ระดับปุ๋ยฟอสฟอรัสที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ซิวแม่จัน

Different Levels of Phosphorus Fertilizer on the Growth of *Oryza sativa* var. Sew Mae Jun

ปรียาภรณ์ แสงเรือน และ เนตรนภา อินสลุด*

Preeyaporn Sangruan and Nednapa Insalud*

สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

Program in Agronomy, Faculty of Agricultural Production, Maejo University

Received : 5 December 2018

Revised : 3 April 2019

Accepted : 22 April 2019

บทคัดย่อ

ฟอสฟอรัส (P) เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของข้าว การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณที่เหมาะสมสำหรับความต้องการของข้าว ช่วยส่งเสริมให้ข้าวมีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและรากที่ดี การศึกษานี้จึงศึกษาการตอบสนองด้านการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ซิวแม่จันต่อระดับปุ๋ยฟอสฟอรัสที่แตกต่างกัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design : CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ปลูกในดินที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส 4 ระดับ (0, 30, 60 และ 120 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่) ผลการศึกษาพบว่าข้าวที่ปลูกในดินที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสตั้งแต่ 30-120 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ส่งผลให้มีน้ำหนักแห้งต้นและรากไม่แตกต่างกันเมื่อข้าวมีอายุ 60 วันหลังย้ายปลูก และเมื่อข้าวอายุ 90 วันหลังย้ายปลูก ข้าวที่ปลูกในดินที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสตั้งแต่ 30-120 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ส่งผลให้จำนวนต้นต่อกอและน้ำหนักแห้งต้นไม่แตกต่างกันเช่นเดียวกัน จากการศึกษานี้จะเห็นได้ว่าข้าวพันธุ์ซิวแม่จันอายุ 60 และ 90 วัน ที่ปลูกในดินที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส 30-120 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ส่งผลให้มีการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกัน

คำสำคัญ : ข้าว, ฟอสฟอรัส, การเจริญเติบโต

Abstract

Phosphorus (P) is a essential nutrients required for plant structure and growth. The suitable quantity of phosphorus fertilizer will be good supporting for rice stem and root. The objective of this research is to study in the growth responding of *Oryza sativa* var. Sew Mae Jun in different level of phosphorus fertilizer. CRD experimental design was conducted in this study. Three replications with 4 levels of phosphorus were used (0, 30, 60 and 120 kg. of P_2O_5 /rai). There were no difference of shoot and root dry weight of 30-120 kg. of P_2O_5 /rai at 60 days after transplanting. And at the phosphorus level 30-120 kg. of P_2O_5 /rai were also no difference result in number of tiller per plant and shoot dry weight. In conclusion, the growth of Sew Mae Jun at 60 and 90 days after planting in 30-120 kg. of P_2O_5 /rai of phosphorus fertilizer were not difference.

