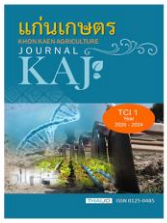
วารสารแก่นเกษตร THAIJO

Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

Journal Home Page : https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj



ผลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต ของข้าวพันธุ์ กข6 ภายใต้วิธีการปลูกแบบปักดำและหว่าน

Effects of nitrogen fertilizer on growth and yield of RD6 rice variety grown under transplanting and broadcasting methods

จำเนียร มีสำลี[1]*, นันทินา ดำรงวัฒนากูล[1] และจักรชัยวัฒน์ กาวีวงศ์[1]

Jumnian Meesumlee[1]*, Nanthina Damrongwattanakool[1] and Jakchaiwat Kaweewong[1]

[1] *คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ลำปาง 52100*
[1] *Faculty of Agricultural Technology, Lampang Rajabhat University, Lampang 52100*

บทคัดย่อ: ธาตุไนโตรเจนมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิตของข้าว การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่เหมาะสมต่อการทำนาแต่ละแบบสามารถเพิ่มผลผลิตของข้าวได้ การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข6 ภายใต้วิธีการปลูกแบบปักดำและหว่าน โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design, RCBD) จำนวน 6 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ประกอบด้วยกรรมวิธีควบคุม (control) คือไม่มีการใส่ปุ๋ย และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (46-0-0) ในอัตราที่แตกต่างกัน 5 ระดับคือ 0 (N_1), 10 (N_2), 20 (N_3), 30 (N_4) และ 40 (N_5) กก. N/ไร่ ทดลองในรูปแบบของการปลูกข้าว 2 วิธี คือนาดำและนาหว่าน ผลการศึกษาพบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 10, 20, 30 และ 40 กก. N/ไร่ ไม่มีผลทำให้ผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข6 มีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งแบบนาดำและนาหว่าน แต่สูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและไม่ใส่ปุ๋ยชนิดใดเลยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสภาพการปลูกแบบนาดำ ส่วนนาหว่าน การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 30 กก./ไร่ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 40 กก./ไร่ ให้ผลผลิตสูงสุด (638 กก./ไร่) ในนาดำ และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 20 กก./ไร่ ให้ผลผลิตสูงสุด (589 กก./ไร่) ในนาหว่าน เมื่อคำนึงถึงผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 20 กก./ไร่ ให้รายได้สุทธิสูงสุด 10,455 บาท/ไร่ ในสภาพการปลูกแบบนาดำ และ 9,688 บาท/ไร่ ในสภาพการปลูกแบบนาหว่าน ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 4,732 และ 1,820 บาท/ไร่ ในสภาพการปลูกแบบนาดำและนาหว่าน

คำสำคัญ: ข้าวพันธุ์ กข6; ปุ๋ยไนโตรเจน; นาดำ; นาหว่าน

ABSTRACT: Nitrogen plays an important role in promoting growth and yield in rice. This study aimed to evaluate the effects of nitrogen fertilizers on growth and yield of RD6 rice variety under transplanting and broadcasting methods. This experiment was conducted in a randomized complete block design (RCBD) with six treatments and three replications. The treatments were set as control, and another 5 nitrogen fertilizer application rates, 0 (N_1), 10 (N_2), 20 (N_3), 30 (N_4) and 40 (N_5) kg N/rai. The results found that fertilizer application at rates of 10, 20, 30 and 40 kg/rai had no significant ($P \leq 0.05$) effect on grain yield under both planting methods, but significantly higher than those of no-N application and control treatments. Nitrogen application at rate of 40 kg/rai gave the maximum grain yield (638 kg/rai) for transplanting rice. While, N application at rate of 20 kg/rai produced the highest grain yield (589 kg/rai) for broadcasting. In term of economic return, N applied at a rate of 20 kg/rai gave the net revenue over no-N application treatment by 4,732 and 1,820 bath/rai for transplanting and broadcasting methods, respectively

Key words: RD6 rice variety; nitrogen fertilizer; transplanting; broadcasting

* Corresponding author: jumnian055@gmail.com

Received: date; July 9, 2020 Accepted: date; December 9, 2020 Published: date; August 5, 2021

บทนำ

ข้าว (*Oryza Sativa* L.) เป็นพืชอาหารที่มีความสำคัญและเป็นแหล่งพลังงานหลักของมนุษย์ โดยพื้นที่ปลูกข้าวกระจายอยู่ทุกภูมิภาคทั่วโลกรวมพื้นที่กว่า 1,000 ล้านไร่ (ศุภนาถ, 2560) ในปัจจุบันประเทศไทยมีเนื้อที่เพาะปลูกข้าวทั้งนาปีและนาปรังรวมประมาณ 66.51 ล้านไร่ ซึ่งมีผลผลิตเฉลี่ยอยู่ที่ 467 กก./ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2563) โดยข้าวพันธุ์ กข6 เป็นพันธุ์ข้าวเหนียวที่เกษตรกรนิยมปลูกกันอย่างแพร่หลายในพื้นที่ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศ เนื่องจากให้ผลผลิตสูง ทนแล้ง ต้านทานต่อโรคใบจุดสีน้ำตาล และโรคไหม้ รวมทั้งมีคุณภาพการหุงต้มดี และมีกลิ่นหอม (กรมการข้าว, 2559) ข้าวพันธุ์ กข6 นิยมปลูกมากที่สุดในพื้นที่ของจังหวัดลำปางคิดเป็นร้อยละ 61.6 ของพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมด ส่วนใหญ่ปลูกโดยวิธีปักดำมีผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 537 กิโลกรัมต่อไร่ (สำนักงานเกษตรจังหวัดลำปาง, 2559) นอกจากความนิยมบริโภคข้าวเหนียวแล้ว จังหวัดลำปางยังมีผลิตภัณฑ์จากข้าวที่สำคัญคือข้าวแต๋นซึ่งเป็นสินค้าบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (จีไอ) ของจังหวัด มีทั้งที่ผลิตเพื่อจำหน่ายภายในประเทศและส่งออกต่างประเทศ โดยวัตถุดิบหลักในการผลิตทำมาจากข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 เท่านั้น ในขณะที่ปัญหาสำคัญของการปลูกข้าวพันธุ์ดังกล่าวคือการหักล้มของต้นข้าวซึ่งสร้างความเสียหายให้กับผลผลิตและทำให้การเก็บเกี่ยวทำได้ลำบากมากยิ่งขึ้น เกษตรกรผู้ปลูกข้าวส่วนใหญ่ยังขาดความรู้ในการบริหารจัดการด้านปัจจัยการผลิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ปุ๋ยในการผลิตข้าวที่ยังนิยมใช้ตามความเคยชิน และเชื่อว่าการใส่ปุ๋ยในปริมาณสูงจะทำให้ผลผลิตสูงขึ้นตามด้วย ซึ่งไม่เพียงแต่ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มสูงขึ้น ยังส่งผลต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิต โดยปัญหาที่สำคัญคือการหักล้มของต้นข้าวในระหว่างที่ข้าวกำลังเจริญเติบโตอยู่ในแปลงที่ส่งผลทำให้มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีลดลง และคุณภาพการขัดสีต่ำ อีกทั้งยังสูญเสียค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยวสูงกว่าข้าวที่ไม่หักล้ม (สาวิตร, 2545; ทัศนีย์ และประทีป, 2558; พัฒนา, 2560) โดยการหักล้มของข้าวนอกจากมีสาเหตุหรือปัจจัยส่วนหนึ่งมาจากลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวแล้ว การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่มากเกินไปก็ส่งผลกระทบต่อการหักล้มของข้าวเช่นกัน (Zhang et al., 2014) มีรายงานว่าไนโตรเจนส่วนเกินที่ข้าวได้รับทำให้ผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดข้าวลดลงถึงร้อยละ 58 ของการผลิตข้าวทั้งหมด (Yamamoto et al., 1992) โดยมุกดา (2544) กล่าวว่า ปริมาณของไนโตรเจนที่มากเกินความต้องการของพืช จะถูกนำไปสร้างเป็นโปรตีนมากกว่าการสร้างคาร์โบไฮเดรต ทำให้เซลลูโลสในส่วนที่เป็นโครงสร้างที่แข็งแรงและปริมาณของเส้นใยในต้นพืชลดลง อีกทั้งไนโตรเจนส่วนเกินจะเข้าไปเพิ่มความอิ่มน้ำของเซลล์และมุ่งเน้นในการพัฒนาในส่วนของปลายยอด การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่มากเกินไปจะยิ่งไปเพิ่มความสูงของลำต้นและความสูงของจุดศูนย์ถ่วงบริเวณฐานปล้องของข้าว ซึ่งทำให้เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นและความหนาของผนังลำต้นมีขนาดเล็กและบางลง เกิดการสูญเสียสมดุลระหว่างน้ำหนักส่วนบนเหนือฐานปล้องและความทนทานของฐานปล้อง จึงส่งผลทำให้ข้าวเกิดการหักล้มได้ง่ายขึ้น (Zhang et al. 2014)

