

การลดก๊าซมีเทนในนาดำและนาหว่านน้ำตมที่มีการจัดการปุ๋ย ภายใต้สภาพน้ำขังสลับกับดินแห้ง

พัชรี แสนจันทร์¹ มนตรี แสนวังสี² และ กัลยกร โปร่งจันทัก³

Abstract

Saenjan, P., Sanwangsi, M. and Prongjunteak, K.

Methane mitigation in transplanting and direct-wet seeding rice fields treated with fertilizers under condition of alternately flooding and soil aerating

Songklanakarin J. Sci. Technol., 2006, 28(3) : 655-667

Rice is main staple crop of the world. Growing rice in flooded water entails methane (CH₄) emission. CH₄ is one of greenhouse gases contributing to global warming. The experiment aimed to clarify the influence of fertilizer and water management on total methane emission (TME), methane mitigation and rice yields (RY). The experimental design was a split - split plot with 3 replications taking 2 cultivation in main plots, transplanting (TP) rice and direct-wet seeding (DWS) rice fields; 2 basal fertilizers, 16-16-8, 20 kg/rai and chicken manure pallet (CMP), 105 kg/rai in sub plots; and 3 top dressing fertilizers 1) none, 2) urea (46% N), 15 kg/rai and 3) ammonium sulfate (AS, 21% N), 30 kg/rai in sub-sub plots. It also examined relationship between quantity of paddy-soil water, TME and RY of both cultivations. Methane emission rate (MER) occurred during the whole growth period and was characterized by 2 large peaks: one from after transplanting or broadcasting to maximum tillering stage and the other from flowering to yellow ripening stage. Rapid declines of MER were dictated by soil aeration recognized as 3-5 days cracks. In TP rice plot based

Department of Land Resources and Environment, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Muang, Khon Kaen, 40002 Thailand.

¹D.Agr.(Soil Science) รองศาสตราจารย์ ²นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม ³นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาปฐพีศาสตร์ ภาควิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

Corresponding e-mail: patsae1@kku.ac.th

รับต้นฉบับ 16 มิถุนายน 2548

รับลงพิมพ์ 9 ตุลาคม 2548

with CMP, 105 kg/rai, topped with AS, 30 kg/rai, TME decreased to 73.0% and RY increased to 14.7% over that of untreated plots with top dressing fertilizer, while in that topped with urea, 15 kg/rai, TME decreased to 68.9% and RY increased to 16.9%. In all of DWS rice plots which were topped with AS or urea, declines of TME ranged from 27.3 to 56.4% and increase of RY ranged from 31.3 to 47.9% over those without top dressing. In both TP and DWS plots, TMEs were closely correlated with the quantity of paddy-soil water ($r = 0.83$ and 0.86 , respectively) and with submergence days ($r = 0.94$ and 0.89 , respectively). Hence, saturated condition in paddy soil is a primary factor for methanogenesis. Moreover, for TP rice, the relationship between TME and RY was weakly positive ($r = 0.16$), whereas that for DWS rice was obviously negative ($r = -0.65$). DWS rice cultivation could provide high RY and mitigated methane emission. In addition to this, the quantity of paddy-soil water was negatively related with RY ($r = -0.077$), indicating that DWS cultivation was able to mitigate methane emission, produce high RY and reduce water use.

Key words : methane, rice yield, fertilizer, soil aeration

บทคัดย่อ

พัชรี แสนจันทร์ มนตรี แสนวงศ์ และ กัญญกร โปร่งจันทิก

การลดก๊าซมีเทนในนาดำและนาหว่านน้ำตมที่มีการจัดการปุ๋ยภายใต้สภาพน้ำขัง
สลัดกับดินแห้ง

ว. สงขลานครินทร์ วทท. 2549 28(3) : 655-667

ข้าวเป็นพืชอาหารหลักที่สำคัญของโลก แต่เมื่อปลูกข้าวในสภาพน้ำขังทำให้มีการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) ออกมา CH_4 เป็นก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gas) ชนิดหนึ่งที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (global warming) จึงทำการทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของการจัดการปุ๋ยและน้ำต่อปริมาณการปล่อย CH_4 ตลอดฤดูปลูก (total methane emission, TME) และผลผลิตข้าว (rice yield, RY) โดยวางแผนการทดลองแบบ split - split plot มี main plot คือ การปลูกข้าวโดยวิธีปักดำและนาหว่านน้ำตม มี sub plot คือ ปุ๋ยรองพื้น 2 ตำรับ คือ ปุ๋ยสูตร 16-16-8 อัตรา 20 กก./ไร่ และปุ๋ยมูลไก่อัดเม็ด (CMP) อัตรา 105 กก./ไร่ และมี sub-sub plot คือ ปุ๋ยแต่งหน้า 3 ตำรับ ได้แก่ 1) ไม่ใส่ปุ๋ยแต่งหน้า, 2) แต่งหน้าด้วยปุ๋ยยูเรีย (46% N) อัตรา 15 กก./ไร่ และ 3) แต่งหน้าด้วยปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (AS, 21% N) อัตรา 30 กก./ไร่ โดยแต่ละตำรับทำ 3 ซ้ำ ผลการทดลองพบว่า การจัดการปุ๋ยและน้ำในนาดำ และนาหว่านน้ำตมมีอัตราการปล่อย CH_4 (methane emission rate, MER) ก่อนข้างสูง 2 ช่วง คือ ระยะเวลาหลังปักดำหรือหลังหว่านถึงระยะแตกกอสูงสุด และระยะออกดอกถึงระยะปล้นปล้าง และพบว่า MER ลดต่ำลงอย่างชัดเจนในช่วงที่ดินแห้งแตกระแหงนาน 3-5 วัน การจัดการให้น้ำขังสลัดกับดินแห้งสามารถลดปริมาณน้ำในดินนาลง 26.2-31.1% เมื่อเทียบกับนาขังตลอดฤดู ในนาดำที่รองพื้นด้วยปุ๋ยมูลไก่อัดเม็ดอัตรา 105 กก./ไร่ แล้วแต่งหน้าด้วยแอมโมเนียมซัลเฟตอัตรา 30 กก./ไร่ สามารถลด TME ได้ถึง 73.0% และเพิ่ม RY 14.7% เมื่อเทียบกับที่ไม่ใส่ปุ๋ยแต่งหน้า ในขณะที่นาหว่านน้ำตมทุกตำรับที่ได้รับปุ๋ยแต่งหน้าด้วย AS หรือยูเรียสามารถลด TME ได้ 27.3-56.4% และให้ RY สูงขึ้น 31.3-47.9% เมื่อเทียบกับไม่แต่งหน้า การทดลองนี้ยังพบว่า TME จากนาดำและนาหว่านน้ำตมมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำในนา (r เท่ากับ 0.83 และ 0.86 ตามลำดับ) และจำนวนวันขังน้ำสะสม (r เท่ากับ 0.94 และ 0.89 ตามลำดับ) นั่นคือ ดินนาในสภาพอิ่มตัวเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญอย่างยิ่งในการเกิด CH_4 นอกจากนั้นยังพบว่าในนาดำความสัมพันธ์ระหว่าง TME กับ RY เป็นไปในทางบวกแต่ไม่ชัดเจน (r เท่ากับ 0.16) ส่วนในนาหว่านน้ำตมความสัมพันธ์เป็นไปในทางลบแต่ชัดเจนกว่า (r เท่ากับ -0.65) แสดงให้เห็นว่าการผลิตข้าวโดยวิธีหว่านน้ำตมสามารถให้ RY สูงได้และช่วยลดการปล่อย CH_4 โดยในนาหว่านน้ำตมปริมาณน้ำในดินนาและ RY มีความสัมพันธ์กันในทางลบ (r เท่ากับ -0.77) นั่นคือนาหว่านน้ำตมนอกจากจะลด CH_4 ดังกล่าวแล้วยังคงไว้ซึ่ง RY สูง และขณะเดียวกันประหยัดน้ำในการผลิตข้าวได้

ข้าวเป็นพืชอาหารหลักที่มีความสำคัญต่อความมั่นคงทางอาหารของโลก แต่เมื่อปลูกข้าวในสภาพน้ำขัง จะมีการปล่อย CH_4 จากนาข้าว Jean และ Roger (2001) รายงานว่า CH_4 ถูกปล่อย 115 ล้านตัน CH_4 /ปี จากพื้นที่นาทั่วโลก CH_4 เป็นก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gas) ที่สำคัญเป็นอันดับสองรองจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และมีศักยภาพในการทำให้โลกร้อน (global warming potential, GWP) สูงกว่า CO_2 ถึง 23 เท่า (Inter-governmental Panel on Climate Change: IPCC, 2001) ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้นก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (climate change) ส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกสูงขึ้น $0.5-2^\circ\text{C}$ และส่งผลกระทบต่อโดยตรงต่อมนุษย์และระบบนิเวศของโลก (สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, 2544)

สถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (International Rice Research Institute; IRRI, 1996) ได้ประเมินความต้องการข้าวของประชากรโลกจาก 460 ล้านตัน/ปี ขึ้นเป็น 760 ล้านตัน/ปี ในปีค.ศ. 2020 หรือเพิ่มขึ้นประมาณ 65% ในอีก 24 ปีข้างหน้า นั้นหมายความว่า การเพิ่มพื้นที่และจำนวนครั้งของการปลูกข้าวในแต่ละปี โดยเฉพาะในพื้นที่นาชลประทาน ย่อมหมายถึงการเพิ่มปริมาณการปลดปล่อย CH_4 ด้วยเช่นกัน ประเทศไทยผลิตข้าวเป็นอันดับ 8 และส่งออกเป็นอันดับ 1 ของโลก (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2545) และได้ลงนามในอนุสัญญาสหประชาชาติ ว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (The United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) (สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม, 2543) ดังนั้นสิ่งจำเป็นในอนาคตอันใกล้นี้ คือ แนวทางในการลด CH_4 จากนาข้าว โดยยังคงไว้ซึ่งผลผลิตข้าว

นักวิจัยหลายท่านได้รายงานคล้ายกันว่า การลดการปล่อย CH_4 จากนาข้าวสามารถทำได้โดยการลดการขังน้ำในนา (พัชรี และคณะ, 2547; พัทรี และอรรรคเดช, 2545; Yang and Chang, 1998) ในนาชลประทานที่มีการปล่อยให้เกิดการคายระเหยจนดินแห้ง (soil aeration) 2 ช่วง ช่วยลดการปล่อย CH_4 ตลอดฤดูปลูก 57.8% และเมื่อลดจำนวนวันที่ขังน้ำจาก 92 วันเป็น 70 วัน สามารถลดการปล่อย CH_4 ตลอดฤดูได้ถึง 58.4% (พัชรี และคณะ, 2545)

Saenjan *et al.* (2002) เสนอให้มีการจัดการน้ำโดยปล่อยให้ดินแห้งเป็นบางช่วงโดยการคายระเหยร่วมกับการจัดการปุ๋ยที่เหมาะสม สามารถเพิ่มผลผลิตและลดการปลดปล่อยก๊าซมีเทนได้ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยต่อปริมาณการปล่อย CH_4 ตลอดฤดูปลูก การลด CH_4 จากนาและผลผลิตข้าวในนาดำและนาหว่านน้ำตมที่ปลูกในสภาพน้ำขังสลับกับดินแห้ง ขณะเดียวกันหาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินต่อการปล่อย CH_4 และผลผลิตข้าวในนาดำและนาหว่านน้ำตม

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

ทำการทดลองในนาเกษตรกรในเขตชลประทานหนองหวายหมู่ที่ 9 บ้านโกทา ตำบลศิลา อำเภอเมืองจังหวัดขอนแก่น ($16^\circ 28' 09.4'' \text{N}$, $102^\circ 52' 17.0'' \text{E}$) ในฤดูนาปรัง พ.ศ. 2547 ลักษณะดินคล้ายชุดดินพิมาย (Phimai variance; กองสำรวจและจำแนกดิน, 2543) จัดอยู่ในกลุ่มดิน Tropaquepts (Soil Survey Staff, 2000) เนื้อดินเป็นดินร่วน (loam) ดินมีความจุความชื้นสนาม ($1/3$ บาร์) 28.7% โดยปริมาตร ความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวร (15 บาร์) 13.3% โดยปริมาตร ความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ 15.4% โดยปริมาตร ความเป็นกรดของดิน ($1:5$ น้ำ) 5.1 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ 8.95 กรัม/กก. ไนโตรเจนทั้งหมด 0.77 กรัม/กก. ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 4.9 มก./กก. โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม 34.50 385.0 และ 77.0 มก./กก. ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำ

ดำรับทดลอง แปลงทดลอง การปลูก และการจัดการน้ำ

วางแผนการทดลองแบบ split-split plot design โดยให้การปลูกข้าวเป็นแปลงหลัก (main plot) คือ การทำนาดำ และการทำนาหว่านน้ำตม และมีแปลงย่อย (subplot) เป็นปุ๋ยรองพื้น 2 ดำรับ คือ 1) รองพื้นด้วยปุ๋ย 16-16-8 อัตรา 20 กก./ไร่ (3.2 กก. N/ไร่ , $3.2 \text{ กก. P}_2\text{O}_5/\text{ไร่}$, $1.6 \text{ กก. K}_2\text{O/ไร่}$) และ 2) รองพื้นด้วยปุ๋ยมูลไก่อัดเม็ดอัตรา 105 กก./ไร่ (3.2 กก. N/ไร่ , $2.2 \text{ กก. P}_2\text{O}_5/\text{ไร่}$, $3.3 \text{ กก. K}_2\text{O/ไร่}$) และมีแปลงย่อย (sub-sub plot) เป็นปุ๋ยแต่งหน้า

3 ดำรับ คือ 1) ไม่ใส่ปุ๋ยแต่งหน้า, 2) แต่งหน้าด้วยปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตอัตรา 30 กก./ไร่ (6.3 กก.N/ไร่) และ 3) แต่งหน้าด้วยปุ๋ยยูเรียอัตรา 15 กก./ไร่ (6.9 กก.N/ไร่) เตรียมดินโดยไถกลบตอซังและวัชพืชในนาทิ้งไว้นาน 38 วัน แล้วขึ้นรูปแปลงนารวม 12 แปลงย่อย ซึ่งมีขนาดแปลงละ 10 x 10 เมตร ทำเทือก (puddling) สุ่มแปลงหลักให้แก่นาดำและนาหว่านน้ำตาม บักดำกล้าอายุ 34 วัน ระยะห่าง 20 x 20 ซม. (3 ต้น/จับ) ส่วนนาหว่านน้ำตามหว่านเมล็ดข้าวออกอัตรา 15 กก./ไร่ การทดลองนี้ใช้ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 บักดำและหว่านเมล็ดวันเดียวกันคือ วันที่ 24 มกราคม 2547 สุ่มดำรับปุ๋ยข้างต้นลงในแปลงนาดำและแปลงนาหว่านน้ำตาม

ทั้งการทดลองได้จัดการน้ำโดยใช้หลักประหยัดน้ำเพื่อลดการปล่อย CH_4 แต่ต้องไม่กระทบต่อผลผลิตข้าว (พัชรี และคณะ, 2547; Saenjan *et al.*, 2002) ทั้งในนาดำและนาหว่านน้ำตามได้ปล่อยให้น้ำขังคายระเหย (evapotranspire) จนดินแห้ง (ข้าวอายุ 37 วันหลังปลูก) แตกระแหงเป็นร่อง (cracks) ประมาณ 3-5 วัน ได้วัดความชื้นในดิน และพบว่าความชื้นในดินอยู่ในช่วงเกิน 60% ของความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ และต้นข้าวไม่มีอาการเหี่ยว และรดน้ำเข้าแปลงนาให้มีระดับน้ำประมาณ 5 ซม. และปล่อยให้ให้น้ำในนาคายระเหยจนดินแตกระแหงเป็นร่องอีกครั้ง แล้วจึงรดน้ำเข้านา ตลอดฤดูปลูกทำได้ 2 รอบ ท้ายที่สุดเมื่อข้าวออกดอกแล้วประมาณ 15-20 วัน จึงปล่อยน้ำในนาให้แห้ง (drain) เพื่อเก็บเกี่ยว แต่ในระยะนี้มีฝนตกทำให้น้ำในนาเกิดขังน้ำขึ้นบ้าง

การเก็บข้อมูลก๊าซ ความชื้นในดิน และผลผลิตข้าว

เก็บตัวอย่างก๊าซโดยวิธี closed chamber method (IRRI, 1996) วิเคราะห์ CH_4 ด้วยเครื่อง Gas chromatography (พัชรี และคณะ, 2547) คำนวณอัตราการปล่อย CH_4 (methane emission rate, MER) คำนวณผลรวมของปริมาณ CH_4 ที่ปล่อยตลอดฤดูปลูก (seasonal emission หรือ total methane emission, TME) โดยวิธีหาผลรวมพื้นที่ใต้กราฟข้างต้น