Keywords : rice, phosphorus, growth

***Corresponding author. E-mail** : nedins@hotmail.com

บทนำ

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของข้าว ฟอสฟอรัสช่วยส่งเสริมการเจริญของรากแขนงและรากฝอยในระยะแรกของการเจริญเติบโต (Inthasan, 2014) เพิ่มความแข็งแรงให้ลำต้น รวมถึงมีผลต่อการออกดอกและการสร้างตัวของเมล็ด สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของข้าวมีระดับค่าวิกฤติ 10-17 ppm. (Wattakawigran, 2009) ความต้องการธาตุฟอสฟอรัสของข้าวในแต่ละชนิดหรือสายพันธุ์มักมีความต้องการในปริมาณที่ต่างกัน ถ้าหากได้รับมากหรือน้อยเกินไปอาจส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโตของข้าวได้ โดยข้าวที่ได้รับฟอสฟอรัสมากเกินไปส่งผลให้ข้าวขาดธาตุอาหารอื่น โดยเฉพาะจุลธาตุและยังรบกวนกระบวนการดูดใช้ธาตุไนโตรเจนอีกด้วย (Foipikul, 1993) ส่วนข้าวที่ได้รับฟอสฟอรัสน้อยเกินไปหรือเกิดการขาดฟอสฟอรัส รากเจริญช้า ลำต้นแคระแกร็น แตกกอน้อย (Dobermann & Fairhurst, 2000) และการแก้ไขปัญหาฟอสฟอรัส โดยการใส่ปุ๋ยไม่สามารถแก้ปัญหาการขาดฟอสฟอรัสได้โดยตรง เนื่องจากฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไปในดินมักถูกตรึงด้วยธาตุอาหารอื่น ทำให้ฟอสฟอรัสอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ข้าวไม่สามารถดูดไปใช้ได้ ในกรณีดินมีค่า pH ต่ำหรือเป็นกรดฟอสฟอรัสจะถูกตรึงด้วยปฏิกิริยาของอะลูมินัม (Al) และเหล็ก (Fe) ในขณะที่ดินมีค่า pH สูงหรือเป็นด่างฟอสฟอรัสมักถูกตรึงด้วยปฏิกิริยาของแคลเซียม (Ca) ดังนั้นการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในนาข้าวมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของข้าวเป็นอย่างยิ่ง ดังนั้นการศึกษานี้จึงศึกษาผลของระดับปุ๋ยฟอสฟอรัสที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ชิวแม่จัน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 3 ซ้ำ ปลูกข้าวพันธุ์ชิวแม่จันในดินที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส 0, 30, 60 และ 120 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ปลูกทดลองในกระถางดินภายใต้สภาพโรงเรือน การเตรียมเมล็ดพันธุ์ข้าว โดยการแช่เมล็ดในน้ำนาน 12 ชั่วโมง และบ่มที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง จากนั้นย้ายเมล็ดลงเพาะในถาดเพาะที่บรรจุดิน และเมื่อต้นกล้าอายุ 30 วัน ย้ายปลูกลงในกระถางที่บรรจุดิน 5 กิโลกรัม ในแต่ละกรรมวิธี ปลูก 1 ต้นต่อกระถาง รดน้ำทุกวัน โดยมีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส 2 ระยะ คือ ที่ 60 และ 90 วัน บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตที่ระยะการแตกกอสูงสุด (60 วัน) และระยะออกดอก (90 วัน) โดยการเก็บข้อมูลแต่ละครั้ง ถอนต้นข้าวเพื่อบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตด้านลำต้น (จำนวนกอ ความสูงต้น ความยาวราก น้ำหนักแห้งต้นและราก) และนำตัวอย่างข้าวตัดแยกระหว่างต้นและราก นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบพหุคูณแบบ Least Significant Difference (LSD) ด้วยโปรแกรม R

ผลการวิจัย

การศึกษาการตอบสนองของข้าวพันธุ์ชิวแม่จันที่ปลูกในดินที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส 4 ระดับ คือ 0, 30, 60 และ 120 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ โดยเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตที่ระยะ 60 วัน (ระยะแตกกอสูงสุด) และ 90 วัน (ระยะออกดอก) พบว่าเมื่อข้าวอายุ 60 วันหลังย้ายปลูก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในลักษณะของจำนวนต้นต่อกอ น้ำหนักแห้งต้นและน้ำหนักแห้งราก (ตารางที่ 1) และข้าวอายุ 90 วันหลังย้ายปลูก พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในลักษณะจำนวนต้นต่อกอ น้ำหนักแห้งต้น และน้ำหนักแห้งราก (ตารางที่ 2) เช่นเดียวกับข้าวที่อายุ 60 วัน โดยที่อายุ 60 วันหลังย้ายปลูก (ระยะแตกกอสูงสุด) เป็นระยะที่ข้าวต้องการฟอสฟอรัสเป็นจำนวนมากเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต ข้าวที่ปลูกใน

ดินที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส 60 และ 120 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ส่งผลให้ข้าวมีจำนวนต้นต่อกอไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) และข้าวที่ปลูกในดินที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส (0 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่) มีจำนวนต้นต่อกอน้อยที่สุด ซึ่งจำนวนต้นต่อกอยังส่งผลถึงน้ำหนักแห้งต้นเช่นเดียวกัน โดยข้าวที่ปลูกในดินที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส 30-120 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ มีน้ำหนักแห้งต้นที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ด้านน้ำหนักแห้งรากก็มีการตอบสนองไปในทิศทางเดียวกับลักษณะของน้ำหนักแห้งต้น (ตารางที่ 1)