ถึงแม้ว่าปุ๋ยไนโตรเจนจะเป็นปัจจัยการผลิตที่สำคัญและมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว แต่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณที่ไม่เหมาะสมอาจส่งผลกระทบทางลบต่อผลผลิตของข้าวได้ ดังนั้นการทดลองในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิต ของข้าวพันธุ์ กข6 ภายใต้วิธีการปลูกที่แตกต่างกัน คือ แบบนาดำและนาหว่าน และรวมถึงการวิเคราะห์ผลตอบแทนที่ได้รับจากการจัดการในแต่ละแบบ ซึ่งข้อมูลจากการศึกษาและวิจัยนี้จะทำให้เกษตรกรสามารถนำไปประกอบการพิจารณาเพื่อการจัดการใส่ปุ๋ยในปริมาณที่เหมาะสมกับวิธีการปลูกข้าวในรูปแบบต่าง ๆ รวมถึงรูปแบบการเก็บเกี่ยวผลผลิตต่อไป

วิธีการศึกษา

สถานที่ทดลองและสมบัติดิน

การศึกษาครั้งนี้ได้ดำเนินการทดลอง ณ แปลงทดลองคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ในช่วงฤดูฝนระหว่างเดือน มิถุนายน ถึง ธันวาคม 2562 ทำการเก็บตัวอย่างดินในแปลงทดลองที่ระดับความลึก 15 เซนติเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์หาสมบัติทางเคมีและกายภาพ รวมถึงปริมาณธาตุอาหารก่อนการทดลอง (**Table 1**)

Table 1 The properties of soil at the experimental site before planting

Properties	Method/Reference	Values	Interpretation[1/]
pH	Soil:Water, 1:2 (AOAC, 2000)	5.24	Strong acidity
Electrical conductivity *(dS/m)*	Soil:Water, 1:10 (Jakson, 1958)	0.15	Normal
Organic matter (%)	Walkley-Black (Nelson and Sommers, 1996)	1.76	Moderately
Total nitrogen (%)	Kjeldahl Method (Tel and Hegatey, 1984)	0.04	Low
Available phosphorus (mg/kg)	Bray II method (Bray and Kurtz, 1945)	13.38	Moderately
Exchangeable potassium (mg/kg)	Saturating the exchange site and	150.47	Moderately
Exchangeable calcium (mg/kg)	displacing by 1 M NH_4OAc, at pH 7.0 and	291.00	Low
Exchangeable magnesium (mg/kg)	measure by ASS and flame emission	67.02	Moderately
	spectro-photometer (AOAC, 2000)		
Soil texture	Pipette method (Gee and Bauder, 1986)		
▪ sand (%)		26.90	
▪ silt (%)		24.70	Clay
▪ clay (%)		48.40	

[1/] Soil test interpretation guide (Horneck et al., 2011)

แผนการทดลองและการจัดการ

การศึกษาผลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และการหักล้มของข้าวพันธุ์ กข6 ภายใต้วิธีการปลูกที่แตกต่างกัน ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design, RCBD) จำนวน 6 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ทดลองในรูปแบบของการปลูกข้าว 2 วิธี คือนาดำและนาหว่าน ประกอบด้วย กรรมวิธีควบคุม (control) โดยไม่มีการใส่ปุ๋ย และใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (46-0-0) ในอัตราแตกต่างกัน 5 ระดับ ได้แก่ 0 (N_1), 10 (N_2), 20 (N_3), 30 (N_4), 40 (N_5) กก. N/ไร่ โดยปรับใช้อัตราให้สอดคล้องกับคำแนะนำการให้ปุ๋ยแก่ข้าวตามค่าวิเคราะห์ดินจากสถาบันวิจัยข้าว (2547) เตรียมแปลงทดลองในแปลงนาขนาด 2x2 เมตรจำนวน 36 แปลง แบ่งเป็นแปลงทดลองที่ใช้วิธีการปลูกข้าวแบบนาดำ 18 แปลง และใช้วิธีปลูกข้าวแบบนาหว่านอีก 18 แปลง เตรียมดินโดยการไถตามวิธีการของกรมวิชาการเกษตร (2547) จากนั้นปล่อยน้ำท่วมแปลงเป็นระยะเวลา 5 วันโดยทำคันดินกั้นโดยรอบเพื่อป้องกันการไหลบ่าของน้ำในแปลงย่อย แปลงทดลองที่ใช้วิธีการปลูกแบบนาหว่านนำเมล็ดไปแช่น้ำนาน 12 ชั่วโมงและบ่มในผ้าดิบเป็นเวลา 48 ชั่วโมง หลังจากนั้นหว่านเมล็ดข้าวงอกลงในแปลงอัตราเมล็ด 20 กก.ต่อไร่ ตามคำแนะนำของกรมการข้าว (2559) ในส่วนของแปลงทดลองที่ใช้วิธีการปลูกแบบนาดำทำการปักดำเมื่อต้นกล้ามีอายุได้ 30 วัน โดยคัดเลือกต้นที่สมบูรณ์มากที่สุด ใช้ระยะปลูกระหว่างแถวและระหว่างต้นที่ 25 เซนติเมตร x 25 เซนติเมตร จำนวน 3 ต้นต่อกอ ทั้งแปลงทดลองที่ใช้วิธีการปลูกแบบนาดำและนาหว่าน (N_1, N_2, N_3, N_4 และ N_5) หว่านรองพื้นด้วยปุ๋ยฟอสฟอรัสสูตร 0-46-0 (Triple super phosphate, TPS) อัตรา 6 กก. P_2O_5/ไร่ และปุ๋ยโพแทสเซียมสูตร 0-0-60 (Muriate of potash, MOP) อัตรา 6 กก. K_2O/ไร่ (สถาบันวิจัยข้าว, 2547) สำหรับปุ๋ยไนโตรเจน (ยูเรีย, 46-0-0) แบ่งใส่ 2 ครั้งอย่างละเท่า ๆ กัน โดยครั้งแรกใส่พร้อมกับปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมเมื่อข้าวมีอายุ 30 วัน (ทั้งนาดำและนาหว่าน) และครั้งที่สองใส่เมื่อข้าวมีอายุ 60 วัน สำหรับนาหว่าน และเมื่อข้าวเริ่มแตกกอสำหรับนาดำ หรือ 30 วันหลังจากใส่ปุ๋ยครั้งแรก (ยงยุทธ และคณะ, 2554) ตามอัตราที่กำหนดไว้ในแผนการทดลอง ดูแลรักษาตลอดระยะเวลาที่ข้าวมีการเจริญเติบโต ควบคุมระดับน้ำให้คงที่ กำจัดวัชพืช และเก็บเกี่ยวผลผลิตทั้งหมดเมื่อข้าวมีอายุประมาณ 130 วัน

