

การตอบสนองด้านการเจริญเติบโต และผลผลิตของแตงกวาลูกผสมต่อปุ๋ยฟอสฟอรัส Growth and Yield Response of Hybrid Cucumber on Phosphorus Fertilizer

สมศักดิ์ chimma, สายชล สุขญาณกิจ*,

สิริวรรณ สมิตธิอาภรณ์ และโสภิตา จิวประเสริฐ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

ถนนปรีดิพนมยงค์ ตำบลประตูลี้ อำเภพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000

ธนวรรณ พาณิชพัฒน์

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาเขตกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

Somsak Chimma, Saychol Sukyankij*,

Siriwan Samithiarporn and Sopida Jewprasert

Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University,

Pridi Banomyong Road, Pratu Chai, Phranakhon Si Ayutthaya 13000

Thanawan Panich-pat

Department of Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University,

Kamphaeng Saen Campus, Kamphaeng Saen, Nakon Pathom, 73140

Received: August 22, 2019; Accepted: September 3, 2019

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของปุ๋ยฟอสฟอรัสชนิดต่าง ๆ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์และจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตต่อการเจริญผลผลิต องค์ประกอบของผลผลิต และการดูดใช้ฟอสฟอรัสในแตงกวาลูกผสมพันธุ์ไมโคร ซี 306 เอฟ 1 ที่ปลูกในชุดดินสนา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 7 ดำรับทดลอง ดำรับทดลองละ 3 ซ้ำ ผลการทดลองพบว่า การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 0.5 เท่าของเกษตรกร ร่วมกับหินฟอสเฟตและปุ๋ยอินทรีย์อย่างละ 250 กิโลกรัมต่อไร่ ให้น้ำหนักผลผลิตและจำนวนผลสูงที่สุด (826.7 กรัมต่อกระถาง และ 19.4 ผลต่อต้น) ขณะที่การใส่หินฟอสเฟตและปุ๋ยอินทรีย์อย่างละ 250 กิโลกรัมต่อไร่ ให้น้ำหนักชีวมวลส่วนเหนือดินสูงที่สุด (36.9 กรัมต่อกระถาง) ส่วนการดูดใช้ฟอสฟอรัสพบว่า การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 0.5 เท่าของเกษตรกร ร่วมกับหินฟอสเฟต 500 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ค่าการดูดใช้ฟอสฟอรัสในผลและการดูดใช้โดยรวมสูงที่สุด (2.74 และ 3.44 กรัมต่อต้น) ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างการดูดใช้ฟอสฟอรัสและผลผลิตพืช พบว่าการดูดใช้ฟอสฟอรัสมีสัมพันธ์เชิงเส้น (r) กับผลผลิตอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ 0.84**

คำสำคัญ : การเจริญเติบโตและผลผลิต; การดูดใช้ฟอสฟอรัส; ปุ๋ยฟอสฟอรัส; แดงกวาลูกผสม

Abstract

The experiment was conducted to investigate the effect of different types of phosphorus (P) fertilizer combining with organic fertilizer (OF) and phosphate solubilizing bacteria (PSB) on yield, yield component and P uptake in hybrid cucumber cv. Micro C 306 F 1 grown in Sena soil series in Phra Nakhon Si Ayutthaya province. The experimental design was carried out in completely randomized design (CRD) with 7 treatments and 3 replications. Results showed that the application of P fertilizer at 0.5 time of farmer usage combining with RP at 250 kg/rai and OF at 250 kg/rai gave the highest yield and number of fruit (826.7 g/pot and 19.4 fruit/plant), while the application of RP at 250 kg/rai and OF at 250 kg/rai had the highest biomass in the above-ground part (36.9 g/pot). In addition, the application of P fertilizer at 0.5 time of farmer usage combining with RP at 500 kg/rai gave the highest P uptake in fruit and whole plant (2.74 and 3.44 g/plant). The correlation between P uptake and yield of cucumber was significantly different for a linear correlation ($r=0.84^{**}$).

Keywords: growth and yield; P uptake; P fertilizer; hybrid cucumber

1. คำนำ

แตงกวา (*Cucumis sativus*) เป็นพืชสวนครัวที่คนไทยนิยมรับประทานและมีการปลูกอย่างแพร่หลายทั่วทุกภาคของประเทศ เนื่องจากเป็นพืชอายุการเก็บเกี่ยวสั้น (30-45 วัน) จึงสามารถปลูกและขายได้ในระยะเวลารวดเร็ว Oupkaew และคณะ (2019) รายงานว่าในปี พ.ศ. 2559 ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกแตงกวาประมาณ 66,000 ไร่ มีผลผลิตประมาณ 103,000 ตัน ผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 4,700 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งอยู่ในระดับสูง โดยส่วนหนึ่งน่าจะเป็นผลมาจากการใช้ปุ๋ยในปริมาณสูง และการทดลองของ Oupkaew และคณะ (2019) ซึ่งทดลองปลูกแตงกวา 15 สายพันธุ์ ในจังหวัดน่าน โดยลดการทดลองให้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 จำนวน 100 กิโลกรัมต่อไร่ และให้ปุ๋ยสูตร 46-0-0 เพิ่มอีก 20 กิโลกรัมต่อไร่ ลดการทดลอง ซึ่งถือว่าเป็นอัตราการให้ปุ๋ยกับพืชที่สูง ทำให้ได้ผลผลิตสูงถึง 3,800 กิโลกรัมต่อไร่ ข้อมูลนี้สะท้อนให้