เมื่อข้าวอายุ 90 วัน (ระยะออกดอก) ข้าวที่ปลูกในดินที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส ตั้งแต่ 30-120 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ส่งผลให้มีจำนวนต้นต่อกอไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส (0 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่) ซึ่งการที่ข้าวมีจำนวนต้นต่อกอที่ดีส่งผลให้ข้าวมีน้ำหนักแห้งต้นสูงตามไปด้วย ที่อายุ 90 วัน ข้าวที่ปลูกในดินที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส 30-120 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ส่งผลให้มีน้ำหนักแห้งต้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส (0 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่) และในด้านของน้ำหนักแห้งราก ข้าวที่ปลูกในดินที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส 30, 60 และ 120 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ส่งผลให้ข้าวมีน้ำหนักแห้งต้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่ข้าวที่ปลูกในดินที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส 120 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ส่งผลให้ข้าวมีน้ำหนักแห้งรากไม่แตกต่างกับข้าวที่ปลูกในดินที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส (0 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่) ที่ระดับนัยสำคัญ (P>0.05) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 การเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ชิวแม่จันที่อายุ 60 วันหลังย้ายปลูก

ระดับปุ๋ยฟอสฟอรัส (กิโลกรัม/ไร่)	จำนวนต้นต่อกอ	ความสูงต้น (เซนติเมตร)	ความยาวราก (เซนติเมตร)	น้ำหนักแห้งต้น (กรัม/ต้น)	น้ำหนักแห้งราก (กรัม/ต้น)
0	2.7 ± 0.6 c	82.5 ± 11.4	24.4 ± 5.2	1.3 ± 0.3 b	0.2 ± 0 b
30	5.7 ± 2.5 bc	90.0 ± 18.6	26.4 ± 4.5	2.5 ± 1.1 ab	0.3 ± 0.1 ab
60	7.3 ± 2.1 ab	91.9 ± 8.5	27.5 ± 1.6	3.5 ± 0.5 a	0.5 ± 0.1 a
120	9.3 ± 0.6 a	92.5 ± 12.0	23.7 ± 4.8	3.5 ± 0.6 a	0.4 ± 0 a
F-test	8.4**	ns	ns	7.7**	5.1*
LSD	3.2	-	-	1.3	0.2

* หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$, ** หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$ และ ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P > 0.05$

ตารางที่ 2 การเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ชิวแม่จันที่อายุ 90 วันหลังย้ายปลูก

ระดับปุ๋ยฟอสฟอรัส (กิโลกรัม/ไร่)	จำนวนต้นต่อกอ	ความสูงต้น (เซนติเมตร)	ความยาวราก (เซนติเมตร)	น้ำหนักแห้งต้น (กรัม/ต้น)	น้ำหนักแห้งราก (กรัม/ต้น)
0	8.0 ± 1.0 b	106.5 ± 6.4	31.5 ± 1.5	10.1 ± 1.6 b	1.2 ± 0.5 b
30	20.3 ± 1.5 a	119.0 ± 5.3	32.8 ± 5.6	29.5 ± 5.3 a	4.3 ± 0.9 a
60	18.3 ± 3.1 a	118.7 ± 15.7	32.2 ± 4.8	26.9 ± 13.5 a	3.6 ± 1.5 a
120	21.7 ± 2.5 a	119.3 ± 5.1	33.4 ± 8.9	31.4 ± 7.3 a	2.5 ± 1.3 ab
F-test	24.3***	ns	ns	4.3*	4.3*
LSD	4.1	-	-	15.3	2.1

* หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$, *** หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ < 0.001 และ ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P > 0.05$

