

ผลตอบแทนการผลิตข้าวจากนาที่มีการลดการปล่อยก๊าซมีเทน

Economic Return of Rice Production from Methane Mitigated Rice Yields

พัชรีย์ แสนจันทร์^{1/} และ ชนะ ศรีสมภาร ^{2/}

Patcharee Saenjan^{1/} and Chana Saisompan^{2/}

Abstract : The objectives of this research were to study the rice yields obtained from methane mitigated rice fields receiving different water managements and types of chemical fertilizers. It was found that water managements dominated stronger effect on methane emissions (ME) than type of topdressing fertilizers. Direct-wet-seeding rice (DWR) with continuous flooding had total methane emissions (TME), 17.71-22.23 g.m⁻², while those with intermittent soil aerating (by evapotranspiration) had less TME, 6.73-11.62 g.m⁻². Topdressing of ammonium sulfate or urea resulted in either decrease or increase in ME from DWR. Transplanting rice (TR) with intermittent soil aerating possessed TME, 12.13-21.73 g.m⁻², larger than those from DWR of the same water management. DWR with intermittent soil aerating decreased TME over continuous flooding by 43-69 % and over TR with intermittent soil aerating by 18-69 %. TR with intermittent soil aerating provided highest range of grain yield (GY), 1,163-1,185 kg.rai⁻¹. Topdressing urea at the rate of 7 kg.rai⁻¹ maximized GY, 1,185 kg.rai⁻¹. DWR with both water managements gave GY, 769-815 kg.rai⁻¹. Kind of topdressing fertilizers possessed insignificant differences in GY of both DWR and TR.

¹ ภาควิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ. ขอนแก่น 40002

¹ ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก อ. วังทอง จ. พิษณุโลก 65130

¹ Department of Land Resources and Environment, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand.

² Phisanulok Rice Research Center, Amphor Wangtong, Phisanulok 65130, Thailand.

Methane emission per unit grain (MPG) from DWR with continuous flooding were 34.8-44.6 gCH₄.kg⁻¹ grain. Accordingly, intermittent soil aerating provided less MPG, 13.78-22.90 gCH₄.kg⁻¹ grain. However, it still provided good GY, 781-815 kg .rai⁻¹. It means that DWR with intermittent soil aerating offered good GY and mitigated ME. TR with intermittent soil aerating possessed MPG, 16.38-29.75 gCH₄.kg⁻¹ grain, and higher GY, 1,163 - 1,185 kg.rai⁻¹. Anyway, its TME was higher than those of DWR. TR gave not only higher GY but also enhanced higher ME. In term of doing business, DWR rendered better return than TR due to lower investment. DWR with intermittent soil aerating provided good GY and mitigated ME offered promising technology to be further tested.

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตข้าวจากนาที่มีการลดการปล่อยก๊าซมีเทน โดยเน้นที่การจัดการน้ำและชนิดปุ๋ยเคมี ดัชนีที่ศึกษาได้แก่ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนทั้งหมด(TME) ปริมาณก๊าซมีเทนที่ปล่อยต่อหน่วยผลผลิตข้าว(MPG) ผลผลิตข้าว และผลตอบแทนการลงทุน โดยปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ด้วยวิธีหว่านน้ำตมและปักดำ ผลการทดลองพบว่า การจัดการน้ำในนาที่มีอิทธิพลต่อการปล่อยก๊าซมีเทนมากกว่าชนิดของปุ๋ยแต่งหน้า นาหว่านที่มีการขังน้ำตลอดฤดูปล่อย TME 17.71 - 22.22 g.m⁻² ในขณะที่นาหว่านที่มีการปล่อยให้น้ำในนาแห้งเองหรือคาบระเหยจนดินแห้งบางช่วงปล่อย TME น้อยลงอยู่ในช่วง 6.73-11.62 g.m⁻² ในนาหว่านการใส่ปุ๋ยแต่งหน้าด้วยแอมโมเนียมซัลเฟตและยูเรียให้ผลทั้งลดและเพิ่มการปล่อยก๊าซมีเทน ในนาดำแม้ว่าจะมีการปล่อยให้น้ำในนาแห้งบางช่วงพบว่าปล่อย TME 12.13- 21.73 g.m⁻² ซึ่งมากกว่าของนาหว่านที่จัดการน้ำแบบเดียวกัน ในนาหว่านการปล่อยให้น้ำในนาแห้งเป็นบางช่วงลด TME ลง 43-69 % เมื่อเทียบกับนาหว่านที่ขังน้ำ การทำนาหว่านที่มีการปล่อยให้น้ำในนาแห้งเป็นบางช่วงลด TME ลง 18-69% เมื่อเทียบกับนาดำที่จัดการน้ำในลักษณะเดียวกัน การทำนาดำที่มีการปล่อยให้น้ำในนาแห้งเป็นบางช่วงสามารถให้ผลผลิตสูง 1,163-1,185 kg.rai⁻¹ โดยแปลงที่ได้รับยูเรียเป็นปุ๋ยแต่งหน้า อัตรา 7 kg.rai⁻¹ ให้ผลผลิตสูงสุด 1,185 kg.rai⁻¹ นาหว่านที่มีการขังน้ำตลอดฤดูและที่มีการปล่อยให้น้ำในนาแห้งบางช่วงให้ผลผลิตน้อยกว่าอยู่ในช่วง 769-815 kg.rai⁻¹ ชนิดของปุ๋ยแต่งหน้าไม่มีผลทำให้ผลผลิตข้าวของนาหว่านและนาดำแตกต่างกันทางสถิติ

ในนาหว่านที่มีน้ำขังตลอดฤดูปลูกมี MPG อยู่ในช่วง 34.8-44.6 gCH₄.kg⁻¹ grain และถ้ามีการปล่อยให้น้ำแห้งบางช่วงค่า MPG ลดลงอยู่ในช่วง 13.78-22.90 gCH₄.kg⁻¹ grain โดยที่ให้ผลผลิตสูงอยู่ในช่วง 781-815 kg. rai⁻¹ นั่นคือการทำนาหว่านที่จัดการปล่อยให้น้ำแห้งบางช่วงนอกจากจะให้ผลผลิตดีแล้วยังปล่อยก๊าซมีเทนต่ำด้วย ในนาดำที่มีการปล่อยให้น้ำในนาแห้งเป็นบางช่วงมี MPG อยู่ในช่วง 16.38-29.75 gCH₄.kg⁻¹ grain ให้ผลผลิตสูงที่สุดในการทดลอง 1,163 - 1,185 kg.rai⁻¹ ซึ่งมากกว่าของนาหว่านที่มีการจัดการน้ำในลักษณะเดียวกันแต่มีค่า TME สูงกว่าของนาหว่าน นั่นคือนาดำให้ผลผลิตสูงกว่านาหว่านแต่ปล่อยก๊าซมีเทนสูงกว่านาหว่านด้วย การทำนาหว่านที่จัดการปล่อยให้น้ำแห้งบางช่วงแม้ว่าจะให้ผลผลิตไม่สูงที่สุดในการทดลองแต่ปล่อยก๊าซมีเทนต่ำกว่าและขณะเดียวกันในเชิงธุรกิจการทำนาหว่านให้ผลตอบแทนดีกว่าการทำนาดำอย่างชัดเจนเนื่องจากลงทุนต่ำกว่า จึงสมควรถูกคัดเลือกให้เป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมและควรทดสอบต่อไป