วัดความสูงของน้ำในนาทุกครั้งที่เก็บตัวอย่างก๊าซ และหาจำนวนวันที่มีน้ำขังสะสม ในวันที่มีผิวดินแห้งเก็บตัวอย่างดินลึก 0-5 ซม. โดยใช้ core sampler หาความ

ชื้นและความหนาแน่นรวม คำนวณความชื้นเทียบเป็นความสูงของน้ำในดินระดับรากลึก 60 ซม. คำนวณผลรวมของปริมาณน้ำในนาตลอดฤดูปลูก สุ่มเก็บตัวอย่างผลผลิตข้าว 3 ซ้ำ/ดำรับ และหาผลผลิตที่ความชื้น 14% คำนวณปริมาณการปล่อย CH_4 ต่อหน่วยผลผลิตข้าว (methane emission per unit grain, MPG) ข้อมูลทั้งหมดได้แสดงไว้ใน Table 1 และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (analysis of variance, ANOVA) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป IRRI STAT เปรียบเทียบผลการทดลองโดยวิธี DMRT และ LSD

ผลการทดลอง

1. อิทธิพลของวิธีการปลูกข้าวและการจัดการปุ๋ยต่อผลผลิตข้าว

จากผลการทดลองพบว่า การปลูกข้าวด้วยวิธีดำหรือหว่านให้ผลผลิตข้าวเปลือกเฉลี่ย 763 และ 795 กก./ไร่ และไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 1) การจัดการปุ๋ยในนาดำและนาหว่านน้ำตามที่มีการใส่ปุ๋ยรองพื้นแต่ละชนิดทั้ง 16-16-8 อัตรา 20 กก./ไร่ หรือปุ๋ยมูลไก่อัดเม็ดอัตรา 105 กก./ไร่ ไม่มีผลทำให้ผลผลิตข้าวแตกต่างกันทางสถิติ และการใส่ปุ๋ยแต่งหน้าด้วยแอมโมเนียมซัลเฟตอัตรา 30 กก./ไร่ หรือแต่งหน้าด้วยยูเรียอัตรา 15 กก./ไร่ มีผลทำให้ผลผลิตข้าวสูงกว่าการใส่ปุ๋ยรองพื้นเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นในนาดำที่รองพื้นด้วยปุ๋ยมูลไก่อัดเม็ดอัตรา 105 กก./ไร่ เท่านั้น ในการทดลองนี้ดำรับทดลองที่ให้ผลผลิตข้าวสูงสุดในนาดำคือ ดำรับที่รองพื้นด้วย 16-16-8 อัตรา 20 กก./ไร่ และแต่งหน้าด้วยแอมโมเนียมซัลเฟตอัตรา 30 กก./ไร่ ซึ่งให้ผลผลิตข้าวถึง 953 กก./ไร่ และในนาหว่านน้ำตามดำรับทดลองที่ให้ผลผลิตข้าวสูงที่สุดคือ ดำรับที่รองพื้นด้วย 16-16-8 อัตรา 20 กก./ไร่ และแต่งหน้าด้วยยูเรียอัตรา 15 กก./ไร่ ซึ่งให้ผลผลิตข้าวถึง 904 กก./ไร่

2. ปริมาณน้ำในดินของนาดำและนาหว่านน้ำตาม (Paddy-soil water content)

ลักษณะของน้ำในนาดำเริ่มขังจาก 2 วันหลังดำ ในขณะที่นาหว่านน้ำตามไม่ได้ขังน้ำในช่วงสัปดาห์แรก และหลังจากนั้นลักษณะของน้ำในนาคลายกันทุกแปลงทั้ง

Table 1. Effects of rice cultivations and fertilizer application on grain yields, total methane emission (TME) and methane emission per unit grain (MPG) obtained from second rice season, 2004.

Cultivation ¹ method	Basal ¹ fertilizer	Top ¹ fertilizer	Yield ² (kg/rai)	TME ² gCH ₄ /m ²	MPG ² gCH ₄ /kg yield	
C1 (Transplanting)	B1 (16-16-8, 20 kg rai ⁻¹)	F1	668 c	20.1 a	48.1 a	
		F2	953 a	33.4 a	56.0 a	
		F3	799 b	21.3 a	42.7 a	
		Mean	807	24.9	48.9	
	B2 (CMP, 105 kg rai ⁻¹)	F1	652 a	36.3 a	89.0 a	
		F2	748 a	9.8 b	20.9 b	
		F3	762 a	11.3 b	23.7 b	
		Mean	720	19.1	44.5	
	C1 Mean		763	22.0	46.7	
	C2 (Direct-wet seeding)	B1 (16-16-8, 20 kg rai ⁻¹)	F1	656 c	46.1 a	112.6 a
F2			861 b	20.1 c	37.4 c	
F3			904 a	33.5 b	59.3 b	
Mean			807	33.2	69.8	
B2 (CMP, 105 kg rai ⁻¹)		F1	606 c	41.6 a	109.8 a	
		F2	846 b	42.7 a	80.7 b	
		F3	896 a	29.1 b	52.0 c	
		Mean	783	37.8	80.8	
C2 Mean		795	35.5	75.3		
Diff C ³			-31.2	-13.5	-28.5	
LSD (5%)			64.3	13.7	32.8	
B1 Mean			807	29.1	59.3	
B2 Mean			751	28.4	62.7	
Diff B ⁴			55.2	0.6	-3.4	
LSD (5%)			90.9	13.7	32.8	

¹ C1 = Transplanting , C2 = Direct-wet seeding ; B1 = basal as 16-16-8, 20 kg rai⁻¹, B2 = basal as CMP, 105 kg rai⁻¹; F1 = None, F2 = Top as AS, 30 kg rai⁻¹, F3 = Top as Urea, 15 kg rai⁻¹

² For each cultivation method (C1 or C2) and for each kind of basal fertilizer (B1 or B2) the averages followed by a common letter are not significantly different at 95% by DMRT.

³ Diff C is the different between 2 rice cultivation methods (C1 mean - C2 mean), Diff C is lesser than LSD (5%), mean it is not significantly different at 95%.

⁴ Diff B is the different between 2 rice cultivation methods (B1 mean - B2 mean), Diff B is lesser than LSD (5%), mean it is not significantly different at 95%.

นาดำและนาหว่านน้ำตม (Figure 1) ทั้งนี้ในการทดลองนี้ ได้มีการจัดการใช้น้ำอย่างประหยัด ปริมาณน้ำขังในนาสูง ประมาณ 0-8 ซม. โดยมีการปล่อยให้น้ำในนาคายระเหย จนดินแห้งเป็นร่องแตกกระแหง (cracks) นาน 3-5 วัน เมื่อข้าวอายุ 37 และ 62 วันหลังปลูกทั้งในนาดำและนาหว่านน้ำตม เมื่อดินแห้งพบว่าความชื้นในดินเทียบเป็นความสูงของน้ำอยู่ในช่วง 8-15 ซม. หรือ 60-80% ของ

ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ นั่นคือตลอดฤดูปลูกข้าวทั้งการทดลองนี้ ต้นข้าวได้รับน้ำเพียงพอ เมื่อคิดปริมาณน้ำในนาทั้งหมดตลอดฤดูปลูกพบว่าอยู่ในช่วง 826-885 ลบ.เมตร/ไร่ (Table 2) ในแปลงนาดำมีการระบายน้ำออกเมื่อข้าวอายุ 90 วันหลังดำ หรือก่อนเก็บเกี่ยว 2 สัปดาห์ แต่มีฝนตกในช่วงก่อนเก็บเกี่ยวทำให้มีน้ำขัง (Figure 1) ส่งผลต่อการเก็บเกี่ยวเล็กน้อย ส่วนนาหว่านน้ำตมมีการระบาย