วิจารณ์ผลการวิจัย

ฟอสฟอรัสมีบทบาทสำคัญต่อข้าว คือ เป็นธาตุอาหารหลักที่ข้าวต้องการในปริมาณมาก (Marschner, 2012) และมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของข้าว (Kanthiya & Aumtong, 2014) ฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบสำคัญของแหล่งพลังงาน (Adenosine triphosphate: ATP) รวมถึงเป็นโครงสร้างสำคัญของส่วนต่างๆ ในเซลล์และเนื้อเยื่อพืชและปริมาณฟอสฟอรัสที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของข้าวมีระดับค่าวิกฤติ 10-17 ppm. (Wattakawigran, 2009) หากข้าวขาดฟอสฟอรัส รากจะเจริญช้า ลำต้นแคระแกร็น แตกกอน้อย (Dobermann & Fairhurst, 2000) ซึ่งการขาดฟอสฟอรัสในดินเป็นปัญหาหลักสำหรับการให้ผลผลิตของข้าว (Aluwihare *et al.,* 2016) ฉะนั้นการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวจึงเป็นสิ่งที่สำคัญ ซึ่งปุ๋ยฟอสฟอรัสเป็นปุ๋ยที่เหมาะแก่การเพิ่มประโยชน์ในระยะยาว เนื่องจากจะปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อย่างช้าๆ (Inthasan, 2014) และฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่ไม่เคลื่อนย้าย (Marschner & Dell, 1994) เมื่อใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสลงไปในดินแล้ว ฟอสฟอรัสอาจถูกตรึงในอนุภาคของแร่ดินเหนียวทำให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารลดลงและอยู่ในรูปของสารประกอบที่ละลายน้ำยาก โดยในดินกรดฟอสฟอรัสถูกตรึงด้วยเหล็ก (Fe) และอะลูมินัม (Al) เกิดเป็นฟอสเฟตที่ไม่ละลายน้ำ ในดินด่างถูกตรึงด้วยแคลเซียม (Ca) ซึ่งการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณที่เหมาะสมช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวได้ จากการศึกษานี้พบว่าข้าวที่อายุ 60 วันหลังย้ายปลูก ข้าวที่ปลูกในดินที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสตั้งแต่ 30-120 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ส่งผลให้การเจริญเติบโตด้านน้ำหนักแห้งต้นและรากไม่แตกต่างกัน และข้าวที่ปลูกในดินที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส 30 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ก็ไม่แตกต่างกับข้าวที่ปลูกในดินที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส (0 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่)

และข้าวที่อายุ 90 วันหลังย้ายปลูก ข้าวที่ปลูกในดินที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส ตั้งแต่ 30, 60 และ 120 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ส่งผลให้มีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Niponkit *et al.,* (n.d.) ที่รายงานว่า ข้าวที่ได้รับปุ๋ย triplesuperphosphat (TSP) อัตรา 3, 6, 9 และ 12 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ มีน้ำหนักแห้งของข้าวไม่แตกต่างกัน และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Udchachon *et al.,* (2010) ที่รายงานว่า การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตรา 0, 3, 6 และ 12 กิโลกรัม P ต่อไร่ ไม่มีผลทำให้น้ำหนักแห้งของถั่วแกรมสไตโลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเป็นไปในทำนองเดียวกับการ

ทดลองของ Udchachon *et al.,* (1994) ที่รายงานว่า การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน คือ 0, 3, 6 และ 12 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ไม่มีอิทธิพลต่อผลผลิตน้ำหนักแห้งของถั่วแกรมสไตโล แตกต่างจากผลการทดลองของ Suwannasilp., (1990) ที่รายงานว่า น้ำหนักแห้งของหญ้าเนเปียร์เมื่อใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส 0, 10, 20 และ 30 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มระดับของปุ๋ยฟอสฟอรัส และการทดลองของ Paothong *et al.,* (2008) ที่พบว่า การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราต่างๆ กัน มีผลทำให้น้ำหนักแห้งของถั่วท่าพระสไตโลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาการตอบสนองด้านการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ชิวแม่จันต่อระดับปุ๋ยฟอสฟอรัสในระดับที่แตกต่างกัน พบว่าที่อายุ 60 วันหลังย้ายปลูก (ระยะแตกกอสูงสุดของข้าว) เป็นระยะที่ข้าวมีความต้องการฟอสฟอรัสมาก โดยข้าวที่ปลูกในดินที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพียง 30 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ส่งผลให้มีการเจริญเติบโตที่ดีเทียบเท่ากับการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส 60 และ 120 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ และที่อายุ 90 วันหลังย้ายปลูก (ระยะออกดอก) เป็นระยะการเจริญเติบโตเต็มที่ของข้าว ความต้องการฟอสฟอรัสในระยะนี้จึงลดลง จากการทดลองพบว่าการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสตั้งแต่ 30-120 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ส่งผลให้ข้าวมีการเจริญเติบโตด้านลักษณะต่างๆ ไม่แตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส (กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่) ดังนั้นการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพียง 30 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ก็เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของข้าวซึ่งการใส่ปุ๋ยในปริมาณที่เหมาะสมสำหรับความต้องการของข้าวช่วยส่งเสริมให้ข้าวมีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและรากที่ดีส่งผลให้ผลผลิตของข้าวสูงตามไปด้วย ซึ่งถ้าหากใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเกินความจำเป็นก็อาจเป็นพิษหรือทำให้ข้าวไม่เจริญเติบโตได้ อีกทั้งยังส่งผลให้ดินเสื่อมโทรม ดังนั้นการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณที่เหมาะสมนอกจากจะลดการสูญเสียทรัพยากรโดยเปล่าประโยชน์ ยังช่วยให้ดินคงความอุดมสมบูรณ์ในระยะยาวและไม่เป็นพิษกับสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาการวิจัยทางการเกษตร (องค์การมหาชน) และขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ให้การสนับสนุนงบวิจัยประจำปีงบประมาณ 2557 ประเภททุน “การวิจัยที่มุ่งเป้าตอบสนองความต้องการในการพัฒนาประเทศ 12 กลุ่มเรื่อง” สำหรับโครงการคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวไทยที่มีประสิทธิภาพในการดูดใช้ธาตุอาหารสูง ปี 2 (สัญญาเลขที่ PRP5805020990)

