยก๊าซ CH_4 ทั้งหมดตลอดฤดูปลูก (total methane emission, TME) (Minamigawa et al., 2007) ในส่วนของข้อมูลการปฏิบัติจัดการนาข้าวได้ทำการบันทึกร่วมกับเกษตรกรทุกสัปดาห์ กำชับให้มีการจัดการแปลงนาอย่างดี สิ้นฤดูปลูกทำการวัดผลผลิตข้าว และหาปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากก๊าซ CH_4 ที่ปล่อยจากการผลิตข้าว 1 กก. (CH_4 -C footprint per kg grain, MFPG) ทำการหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างผลผลิตข้าวของนาดำ (นาหว่าน) กับ TME และระหว่างผลผลิตข้าวของนาดำ (นาหว่าน) กับ MFPG และนอกจากนั้นยังหาค่า r ระหว่างผลผลิตข้าวของพันธุ์ข้าวต่างๆ กับปริมาณ TME และกับ MFPG โดยใช้โปรแกรม Statistix 8.0 (version 8, Statistix for Window, USA)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของก๊าซ CH_4 กับชนิดดิน วิธีการปลูกข้าว และพันธุ์ข้าว

ผลการติดตามวัดผลผลิตข้าวและวัดปริมาณการปล่อยก๊าซ CH_4 ทั้งหมด (TME) ของ 5 ฤดูปลูก (Table 1) ได้ค่าดัชนีคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากก๊าซ CH_4 ที่ปล่อยจากการผลิตข้าว 1 กก. (methane carbon footprint/1 kg grain, MFPG) พบว่าในดินราชบุรี (Rb) การผลิตข้าว 1 กก. นั้น ได้ปล่อยก๊าซ CH_4 (ค่าเฉลี่ยต่ำสุด 26.15 และสูงสุด 43.64 กรัม CH_4 -C /ข้าว 1 กก.) ซึ่งต่ำกว่าของดินร้อยเอ็ด (Re) (ค่าเฉลี่ยต่ำสุด 53.96 และสูงสุด 98.80 กรัม CH_4 -C /ข้าว 1 กก.) ส่วนในดินเค็มพบว่า ปล่อยก๊าซ CH_4 เฉลี่ย 55.05 กรัม CH_4 -C /ข้าว 1 กก. จะเห็นว่านาดินเหนียวปล่อย MFPG น้อยกว่าของนาดินร่วนทรายและนาดินเค็ม

ข้อมูลจาก 5 ฤดูปลูกเมื่อศึกษาวิธีการปลูกข้าวโดยวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตข้าว (GY) ของนาดำกับปริมาณ (MFPG) ให้ค่า r เท่ากับ -0.190 (n=20) และในนาหว่านให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ -0.762 (n=14) นั่นคือ นาหว่านมีแนวโน้มให้ผลผลิต

ข้าวสูงขึ้นในขณะที่ปล่อย CH_4 -C พุ่พรีนที่ต่อหน่วย ผลผลิตข้าวต่ำกว่าของนาดำ แต่ทั้งนี้เกษตรกรต้องจัดการนาข้าวให้ปลอดวัชพืช โรค และแมลง

เมื่อศึกษาเกี่ยวกับพันธุ์ข้าวของข้อมูล 5 ฤดูปลูก (ค.ศ. 1999-2001) พบว่า ผลผลิตข้าว (GY) ของพันธุ์ต่างๆ กับปริมาณการปล่อยก๊าซ CH_4 ทั้งหมดตลอดฤดูปลูก (MFPG) ให้ความสัมพันธ์ส่วนใหญ่เป็นลบคือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -0.917 (n=8), -0.627 (n=8), -0.313 (n=9) และ -0.219 (n=9) ในพันธุ์ข้าว ชัยนาท1, กข10, ขาวดอกมะลิ105 และ กข6 ตามลำดับ (ไม่ได้แสดงผลข้อมูล) ข้าวเจ้าชัยนาท1 และข้าวเหนียว กข10 มีแนวโน้มให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นและปริมาณการปล่อยก๊าซ CH_4 ทั้งหมดตลอดฤดูปลูกลดลง มัชฌิมา (2553) รายงานว่า อัตราการปล่อยก๊าซ CH_4 จากต้นข้าวมีความสัมพันธ์โดยตรงกับลักษณะสัณฐานของพันธุ์ข้าว ได้แก่ ปริมาตรช่องว่างของ clum น้ำหนักแห้งของลำต้น และจำนวนหน่อ/กอ โดยตรง อย่างไรก็ตาม เส้นผ่าศูนย์กลางมีผลต่ออัตราการปล่อยก๊าซ CH_4 น้อย ส่วนความสูงของลำต้นมีความสัมพันธ์กับอัตราการปล่อยก๊าซ CH_4 ในเชิงลบ