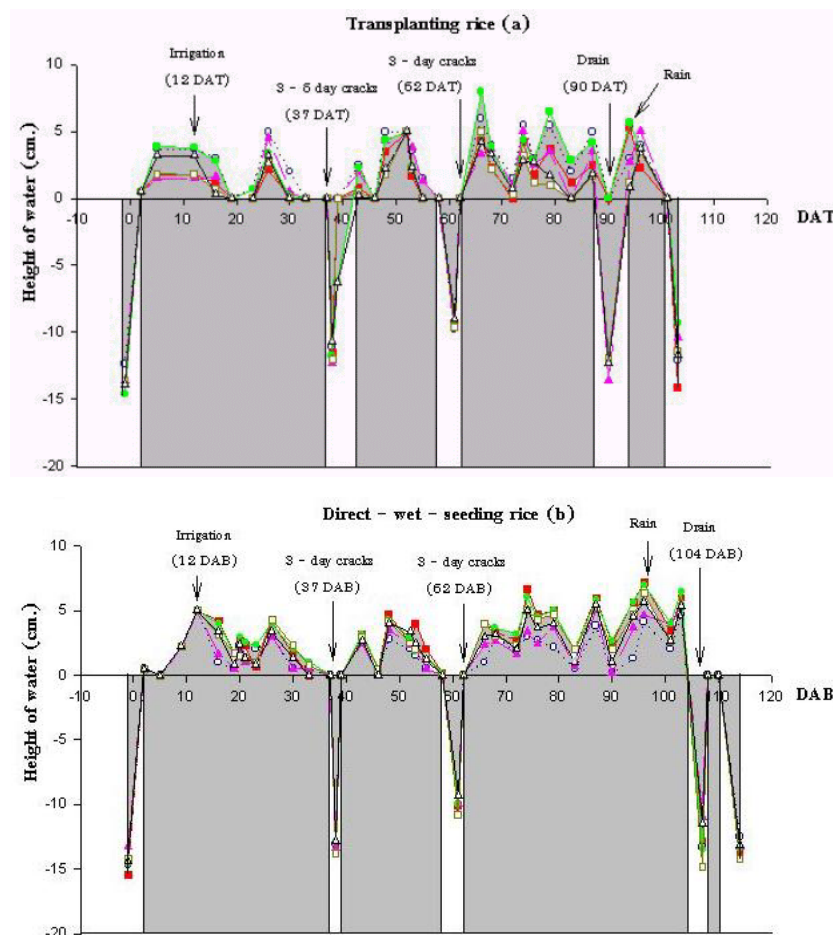


Figure 1. Change in paddy - soil water during rice cultivation, transplanting rice (a) and direct-wet-seeding rice (b). DAT = Days after transplanting, DAB = Days after broadcasting.

- F1) Basal: 16-16-8, 20 kg rai⁻¹; Top: 0
- F2) Basal: 16-16-8, 20 kg rai⁻¹; Top: Ammonium sulfate, 30 kg rai⁻¹
- ▲— F3) Basal: 16-16-8, 20 kg rai⁻¹; Top: Urea, 15 kg rai⁻¹
- F4) Basal: Chicken manure pallet, 105 kg rai⁻¹; Top: 0
- F5) Basal: Chicken manure pallet, 105 kg rai⁻¹; Top: Ammonium sulfate, 30 kg rai⁻¹
- △— F6) Basal: Chicken manure pallet, 105 kg rai⁻¹; Top: Urea, 15 kg rai⁻¹

น้ำออกเมื่อข้าวอายุ 104 วันหลังหว่าน หรือก่อนเก็บเกี่ยว 9 วัน ตลอดฤดูปลูกในแปลงนาดำมีจำนวนวันน้ำขังสะสม 76-87 วัน และนาหว่านนํ้าตม 94-100 วัน (Table 2)

3. อิทธิพลของวิธีการปลูกข้าวและการจัดการปุ๋ยและน้ำ ต่ออัตราการปล่อย CH₄ (MER)
จากการทดลองพบว่าการจัดการปุ๋ยและน้ำในนาดำ

Table 2. Yield, seasonal paddy-soil water, submergence, total methane emission (TME), methane emission per unit grain yield and relative change of yield and TME on second rice in 2004.

Treatment ^{1/}	Rice yield (kg rai ⁻¹)	Paddy-soil water (m ³ rai ⁻¹)	Submergence (accumulative days)	TME (g CH ₄ m ⁻²)	Relative change (%)	
					Yield ^{2/}	CH ₄ ^{2/}
Transplanting (C1)						
F1	668	861	81	20.1	-	-
B1 F2	953	885	87	33.4	+ 42.7	+ 66.2
F3	799	851	82	21.3	+ 19.6	+ 6.0
F1	652	864	84	36.3	-	-
B2 F2	748	845	76	9.8	+ 14.7	- 73.0
F3	762	826	76	11.3	+ 16.9	- 68.9
Direct - wet - seeding (C2)						
F1	656	862	100	46.1	-	-
B1 F2	861	856	94	20.1	+ 31.3	- 56.4
F3	904	856	94	33.5	+ 37.8	- 27.3
F1	606	862	100	41.6	-	-
B2 F2	846	862	100	42.7	+ 39.6	+ 2.6
F3	896	858	95	29.1	+ 47.9	- 30.0

^{1/} C1 = Transplanting, C2 = Direct-wet seeding; B1 = basal as 16-16-8, 20 kg rai⁻¹, B2 = basal as CMP, 105 kg rai⁻¹.
F1 = None, F2 = Top as AS, 30 kg rai⁻¹, F3 = Top as Urea, 15 kg rai⁻¹

^{2/} Relative changes of yield and TME were based on F1 for F2 and F3.

และนาหว่านน้ำตมส่งผลให้มีลักษณะการปล่อย CH₄ ตลอดฤดูคล้ายคลึงกัน (Figure 2) กล่าวคือ มีอัตราการปล่อย CH₄ ค่อนข้างสูงสองช่วงคือ ช่วงแรกเป็นระยะหลังปักดำหรือหลังหว่านถึงระยะแตกกอสูงสุด (0-33 วันหลังดำและ 0-36 วันหลังหว่าน) ซึ่งเป็นช่วงที่ได้รับอิทธิพลของการไถกลบตอซังและวัชพืชในนา และเป็นช่วงที่มีการขังน้ำเพื่อให้นต้นข้าวได้ตั้งตัว กอปรกับมีการใส่ปุ๋ยรองพื้นที่อายุ 20 วันหลังปลูก ซึ่งเป็นระยะที่ต้นข้าวมีการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ โดยที่นาดำมีอัตราการปล่อย CH₄ อยู่ในช่วง 7.6-690.8 มก. CH₄/ตร.เมตร/วัน (Figure 2a) และนาหว่านน้ำตมมีอัตราการปล่อย CH₄ อยู่ในช่วง 39.7-1,176.9 มก. CH₄/ตร.เมตร/วัน (Figure 2b) สำหรับช่วงที่สองเป็นช่วงที่ต้นข้าวอยู่ในระยะออกดอกจนถึงระยะพลับพลึง (yellow ripening) ซึ่งมีการใส่ปุ๋ยแต่งหน้าที่ยอายุ 64 วันหลังปลูก และขณะเดียวกันมีน้ำขัง อัตราการปล่อย CH₄ ในนาดำอยู่ในช่วง 19.1-1,263.6 มก. CH₄/ตร.เมตร/วัน (Figure 2 a) และในนาหว่านน้ำตมอยู่ในช่วง 8.4-

1,337.6 มก. CH₄/ตร.เมตร/วัน (Figure 2b) อัตราการปล่อย CH₄ ลดต่ำลงอย่างเห็นได้ชัดในช่วงที่ดินแห้งแตกระแหงเป็นร่อง (cracks) ที่ข้าวอายุ 37 และ 62 วันหลังปลูก (Figure 1 และ 2) อย่างไรก็ตาม พบว่าช่วงท้ายฤดูก่อนเก็บเกี่ยวมีฝนตกทำให้ดินอยู่ในสภาพน้ำขังเกิดขึ้นส่งผลให้มีการปล่อย CH₄ เช่นกัน ซึ่งเห็นได้ชัดเจนทั้งในนาดำและนาหว่านน้ำตม

4. อิทธิพลของวิธีการปลูกข้าวและการจัดการปุ๋ยต่อการปล่อย CH₄ ตลอดฤดูปลูก (TME)

จากผลการทดลองใน Table 1 พบว่าการทำนาทั้งสองวิธีคือ การทำนาดำและการทำนาหว่านน้ำตม ให้ค่าเฉลี่ยของการปล่อย CH₄ ทั้งหมดตลอดฤดูปลูก 22.0 และ 35.5 กรัม CH₄/ตร.เมตร ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ และการใส่ปุ๋ยรองพื้นไม่ว่าจะเป็น 16-16-8 อัตรา 20 กก./ไร่ หรือปุ๋ยมูลไก่อัดเม็ดอัตรา 105 กก./ไร่ ให้ค่าเฉลี่ยของการทดลอง 29.1 และ 28.4 กรัม CH₄/ตร.เมตร ก็ไม่

