ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ไนโตรเจนของข้าวที่มีต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตจากการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดและปุ๋ยเคมี

Nitrogen utilization efficiency of rice on yield and yield components by application of legume green manure and chemical fertilizer

สมพร ดำยศ [1]

Somporn Domyos [1]

[1] วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีพัทลุง อ.เมือง จ.พัทลุง 93000

[1] Phatthalung College of Agriculture and Technology, Phatthalung Province, Thailand 93000

Corresponding author E-mail: sdomyos@yahoo.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ไนโตรเจนของข้าวจากการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสด 3 ชนิด ได้แก่ โสนอัฟริกัน ถั่วพุ่ม และถั่วพร้า เปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมีที่มีต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ทำการศึกษาในชุดดินพัทลุงโดยทดลองในกระถางในโรงเรือนทดลองศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 4 ซ้ำ รวม 8 สิ่งทดลอง ประกอบด้วยมวลชีวภาพน้ำหนักแห้งถั่วปุ๋ยพืชสด 3 ชนิด คำนวณอัตราเปรียบเทียบ (กก. ไร่$^{-1}$) คือ 500 และ 1,000 กก. ไร่$^{-1}$ ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำของศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง (รองพื้นด้วยปุ๋ย 16-20-0 อัตรา 25 กก. ไร่$^{-1}$ และแต่งหน้าด้วยปุ๋ย 21-0-0 อัตรา 20 กก. ไร่$^{-1}$) และไม่ใส่ปุ๋ย ผลการทดลองพบว่า การใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดทั้ง 3 ชนิดที่อัตรามวลชีวภาพ 1,000 กก. ไร่$^{-1}$ มีปริมาณไนโตรเจนที่ปลดปล่อยออกมามากกว่าอัตรา 500 กก. ไร่$^{-1}$ และสามารถเพิ่มผลผลิตของข้าวที่ปลูกตามหลังได้ดีกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี ในขณะที่การใช้อัตรา 500 กก. ไร่$^{-1}$ ให้ผลผลิตข้าวเท่าเทียมกับการใช้ปุ๋ยเคมี โดยอัตรามวลชีวภาพ 1,000 กก. ไร่$^{-1}$ ทำให้ข้าวแตกกอและมีจำนวนรวงต่อกอสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การประเมินประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนของข้าวพบว่า การใช้อัตรามวลชีวภาพ 1,000 กก. ไร่$^{-1}$ มีค่า Nitrogen recovery efficiency สูงกว่าการใช้อัตรา 500 กก. ไร่$^{-1}$ ในขณะที่ค่า Yield efficiency และ Physiology efficiency จากการใช้ปุ๋ยเคมีและการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดทั้ง 3 ชนิด มีแนวโน้มในทางตรงกันข้าม และการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในตอซังและเมล็ดของข้าวพบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติจากการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดทั้ง 3 ชนิดในทั้ง 2 อัตรามวลชีวถาพ และทั้งการใส่ปุ๋ยเคมีและไม่ใส่ปุ๋ย แต่พบว่าการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดจะเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินหลังการเก็บเกี่ยวเมื่อเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ถั่วปุ๋ยพืชสด ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตข้าว

Abstract

The objectives of this research were to evaluate nitrogen utilization efficiency (NUE) of rice variety cv. Patthumthani 1 on yield and yield components by application of 3 legume green manure species namely *Sesbania rostrata*, *Vignia unguiculata* and *Canavalia ensiformis* as compared to chemical fertilizer. Pot experiments were conducted in Phatthalung Soil Series using RCBD with 4 replications. A total number of 8 treatments comprised of application of dry biomass of the 3 legume green manure species at the

calculated rate of 500, 1,000 kg rai^{-1} (total of 6 treatments), recommended chemical fertilizer (RCF) (using 25 kg rai^{-1} basal fertilizer 16-20-0 and top dressing with 20 kg rai^{-1} chemical fertilizer 21-0-0) and 0 kg rai^{-1} as control. The results showed that of the 3 legume green manure species released NH_4^+-N to the soil higher than application of 500 kg rai^{-1} which resulted increase in rice yield significantly difference from RCF whereas application of legume green manures at the rate of 500 kg rai^{-1} were found non-significantly difference with RCF. Application of legume green manures at the rate of 1,000 kg rai^{-1} resulted in increase number of tillers and panicle per hill significantly. Evaluation of NUE was found that nitrogen recovery efficiency (NRE) of was higher when applied legume green manures at 1,000 kg rai^{-1} than 500 kg rai^{-1} whereas yield efficiency (YE) and physiology efficiency (PE) of RCF tended to be in contrary. Nitrogen content in seed and straw was found non-significantly difference among all treatments but the amount of organic matter in soil after rice harvest was higher with soil incorporated with legume green manures as compared to control.

Keyword: legume green manure Nitrogen utilization efficiency Pathumthani1 rice variety Yield and yield components.