ผลการทดลองในปี พ.ศ. 2549 (ค.ศ. 2006) ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับการลดก๊าซ CH_4 ในนาดำและนาหว่านน้ำตมที่มีการจัดการปุ๋ยภายใต้สภาพน้ำขังสลับกับดินแห้ง และพบว่าอัตราการปล่อยก๊าซ CH_4 ลดลงอย่างชัดเจนในช่วงที่ผิวดินแห้งนาน 3-5 วัน การปล่อยให้น้ำแห้งโดยการคายระเหย (evapotranspiration) จนผิวดินแห้ง (แต่ความชื้นในดินไม่ต่ำกว่าความจุความชื้นสนาม) แล้วทำการขังน้ำอีกให้ท่วม 5-7 ซม. ต่อด้วยทิ้งให้ดินแห้งโดยการคายระเหยอีก สามารถทำสลับกันเช่นนี้ได้ 2-3 ครั้งจะส่งผลให้น้ำในดินลง 26-31% เมื่อเทียบกับของนาข้าวน้ำขังตลอดฤดูปลูก และปริมาณการปล่อยก๊าซ CH_4 ทั้งหมดตลอดฤดูปลูกลดลงอย่างชัดเจน การที่ดินมีความชื้นลดลงจะทำให้อยู่ในสภาพมีอากาศถ่ายเท ซึ่งเป็นสภาพที่ไม่เหมาะสมต่อกระบวนการสร้างก๊าซ CH_4 (methanogenesis) และปริมาณการใช้ทรัพยากรน้ำในนาลดลง (พัชรี และคณะ, 2549) นอกจากนั้นผู้วิจัยยังได้ศึกษาในนาดำที่

รองพื้นด้วยปุ๋ยมูลไก่อัดเม็ด 105 กก./ไร่ แล้วแต่งหน้าด้วยแอมโมเนียมซัลเฟต 30 กก./ไร่ สามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซ CH_4 ทั้งหมดตลอดฤดูปลูกได้ถึง 73% และเพิ่มผลผลิตข้าว 15% เมื่อเทียบกับที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยแต่งหน้า ในขณะเดียวกันการแต่งด้วยยูเรีย 15 กก./ไร่ ให้กับนาดำสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซ CH_4 ทั้งหมดตลอดฤดูปลูกได้ถึง 69% และเพิ่มผลผลิตข้าว 17% ส่วนในนาหว่านน้ำตมที่ได้รับปุ๋ยแต่งหน้าด้วยแอมโมเนียมซัลเฟต หรือยูเรียสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซ CH_4 ทั้งหมดตลอดฤดูปลูกได้ถึง 23-56% และให้ผลผลิตสูงขึ้น 31-48% เมื่อเทียบกับการไม่แต่งหน้า (พัชรี และคณะ, 2549) การทดลองนี้ยังพบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซ CH_4 ทั้งหมดตลอดฤดูปลูกในนาดำและนาหว่านน้ำตมมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำในนาตอนช่วงสูง (r = 0.83, n = 6 และ 0.86, n = 6 ตามลำดับ) และกับจำนวนวันขังน้ำสะสมตอนช่วงสูงเช่นกัน (r = 0.94, n = 6 และ 0.89, n = 6 ตามลำดับ) นั่นคือ ดินนาในสภาพอิ่มตัวเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญอย่างยิ่งในกระบวนการเกิดก๊าซ CH_4 นอกจากนี้ยังพบว่า ในนาดำความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ TME กับ GY เป็นไปในทางบวกแต่ไม่ชัดเจน (r = 0.16, n = 6) ส่วนในนาหว่านน้ำตมความสัมพันธ์เป็นไปในทางลบแต่ชัดเจนกว่า (r = -0.65, n = 6) แสดงให้เห็นว่าการผลิตข้าวโดยใช้วิธีหว่านน้ำตมสามารถให้ผลผลิตข้าวสูงได้และช่วยลดการปล่อยก๊าซ CH_4 โดยในนาหว่านน้ำตมปริมาณน้ำในดินนาและผลผลิตข้าวมีความสัมพันธ์กันในทางลบ (r = -0.77, n = 6) นั่นคือนาหว่านน้ำตมนอกจากจะช่วยลดก๊าซ CH_4 แล้วยังคงไว้ซึ่งผลผลิตสูงและขณะเดียวกันประหยัดน้ำในการผลิตข้าวได้ (พัชรี และคณะ, 2549) และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Saenjan et al. (2001) ข้างต้น

