Research Article

Received: January 26, 2021; Accepted: May 3, 2021

ผลของฤดูปลูกและอัตราการใส่ปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข41 ภายใต้ดินชุดบางน้ำเปรี้ยว

Effect of Growing Season and Fertilizer Application Rate on Yield of Rice cv. RD41 under Bang Nam Priao Soil Series

ฐปรัฏฐ์ สีลอยอุ่นแก้ว

ศูนย์วิจัยข้าวแม่ฮ่องสอน ตำบลสบป่อง อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน 58150

แสงทิวา สุริยงค์* และณัฐศักดิ์ กฤติกาเมษ

ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

Taparat Seeloy-ounkaew

Mae Hong Son Rice Research Center, Soppong, Pang Mapha, Mae Hongson 58150

Sangtiwa Suriyong* and Nattasak Krittigamas

Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Suthep, Muang, Chiang Mai 50200

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของเวลาและอัตราปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวอายุสั้น พันธุ์ กข41 ที่ปลูกแบบหว่านน้ำตมในชุดดินบางน้ำเปรี้ยว ทดลองที่ศูนย์วิจัยข้าวฉะเชิงเทรา ระหว่างเวลาการปลูกข้าวฤดูนาปรัง (2559) และนาปี (2560) วางแผนการทดลองสปลิทพลอทแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อกประกอบด้วยปัจจัยหลัก 2 ปัจจัย คือ ฤดูนาปรังและนาปี และปัจจัยรอง คือ สูตรปุ๋ย 7 กรรมวิธี จำนวน 3 ซ้ำ ผลการศึกษาพบว่าฤดูปลูก สูตรปุ๋ย และปฏิสัมพันธ์ระหว่างทั้งสองปัจจัยมีผลต่อความสูงของข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในช่วง 15-45 วันหลังปลูก โดยข้าวนาปีที่อายุ 45 วัน มีความสูงเฉลี่ยมากกว่านาปรัง คิดเป็น 61 % การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้น (24-6-6) ในฤดูนาปีส่งผลให้ข้าวมีความสูงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีการแตกกอลดลง ขณะที่การใส่ไนโตรเจนเพิ่มขึ้น ปุ๋ยสูตร 24-6-6 ในฤดูนาปรังทำให้ข้าวมีการแตกกอเพิ่มขึ้นสูงกว่าสูตร 6-6-6 ถึง 42 % อย่างไรก็ตาม ฤดูกาล สูตรปุ๋ย และปฏิสัมพันธ์ระหว่างทั้งสองปัจจัยไม่ส่งผลให้ข้าวมีความยาวรวงต่างกัน นอกจากนี้ยังพบว่าจำนวนรวงต่อพื้นที่ เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และผลผลิตต่อไร่ของข้าวพันธุ์ กข41 ที่ได้รับสูตรปุ๋ยที่ต่างกันทั้ง 7 กรรมวิธี ไม่แตกต่างกัน แต่สูตรปุ๋ย 12-6-6 มีแนวโน้มให้ผลผลิตข้าวสูงที่สุด (655

***ผู้รับผิดชอบบทความ :** sangtiwa.s@cmu.ac.th

กิโลกรัม/ไร่) ดังนั้นเกษตรกรผู้ปลูกข้าวควรพิจารณาปรับใช้สูตรปุ๋ยที่เหมาะสมตามสภาพและสิ่งแวดล้อมในพื้นที่เพื่อให้ได้ผลผลิตข้าวที่ยั่งยืน

คำสำคัญ : ฤดูปลูก; สูตรปุ๋ย; ข้าวพันธุ์ กข41; ชุดดินบางน้ำเปรี้ยว

Abstract

The objective of this study was to determine the time and the optimal amount of fertilizer rate on growth and yield components of early variety rice cv. RD41 under Bang Nam Priao soil series. The experiment was done at Chachoengsao Rice Research Center during rice planting time dry season (2016) and wet season (2017). The experimental design was split-plot in a randomized complete block that included two main plots (dry and wet seasons). The sub-plot was fertilizer rate seven treatments with three replications. The result found that time, fertilizer rate, and interaction between them significantly affected plant height during the age of 15-45 days after planting ($p<0.05$). The rice grew in the wet season showed higher attitude than the dry season, about 61 %. Amount of nitrogen at the rate of 24-6-6 in wet season significantly increased plant height but decreased tillering. However, applying the same rate of fertilizer in the drying season significantly increased the tiller number to 42 % compared to the rate of 6-6-6. Nevertheless, time, fertilizer rate, and their interaction showed no effect on panicle length. Moreover, the result noted that panicle number, filled grain rate, 1,000-seed weight, and grain yield of rice cv. RD41 gained seven different fertilizer rates were not different. But, fertilizer at the rate of 12-6-6 in the wet season tended to increase the highest of rice grain yield (655 Kg/rai). Then, the rice farmer should consider the optimal fertilizer rates according to the conditions and environment in their area for achieving sustainable rice production.