เห็นถึงกรรมวิธีการปลูกแตงกวาของเกษตรกรทั่วไปที่เน้นการใช้ปุ๋ยเคมีอัตราสูงในการผลิต ดังนั้นการปรับเปลี่ยนจากการใช้ปุ๋ยเคมีอัตราสูงมาเป็นวัสดุอื่นที่สามารถให้ธาตุอาหารพืชทดแทนอาจเป็นทางเลือกให้เกษตรกรผู้ปลูกแตงกวาได้ ในปัจจุบันพื้นที่เกษตรกรรมส่วนใหญ่ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาเป็นพื้นที่นาข้าว มีการปลูกพืชผักบางเป็นสวนน้อย โดยพื้นที่ในเขตอำเภอลาดบัวหลวงถือว่ามีการปลูกพืชผักมากที่สุดประมาณ 1,500 ไร่ (Phranakhon Si Ayutthaya Agricultural Extension Office, 2016) ดินในบริเวณนี้ส่วนใหญ่จัดอยู่ในชุดดินเสนา (Land Development Department, 2018) โดยมีสมบัติเป็นดินกรดจัด Attanandana และ Vacharotayan (1986) รายงานว่าชุดดินเสนาจัดอยู่ในกลุ่มดินกรดกำมะถัน (acid sulfate soil) พีเอชดิน 4.5-5.0 ขณะที่ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีค่าประมาณ 9.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งจัดอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำตามเกณฑ์การประเมิน

ของ FAO Project Staff and Land Classification Division (1973) เนื่องจากเป็นดินกรดกำมะถันซึ่งมีปัจจัยหลายด้านที่ส่งเสริมให้เกิดการตรึงฟอสฟอรัส ส่งผลถึงระดับความเป็นประโยชน์ที่ลดลง (Sanyal *et al.*, 1993; Brady and Weil, 2008; Ruksumruad *et al.*, 2012) ด้วยเหตุนี้ปริมาณฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ในดินดังกล่าวจึงอาจไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช การปรับปรุงดินโดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ การใส่หินฟอสเฟต หรือการใช้จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตมีส่วนสำคัญในการเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์อีกทั้งยังลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีได้ มีงานวิจัยมากมายที่พบว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ หินฟอสเฟต หรือใช้จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต รวมถึงการใช้ราไมคอร์ไรซาสามารถลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีและเพิ่มผลผลิตพืช (Attanadana and Vacharotayan, 1984; Rodríguez and Fraga, 1999; Poomipan, 2014; Sukyankij *et al.*, 2019) ดังนั้นการลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมี โดยหันมาใช้ปุ๋ยอินทรีย์หรือวัสดุปรับปรุงดินชนิดต่าง ๆ แทนอาจเป็นแนวทางในการลดค่าใช้จ่ายในการผลิตผลิตผลทางการเกษตรของเกษตรกรลงได้ และจากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นจึงเป็นที่มาของงานวิจัยในครั้งนี้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปุ๋ยฟอสฟอรัสชนิดต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและการดูดใช้ฟอสฟอรัสในแตงกวาลูกผสม

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การวางแผนการทดลองและเก็บข้อมูล

เก็บตัวอย่างดินบน (0-30 เซนติเมตร) แบบ composite sample จากแปลงนาเกษตรกรในอำเภอลาดบัวหลวง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ซึ่งจัดอยู่ในชุดดินเสนา (sulfic endoaquept) (Land Development Department, 2018) นำมาทุบให้แตกละเอียดแล้วผึ่งลมให้แห้งในโรงเรือน แบ่งตัวอย่าง

