ผลของอัตราฟางข้าวต่อผลผลิตข้าวและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

Rice straw rates influencing rice yields and greenhouse gases

นิภา ธรรมโสม[1], มัจฉา แก้วพิลา[1], ดวงสมร ตุลาพิทักษ์[2], เกษสุดา เดชพิมล[2], พัชรินทร์ ส่งศรี[2] และ พัชรี แสนจันทร์[1*]

Nipa Thammasom[1], Matsa Keophila[1], Duangsamorn Tulaphituk[2], Katsuda Dachphimon[2], Phatcharin Songsri[2] and Patcharee Saenjan[1*]

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการใช้ฟางข้าวอัตราต่างๆ ต่อผลผลิตข้าวและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (CH_4, CO_2) ซึ่งพบว่าการเพิ่มอัตราฟางข้าว 1-4 ตัน/ไร่ ลงไปในดินส่งผลให้มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก 50.5-104.7 กก.C/ไร่ เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นตามอัตราของฟางข้าว โดยการใส่ฟางข้าวที่อัตรา 1, 2, 3 และ 4 ตัน/ไร่ ได้ผลผลิตข้าว 432.4, 643.4, 659.9 และ 757.4 กก./ไร่ ตามลำดับ ในขณะที่ประสิทธิภาพของคาร์บอนอินทรีย์ที่ใส่ 1 หน่วยต่อผลผลิตข้าว (RY/C_{input}) ให้ผลผลิตข้าวลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเมื่ออัตราคาร์บอนอินทรีย์เพิ่มขึ้น และประสิทธิภาพของอัตราคาร์บอนอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นให้สัดส่วนการปล่อยคาร์บอนก๊าซต่อคาร์บอนอินทรีย์ที่ใส่ 1 หน่วย (C_{gas}/C_{input}) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการใส่ฟางข้าวในอัตราที่สูงขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพการผลผลิตข้าวลดลง แต่ยังคงให้ผลผลิตข้าวในปริมาณที่มากขึ้นตามอัตราฟางข้าวที่ใส่ และหากมีการจัดการแปลงนาอย่างมีประสิทธิภาพจะทำให้การปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงด้วย

คำสำคัญ: คาร์บอนอินทรีย์ มีเทน คาร์บอนไดออกไซด์

ABSTRACT: This research focused on the efficiency of rice straw of several rates on grain yields and greenhouse gases (CH_4 and CO_2) emission. It was found that high rates of rice straw, 1-4 t/rai, added to soil produced significant amounts of greenhouse gases, 50.5-104.7 kg C/rai, compared to the control. Rice yields increased with the higher rates of rice straw. Adding rice straw at the rates of 1, 2, 3 and 4 t/rai produced rice yields of 432.4, 643.4, 659.9 and 757.4 kg/rai, respectively. Moreover, the efficiency of a unit of organic carbon added to soil on rice yield (RY/C_{input}) significantly declined with increasing rates of rice straw. Efficacy of higher rates of rice straw gave the ratio of emitted carbon gases to a unit of input organic carbon (C_{gas}/C_{input}) became smaller significantly. This study indicated that higher rates of rice straw application induced low efficiency for rice yield production. However, the obtained rice yields increased with higher rates of rice straw. In addition, effective management of rice field resulted in reduction of greenhouse gases emission.

Keywords: C-input**,** methane, carbon dioxide

[1] ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002
Department of Plant Science and Agricultural Resources, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, 40002

[2] ศูนย์ศึกษาค้นคว้าและพัฒนาเกษตรกรรม ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
Agricultural Development Research Center in Northeast Thailand