Keywords: growing season; fertilizer rate; RD41, Bang Nam Priao soil series

1. บทนำ

พันธุ์ข้าวเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าวในพื้นที่ โดยเฉพาะพื้นที่การเกษตรที่มีระบบการชลประทานที่ไม่สมบูรณ์จนทำให้พื้นที่ทำนาขาดน้ำ หรือบางแห่งมีน้ำท่วมฉับพลันหรือมีน้ำหลากและท่วมเป็นประจำ ซึ่งเกษตรกรนิยมใช้พันธุ์ข้าวอายุสั้นปลูกก่อนน้ำท่วมและหลังน้ำลด หรือใช้ปลูกเป็นข้าวนาปรังรอบที่ 1 หรือ 2 ต่อเนื่องกันเพื่อเลี่ยงจากฤดูน้ำท่วมในฤดูนาปี [1] สำหรับพันธุ์ข้าวอายุสั้นหรือข้าวอายุเบา คือ ข้าวที่มีอายุการเจริญเติบโตนับตั้งแต่งอกจนถึงเก็บเกี่ยวสั้น ไม่เกิน 100 วัน สำหรับข้าวไม่ไวแสง และวันเก็บเกี่ยวประมาณก่อนกลางเดือนพฤศจิกายนสำหรับข้าวไวต่อช่วงแสง [2] ซึ่งนิยมปลูกมากในพื้นที่นาชลประทานในภาคกลางและภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย พันธุ์ข้าวอายุสั้นที่กรมการข้าวรับรอง ได้แก่ กข25 กข29 (ชัยนาท 80)

กข41 กข43 กข47 กข61 กข71 บางแตน เป็นต้น

พันธุ์ข้าว กข41 เป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง ได้รับการผสมพันธุ์ระหว่างสายพันธุ์ CNT96028-21-1-PSL-1-1 โดยการผสม 3 ทางระหว่างลูกผสมชั่วที่ 1 ของ CNT85059-27-1-3-2 กับสุพรรณบุรี 60 นำไปผสมกับ RP217-635-8 อายุเก็บเกี่ยว 105 วัน ลักษณะทรงกอตั้ง ต้นแข็งและสูงประมาณ 104 เซนติเมตร คุณภาพเมล็ดทางกายภาพดี มีคุณภาพการสีเป็นข้าว 100 เปอร์เซ็นต์ ได้ เป็นข้าวเจ้าเมล็ดยาวเรียวที่มีปริมาณอะมิโลส 27.2 เปอร์เซ็นต์ มีลักษณะประจำพันธุ์ที่ค่อนข้างต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและโรคไหม้ มีการรับรองพันธุ์เมื่อวันที่ 17 กันยายน 2552 พบว่ามีผลผลิตเฉลี่ย 722 กิโลกรัม/ไร่ ปัจจุบันพบว่าเป็นพันธุ์ข้าวที่นิยมของเกษตรกรจังหวัดฉะเชิงเทรา ซึ่งมีพื้นที่นาจำนวน 342,780 ไร่ หรือประมาณ 10.62 เปอรเซ็นต์ ของพื้นที่จังหวัด และเกษตรกรปลูกพันธุ์ข้าว กข41 ในฤดูนาปรัง 2559 ประมาณ 27,332 ไร่ และปลูกในฤดูนาปี 2560 ประมาณ 54,605 ไร่ [3] การทดลองที่เกี่ยวข้องกับการประเมินปริมาณธาตุอาหารพืชในข้าว กข41 ปทุมธานี1 และขาวดอกมะลิ 105 พบว่าความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และธาตุอาหารรองในทุกส่วนของลำต้นในช่วงการเติบโตทางลำต้นมีปริมาณสูง แล้วจึงลดลงเมื่อเข้าสู่การเติบโตทางสืบพันธุ์ โดยปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ มีค่าเพิ่มขึ้นเชิงเส้นตรงกับมวลแห้ง และการสร้างส่วนเหนือดินในช่วงแรกของการเจริญเติบโตข้าวต้องการปริมาณ ไนโตรเจน และโพแทสเซียมที่สูง ขณะที่ต้องการปริมาณฟอสฟอรัส แคลเซียม และแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นช้า ๆ ส่วนในช่วงการเติบโตทางสืบพันธุ์ข้าวต้องการไนโตรเจนมากกว่าธาตุอาหารหลักอื่น 3-5 เท่า [4] นอกจากนี้ในการผลิตข้าวให้ได้ผลผลิตสูงจำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยทางกายภาพและชีวภาพหลายประการ ได้แก่ สภาพทางกายภาพและทางเคมีของดิน รังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิของอากาศ ปริมาณน้ำฝน และการจัดการพืช (เช่น พันธุ์ข้าว วันปลูก การใส่ปุ๋ย และการจัดการน้ำ) รวมถึงสมบัติของดินเชิงพื้นที่ และความแปรปรวนของสภาพอากาศที่ทำให้ผลผลิตข้าวเชิงพื้นที่แปรปรวน [5]

เช่นเดียวกับการผลิตข้าวในพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา ซึ่งมีการใช้เครื่องมือ ปัจจัยการผลิต และสารเคมีทางการเกษตรที่มีความหลากหลาย ทั้งที่ยังขาดข้อมูลสนับสนุนที่ผ่านการทดสอบอย่างถูกต้องในแต่ละพื้นที่ รวมถึงการจัดการธาตุอาหารที่ถูกต้องและเหมาะสม ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตข้าว การใส่ปุ๋ยไม่เพียงพอหรือมากเกินไปจะส่งผลกระทบต่อผลผลิต และเพิ่มการระบาดของโรคและแมลงได้ โดยความต้องการปุ๋ยของพืชแต่ละชนิดในแต่ละพันธุ์ที่ปลูกในชุดดินที่ไม่เหมือนกันจะส่งผลต่อผลผลิตที่ต่างกัน [6-8] ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรปุ๋ยที่เหมาะสมสำหรับพันธุ์ข้าวอายุสั้น (กข41) ที่ปลูกในพื้นที่ชุดดินบางน้ำเปรี้ยว เพื่อให้ได้อัตราปุ๋ยและวิธีการใส่ปุ๋ยที่เหมาะสมต่อการให้ผลผลิตอย่างเต็มประสิทธิภาพ และใช้เป็นข้อมูลสำหรับแนะนำส่งเสริมแก่เกษตรกรที่เลือกปลูกข้าวอายุสั้นให้มีการจัดการด้านปุ๋ยได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมในพื้นที่ต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสปลิทพลอทแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก [spilt plot in randomized complete block (RCB)] ประกอบด้วยปัจจัยหลัก (main plot) เป็นฤดูปลูก (นาปีและนาปรัง) และปัจจัยรอง (sub plot) เป็นสูตรปุ๋ย 7 กรรมวิธี จำนวน 3 ซ้ำ ซึ่งกรรมวิธีประกอบด้วยสูตรปุ๋ย N-P-K (1) 6-6-6; (2) 12-6-6; (3) 18-6-0; (4) 18-6-6; (5) 18-9-0;