ดินบางส่วนเพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติดินเบื้องต้นตามวิธีการของ National Soil Survey Center (1996) พบว่าดินเป็นกรดรุนแรง (pH 4.78) มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว ไม่เป็นดินเค็ม ($EC_e = 1.13$) ปริมาณอินทรีย์วัตถุและค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนอยู่ในระดับปานกลาง ($OM = 15.6$ g/kg และ $CEC = 16.6$ cmol/kg) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในระดับสูง (1.6 g/kg) ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับต่ำ (5.26 และ 57.8 mg/kg) ขณะที่ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่สกัดโดยวิธี Aqua regia มีค่า 199.6 mg/kg วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 7 ดำรับทดลอง ดำรับทดลองละ 3 ซ้ำ ดังนี้ ดำรับทดลองที่ 1 ดำรับควบคุม คือ ไม่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส (C) ดำรับทดลองที่ 2 ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราเทียบเท่าอัตราที่เกษตรกรใช้ คือ 15 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ (CF_{15P2O5}) ดำรับทดลองที่ 3 ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 0.5 เท่าของที่เกษตรกรใช้ ร่วมกับหินฟอสเฟต 500 กิโลกรัมต่อไร่ ($CF_{7.5P2O5} + RP_{500}$) ดำรับทดลองที่ 4 ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 0.5 เท่าของที่เกษตรกรใช้ ร่วมกับหินฟอสเฟตและปุ๋ยอินทรีย์ในอัตราอย่างละ 250 กิโลกรัมต่อไร่ ($CF_{7.5P2O5} + RP_{250} + OF_{250}$) ดำรับทดลองที่ 5 ใส่หินฟอสเฟตและปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกันในอัตราอย่างละ 500 กิโลกรัมต่อไร่ ($RP_{500} + OF_{500}$) ดำรับทดลองที่ 6 ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 0.5 เท่าของที่เกษตรกรใช้ ร่วมกับหินฟอสเฟตและปุ๋ยอินทรีย์ในอัตราอย่างละ 250 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตอัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ ($CF_{7.5P2O5} + RP_{250} + OF_{250} + PSB_{10}$) และดำรับทดลองที่ 7 ใส่หินฟอสเฟตและปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกันในอัตราอย่างละ 500 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตอัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ รวมด้วย ($RP_{500} + OF_{500} + PSB_{10}$) โดยสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์และหินฟอสเฟตแสดงในตารางที่ 1 ส่วนจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตที่ใช้เป็นปุ๋ย

ชีวภาพชนิด *Penicillium pinophilum* ปริมาณ 1.0×10^7 โคโลนีต่อน้ำหนักปุ๋ยชีวภาพ 1 กรัม (ผลิตภัณฑ์ของกรมวิชาการเกษตร) ดำเนินการทดลองในโรงเรือนคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา โดยเพาะต้นกล้าแดงกวาลูกผสมพันธุ์ไมโคร ซี 306 เอฟ 1 (East-West seed company limited Co. Ltd.) ในถาดหลุมซึ่งมีพีทมอสเป็นวัสดุเพาะ จากนั้นชั่งดินที่แห้งแล้วใส่กระถางพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 45 เซนติเมตร สูง 40 เซนติเมตร จำนวน 15 กิโลกรัมต่อกระถาง เมื่อต้นกล้าออกแล้ว 7 วัน จึงย้ายลงปลูกในกระถาง กระถางละ 1 ต้น การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสจะใช้ในรูปปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต (0-20-0) โดยแบ่งใส่ 3 ครั้ง คือ ใส่รองพื้นอัตราร้อยละ 50 ตามแผนการทดลอง และใส่ที่ระยะ 14 และ 21 วัน หลังปลูกในอัตราร้อยละ 25 ต่อครั้ง ปุ๋ยโพแทสเซียมใส่ในรูปปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) ในอัตรา 15 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ โดยที่แบ่งใส่ 3 ครั้ง ในอัตราเดียวกันกับการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส ส่วนปุ๋ยไนโตรเจนนั้นใส่ในรูปปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) อัตรา 24.2 กิโลกรัม N ต่อไร่ โดยแบ่งใส่ 4 ครั้ง คือ ใส่รองพื้นร้อยละ 31 แล้วใส่ที่ระยะ 7, 14 และ 21 วันหลังปลูกอีกร้อยละ 38, 15.5 และ 15.5 ตามลำดับ ด้านการเก็บข้อมูลการทดลองประกอบด้วย จำนวนผล ความยาวผล ความกว้างผล น้ำหนักผลผลิต น้ำหนักแห้งต้นและใบ ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและการดูดใช้ฟอสฟอรัสในส่วนผลและส่วนลำต้นและใบ

2.2 การวิเคราะห์ทางเคมี

วิเคราะห์ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในผลและในส่วนลำต้นและใบ โดยย่อยสลายตัวอย่างด้วยกรดผสม 2 ชนิด (acid mixture, HNO_3-HClO_4 อัตรา 2 : 1) (Attanandana and Chanchareonsook, 1999) แล้วนำสารละลายที่ได้มาวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดโดยวิธีเทียบสี (vanado-

molybdate yellow color method) โดยวัดความเข้มข้นของสีด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ wavelength 420 นาโนเมตร (Murphy and Riley, 1962) จากนั้นคำนวณค่าการดูดสะสมฟอสฟอรัสโดยนำค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสคูณกับน้ำหนักแห้งพืช (Akinrinde and Gaizer, 2006)

Table 1 Properties of organic fertilizer (OF) and rock phosphate (RP) used in the experiment

Properties	OF	RP
pH (1 : 1)	8.1	8.1
EC 1 : 10 (dS/m)	5.8	0.12
OM (g/kg)	303	3.3
C : N ratio	8:1	-
Gravel (%)	0	-
Total N (g/kg)	22.5	0.35
Total P (g/kg)	5.2	76
Total K (g/kg)	18.7	1.0
Total Ca (g/kg)	-	132
Total Mg (g/kg)	-	518

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละตำรับทดลองโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และหาความสัมพันธ์ของผลผลิตและชีวมวลส่วนเหนือดิน (ลำต้นและใบ) กับความเข้มข้นและการดูดใช้ฟอสฟอรัสทั้งในส่วนผลและส่วนลำต้นและใบโดยวิธีวิเคราะห์ bivariate correlation analysis