* Corresponding author: patsae1@kku.ac.th

บทนำ

United Nation (2011) รายงานว่าประชากรโลกในปัจจุบันมีจำนวนเกือบ 7 พันล้านคน และได้คาดการณ์ไว้ว่าประชาการโลกมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเป็น 10.1 พันล้านคน ในอีก 90 ปีข้างหน้า ในขณะที่พื้นที่ทางการเกษตรมีพื้นที่ลดลงเนื่องจากถูกสร้างเป็นพื้นที่สำหรับที่อยู่อาศัยของประชากรมนุษย์ที่กำลังเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตาม ข้าวเป็นอาหารหลักของประชากรส่วนใหญ่ของโลก โดยเฉพาะในทวีปเอเชียบริโภคข้าวเป็นอาหารหลักมากกว่า 90% (IRRI, 2012) ภายใต้สภาพพื้นที่ที่มีอยู่อย่างจำกัดและเพื่อให้ผลผลิตเพียงพอกับความต้องการในการบริโภคของประชากรที่กำลังเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงมีความจำเป็นที่ต้องหาแนวทางในการทำให้ผลผลิตข้าวเพียงพอกับความต้องการของประชากร การใส่วัสดุอินทรีย์เพื่อปรับปรุงดินเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถเพิ่มผลผลิตข้าวได้

ฟางข้าวเป็นวัสดุอินทรีย์ที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการนำมาใช้ในการปรับปรุงดิน กรมส่งเสริมการเกษตร (2552) มีการประเมินฟางข้าวที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวคิดเป็น 26.9 ล้านตันต่อปี และมีธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 0.64%, ปริมาณคาร์บอนทั้งหมด 39.2%, C:N ratio 61.3, ฟอสฟอรัส 1.1 g kg^{-1}, โพแทสเซียม 2628 mg kg^{-1}, แมกนีเซียม 472 mg kg^{-1}, แคลเซียม 262 mg kg^{-1}, โซเดียม 366 mg kg^{-1}, ความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน 36.2 $cmol_c$ kg^{-1}, pH 7.2, ค่าการนำไฟฟ้า 3.58 dSm^{-1} (Abdelhamid et al., 2004) ซึ่งการไถกลบฟางข้าวลงไปในดินช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช เพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินและหมุนเวียนธาตุอาหารคืนสู่ดิน เพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดิน และรักษาระดับความเป็นกรด-ด่าง ให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช มีหลายงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาการใช้ฟางข้าวในการปรับปรุงดินแล้วส่งผลให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น (Surekha et al., 2006; Kaewpradit et al., 2009)

อย่างไรก็ตาม ฟางข้าวนอกจากเป็นแหล่งของคาร์บอนอินทรีย์ที่สำคัญต่อการปรับปรุงดินแล้ว ขณะเดียวกันยังเป็นแหล่งสารตั้งต้นคาร์บอนที่สำคัญต่อการผลิตก๊าซเรือนกระจกในนาข้าว (CH_4, CO_2) (IPCC, 1996) และในนาข้าวหนึ่งหน่วยพื้นที่มีปริมาณคาร์บอนจากฟางข้าวที่เหลือหลังเก็บเกี่ยว ซึ่งเป็นส่วนที่ต้องถูกไถกลบลงไปคลุกเคล้าอยู่ในดิน ในการทดลองจะมีการเพิ่มฟางข้าวลงไปในดินอีก เหล่านี้คือปริมาณคาร์บอนทั้งหมดที่จะถูกคลุกเคล้าลงในดิน (C_{input}) เพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวในระหว่างนี้มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วย ดังนั้นการวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการใช้ฟางข้าวต่อผลผลิตข้าวและปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (CO_2 และ CH_4)

วิธีการศึกษา

สถานที่ทดลองและแผนการทดลอง

การทดลองภาคสนามได้ดำเนินการที่ บ้านนางาม ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น คุณสมบัติดินในพื้นที่ทดลองเป็นดินร่วน (sand 49.4%, silt 36.2%, clay 14.4%) pH 5.1, EC 0.12 dSm^{-1}, ปริมาณอินทรียวัตถุ 1.5%, ไนโตรเจนทั้งหมด 0.064%, ฟอสฟอรัส 5 ppm, ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 21 ppm และปริมาณแอมโมเนียม 9.7 ppm จำแนกลักษณะพื้นที่เป็น Paleaquults (US Department of Agriculture, 1999)

วางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized complete block design) จำนวน 4 ซ้ำ ตำรับการทดลองประกอบด้วยการใส่และไม่ใส่ฟางข้าว 5 อัตรา ร่วมกับใส่และไม่ใส่ปุ๋ยเคมี ส่วนตำรับควบคุมไม่ใส่ทั้งฟางข้าวและไม่ใส่ปุ๋ยเคมี รวมทั้งหมด 6 ตำรับ (**Table 1**) เริ่มการทดลอง (53 วันก่อนปลูก) ประเมินฟางข้าวที่มีอยู่เดิม (residual C, C_{res}) มีปริมาณ 0.74 ตัน/ไร่ และวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนในฟางข้าวได้ 21.84% (คิดเป็น C_{res} 161.6 กก.C/ไร่) แปลงทดลองมีขนาด 4×4 ตารางเมตร คันนากว้าง 50 เซนติเมตร สูง 40 เซนติเมตร พันธุ์ข้าวที่ใช้ในการทดลอง คือ พันธุ์ปทุมธานี1 หว่านในอัตรา 20 กก./ไร่ การใส่ปุ๋ยแบ่งใส่ 3 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยรองพื้น 16-16-8

($N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$) อัตรา 40 กก./ไร่ ก่อนหว่านข้าว 1 วัน ครั้งที่ 2 ใส่ยูเรีย (46%N) อัตรา 30 กก./ไร่ ที่อายุต้นข้าว 22 วัน และครั้งที่ 3 ใส่ยูเรีย (46%N) อัตรา 30 กก./ไร่ ที่อายุต้นข้าว 46 วัน เริ่มขังน้ำในแปลง 5-10 เซนติเมตร หลังจากหว่านข้าว 7 วัน และระบายน้ำออกที่ต้นข้าวอายุ 75 วันหลังหว่านข้าวจนกระทั่งถึงระยะเก็บเกี่ยว (100 วันหลังหว่านข้าว)

การเก็บตัวอย่าง CO_2, CH_4 และเครื่องมือการวิเคราะห์ก๊าซ

การเก็บตัวอย่างก๊าซใช้วิธีการ Closed static chamber method (Gaihre et al. 2011) โดยเก็บตัวอย่างก๊าซ ในช่วงเวลา 09.00 น. - 11.00 น. ที่เวลา 0, 10, 20 นาที ของตัวอย่างในแต่ละแปลง ทุกๆ 7 วัน ตลอดฤดูปลูก (106 วันหลังหว่านข้าว, DAS) วิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) โดยใช้เครื่อง Gas Chromatograph (Shimadzu GC 2014) เชื่อมต่อกับ Methanizer (Shimadzu MTN-1) ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนก๊าซมีเทนให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และใช้ Flame Ionization Detector (FID) เป็นตัวตรวจวัด ใช้คอลัมน์ยาว 2 เมตร ที่บรรจุด้วย Unibead C อุณหภูมิคอลัมน์ 180°C อุณหภูมิดีเทคเตอร์ 200°C ใช้ ก๊าซฮีเลียม (He) เป็นก๊าซพา (carrier gas) และ retention time ของก๊าซมีเทนคือ 2.25 นาที และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 3.25 นาที

การเก็บตัวอย่างผลผลิตข้าว

สุ่มพื้นที่สำหรับเก็บเกี่ยวในแต่ละแปลงทดลอง 1×1 ตารางเมตร นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แยกเมล็ดสมบูรณ์โดยใช้เครื่องเป่าลมแบบสุญญากาศ คำนวณน้ำหนักผลผลิตต่อพื้นที่ (ความชื้นเมล็ด 14%)

วิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SAS (Statistic Analysis System) เวอร์ชั่น 9.1 for Window, USA ทดสอบความแตกต่างระหว่างตำรับและสัมประสิทธิ์การแปรผัน (coefficient of variation: CV) ด้วยวิธี DMRT (Duncan's Multiple Range Test)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลของการใช้ฟางข้าวต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนตลอดฤดูปลูกทั้งการทดลอง (**Table 2**) อยู่ในช่วง 16.3-93.5 กก.C/ไร่ และมีความแตกต่างกันระหว่างตำรับอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ในขณะที่ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดฤดูปลูกมีค่าอยู่ในช่วง 11.2-14.4 กก.C/ไร่ และไม่มีความแตกต่างกันระหว่างตำรับ อย่างไรก็ตามปริมาณของคาร์บอนทั้งหมดที่อยู่ในรูปของก๊าซ (CH_4 และ CO_2) ที่ปลดปล่อยออกมาตลอดฤดูปลูก ตำรับที่ 5 ที่ใส่ฟางข้าว 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีการปลดปล่อยปริมาณ CH_4 และ CO_2 ออกมาสูงสุด 104.7 กก.C/ไร่ ในขณะที่ตำรับที่ 2 ที่ไม่ได้ใส่ฟางข้าวเพิ่มแต่ใส่ปุ๋ยเคมีมีการปล่อยก๊าซทั้งสองชนิดออกมาปริมาณน้อยที่สุด 27.4 กก.C/ไร่

ผลของการใช้ฟางข้าวต่อผลผลิตข้าว

ผลของการใส่ฟางข้าวที่มีต่อผลผลิตข้าว (RY) (**Table 2**) แสดงให้เห็นว่าการใส่ฟางข้าวในอัตรา 1, 2, 3 และ 4 ตัน/ไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีมีแนวโน้มเพิ่มผลผลิตข้าว 432.4, 643.4, 659.9 และ 757.4 กก./ไร่ ตามลำดับและมีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุมที่ให้ผลผลิตต่ำสุด 283.5 กก./ไร่ และตำรับที่ใส่เฉพาะปุ๋ยเคมี (CF) 393.5 กก./ไร่ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Yang et al. (2010) พบว่าการเพิ่มอัตราฟางข้าว 1.8 และ 2.4 ตัน/เฮกตาร์ เพื่อปรับปรุงดินทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น 28% และ 32% ตามลำดับ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Luu and Nguyen. (2006) พบว่าการใส่ฟางข้าว 6 ตัน/เฮกตาร์ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี N, P_2O_5 และ K_2O ในอัตรา 40, 15 และ 15 ตัน/เฮกตาร์ ตามลำดับทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น 37% ในฤดูนาปรัง และ 48% ในฤดูนาปี เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม Surekha et al. (2006) ได้รายงานว่า การเพิ่มขึ้นของผลผลิตที่เกิดขึ้นจากการใส่ฟางข้าวนั้นเนื่องมาจากเกิดกระบวนการย่อยสลายฟางข้าวทางชีวเคมีและปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อข้าว ทำให้ข้าวสามารถเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่และทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น

สัดส่วน RY/C_{input}, RY/C_{gas} **และ** C_{gas}/C_{input}

หากพิจารณาในมุมของผลผลิตข้าวต่อปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ที่ใส่ในหน่วยพื้นที่เดียวกัน (RY/C_{input}) (**Table 2**) ซึ่งใช้อธิบายประสิทธิภาพของคาร์บอนอินทรีย์ที่ใส่ลงในพื้นที่ (C_{input}) ตำรับที่ 2 ได้ซากคาร์บอนอินทรีย์เดิม (C_{res}) 161.6 กก.C/ไร่ (+CF) สามารถให้ผลผลิตข้าวได้มากที่สุด 2.4 กก.ต่อปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ที่ใส่ 1 กก. ในขณะที่ตำรับที่ 6 ได้รับคาร์บอนอินทรีย์ 1034.8 กก.C /ไร่ (+CF) กลับให้ผลผลิตเพียง 0.7 กก.ต่อปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ที่ใส่ 1 กก.