การศึกษากการเพิ่มผลผลิตข้าวและผลตอบแทนการลงทุนในนาหว่านน้ำตมภายใต้การจัดการน้ำและการแต่งหน้าด้วยปุ๋ยเคมีเพื่อลดก๊าซ CH_4 พบว่า การขังน้ำตลอดฤดูปลูกและการปล่อยให้น้ำในนาคายระเหยจนน้ำแห้งบางช่วงให้ผลผลิตข้าวไม่แตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มว่าดินที่ปล่อยให้น้ำแห้งบางช่วงให้ผลผลิตข้าว

สูงกว่า ในขณะที่เดียวกันดินที่ปล่อยให้น้ำแห้งบางช่วง มีปริมาณการปล่อยก๊าซ CH_4 ต่ำกว่าดินที่ขังน้ำตลอดฤดูปลูกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (พัชร และคณะ 2547) ในขณะที่การแต่งหน้าด้วยปุ๋ยไนโตรเจนต่างชนิดกันมีผลทำให้ทั้งผลผลิตข้าวและปริมาณการปล่อย CH_4 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยการแต่งหน้าด้วยปุ๋ยยูเรีย 14 กก./ไร่ ให้ผลผลิตข้าวสูงสุด 912 กก./ไร่ รองลงมาคือ การแต่งหน้าด้วยแอมโมเนียมซัลเฟต 30 กก./ไร่ ให้ผลผลิตข้าว 874 กก./ไร่ แต่การแต่งหน้าด้วยแอมโมเนียมซัลเฟต 30 กก./ไร่ ทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซ CH_4 ทั้งหมดตลอดฤดูปลูกและปริมาณก๊าซ CH_4 ต่อผลผลิตข้าว 1 กก.ต่ำกว่าการแต่งหน้าด้วยปุ๋ยยูเรีย 14 กก./ไร่ อย่างไรก็ตาม การแต่งหน้าด้วยปุ๋ยยูเรีย 15 กก./ไร่ ให้ผลตอบแทนการลงทุน 2.11 (รายได้/เงินทุน) รองลงมาคือ การแต่งหน้าด้วยปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต 30 กก./ไร่ ให้ผลตอบแทนการลงทุน 1.98 จะเห็นว่าการใส่ปุ๋ยรองพื้น 16-16-8 อัตรา 20 กก./ไร่ แล้วแต่งหน้าด้วยปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต 30 กก./ไร่ หรือปุ๋ยยูเรีย 15 กก./ไร่ ร่วมกับการจัดการน้ำในนาโดยปล่อยให้เกิดการคายระเหยจนน้ำแห้งบางช่วงจะสามารถให้ผลผลิตข้าวและผลตอบแทนสูงและมีการปล่อยก๊าซ CH_4 ต่ำ (พัชร และคณะ, 2547)