Index words: ผลผลิตข้าว การลดก๊าซมีเทน การจัดการน้ำ แอมโมเนียมซัลเฟต ยูเรีย ปริมาณก๊าซมีเทนทั้งหมด ปริมาณก๊าซมีเทนต่อหน่วยผลผลิตข้าว

rice yield, methane emission mitigation, water management, ammonium sulfate, urea,

TME and MPG

คำนำ

ก๊าซมีเทน (CH_4) เป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีความสำคัญเป็นอันดับสองรองจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีศักยภาพทำให้โลกร้อน (global warming potential) สูงกว่า CO_2 ประมาณ 25 เท่า (IPCC, 1992) ก๊าซมีเทนเกิดขึ้นทั้งในธรรมชาติและจากการทำกิจกรรมของมนุษย์ การปลูกข้าวในนาข้าวยังทำให้เกิดการปล่อยก๊าซมีเทนสู่บรรยากาศประมาณ 26 % ของปริมาณมีเทนทั้งหมดที่ปล่อยสู่บรรยากาศโลก (Neue and Sass, 1993) ประเทศไทยได้ลงสัตยาบันในอนุสัญญาว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก (สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม, 2545) จึงมีข้อผูกพันที่จะต้องศึกษาอย่างต่อเนื่องในการประเมินประสิทธิภาพของเทคโนโลยีการผลิตในทุกภาคกิจกรรม โดยเฉพาะประเด็นการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตรกรรม รวมทั้งการลดก๊าซมีเทนจากนาข้าว

งานวิจัยการลดการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวโดยวิธีต่างๆ ส่วนใหญ่ไม่นำผลผลิตข้าวมาร่วมพิจารณา ซึ่งผู้เขียนคิดว่าประโยชน์จะไม่ถึงเกษตรกร โดยแท้ ยกเว้นงานของกลุ่มผู้วิจัยที่จะกล่าวต่อไปนี้ Wang *et al.* (1996) ได้รายงานว่าการระบายน้ำออกจากนาแบบ alternative drainage (ระบายน้ำออกสลับกับการทน้ำเข้านา) โดยรักษาความชื้นในดินให้พอเหมาะร่วมกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์บางชนิดทำให้การปล่อยก๊าซมีเทนลดลงแต่ผลผลิตข้าวไม่ลด การทดลองในประเทศจีนของ Buendia *et al.* (1996) พบว่าการจัดการโดยระบายน้ำออกนาน 8 วันในช่วงปลายของระยะข้าวแตกกอ (60 วันหลังปักดำ) ทำให้ก๊าซมีเทนที่ปล่อยจากนาลดลงถึง 75% แต่ไม่มีผลกระทบต่อผลผลิตข้าว โดยที่ยังให้ผลผลิตสูงถึง 6.6 t.ha^{-1} ($1,056 \text{ kg.rai}^{-1}$) Metra – Corton *et al.* (1996) ทำการศึกษาในนาปี 1995 ที่ประเทศ

ฟิลิปปินส์วัดปริมาณก๊าซมีเทนต่อหน่วยผลผลิตข้าว ($\text{gCH}_4.\text{kg}^{-1}\text{grain}$) ที่ปล่อยออกจากแปลงที่ได้รับปุ๋ย 120 kgN.ha^{-1} ($19.2 \text{ kgN.rai}^{-1}$) พบว่า แปลงที่รับปุ๋ยปล่อยก๊าซมีเทนต่อหน่วยผลผลิตข้าวมากกว่าแปลงที่ได้รับปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต แต่ทั้งสองแปลงให้ผลผลิตสูงไม่ต่างกัน นั่นคือการใช้แอมโมเนียมซัลเฟตเป็นแหล่งปุ๋ยในโตรเจนที่ดีทั้งประเด็นการเพิ่มผลผลิตข้าวและการลดการปล่อยก๊าซมีเทน

ดังนั้นระบบการผลิตข้าวจะต้องพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นเพื่อให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงด้านสิ่งแวดล้อมของโลก จึงจำเป็นต้องศึกษาการผลิตข้าวจากนาที่มีการลดการปล่อยก๊าซมีเทนเพื่อให้ได้มาซึ่งการจัดการน้ำและปุ๋ยเคมีที่เหมาะสมและขณะเดียวกันไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตข้าวและเกษตรกรผู้ปลูกข้าว

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ที่ตั้ง ชุดดิน และเวลาทำการทดลอง

ทำการทดลองในพื้นที่นาเกษตรกร บ้านดอนยาง ตำบลศิลา อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น ($16^{\circ}24'57.95''\text{N}$, $102^{\circ}52'14.5''\text{E}$) อยู่ในเขตชลประทานหนองหาว ดินเป็นดินร่วน (loamy) ชุดดินร้อยเอ็ด (Roi Et series) อนุกรมวิธาน Aeric Paleaquults ทดลองในฤดูนาปรังตั้งแต่เดือนธันวาคม 2544 ถึงพฤษภาคม 2545

แผนการทดลอง

กำหนดให้การจัดการน้ำและการปลูกข้าวที่ศึกษามี 3 ดำรับได้แก่ 1) นาหว่านน้ำตม (direct-wet seeding) ที่มีการขังน้ำไว้ตลอดฤดูปลูก (continuous flooding) 2) นาหว่านที่ปล่อยให้น้ำในนาแห้ง (ดินแห้ง) เป็นบางช่วง (intermittent soil aerating and flooding) และ 3) นาดำ (transplanting) ที่ปล่อยให้น้ำ

ในนาแห้งเป็นบางช่วง ทั้งหมดถูกสูบลมในแปลงใหญ่ 3 แปลง และกำหนดให้ชนิดปุ๋ยเคมีที่ศึกษามี 3 ดำรับได้แก่

- 1) ใส่ปุ๋ยรองพื้น 16-16-8 อัตรา 20 kg.rai⁻¹ และปุ๋ยแต่งหน้า 16-16-8 อัตรา 20 kg.rai⁻¹ (F1)
- 2) ใส่ปุ๋ยรองพื้น 16-16-8 อัตรา 20 kg.rai⁻¹ และปุ๋ยแต่งหน้า 21-0-0 (แอมโมเนียมซัลเฟต, AS) อัตรา 15 kg.rai⁻¹ (F2)
- 3) ใส่ปุ๋ยรองพื้น 16-16-8 อัตรา 20 kg.rai⁻¹ และปุ๋ยแต่งหน้า 46-0-0 (ยูเรีย) อัตรา 7 kg.rai⁻¹ (F3)