(6) 18-9-6 และ (7) 24-6-6 โดยทดลองในแปลงทดลองภายในศูนย์วิจัยข้าวฉะเชิงเทรา จังหวัดฉะเชิงเทรา ตั้งอยู่ในตำแหน่งละติจูดที่ 13 องศาเหนือ 51 ลิปดา 47 พิลิปดา ถึง 13 องศาเหนือ 51 ลิปดา 58 พิลิปดา และลองติจูดที่ 100 องศาตะวันออก 57 ลิปดา 09 พิลิปดา ถึง 100 องศาตะวันออก 57 ลิปดา 38 พิลิปดา ดำเนินการในฤดูนาปรัง (เดือนธันวาคม พ.ศ 2559 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2560) และฤดูนาปี (เดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2560)

2.2 การเก็บตัวอย่างดิน

ก่อนทดลองได้สุ่มตัวอย่างดินในแปลงตามวิธีการการสำรวจดิน [9] เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen; %) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus; mg/kg) และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K; mg/kg)

2.3 การเตรียมแปลงทดลอง

ดำเนินการทดลองโดยการเตรียมแปลงปลูกด้วยวิธีไถดะและไถแปร มีขนาดแปลงย่อย 4×6 ตารางเมตร แล้วปลูกเมล็ดข้าวพันธุ์ กข41 ที่ได้ผ่านการแช่น้ำและบ่มให้งอกแล้วด้วยวิธีหว่านน้ำตมสูตรเมล็ดพันธุ์ 20 กิโลกรัม/ไร่ ใส่ปุ๋ยเคมีตามกรรมวิธีที่กำหนดไว้โดยใช้แม่ปุ๋ย ได้แก่ ปุ๋ยทริปเปิ้ลซูปเปอร์ฟอสเฟส (18-46-0) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ 15 และ 45 วันหลังปลูกตามสูตรปุ๋ยที่กำหนดตามกรรมวิธีการทดลอง ส่วนปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) แบ่งใส่จำนวน 50 เปอร์เซ็นต์ 15 วันหลังปลูก และใส่เมื่อข้าวอายุ 30 และ 45 วันหลังปลูกครั้งละ 25 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1) จากนั้นรักษาระดับน้ำให้สม่ำเสมอและป้องกันกำจัดโรคและแมลงตามความเหมาะสม

2.4 การเก็บข้อมูลและการบันทึกผลข้อมูล

เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตเมื่อต้นข้าวอายุได้ 15, 30 และ 45 วันหลังปลูก สุ่มตัวอย่างในพื้นที่ 50 ตารางเซนติเมตรจำนวน 2 จุดต่อ 1 ซ้ำ นับจำนวนต้นต่อพื้นที่และคำนวณเป็นต้นต่อตารางเมตร และบันทึกความสูงต้นข้าวจำนวน 10 ต้น หลังจากนั้นเมื่อครบอายุเก็บเกี่ยว 105 วัน สุ่มเก็บตัวอย่างในพื้นที่ 1 ตารางเมตร เพื่อบันทึกความยาวรวง และเก็บข้อมูลองค์ประกอบผลผลิตประกอบด้วย จำนวนรวงต่อพื้นที่ จำนวนเมล็ดดี/ลีบต่อรวงเพื่อหาเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี และสุ่มเก็บตัวอย่างผลผลิตเมล็ดในพื้นที่ 2x5 ตารางเมตร และตรวจวัดเปอร์เซ็นต์ความชื้นและนำมาคำนวณผลผลิตหลังลดความชื้นให้เหลือ 14 เปอร์เซ็นต์

Table 1 Time and rate of different fertilizers application in each experimental plot

Fertilizer rates (N-P-K)	Rate and time for fertilizer application (g/plot)						
	1st (15 day)			2nd (30 day)	3rd (45 day)		
	18-46-0	46-0-0	0-0-60	46-0-0	18-46-0	46-0-0	0-0-60
6-6-6	97.8	59.5	75.0	48.9	97.8	10.6	75.0
12-6-6	97.8	157.4	75.0	97.8	97.8	59.5	75.0
18-6-0	97.8	255.2	-	146.7	97.8	108.5	-
18-6-6	97.8	255.2	75.0	146.7	97.8	108.5	75.0
18-9-0	146.7	236.1	-	146.7	146.7	89.3	-
18-9-6	146.7	236.1	75.0	146.7	146.7	89.3	75.0
24-6-6	97.8	353.0	75.0	195.7	97.8	157.4	75.0

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1. ข้อมูลดิน

สุ่มเก็บตัวอย่างดินในแปลงนาทดลองภายในศูนย์วิจัยข้าวฉะเชิงเทราซึ่งเป็นดินที่จัดอยู่ในชุดดินบางน้ำเปรี้ยว [10] และผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินพบว่ามีลักษณะดินก่อนทดลองเป็นดินเนื้อละเอียดแบบดินเหนียว (clay) ปฏิกิริยาดินเป็นกรดเล็กน้อย (pH 5.63) มีปริมาณอินทรียวัตถุปานกลาง (3.46 เปอร์เซ็นต์) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับปานกลาง (16 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้อยู่ในระดับสูงมาก (251 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และเป็นดินไม่เค็มโดยมีค่าความเค็ม (EC 1 : 5) คือ 0.37 เดซิซีเมน/เมตร (dS/m)