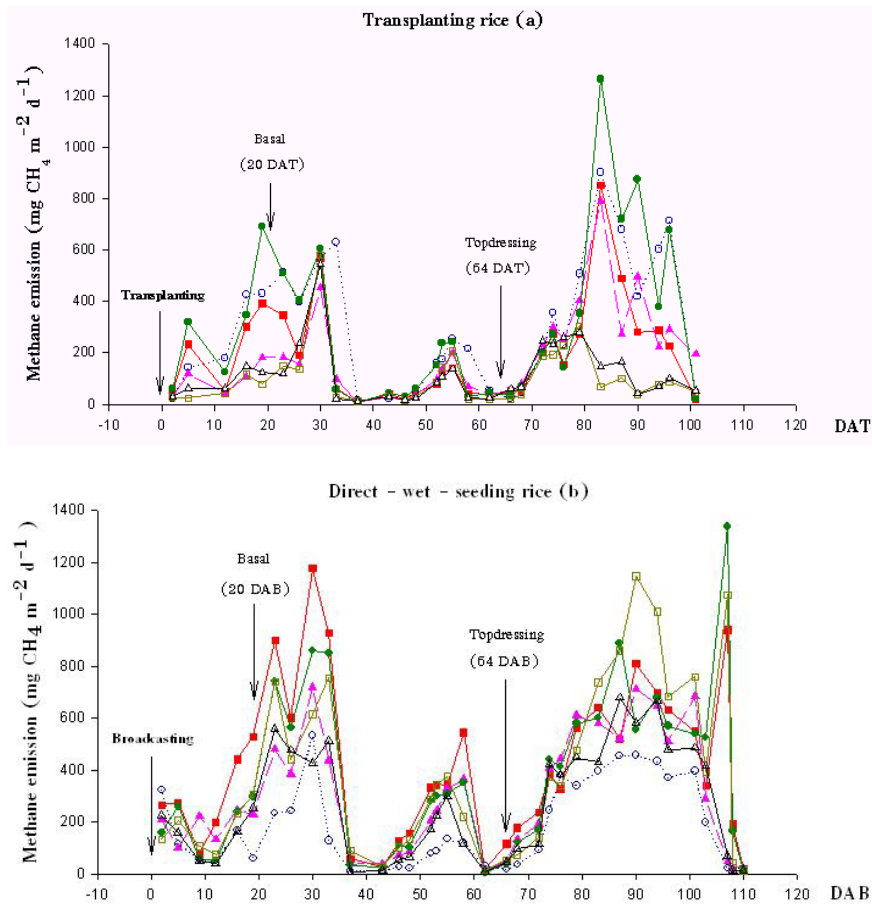


Figure 2. Change in methane emission rates during rice cultivation, transplanting rice (a) and direct-wet-seeding rice (b). DAT = Days after transplanting, DAB = Days after broadcasting.

- F1) Basal: 16-16-8, 20 kg rai⁻¹; Top: 0
- F2) Basal: 16-16-8, 20 kg rai⁻¹; Top: Ammonium sulfate, 30 kg rai⁻¹
- ▲— F3) Basal: 16-16-8, 20 kg rai⁻¹; Top: Urea, 15 kg rai⁻¹
- F4) Basal: Chicken manure pallet, 105 kg rai⁻¹; Top: 0
- F5) Basal: Chicken manure pallet, 105 kg rai⁻¹; Top: Ammonium sulfate, 30 kg rai⁻¹
- △— F6) Basal: Chicken manure pallet, 105 kg rai⁻¹; Top: Urea, 15 kg rai⁻¹

แตกต่างทางสถิติเช่นกัน ซึ่งในนาดำที่รองพื้นด้วย 16-16-8 อัตรา 20 กก./ไร่ การใส่ปุ๋ยแต่งหน้าไม่ทำให้การปล่อย CH₄ ตลอดฤดูปลูกแตกต่างจากที่ไม่ใส่ปุ๋ยแต่งหน้า ในขณะที่ในนาดำที่รองพื้นด้วยปุ๋ยมูลไก่อัดเม็ดอัตรา 105 กก./ไร่ และนาหว่านน้ำตมที่รองพื้นด้วยปุ๋ย 16-16-8 อัตรา 20

กก./ไร่ หรือปุ๋ยมูลไก่อัดเม็ดอัตรา 105 กก./ไร่ นั้น การใส่ปุ๋ยแต่งหน้าทั้ง 2 ตำรับ โดยทั่วไปจะลดการปล่อย CH₄ ตลอดฤดูปลูก และแตกต่างจากที่ไม่ใส่ปุ๋ยแต่งหน้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5. อิทธิพลของวิธีการปลูกข้าวและการจัดการปุ๋ยต่อปริมาณ CH_4 ที่ปล่อยต่อหน่วยผลผลิตข้าว (MPG)

ปริมาณ CH_4 ที่ปล่อยต่อหน่วยผลผลิตข้าว สามารถบอกถึงปริมาณการปล่อย CH_4 ต่อการผลิข้าว 1 กก. จากผลการทดลองใน Table 1 พบว่าปริมาณ CH_4 ที่ปล่อยต่อหน่วยผลผลิตข้าวของนาดำและนาหว่านน้ำตามมีค่าเฉลี่ย 46.7 และ 75.3 กรัม CH_4 /กก.ผลผลิต ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในนาดำดำรับที่รองพื้นด้วยปุ๋ยมูลไก่อัดเม็ดอัตรา 105 กก./ไร่ และแต่งหน้าด้วยแอมโมเนียมซัลเฟตอัตรา 30 กก./ไร่ หรือที่แต่งหน้าด้วยยูเรียอัตรา 15 กก./ไร่ ให้ปริมาณ CH_4 ที่ปล่อยต่อหน่วยผลผลิตข้าว 20.87 และ 23.72 กรัม CH_4 /กก.ผลผลิต ซึ่งต่ำที่สุด 2 อันดับแรกในการทดลอง และพบว่าต่ำกว่าทุกดำรับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับในนาหว่านน้ำตามพบว่าแปลงที่ใส่ปุ๋ยรองพื้นเพียงอย่างเดียวให้ค่าปริมาณ CH_4 ที่ปล่อยต่อหน่วยผลผลิตข้าวมีค่าสูง ในขณะที่ดำรับที่รองพื้นด้วย 16-16-8 อัตรา 20 กก./ไร่ และแต่งหน้าด้วยแอมโมเนียมซัลเฟต อัตรา 30 กก./ไร่ ให้ปริมาณ CH_4 ที่ปล่อยต่อหน่วยผลผลิตข้าว 37.35 กรัม CH_4 /กก.ผลผลิต ต่ำลงกว่าแปลงที่ใส่ปุ๋ยรองพื้นอย่างเดียวยังมีนัยสำคัญทางสถิติ

6. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการปล่อย CH_4 ตลอดฤดูปลูกและสภาพความชื้นในดินนา

จากผลการทดลอง พบว่า ปริมาณน้ำในนาดำอยู่ในช่วง 826-885 ลบ.เมตร/ไร่ และนาหว่านน้ำตามอยู่ในช่วง 855-862 ลบ.เมตร/ไร่ (Table 2) มีค่าปริมาณการปล่อย CH_4 ตลอดฤดูปลูกในนาดำอยู่ในช่วง 9.8-36.3 กรัม CH_4 /ตร.เมตร และในนาหว่านน้ำตาม 20.1-46.1 กรัม CH_4 /ตร.เมตร โดยทั่วไปปริมาณการปล่อย CH_4 ตลอดฤดูปลูกเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณน้ำในดินนาและจำนวนวันน้ำขังสะสม

ทั้งนี้ผู้เขียนได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการปล่อย CH_4 ตลอดฤดูปลูกกับปริมาณน้ำในดินนาสำหรับนาดำและนาหว่านน้ำตาม (Figure 3a) พบว่า ได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.83 และ 0.86 และเป็นไปในทำนองเดียวกันกับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการปล่อย CH_4 ตลอดฤดูปลูกกับจำนวนวันน้ำขังสะสมซึ่งมีค่า r เท่ากับ 0.94 และ 0.89 (Figure 3b) จะเห็นว่า

ปริมาณการปล่อย CH_4 ตลอดฤดูปลูกจากนาทั้ง 2 ประเภท มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำในนาและจำนวนวันขังน้ำสะสม สามารถกล่าวได้ว่า ความชื้นในดินที่สภาพอิ่มตัว เป็นปัจจัยหลักที่สำคัญที่มีอิทธิพลต่อการเกิด CH_4

7. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการปล่อย CH_4 ตลอดฤดูปลูกและผลผลิตข้าว