ผลจากการทดลองวัดผลผลิตข้าวในพื้นที่ที่มีคราบเกลือ (salt patch) พบว่า ได้ผลผลิตข้าวต่ำมาก 77-96 กก./ไร่ ในขณะที่ในพื้นที่นอกคราบเกลือที่อยู่ติดกันที่ได้รับฟางข้าวและมูลวัวให้ผลผลิตข้าวอยู่ในช่วง 399-479 กก./ไร่ แต่ปล่อยก๊าซ CH_4 เพิ่มขึ้น 153-161% เมื่อเทียบกับในพื้นที่ที่มีคราบเกลือ (Supparattanapan et al., 2009) การที่ดินได้รับฟางข้าวหรือมูลวัวทำให้ปล่อยก๊าซ CH_4 จากนาข้าวดินเค็มมากขึ้น ส่วนการทดลองในกระถางพบว่าการใส่ปุ๋ย ammonium phosphate (16-20-0, 42% SO_4) ซึ่งมีซัลเฟตเป็นองค์ประกอบด้วยนั้น สามารถลดการผลิตและปริมาณการปล่อยก๊าซ CH_4 ในดินนา (Ro et al., 2011) และขณะ

เดียวกันช่วยรักษาสภาพผลผลิตข้าวเนื่องจาก SO_4^{2-} เป็นสารอาหารที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของข้าว การจัดการวัสดุอินทรีย์ ปุ๋ยเคมี และน้ำในนาอย่างผสมผสานและมีประสิทธิภาพจะช่วยลดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของก๊าซ CH_4 ในดินนาและขณะเดียวกันช่วยเพิ่มผลผลิตข้าว

แนวทางการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากก๊าซ CH_4 ในนาข้าว

แนวทางการลดปริมาณการปล่อยก๊าซ CH_4 จากนาข้าวและเพิ่มผลผลิตข้าว (Table 2) นั้น ผู้วิจัยได้แสดงตัวอย่างไว้โดยให้คำนึงถึงการไถกลบฟางข้าว ต่อซึ่ง วัชพืช วัสดุอินทรีย์ หรือใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตราประมาณ 1 ตัน/ไร่ ลงดิน โดยไถกลบในสภาพความจุความชื้นสนามทิ้งไว้อย่างน้อย 2 สัปดาห์ก่อนการเตรียมดิน แนะนำให้ทำนาหว่านในพื้นที่ชลประทานเพราะสามารถควบคุมน้ำได้และใช้น้ำน้อยกว่านาดำ (นาหว่านมีจำนวนวันที่ขังน้ำน้อยกว่านาดำ ลดปริมาณการปล่อยก๊าซ CH_4 ได้มากกว่านาดำ) ใส่ปุ๋ยรองพื้น (Table 3) สูตร 16-20-0 หรือ 16-16-8 ให้กับดินเหนียว และ 16-16-8 ให้กับดินร่วนในอัตรา 15-20 กก./ไร่ เมื่อต้นกล้าอายุ 15-20 วันหลังหว่านหรือ 7 วันหลังปักดำ แล้วแต่งหน้าในช่วงข้าวแตกกอถึงก่อนข้าวตั้งท้องด้วยปุ๋ยยูเรีย หรือปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตในอัตรา 30 กก./ไร่ การแต่งหน้าควรแบ่งใส่เมื่อมีน้ำขัง เริ่มจากระยะข้าวตั้งตัวควรดูแลให้ต้นข้าวใช้น้ำขังให้หมดจนผิวดินแห้ง 2-3 วัน สำหรับดินเหนียวหรือ 4-5 วัน สำหรับดินร่วนแล้วจึงรดน้ำเข้านาให้ท่วมประมาณ 5-7 ซม. โดยที่ประเด็นของการจัดการน้ำดูแลให้ดินชุ่มและข้าวไม่ขาดน้ำในช่วงข้าวตั้งท้องถึงข้าวออกดอกเป็นสำคัญ ปล่อยให้น้ำแห้งช่วง 10 วันก่อนเก็บเกี่ยวสำหรับดินเหนียว หรือ 7 วันก่อนเก็บเกี่ยวสำหรับดินร่วน ดูแลนาข้าวให้ปลอดวัชพืชและศัตรูพืชจะทำให้ได้ผลผลิตข้าวสูงและลดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของก๊าซ CH_4 ลงได้