3. ผลการศึกษาและวิจารณ์

3.1 ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต พิจารณาจากน้ำหนักผลผลิต จำนวนผลต่อต้น ความยาวและความกว้างผล และชีวมวลส่วนเหนือดิน (ลำต้นและใบ) ของแตงกวา (ตารางที่ 2) ผลการทดลองพบว่ากรรมวิธีใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราที่ต่างกันส่งผลให้จำนวนผลต่อต้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ขณะที่น้ำหนักผลผลิตและชีวมวลส่วนเหนือดินพบว่ามี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราครึ่งเท่าของที่เกษตรกรใช้ ร่วมกับหินฟอสเฟตและปุ๋ยอินทรีย์ในอัตราอย่างละ 250 กิโลกรัมต่อไร่ ($CF_{7.5P2O5} + RP_{250} + OF_{250}$) ให้จำนวนผลต่อต้นและน้ำหนักผลผลิตสูงที่สุด (19.4 ผลต่อต้น และ 826.7 กรัมต่อกระถาง) ซึ่งค่าที่ได้ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับตำรับทดลองที่ใช้ปุ๋ย ฟอสฟอรัสอัตราครึ่งเท่าของที่เกษตรกรใช้ร่วมกับ หินฟอสเฟตอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ($CF_{7.5P2O5} + RP_{500}$) ด้านชีวมวลส่วนเหนือดินพบว่าการใส่หิน ฟอสเฟตและปุ๋ยอินทรีย์อัตราอย่างละ 500 กิโลกรัม ต่อไร่ ($RP_{500} + OF_{500}$) ให้น้ำหนักชีวมวลส่วนเหนือ ดินสูงที่สุด (36.9 กรัมต่อกระถาง) ซึ่งไม่แตกต่าง ทางสถิติกับตำรับทดลอง $CF_{7.5P2O5} + RP_{500}$ และ $CF_{7.5P2O5} + RP_{250} + OF_{250}$ ส่วนความยาวและความ กว้างของผลนั้นไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ระหว่างตำรับทดลอง ($p \geq 0.05$) โดยมีค่าพิสัยของ ความยาวและความกว้างของผล 7.9-8.7 และ 2.9-3.1 เซนติเมตร ตามลำดับ

ผลการทดลองจะเห็นได้ว่ากรรมวิธีการ ใช้ปุ๋ยเคมีฟอสฟอรัสร่วมกับหินฟอสเฟต หรือ ปุ๋ยเคมีฟอสฟอรัสร่วมกับหินฟอสเฟต และปุ๋ย อินทรีย์ช่วยให้แตงกวาลูกผสมมีผลผลิตรวมถึง องค์ประกอบของผลผลิตอื่น ๆ สูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมี ฟอสฟอรัสเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจาก สมบัติของหินฟอสเฟตและปุ๋ยอินทรีย์ที่มีส่วนช่วย ในการยกระดับพีเอชของดิน ซึ่งส่งผลต่อการละลาย

ได้ของธาตุอาหารชนิดต่าง ๆ รวมถึงฟอสฟอรัสให้ เพิ่มขึ้น เนื่องจากในสภาพปกติฟอสฟอรัสที่ ปลดปล่อยจากปุ๋ยเคมีสามารถถูกตรึงโดยเหล็กหรือ อะลูมิเนียมที่มีการละลายได้มากในดินกรด โดยเฉพาะ ในดินกรดกำมะถัน เช่น ดินที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ปริมาณเหล็กและอะลูมิเนียมรวมทั้งธาตุโลหะชนิด อื่น ๆ จะมีการละลายออกมามากกว่าดินปกติทั่วไป ซึ่งเป็นตัวการสำคัญที่จะจับกับฟอสฟอรัสในสาร ละลายดินแล้วตกตะกอน ทำให้ความเป็นประโยชน์ ของฟอสฟอรัสที่ปลดปล่อยจากปุ๋ยเคมีมีค่าลดลง สอดคล้องกับการศึกษาของ Sukitprapanon (2016) ที่ศึกษาลักษณะทางแร่และธรณีเคมีของดินกรด กำมะถันในประเทศไทย พบว่าในดินกรดจัดกลุ่ม active acid sulfate soil เช่น ชุดดินเสนานั้นจะมี ปริมาณเหล็กและอะลูมิเนียมที่สกัดได้อยู่สูงถึง 3,104 และ 1,485 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ขณะที่ดินกรดโดยทั่วไปมักพบปริมาณเหล็กและ อะลูมิเนียมที่สกัดได้เฉลี่ยประมาณ 665 และ 310 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เท่านั้น (Inboonchuay *et al.*, 2016) ซึ่งปริมาณเหล็กและอะลูมิเนียมที่สกัดได้ใน ระดับนี้ถือว่าสูงจนอยู่ในระดับที่เป็นพิษต่อพืชปลูก ได้ (Dobermann and Fairhurst, 2000) นอกจากนี้ Sukyankij และคณะ (2019) ศึกษาผลของปุ๋ยพืชสด ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีต่อผลผลิตข้าวที่ปลูก ในชุดดินอยุธยา ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มดินกรดกำมะถัน พบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ช่วยเพิ่มผลผลิตข้าวได้ประมาณร้อยละ 10 เมื่อ เปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ย ซึ่งอาจเพราะสมบัติ ของปุ๋ยอินทรีย์ช่วยเพิ่มความจุฟเฟอร์ของดินซึ่ง ช่วยในการบรรเทาความเป็นกรดของดินกรด กำมะถันลงได้ (McCauley *et al.*, 2017) ขณะที่ Attanandana และ Vacharotayan (1984) ศึกษา การใช้หินฟอสเฟตในการปรับปรุงดินกรดกำมะถัน ในพื้นที่ปลูกข้าวของประเทศไทย พบว่าการใช้หิน ฟอสเฟตช่วยให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน

หลังจากผ่านการปลูกไปแล้ว 3 รุ่น ในชุดดินเสนา ซึ่งมีแนวโน้มให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 300 เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณผลผลิตในการปลูกครั้งแรก ทั้งนี้เนื่องจากหินฟอสเฟตและปุ๋ยอินทรีย์มีสมบัติในการสะท้อนปฏิกิริยาความเป็นกรดของดินกรดกำมะถัน อีกทั้งช่วยในการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Attanandana and Vacharotayan, 1986; Shamshuddin *et al.*, 2016)

3.2 ความเข้มข้นและการดูดใช้ฟอสฟอรัส

ความเข้มข้นและการดูดใช้ฟอสฟอรัสพิจารณาทั้งในส่วนผลและชีวมวลส่วนเหนือดิน (ลำต้นและใบ) (ตารางที่ 3) จากผลการทดลองพบว่ากรรมวิธีการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสที่แตกต่างกันมีผลให้การดูดใช้ฟอสฟอรัสในผลและการดูดใช้โดยรวม

ทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กล่าวคือ การใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราครึ่งเท่าของที่เกษตรกรใช้ร่วมกับหินฟอสเฟตอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ($CF_{7.5P2O5} + RP_{500}$) ให้ค่าการดูดใช้ฟอสฟอรัสในผลและการดูดใช้โดยรวมทั้งหมดสูงที่สุด (2.74 และ 3.44 กรัมต่อต้น ตามลำดับ) ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับตำรับทดลอง $CF_{7.5P2O5} + RP_{250} + OF_{250}$ และ $RP_{250} + OF_{250}$ ส่วนความเข้มข้นและการดูดใช้ฟอสฟอรัสในชีวมวลส่วนเหนือดินพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในแต่ละตำรับทดลอง ($p \geq 0.05$) โดยความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในส่วนผลและส่วนชีวมวลส่วนเหนือดินมีค่าเฉลี่ย 2.74-4.55 และ 2.08-2.69 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ขณะที่ค่าการดูดใช้ฟอสฟอรัสในส่วนชีวมวลมีค่าเฉลี่ย 0.66-0.80 กรัมต่อต้น

Table 2 Effect of different phosphorus fertilizer source and organic fertilizer on yield and yield component of hybrid cucumber

Treatments	No. fruit (No./plant) ¹	Fruit length (cm) ¹	Fruit width (cm) ¹	Biomass (g/pot) ¹	Fruit yield (g/pot) ¹
C	9.3 ^d	8.1	3.1	27.4 ^c	357.4 ^d
CF_{15P2O5}	11.0 ^c	8.4	3.1	28.5 ^c	513.8 ^c
$CF_{7.5P2O5} + RP_{500}$	18.0 ^a	8.0	3.0	33.8 ^{ab}	711.4 ^{ab}
$CF_{7.5P2O5} + RP_{250} + OF_{250}$	19.4 ^a	8.7	2.9	35.6 ^a	826.7 ^a
$RP_{500} + OF_{500}$	16.0 ^b	8.6	2.9	36.9 ^a	674.5 ^b
$CF_{7.5P2O5} + RP_{250} + OF_{250} + PSB_{10}$	15.0 ^b	8.6	3.0	31.2 ^b	633.2 ^b
$RP_{500} + OF_{500} + PSB_{10}$	12.3 ^c	7.9	2.9	30.9 ^b	513.7 ^c
F-test	**	ns	ns	*	*
CV (%)	16.9	6.5	5.9	10.1	21.0

¹ means within the same column followed by the same letters indicate no significant differences among treatment using by DMRT; *** = significant difference at 0.05 and 0.01 probability levels; ns = not significant

Table 3 Effect of different phosphorus fertilizer source and organic fertilizer on phosphorus concentration and phosphorus uptake in hybrid cucumber