3.2 ความสูงและจำนวนหน่อต่อกอ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าฤดูปลูก สูตรปุ๋ย และปฏิสัมพันธ์ระหว่างทั้งสองปัจจัย มีผลต่อความสูงของข้าวพันธุ์ กข41 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในช่วง 15-45 วันหลังปลูก (ตารางที่ 2) ข้าวในฤดูนาปีมีความสูงทุกช่วงอายุมากกว่าในฤดูนาปรัง นอกจากนี้ความสูงของข้าวที่ 15 วันหลังปลูกมีสหสัมพันธ์ในทางบวกกับความสูงที่อายุ 30 และ 45 วัน อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (r = 0.954**, 0.994**) (ตารางที่ 4) โดยต้นข้าวนาปีและนาปรังที่อายุ 45 วัน มีความสูงเฉลี่ย 106.7 และ 41.3 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าความสูงของต้นข้าวจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นในช่วง 30-35 องศาเซลเซียส [11] แต่ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา [12] พบว่าข้าวที่ปลูกในช่วงฤดูนาปรัง (เดือนธันวาคมถึงเดือนมีนาคม) ได้ผลกระทบโดยตรง เนื่องจากอุณหภูมิเฉลี่ยของจังหวัดฉะเชิงเทรา คือ 25.1-29.1 องศาเซลเซียส โดยเฉพาะช่วงอายุ 30 และ 45 วัน ช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนมกราคม มีอุณหภูมิต่ำสุด คือ 18.9 และ 19.7 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ทำให้ข้าวนาปรังมีลักษณะต้นเตี้ยส่วนในฤดูนาปี (เดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม) มีอุณหภูมิสูงเฉลี่ย 29.9-28.0 องศาเซลเซียส เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างทั้งสองปัจจัยหลังจากมีการใส่ปุ๋ยข้าวครั้งแรกที่ 15 วัน จนกระทั่งวัดความสูงเมื่อข้าวอายุ 30 หลังปลูก พบว่าสูตรปุ๋ย 6-6-6 ทำให้ข้าวมีความสูงลำต้นต่ำกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ ทั้ง 2 ฤดูกาล เช่นเดียวกับการใส่ปุ๋ยที่ 30 วัน แล้ววัดความสูงที่อายุ 45 วัน ในฤดูนาปรัง ส่วนในฤดูนาปีพบว่าข้าวอายุ 45 วัน มีความสูงไม่ต่างจากสูตร 12-6-6 แต่แตกต่างจากกรรมวิธีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าธาตุไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นในสูตรปุ๋ย 18-6-0, 18-6-6, 18-9-0 และ 24-6-6 ทำให้ข้าวในฤดูนาปีมีความสูงมากกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงส่วนใหญ่ของความสูงของพืชนั้นสัมพันธ์กับความยาวของปล้อง ซึ่งเปลี่ยนแปลงจากจำนวนหรือความยาวของเซลล์ปล้อง รวมถึงมีปัจจัยภายนอกเกี่ยวข้อง เช่น สภาพแวดล้อมและฮอร์โมนพืชมีส่วนร่วมในการควบคุมการคลายผนังเซลล์ หรือการสะสมของส่วนประกอบผนังเซลล์ [13]

นอกจากนี้จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าฤดูปลูก สูตรปุ๋ย และปฏิสัมพันธ์ระหว่างทั้งสองปัจจัยไม่มีผลต่อจำนวนหน่อ/พื้นที่ หรือการแตกกอของข้าวพันธุ์ กข41 ในช่วงอายุ 30 วันหลังปลูก มีค่าเฉลี่ยสองฤดูกาล 642-656 หน่อ/ตารางเมตร (ตารางที่ 2) แต่หลังจากข้าวอายุ 45 วัน พบว่าทั้ง 3 ปัจจัย มีผลต่อจำนวนหน่อ/พื้นที่ของข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยข้าวในทุกกรรมวิธี มีจำนวนต้น/พื้นที่ในฤดูนาปรังมากกว่าฤดูนาปี เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างฤดูปลูกและสูตรปุ๋ย พบว่าในฤดูนาปรังการใส่ปุ๋ยสูตร 6-6-6 ทำให้ข้าวอายุ 45 วัน มีการแตกกอต่ำกว่าปุ๋ยสูตรอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (800 หน่อ/ตารางเมตร) ขณะที่สูตร 24-6-6 มีการแตกกอสูงสุด 1,381 หน่อ/ตารางเมตร รองลงมา คือ 12-6-6

Table 2 Plant height, tiller number of rice cv. RD41 as affected by seven fertilizer rates at different growth stages in the wet and the dry season

Fertilizer (N-P-K)	Plant height (cm)			Tiller no. per m^2		
	15 DAS	30 DAS	45 DAS	15 DAS	30 DAS	45 DAS
Dry season						
6-6-6	14.9	24.4	35.0	439	565	800
12-6-6	16.7	25.7	44.8	533	696	1,187
18-6-0	17.7	27.7	44.5	454	661	1,063
18-6-6	14.9	25.4	44.0	435	610	1,089
18-9-0	15.4	25.7	37.5	321	654	1,007
18-9-6	12.3	23.6	39.4	446	638	1,096
24-6-6	13.4	24.8	44.1	421	669	1,381
Mean	15.0	25.3	41.3	436	642	1,089
Wet season						
6-6-6	26.3	50.8	103.3	359	656	498
12-6-6	22.3	51.8	104.1	314	632	497
18-6-0	27.5	54.4	109.6	338	675	455
18-6-6	25.0	57.9	109.4	335	663	482
18-9-0	28.3	53.3	107.2	310	619	509
18-9-6	24.7	53.6	104.8	319	658	476
24-6-6	26.1	56.8	108.8	331	687	423
Mean	25.7	54.1	106.7	329	656	477
$LSD_{0.05}$ Season (S)	0.41	0.67	0.34	41.5	ns	57.6
$LSD_{0.05}$ Fertilizer (F)	0.42	0.65	0.66	55.7	ns	52.4
$LSD_{0.05}$ TxF	0.60	0.93	0.93	78.8	ns	74.2

ns = not significant; * = significant at the 0.05 levels of probability; DAS = day after sowing