Table 1 Rice yield and CH₄-C footprint per kg grain (MFPG)

No ^{1/}	Soil-cultivation practices	Rice grain yield (GY) (kg/rai)	Total CH ₄ emission (TME) (g CH ₄ /rai)	CH ₄ emission per kg grain (MPG) (g CH ₄ /kg/grain)	CH ₄ -C footprint per kg grain (MFPG) (g CH ₄ -C kg/grain)
Irrigated major rice, 1999					
1	Rb T RD6	683	14,928	21.85	16.39
2	Rb T KDML105	602	10,768	17.88	29.80
3	Rb B RD6	531	12,688	23.89	17.92
4	Rb B KDML105	476	26,848	56.40	30.03 av ^{4/}
5	Re T RD6	625	139,168	222.66	167.00
6	Re T KDML105	733	58,736	80.13	60.10
7	Re B RD6	365	57,040	156.27	117.20
8	Re B KDML105	579	39,280	67.84	131.73 av
Irrigated second rice, 2000					
9	Rb T RD10	387	46,688	120.64	90.48
10	Rb T CNT 1	474	19,450	41.03	30.77
11	Rb B RD10	604	35,616	58.97	44.23
12	Rb B CNT 1	819	9,920	12.11	58.19 av
13	Re T RD10	365	33,024	90.47	67.85
14	Re T CNT 1	526	32,272	61.35	46.01
15	Re B RD10	442	38,944	88.10	66.08
16	Re B CNT 1	642	30,736	47.87	71.95 av
Rainfed rice, 2000					
17	Rb T RD6	ND	14,336	ND	ND
18	Rb T KDML 105	ND	21,728	ND	ND
19	Rb B RD6	ND	16,352	ND	ND
20	Rb B KDML 105	ND	23,552	ND	ND
21	Re T RD6	461	52,560	114.01	85.51
22	Re T KDML 105	532	47,584	89.44	67.08
23	Re B RD6	329	43,360	131.79	98.84
24	Re B KDML 105	484	67,104	138.64	118.47av
Irrigated second rice, 2001					
25	Rb T RD10	522	14,939	26.61	19.96
26	Rb T CNT 1	605	25,121	41.52	31.14
27	Rb B RD10	365	17,278	47.33	35.50
28	Rb B CNT 1	670	16,403	24.48	34.99 av
29	Re T RD10	332	29,598	89.15	66.86
30	Re T CNT 1	319	29,832	93.51	70.13
31	Re B RD10	293	36,257	123.74	92.81
32	Re B CNT 1	280	36,486	130.30	109.18 av
Rainfed rice, 2001^{2/}					
33	Re (saline) T RD6	432	30,374	70.31	52.73
34	Re (saline) T KDML 105	499	33,270	66.67	50.00
35	Re (saline) T RD6	520	51,788	99.59	74.69
36	Re (saline) T KDML105	577	32,902	57.02	73.40 av
37	Re T RD6	371	41,880	112.88	84.66
38	Re T KDML 105	443	42,248	95.36	104.12av

^{1/} n=3; Plot no.1-4 were conducted at Ban Don Do, no.5-8 at Ban Kok Sai, no.9-12 at Ban Don Do, no.13-16 at Ban Nong Ka, no.17-20 at Ban Nong Pho, no.21-24 at Ban Nong Nam Giang, no.25-28 at Ban Song Puay, no.29-32 at Ban Nong Ka, no.33-36 at Ban Toom, no.37-38 at Ban Nong Nam Giang.

^{2/} Rainfed rice in 2001 was conducted in Roiet soil (saline phase) for plot no. 33-36, except for plot no. 37-38 were in typical Roiet soil (non-saline).

^{3/} Re represents Roiet soil series; Rb, Rachaburi soil series; T, transplanting; B, broadcasting; RD6, KDML 105, RD10, and CNT 1 represents Rice Department6, Khodokmali 105, Rice Department10, and Chainat 1, respectively.