เอกสารอ้างอิง

Aluwihare, Y. C., Ishan, M., Chamikara, M. D. M., Weebadde, C. K., Siirisena, D. N., Samarasinghe , W. L. G. & Sooriyapathirana, S. D. S. S. (2016). Characterization and Selection of Phosphorus Deficiency Tolerant Rice Genotypes in Sri Lanka. *Rice Science, 23*(4), 184-195.

Dobermann, A., & Fairhurst, T. (2000). Rice: Nutrient disorders and nutrient management. Manila: Philippines oxford graphic printers.

Foipikul, W. (1993). Soil fertility. Department of Agriculture Faculty of Science and Technology. Surindra Rajabhat University, Surin. (in Thai)

Inthasan, J. (2014). Soil fertility. Chiangmai: D Print. (in Thai)

Kanthiya, N., & Aumtong, S. (2014). Effects of soils, water regimes and pH on availability of phosphorus fractions. *KHON KAEN AGR. J. 42, SUPPL. 2* , 314-321. (in Thai)

Marschner, H. (2012). *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. New York USA: Academic Press.

Marschner, H., & Dell, B. (1994). Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant and Soil, 159*, 89-102.

Niponkit, W., Chancharoensuk, C., & Charoendhamma, P. (n.d.). Influence of sources and rates of phosphorus fertilizers on growth, yield and chemical compostition of the new deepwater rice variety grown in acid sulfate soils (Rangsit series). Rice research center (Prachinburi), rice research institute. (in Thai)

Paothong, S., Kamphayae, S., & Suksaran, W. (2008). Effect of phosphorus and potassium fertilizer rate on yield and chemical composition of *Stylosanthes guianensis* CIAT 184 in Hub-Kapong soil series. In *Bureau of animal nutrition development 2010.* (pp. 63-75). Forage research group, animals nutrition division, department of livestock development, Bangkok. (in Thai)

Suwannasilp, S. (1990). Effect of N and P ferilization on yield and quality of napiergrass (*Pennisetum purpureum*) schumach.). In *Maejo institute of agricultural technology*. (in Thai)

Udchachon, S., Kamphayae., S & Suksaran, W. (2010). Effect of phosphorus and potassium fertilizer rate on yield and chemical composition of *Stylosanthes guianensis* CIAT 184. In *Bureau of animal nutrition development 2010.* (pp. 248-259). Forage research group, animals nutrition division, department of livestock development, Bangkok. (in Thai)

Udchachon, S., Rojjarasiri, C., & Boonpakdee, W. (1994). Effect of Phosphorus and sulphur fertilizers on seed yield and growth of graham stylo (*Stylosanthes quaianensis*).*In Bureau of animal nutrition development 1994*. (pp. 83-91). Forage research group, animals nutrition division, department of livestock development, Bangkok. (in Thai)

Wattakawigran, S. (2009). Converting Upland Field to Rice Terraces: Alternative Way of Farmers in the Highlands. In *Bureau of Rice Research and Development 2009.* Sea Breeze Jomtien Resort Pattaya, Chonburi. (in Thai)