(1,187 หน่อ/ตารางเมตร) ซึ่งโดยปกติข้าวจะมีการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนด้วยการแตกกอจำนวนมาก แต่ส่วนหนึ่งอาจไม่ให้ผลผลิต และรวงที่เกิดตามหลังหรือลูกรวงมักไม่มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตของข้าว [14,15] เมื่อพิจารณาสหสัมพันธ์ระหว่างความสูงและการแตกกอทุกระยะพบว่าเป็นไปในทางลบ (ตารางที่ 4) ชี้ให้เห็นว่าหากข้าวมีการแตกกอมากความสูงจะลดลง อย่างไรก็ตาม ในฤดูนาปีพบว่าทุกกรรมวิธีทำให้ข้าวมีการแตกกอไม่ต่างกัน ยกเว้นสูตร 24-6-6 ที่มีการแตกกอ 423 หน่อ/ตารางเมตร นอกจากนี้ปริมาณธาตุ

ฟอสฟอรัส ซึ่งโดยทั่วไปช่วยให้ข้าวแตกกอดี [16] แต่ผลจากการทดลองนี้ถึงแม้ใส่ฟอสฟอรัสในสูตรที่เพิ่มขึ้นเป็น 18-9-0 และ 18-9-6 ก็ไม่ส่งผลให้การแตกกอต่างจากสูตรอื่น เนื่องจากสูตรปุ๋ยฟอสฟอรัสที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน หรือฟอสฟอรัสดั้งเดิมในดิน และมักได้รับผลกระทบจากปัจจัยอื่น ๆ เช่น พันธุ์ข้าว การจัดการน้ำ และระบบปลูกพืช [16] โดยปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ใส่ในระยะแรกของการปลูกข้าวมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของรากข้าว สำหรับการแบ่งใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสนั้นไม่มีความจำเป็นเพราะความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ดินถูกน้ำขังและการสูญเสียฟอสฟอรัสโดยการชะล้างอยู่ในระดับต่ำ [17]

Table 3 Panicle length and yield components of rice cv. RD41 as affected by seven fertilizer rates in different seasons

Rice seasons	Fertilizer (N-P-K)	Panicle Length (cm)	Panicle Number (no./m^2)	Filled-grains rate (%)	1,000 seed wt. (g)	Grain Yield (kg/Rai)
Dry-season	6-6-6	22.0	349	74.8	24.7	481.0
	12-6-6	23.0	403	80.3	24.0	560.5
	18-6-0	23.2	351	73.5	24.7	499.9
	18-6-6	21.8	379	79.0	24.7	427.0
	18-9-0	22.6	391	76.5	24.0	471.5
	18-9-6	22.0	435	75.8	25.3	503.8
	24-6-6	22.2	280	74.7	24.0	246.1
	Mean	22.4	370	76.4	24.5	455.7
Wet-season	6-6-6	23.9	424	78.3	26.7	604.2
	12-6-6	23.2	440	82.8	26.0	655.5
	18-6-0	23.2	428	78.3	26.7	506.3
	18-6-6	24.2	421	79.4	25.3	580.6
	18-9-0	24.4	448	82.6	25.3	577.6
	18-9-6	22.5	391	78.8	26.7	529.0
	24-6-6	23.4	360	81.4	27.3	553.7
Mean		23.5	416	80.2	26.3	609.2
$LSD_{0.05}$Season (S)		ns	22.6	2.1	0.75	22.6
$LSD_{0.05}$Fertilizer (F)		ns	15.9	ns	ns	ns
$LSD_{0.05}$TxF		ns	30.4	ns	ns	ns

* = significant at the 0.05 levels of probability; ns = not significant; Wt. = weight

Table 4 Multiple correlations among the growth and yield components during the wet and the dry season 2017

Characters	Grain yield	Panicle length	Panicle No.	Filled. grain rate	Seed weight	Height 15DAS	Height 30 DAS	Height 45 DAS	Tiller. No. 15 DAS	Tiller No. 30 DAS	Tiller. No. 45 DAS
Grain yield	1.000										
Panicle length	0.266	1.000									
Panicle No.	0.502**	0.234	1.000								
Filled grain rate	0.243	0.144	0.3518	1.000							
Seed weight	0.146	0.130	0.153	0.086	1.000						
Height 15 DAS	0.406*	0.404**	0.422**	0.414**	0.398*	1.000					
Height 30 DAS	0.420**	0.342*	0.420**	0.446**	0.440**	0.954**	1.000				
Height 45 DAS	0.419**	0.335*	0.442**	0.448**	0.452**	0.954**	0.994**	1.000			
Tiller No. 15 DAS	-0.232	-0.183	-0.259	-0.217	-0.354	-0.601**	-0.667**	-0.645**	1.000		
Tiller No.30 DAS	0.028	0.028	-0.041	0.086	-0.171	0.183	0.171	0.168	0.194	1.000	
Till.er No.45 DAS	-0.447**	-0.336*	-0.46**	-0.428**	-0.463**	-0.902**	-0.938**	-0.921**	0.713**	-0.029	1.000