เมื่อได้ผลการเปรียบเทียบกรรมวิธีที่ให้ผลผลิตสูงที่สุดในทั้งสองกรรมวิธีแล้วทำการวิเคราะห์ความแตกต่างของผลผลิตของสองประชากรที่เป็นอิสระต่อกัน (Paired t-test) ระหว่างแปลงปลูกข้าวแบบนาดำและนาหว่านโดยทำการประเมินเทียบกับกรรมวิธีควบคุมเพื่อประเมินร่วมกันระหว่างรูปแบบการปลูกต่อการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีที่ให้ผลผลิตดีที่สุด

การบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูล

ในส่วนของแปลงทดลองที่ใช้วิธีการปลูกแบบนาดำเก็บข้อมูลการแตกกอ ความสูงที่ระยะเก็บเกี่ยว น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน จำนวนรวงต่อกอ จำนวนเมล็ดต่อรวง น้ำหนักผลผลิตที่ความชื้น 14% เปอร์เซ็นต์การหักล้มต่อพื้นที่ (คำนวณจากพื้นที่ที่ต้นข้าวหักล้มต่อพื้นที่ทั้งหมด) และดัชนีการเก็บเกี่ยว (Harvest index, HI) สำหรับแปลงทดลองแบบนาหว่านเก็บข้อมูลความสูงที่ระยะเก็บเกี่ยว น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน จำนวนเมล็ดต่อรวง น้ำหนักผลผลิตที่ความชื้น 14% เปอร์เซ็นต์การหักล้มต่อพื้นที่ และดัชนีการเก็บเกี่ยว คำนวณผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์หรือผลกำไรสุทธิของทั้งสองวิธีการปลูกโดยนำส่วนของรายได้จากการจำหน่ายผลผลิตหักกับค่าใช้จ่ายในส่วนของต้นทุนปุ๋ยเคมี ข้อมูลที่ได้ทั้งหมดนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ตามแผนการทดลองที่กำหนดไว้ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least significant difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการศึกษา

การปลูกแบบนาดำ

การเจริญเติบโต ผลผลิต และการหักล้ม

ผลการทดลองของการปลูกแบบนาดำ พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่แตกต่างกันมีผลทำให้ การแตกกอ ความสูง น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน จำนวนรวงต่อกอ จำนวนเมล็ดต่อรวง ผลผลิตที่ความชื้น 14% และเปอร์เซ็นต์การหักล้มต่อพื้นที่ของข้าวพันธุ์ กข6 มีความแตกต่างกันในแต่ละกรรมวิธีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (**Table 2**) พบว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 10, 20, 30 และ 40 กก. N/ไร่ ไม่มีผลทำให้ผลผลิตข้าว กข6 มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 40 กก./ไร่ ให้ผลผลิตสูงสุดซึ่งการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทุกอัตราให้ผลผลิตสูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน และไม่มีการใส่ปุ๋ยชนิดใดเลย (**Table 2**) การเจริญเติบโตด้านจำนวนหน่อ พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ข้าวพันธุ์ กข6 มีการแตกหน่อเพิ่มมากขึ้น โดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ 40 กก. N/ไร่ ทำให้มีจำนวนหน่อสูงที่สุดเฉลี่ย 15.97 หน่อซึ่งสูงกว่าที่อัตรา 30, 20 และ 10 กก. N/ไร่ กรรมวิธีควบคุมจะให้จำนวนหน่อต่ำสุด (3.83 หน่อ) ความสูงของต้นข้าวเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน โดยการใส่ปุ๋ยอัตรา 40 กก. N/ไร่ ทำให้ต้นข้าวมีความสูงเฉลี่ยมากที่สุดคือ 171.88 ซม. และต่ำสุดคือ 137.87 เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ยชนิดใด (ควบคุม) (**Table 2**) เช่นเดียวกับน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดิน และจำนวนรวงต่อกอ ที่พบว่าการเพิ่มปริมาณการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้น้ำหนักแห้ง และจำนวนรวงต่อกอเพิ่มมากขึ้น การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 40 กก./ไร่ ให้น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินสูงสุดคือ 1,514.7 กก./ไร่ และกรรมวิธีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย (ควบคุม) ให้น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินต่ำสุดคือ 417.1 กก./ไร่ องค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ จำนวนรวงต่อกอและจำนวนเมล็ดต่อรวง พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 10, 20, 30 และ 40 กก./ไร่ มีผลทำให้จำนวนรวงต่อกอมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 40 กก./ไร่ ให้จำนวนรวงต่อกอสูงสุด การใส่ปุ๋ยทั้ง 4 อัตรามีผลทำให้จำนวนรวงต่อกอมากกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน และกรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนจำนวนเมล็ดต่อรวง พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทั้ง 4 อัตราไม่มีผลทำให้จำนวนเมล็ดต่อรวงมีความแตกต่างกันทางสถิติ และมีจำนวนเมล็ดต่อรวงมากกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและกรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (**Table 2**) กรณีของการหักล้ม การเพิ่มอัตราปุ๋ยไนโตรเจนสูงขึ้นส่งผลทำให้เปอร์เซ็นต์การหักล้มเพิ่มขึ้น การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 40 กก./ไร่ มีเปอร์เซ็นต์การหักล้มสูงสุด (98.4%) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 30 กก./ไร่ (**Table 2**) ส่วนดัชนีการเก็บเกี่ยว พบว่า มีแนวโน้มลดลงเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 30 และ 40 กก./ไร่ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 10 กก./ไร่ และไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน กรรมวิธีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยชนิดใดเลย ให้ค่าดัชนีการเก็บเกี่ยวต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยอัตราอื่น (**Table 2**)