1. บทนำ

การใช้ถั่วปุ๋ยพืชสด (legume green manure) ประสบความสำเร็จมากในทวีปเอเชีย ถั่วปุ๋ยพืชสดนี้มีความสามารถตรึงไนโตรเจนในอากาศได้โดยจุลินทรีย์พวกไรโซเบียม (*Rhizobium* spp.) ที่อาศัยอยู่ในปมของรากและลำต้นเมื่อถูกกลบฝังลงไปในดินเป็นปุ๋ยพืชสดแล้ว ส่วนหนึ่งประมาณ 50-80 % ของน้ำหนักแห้งที่ย่อยสลายได้เร็วเป็นแหล่งไนโตรเจนสำหรับพืชที่ปลูกตามหลังและอีกส่วนหนึ่งที่ย่อยสลายได้ช้าเป็นแหล่งเพิ่มอินทรียวัตถุและปรับปรุงสมบัติของดินให้ดีขึ้น (Bouldin,1988) จากการทดลองปลูกถั่วปุ๋ยพืชสดแล้วไถกลบลงดินนาเมื่อมีอายุประมาณ 7-8 สัปดาห์แล้วปลูกข้าวตามหลังพบว่า สามารถเพิ่มธาตุไนโตรเจนในดินนาได้มากกว่า 100 กก. N เฮกแตร์$^{-1}$ หรือมากกว่า 16 กก. N ไร่$^{-1}$ ซึ่งเพียงพอกับความต้องการของข้าว (Ladha *et al*., 1996) งานวิจัยส่วนใหญ่ได้รายงานสอดคล้องตรงกันว่า การใช้ปุ๋ยพืชสดในนาข้าวนอกจากมีอิทธิพลหลักให้ไนโตรเจนและทำให้ข้าวมีผลผลิตเพิ่มขึ้นแล้ว ยังปรับปรุงสมบัติของดินนาทั้งทางชีวภาพ เคมี และกายภาพ ให้ดีขึ้นดีกว่าการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์หรือเคมี (Meelu *et al*., 1994) อย่างไรก็ตามไนโตรเจนในสภาพดินนาน้ำขังมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาโดยกระบวนการต่าง ๆ เช่น กระบวนการปลดปล่อยไนโตรเจน กระบวนการสูญเสียไนโตรเจนจากจุลินทรีย์และวัชพืชแย่งเอาไปใช้ กระบวนการดีไนตริฟิเคชัน กระบวนการระเหยของก๊าซแอมโมเนีย กระบวนการชะล้างลงในดิน กระบวนการสูญเสียไปกับการไหลบ่าของน้ำ เป็นต้น ทำให้ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนของข้าวลดลงและมีความยุ่งยากในการประเมินความสูญเสียที่เกิดจากกระบวนการต่าง ๆ เหล่านี้ให้ชัดเจนได้ Meelu และคณะ (1994) กล่าวว่า ความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนหรือประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยพืชสดในสภาพดินนาน้ำขังของข้าวจะขึ้นอยู่กับอัตราและปริมาณการปลดปล่อยไนโตรเจน ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับสภาพดิน เช่น ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ ความชื้น อากาศ กิจกรรมของจุลินทรีย์ เป็นต้น และกระบวนการดูดไนโตรเจนจากปุ๋ยพืชสดไปใช้ ซึ่ง Diekman *et al*. (1992) รายงานว่า ข้าวดูดไนโตรเจนจากปุ๋ยพืชสดไปใช้ได้แตกต่างกันตามชนิดของปุ๋ยพืชสด สภาพดิน และการจัดการปุ๋ยพืชสด จากผลการศึกษาการดูดไนโตรเจนจากปุ๋ยพืชสดไปใช้ (N recovery efficiency, NRE) พบว่า แตกต่างกันมากตั้งแต่ 21-78 % ซึ่งเป็นไปในทำนองเดียวกันกับการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน และจากผลการศึกษาโดยใช้เทคนิค ^{15}N พบว่า การใช้ปุ๋ยพืชสดมีค่า NRE สูงกว่า 90 % เมื่อ

เทียบกับปุ๋ยยูเรีย (65 %) และภายหลังการเก็บเกี่ยวข้าวแล้วการใช้ปุ๋ยพืชสดมีไนโตรเจนคงเหลืออยู่ในนา (45 %) สูงกว่าปุ๋ยยูเรีย (25 %) ของปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่ ใส่ และการศึกษาประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน (N use efficiency, NUE) ในระดับไร่นาของเกษตรกรจำนวน 44 รายพบว่า มีค่า NRE เฉลี่ย 36 % (Gassman *et al*., 1993) สมพร และคณะ (2552) ศึกษาเบื้องต้นการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสด 3 ชนิด ได้แก่ โสนอัฟริกัน (*Sesbania rostrata*) ถั่วพุ่ม (*Vignia unguiculata*) และถั่วพร้า (*Canavalia ensiformis*) ที่ปลูกในดินนาชุดดินพัทลุง พบว่า ถั่วปุ๋ยพืชสดทั้ง 3 ชนิดสามารถให้ผลผลิตมวลชีวภาพ 660, 593 และ 603 กก. ไร่$^{-1}$ ตามลำดับ และการใช้มวลชีวภาพที่อัตรา 500 กก. ไร่$^{-1}$ มีศักยภาพปลดปล่อยไนโตรเจนให้แก่ข้าวได้เฉลี่ยประมาณ 8, 6 และ 5 กก. ไร่$^{-1}$ หรือมีประสิทธิภาพการปลดปล่อยให้ไนโตรเจนแก่ข้าวประมาณ 41, 44 และ 45 % จากที่ปลดปล่อยทั้งหมด ตามลำดับ จึงน่าจะเพียงพอกับปริมาณไนโตรเจนที่ข้าวต้องการในระดับผลผลิต 400-500 กก. ไร่$^{-1}$ การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนที่ปลดปล่อยจากมวลชีวภาพของถั่วปุ๋ยพืชสดในอัตราต่างกันเมื่อเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมีที่มีผลต่อองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตของข้าว