Treatments	P concentration (mg/kg) ¹		P uptake (g/plant) ¹		P total uptake (g/plant) ¹
	Fruit	Stem and leaves	Fruit	Stem and leaves	
C	4.55	2.46	1.51 ^d	0.66	2.17 ^d
CF _{15P2O5}	3.56	2.69	1.88 ^c	0.75	2.63 ^c
CF _{7.5P2O5} + RP ₅₀₀	3.65	2.08	2.74 ^a	0.70	3.44 ^a
CF _{7.5P2O5} + RP ₂₅₀ + OF ₂₅₀	2.74	2.22	2.51 ^{ab}	0.78	3.29 ^a
RP ₅₀₀ + OF ₅₀₀	3.46	2.18	2.53 ^{ab}	0.80	3.33 ^a
CF _{7.5P2O5} + RP ₂₅₀ + OF ₂₅₀ + PSB ₁₀	3.58	2.22	2.48 ^b	0.70	3.18 ^b
RP ₅₀₀ + OF ₅₀₀ + PSB ₁₀	3.94	2.51	2.07 ^{bc}	0.76	2.83 ^{bc}
F-test	ns	ns	*	ns	*
CV (%)	14.8	12.3	20.5	12.1	14.2

¹ means within the same column followed by the same letters indicate no significant differences among treatment using by DMRT; * = significant different at 0.05 probability levels; ns = not significant

ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่ากรรมวิธีการใช้ปุ๋ยเคมีฟอสฟอรัสร่วมกับหินฟอสเฟตและปุ๋ยอินทรีย์ช่วยส่งเสริมให้แตกกามีการสะสมฟอสฟอรัสในส่วนผลและสะสมฟอสฟอรัสโดยรวมสูงกว่ากรรมวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยหรือใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในรูปของปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว เนื่องจากในสภาพดินกรดจะส่งเสริมการละลายได้ของธาตุอาหารจากทั้งหินฟอสเฟตและปุ๋ยอินทรีย์ (Mala, 2007) ขณะที่การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในรูปของปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวนั้นฟอสฟอรัสที่ปลดปล่อยออกมามีโอกาสทำปฏิกิริยากับเหล็กและอะลูมิเนียม โดยเฉพาะในรูปออสติฐาน ทำให้ความเป็นประโยชน์ลดลง (Ruksumruad *et al.*, 2012) การดูดใช้ฟอสฟอรัสในตำรับทดลองดังกล่าวของพืชจึงมีค่าลดลงไปด้วย อีกทั้งผลการศึกษาของ Ali และคณะ (2014) ซึ่งศึกษาการใช้ปุ๋ยหมักที่ทำจากหินฟอสเฟตและวัสดุอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ต่อผลผลิตและการดูดใช้ฟอสฟอรัสของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่าการใช้ปุ๋ยหมักที่ทำจากหินฟอสเฟตร่วมกับขยะอินทรีย์อัตราส่วน 1:2 ร่วมกับ

การใส่ปุ๋ยซุเปอร์ฟอสเฟต (SSP) อัตรา 45 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ เป็นอัตราที่ทำให้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีความเข้มข้นและการดูดใช้ฟอสฟอรัสมากกว่าการไม่ใส่หรือใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในรูปซุเปอร์ฟอสเฟต (SSP) อัตรา 90 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ถึงร้อยละ 130 และ 21 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการใช้ปุ๋ยในรูปแบบผสมผสานระหว่างปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ช่วยส่งเสริมให้พืชมีการดูดใช้ธาตุอาหารได้ดีกว่าการให้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้การสะสมฟอสฟอรัสในผลที่ลดลงส่งผลถึงคุณค่าทางโภชนาการของผลผลิตพืชด้วย เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาของกระดูก กระบวนการเมแทบอลิซึมของแร่ธาตุเกี่ยวข้องกับการถ่ายโอนพลังงานของเซลล์ รวมทั้งยังเป็นองค์ประกอบของ DNA และ RNA ในเซลล์ร่างกาย (Takeda *et al.*, 2004) ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่ากรรมวิธีการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราครึ่งเท่าของที่เกษตรกรใช้ร่วมกับหินฟอสเฟตและปุ๋ยอินทรีย์อัตราอย่างละ 250 กิโลกรัมต่อไร่ เป็นวิธีการที่ช่วย

ส่งเสริมให้แสงกว่าที่ปลูกมีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาผลการทดลองในส่วนของการมีจุลินทรีย์ที่ละลายฟอสเฟตร่วมด้วย พบว่ากรรมวิธีดังกล่าวให้ปริมาณผลผลิตทั้งจำนวนผลต่อต้น น้ำหนักผลผลิตต่อกระถาง น้ำหนักชีวมวลส่วนเหนือดิน รวมทั้งการดูดใช้ฟอสฟอรัสในส่วนผลและการดูดใช้โดยรวมทั้งหมดต่ำกว่ากรรมวิธีใส่ปุ๋ยเคมีฟอสฟอรัสร่วมกับหินฟอสเฟตและปุ๋ยอินทรีย์ หรือกรรมวิธีที่ใช้เฉพาะหินฟอสเฟตและปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากจุลินทรีย์ที่ละลายฟอสเฟตที่ใช้คือ *Penicillium pinophilum* ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่สามารถละลายฟอสเฟตได้ในดินที่มีพีเอชต่ำ การทดลองของ Pandey และคณะ (2008) ซึ่งทดสอบประสิทธิภาพการละลายฟอสเฟตโดย *Penicillium* spp. สายพันธุ์ต่าง ๆ พบว่า *Penicillium pinophilum* สามารถละลายฟอสเฟตสูงสุดเมื่อดินมีพีเอชประมาณ 3.5 และประสิทธิภาพการละลายฟอสเฟตจะมีค่าลดลงเมื่อพีเอชของดินมีค่าสูงขึ้น ขณะที่ดินที่ใช้ในการทดลองมีการเติมหินฟอสเฟตและปุ๋ยอินทรีย์ลงไป ซึ่งมีผลให้พีเอชของดินมีค่าสูงขึ้น ดังนั้นจึงเป็นเหตุผลสำคัญในการจำกัดความสามารถของจุลินทรีย์ที่ละลายฟอสเฟตที่ใช้ในการทดลอง ส่งผลให้ปริมาณผลผลิตและการดูดใช้ฟอสฟอรัสของกรรมวิธีดังกล่าวน้อยกว่ากรรมวิธีใส่ปุ๋ยเคมีฟอสฟอรัสร่วมกับหินฟอสเฟตและปุ๋ยอินทรีย์ หรือกรรมวิธีที่ใช้เฉพาะหินฟอสเฟตและปุ๋ยอินทรีย์ แต่ถึงกระนั้นผลผลิตที่ได้ก็ยังมีค่าสูงกว่าดำรับควบคุม