* = 5 % significance; ** = 1 % significance

3.3 ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

ความยาวรวงของข้าวเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการให้ผลผลิต ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่าฤดูปลูก สูตรปุ๋ย และปฏิสัมพันธ์ระหว่างทั้ง 2 ปัจจัย ไม่มีผลต่อความยาวรวง แต่ทุกปัจจัยกลับมีผลต่อจำนวนรวงต่อพื้นที่ของข้าวพันธุ์ กข41 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยข้าวมีจำนวนรวงต่อพื้นที่ในฤดูนาปี (416 รวง/ตารางเมตร) มากกว่านาปรัง (370 รวง/ตารางเมตร) เช่นเดียวกับจำนวนเมล็ดต่อรวง และเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีต่อรวงของข้าวนาปีมีค่ามากกว่าข้าวนาปรังอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม ลักษณะดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อได้รับปุ๋ยในสูตรที่ต่างกัน และไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างฤดูปลูกและสูตรปุ๋ย (ตารางที่ 3) โดยการทดลองที่ผ่านมาได้ยืนยันแหล่งอาหารซึ่งประกอบด้วยข้าวนาปีที่มีลำต้นที่สูงกว่านาปรังและมีจำนวนใบมากกว่า ย่อมมีประสิทธิภาพในการขนถ่ายสารอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์แสงและมีการดูดซึมจากใบและลำต้นเพื่อการพัฒนาความยาวรวง และเติมเต็มเมล็ด เนื่องด้วยความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งสร้าง (source) ที่ไม่เป็นข้อจำกัดต่อแหล่งใช้ (sink) หรือแหล่งสะสมผลผลิต [18] ซึ่งการทดลองนี้พบว่าข้าวที่ปลูกในฤดูนาปีมีความยาวรวง (28.8 เซนติเมตร) มากกว่านาปรัง (25.1 เซนติเมตร) เช่นเดียวกับจำนวนเมล็ดต่อรวง (110.5 และ 70.3 เมล็ด/รวง) ส่วนเปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดและน้ำหนัก 1,000 เมล็ดไม่ต่างกัน ด้วยองค์ประกอบที่สำคัญดังกล่าวส่งผลทำให้ผลผลิตเมล็ดข้าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยข้าวพันธุ์ กข41 นาปีให้ผลผลิตสูงกว่านาปรัง มีค่าเฉลี่ย 807.3 และ 482 กิโลกรัม/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 40.3 เปอร์เซ็นต์ การทดลองที่ผ่านมาของ อุไรวรรณ และคณะ [19] ที่ทดสอบศักยภาพการให้ผลผลิตของข้าว 5 สายพันธุ์ (อุไร สุพรรณบุรี1 เพชรบุรี1 กข41 และชัยนาท1) ที่ปลูกในชุดดินรังสิตภายใต้การจัดการปุ๋ยเคมีแบบเฉพาะพื้นที่ พบว่าข้าวพันธุ์ กข41 มีผลผลิตข้าวเปลือกสูงที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากให้น้ำหนักเมล็ดดี 1,000 เมล็ด และจำนวนรวงต่อกอมากกว่าสายพันธุ์อื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อพิจารณาสหสัมพันธ์ระหว่างความสูงและความยาวรวง จำนวนรวง เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี และ

น้ำหนัก 1,000เมล็ด พบว่ามีสหสัมพันธ์เป็นไปในทางบวก ดังนั้นจึงทำให้ความสูงที่ 45 วัน มีสหสัมพันธ์ในทางบวกกับผลผลิตของข้าว (r = 0.419**) (ตารางที่ 4) ชี้ให้เห็นว่าการผลิตข้าวในฤดูนาปีข้าวที่มีความสูงมากกว่าและมีจำนวนข้อมากกว่าสามารถสร้างใบและสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อนำสารสังเคราะห์ต่าง ๆ ไปเก็บสะสมไว้ที่เมล็ดได้มากกว่า สอดคล้องกับการทดลองสำรวจความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตและลักษณะที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตของพันธุ์ข้าวที่ออกจำหน่ายในประเทศจีนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2521 ถึงปี พ.ศ. 2560 ผลการทดลองพบว่าลักษณะจำนวนเมล็ดดีต่อราง น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ความสูงของต้น ความยาวรวง จำนวนรวงอัตราการติดเมล็ด ระยะเวลาการเจริญเติบโต จำนวนรวงต่อหน่วยพื้นที่ทำให้ได้ผลผลิตเมล็ดสูง โดยเฉพาะในพันธุ์ข้าวชนิดอินดิคาและจาโปนิกาพันธุ์พื้นเมืองที่มีจำนวนต้นที่สูงต่อหน่วยพื้นที่และระยะการเจริญเติบโตที่ยาวนานเท่านั้นที่ทำให้ผลผลิตของเมล็ดข้าวสูง โดยระยะเวลาการเจริญเติบโตมีผลดีอย่างต่อเนื่องกับผลผลิตในระบบนิเวศทุกชนิดและความสูงของพืชมีสหสัมพันธ์ในเชิงบวกต่อผลผลิต ยกเว้นลูกผสมจาโปนิกาที่พบว่าความสูงของข้าวมีผลในเชิงลบกับผลผลิต [20]