จาก Figure 3c พบว่า ในนาดำความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการปล่อย CH_4 ตลอดฤดูปลูก และผลผลิตเป็นไปในทางบวกแต่ไม่ชัดเจน r เท่ากับ 0.16 ส่วนในนาหว่านน้ำตามมีความสัมพันธ์ในทางลบ r เท่ากับ -0.65 นั่นคือในนาหว่านน้ำตามให้ผลผลิตสูงแต่ปริมาณการปล่อย CH_4 ตลอดฤดูปลูกต่ำ แสดงให้เห็นว่าการปลูกข้าวโดยวิธีหว่านน้ำตามช่วยลดปริมาณการเกิด CH_4 ได้

8. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำในดินและผลผลิตข้าว

จาก Figure 3d พบว่า ในนาดำความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำในดินนาและผลผลิตข้าวเป็นไปในทางบวก r เท่ากับ 0.39 นั่นคือแปลงที่ให้ผลผลิตสูงมีปริมาณน้ำในดินสูง ส่วนในนาหว่านน้ำตามมีความสัมพันธ์ในทางลบ r เท่ากับ -0.77 นั่นคือแปลงที่ให้ผลผลิตสูงมีปริมาณน้ำในดินต่ำ แสดงให้เห็นว่าการปลูกข้าวด้วยวิธีหว่านน้ำตามสามารถคงไว้ซึ่งผลผลิตหรือให้ผลผลิตดี และขณะเดียวกันประหยัดน้ำในการผลิตข้าวได้

วิจารณ์

จากการทดลองนี้พบว่าทั้งนาดำและนาหว่านน้ำตามมีการใช้น้ำในปริมาณที่ใกล้เคียงกันส่งผลให้มีลักษณะการปล่อย CH_4 ตลอดฤดูคล้ายคลึงกัน และโดยทั่วไปปริมาณการปล่อย CH_4 ตลอดฤดูปลูกเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณน้ำในดินนา (Mishra *et al.*, 1997) และจำนวนวันน้ำขังสะสม แต่ส่งผลต่อผลผลิตโดยในนาดำผลผลิตมีแนวโน้มสูงขึ้นตามปริมาณน้ำที่ใช้ แต่ในนาหว่านน้ำตามผลผลิตมีแนวโน้มสูงขึ้นหากใช้น้ำน้อยลง (Saenjan *et al.*, 2002) หากพิจารณาถึงปริมาณน้ำในดินทั้งการทดลองนี้อยู่ในช่วง 826-885 ลบ.เมตร/ไร่ เมื่อเทียบกับตัวเลขปริมาณน้ำใช้ในการทำนาข้าวขัง 1,200 ลบ.เมตร/ไร่ (กรมชลประทาน,

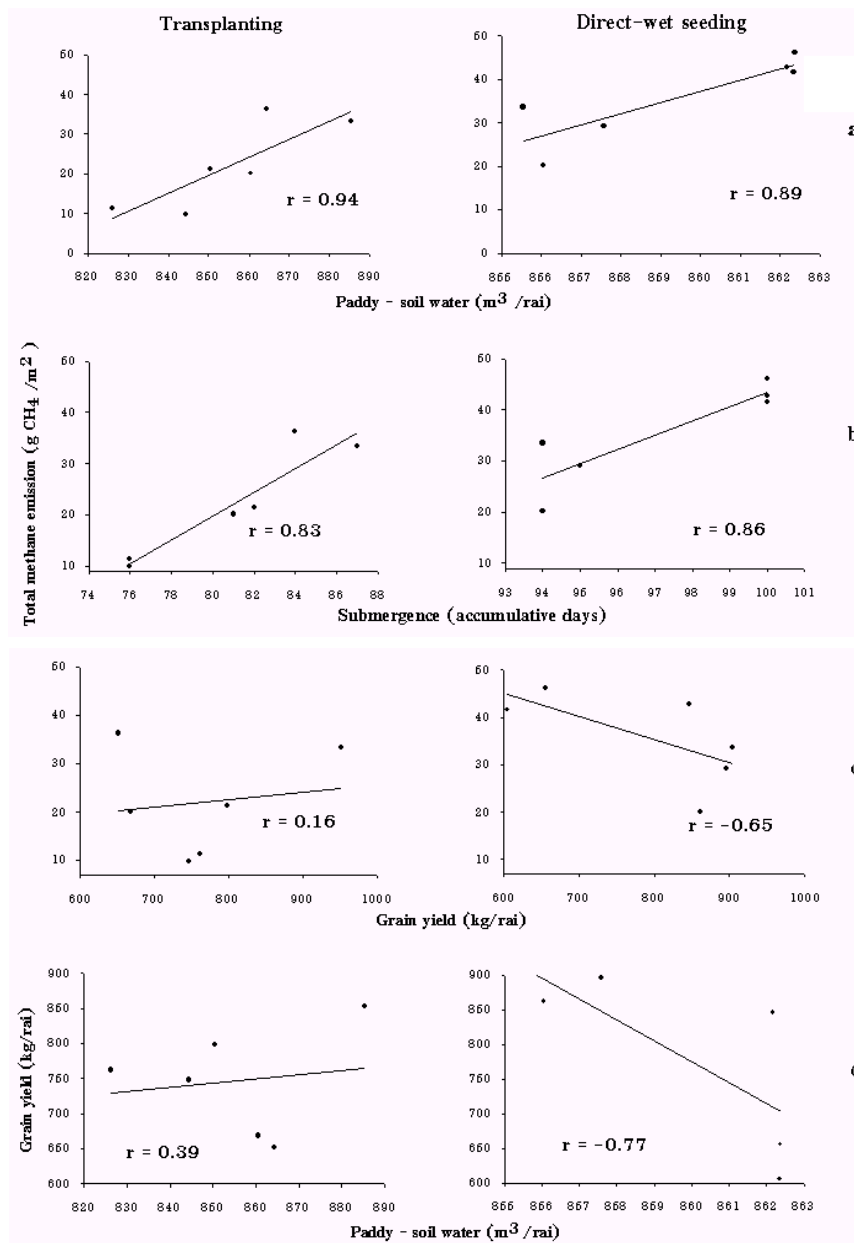


Figure 3. Relationship between total methane emission and quantity of paddy-soil water (a), submergence days (b), grain yield (c) and between quantity of paddy-soil water and grain yield (d) in transplanted rice (left) and direct-wet seeded rice (right).

2537) พบว่าลดลงได้ 26.2-31.1% ปริมาณน้ำที่ลดลงนี้ หากเทียบทั้งพื้นที่โครงการชลประทานหนองหวาย 416 ตร.กม. (กรมชลประทาน, 2548) จะประมาณ 255.9 ล้าน ลบ.เมตร เทียบได้ 10% ของความจุ้้นน้ำในเขื่อนอุบลรัตน์ 2,559 ล้าน ลบ.เมตร (กรมชลประทาน, 2548) ดังนั้น

ควรประหยัดน้ำในการทำนาโดยดินนาที่เนื้อดินร่วนหรือ ร่วนปนทราย สามารถปล่อยให้ดินแห้งโดยการคายระเหย จนดินแห้งแตกกระแหง 3-5 วัน หากเป็นดินเหนียวไม่ควร แตกกระแหงเกิน 2 วัน แล้วจึงทน้ำให้ซังประมาณ 5 ซม. ซึ่งสามารถทำได้อย่างน้อย 2 รอบ นอกจากจะช่วย

ประหยัดน้ำแล้วยังช่วยลดการปล่อย CH_4 จากนาด้วยและไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตข้าว การปล่อย CH_4 จะมีอัตราต่ำในช่วงที่เกิดร่องแตกกระแหง (cracks) และมีอัตราการปล่อยที่สูงในระยะข้าวแตกกอและออกดอก (พัชรี และคณะ, 2547) ซึ่งพบว่าร่องแตกกระแหงนั้นคล้ายกับที่รายงานโดย Yoshida และ Adachi (2001) อย่างไรก็ตาม การทำให้ดินแห้งนั้นส่งเสริมให้เกิดการสูญเสียธาตุไนโตรเจนในรูปก๊าซไนโตรสออกไซด์ (Cai *et al.*, 1999) ซึ่งถือเป็นก๊าซเรือนกระจกอีกชนิดหนึ่ง