2. อุปกรณ์และวิธีการ

ทดลองในโรงเรือนทดลองศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง จังหวัดพัทลุง ดินตัวอย่างเป็นดินชุดดินพัทลุง (กลุ่มชุดดินที่ 6) ผลการวิเคราะห์ดินมีความเป็นกรด (pH 5.30) ปริมาณอินทรียวัตถุค่อนข้างต่ำ 1.69 % ไนโตรเจนทั้งหมดต่ำมาก 0.09 % และมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ค่อนข้างต่ำ 9.86 mg kg^{-1} soil โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วยมวลชีวภาพน้ำหนักแห้งถั่วปุ๋ยพืชสดคำนวณอัตราเปรียบเทียบ (กก. ไร่$^{-1}$) ผสมดิน 7 สิ่งทดลอง และปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำของศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง คือ รองพื้นด้วยปุ๋ย 16-20-0 อัตรา 25 กก. ไร่$^{-1}$ และแต่งหน้าด้วยปุ๋ย 21-0-0 อัตรา 20 กก. ไร่$^{-1}$ รวม 8 สิ่งทดลอง คือ T_1 = โสนอัฟริกัน 500 กก. ไร่$^{-1}$ T_2 = โสนอัฟริกัน 1,000 กก. ไร่$^{-1}$ T_3 = ถั่วพุ่ม 500 กก. ไร่$^{-1}$ T_4 = ถั่วพุ่ม 1,000 กก. ไร่$^{-1}$ T_5 = ถั่วพร้า 500 กก. ไร่$^{-1}$ T_6 = ถั่วพร้า 1,000 กก. ไร่$^{-1}$ T_7 = ไม่ใส่ปุ๋ย และ T_8 = ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ เตรียมตัวอย่างดินทดลองจากแปลงทดลองในศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง สุ่มดินส่วนหนึ่งเพื่อวิเคราะห์หาสมบัติของดินก่อนทดลองและอีกส่วนหนึ่งนำบรรจุในกระถางทดลองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 ซ.ม. สูง 20 ซ.ม. จำนวน 72 กระถาง ๆ ละ 10 กก. เตรียมตัวอย่างถั่วปุ๋ยพืชสดแต่ละชนิดตามอัตราที่กำหนดไว้ในแต่ละสิ่งทดลองโดยคำนวณเป็นอัตราเปรียบเทียบ กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ ผสมกับดินในกระถางที่ระดับความลึก 10 ซ.ม. (Williams *et al*.,1992) เติมน้ำทำเทือกและขังน้ำไว้ 10 วัน (Meelu et al.,*1994*) เตรียมกล้าข้าวปักดำ นำเมล็ดพันธุ์ข้าวปทุมธานี 1 แช่น้ำทิ้งไว้ 1 คืน แล้วนำมาหุ้มด้วยผ้าขาวบางทิ้งไว้ 3 วัน เมื่อเมล็ดข้าวเริ่มงอกนำไปหว่านในกระบะเพาะกล้าขนาด 50×75 ซ.ม. รักษาระดับน้ำ 1-2 ซ.ม. จนต้นกล้าอายุได้ 25 วัน ถอนไปปักดำกระถาง ๆ ละ 5 ต้น และเมื่อข้าวอายุได้ 1 สัปดาห์หลังปักดำ ทำการถอนแยกให้เหลือกระถางละ 2 ต้น การดูแลรักษา รักษาระดับน้ำให้อยู่ในระดับความลึก 5 ซ.ม.ตลอดช่วงการเจริญเติบโตของต้นข้าวและระยะ 2 สัปดาห์ก่อนการเก็บเกี่ยวปล่อยให้น้ำแห้ง การป้องกันและกำจัดศัตรูข้าวโดยวิธีใช้มือถอนวัชพืชและตรวจจับทำลายแมลงศัตรูข้าว และบันทึกข้อมูลผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต โดยนับจำนวนการแตกกอที่เวลา 30 วันหลังปักดำ นับจำนวนองค์ประกอบผลผลิต จำนวนรวงต่อกอ จำนวนเมล็ดต่อรวง น้ำหนัก 100 เมล็ด และเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี ชั่งน้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือกที่ระดับความชื้น 14 % เพื่อวัดผลผลิต วิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่างข้าวและดิน และอินทรียวัตถุของดินหลังการเก็บเกี่ยว โดยสุ่มตัวอย่างเมล็ดและตอซังข้าวไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 65-70° C จนน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนัก บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 ม.ม. เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณ

ไนโตรเจนโดยวิธี Kjeldahl method (จำเป็น, 2545;สมศักดิ์,2537) และหาปริมาณอินทรียวัตถุของดินโดยวิธี Walkley and Black (จำเป็น, 2545;สมศักดิ์,2537)

การประเมินประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน (NUE) นำผลการวิเคราะห์ผลผลิตข้าวจากกระถางทดลอง ที่มีการใส่ถั่วปุ๋ยพืชสด ใส่ปุ๋ยเคมี และไม่ใส่ปุ๋ย ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ และปริมาณไนโตรเจนในข้าว มาคำนวณประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนของข้าวโดยใช้สูตรของ Ankumah และคณะ (2003) ดังต่อไปนี้

Yield efficiency หรือ $$YE = \frac{Y_i - Y_o}{N_i}$$

Nitrogen recovery efficiency หรือ $$NRE = \frac{NR_i - NR_o}{N_i} x100$$

Physiological efficiency หรือ $$PE = \frac{Y_i - Y_o}{NR_i - NR_o}$$

เมื่อ Y_i คือ ผลผลิตของพืชปลูกจากแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (กก. ไร่$^{-1}$)

Y_o คือ ผลผลิตของพืชปลูกจากแปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (กก. ไร่$^{-1}$)

N_i คือ ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ (กก.N ไร่$^{-1}$)

NR_i คือ การดูดไนโตรเจนของพืชปลูกจากแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (กก.N ไร่$^{-1}$)

NR_o คือ การดูดไนโตรเจนของพืชปลูกจากแปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (กก.N ไร่$^{-1}$)

การแปลผลการทดลอง วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) การพิจารณาค่า F ถ้าค่า F ที่คำนวณได้มากกว่าค่า F ในตาราง แสดงว่า ผลของสิ่งทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยสิ่งทดลองโดยวิธี LSD ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตามโดยวิธี Correlation and Regression (สุรพล, 2528)

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

3.1 ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าว

ผลผลิตข้าวมีความแตกต่างกันทางสถิติจากการใช้มวลชีวภาพถั่วปุ๋ยพืชสดทั้ง 3 ชนิดระหว่างอัตรา 1,000 กก.ไร่$^{-1}$ และ 500 กก. ไร่$^{-1}$ การใช้ในอัตรา 500 กก. ไร่$^{-1}$ ไม่แตกต่างจากการใช้ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ ในขณะที่การไม่ใส่ปุ๋ยให้ผลผลิตต่ำสุด (Table 1) การใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดอัตรา 1,000 กก. ไร่$^{-1}$ จากถั่วพร้า ถั่วพุ่ม และโสนอัฟริกัน ผลผลิตเพิ่มขึ้นจากการไม่ใส่ปุ๋ยร้อยละ 149.93, 140.74 และ 140.09 ตามลำดับ ขณะที่การใช้ในอัตรา 500 กก. ไร่$^{-1}$ และการใช้ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 66.05, 80.42, 72.42 และ 69.93 จากการไม่ใส่ปุ๋ยตามลำดับ จะเห็นได้ว่าผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจะเพิ่มตามปริมาณการใช้มวลชีวภาพของถั่ว ปุ๋ยพืชสดที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มปริมาณมวลชีวภาพจะทำให้มีการสะสมไนโตรเจนในมวลชีวภาพมากขึ้น (สมพร และคณะ, 2550 ; Dayegamiye *et al*., 2002) จึงปลดปล่อยไนโตรเจนสู่ดินหลังการสับกลบได้ปริมาณมาก ทำให้ข้าวนำไนโตรเจนไปใช้ในการสร้างผลผลิตได้มากขึ้น สำหรับการใช้มวลชีวภาพถั่วปุ๋ยพืชสดทั้ง 3 ชนิดที่อัตรา 500 กก. ไร่$^{-1}$ จะเทียบเท่ากับการใช้ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ

ผลของการใช้มวลชีวภาพจากถั่วพร้าอัตรา 1,000 กก.ไร่$^{-1}$ มีการแตกกอ (จำนวนต้น กอ$^{-1}$) และจำนวนรวงต่อกอสูงสุด (เฉลี่ย 13.90 ต้น กอ$^{-1}$ และ 11.00 รวง กอ$^{-1}$ ตามลำดับ) แตกต่างจากการใช้ถั่วพร้าอัตรา 500 กก. ไร่$^{-1}$ และการไม่ใส่ปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่การใช้โสนอัฟริกันและถั่วพุ่มอัตรา 1,000 กก. ไร่$^{-1}$ การแตกกอและจำนวนรวงต่อกอไม่แตกต่างกันกับการใช้ในอัตรา 500 กก. ไร่$^{-1}$ การใส่

ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ และไม่ใส่ปุ๋ยตามลำดับ (Table 2) ส่วนการใช้มวลชีวภาพจากถั่วปุ๋ยพืชสดทั้ง 3 ชนิด และทั้ง 2 อัตรา การใช้ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ และการไม่ใช้ปุ๋ย ไม่มีผลต่อจำนวนเมล็ดต่อรวง เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี และน้ำหนัก 100 เมล็ด แต่มีแนวโน้มการใช้มวลชีวภาพจากถั่วปุ๋ยพืชสดทั้ง 3 ชนิด อัตรา 1,000 กก. ไร่$^{-1}$ และการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ ให้จำนวนเมล็ดต่อรวงและเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีสูงกว่าการใช้มวลชีวภาพที่อัตรา 500 กก.ไร่$^{-1}$ และการไม่ใส่ปุ๋ย ในขณะที่น้ำหนัก 100 เมล็ดให้ผลใกล้เคียงกันระหว่างการใช้ปัจจัยต่างกัน

Table 1 Effects of legume green manure on rice yield by using different biomass rates

Treatments	Grain rice yield (g pot^{-1})	Increase (%)
1. *S. rostrata* 500 kg dw rai^{-1}	15.95 ^{b1}	72.42
2. *S. rostrata* 1,000 kg dw rai^{-1}	22.21 ^{a}	140.09
3. *V. unguiculata* 500 kg dw rai^{-1}	16.69 ^{b}	80.42
4. *V. unguiculata* 1,000 kg dw rai^{-1}	22.27 ^{a}	140.74
5. *C. ensiformis* 500 kg dw rai^{-1}	15.36 ^{b}	66.05
6. *C. ensiformis* 1,000 kg dw rai^{-1}	23.12 ^{a}	149.93
7. 0 kg dw rai^{-1}	9.25 ^{c}	-
8. recommended chemical fertilizer	15.72 ^{b}	69.93
F-test	**	
C.V.(%)	7.30	

[1] In a column, data with the same letters do not differ significantly by $LSD_{0.05}$

Table 2 Effects of legume green manure on rice yield components by using different biomass rates

Treatments	No. of tillers	No. of panicle hill^{-1}	No. of spikelets panicle^{-1}	% of filled grain	100 grain wt. (g)
1. *S. rostrata* 500 kg dw rai^{-1}	10.50 ^{bc1}	7.50 ^{b1}	98.93	77.00	2.64
2. *S. rostrata* 1,000 kg dw rai^{-1}	11.50 ^{b}	9.00 ^{ab}	102.92	82.04	2.50
3. *V. unguiculata* 500 kg dw rai^{-1}	10.00 ^{bc}	8.00 ^{b}	103.54	77.77	2.60
4. *V. unguiculata* 1,000 kg dw rai^{-1}	11.50 ^{b}	9.00 ^{ab}	109.93	80.79	2.52
5. *C. ensiformis* 500 kg dw rai^{-1}	10.00 ^{bc}	8.00 ^{b}	101.82	71.38	2.53
6. *C. ensiformis* 1,000 kg dw rai^{-1}	13.90 ^{a}	11.00 ^{a}	107.74	79.57	2.48
7. 0 kg dw rai^{-1}	8.13 ^{c}	7.00 ^{b}	84.04	76.48	2.65
8. recommended chemical fertilizer	11.00 ^{b}	8.00 ^{b}	102.96	77.81	2.78
F-test	**	*	ns	ns	ns
C.V. (%)	14.43	17.23	12.80	6.47	13.16

[1] In a column, data with the same letters do not differ significantly by $LSD_{0.05}$

ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับองค์ประกอบผลผลิตของข้าว พบว่า ผลผลิตมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการแตกกอ (หน่อ กอ$^{-1}$) (R^2 = 0.399) และจำนวนรวงต่อกอของข้าว (R^2 =

0.433) อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนจำนวนเมล็ดต่อรวงและเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีนั้นมีผลต่อผลผลิตน้อย (Figure 1) แสดงให้เห็นว่าอิทธิพลของการใช้ปัจจัยถั่วปุ๋ยพืชสดมีผลทำให้ข้าวมีการแตกกอและจำนวนรวงต่อกอสูง ทำให้ข้าวมีผลผลิตสูงขึ้นจากการใช้ปัจจัยข้างต้น