ขณะเดียวกันหากพิจารณาสัดส่วนของผลผลิตข้าวต่อปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอน (RY/C_{gas}) ซึ่งใช้อธิบายต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมในรูปของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหน่วยพื้นที่ที่ผลิตข้าวนั้นจะพบว่าตำรับที่ 2 ได้ซากอินทรีย์เดิม (C_{res}) 161.6 กก.C/ไร่ (+CF) เป็นตำรับที่ให้ผลผลิตข้าวมากที่สุด 14.3 กก. ต่อปริมาณการปล่อย C_{gas} 1 กก. ตามด้วยตำรับที่ 6 ที่ได้รับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ 1034.8 กก.C/ไร่ (+CF) ให้ผลผลิตข้าว 11.4 กก. ต่อปริมาณการปล่อย C_{gas} 1 กก. ในขณะที่ตำรับที่ 3, 4, และ 5 ให้ผลผลิตข้าวรองลงมา แต่ไม่แตกต่างกับตำรับควบคุม

การปลดปล่อยคาร์บอนในรูปของก๊าซเรือนกระจกต่อปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ที่มีอยู่ในดินในหน่วยพื้นที่เดียวกัน (C_{gas}/C_{input}) พบว่าตำรับที่ใส่ฟางข้าวเพิ่ม 1-4 ตัน/ไร่ (ซึ่งมีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน 379.6-1034.8 กก.C /ไร่ (**Table 1**)) มีสัดส่วน C_{gas}/C_{input} อยู่ในช่วง 0.07-0.13 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าของตำรับควบคุม (0.27) และตำรับที่ 2 (0.17) แสดงว่าปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ 1 กก.ในตำรับที่ได้รับฟางข้าวเพิ่มขึ้นกลับปล่อยคาร์บอนก๊าซในปริมาณที่น้อยลง ในขณะที่ในดินควบคุมมีสัดส่วน C_{gas}/C_{input} มากที่สุด 0.27 และตำรับที่ 2 มีสัดส่วน C_{gas}/C_{input} 0.17 ทั้งสองตำรับไม่ได้รับฟางข้าวเพิ่มแต่กลับปล่อยก๊าซคาร์บอนมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ จากผลที่ได้คาดการณ์ได้ว่าการเพิ่มปริมาณอินทรีย์คาร์บอนลงไปในดินทดลองนี้เมื่อมีคาร์บอนอินทรีย์บางส่วนปล่อยออกในรูปของก๊าซในปริมาณต่ำ ขณะเดียวกันน่าจะมีคาร์บอนอินทรีย์บางส่วนสะสมอยู่ในดินในปริมาณมากที่ไม่ได้ปล่อยออกมาในรูปของก๊าซ นั่นคือหากมีการเติมคาร์บอนอินทรีย์ลงไปในดินมากขึ้นก็จะเพิ่มศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินได้ หากเรามีข้อมูลคาร์บอนอินทรีย์ในดิน (SOC) ในพื้นที่เดียวกันนี้มาใช้ร่วมในการอธิบายการสะสมคาร์บอนในดินจะเป็นประโยชน์มาก ซึ่งข้อมูลนี้เป็นข้อมูลที่ได้จากการศึกษาเพียงหนึ่งฤดูปลูกเท่านั้นแต่สามารถมองเห็นได้ถึงศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินเมื่อมีการเพิ่มคาร์บอนอินทรีย์ลงในดิน

อย่างไรก็ตามในการศึกษานี้เป็นแนวทางหนึ่งในการพิจารณาวิธีการจัดการดินและปุ๋ยเพื่อให้ได้มาซึ่งผลผลิตสูงสุดขณะเดียวกันก็คำนึงถึงการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในนาข้าวนอกจากปัจจัยทางด้านการจัดการวัสดุอินทรีย์แล้ว ยังมีปัจจัยอย่างอื่นที่สามารถจัดการได้ พัชรีและคณะ (2548) กล่าวว่า การปล่อยให้ดินแห้งบ้างเป็นบางช่วงสั้นๆ แม้ว่าจะช่วยลดปริมาณการปล่อยคาร์บอนก๊าซลงได้ แต่จะเป็นการกระตุ้นให้เกิดการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) โดยเฉพาะในดินที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน (พัชรีและคณะ, 2547) การใส่ปุ๋ยเคมีที่มีความสามารถในการยับยั้งการเกิดก๊าซมีเทน เช่น ปุ๋ยที่มีซัลเฟตเป็นองค์ประกอบสามารถลดการปลดปล่อยก๊าซมีเทนได้เช่นกัน (Ro et al., 2011)