Table 2 Effect of nitrogen fertilizer rate on growth, yield, lodging area and harvest index of RD6 rice variety grown under transplanting method

Fertilizer rate (kg N/rai)	No. of tiller per hill	Plant height (cm)	Straw dry weight (kg/rai)	No. of panicle per hill	No. of grain per panicle	Grain yield (kg/rai)	Lodging area (%)	Harvest Index (HI)
Control	3.83^{d}	137.87^{c}	417.1^{c}	4.80^{c}	97.60^{c}	134.54^{c}	0^{b}	0.25^{c}
0 (N_1)	5.07^{cd}	139.63^{c}	597.1^{c}	5.87^{c}	105.00^{b}	339.22^{b}	0^{b}	0.37^{a}
10 (N_2)	7.93^{bc}	160.17^{b}	1,067.0^{b}	7.63^{b}	137.13^{a}	543.87^{a}	0^{b}	0.34^{ab}
20 (N_3)	10.17^{b}	169.20^{ab}	1,293.3^{ab}	8.37^{b}	131.60^{a}	631.07^{a}	8.33^{b}	0.33^{ab}
30 (N_4)	11.30^{b}	171.83^{a}	1,437.8^{a}	9.57^{a}	130.87^{a}	573.48^{a}	92.71^{a}	0.29^{bc}
40 (N_5)	15.97^{a}	174.60^{a}	1,514.7^{a}	10.47^{a}	138.33^{a}	638.01^{a}	98.43^{a}	0.29^{bc}
F-test	*	*	*	*	*	*	*	*
C.V. (%)	24.31	3.08	12.95	3.45	8.13	15.94	19.63	10.39

Different letters in each column indicate significant differences according to LSD at P≤0.05

Control = no fertilizer application

* = significant difference indicates at P≤0.05

ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์

ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ หรือผลกำไรสุทธิซึ่งคำนวณโดยนำส่วนของรายได้จากการจำหน่ายผลผลิตหักกับค่าใช้จ่ายในส่วนของต้นทุนปุ๋ยเคมีของนาดำ พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 10, 20, 30 และ 40 กก./ไร่ ไม่มีผลทำให้กำไรสุทธิแตกต่างกันทางสถิติ แต่ทั้ง 4 อัตรา ให้กำไรสุทธิสูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน และกรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (**Table 3**) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 20 กก./ไร่ มีแนวโน้มให้กำไรสุทธิสูงสุดคือ 10,455 บาท/ไร่ และกรรมวิธีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยชนิดใดให้รายได้สุทธิต่ำสุด คือ 2,422 บาท/ไร่ (**Table 3**)

Table 3 Effect of nitrogen fertilizer rate on production cost and economic return of RD6 rice variety grown under transplanting method

Fertilizer rate (kg N/rai)	Fertilizer cost[1] (Baht/rai)			Income[2] (Baht/rai)	Net revenue (Baht/rai)
	46-0-0	0-46-0	0-0-60		
Control	0	0	0	2,421.72	2,421.72[c]
0 (N_1)	0	232.76	150.30	6,105.96	5,722.90[b]
10 (N_2)	260.76	232.76	150.30	9,789.66	9,145.84[a]
20 (N_3)	521.64	232.76	150.30	11,359.26	10,454.56[a]
30 (N_4)	782.52	232.76	150.30	10,322.64	9,157.06[a]
40 (N_5)	1,043.40	232.76	150.30	11,151.72	9,725.26[a]
F-test					*
C.V. (%)					23.79

Different letters in each column indicate significant differences according to LSD at P≤0.05

* = significant different at P≤0.05

Cost and Prices used in the calculation of economic return: [1] Nitrogen fertilizer (46-0-0) = 12.00 baht/kg; Phosphorus fertilizer (0-46-0) = 17.84 baht/kg; Potassium fertilizer (0-0-60) = 15.30 baht/kg (Office of Agriculture Economics, 2020) [2] RD6 rice grain price = 18 baht/kg (March 2020) (Thai Rice Mill Association, 2020)

การปลูกแบบนาหว่าน

การเจริญเติบโต ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์การหักล้มต่อพื้นที่

ผลการทดลองของการปลูกแบบนาหว่าน พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่แตกต่างกันมีผลทำให้ ความสูง น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน จำนวนเมล็ดต่อรวง ผลผลิตที่ความชื้น 14% และเปอร์เซ็นต์การหักล้มต่อพื้นที่ของข้าวพันธุ์ กข6 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) (**Table 4**) พบว่า กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 10, 20, 30 และ 40 กก./ไร่ ไม่มีผลทำให้ผลผลิตข้าว กข6 มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 20 กก./ไร่ ให้ผลผลิตสูงสุด ซึ่งการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทุกอัตราให้ผลผลิตสูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและกรรมวิธีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยชนิดใดเลย (ควบคุม) (**Table 4**) การเจริญเติบโตด้านความสูงพบว่าการเพิ่มอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ต้นข้าวมีความสูงเพิ่มขึ้น โดยการใส่ปุ๋ยอัตรา 30 และ 40 กก./ไร่ ทำให้ต้นข้าวมีความสูงมากที่สุดคือ 178.93 และ 178.50 ซม. ตามลำดับ และต่ำที่สุดคือ 135.53 ซม. ในกรรมวิธีควบคุม (**Table 4**) เช่นเดียวกับน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินที่พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทั้ง 4 อัตราไม่มีผลทำให้น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินมีความแตกต่างกันทางสถิติ และมีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินสูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและกรรมวิธีควบคุม (**Table 4**) ส่วนจำนวนเมล็ดต่อรวง การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 20, 30 และ 40 กก./ไร่ ไม่มีผลทำให้จำนวนเมล็ดต่อรวงมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยที่ไนโตรเจนอัตรา 20 และ 30 กก./ไร่ มีจำนวนเมล็ดต่อรวงสูงสุด (214.17 เมล็ด) ซึ่งมีจำนวนเมล็ดต่อรวงสูงกว่ากรรมวิธีที่ไนโตรเจนอัตรา 10 กก./ไร่ และกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและกรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (**Table 4**) กรณีของการหักล้ม การเพิ่มอัตราปุ๋ยไนโตรเจนสูงขึ้นส่งผลทำให้เปอร์เซ็นต์การหักล้มเพิ่มขึ้น การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 30 และ 40 กก./ไร่ มีเปอร์เซ็นต์การหักล้มสูงสุด (91.67%) (**Table 4**) ส่วนดัชนีการเก็บเกี่ยว พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทั้ง 4 อัตราไม่มีผลทำให้ดัชนีการเก็บเกี่ยวมีความแตกต่างกันทางสถิติ และมีดัชนีการเก็บเกี่ยวต่ำกว่ากรรมวิธีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยชนิดใดเลย และกรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (**Table 4**)

Table 4 Effect of nitrogen fertilizer rate on growth, yield, lodging area and harvest index of RD6 rice variety grown under broadcasting method