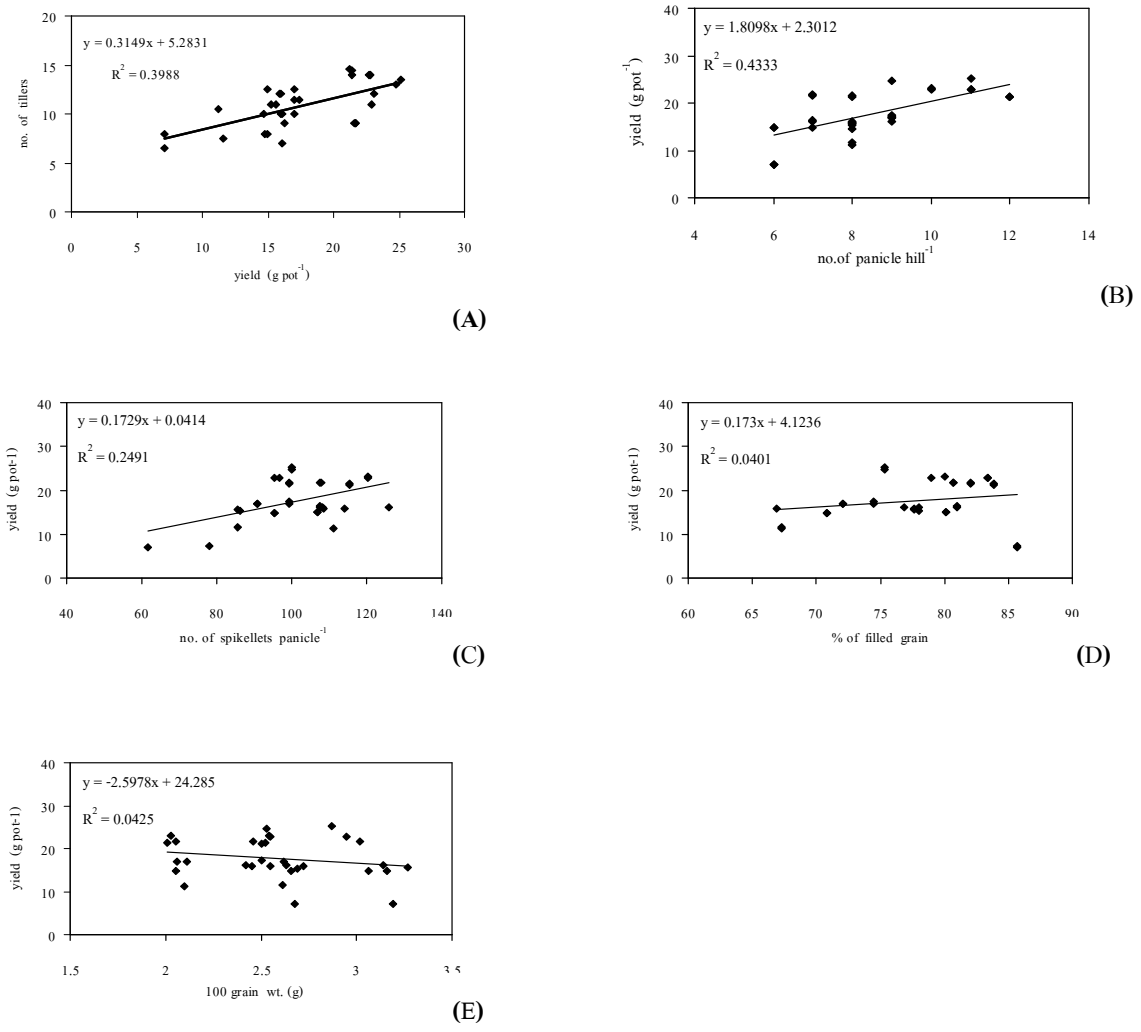

Figure 1 Effects of legume green manures on the relationship between rice yield and yield components by using different biomass rates

(A) no. of tillers (B) no. of panicle hill $^{-1}$ (C) no. of spikelets panicle^{-1}

(D) % of filled grain (E) 100 grain wt.(g)

จากการใช้มวลชีวภาพในอัตรา 1,000 กก. ไร่$^{-1}$ ให้ผลผลิตสูงกว่าอัตรา 500 กก. ไร่$^{-1}$ และการใช้ปุ๋ย-เคมีอัตราแนะนำอาจเป็นผลโดยตรงจากการปลดปล่อยปริมาณไนโตรเจนที่สูงกว่า (Figure 2) และถูกนำไปใช้การแตกกอซึ่งเป็นระยะเริ่มต้นของการสร้างองค์ประกอบผลผลิตของข้าวคือจำนวนรวงต่อต้นได้มากกว่า ซึ่ง Hirel *et al.* (2009) รายงานว่าบทบาทของไนโตรเจนที่จะมีผลต่อผลผลิตของธัญพืชมีจุดวิกฤตที่สำคัญคือ ช่วงต่อระหว่างการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (vegetative growth) กับช่วงดอกบาน (flowering or anthesis) การขาดไนโตรเจนในช่วงของการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ 2 สัปดาห์ก่อนดอกบานจะมีผลทำให้มีจำนวนเมล็ดลดลง หลังจากดอกบานแล้วจะมีการเคลื่อนย้ายไนโตรเจน (remobilization) จากลำต้นและใบไปสู่การสะสมในเมล็ด (grain filling period) จนถึงระยะเก็บเกี่ยว Yao *et al.* (2000) รายงานว่า

ไนโตรเจนที่ข้าวดูดไปใช้ก่อนดอกบาน 30 วันจะสัมพันธ์กับการเพิ่มส่วนรองรับผลผลิต (sink yield) ซึ่งหมายถึงขนาดหรือจำนวนเมล็ดมากกว่าช่วงการเจริญเติบโตใด ๆ ทั้งนี้เนื่องจากระยะดังกล่าวไนโตรเจนที่มากพอจะไปเพิ่มดัชนีพื้นที่ใบเพิ่มการสังเคราะห์ด้วยแสงและสร้างน้ำหนักแห้งเพื่อนำไปสำรองในเมล็ดมากขึ้น ส่วนการทดลองนี้ได้แสดงให้เห็นแนวโน้มปริมาณไนโตรเจนที่ให้จากแหล่งปุ๋ยที่มากกว่าจะไปสร้างศักยภาพของแหล่งรองรับผลผลิต (potential sink yield) คือจำนวนแขนงที่จะพัฒนาไปเป็นจำนวนรวงต่อต้นมากขึ้นดังกล่าวแล้วตอนต้น ซึ่งได้รับการยืนยันจากผลการทดลองของ Fageria and Baligar (1999) แล้วว่าไนโตรเจนที่ข้าวดูดไปใช้เพื่อสร้างจำนวนรวงที่มากขึ้นมีความสำคัญกว่าองค์ประกอบผลผลิตอื่น ๆ โดยจำนวนรวงต่อพื้นที่มีผลต่อความแปรปรวนของผลผลิตได้ ถึง 87 % ทำให้เห็นแนวโน้มศักยภาพของการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดที่จะไปทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีในอนาคตได้เป็นอย่างดี