การทดสอบสูตรปุ๋ยที่เหมาะสมสำหรับพันธุ์ข้าว กข41 พื้นที่ชุดดินบางน้ำเปรี้ยวในจังหวัดฉะเชิงเทรา ฤดูนาปรัง พ.ศ. 2559 และนาปี พ.ศ. 2560 พบว่าสูตรปุ๋ยที่ต่างกันไม่มีผลทำให้ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตต่างกัน (ตารางที่ 3) ก่อนการทดลองพบว่าชุดดินดังกล่าวเป็นดินเหนียวที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างปานกลาง (ค่า pH 5.68) เป็นสภาพที่ข้าวสามารถเจริญเติบโตในดินที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.0-6.5 และมีความต้องการปริมาณธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต สูตร 6 และ 4 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ [21] โดยไม่จำเป็นต้องเพิ่มธาตุโพแทสเซียมลงไป ดังจะเห็นได้จากค่าปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้อยู่ในระดับสูงมาก (251 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) อย่างไรก็ตาม ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่ข้าวต้องการมากที่สุดสำหรับให้ผลผลิต โดยมีการดูดใช้ในรูปแอมโมเนียมในสภาพน้ำขัง และอาจดูดใช้ในรูปไนเตรทบ้างในสภาพน้ำในนาที่มีการระเหยและแห้งลง ซึ่งจากการทดลองจะพบว่าการใช้ไนไนโตรเจนเพิ่มขึ้นทำให้ผลผลิตไม่ต่างกัน แต่ในฤดูนาปรังการเพิ่มธาตุไนโตรเจนจากสูตร 6 เป็น 12 % ไนโตรเจน มีแนวโน้มให้ผลิตสูงขึ้น แต่เมื่อเพิ่มไนโตรเจนเป็น 24 % ไนโตรเจน มีแนวโน้มให้ผลผลิตลดลงทั้งในฤดูนาปีและนาปรัง เนื่องจากไนโตรเจนมีหน้าที่หลัก คือ เร่งการเจริญเติบโตของลำต้นและใบ [22] หากได้รับปริมาณที่สูงสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบที่มากเกินไป ทำให้เกิดอาการเฝือใบและบดบังแสงทำให้ส่วนผลผลิตของพืชเจริญเติบโตได้น้อย โดยเฉพาะในสภาพนาปรังที่มีผลผลิตลดลงเหลือ 380 กิโลกรัม/ไร่ ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับปานกลาง (16 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส ซึ่งการทดลองพบว่าการใส่ในสูตร 6-9 % ฟอสฟอรัส ได้ผลผลิตไม่ต่างกัน

ดังนั้นการพิจารณาใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในปริมาณที่เหมาะสม ไม่เพียงแต่ช่วยลดต้นทุนการผลิตด้านปุ๋ย แต่ยังเกิดผลดีในด้านการลดการเสื่อมโทรมของดินที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยอย่างไม่ถูกต้อง เช่น การใส่ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในปริมาณมาก ทำให้ดินขาดความสมดุลของธาตุอาหาร เนื่องจากมีการสะสมฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในดินมากเกินไป ส่วนการใส่ไนโตรเจนปริมาณสูงทำให้เกิดความเป็นกรดของดินเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ประสิทธิภาพของการดูดใช้ธาตุอาหารของพืชยังขึ้นอยู่กับอินทรียวัตถุในดิน ซึ่งจากค่าวิเคราะห์ดินพบว่ามีปริมาณอินทรียวัตถุปานกลาง (3.46 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งต่ำกว่า

ระดับปริมาณอินทรียวัตถุที่เหมาะสมต่อความต้องการของข้าวที่ 5 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารประจุบวกมาจากประจุลบจำนวนมากของอินทรียวัตถุ [23] ดังนั้นจึงควรมีแนวปฏิบัติในการเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินให้มากขึ้น เพื่อช่วยให้ดินมีความสามารถดูดซับธาตุอาหารพืชสูง นอกจากนี้จากคำแนะนำของกรมการข้าว [1] พบว่าข้าวพันธุ์ กข41 มีความอ่อนต่อโรคขอบใบแห้ง จึงไม่ควรใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในระดับที่สูงเกินไป เนื่องจากอาจทำให้เกิดโรคระบาดรุนแรง และยังอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ซึ่งเกิดขึ้นในเขตจังหวัดนครปฐมและปทุมธานี รวมถึงสภาพการปลูกข้าวพันธุ์ดังกล่าวในช่วงเดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายน ซึ่งกระทบกับอากาศเย็นส่งผลทำให้ผลผลิตต่ำกว่าปกติได้

4. สรุปผล

การทดสอบสูตรปุ๋ยที่เหมาะสมสำหรับพันธุ์ข้าว กข41 ที่ปลูกในพื้นที่ชุดดินบางน้ำเปรี้ยวในจังหวัดฉะเชิงเทรา ฤดูนาปรัง พ.ศ. 2559 และนาปี พ.ศ. 2560 พบว่าข้าวในฤดูนาปีมีความสูงมากกว่าฤดูนาปรัง และสูตรปุ๋ยมีผลต่อความสูงของข้าวในช่วงอายุ 30-45 วัน โดยสูตรปุ๋ย 18-9-6 ทำให้ข้าวมีความสูงมากกว่าปุ๋ยสูตร 6-6-6 และยังพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างฤดูปลูกและสูตรปุ๋ยมีผลต่อการแตกกอของข้าวอายุ 45 วัน โดยข้าวในฤดูนาปรังมีการแตกกอดีที่สุดที่ปุ๋ยสูตร 24-6-6 แต่ไม่ต่างกันในฤดูนาปี แต่ในสูตรปุ๋ยที่ต่างกันนั้นไม่มีผลต่อความยาวรวง องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตของข้าว โดยมีค่าเฉลี่ย 580 กิโลกรัม/ไร่ ดังนั้นจึงสามารถแนะนำส่งเสริมเกษตรกรที่เลือกปลูกข้าวอายุสั้นให้มีการจัดการด้านปุ๋ยอย่างถูกต้องและเหมาะสมในพื้นที่ให้ทราบข้อจำกัดของปุ๋ยสูตรที่มากเกินไปไม่ส่งผลต่อผลผลิตข้าว และยังเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิต โดยการใส่ปุ๋ยสูตร 12-6-6 สามารถให้ผลผลิตข้าวสูงสุด ทั้งฤดูนาปรังและนาปี คือ 560 และ 655 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่สนับสนุนทุนในการดำเนินงาน กลุ่มวิเคราะห์ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดิน เขต 2 กรมพัฒนาที่ดิน ในการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยข้าวฉะเชิงเทรา ที่อนุญาตให้ใช้พื้นที่ศูนย์วิจัยเป็นแปลงทดลอง นางสาวมานิกา น้อยเอี่ยม และนายนพดารา ฟักประเสริฐ ที่ให้คำปรึกษาและอำนวยความสะดวกในการวางแปลงและเก็บข้อมูล