ในแต่ละแปลงใหญ่ได้แบ่งเป็น 3 แปลงย่อย และสุ่มดำรับปุ๋ยเคมีลงในแปลงย่อย ทั้งการทดลองมี 9 ดำรับ (9 แปลงย่อย ไม่มีซ้ำ) ซึ่งในแต่ละแปลงย่อยได้ติดตั้งฐานกล่อสำหรับเก็บตัวอย่างก๊าซ 3 จุด

การเตรียมแปลง การปลูก ใส่ปุ๋ย และดูแลรักษา

เกษตรกรเผดอซังในแปลงนาก่อนไถตะ 30 วัน ไถแปร และทำเทือก ขึ้นรูปแปลงขนาด 10 x 26 m จำนวน 9 แปลง สุ่มจัดหน่วยทดลองข้างต้นปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 (Chai Nat 1) หว่านข้าวออก อัตรา 15 kg.rai⁻¹ ในแปลงนาหว่านน้ำตาม โดยหว่านในวันที่ 23 มกราคม 2545 แล้วปล่อยให้น้ำแห้งประมาณ 10 วัน เพื่อให้ดินกล้าตั้งตัวและควบคุมวัชพืช หลังจากนั้นจึงน้ำในแปลงนาโดยที่ดำรับที่ขังน้ำตลอดฤดูปลูกให้มีน้ำสูง 5-10 cm ส่วนแปลงที่ปล่อยให้น้ำแห้งบางช่วงมีการจัดการน้ำโดยในระยะข้าวแตกกอจะปล่อยให้น้ำในนาแห้งเองโดยการคายระเหย (evapotranspiration) จนผิวดินแห้ง 3 วัน จึงท่อน้ำเข้านา จากนั้นระหว่างระยะกำเนิดช่อดอก (panicle initiation) จนถึงระยะออกดอก (flowering) จะขังน้ำสูง 5 cm แล้วปล่อยให้เกิดการคายระเหยจนน้ำในนาแห้ง ส่วนในระยะสุกแก่ (ripening) จะปล่อยให้เกิดการคายระเหยจนเห็นผิวดินแตกอีก 3 วัน จึงท่อน้ำเข้านาเพื่อรักษาความชื้นในดินให้เพียง

พอต่อความต้องการของข้าว สำหรับแปลงที่ปลูกโดยวิธีปักดำ ได้ปักดำกล้าอายุ 21 วัน ระยะ 20x20 cm โดยดำนาวันที่ 25 มกราคม 2545

ในนาหว่านได้หว่านปุ๋ยรองพื้น (basal fertilizer) เมื่อข้าวอายุ 19 วันหลังหว่าน (DAB) และหว่านปุ๋ยแต่งหน้า (topdressing) เมื่อข้าวอายุ 47 DAB สำหรับนาดำหว่านปุ๋ยรองพื้นเมื่อข้าวอายุ 4 วันหลังดำ (DAT) และหว่านปุ๋ยแต่งหน้าเมื่อข้าวอายุ 38 DAT การป้องกันกำจัดศัตรูข้าวได้ทำหลังหว่านข้าวและหลังดำนาโดยหว่านฟูราดาน (furadan 3% G) อัตรา 5 kg.rai⁻¹ ฟันเชวิน 85% เมื่อต้นข้าวเข้าสู่ระยะแตกกอสูงสุด และกำจัดหนูโดยใช้ซิงค์ฟอสไฟด์ (zinc phosphide) ผสมอาหารวางไว้ตามคันนา

การเก็บตัวอย่างก๊าซ การวิเคราะห์ และคำนวณ

เก็บตัวอย่างก๊าซจากแปลงนาโดยเริ่มจากวันที่ปักดำและวันที่หว่านข้าว โดยเก็บจากกล่อเก็บก๊าซ (gas chamber) ที่ติดตั้งไว้ 3 ชั่วโมงในทุกละ (ดำรับ) เก็บในช่วงเวลา 9.00-11.00 น. แปลงละ 2 ครั้งต่อสัปดาห์ วิเคราะห์ความเข้มข้นก๊าซมีเทนด้วยเครื่อง Gas Chromatograph ที่ติดตั้งด้วย Flame Ionization Detector (FID) คำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนตลอดฤดูปลูก (total methane emission, TME, gCH₄.m⁻²) และปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนต่อหน่วยผลผลิตข้าว (methane emission per unit grain, MPG, gCH₄.kg⁻¹ grain) ของทุกดำรับ

การเก็บเกี่ยวและวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น

เก็บเกี่ยวข้าวในพื้นที่ 3 x 5 m² จำนวน 3 ซ้ำ ในทุกดำรับหาผลผลิตข้าว (kg.grain rai⁻¹) ที่ความชื้น 14 % คัดเลือกดำรับที่เหมาะสมดังนี้ เป็นดำรับที่ให้ค่า MPG ต่ำ และผลผลิตข้าวสูง และวิเคราะห์ต้นทุนกำไร และผลตอบแทนเชิงเศรษฐศาสตร์

ผลการวิจัย

1. ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนทั้งหมด (TME) และการลดการปล่อยก๊าซมีเทน

ในนาหว่านแปลงที่มีการขังน้ำตลอดฤดูปล่อยปริมาณมีเทนทั้งหมด (TME) $17.71 - 22.22 \text{ g.m}^{-2}$ (ตารางที่ 1) ในขณะที่แปลงที่มีการปล่อยให้น้ำในนาภายหลังระยะหยงดินแห้งบางช่วงปล่อย TME น้อยลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและมีค่า TME อยู่ในช่วง $6.73-11.62 \text{ g.m}^{-2}$ ในนาหว่านทั้งแปลงที่มีการขังน้ำตลอดฤดูและแปลงที่ปล่อยให้น้ำแห้งบางช่วง TME ที่ปล่อยไม่ขึ้นกับค่ารับปุ๋ยที่ศึกษา ในนาหว่านแม้ว่าจะมีการปล่อยให้น้ำในนาภายหลังระยะหยงดินแห้งบางช่วงได้ปล่อย TME $12.13 - 21.73 \text{ g.m}^{-2}$ ซึ่งมากกว่าของนาหว่านที่จัดการน้ำแบบเดียวกันซึ่งปล่อย TME $6.73-11.62 \text{ g.m}^{-2}$ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในนาหว่านการแต่งหน้าด้วยปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต 15 kg.rai^{-1} และปุ๋ยยูเรีย 7 kg.rai^{-1} ลด TME ลงได้เมื่อเทียบกับปุ๋ย 16-16-8 อัตรา 20 kg.rai^{-1} ในนาหว่านเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการทำนาหว่านขังและการปล่อยให้น้ำในนาแห้งเป็นบางช่วงต่อการปล่อย TME พบว่า การปล่อยให้น้ำในนาแห้งเป็นบางช่วงสามารถลดการปล่อยก๊าซมีเทนลง (methane reduction) อยู่ในช่วง $43.85-69.69 \%$ (ตารางที่ 1) และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในนาหว่านกับนาหว่านที่มีการปล่อยให้น้ำในนาแห้งเป็นบางช่วง การทำนาหว่านสามารถลดการปลดปล่อยก๊าซมีเทนลงอยู่ในช่วง $18.30-69.02 \%$