3.2 ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนของข้าว

ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน (NUE) เป็นค่าประเมินการใช้ไนโตรเจนของพืชจากปริมาณไนโตรเจนที่ใส่ลงไปในดินรวมไนโตรเจนที่มีอยู่ในดินแล้วหนึ่งหน่วยสามารถให้ผลผลิตมากน้อยเท่าใด การประเมินครั้งนี้ใช้วิธีการของ Ankumah และคณะ (2003) โดยใช้พารามิเตอร์ 3 ค่า เพื่ออธิบายอิทธิพลการใช้ไนโตรเจนจากการใช้ถั่วพืชสดและการใช้ปุ๋ยเคมีที่มีต่อผลผลิตของข้าวคือ (1) Yield efficiency (YE) เป็นดัชนีบ่งบอกประสิทธิภาพการเปลี่ยนไนโตรเจนแต่ละหน่วยจากแหล่งปุ๋ยที่ใส่เป็นผลผลิตของข้าว (2) Nitrogen recovery efficiency (NRE) เป็นดัชนีที่บ่งบอกประสิทธิภาพการดูดไนโตรเจนของข้าวคิดเป็นอัตราร้อยละจากแหล่งปุ๋ยที่ใส่ และ (3) Physiological efficiency (PE) เป็นดัชนีที่บ่งบอกประสิทธิภาพการเปลี่ยนไนโตรเจนจากปุ๋ยที่ข้าวดูดไปใช้เป็นผลผลิตข้าว Cassman *et al.* (2002) รายงานว่า ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนขึ้นอยู่กับปริมาณไนโตรเจนในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (ไนโตรเจนที่ใส่ลงไปและที่มีอยู่ในดิน) และความสามารถที่พืชจะดูดไปใช้ในการสร้างผลผลิตซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ จากผลการวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจนของดินหลังจากมีการใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ ของข้าว พบว่าการใช้มวลชีวภาพของถั่วทั้ง 3 ชนิดในอัตรา 1,000 กก. ไร่$^{-1}$ ให้ปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจนสูงสุดทั้ง 3 ระยะคือ ระยะ 20 วันก่อนสร้างรวงอ่อน ระยะสร้างรวงอ่อน และระยะ 20 วันหลังสร้างรวงอ่อน แตกต่างทางสถิติกับในอัตรา 500 กก. ไร่$^{-1}$ และการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ (Figure 2) ส่วนการไม่ใส่ปุ๋ยมีปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจนของดินต่ำสุดในทุกระยะของการเจริญเติบโตของข้าว ปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจนในดินนี้จะลดลงตามอายุการพัฒนาการของข้าว ได้แสดงถึงการนำไนโตรเจนไปสร้างการเจริญเติบโตของข้าวตามลำดับ ทำให้คาดการณ์ได้ว่าการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดในอัตรา 1,000 กก. ไร่$^{-1}$ น่าจะให้ไนโตรเจนไปสร้างผลผลิตข้าวได้มากกว่าการใช้ในอัตรา 500 กก. ไร่$^{-1}$

เมื่อประเมินประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนจากปุ๋ยที่ใส่เป็นผลผลิตของข้าว (ค่า YE) พบว่า มีความแปรปรวนไม่แน่นอนตามปัจจัยที่ใส่ (Table 3) โดยการใส่ถั่วปุ๋ยพืชสด 3 ชนิดใน 2 อัตรา มีค่าอยู่ในระหว่าง 16.65-22.06 kg kg N^{-1} และการใช้อัตรา 500 กก. ไร่$^{-1}$ มีแนวโน้มให้ค่า YE สูงกว่าการใช้อัตรา 1,000 กก. ไร่$^{-1}$ ในขณะที่การ ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำมีค่า YE สูงกว่าการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดทุกอัตราคือ 30.30 kg kg N^{-1} ค่า YE ที่ได้จากการทดลองนี้ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ต่ำเมื่อเทียบกับรายงานของ Singh (1978) ที่พบว่าข้าวที่ปลูกในสภาพดินที่มีไนโตรเจนต่ำมีค่า YE อยู่ในช่วงระหว่าง 43-64 kg kg N^{-1} แม้ว่าการทดลองของ Hasegawa (2003) พบว่าพันธุ์ข้าวที่ให้ผลผลิตสูงสุด 4 พันธุ์มีค่า YE อยู่ในช่วง 56–58 kg kg N^{-1} และรายงานด้วยว่าค่า YE ไม่ได้มีความสัมพันธ์ เชิงบวกกับผลผลิตของข้าว โดยให้เหตุผลว่าไนโตรเจนที่ใส่ไปทุกหน่วยไม่ได้มีส่วนในการสร้างผลผลิตทั้งหมดแต่ไป ใช้ในการสร้างส่วนอื่น ๆ เช่น ใบและลำต้น และยังแปรปรวนได้ตามสภาพอากาศที่แตกต่างกันในแต่ละปีอีกด้วย อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพ

การดูดไนโตรเจน (NRE) จากการใส่ถั่วพืชสดทั้ง 3 ชนิดนี้ พบว่าอยู่ในช่วงระหว่าง 43.67-54.42 % ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยที่ Cassman *et al*. (1993) รายงานจากการศึกษาในระดับไร่นาของเกษตรกรจำนวน 44 ราย ซึ่งมีค่า NRE เฉลี่ย 36 % ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำมีค่า NRE เท่ากับ 51.52 % ใกล้เคียงกับการใช้ถั่วพืชสดในอัตรา 1,000 กก. ไร่$^{-1}$ การใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดในอัตรา 1,000 กก. ไร่$^{-1}$ มีค่า NRE สูงกว่าการใช้ในอัตรา 500 กก. ไร่$^{-1}$ ซึ่งมีทิศทางเดียวกันกับปริมาณไนโตรเจนในดินที่เกิดจากการใส่ปัจจัยต่าง ๆ (Figure 2) สำหรับประสิทธิภาพการเปลี่ยนไนโตรเจนจากปุ๋ยที่ข้าวดูดไปใช้เป็นผลผลิตข้าว (ค่า PE) พบว่าเป็นไปในลักษณะเดียวกันกับค่า YE กล่าวคือการใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดทั้ง 3 ชนิดอัตรา 500 กก. ไร่$^{-1}$ (ค่า PE 39.41, 46.50 และ 40.73 kg kg N uptake^{-1}) สูงกว่าการใช้ในอัตรา 1,000 กก. ไร่$^{-1}$ (ค่า PE 35.07, 37.20 และ 37.49 kg kg N uptake^{-1} ตามลำดับ) ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำมีค่า PE สูงสุดคือ 58.82 kg kg N uptake^{-1} แสดงให้เห็นว่าไนโตรเจนจากปุ๋ยที่ข้าวดูดไปถูกนำไปใช้สร้างส่วนอื่นๆ เพื่อประโยชน์ทางสรีรวิทยาจำเป็นต่อการเจริญเติบโตนอกเหนือไปจากการสร้างผลผลิต และชี้ให้เห็นว่าไนโตรเจนจากการใช้ปุ๋ยเคมีเป็นไปในทิศทางนี้มากกว่าการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสด

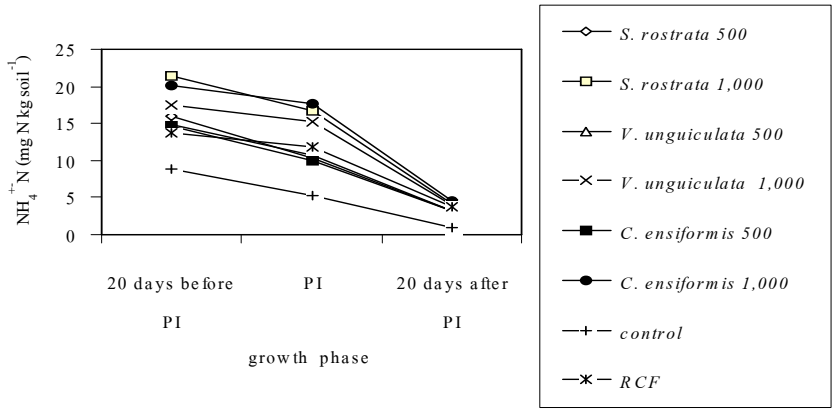

Figure 2 Effects of legume green manure on NH^+_4-N of soil at different rice growth phase by using different biomass rates [I = Mean different significantly by $LSD_{0.05}$]

การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในตอซังและเมล็ดของข้าวพบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติจากการใช้ถั่ว ปุ๋ยพืชสดทั้ง 3 ชนิดในทั้ง 2 อัตรา การใส่ปุ๋ยเคมี และไม่ใส่ปุ๋ย เช่นเดียวกับปริมาณไนโตรเจนในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าว (Table 4) แสดงว่าข้าวดูดไนโตรเจนไปสร้างเมล็ดและตอซังในอัตราที่ค่อนข้างคงที่แม้จะมีปริมาณไนโตรเจนจากแหล่งปุ๋ยที่ให้แตกต่างก็ตาม ดังนั้นปริมาณไนโตรเจนที่ข้าวได้ในปริมาณที่มากกว่าจะถูกนำไปสร้างส่วนของโครงสร้างอื่นๆ ของต้นข้าว ดังเช่นปริมาณไนโตรเจนจากแหล่งถั่วปุ๋ยพืชสดที่ใช้จากอัตรา 1,000 กก. ไร่$^{-1}$ ปลดปล่อยไนโตรเจนได้มากกว่าอัตรา 500 กก. ไร่$^{-1}$ จะถูกนำไปสร้างจำนวนแขนงต่อต้นที่มากกว่าและมีผลต่อจำนวนรวงต่อต้น (Table 2) ซึ่งเป็นองค์ประกอบผลผลิตที่ส่งผลให้ผลผลิตของข้าวสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดจะเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินขึ้นหลังการเก็บเกี่ยวเมื่อเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยอีกด้วย

Table 3 Effects of legume green manures on nitrogen utilization efficiency (Yield efficiency, Nitrogen recovery efficiency and Physiology efficiency) of rice by using different biomass rates

Treatments	Yield	Nitrogen	Physiology

	efficiency	recovery efficiency	efficiency
1. *S. rostrata* 500 kg dw rai^{-1}	17.21	43.67	39.41
2. *S. rostrata* 1,000 kg dw rai^{-1}	16.65	47.52	35.07
3. *V. unguiculata* 500 kg dw rai^{-1}	22.06	47.45	46.50
4. *V. unguiculata* 1,000 kg dw rai^{-1}	19.31	51.90	37.20
5. *C. ensiformis* 500 kg dw rai^{-1}	17.91	43.96	40.73
6. *C. ensiformis* 1,000 kg dw rai^{-1}	20.33	54.24	37.49
7. 0 kg dw rai^{-1}	-	-	-
8. recommended chemical fertilizer	30.30	51.52	58.82

Table 4 Effects of legume green manure on total N (%) in rice grain and straw, in soil and soil organic matter (%) by using different biomass rates

Treatment	Total N			Soil organic
	Grain	Straw	Soil	matter
1. *S. rostrata* 500 kg dw rai^{-1}	1.25	0.78	0.09	1.75[a1]
2. *S. rostrata* 1,000 kg dw rai^{-1}	1.29	0.94	0.09	1.76 [a]
3. *V. unguiculata* 500 kg dw rai^{-1}	1.26	0.76	0.09	1.76 [a]
4. *V. unguiculata* 1,000 kg dw rai^{-1}	1.28	0.93	0.09	1.75 [a]
5. *C. ensiformis* 500 kg dw rai^{-1}	1.24	0.77	0.09	1.73 [a]
6. *C. ensiformis* 1,000 kg dw rai^{-1}	1.29	0.94	0.09	1.75 [a]
7. 0 kg dw rai^{-1}	1.18	0.68	0.08	1.61 [b]
8. recommended chemical fertilizer	1.22	0.76	0.09	1.74 [a]
F-test	ns	ns	ns	**
C.V.(%)	8.17	17.20	3.11	4.90

[1]In a column, data with the same letters do not differ significantly by $LSD_{0.05}$

4. สรุปผลการวิจัย

การใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดทั้ง 3 ชนิดคือ โสนอัฟริกัน ถั่วพุ่ม และถั่วพร้าที่อัตรามวลชีวภาพ 1,000 กก. ไร่$^{-1}$ สามารถเพิ่มผลผลิตของข้าวปทุมธานี 1 ที่ปลูกตามหลังได้ดีกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ ในขณะที่อัตรา 500 กก. ไร่$^{-1}$ ให้ผลผลิตข้าวเท่าเทียมกับการใช้ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ แสดงให้เห็นถึงศักยภาพการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสด 3 ชนิดนี้ในดินนาในจังหวัดพัทลุง ชุดดินพัทลุง ซึ่งสามารถทดแทนปุ๋ยเคมีได้ ปริมาณไนโตรเจนที่ปลดปล่อยจากมวลชีวภาพของถั่วปุ๋ยพืชสดอัตรา 1,000 กก. ไร่$^{-1}$ มากกว่าอัตรา 500 กก. ไร่$^{-1}$ และการใช้ปุ๋ยเคมี จะถูกนำไปใช้ในการแตกกอของข้าวได้มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทำให้ข้าวมีองค์ประกอบผลผลิตที่สำคัญคือจำนวนรวงต่อกอสูงขึ้น ส่งผลให้ผลผลิตของข้าวเพิ่มขึ้น การประเมินประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนพบว่า แม้ประสิทธิภาพการเปลี่ยนไนโตรเจนแต่ละหน่วยจากแหล่งทั้งหมดไปเป็นผลผลิต (YE) และประสิทธิภาพการดูดไนโตรเจนจากแหล่งปุ๋ยที่ใส่แต่ละชนิดไปเป็นผลผลิต (PE) จากการใช้ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำและการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดอัตรา 500 กก. ไร่$^{-1}$ มีแนวโน้มสูงกว่าการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสด

อัตรา 1,000 กก. ไร่$^{-1}$ ก็ตาม แต่ประสิทธิภาพในการดูดปริมาณไนโตรเจนที่มีอยู่ในดินทั้งหมดของข้าว (NRE) จะสูงกว่าอัตรา 500 กก. ไร่$^{-1}$ ไนโตรเจนที่ข้าวดูดไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิตจะขึ้นอยู่กับปริมาณมากน้อยของไนโตรเจนที่มีอยู่ในแต่ละช่วงการเจริญเติบโต ปริมาณไนโตรเจนที่มีมากพอในช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบก่อนระยะการบานของดอกไม่น้อยกว่า 2 สัปดาห์ ดังเช่นจากการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสด 1,000 กก. ไร่$^{-1}$ จะมีความสำคัญในการพัฒนาองค์ประกอบผลผลิตของข้าวคือการแตกกอและจำนวนรวงต่อต้นหรือต่อพื้นที่ที่นำไปสู่การเพิ่มผลผลิตได้มากกว่าการมีปริมาณไนโตรเจนน้อยกว่าในช่วงการเจริญเติบโตในช่วงนั้น จึงทำให้เห็นความสำคัญของการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดที่สามารถรักษาระดับไนโตรเจนในดินได้นานกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีที่มีโอกาสสูญเสียไนโตรเจนจากกระบวนการทางกายภาพ เคมี และชีวภาพต่าง ๆ ได้ง่ายกว่า สัดส่วนการนำไนโตรเจนจากแหล่งปุ๋ยถั่วพืชสดและปุ๋ยเคมีไปใช้ระหว่างการสร้างองค์ประกอบอื่น ๆ และการสร้างผลผลิตไม่สามารถจะยืนยันจากผลการทดลองนี้ได้ แต่เป็นประเด็นที่น่าสนใจว่าการใช้ปุ๋ยเคมีที่พืชสามารถจะนำ ไปใช้ได้เร็วแต่อาจจะไม่ถูกจังหวะกับความต้องการในการสร้างองค์ประกอบผลผลิตในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตจะถูกนำไปใช้ในการสร้างองค์ประกอบอื่น ๆ นอกเหนือ จากผลผลิต (มีค่า YE และ PE สูง) จะเป็นการสูญเปล่าในเชิงปฏิบัติหรือไม่ ในขณะที่การใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดสามารถปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในระยะเวลาที่ยาวนานกว่าอาจจะเหมาะสมกับจังหวะความต้องการไนโตรเจนในการสร้างองค์ประกอบผลผลิตได้ดีกว่า จึงควรจะมีการทดสอบทั้งในระดับห้องปฏิบัติการและในสภาพไร่นาของเกษตรกรเพื่อยืนยันผลก่อนการสรุปเพื่อใช้ในทางปฏิบัติต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.อภินันท์ กำนัลรัตน์ และรศ.ดร.วิเชียร จาฏุพจน์ ที่ปรึกษาโครงการ วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีพัทลุง ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง และสถานีพัฒนาที่ดินพัทลุง ที่สนับสนุนการวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

จำเป็น อ่อนทอง. 2545. คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา.

สมศักดิ์ มณีพงศ์. 2537. การวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา.

สมพร ดำยศ, อภินันท์ กำนัลรัตน์ และวิเชียร จาฏุพจน์. 2550. ผลผลิตมวลชีวภาพและการปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนของถั่วปุ๋ยพืชสดบางชนิด. หน้า 342-350. *ใน* เอกสารการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

สุรพล อุปดิสสกุล. 2528. การตรวจสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ย. ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

Ankumah, R. O., V. Khan, K. Mwamba and K. Kpomblekou-A. 2003. The influence of source and timing of nitrogen fertilizers on yield and nitrogen use efficiency of four sweet potato cultivars. Agriculture, Ecosystems and Environment. 100 : 201-207.

Bouldin, D. R. 1988. Effect of green manure on soil organic matter content and nitrogen availability. *In* Green Manuring in Rice Farming, pp. 151-163. Los Bãnos : Int. Rice Res. Inst.

Cassman, K. G., M. J. Kropff, J. Gaunt and S. Peng. 1933. Nitrogen use efficiency of rice Reconsidered : What are the key constraints. Plant and Soil 155/15 : 359-362.

Cassman, K. G., A. Dobermann and D. T. Walters. 2002. Agroecosystems, nitrogen-use

efficiency, and nitrogen management. J. Hum. Env. 31 : 132-140.

Diekman, K. H., S. K. De Datta and J. C. G. Ottow. 1992. Effect of combined Application Of green manure and urea on N losses from urea fertilizer. Los Banos : Int. Rice Res. Inst.

Dayegamiye, A. N., T. S. Tran and M. R. Lavendiere. 2002. Effect of green manures on Soil physical and biological properties and on crop yields and N nutrition. 17th world congress of soil science Bangkok.

Fageria, N. K. and V. C. Baligar. 1999. Yield and yield components of lowland rice as influenced by timing of nitrogen fertilization. J. Plant Nutr. 22 : 23-32.

Hasegawa, H. 2003. High-yielding rice cultivars perform best even at reduced nitrogen Fertilizer rate. Crop Sci. 43 : 921-926.

Hirel, B., J. L. Gouis, B. Ney and A. Gallis. "The challenge of improving nitrogen use Efficiency in crop plant : towards a more central role for genetic variability and Quantitative genetics within intergrated approaches." : http://WWW.jxb.oxordjournals.org/content/full/erm097v1.2009.

Ladha, J.K., D. Kundu, M. G. Copenolle, M. B. Peoples, V. R. Carangal and P. Dart. 1996. Grain and forage legume effects of soil nitrogen dynamics in lowland rice-based cropping systems. Soil Sci. Soc. Amer. J. 60 : 183-192.

Meelu, O. P., Y. Singh and B. Singh. 1994. Green manuring for soil productivity improvement. Rome : FAO.

Singh, V. P. 1978. Nitrogen movement in water draining from irrigated riceland. Ph.D. Thesis. University of the Philippines.

Williams, W. A. and D. C. Finrock. 1962. Effect of placement and time of incorporation of vetch on rice yields. Agron. J. 54 : 547-549.

Youli, Y., Y. Yoshinori, W. Yulong, Y. Tetsushi, M. Akira, N. Youji and C. Jianzhong. 2000. Role of nitrogen regulation in sink and source formation of high-yielding rice cultivars. Soil Sci. and Plant Nutri. 46 : 825-834.