^{4/} av means average.

Table 2 Model for soil-water-fertilizer management to sustain rice yield and reduce methane footprint from paddy field

Growth stage	Irrigated paddy Heavy soil	Rainfed paddy Loam	Growth stage	Irrigated paddy Heavy soil
Prior planting	Soil preparation after >2 weeks of organic material incorporation	Soil preparation after >2 weeks of organic material incorporation	Soil preparation after >2 weeks of organic material incorporation	Soil preparation after >2 weeks of organic material incorporation
Planting ↓	Sowing	Sowing	Transplanting	Transplanting
Establishing	Basal fertilizer at 15-20 DAS	Basal fertilizer at 15-20 DAS	Basal fertilizer at 5-7 DAT	Basal fertilizer at 5-7 DAT
Tillering	Evapotranspiration, 2-3 day surface cracks, flooding, split top dressings	Evapotranspiration, 4-5 day surface cracks, flooding, split top dressings	Confine rain water, split top dressings	Confine rain water, split top dressings
Booting ↓	Flooding	Flooding	Flooding	Flooding
Harvest	Harvest after 10 day drain	Harvest after 7 day drain	Harvest after 7 day drain	Harvest after 7 day drain

DAS = days after sowing, DAT = days after transplanting

Table 3 Application of organic and chemical fertilizer to sustain rice yield and reduce methane footprint

Soil	Organic material incorporation ^{1/}	Cultivation method	Basal fertilizer ^{2/}	Top dressing fertilizer
Clay	Rice straw, stubble, weeds, manure, etc. 500-1000 kg/rai	Sowing or transplanting	^{3/} 16-20-0, 16-16-8, 15-20 kg/rai	Urea 15 kg/rai, ^{4/} AS 30 kg/rai
Loam	Rice straw, stubble, weeds, manure, etc. 500-1000 kg/rai	Sowing or transplanting	16-16-8, 15-20 kg/rai	Urea 15 kg/rai, ^{4/} AS 30 kg/rai
Saline	Rice straw, stubble, cow manure 500-1000 kg/rai	transplanting	16-16-8, 15-20 kg/rai	Urea 15 kg/rai, ^{4/} AS 30 kg/rai

^{1/} Incorporation of organic material at a rate of 1 t/rai as recommended by Department of Agriculture under field capacity >2 weeks prior to wet soil preparation^{2/} Basal fertilizer application done 15-20 days after sowing or 7 days after transplanting under 5-10 cm submergence^{3/} 16-20-0 = ammonium phosphate (42% sulfate)^{4/} AS = ammonium sulfate, split application of top dressing AS suggested done during rice tillering and booting, under 5-10 cm submergence

สรุปและข้อเสนอแนะ

นาดินเหนียวปล่อย CH_4 -C พืชพันธุ์ที่ต่อหน่วยผลผลิตข้าว (MFPG) น้อยกว่าของนาดินร่วนทรายและนาดินเค็ม นาหว่านมีแนวโน้มให้ผลผลิตข้าวสูงขึ้นในขณะที่ปล่อย MFPG ต่ำกว่าของนาดำ แต่ทั้งนี้ต้องจัดการนาข้าวให้ปลอดวัชพืช และศัตรูพืช การใส่วัสดุอินทรีย์ให้กับดินนาปกติและดินนาเค็มสามารถเพิ่มผลผลิตข้าว แต่ปริมาณการปล่อย TME มากขึ้น ในนาดำและนาหว่านที่จัดการให้น้ำขังสลับกับดินแห้งนั้น ปริมาณการปล่อย TME ลดลงอย่างชัดเจน การที่ดินมีความชื้นลดลงแต่สูงกว่าความจุความชื้นสนาม ทำให้ดินอยู่ในสภาพมีอากาศถ่ายเท ซึ่งไม่เหมาะสมต่อกระบวนการสร้างก๊าซ CH_4 (methanogenesis) ประหยัดทรัพยากรน้ำในนา แต่ไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิต การใส่ปุ๋ยรองพื้น 16-16-8 อัตรา 20 กก./ไร่ แล้วแต่งหน้าด้วยปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต 30 กก./ไร่ หรือปุ๋ยยูเรีย 15 กก./ไร่ ร่วมกับการจัดการน้ำในนาโดยปล่อยให้เกิดการคายระเหยจนน้ำแห้งบางช่วงจะสามารถให้ผลผลิตข้าวสูงและมีการปล่อยก๊าซ CH_4 ต่ำ