3.3 สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิต ชีวมวลส่วนเหนือดิน ความเข้มข้นและการดูดใช้ฟอสฟอรัส

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิต ชีวมวล ความเข้มข้นและการดูดใช้ฟอสฟอรัส แสดงในรูปที่ 1 พบว่าผลผลิตและชีวมวลส่วนเหนือดินมี

สหสัมพันธ์เชิงเส้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับความเข้มข้นฟอสฟอรัส ($r = -0.44^*$ และ $r = -0.71^{**}$) นอกจากนี้ยังพบสหสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างผลผลิตและการดูดใช้ฟอสฟอรัสด้วย ($r = 0.84^{**}$) และเมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พบว่าผลผลิตแสงกว่ามีสหสัมพันธ์เชิงเส้นกับการดูดใช้ฟอสฟอรัสมากกว่าค่าสหสัมพันธ์ด้านอื่น ๆ เนื่องจากให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงที่สุด ($r = 0.84^{**}$) และให้ค่าสหสัมพันธ์กำหนด (R^2) เท่ากับ 0.71 แสดงให้เห็นว่าการสะสมฟอสฟอรัสในผลที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ผลผลิตของแสงกว่าเพิ่มขึ้นด้วย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hellal และคณะ (2013) ซึ่งศึกษาการใช้ปุ๋ยหมักผสมหินฟอสเฟตต่อความเป็นประโยชน์และการดูดใช้ฟอสฟอรัสในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในประเทศญี่ปุ่น พบว่าการดูดใช้ฟอสฟอรัสในข้าวโพดที่เพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้ปริมาณผลผลิตที่ได้เพิ่มขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นธาตุในกลุ่มธาตุอาหารหลักของพืช โดยทั่วไปมักพบความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อพืชประมาณร้อยละ 0.3-0.5 ของน้ำหนักแห้งพืช ฟอสฟอรัสมีบทบาทสำคัญในโครงสร้างสารพันธุกรรมในพืช เช่น DNA และ RNA เกี่ยวข้องกับกระบวนการเมแทบอลิซึมระดับเซลล์ การปรับสภาพโปรตีน รวมทั้งเป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์ที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณในระดับเซลล์ (Osotspar, 2015) อีกทั้งฟอสฟอรัสยังมีผลต่อจำนวนดอก การออกดอก และการติดผลของพืช การได้รับฟอสฟอรัสในปริมาณที่เพียงพอจะช่วยส่งเสริมให้ได้ผลผลิตพืชเพิ่มขึ้น (Malhotra et al., 2018)

4. สรุป

การศึกษากการตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสฟอรัสของแสงกว่าลูกผสม สรุปได้ว่าการใส่ปุ๋ยเคมีฟอสฟอรัสร่วมกับการใช้หินฟอสเฟตและปุ๋ยอินทรีย์

ช่วยให้แสงทวาลูกผสมมีผลผลิตและชีวมวลส่วนเหนือดินรวมทั้งการดูดใช้ฟอสฟอรัสสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยหรือใส่ปุ๋ยเคมีฟอสฟอรัสเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสที่เพิ่มขึ้นยังมีผลให้ปริมาณผลผลิตแสงทวาลูกผสมเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นในการปลูกแสงทวาลูกผสมของเกษตรกรในพื้นที่ดิน

กรดจัด การปรับเปลี่ยนจากการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวมาเป็นการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับวัสดุปุ๋ยอินทรีย์จะช่วยเพิ่มผลผลิต รวมทั้งลดต้นทุนด้านปุ๋ยเคมี และช่วยเพิ่มปริมาณธาตุอาหารในผลผลิต ซึ่งเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของผลผลิตพืชด้วย