Fertilizer rate (kg N/rai)	Plant height (cm)	Straw dry weight (kg/rai)	No. of grain per panicle	Grain yield (kg/rai)	Lodging area (%)	Harvest Index (HI)
Control	135.53^{c}	745.3^{b}	77.27^{c}	367.57^{c}	0^{c}	0.29^{a}
0 (N_1)	153.20^{bc}	942.2^{b}	84.67^{c}	458.40^{b}	0^{c}	0.29^{a}
10 (N_2)	166.30^{ab}	1,776.3^{a}	147.47^{b}	557.50^{a}	18.33^{c}	0.21^{b}
20 (N_3)	168.27^{ab}	1,778.0^{a}	214.17^{a}	588.50^{a}	60.00^{b}	0.22^{b}
30 (N_4)	178.93^{a}	1,917.0^{a}	214.17^{a}	529.23^{ab}	91.67^{a}	0.19^{b}
40 (N_5)	178.50^{a}	2,157.9^{a}	207.07^{a}	540.90^{a}	91.67^{a}	0.18^{b}
F-test	*	*	*	*	*	*
C.V. (%)	5.98	21.84	12.11	8.67	24.02	13.78

Different letters in each column indicate significant differences according to LSD at P≤0.05

* = significant at P≤0.05

ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์

ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ หรือผลกำไรสุทธิซึ่งคำนวณโดยนำส่วนของรายได้จากการจำหน่ายผลผลิตหักกับค่าใช้จ่ายในส่วนของต้นทุนปุ๋ยเคมีของนาหว่าน พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 10, 20, 30 และ 40 กก./ไร่ ไม่มีผลทำให้กำไรสุทธิแตกต่างกันทางสถิติ แต่อัตรา 10 และ 20 กก./ไร่ ให้กำไรสุทธิสูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและกรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (**Table 5**) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 20 กก./ไร่ มีแนวโน้มให้กำไรสุทธิสูงสุดคือ 9,688 บาท/ไร่ และกรรมวิธีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยชนิดใดเลยให้รายได้สุทธิต่ำสุดคือ 6,616 บาท/ไร่ (**Table 5)**

Table 5 Effect of nitrogen fertilizer rate on production cost and economic return of RD6 rice variety grown under broadcasting method

Fertilizer rate (kg N/rai)	Fertilizer cost[1] (Baht/rai)			Income[2] (Baht/rai)	Net revenue (Baht/rai)
	46-0-0	0-46-0	0-0-60		
Control	0	0	0	6,616.26	6,616.26^{c}
0 (N_1)	0	232.76	150.30	8,251.20	7,868.14^{bc}
10 (N_2)	260.76	232.76	150.30	10,035.00	9,391.18^{a}
20 (N_3)	521.64	232.76	150.30	10,593.00	9,688.30^{a}
30 (N_4)	782.52	232.76	150.30	9,526.14	8,360.56^{ab}
40 (N_5)	1,043.40	232.76	150.30	9,736.20	8,309.74^{ab}
F-test					*
C.V. (%)					10.08

Different letters in each column indicate significant differences according to LSD at P≤0.05

* = significant at P≤0.05

Cost and Prices used in the calculation of economic return: [1] Nitrogen fertilizer (46-0-0) = 12.00 baht/kg; Phosphorus fertilizer (0-46-0) = 17.84 baht/kg; Potassium fertilizer (0-0-60) = 15.30 baht/kg (Office of Agriculture Economics, 2020) [2] RD6 rice grain price = 18 baht/kg (March 2020) (Thai Rice Mill Association, 2020)

จากการเปรียบเทียบผลผลิตระหว่างแปลงที่ปลูกแบบนาดำและนาหว่านโดยวิธีการ Paired t-test ของกรรมวิธีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยเลยหรือควบคุมกับที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 20 กก./ไร่ พบว่าทั้งสองกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยต่างพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) ของผลผลิตระหว่างการปลูกทั้งสองแบบ โดยกรรมวิธีควบคุม พบว่า นาดำให้ผลผลิต 134.54 กก./ไร่ น้อยกว่านาหว่านที่ให้ผลผลิต 367.57 กก./ไร่ ขณะที่กรรมวิธีใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 20 กก./ไร่ พบว่านาดำให้ผลผลิต 631.07 กก./ไร่ สูงกว่านาหว่านที่ให้ผลผลิต 588.50 กก./ไร่

วิจารณ์ผล

จากการศึกษาผลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข6 ภายใต้วิธีการปลูกที่แตกต่างกัน พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่แตกต่างกันคือ 10, 20, 30 และ 40 กก./ไร่ ไม่มีผลทำให้ผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข6 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีผลทำให้ผลผลิตข้าวที่ใส่ปุ๋ยทั้ง 4 อัตราสูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและกรรมวิธีควบคุมทั้งวิธีการปลูกแบบนาดำและนาหว่าน ทั้งนี้เนื่องจากข้าวที่มีการใส่ปุ๋ยทั้ง 4 อัตราให้จำนวนรวงต่อกอ และจำนวนเมล็ดต่อรวงสูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับหลายงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับผลของระดับปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตของข้าวทั้งในและต่างประเทศ (สายชล และ ธนพัฒน์, 2558; จักรชัยวัฒน์, 2563; Metwally et al., 2011; Sheng-gang et al., 2012; Gewaily et al., 2018) ซึ่งไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการเป็นจำนวนมากในการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิต มีบทบาทหน้าที่ในการส่งเสริมการเจริญเติบโต และกระตุ้นให้พืชมีความแข็งแรง รวมถึงการสะสมน้ำหนักในส่วนต่าง ๆ ของพืช (ยงยุทธ และคณะ, 2554) ซึ่งถ้าดินมีปริมาณของธาตุไนโตรเจนเพียงพอจะส่งผลทำให้พืชเจริญเติบโตในช่วงระยะแรกได้อย่างรวดเร็ว (ปัทมา, 2547) ไนโตรเจนทำให้การแตกกอเพิ่มขึ้นจึงส่งผลต่อเนื่องต่อจำนวนรวงต่อพื้นที่และยังทำให้จำนวนเมล็ดต่อรวงเพิ่มขึ้น (Dobermann and Fairhursf, 2000)

การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงเกินไปจะเพิ่มการเฝือใบข้าวจนทำให้เกิดการหักล้มของต้นข้าว ดังนั้นเมื่อพิจารณาถึงผลผลิตและต้นทุนของการใส่ปุ๋ยจึงไม่ควรใส่ในปริมาณที่มากเกินความจำเป็น ซึ่งผลการทดลองที่ได้ใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Sorour et al. (2016) ที่ศึกษาผลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ Giza 179 และ Sakha 104 ที่ปลูกในดินเหนียว โดยพบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 16-24 กก. N/ไร่ ทำให้ข้าวทั้งสองสายพันธุ์มีผลผลิตสูงสุดทั้งการปลูกแบบนาดำและนาหว่านเช่นกัน การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงเกินไปเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ข้าวเกิดการหักล้มโดยการหักล้มของต้นข้าวในระยะที่กำลังเริ่มสะสมอาหาร (หลังออกดอก 15-30 วัน) หรือในช่วงต้นของระยะน้ำนมและระยะข้าวสุกจะส่งผลทำให้ข้าวมีเมล็ดลีบมากขึ้น และหากต้นข้าวหักล้มทั้งหมดจะทำให้ผลผลิตลดลงถึง 320 กก./ไร่ (Setter et al., 1997 อ้างโดย จารุวรรณ, 2559) การหักล้มของข้าวโดยเฉพาะในพื้นที่เพาะปลูกที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณที่สูง เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลผลิตข้าว กข6 ที่ปลูกในพื้นที่ภาคเหนือลดลง (จารุวรรณ, 2559) สอดคล้องกับการวิจัยของ กมลชนก และคณะ (2559) ที่รายงานว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในระดับที่มากขึ้นจะไปเพิ่มการสร้างส่วนเจริญทางลำต้น การแตกกอ จำนวนใบ และความสูงอย่างมากจนเกิดการหักล้ม ซึ่งมุกดา (2544) ให้เหตุผลว่าปริมาณของไนโตรเจนที่มากเกินความต้องการของพืชนั้น จะถูกนำไปสร้างเป็นโปรตีนมากกว่าการสร้างคาร์โบไฮเดรต ทำให้เซลลูโลสในส่วนที่เป็นโครงสร้างที่แข็งแรงและปริมาณของเส้นใยในต้นพืชลดลง อีกทั้งไนโตรเจนส่วนเกินจะเข้าไปเพิ่มความอิ่มน้ำของเซลล์และมุ่งเน้นในการพัฒนาในส่วนของปลายยอด นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่มากเกินไปจะยิ่งไปเพิ่มความสูงของลำต้นและความสูงของจุดศูนย์ถ่วงบริเวณฐานปล้องของข้าว ซึ่งทำให้เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นและความหนาของผนังลำต้นมีขนาดที่เล็กและบางลง เกิดการสูญเสียสมดุลระหว่างน้ำหนักส่วนบนเหนือฐานปล้องและความทนทานของฐานปล้อง จึงส่งผลทำให้ข้าวเกิดการหักล้มได้ง่ายขึ้น (Wei et al. 2008; Yang et al. 2009; Wang et al. 2012; Zhang et al. 2013) ซึ่งจากการทดลองพบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณที่เพิ่มจาก 20 กก. N/ไร่

(30 และ 40 กก. N/ไร่) ทำให้ข้าวมีเปอร์เซ็นต์การหักล้มต่อพื้นที่มากกว่า 90% ทั้งแปลงปลูกแบบนาหว่านและนาดำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแปลงที่ปลูกแบบนาหว่านข้าวเริ่มมีการหักล้มเมื่อใส่ในอัตรา 10 กก. N/ไร่ ในขณะข้าวที่ปลูกแบบนาดำเริ่มหักล้มเมื่อใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 20 กก. N/ไร่ และหักล้มน้อยกว่าข้าวที่ปลูกแบบนาหว่านถึง 51.67 % เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่เท่ากัน สอดคล้องกับ Dunn and Dunn (2017) ที่รายงานว่าการปลูกข้าวด้วยวิธีการปักดำสามารถลดการหักล้มได้ดีกว่าการปลูกข้าวด้วยวิธีการหว่าน โดย Terashima et al. (1992) ได้ให้เหตุผลว่า ข้าวที่ปลูกด้วยวิธีปักดำจะมีระบบรากที่ลึกลงไปในดิน ทำให้สามารถยึดกับผิวดินได้ดีกว่า นอกจากนี้ยังมีความต้านทานต่อการดัดงอและการแตกของลำต้น ซึ่งเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ลดการหักล้มได้มากกว่าข้าวที่ปลูกด้วยวิธีการหว่านซึ่งรากจะเจริญเติบโตอยู่ที่ผิวดิน นอกจากนี้การปลูกข้าวโดยใช้วิธีการหว่านมีความหนาแน่นของประชากรสูงกว่าการปักดำ ทำให้เกิดการแข่งขันกันระหว่างพืชกับแสงและธาตุอาหารมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้เส้นผ่านศูนย์กลางและจำนวนของรากที่งอกออกมาจากข้อของลำต้นอ่อนแอลง (Huang et al., 2014) นอกจากนี้ความหนาแน่นของประชากรที่สูงขึ้นจะยิ่งทำให้ข้าวมีโอกาสตอบสนองต่อความเครียดมากขึ้นด้วยการเร่งความยาวและลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นลง (Easson et al., 1993) อีกทั้งความแข็งแรงของจุดยึดกับผิวดินลดลงเนื่องจากแผ่นรากกระจายน้อยลง จึงส่งผลให้ข้าวหักล้มได้ง่ายขึ้น (Liu et al., 2012)

ในส่วนขององค์ประกอบผลผลิตของข้าวพบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ข้าวที่ใช้วิธีการปลูกแบบนาหว่านมีจำนวนเมล็ดต่อรวงเพิ่มขึ้น และข้าวที่ใช้วิธีการปลูกแบบนาดำมีจำนวนรวงต่อกอและเมล็ดต่อรวงเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน บทบาทของธาตุไนโตรเจนในการกระตุ้นการแบ่งเซลล์ในพืชนี้ อาจนำไปสู่การสร้างรวงในช่วงระยะตั้งท้องถึงระยะออกดอกเพิ่มมากขึ้น ซึ่ง Gewaily et al. (2018) รายงานว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนตั้งแต่อัตรา 55-220 กก. N/เฮกแตร์ (8.8-35.2 กก. N/ไร่) มีผลทำให้จำนวนรวงต่อกอ และเมล็ดต่อรวงของข้าว 4 สายพันธุ์ที่ปลูกในประเทศอียิปต์เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนประมาณ 1.4-4.1 เท่า และ 1.1-1.3 เท่าเฉลี่ยใน 2 ฤดูปลูก ตามลำดับ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Metwally et al. (2017) ที่ได้ผลลัพธ์คล้ายกันว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ข้าวมีจำนวนรวงต่อกอเพิ่มขึ้น โดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 165 กก. N/เฮกแตร์ (26.4 กก. N/ไร่) ทำให้ข้าวมีจำนวนรวงต่อกอสูงที่สุดเมื่อเทียบกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่ต่ำกว่า