สรุป

การเพิ่มอัตราฟางข้าวลงไปในดินส่งผลให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งกับอัตราฟางข้าว 3-4 ตัน/ไร่ ให้ผลผลิต 659.9-757.4 กก./ไร่ ซึ่งมากกว่าตำรับควบคุมถึง 2.3-2.7 เท่า แต่ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ (CH_4+CO_2) ตลอดฤดูปลูกเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับตำรับควบคุมและตำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมี การเพิ่มคาร์บอนอินทรีย์ลงไปในดิน (ในรูปของฟางข้าว) หากมีการจัดการดินและน้ำโดยการปล่อยให้ดินแห้งเป็นระยะเวลาสั้นๆ ในบางช่วงอย่างการทดลองนี้จะส่งผลให้สัดส่วนการปล่อยคาร์บอนก๊าซต่อคาร์บอนอินทรีย์ที่ใส่ลดลงได้ แต่ประสิทธิภาพของคาร์บอนอินทรีย์ที่เติมลงไปในดิน 1 หน่วย (ในรูปของฟางข้าว) ส่งผลให้ผลผลิตข้าวลดลง

Table 1 Rates of rice straw and chemical fertilizer used in this experiment.

Treatment[1/]	Rates of rice straw (RS) added[1/]	Chemical fertilizer (CF)	C_{input} [3/]
1	No RS	No CF	161.6 kg-C rai^{-1}
2	No RS	16-16-8 (N:P_2O_5:K_2O) 40 kg rai^{-1} + urea (46% N) 60 kg rai^{-1}	161.6 kg-C rai^{-1}
3	[2/]1 t rai^{-1}	16-16-8 (N:P_2O_5:K_2O) 40 kg rai^{-1} + urea (46% N) 60 kg rai^{-1}	379.6 kg-C rai^{-1}
4	2 t rai^{-1}	16-16-8 (N:P_2O_5:K_2O) 40 kg rai^{-1} + urea (46% N) 60 kg rai^{-1}	598.0 kg-C rai^{-1}
5	3 t rai^{-1}	16-16-8 (N:P_2O_5:K_2O) 40 kg rai^{-1} + urea (46% N) 60 kg rai^{-1}	816.4 kg-C rai^{-1}
6	4 t rai^{-1}	16-16-8 (N:P_2O_5:K_2O) 40 kg rai^{-1} + urea (46% N) 60 kg rai^{-1}	1034.8 kg-C rai^{-1}

[1/] All treatments had the remained residual rice stubble 0.74 t rai^{-1} incorporated prior to the soil preparation, 53 days before sowing rice seeds.

[2/] Treatments with RS added were incorporated 30 days before sowing rice seeds.

[3/] C_{input} = C_{res} (161.6 kg C rai^{-1}) + rice straw added according to treatments, and also based on C content in rice straw, 27.84%.

Table 2 Rice straw rates affecting seasonal methane (CH_4) emission, carbon dioxide (CO_2) emission and rice yield (RY).

Treatment	CH_4 [1/]	CO_2 [1/]	CH_4+CO_2	RY	RY/C_{input}	RY/C_{gas}	C_{gas} /C_{input}
	kg-C rai^{-1}	kg-C rai^{-1}	kg-C rai^{-1}	kg rai^{-1}			
Control	30.9 cd	12.4	43.3 de	283.5 d	1.7 b	6.5 c	0.27 a
Chemical fertilizer (CF)	16.3 d	11.2	27.4 e	393.5 c	2.4 a	14.3 a	0.17 b
RS 1 t rai^{-1} + CF	38.7 c	11.7	50.4 cd	432.4 c	1.1 c	8.6 c	0.13 c
RS 2 t rai^{-1} + CF	61.3 b	12.2	73.5 b	643.4 b	1.1 c	8.8 bc	0.12 c
RS 3 t rai^{-1} + CF	93.5 a	11.2	104.7 a	659.9 ab	0.8 cd	6.4 c	0.13 c
RS 4 t rai^{-1} + CF	57.8 b	10.2	68.7 cb	757.4 a	0.7 d	11.4 b	0.07 c
F-test[2/]	***	ns	***	***	***	***	***
CV (%)	25.6	13.7	20.3	12.8	16.2	18.6	12.2