ผลการทดลองที่ประเทศฟิลิปปินส์ พบว่า นาที่มีการขังน้ำ 5 ซม. ให้ผลผลิต 6.7 ตัน/เฮกตาร์ ในขณะที่นาที่ระบายน้ำออกกลางฤดูให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันคือ 6.4 ตัน/เฮกตาร์ แต่ปล่อย CH_4 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ นั่นคือ การระบายน้ำออกกลางฤดูช่วยประหยัดน้ำและไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตข้าวแต่ช่วยลดการปล่อย CH_4 โดยที่แปลงที่ขังน้ำตลอดฤดูปลูกปล่อย CH_4 ต่อหน่วยผลผลิตข้าว 11.1 กรัม CH_4 /กก.ผลผลิต และแปลงที่ระบายน้ำออกกลางฤดูปลูกปล่อย CH_4 เพียง 7.4 กรัม CH_4 /กก.ผลผลิต (Corton *et al.*, 2000) ค่าปริมาณการปล่อย CH_4 ต่อหน่วยผลผลิตข้าวของคณะวิจัยนี้สูงกว่าของ Corton และคณะ ค่อนข้างมาก ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 46.7 และ 75.3 กรัม CH_4 /กก.ผลผลิต สำหรับนาดำและนาหว่านน้ำตาม ทั้งนี้เพราะในการทดลองนี้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงกว่าแต่ให้ผลผลิตข้าวต่ำกว่า การทดลองที่ประเทศอินโดนีเซียในฤดูนาปรัง (dry season) พบว่าปริมาณการปล่อย CH_4 ต่อหน่วยผลผลิตข้าวในแปลงน้ำขังตลอดฤดูปลูกมีค่า 57.6-86.4 กรัม CH_4 /กก.ผลผลิต และในแปลงที่ให้น้ำเป็นบางช่วง (intermittent irrigation) มีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 57.8-88.1 กรัม CH_4 /กก.ผลผลิต ซึ่งพวกเขาพบว่าสูงกว่าตัวเลขที่ได้ในฤดูฝนคือ 55.1-73.8 กรัม CH_4 /กก.ผลผลิต ทั้งนี้เพราะผลผลิตในฤดูนาปรังต่ำกว่าของฤดูฝน (Nugroho *et al.*, 1994)

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการผลิตข้าวในนาดำและนาหว่านน้ำตามนั้น ควรใส่ปุ๋ยรองพื้นด้วย 16-16-8 หรือปุ๋ยมูลไก่อัดเม็ด และแต่งหน้าด้วยปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตหรือยูเรีย เหล่านี้มีความจำเป็นต่อการเพิ่มผลผลิตข้าว ทั้งนี้พบว่าทั้งการทดลองให้ผลผลิตข้าวค่อนข้างสูง (652-958 กก./ไร่) สูงกว่าผลผลิตข้าวที่ควรอ้างถึงดังต่อไปนี้ ผลผลิต

ข้าวนาปรังของจังหวัดขอนแก่น 472 กก./ไร่, ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 466 กก./ไร่ และของประเทศไทย 672 กก./ไร่ และยิ่งพบว่าสูงกว่าผลผลิตข้าวเฉลี่ยของโลก (619 กก./ไร่) (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2545)

ไม่ว่าจะเป็นปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ หรืออินทรีย์วัตถุล้วนเป็นสิ่งจำเป็นต่อการคงไว้ซึ่งผลผลิตข้าวทั้งสิ้น ขณะเดียวกันก็มีผลต่อการปล่อย CH_4 เช่นกัน การใส่ปุ๋ยอินทรีย์หรืออินทรีย์วัตถุ (ฟางข้าวหรือเศษซากพืชที่ตกค้างอยู่) ลงในดินนาจะเกิดการสลายตัวกลายเป็นแหล่งคาร์บอนสำหรับ methanogenic bacteria ซึ่งส่งเสริมให้เกิด CH_4 (Neue *et al.*, 1996; Le Mer and Roger, 2001) จึงไม่ควรใส่อินทรีย์วัตถุมากเกินไป (พัชรี และสิริธร, 2548; Saenjan *et al.*, 2000; 2001; 2002) การใส่อินทรีย์วัตถุควรใส่ในสภาพดินแห้ง 2 สัปดาห์ก่อนการเตรียมดินเพื่อลดอัตราการเกิด CH_4 และการสะสมของกรดอินทรีย์ (พัชรี และคณะ, 2545)

การใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตสามารถลดการปล่อย CH_4 จากนาข้าวได้ โดยซัลเฟตจะส่งเสริมการเจริญเติบโตของ sulfate reducing bacteria และยับยั้งการเจริญเติบโตหรือลดกิจกรรมของ methanogenic bacteria ดังการทดลองของ Liou *et al.* (2003) พบว่าการใส่แอมโมเนียมซัลเฟตในอัตรา 22.4 กก./ไร่ เป็นปุ๋ยแต่งหน้า สามารถยับยั้งการปลดปล่อย CH_4 ได้ และให้ผลผลิตสูงกว่าการใส่โพแทสเซียมไนเตรทในอัตราเท่ากัน นอกจากนี้การใส่ยิปซัม (calcium sulfate) ในนาข้าว 1,056 กก./ไร่ สามารถลดการปล่อย CH_4 ได้ถึง 50-70% เมื่อเทียบกับนาที่ใส่ปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยพืชสดอย่างเดียว (Denier van der Gon and Neue, 1994) การใส่ฟอสฟอริซึม (phosphogypsum) ซึ่งมี $\text{CaSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ เป็นองค์ประกอบหลัก และมี SO_4^{2-} ถึง 44-46% สามารถลดการปล่อย CH_4 ได้เช่นกัน (Corton *et al.*, 2000) และ Rath *et al.* (2002) พบว่าการใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 9.6 กก./ไร่ และแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 2 อัตรา 7.3 กก./ไร่ (3.2 กก./ไร่) และ 9.6 กก./ไร่ (4.5 กก./ไร่) สามารถลดการปล่อย CH_4 ได้อย่างชัดเจนถึง 38 และ 60% เมื่อเทียบกับที่ไม่ใส่ปุ๋ย ส่วนปุ๋ยยูเรียมีผลทำให้เพิ่มการปล่อย CH_4 12% หลายงานวิจัยได้ยืนยันว่าแอมโมเนียมซัลเฟตหรือปุ๋ยที่มีอนุโมลซัลเฟตสามารถลดการปล่อย CH_4 ได้ 50-60% เมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยยูเรีย

โดยที่ไม่กระทบต่อผลผลิตข้าว (Lindau, 1994 อ้างโดย Le Mer and Roger, 2001)

ในการทดลองนี้ในนาข้าวที่รองพื้นด้วยปุ๋ยมูลไก่อัดเม็ดอัตรา 105 กก./ไร่ แล้วแต่งหน้าด้วยแอมโมเนียมซัลเฟต อัตรา 30 กก./ไร่ สามารถลดปริมาณการปล่อย CH_4 ตลอดฤดูปลูกได้ถึง 73% และผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น 14.7% ในขณะที่เดียวกันดำรับที่แต่งหน้าด้วยยูเรียอัตรา 15 กก./ไร่ สามารถลดปริมาณการปล่อย CH_4 ตลอดฤดูปลูกได้ถึง 68.9% และให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น 16.9% (Table 2) ส่วนดำรับที่รองพื้นด้วย 16-16-8 อัตรา 20 กก./ไร่ และแต่งหน้าด้วยแอมโมเนียมซัลเฟต อัตรา 30 กก./ไร่ มีปริมาณการปล่อย CH_4 ตลอดฤดูปลูกเพิ่มขึ้น 66.2% จากแปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ยแต่งหน้า เพราะแปลงนี้บังเอิญมีปริมาณน้ำมากที่สุดในการทดลอง 885 ลบ.เมตร/ไร่ ส่วนในนาหว่านน้ำตามโดยทั่วไปที่ได้รับปุ๋ยแต่งหน้าทุกดำรับสามารถลดปริมาณการปล่อย CH_4 ตลอดฤดูปลูกได้ถึง 27.3-56.4% ยกเว้นดำรับที่แต่งหน้าด้วยปุ๋ยมูลไก่อัดเม็ดอัตรา 105 กก./ไร่ และแต่งหน้าด้วยยูเรียอัตรา 15 กก./ไร่ ปล่อย TME เพิ่มขึ้นแค่ 2.6% ซึ่งจัดว่าเล็กน้อยมากในทางสถิติ แต่ให้ผลผลิตข้าวสูงขึ้น 31.3-47.9% เป็นที่น่าสังเกตว่าในนาหว่านน้ำตามดำรับที่รองพื้นด้วย ปุ๋ยมูลไก่อัดเม็ดอัตรา 105 กก./ไร่ และแต่งหน้าด้วยแอมโมเนียมซัลเฟต อัตรา 30 กก./ไร่ ปริมาณการปล่อย CH_4 ตลอดฤดูปลูกไม่ลดลง เพราะว่าแปลงนี้มีจำนวนวันที่มีน้ำขังสะสมค่อนข้างมากถึง 100 วัน