2. ผลผลิต

การทำนาหว่านที่มีการปล่อยให้น้ำในนาภายหลังระยะหยงดินแห้งเป็นบางช่วงสามารถให้ผลผลิตสูง $1,163-1,185 \text{ kg.rai}^{-1}$ (ตารางที่ 1) โดยที่แปลงที่ได้

รับปุ๋ยเป็นปุ๋ยแต่งหน้าอัตรา 7 kg.rai^{-1} ให้ผลผลิตสูงสุด $1,185 \text{ kg.rai}^{-1}$ ในขณะที่นาหว่านที่มีการขังน้ำตลอดฤดูและที่มีการปล่อยให้น้ำในนาภายหลังระยะหยงดินแห้งบางช่วงให้ผลผลิตน้อยกว่าอยู่ในช่วง $769-815 \text{ kg.rai}^{-1}$ นาหว่านที่จัดการน้ำให้แห้งบางช่วงให้ผลผลิตดีกว่านาหว่านที่มีการจัดการน้ำคล้ายกัน การใส่ปุ๋ยแต่งหน้าแอมโมเนียมซัลเฟตและยูเรียให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันในทุกแบบของการจัดการน้ำ เมื่อเทียบกับปุ๋ย 16-16-8 ในการทดลองนี้ผลผลิตข้าวที่ได้ได้มากกว่าผลผลิตเฉลี่ยของโลก 614 kg.rai^{-1} (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร 2545) ผลผลิตข้าวนาปรังชลประทานเฉลี่ยของจังหวัดขอนแก่น 456 kg.rai^{-1} (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร 2545) ผลผลิตข้าวที่ได้จากการทดลองนี้จัดว่าดีมากเนื่องจากการจัดการดิน น้ำ และปุ๋ยเหมาะสมกับสภาพทางกายภาพและทางเคมีของพื้นที่

3. ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนต่อหน่วยผลผลิตข้าว (MPG)

ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนต่อหน่วยผลผลิตข้าว (MPG) ใช้เป็นดัชนีวัดประสิทธิภาพเทคโนโลยีการผลิตข้าวที่คำนึงถึงการปล่อยก๊าซมีเทนที่เกิดจากกระบวนการผลิตข้าว ซึ่งต้องพิจารณาควบคู่กับผลผลิตที่ได้รับ ถ้าได้รับค่าให้ผลผลิตสูงและค่า MPG ต่ำจัดได้ว่าเป็นค่ารับที่เหมาะสม (Saenjan *et al.*, 2000; 2001; 2002) ซึ่งในการทดลองนี้พบว่า ในนาหว่านน้ำขังมี MPG สูงอยู่ในช่วง $34.8-44.6 \text{ gCH}_4.\text{kg}^{-1}\text{grain}$ (ตารางที่ 1) และถ้ามีการจัดการน้ำค่า MPG ลดลงอยู่ในช่วง $13.78-22.90 \text{ gCH}_4.\text{kg}^{-1}\text{grain}$ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยที่ทุกค่ารับยังคงให้ผลผลิตสูงและอยู่ในช่วงแถบ $769-815 \text{ kg.rai}^{-1}$ หมายความว่า การทำนาหว่านที่จัดการปล่อยให้น้ำแห้งบางช่วงนอกจากจะให้ผลผลิตดีแล้วยังปล่อยก๊าซมีเทนต่ำด้วย ในนา

Table 1 Total methane emission (TME), grain yield, methane emission per unit grain (MPG), and relative methane reduction obtained from direct-wet seeding and transplanting rice fields with different water managements and top dressing fertilizers.

Water management, cultivation	Fertilizer			Mean
	F1	F2	F3	
	TME (gCH ₄ .m ⁻²)			
Cont. flooding, direct-wet seeding	22.22 c	20.69 c	17.71 c	20.21
Intermit. aerating, direct-wet seeding	6.73 a	11.62 a	9.91 a	9.42
Cont. flooding, transplanting	21.73 c	17.12 bc	12.13 ab	16.99
	16.89	16.48	13.25	
	Grain (kg. rai ⁻¹)			
Cont. flooding, direct-wet seeding	769 a	808 a	813 a	797
Intermit. aerating, direct-wet seeding	781 a	815 a	813 a	803
Cont. flooding, transplanting	1,163 b	1,177 b	1,185 b	1,175
	904	933	937	
	MPG (gCH ₄ .kg ⁻¹ grain)			
Cont. flooding, direct-wet seeding	46.23 d	40.97 d	34.85 d	40.68
Intermit. aerating, direct-wet seeding	13.78 a	22.81 a	19.50 a	18.70
Cont. flooding, transplanting	29.89 bc	23.27 ab	16.38 a	23.18
	29.97	29.02	23.58	
	Relative reduction (%)			
Cont. flooding, direct-wet seeding	—	—	—	
Intermit. aerating, direct-wet seeding	69.73 ^{3/}	43.8 ^{3/}	44.04 ^{3/}	
Cont. flooding, transplanting	69.02 ^{4/}	32.12 ^{4/}	18.30 ^{4/}	

1/ All plots received 16-16-8 at the rate of 20 kg rai⁻¹ as top dressing fertilizer. F1, F2 and F3 represented 16-16-8 at the rate of 20 kg rai⁻¹, AS at the rate of 15 kg rai⁻¹ and urea at the rate of 7 kg rai⁻¹ as top dressing fertilizer, respectively.

2/ In a column and a row, numbers followed by the same letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

3/ Comparison between continuous flooding and intermittent aerating in wet-seeding fields by using continuous flooding (higher value) as baseline.

4/ Comparison between transplanting and wet-seeding in intermittent aerating fields by using transplanting (higher value) as baseline.