ทั้งนี้รัฐบาลไทยควรมีนโยบายการผลิตข้าวอย่างเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (CH_4 , CO_2 และ N_2O) จากการผลิตข้าวอย่างจริงจัง และมีนโยบายให้ใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์โดยสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับข้าวที่ติดฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (carbon label) กำกับที่บรรจุภัณฑ์ ทำให้เป็นที่แพร่หลายในตลาดในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งจะเป็นการช่วยลดศักยภาพในการทำให้โลกร้อนที่กำลังก่อให้เกิดภัยพิบัติต่อมวลมนุษยชาติได้อีกทางหนึ่ง

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนวิจัยอย่างต่อเนื่อง และทุนบางส่วนจากกลุ่มวิจัยเฉพาะทาง “ดินปัญหาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ”

เอกสารอ้างอิง

- ชนะ ศรีสมภาร. 2548. การลดก๊าซมีเทนจากนาข้าวที่มีการจัดการเพื่อเพิ่มผลผลิต วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- พัชรี แสนจันทร์, มนตรี แสนวังโส และกัลยากร โปร่งจันทิก. 2549. การลดก๊าซมีเทนในนาดำและนาหว่านน้ำตามที่มีการจัดการปุ๋ยภายใต้สภาพน้ำขังสลับกับดินแห้ง ว. สงขลานครินทร์ วทท. 28(3): 655-667
- พัชรี แสนจันทร์ และ สิริธร คณทิพย์รักษ์. 2549. การจัดการปุ๋ยและน้ำเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวนาหว่านน้ำตามและลดการปล่อยก๊าซมีเทน ว. สงข. กก. วิจัย ช. 38(1): 13-32
- พัชรี แสนจันทร์, วุฒิชัย จันทรมสมบัติ และชนะ ศรีสมภาร. 2547. การเพิ่มผลผลิตข้าวนาหว่านน้ำตามภายใต้การจัดการน้ำและปุ๋ยเคมีเพื่อลดก๊าซมีเทน และเปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ ว. สงขลานครินทร์ วทท. 26(6): 795-806
- พัชรี แสนจันทร์ และ อรรคเดช ศรีบุตตะ. 2545. การปลดปล่อยมีเทนจากนาข้าวดินเค็มของเกษตรกรในจังหวัดขอนแก่น. วารสารดินและปุ๋ย. 24: 127-14
- มัชฌิมา เจียจันทิก. 2553. อิทธิพลของสารคัดหลั่งจากรากข้าวต่อการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในดินนาหว่าน วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 69 หน้า
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2556. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2556. ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- FAO. 2012. Available: <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>. Accessed Nov. 27, 2014.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2001. Climate Change 2001. In: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Eds JT Houghton, Y Ding, DJ Griggs et al., Cambridge University Press.
- Ro, S., P. Seanjan, T. Tulaphituk, and K. Inubushi. 2011. Sulfate content influencing methane production and emission from incubated soil and rice-planted soil in Northeast Thailand. Soil Sci. Plant Nutri. 57: 833-842.
- Supparatanapan, S., P. Seanjan, C. Quantin, J.L. Maeght, and O. Grunberger. 2009. Salinity and organic amendment effects on methane emission from rain-fed saline paddy field. Soil Sci. Sci. Plant Nutri. 55: 142-149.
- Saenjan, P., D. Tulaphituk, T. Tulaphituk, S. Tangchupong, and S. Jearakongman. 2002. Methane emission from Thai farmers' paddy fields as a basis for appropriate mitigation technologies. 17th World Congress of Soil Science. Paper no. 273, Page 1-11. 14-21 August 2002, Thailand.