6. References

[1] Tabrab, S., 2017, Early Rice Varieties and Good Quality Seed, pp. 73-76, Seminar Paper of Summarizing the Performance and Utilization of the 2017 Research, Research Report, Bureau of Rice Research and Development, Rice Department, Bangkok. (in Thai)

[2] Chuvisitkul, E., 2001, Technology for Producing High Quality Rice, Rice Research Institute, Department of Agriculture, Bangkok, 137 p. (in Thai)

[3] Seeloy-ounkaew, T. and Buddhaboon, C., 2018, Land use and diversity of planting rice varieties in Chachoengsao province, J. Agric. Res. Ext. 35(2): 11-23. (in Thai)

[4] Laywisadkul, S. and Yingjajaval, S., 2019, Plant nutrients of rice (*Oryza sativa*) var. RD41, Pathum Thani 1 and Khao Dawk Mali 105, Agric. Sci. J. 50: 184-196.

[5] Kaeomuangmoon, T., Jintrawet, A. and Katzfey, J., 2019, Estimating seasonal fragrant rice production in Thailand: A review article, Inter. J. Agric. Technol. 15(5): 707-722.

[6] Sawatyotin, S., 2009, Effect of rock phosphate and dolomite on rice yields in Roi-Et soil series, RMUTI J. Sci. Technol. 2(1): 57-67. (in Thai)

[7] Poomipan, P., Latkanathinnawong, V., Pliumchareorn, C., Chomphuphiw, P. and Thepsilvisut, O., 2017, Effect of high quality organic fertilizer on production of Suphan Buri 1 Rice, Thai Sci. Technol. J. 25(2): 248-259. (in Thai)

[8] Suwanarit, A., Kreetapirom, S., Buranakarn, S., Varanyanond, W., Tungtrakul, P., Som boonpong, S., Rattapat, S., Ratanasupa, S., Romyen, P., Wattanapryapkul, S., Naklang, K., Rotjanakusol, S. and Pornurisnit, P., 1996, Effects of nitrogen fertilizer on grain qualities of Khaw Daok Mali-105 aromatic rice, Kasetsart J. (Nat. Sci.) 30(4): 458-474. (in Thai)

[9] Kheoruenromne, I. 2004. Soil survey operation manual. Kasetsart University Press, Bangkok. 182p.

[10] Seeloy-ounkaew, T. and Kimisae, A., 2018, Soil properties and assessment of soil fertilities in breeder seed and foundation seed of rice seed planting areas, Chachoengsao Rice Research Center, Bangnum- brieo district, Chachoengsao province, KMUTT Res. Develop. J. 41(1): 17-26. (in Thai)

[11] Osada, A., Saciplapa, V., Rahong, M., Dhammanuvong, S. and Chakrabandho, H., 1973, Abnormal occurrence of empty grains of *indica* rice plants in the dry, hot season in Thailand. Proc. Crop Sci. Soc. Jap. 42: 103-109.

[12] Thai Meteorological Department, 2016, Annual Report 2016, Academic Docu ments, Ministry of Digital Economy and Society, Bangkok, 119 p.

[13] Zhang, Y., Yu, C., Lin, J., Liu, J., Liu, B., Wang, J., Huang, A., Li, H. and Zhao, T., 2017, OsMPH1 regulates plant height and improves grain yield in rice, PLoS ONE 12(7): 1-18.

[14] Wang, F., Cheng, F.M. and Zhang, G.P., 2007, Difference in grain yield and quality among tillers in rice genotypes differing in tillering capacity, Rice Sci. 14: 135-140.

[15] Wang, Y., Lu, J., Ren, T., Hussain, S., Guo, C., Wang, S., Cong, R. and Li, X., 2017, Effects of nitrogen and tiller type on grain yield and physiological responses in rice, AoB Plants 9(2): 1-17.

[16] Wannasai, C., 2004, Management of Primary Nutrients in Rice Fields, Phitsanulok Rice Research Center, Department of Agricul ture, Phitsanulok, 51 p. (in Thai)

[17] Chang, T., 1976, The rice cultures, Philos. Trans. Roy. Soc. Lond. B Biol. Sci. 275: 143-157.

[18] Zhao, B.H., Wang, P., Zhang, H., Zhu, Q. and Yang, J., 2006, Source- sink and grain filling characteristics of two line hybrid rice yangliangyou 6, Rice Sci. 13: 34-42.

[19] Isuwan, A., Khewaram, T. and Promchan, T., 2017, Yield potentials of five varieties of rice grown on Rangsit soil series under site-specific fertilizer management, Song klanakarin J. Plant Sci. 4(2): 46-50. (in Thai)

[20] Li, R., Li M., Ashraf U., Liu, S. and Zhang, J., 2019, Exploring the relationships between yield and yield- related traits for rice varieties released in China from 1978 to 2017, Front. Plant Sci. 10: 1-12.

[21] Sorngmueang, P., 2000, Using Organic Fertilizers in Rice Fields, Bureau of Soil Science, Department of Agriculture, Bangkok, 84 p.

[22] Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, 2005, Fundamental of Soil Science, Kasetsart University Press, Bangkok, 547 p. (in Thai)

[23] Sealim, S., 2016, Organic Fertilizer and Utilization in Thailand, Soil Biotechnology Division, Land Development Department, Bangkok.