สรุป

ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ หรืออินทรีย์วัตถุ ล้วนเป็นสิ่งจำเป็นต่อการคงไว้ซึ่งผลผลิตข้าว ขณะเดียวกันมีผลต่อการปล่อย CH_4 การใส่ปุ๋ยให้ได้ประโยชน์มากที่สุดทั้งในการเพิ่มผลผลิตข้าวและสามารถลดการปล่อย CH_4 ควรคำนึงถึงชนิดของปุ๋ย และอัตราที่พอเหมาะจะคงไว้ซึ่งผลผลิตข้าวที่สูง นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงเรื่องการจัดการน้ำซึ่งมีผลต่อผลผลิตข้าวและการปล่อย CH_4 โดยสามารถปล่อยให้น้ำในนาข้าวคายระเหยจนดินแห้งได้นาน 3-5 วัน นอกจากจะเป็นการประหยัดน้ำแล้วยังช่วยลดการปล่อย CH_4 อีกทางด้วย

การปลูกข้าวในนาดำดำรับที่รองพื้นด้วยปุ๋ยสูตร 16-16-8 และแต่งหน้าด้วยปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ให้ผลผลิตข้าวสูงสุดและการปล่อย CH_4 สูงเนื่องจากมีปริมาณน้ำในดินนาสูง สำหรับนาหว่านน้ำตามดำรับที่รองพื้นด้วยปุ๋ยสูตร 16-16-8 หรือปุ๋ยมูลไก่อัดเม็ด และแต่งหน้าด้วยปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตหรือปุ๋ยยูเรีย ให้ผลผลิตข้าวสูงใกล้เคียงกับนาดำ แต่สามารถลดการปล่อย CH_4 ได้เป็นอย่างดีเพราะนาหว่านน้ำตามมีปริมาณน้ำในดินน้อยกว่า

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากบัณฑิตวิทยาลัย และจากทุนอุดหนุนทั่วไปของมหาวิทยาลัยขอนแก่น ในปีงบประมาณ 2547 คณะวิจัยใคร่ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมชลประทาน. 2537. ข้อมูลการใช้ น้ำของพืชต่างๆ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ งานวางแผนและวิจัยการใช้น้ำชลประทานของพืช ฝ่ายเกษตรชลประทาน กองจัดสรรน้ำและบำรุงรักษา กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 39 น.
- กรมชลประทาน. 2548. ความรู้เกี่ยวกับการชลประทาน. กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สืบค้นจาก URL: http://www.rid.go.th/kw_meanirri7.htm เมื่อวันที่ 16 มกราคม 2548.
- กองสำรวจและจำแนกดิน. 2543. แผนที่ดินจังหวัดขอนแก่น พ.ศ. 2543 ระวัง 55411 มาตราส่วน 1:50000 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์: กรุงเทพฯ
- พัชรี แสนจันทร์ และ อรรถเดช ศรีบุญตะ. 2545. การปลดปล่อย CH_4 จากนาข้าวดินเค็มของเกษตรกรในจังหวัดขอนแก่น. ว. ดินและปุ๋ย 24(4): 127-141.
- พัชรี แสนจันทร์ วุฒิชัย จันทรสุมบัติ และ ชนะ ศรีสมภาร. 2547. การเพิ่มผลผลิตข้าวนาหว่านน้ำตามน้ำตามภายใต้การจัดการน้ำและปุ๋ยเคมีเพื่อลดก๊าซมีเทน และเปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ. ว.สงขลานครินทร์ ฉบับวทท. 26(6): 795-806.
- พัชรี แสนจันทร์ ดวงสมร ตูลาพิทักษ์ เทพฤทธิ์ ตูลาพิทักษ์ และ ศุภชัย ตั้งชูพงศ์. 2545. ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานกองทุน

- สนับสนุนการวิจัย. ISBN 974-666-732-7.
- พัชรี แสนจันทร์ และ สิริธร คมฉัตรพันธ์. 2548. การจัดการนาข้าวเพื่อเพิ่มผลผลิตและลดการปล่อยก๊าซมีเทน. ว.แก่นเกษตร. 33(2): 83 -94.
- สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. 2544. โครงการศึกษาและจัดทำบัญชีรายการแห่งชาติ ว่าด้วยปริมาณการปลดปล่อยของก๊าซเรือนกระจกที่มีได้ถูกควบคุมโดยพิธีสารมอนทรีออล: บทสรุปสำหรับผู้บริหาร. กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.
- สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม. 2543. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม: กรุงเทพฯ.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2545. สถิติการค้าสินค้าเกษตรกรรมไทยกับต่างประเทศปี 2545.
- Cai, Z.- C., Xing, G.-X., Shen, G.-Y., Xu, H., Yan, X.-H., Tsuruta, H., Yagi, K. and Minami, K. 1999. Measurements of CH₄ and N₂O emission from rice paddies in Fenggiu, China. *Soil Sci. Plant Nutri.*, 45: 1-13.
- Corton, T.M., Bajita, J.B., Grospe, F.S., Rampona, R. R., Asis, Jr., C.A., Wassmann, R., Latin, R.S. and Buenda., L.V. 2000. Methane emission from irrigated and intensively managed rice fields in Central Luzon (Philippines). *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 58: 37-54.
- Denier van der Gon, H.A.C. and Neue, H.U. 1994. Impact of gypsum application on the methane emission from a wetland rice field. *Global Biogeochemistry* 8: 127-134.
- International Rice Research Institute (IRRI). (1996). Measurement of Methane Emissions from Rice Fields, Principles and Operation of GC Techniques, Soil and Water Sciences Division and Training Center (SWSD), PP: 1-13.
- Le Mer, J. and Roger, P. 2001. Production, oxidation, emission and consumption of methane by soil: A Review. *Euro. J. Soil Bio.* 37: 25-50.
- Liou, R.M., Huang, S.N. and Lin, C.W. 2003. Methane emission from fields with differences in nitrogen fertilizers and rice varieties in Taiwan paddy soils. *Chemosphere* 50: 237-246.
- Mishra, S., Rath, A.K., Adhya, T.K., Rao, V.R. and Sethunathan, N. 1997. Effect of continuous and alternate water regimes on methane efflux from rice under greenhouse conditions. *Biol. Fertil. Soils*. 24, 399-405.
- Neue, H.U., Wassmann, R., Lantin, R.S., Alberto, MA C.R., Aduna, J.B. and Javellana, A.M. 1996. Factors affecting methane emission from rice fields. *Atmospheric Envi.* 30: 1,751-1,754.
- Nugroho, S.G., Lambanraja, J., Suprpto, H., Sunyoto, Ardjasa, W.S., Haraguchi, H. and Kimura, M.. 1994. Effect of intermittent irrigation on methane emission from an Indonesian paddy field. *Soil Sci. Plant Nutri.*, 40(4): 609-615.
- Rath, A.K., Ramakrishnan, B. and Sethunathan, N. 2002. Effect of application of ammonium thiosulphate on production and emission of methane in a tropical rice soil. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 90: 319-325.
- Saenjan P., Tulaphitak, D., Tulaphitak, T., Tangchupong, S. and Jearakongman, S. 2001. Methane emission from Thai Farmers' Paddy Fields in Khon Kaen. *KKU Annual Agriculture Seminar for Year 2001 26-27 February, 2001. Faculty of Agriculture. Khon Kaen University.* pp. 1-22 .
- Saenjan, P., Tulaphitak, D., Tulaphitak, T., Tangchupong, S. and Jearakongman, S. 2002. Methane Emission from Farmers, Paddy Fields as a Basis for Appropriate Mitigation Technologies. 17th World Congress of Soil Science, 14-21 August 2002. Bangkok Thailand (0273.pdf) (11 pages)
- Seanjan, P., Tulaphitak, D., Tulaphitak, T., Tangchupong, S. and Jearakongman, S. 2000. Methane emission from farmers' irrigated paddy fields in Khon Kean, p. 81-79. **In:** Proceeding of Annual Agricultural Seminar for Year 2000, 24-25 January 2000, Faculty of Agriculture, Khon Kean University, Khon Kean. ISBN: 974-676-999-5.
- Soil Survey Staff. 2000. *Soil Taxonomy Second Edition* United States Department of Agriculture. Washington DC.
- Yang, S.S. and Chang, H.L. 1998. Effect of environmental conditions on methane production and emission from paddy soil. *Agric. Ecosyst. Environ.* 69, 69-80.
- Yoshida, S. and Adachi, K. 2001. Effects of cropping and puddling practices on the cracking patterns in paddy fields. *Soil Sci. Plant Nutri.* 47(3): 519-532.