ค่าที่มีการปล่อยให้น้ำในนาแห้งบางช่วงพบว่า มีปริมาณก๊าซมีเทนต่อหน่วยผลผลิตข้าว(MPG)อยู่ในช่วง 16.38-29.75 $\text{gCH}_4\cdot\text{kg}^{-1}\text{grain}$ ซึ่งไม่ต่างจากของนาหว่านที่มีการจัดการน้ำในลักษณะเดียวกัน (ยกเว้นแปลง F1) แต่มีค่า TME สูงกว่าของนาหว่าน นั่นคือนาข้าวที่จัดการน้ำให้แห้งบางช่วงให้ผลผลิตสูงแต่ขณะเดียวกันปล่อยก๊าซมีเทนทั้งหมดสูงกว่านาหว่านด้วย อย่างไรก็ตามชนิดของปุ๋ยแต่งหน้ามีอิทธิพลเล็กน้อยต่อ MPG โดยที่การแต่งหน้าด้วยแอมโมเนียมซัลเฟตและยูเรียสามารถลด MPG ลงได้บ้างแต่ในขณะเดียวกันมีแนวโน้มเพิ่มผลผลิตข้าว

4. ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์

จากตารางที่ 2 ค่าแรงงาน (labour cost) ที่ใช้ในการทำนาคำนั้นจะสูงกว่าทำนาหว่านอย่างชัดเจน ทั้งนี้เพราะต้องจ้างแรงงานดำนา หลังจากดำนาเสร็จเจ้าของนามักแสดงน้ำใจโดยการเลี้ยงมือเย็นจึงเกิดค่าใช้จ่ายทางสังคมกับนาคามากกว่านาหว่าน นาคาโค่นถอนกระทุ้งระบาคจึงสิ้นเปลืองกับค่าสารกำจัดศัตรูมากกว่านาหว่าน และในที่สุดการทำนาคาจึงลงทุนมากกว่านาหว่าน ผลผลิตของนาคาที่ได้จากการทดลองนี้สูงกว่าของนาหว่านทำให้ได้รับรายได้จากนาคาค่อนข้างมาก และเมื่อหักต้นทุนการผลิตออกจากรายได้ผลก็คือนาคาให้กำไรมากกว่านาหว่านเล็กน้อย ทั้งนี้นาหว่านให้กำไรอยู่ในช่วง 2,220-2,451 Baht.rai⁻¹ ในขณะที่นาคาให้กำไรมากกว่าอยู่ในช่วง 2,391-2,572 Baht.rai⁻¹ อย่างไรก็ตามหากพิจารณาผลตอบแทนการลงทุน (income per unit cost) จะพบว่าการทำนาหว่านให้ผลตอบแทนดีกว่าการทำนาคาอย่างชัดเจนเนื่องจากลงทุนต่ำกว่าการทำนาคา ดังนั้นในการผลิตข้าวให้คุ้มกับการลงทุนนอกจากควรจัดการเพื่อเพิ่มผลผลิตต่อไร่แล้วควรจัดการเพื่อลดต้นทุนการผลิตจะให้ผลตอบแทนการลงทุนที่คุ้มทางเศรษฐศาสตร์จากการทดลองนี้

นาหว่านให้ผลตอบแทนการลงทุนคุ้มกว่านาคาอย่างชัดเจน

วิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของน้ำในนาต่อการปลดปล่อยก๊าซมีเทน

ในพื้นที่ชลประทานเกษตรกรรมคู่กันกับการปลูกข้าวแบบมีน้ำขังตลอดฤดูปลูกซึ่งเป็นการสนับสนุนให้เกิดก๊าซมีเทนในนาข้าว นอกจากจะไม่เป็นการประหยัดทรัพยากรน้ำแล้วยังปลดปล่อยก๊าซมีเทนมากกว่านาข้าวที่ปล่อยให้น้ำในนาแห้งบางช่วง ซึ่งสอดคล้องกับผลของ Rath *et al.* (1999) ที่รายงานว่านาข้าวมีน้ำขังเป็นแหล่งสำคัญที่ปล่อยก๊าซมีเทนสู่ชั้นบรรยากาศ Wassmann *et al.* (2000) รายงานว่าการระบายน้ำออกจากนาข้าวช่วงกลางฤดูปลูกลดการปล่อยก๊าซมีเทนได้ 7-80 % และการปล่อยน้ำออกจากนาในระยะข้าวแตกกอเต็มที่กลับจะทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะดินที่มีอินทรีย์วัตถุสูงหรือมีการใส่ปุ๋ยในอัตราสูง ในประเด็นของการทำนาหว่านและนาคาที่ปล่อยให้น้ำในนาแห้งบางช่วง เพื่อลดการปล่อยก๊าซมีเทนนั้นจากการทดลองนี้พบว่า ปริมาณก๊าซมีเทนที่ปล่อยจากนาคามีมากกว่านาหว่าน ทั้งนี้เพราะในนาคานั้นเกษตรกรต้องขังน้ำเพื่อช่วยให้ต้นข้าวตั้งตัวนานอย่างน้อย 30 วัน ในขณะที่ในนาหว่านช่วงระยะต้นข้าวตั้งตัวนั้นดินต้องไม่มีน้ำขังนาน 14 วัน จึงทำให้ปริมาณก๊าซมีเทนที่ปล่อยจากนาคามากกว่านาหว่าน และนอกจากนั้นลักษณะต้นข้าว(กอข้าว)ของนาคาโดยปกติใหญ่กว่าของนาหว่าน จึงทำให้อิทธิพลของต้นข้าว(กอข้าว)นาคาต่อการเกิดและปล่อยก๊าซมีเทนมีมากกว่านาหว่าน โดยทั่วไปนาหว่านจึงปล่อยก๊าซมีเทนน้อยกว่านาคา

พัชร (2540) กล่าวว่าในนาข้าวมีน้ำขัง การระบายน้ำส่วนเกินอย่างเหมาะสมกับความต้องการ

Table 2 Cost, benefit and income per unit cost of rice production (cv. Chai Nat 1) in second rice 2002.

Items (Baht.ra ⁻¹)	Continuous flooding, direct-wet seeding			Intermittent aerating, direct-wet seeding			Intermittent aerating, transplanting		
	F1	F2	F3	F1	F2	F3	F1	F2	F3
1) Labour cost	750	750	750	750	750	750	2049	2049	2049
- soil preparation ^{1/}	340	340	340	340	340	340	374	374	374
- seedling ^{2/}	-	-	-	-	-	-	340	340	340
- transplanting ^{3/}	-	-	-	-	-	-	800	800	800
- wet seeding ^{4/}	15	15	15	15	15	15	-	-	-
- others ^{5/}	50	50	50	50	50	50	150	150	150
- harvest,	345	345	345	345	345	345	385	385	385
transport	875	851	804	875	851	804	1135	1111	1064
2) Materials, tools	150	150	150	150	150	150	50	50	50
- seeds ^{6/}	240	216	169	240	216	169	240	216	169
- fertilizer ^{7/}	475	475	475	475	475	475	825	825	825
- pesticide ^{8/}	10	10	10	10	10	10	20	20	20
- agricultural tools	60	60	60	60	60	60	240	240	240
3) Social cost^{9/}	1685	1661	1614	1685	1661	1614	3424	3400	3353
Total cost	796	805	813	781	815	813	1163	1177	1185
Yield (kg. ra⁻¹)	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Price (Baht. kg⁻¹)	3980	4040	4065	3905	4075	4065	5815	5885	5925
Income	2295	2379	2451	2220	2414	2451	2391	2485	2572
Benefit	2.36	2.43	2.51	2.31	2.45	2.51	1.70	1.73	1.77
Income per unit cost									