ในส่วนของผลตอบแทนหรือกำไรสุทธิหลังจากหักต้นทุนปุ๋ยเคมีของข้าวพันธุ์ กข6 ที่ปลูกโดยใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 10, 20, 30 และ 40 กก. N/ไร่ จะไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ คือเฉลี่ยกำไรสุทธิ 9,620.69 บาท/ไร่ สำหรับนาดำ และ 8,937.45 บาท/ไร่ สำหรับนาหว่าน แต่จะเห็นได้ว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ 20 กก. N/ไร่ จะให้ผลตอบแทนสูงที่สุดคือ 10,545.56 และ 9,688.30 บาท/ไร่ สำหรับนาดำและนาหว่าน ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ในอัตรา 30 และ 40 กก. N/ไร่ จะได้กำไร/ไร่ มากกว่า 1,297.50 และ 729.30 บาท สำหรับแปลงที่ใช้วิธีการปลูกแบบนาดำ และกำไร/ไร่ มากกว่า 1,327.74 และ 1,378.56 บาท สำหรับแปลงที่ใช้วิธีการปลูกแบบนาหว่าน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยเคมีที่เกินกว่าความต้องการของข้าว นอกจากจะไม่ทำให้ผลผลิตของข้าวสูงขึ้นแล้วยังส่งผลทำให้มีต้นทุนการผลิตเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นการใส่ปุ๋ยเคมีในปริมาณที่เหมาะสมกับดินแต่ละพื้นที่มีความสอดคล้องกับปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ดั้งเดิมในดิน และการเลือกวิธีการปลูกสามารถช่วยให้เกษตรกรลดต้นทุนการผลิตในเรื่องของการใช้ปุ๋ย และสามารถเพิ่มผลผลิตของข้าวได้อย่างยั่งยืนอีกด้วย (ทัศนีย์ และประทีป, 2558)

การที่ผลผลิตของนาดำให้ผลผลิตต่ำกว่านาหว่านที่กรรมวิธีควบคุมแต่กลับพบว่าเมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 20 กก./ไร่ พบว่าผลผลิตของนาดำสูงกว่านาหว่าน แสดงให้เห็นว่าในสภาพแปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ยนั้น ต้นข้าวที่มีการปลูกแบบนาดำอาจมีการเจริญไม่เต็มศักยภาพ มีความสามารถในการแตกกอ การสร้างรวงหรือความสมบูรณ์ต่อรวงต่ำ ส่งผลให้ผลผลิตต่ำกว่านาหว่านที่มีจำนวนต้นต่อไร่สูงกว่าและแม้การปลูกแบบหว่านจะแตกกอต่ำแต่โดยภาพรวมยังคงมีจำนวนรวงต่อไร่สูงกว่าแปลงที่ปลูกแบบนาดำที่มีอัตราการแตกกอต่ำภายใต้สภาพการไม่ได้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ขณะที่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 20 กก./ไร่ ส่งผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของข้าว เช่น การแตกกอ ความสมบูรณ์ของหน่อและรวง (Wang et al., 2017) ด้วยเหตุนี้ในสภาพที่ข้าวได้รับปุ๋ยไนโตรเจนผลผลิตของข้าวนาดำจึงให้ผลผลิตที่สูงกว่าข้าวนาหว่านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุป

การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 10, 20, 30 และ 40 กก. N/ไร่ ไม่มีผลทำให้ผลผลิตข้าวพันธุ์ กข6 แตกต่างกันทางสถิติทั้งวิธีการปลูกแบบนาดำและนาหว่าน เมื่อพิจารณาผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ อัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมคืออัตรา 20 กก./ไร่ ทั้งนาดำและนาหว่านซึ่งทำให้มีรายได้สุทธิสูงที่สุด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) และสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการทำงานวิจัยภายใต้โครงการ การพัฒนาทุนทางสังคมสู่ความเข้มแข็งของเศรษฐกิจฐานรากด้วยนวัตกรรม ขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่ได้ให้ข้อเสนอแนะในการเตรียมต้นฉบับบทความวิจัย ขอบคุณนายจิรายุส สุทะยะ ผู้ช่วยวิจัย และขอบคุณเจ้าหน้าที่คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางทุกท่านที่ให้การสนับสนุนและอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงาน

เอกสารอ้างอิง

กมลชนก นันต๊ะจันทร์, เพ็ญนภา จักรสมศักดิ์, นันทิยา พนมจันทร์ และชนากานต์ เทโบลต์ พรมอุทัย. 2559. ผลของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนต่อผลผลิตและความเข้มข้นธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวพันธุ์พื้นเมือง. แก่นเกษตร. 44(3): 391-398.

กรมการข้าว. 2559. องค์ความรู้เรื่องข้าว. แหล่งข้อมูล: http://www.ricethailand.go.th/rkb3/title-index.PhP-file=content.PhP&id=46-2.htm#4. ค้นเมื่อ 28 พฤษภาคม 2562.

กรมวิชาการเกษตร. 2547. ข้าว. เอกสารวิชาการลำดับที่ 18/2547. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

จักรชัยวัฒน์ กาวีวงศ์. 2563. การจัดการธาตุไนโตรเจนเพื่อการผลิตข้าวหอมนิลในชุดดินแม่ทะ. แก่นเกษตร. 48(1): 189-200.

จารุวรรณ เถินบุรินทร์. 2559. แนวทางการแก้ปัญหาการล้มของข้าวพันธุ์ กข6 ในพื้นที่จัดทำแปลงขยายพันธุ์ของศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวลำปาง. กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

ทัศนีย์ อัตตะนันท์ และ ประทีป วีระพัฒนนิรันดร์. 2558. ธรรมชาติของดินและปุ๋ย. คู่มือสำหรับการเกษตรยุคใหม่, กรุงเทพฯ.

ปัทมา วิตยากร. 2547. ความอุดมสมบูรณ์ของดินขั้นสูง. เอกสารคำสอน. พิมพ์ครั้งที่ 2 (ปรับปรุง). ภาควิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พัฒนา นรมาศ. 2560. ตรวจวิเคราะห์ดินก่อนใส่ปุ๋ย ทำนา ลดต้นทุน เพิ่มรายได้: เทคโนโลยีชาวบ้าน. แหล่งข้อมูล: https://www.technologychaoban.com/agricultural-technology/article_20509. ค้นเมื่อ 28 มีนาคม 2563.

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2544. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน, สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

ยงยุทธ โอสถสภา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชวลิต ฮงประยูร. 2554. ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศุภนาถ เห็นสว่าง. 2560. ข้าว: ความสำคัญ คุณค่าทางอาหาร และการปนเปื้อน. วารสารสิ่งแวดล้อม. 21(1): 15-18.

สถาบันวิจัยข้าว. 2547. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยเคมีในนาข้าวตามค่าวิเคราะห์ดิน. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

สายชล สุขญาณกิจ และ ธนพัฒน์ ปลื้มพวก. 2558. ผลของการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนตามค่าวิเคราะห์ดินต่อผลผลิตและธาตุอาหารหลักในข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 ที่ปลูกในชุดดินอยุธยา. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 46(พิเศษ 3): 577-580.

สาวิตร มีจุ้ย. 2545. การควบคุมปริมาณน้ำในพืชเพื่อแก้ไขปัญหาหารหักล้มของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข6. สถาบันเทคโนโลยีเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2563. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2562. สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพ ฯ.

สำนักงานเกษตรจังหวัดลำปาง.2559. ข้อมูลพื้นฐานด้านการเกษตรจังหวัดลำปางปี 2559. แหล่งข้อมูล: http://www.lampang.doae.go.th/wp-content/uploads/ข้อมูลพื้นฐานด้านการเกษตร-59.pdf. ค้นเมื่อ 11 มีนาคม 2563.

อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ์. 2557. การจัดการปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินต่อการเจริญเติบโตผลผลิตและประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนของข้าวที่ปลูกในชุดดินสรรพยา. วารสารเกษตร. 30(2): 133-140.

AOAC. 2000. Official method of analysis of AOAC international: The Association of Official Analytical Chemists, 17th. Washington DC. USA.

Bray, R.H., and Kurtz, L.T. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soils. Soil Science. 59: 39-45.

Dobermann, A,. and T. H. Fairhurst. 2000. Rice Nutrient Disorders and Nutrient Management. Oxford Graphic Printers Pte Ltd.

Dunn, B., and T. Dunn. 2017. Lodging in rice. Department of primary industries. https://riceextension.org.au/s/Lodging-in-Rice-NSWDPI-primefact.pdf. Accessed 31 Mar. 2020.

Easson, D., E. White, and S. Pickles. 1993. The effects of weather, seed rate and cultivar on lodging and yield in winter wheat. Journal of Agricultural Science. 121: 145–156.

Gee, G.W. and J.W. Bauder. 1986. Particle-size analysis. p. 383-411. In: A. Klute, ed. Methods of Soil Analysis, Part I. Physical and Mineralogical Methods. Agronomy, No. 9. Amer. Soc. Agron. Inc., Madison, Wisconsin.

Gewaily, E.E., A.M. Ghoneim and M.M.A. Osman. 2018. Effect of nitrogen levels on growth, yield and nitrogen use efficiency of some newly released Egyptian rice genotypes. Open Agriculture. 3: 310- 318.

Horneck D. A. , D. M. Sullivan, J. S. Owen, and J. M. Hart. 2011. Soil test interpretation guide. Available: httP://extension.oregonstate.edu/sorec/sites/default/files/soil_test_interpretation ec1478.pdf. Accessed 5 Mar. 2020.

Huang, H., Y. Chang. X. Liu, W. Hu, C. Wu, and Y. Gu. 2014. The response of maize root characteristics on population density. Journal of South China Agricultural University. 35: 36–41.

Jackson, M. L. 1958. Soluble Salt Analysis for Soils and Water. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, N.J.

Liu, S., F. Song, F. Liu, X. Zhu, and H. Xu. 2012. Effect of planting density on root lodging resistance and its relationship to nodal root growth characteristics in maize (*Zea mays* L.). Journal of Agricultural Science. 4: 182.

Metwally, T.F., E.E. Gewaily, and S.S. Naeem. 2011. Nitrogen response curve and nitrogen use efficiency of Egyptian hybrid rice. Journal of Agricultural Research Kafer El-Sheikh University. 37: 73-84.

Metwally, T.F., W.E. Gabr, and I.M. Hashem. 2017. Growth performance of genotypes at suboptimal level of nitrogen fertilizer and effect of rice blast and white tip nematode diseases. Egyptian Journal of Plant Protection Research Institute. 5: 47-74.

Nelson, D.W., and L.E. Sommers. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter, pp. 961-1010. In: D.L. SParks, A.L. Page, P.A. Helmke, R.H. LoePPert, P.N. SoltanPour, M.A. Tabatabai, C.T. Johnston and M. E. Sumner, eds. Methods of Soil Analysis, Part 3. Chemical Methods. Agronomy No. 5. SSSA Book Series. Madison, Wisconsin.

Office of Agriculture Economics. 2020. The monthly average retail prices of chemical fertilizers in Thailand. Available: httP://www.oae.go.th/view/1/%E0%B8%9B%E0%B8%B1%E0%B8%88%E0%B8%88%E0%B8%B1%E0%B8%A2%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%9C%E0%B8%A5%E0%B8%B4%E0%B8%95/TH-TH. Accessed 12 Mar. 2020.

Setter, T., E. Laureles, and A. Mazaredo. 1997. Lodging reduces yield of rice by self-shading and reductions in canopy photosynthesis. Field Crops Research. 49: 95-106.

Sheng-gang, P., H. Sheng-qi, Z. Jing, W. Jing-Ping, C. Cou-gui, C. Ming-li, Z. Ming, and T. Xiang-ru. 2012. Effects of N management on yield and N uptake of rice in central China. Journal of Integrative Agriculture. 11(12): 1993-2000.

Sorour, F.A., A.Y. Ragab. T.F. Metwally, and A.A. Shafik. 2016. Effect of planting methods and nitrogen fertilizer rates on the productivity of rice (*Oryza sativa* L.). Journal of Agricultural Research Kafer El-Sheikh University. 42(2): 173-182.

Tel, D. A., and M. Hagatey. 1984. Methodology in soil chemical analyses, pp. 119- 138. In: Soil and Plant Analyses. Study guide for agricultural laboratory directors and technologist working in tropical regions. IITA, Nigeria.

Terashima, K., S. Akita, and N. Sakai. 1992. Eco-physiological characteristics related with lodging tolerance of rice in direct sowing cultivation. I. Comparison of the root lodging tolerance among cultivars by the measurement of pushing resistance. Japanese Journal of Crop Science. 61: 380–387.

Thai Rice Mill Association. 2020. Daily rice price. Available: http://www.thairicemillers.org/index.PhP?lay=show&ac=article&NtyPe=19. Accessed 30 Mar. 2020.

Wang C.Y., X.L. Dai, Y.H. Shi, Z.L. Wang, X.G. Chen, and M.R. He. 2012. Effects of nitrogen application rate and plant density on lodging resistance in winter wheat. Acta Agronomica Sinica. 38: 121-128.

Wang Y., J. Lu, T. Ren, S. Hussain, C. Guo, S. Wang, R. Cong, and X. Li. 2017. Effects of nitrogen and tiller type on grain yield and physiological responses in rice. AoB Plant 9: plx012; doi:10.1093/aobpla/plx012. Accessed 2 Nov. 2020.

Wei F.Z., J.C. Li, C.Y. Wang, H.J. Qu, and X.S. Shen. 2008. Effects of nitrogenous fertilizer application model on culm lodging resistance in winter wheat. Acta Agronomica Sinica. 34: 1080-1085.

Yamamoto, H., Y. Suzuki, S. Hayakawa, and Y. Kishida. 1992. Rice crop damages in Kyushu caused by the typhoon of 9117 and 9119. Journal of Agricultural Meteorology. 48: 175-180.

Yang S.M., L. Xie, S.L. Zheng, J. Li, and J.C. Yuan. 2009. Effects of nitrogen rate and transplanting density on physical and chemical characteristics and lodging resistance of culms in hybrid rice. Acta Agronomica Sinica. 35: 93-103.

Zhang J., G.H. Li, Y.P. Song, W.J. Zhang, C.D. Yang, S.H. Wang and Y.F. Ding. 2013. Lodging resistance of super-hybrid rice Yliangyou 2 in two ecological regions. Acta Agronomic Sinica. 39: 682-692.

Zhang, W.J., G.H. Li, Y.M. Yang, L. Quan, J. Zhang, J.Y. Liu, W. Shaohua, T. She, and Y.F. Ding. 2014.Effects of nitrogen application rate and ratio on lodging resistance of super rice with different genotypes. Journal of Integrative Agriculture. 13: 63–72.