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยขอนแก่น และสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษาแห่งชาติที่สนับสนุนงานวิจัยนี้ผ่านโครงการมหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ คลัสเตอร์การจัดการลุ่มน้ำแบบองค์รวม การสนับสนุนบางส่วนจากโครงการดินปัญหาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และทุนอุดหนุนวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่นปีงบประมาณ 2556

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร, 2552. ประโยชน์ของการไถกลบตอซังข้าว. จดหมายข่าวส่งเสริมการเกษตร. ประจำเดือนมกราคม 2552. สำนักงานส่งเสริมการเกษตร อำเภอธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด.

พัชรี แสนจันทร์, มนตรี แสนวังสี, และกัลยากร โปร่งจันทึก. 2548. การลดก๊าซมีเทนในนาดำและนาหว่านน้ำตมที่มีการจัดการปุ๋ยภายใต้สภาพน้ำขังสลับกับดินแห้ง. ว. สงขลานครินทร์ วทท. 28(3): 655-667.

พัชรี แสนจันทร์, วุฒิชัย จันทรสมบัติ, และชนะ ศรีสมภาร. 2547. การเพิ่มผลผลิตข้าวนาหว่านน้ำตมภายใต้การจัดการน้ำและปุ๋ยเคมีเพื่อลดก๊าซมีเทนและเปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ. ว. สงขลานครินทร์ วทท. 26(6): 795-806.

Abdelhamid, M.T., T. Horuichi, and S. Oba. 2004. Composting of rice straw with oilseed rape cake and poultry manure and its effects on faba bean (*Vicia faba* L.) growth and soil properties. Bioresource Technology. 93: 183-189.

Gaihre, Y.K., A. Tirol-padre, R. Wassman, E. Aquino, G. V. Pangga, and P. C. Sta. Cruz. 2011. Spatial and temporal variations in methane fluxes from irrigated lowland rice field. Philipp Agric Scientist. 94 (4): 335-342.

International Rice Research Institute (IRRI), 2012.Rice and food security. สืบค้นเมื่อ 6 มกราคม 2556.http://www.irri.org/index.php?option=comk2&view=item&id=9081&Itemid=100481#security congress of soil science, soil solution for a changing world 1-6 August 2010. Brisbane. Australia.

IPCC. 1996. Methane emission from rice cultivation: Flooded fields. (Revised) Guidelines for national greenhouse gas inventories: Reference manual. 4: 53-75.

Kaewpradit, W., B. Toomsan, G. Cadish, P. Vityakon, V. Limpinuntana. P. Saenjan, S. Jogloy, and A.

Patanotai.2009. Mixing groundnut residues and rice straw to improve rice yield and N use efficiency. Field Crop Research. 110: 130-138.

Luu, H.M. and N.H. Nguyen. 2006. Effect of decomposed rice straw at different times on rice yield. Omonrice. 14: 58-63.

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 Science and Plant Nutrition. 57: 833-842.

Surekha, K., K. Pavan Chandra Reddy, A.P. Padma Kumari., and P.C. Sta Cruz. 2006. under rice-rice cropping system. Agronomy and Crop Science.192: 92-101.

US Department of Agriculture. 1999. Keys to soil taxonomy, 8th ed.. Pocahontas Press. Verginia.

United nation press release. 2011. World population to reach 10 billion by 2100 if fertility in all countries converges to replacement level. World population prospects: the 2010 revision. UN Department of Economic and Social Affairs.

Yang., C.H., T.K. Kim, J.H. Ryu, S.B. Lee, S. Kim, N.H. Baek, W.Y. Choi, and S.J. Kim. 2010. Effect of rice straw application on soil physico-chemical properties. 19th World Congress of Soil Science, Soil Solution for a Changing World. 1-6 August 2010. Brisbane, Australia