1/ Labour cost of soil preparation in seedling plot was included for transplanting rice. 2/ Seedling production required a man for broadcasting, costs 100 Bath.day⁻¹; and a man for transporting, costs 240 Baht.day⁻¹. 3/ Four men were employed for a ra¹ of rice transplanting, 200 Baht.head⁻¹. 4/ Labour for broadcasting of seeds costs 150 Baht.10 ra⁻¹. 5/ For example, cost due to facilitate labours. 6/ Direct-wet seeding rice required 15 kg of seeds .ra⁻¹. Transplanting rice required 5 kg of seeds .ra⁻¹. A kg of seeds costs 10 baht. 7/ F1 represented 16-16-8, 20 kg.ra⁻¹ as basal fertilizer and 16-16-8, 20 kg.ra⁻¹ as topdressing fertilizer. F2 represented 16-16-8, 20 kg.ra⁻¹ as basal fertilizer and ammonium sulfate(AS, 21%N), 15 kg.ra⁻¹ as topdressing fertilizer. And F3 represented 16-16-8, 20 kg.ra⁻¹ as basal fertilizer and urea (46%N), 7 kg.ra⁻¹ as topdressing fertilizer. Price of fertilizer 16-16-8, AS and urea were 6, 6.4, and 7 Baht.kg⁻¹. 8/ To prevent stem borers from devastating transplanting rice, so another one more pesticide was used in transplanting rice than in direct-wet seeding rice. 9/ To treat food and beverage to labours is common in Thai farmer society.

น้ำของต้นข้าวหรือการปล่อยให้ดินแห้งโดยการคายระเหย เป็นการเพิ่มออกซิเจนให้แก่รากต้นข้าวได้หายใจ ช่วงของการระบายน้ำอาจนาน 4-8 วัน แล้วแต่ชนิดของเนื้อดินคือ ถ้าเป็นดินร่วนปนทราย 7-8 วัน และ ดินเหนียว 3-4 วัน ทั้งนี้จะไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตข้าว และสามารถลดก๊าซมีเทน โดยปกติต้นข้าวสามารถทนต่อสภาพน้ำแห้งในดินนาเมื่อหยาบได้ดีกว่าในดินนาเมื่อละเอียดเพราะออกแรงดูดความชื้นน้อยกว่าแม้ว่าปริมาณความชื้นทั้งหมดในดินเมื่อหยาบมีน้อยกว่าในดินนาเมื่อละเอียด การศึกษาของ Sass *et al.* (1991) ได้แสดงให้เห็นว่าก๊าซมีเทนลดลงถึงร้อยละ 88 ในดินนาที่ปล่อยให้น้ำแห้งหลายครั้ง (multiple aeration) เมื่อเทียบกับนาที่ขังน้ำ การจัดการน้ำอย่างเหมาะสมกับความต้องการน้ำของต้นข้าวนั้นทำได้โดยหลังจากหว่านข้าวแล้วอย่าให้น้ำท่วมนาแต่ให้มีความชื้นเพียงพอกับการงอกและให้ต้นกล้าตั้งตัว หลังจากนั้นขังน้ำในแปลงนา 5-10 cm เพื่อควบคุมวัชพืช ในนาดำหลังดำนาควรรักษาระดับน้ำไว้ 5-10 cm ในระยะข้าวแตกกอทั้งนาหว่านและนาดำอาจปล่อยให้น้ำในนาแห้งเองโดยการคายระเหย (evapotranspiration) ให้เห็นผิวดินแห้ง 4-5 วันจึงทน้ำเข้านาอีก ในระยะก้านิดช่อดอก (panicle initiation) จนถึงระยะออกดอก (flowering) ควรมีน้ำขัง 5 cm แล้วปล่อยให้เกิดการคายระเหยจนน้ำในนาแห้งแต่รักษาความชื้นในดินให้เพียงพอ ส่วนในระยะสุกแก่ (ripening) จะปล่อยให้เกิดการคายระเหยจนผิวดินแตก โดยปกติควรมีน้ำขัง 14 วันก่อนการเก็บเกี่ยวข้าว หากทำเช่นนี้ได้ นอกจากจะเป็นการใช้น้ำประหยัดและมีประสิทธิภาพแล้ว ไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิต และช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาได้ดี

ผลของปุ๋ยเคมีต่อการปลดปล่อยก๊าซมีเทน

ผลการทดลองนี้พบว่าในนาหว่านที่ได้รับปุ๋ยแต่งหน้าต่างชนิดกัน (ปุ๋ย 16-16-8 แอมโมเนียมซัลเฟต หรือ ยูเรีย) แต่ในอัตรา N เดียวกันมีทั้งเพิ่มและลดการปลดปล่อยก๊าซมีเทนแต่ค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นการใส่ปุ๋ยยูเรียแต่งหน้าให้แก่นาค่าช่วยลดก๊าซมีเทนลงได้ ทั้งนี้ข้อมูลแอมโมเนียมจากปุ๋ยดังกล่าวมีผลเพิ่มการเจริญเติบโตและกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ใช้ก๊าซมีเทนในการดำรงชีพ (methanotrophs) ก๊าซมีเทนจึงถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น ทำให้ลดการปล่อยก๊าซมีเทนสู่บรรยากาศลง (Joshau, 2000) ซึ่งต่างจาก Corton *et al.*, (2000) ที่รายงานว่า การใส่ปุ๋ยยูเรียในนาข้าวมีการปลดปล่อยก๊าซมีเทนสูงกว่านาที่ใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต พชรและคณะ (2545) รายงานว่าการใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตควรใส่เกิน 10 kg.rai⁻¹ จึงจะเห็นผลพลอยได้ของ SO₄²⁻ ต่อการลดก๊าซมีเทน แต่ในการทดลองนี้ได้ใส่แอมโมเนียมซัลเฟต 15 kg.rai⁻¹ สามารถลดก๊าซมีเทนเล็กน้อยเท่านั้น นั่นคือหากต้องการให้เห็นผลของแอมโมเนียมซัลเฟตต่อการลดก๊าซมีเทนอาจต้องใส่แอมโมเนียมซัลเฟตเกิน 15 kg.rai⁻¹ พชรและคณะ (2545) ยังพบว่าโดยทั่วไปอิทธิพลของปุ๋ยเคมีต่อการปล่อยก๊าซมีเทนมีน้อยกว่าอิทธิพลของอินทรีย์วัตถุและสภาพน้ำในนาในที่นี้สมควรกล่าวถึงอิทธิพลของปุ๋ยในโตรเจนต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ทั้งนี้การใส่ปุ๋ยในโตรเจนสามารถส่งเสริมการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N₂O) ได้ในสภาพดินแห้ง แม้ว่าการจัดการให้ดินนาแห้งเป็นบางช่วงเป็นกลยุทธ์ของการลดการปล่อยก๊าซมีเทน แต่กลับเป็นการส่งเสริมให้เกิดและปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์สู่บรรยากาศได้

การลดก๊าซมีเทนจากนาข้าวที่ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจดี

การทดลองนี้พบว่านาหว่านที่มีการปล่อยน้ำให้แห้งบางช่วงสามารถลดการปล่อยก๊าซมีเทนลง 44.0-69.6% เมื่อเทียบกับน้ำขังและให้ค่า MPG ต่ำอยู่ในช่วง 13.78-22.90 $\text{gCH}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \text{grain}$ โดยที่ค่าให้ผลผลิตสูงอยู่ในช่วง 769-815 kg.rai^{-1} และให้ค่าผลตอบแทนการลงทุนของนาหว่าน (income per unit cost) 2.31-2.51 ซึ่งสูงกว่าของนาดำที่ให้ค่าผลตอบแทนการลงทุน 1.87-1.95 ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่สถานีทดลองข้าวขอนแก่น (สมจิต และคณะ, 2539) จากค่า MPG ต่ำ ผลผลิตข้าวดี และผลตอบแทนการลงทุนสูงของนาหว่านที่จัดการปล่อยให้น้ำแห้งบางช่วง หมายความว่า การทำนาหว่านที่จัดการปล่อยให้น้ำแห้งบางช่วงนอกจากจะให้ผลผลิตข้าวดี ปล่อยก๊าซมีเทนต่ำแล้วยังให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจดีอีกด้วย ถัดมาวัลย์และนิวัติ (2543) พบว่าการเขต-กรรมที่ช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซมีเทนที่เหมาะสมและเป็นการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพคือการระบายน้ำออกจากนาเป็นช่วงๆ สามารถลดก๊าซมีเทนได้มากถึง 70% แต่ผลผลิตข้าวไม่ลดลง เช่นเดียวกับผลการวิจัยของ Corton *et al.*, (2000) พบว่าผลผลิตข้าวพันธุ์ IR64 ในนาหว่านฤดูปลูก 1997 ที่มีการขังน้ำไว้ในนาระดับ 5 cm ตลอดฤดูปลูก และที่มีการระบายน้ำออกในช่วงกลางฤดูจะช่วยลดการปล่อยก๊าซมีเทนและให้ผลผลิตข้าวไม่ต่างกัน อนึ่งมีข้อคิดระหว่างการทำนาแบบขังน้ำตลอดฤดูปลูกและแบบปล่อยให้น้ำในนาคายระเหยจนเห็นผิวดินแห้งบางช่วงนั้น หากคิดค่าน้ำที่ใส่ให้กับนาแบบที่ขังน้ำตลอดฤดูปลูกแล้วจะทำให้ต้นทุนในการผลิตข้าวสูงขึ้นอีก นอกจากจะไม่เป็นการประหยัดทรัพยากรน้ำแล้วยังส่งเสริมการปล่อยก๊าซมีเทนจากน่าน้ำขัง

การทำนาดำถึงแม้ว่าจะให้รายได้สุทธิสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับนาหว่านน้ำขังแล้วก็ตาม แต่การทำนาดำต้องใช้ต้นทุนการผลิตสูงจึงทำให้ผลตอบแทนการลงทุนต่ำกว่านาหว่านน้ำขัง (ศูนย์สถิติการเกษตร, 2534) สมจิต และคณะ (2539) ที่ได้รายงานว่าการทำนาดำมีต้นทุนค่าแรงสูงจึงทำให้ผลตอบแทนต่ำกว่านาหว่านข้าวแห้งที่ปลูกในจังหวัดขอนแก่น บริบูรณ์และสงกรานต์ (2535) รายงานว่าการทำนาหว่านน้ำขังประหยัดแรงงาน เวลา และต้นทุนการผลิตแต่ให้ผลตอบแทนใกล้เคียงกับการทำนาดำ

สรุป

สภาพความชื้นในดินนามีอิทธิพลต่อการปล่อยก๊าซมีเทนมากกว่าการใส่ปุ๋ย การขังน้ำในนาตลอดฤดูปลูกตามที่เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมจะปล่อยปริมาณก๊าซมีเทนทั้งหมด (TME) มากกว่าการที่ปล่อยให้น้ำในนาคายระเหยจนดินแห้งบางช่วง ดังนั้นการจัดการน้ำที่มีการปล่อยให้น้ำในนาคายระเหยจนดินแห้งบางช่วงควรถูกจัดให้เป็นทางเลือกหนึ่งในการลดก๊าซมีเทน ในนาหว่านที่ปล่อยให้น้ำในนาแห้งเป็นบางช่วงสามารถลดการปล่อยก๊าซมีเทนลง 43-69 % เมื่อเทียบกับการทำนาหว่านน้ำขัง การทำนาหว่านที่มีการปล่อยให้น้ำในนาแห้งเป็นบางช่วงลดการปล่อยก๊าซมีเทนลง 18-69 % เมื่อเทียบกับนาดำที่จัดการน้ำในลักษณะเดียวกัน ดังนั้นการทำนาหว่านที่มีการปล่อยให้น้ำในนาแห้งเป็นบางช่วงเป็นทางเลือกที่ดีต่อการลดก๊าซมีเทน ในขณะที่การใส่ปุ๋ยทุกคำรับที่ศึกษากับนาหว่านให้ผลดีต่อการรักษาผลผลิตข้าวมากกว่าต่อการลดก๊าซมีเทน เกษตรกรควรใช้น้ำชลประทานอย่างประหยัดเพื่อช่วยลดก๊าซมีเทนจากนา ควรใส่ปุ๋ยรองพื้นและปุ๋ยแต่งหน้าเพื่อรักษาผลผลิตข้าว นาดำแม้จะให้ผล

ผลิตสูงกว่านาหว่านแต่ปล่อยก๊าซมีเทนสูงกว่านาหว่าน แต่ในเชิงธุรกิจการทำนาหว่านให้ผลตอบแทนดีกว่าการทำนาดำอย่างชัดเจน เนื่องจากลงทุนต่ำกว่า การทำนาหว่านที่จัดการปล่อยให้น้ำแห้งบางช่วงนอกจากยังคงให้ผลผลิตดีแล้วยังปล่อยก๊าซมีเทนต่ำสมควรถูกคัดเลือกให้เป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมและควรทดสอบต่อไป ในทางปฏิบัติในปัจจุบันเกษตรกรทำนาหว่านมากกว่าทำนาดำทั้งนี้เพราะเสี่ยงปัญหาขาดแคลนแรงงาน ลดต้นทุนด้านแรงงาน และ ไม่ต้องตกกล้า แต่การปล่อยให้น้ำในนาแห้งบางช่วงนั้นต้องร่วมมือทำกันเป็นพื้นที่ใหญ่หรือทำทั้งโซนที่ใช้ น้ำ เกษตรกรรายย่อยไม่สามารถทำกระจายกระจายตามลำพังได้คืออย่างมีประสิทธิภาพ เรื่องของการจัดการน้ำเพื่อลดก๊าซมีเทนต้องทำเป็นนโยบายของรัฐบาลร่วมกับเกษตรกรผู้ใช้น้ำในพื้นที่ที่จะประสบผลสำเร็จ

กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยขอนแก่นที่สนับสนุนงานวิจัยนี้ ซึ่งได้รับทุนอุดหนุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีงบประมาณ 2545

เอกสารอ้างอิง

บริบูรณ์ สัมฤทธิ์ และ สงกรานต์ จิตรากร. 2535. การศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาหลักด้านเทคโนโลยีของข้าวในประเทศไทย สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ลัดดาวัลย์ วรรณนุช และ นิวัติ เจริญศิลป์. 2543. การปลดปล่อยก๊าซมีเทนในนาข้าวและแนวทางเพื่อลดปริมาณการปลดปล่อย. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

นิวัฒน์ นภีรงค์ และ อนันต์ ผลวัฒนะ. 2543. อัตราปุ๋ยไนโตรเจนต่อผลผลิตข้าวเมื่อปลูกโดยวิธีไม่ไถพรวน. การสัมมนาวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาวภาคเหนือ ประจำปี 2543 24 - 25 กุมภาพันธ์ 2544. ณ โรงแรมเซ็นทรัลแมสคอตฮิลล์ จ.ตาก ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก ศูนย์วิจัยข้าวแพร่และสถานีทดลองเครือข่าย สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

พัชรีย์ แสนจันทร์. 2540. เกษตรชลประทาน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 335 หน้า

พัชรีย์ แสนจันทร์ ดวงสมร คุณาพิทักษ์ เทพฤทธิ์ คุณาพิทักษ์ และ ศุภชัย ตั้งชูพงศ์. 2545. ปริมาณการปลดปล่อย CH_4 จากนาข้าวเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) 66 หน้า.

ศูนย์สถิติการเกษตร. 2534. เรือหน้ารู้ทางการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สมจิต คันธสุวรรณ สุวัฒน์ เจริญคงมั่น สุนทรี มีเพชร บรรจง เหมมานนท์ ศุภวัตร ทิพย์รักษ์ และ ศุภชัย ตั้งชูพงศ์. 2539. การเปรียบเทียบเชิงเศรษฐศาสตร์ของการทำนาดำและนาหว่านข้าวแห้ง รายงานการประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานี ครั้งที่ 8 26 - 27 กุมภาพันธ์ 2539 ณ โรงแรมนภาลัย จ.อุดรธานี สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

สำนักงานสถิติการเกษตร. 2545. สถิติเพาะปลูกปี 2544/2545. Available from <http://www.nso.go.th/eng/pub/keystat/key03/agri.pdf>.

สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม. 2545. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. 71 หน้า

- Buendia, L.V., H.U. Neue, R. Wassmann, R.S. Lantin, A.M. Javellana, J. Arah, Y. Xu, A. K.Makarim, T.M. Corton, and N. Charoensilp. 1996. Understanding the Nature of Methane Emission from Rice Ecosystems as a Basis for Mitigation Strategies. In: Proceedings of the International Symposium on Maximizing Sustainable Rice Yields through Improved Soil And Environmental Management. November 11-17, 1996. Charoen Thani Princess Hotel, Khon Kaen, Thailand. Volume 1: 291-306
- Corton T.M., J.B. Bajita, F.S. Grospe, R.R. Pamplona, J. Asis, R. Wassmann, R. S. Latin and L.V. Buendia. 2000. Methane emission from irrigated and intensively managed rice filed in Central Luzon (Philippines). *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 58: 37-53, 2000.
- IPCC.1992. International Panel on Climate Change: The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment p 25-47.
- Joshua, S. 2000. Rice, microbes and methane. *Nature* 403 : 375-377.
- Metra-Corton, T. M., J. B. Bajita, R. R. Pamplona and F.S. Grospe. 1996. Potential Mitigation Measure to Reduce Methane Emissio from Irrigated Lowland Rice. P 345 - 363 In: Proceedings of the International Symposium on Maximizing Sustainable Rice Yields Through Improved Soil and Environmental Management. Novemble 11-17, 1996. Charoen Thani Princess Hotel, Khon Kaen, Thailand.
- Neue, H.U. and R. Sass. 1993. Trace gas emissions from rice fields. In : Methane emission in Rice Field. Workshop held at IRRI Philippines 30 Augt-3 September 1993.
- Rath, A.K., B. Ramakrishnan, D. panda, T.K. Adhya, V.R. Rao and N. Sethunathan. 1999. Influence of fertilizer management and water regime on methane emission from rice field. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 76:99-107
- Saenjan, P., D. Tulaphitak, T. Tulaphitak, S. Tangchupong, and S. Jearakongman. 2000. Methane emission from Thai Farmers' Paddy fields in Khon Kaen, p 81-97. In: Proceedings of Annual Agricultural Seminar for Year 2001, 24 - 25 January 2000, Faculty of Agriculture, Khon Kean University, Khon Kean.
- Saenjan, P., D. Tulaphitak, T. Tulaphitak, S. Tangchupong, and S. Jearakongman. 2001. Methane emission from Thai Farmers' Paddy fields in Khon Kaen, p 1-22. In : Proceedings of Annual Agricultural Seminar for Year 2001, 26 - 27 January 2001, Faculty of Agriculture, Khon Kean University, Khon Kean.
- Saenjan, P., D. Tulaphitak, T. Tulaphitak, S. Tangchupong and S. Jearakongman. 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).
- Sass, R., F.M. Fisher, P.A. Harcombe and F.T. Turner. 1991. Methane production and emission in Texas rice field. *Global Biogeochemistry Cycle* 4: 47-68.
- Wang, Z., Y. Xu, Z. Li, Y. Guo, H. U. Neue and R. Wassman. 1996. Effect of Water Regime and Manure Emission from Rice Fields, p 345-363. In: Proceedings of the International Symposium

วารสารเกษตร 20(3): 259 – 271 (2547)

on Maximizing Sustainable Rice Yields Through
Improved Soil and Environmental Management.
November 11 – 17, 1996. Charoenthani Princess
Hotel, Khon Kaen, Thailand.1:345-363.

Wassmann R., R.S. Lantin, H.U. Neue, L.V. Buendia, T. M.
Corton and Y. Lu. 2000. Characterization of
methane emissions from rice fields in Asia. III.
Mitigation options and future research needs, p23-
36. In: Methane Emission from Major Rice
Ecosystems in Asia. Nutrient Cycling in
Agroecosystems 58: 23-36