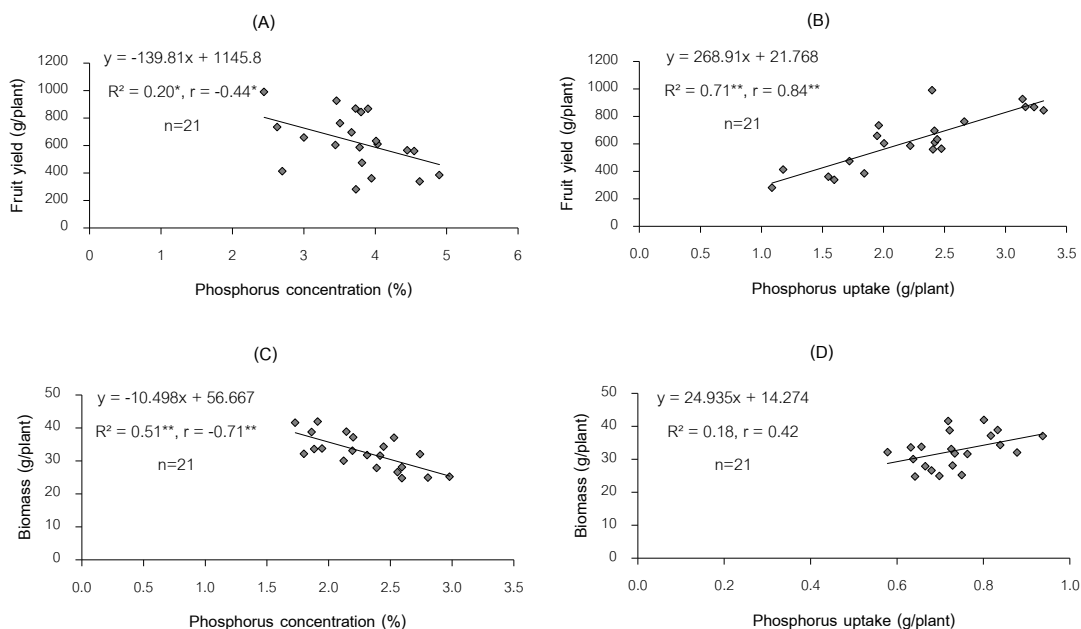


Figure 1 Linear relationship between fruit yield (A, B) and biomass (C, D) of hybrid cucumber and phosphorus concentration and phosphorus uptake in plant

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ที่ให้ความอนุเคราะห์พื้นที่ในการทดลอง อีกทั้งวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างทดลอง

6. รายการอ้างอิง

Akinrinde, E.A. and Gaizer, T., 2006, Differences in the performance and phosphorus use efficiency of some tropical rice (*Oryza*

sativa L.) varieties, Pak. J. Nutr. 5: 206-211.

Ali, A., Sharif, M., Wahid, F., Zhang, Z., Shah, S.N.M., Rafiullah, Zaheer, S., Khan, F. and Rehman, F., 2014, Effect of composted rock phosphate with organic materials on yield and phosphorus uptake of berseem and maize, Am. J. Plant Sci. 5: 975-984.

Attanandana, T. and Chanchareonsook, J., 1999, Manual of Soil and Plant Analysis,

- Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, 108 p. (in Thai).
- Attanandana, T. and Vacharotayan, S., 1984, Rock phosphate utilization on acid sulfate soils of Thailand, Ecology and Management of Problem in Asia: FFTC book series no. 27, Taiwan.
- Attanandana, T. and Vacharotayan, S., 1986, Acid sulfate soils: Their characteristics, genesis, amelioration and utilization, Southeast Asian Stud. 24: 154-180.
- Brady, N.C. and Weil, R.R., 2008, The Nature and Properties of Soil, Macmillan Publishing Co. Inc., New York.
- FAO Project Staff and Land Classification Division, 1973, Soil Interpretation Handbook for Thailand, Land Development Department, Ministry of Agriculture and Co-operative, Bangkok.
- Hellal, F.A.A., Nagumo, F. and Zewainy, R.M., 2013, Influence of phosphocompost application on phosphorus availability and uptake by maize grown in red soil of Ishigaki Island, Japan, Agric. Sci. 4: 102-109.
- Inboonchuay, T., Suddhiprakarn, A., Kheoruenromne, I., Anusontpornperm, S. and Gilkes, R.J., 2016, Amounts and associations of heavy metals in paddy soils of the Khorat Basin, Thailand, Geo. Reg. 7: 120-131.
- Land Development Department, 2018, Soil map of Phra Nakhon Si Ayutthaya province. Available Source: http://oss101.ldd.go.th/web_thaisoilinf/central/Ayutthaya/ay_map/ay_series/ay_prov58A.jpg, January 5, 2018. (in Thai).
- Malhotra, H., Vandana, Sharma, S. and Pandey R., 2018, Phosphorus Nutrition: Plant Growth in Response to Deficiency and Excess, In Hasanuzzaman, M., Hakeem, K.R., Nahar, K., Alharby, H. (Eds.), Plant Nutrients and Abiotic Stress Tolerance, Springer Nature, Singapore.
- Mala, T., 2007, Organic Fertilizer and Biofertilizer: Production Techniques and Uses, 2nd Ed., Kasetsart University Press, Bangkok, 300 p. (in Thai).
- McCauley, A., Jones, C. and Olson-Rutz, K., 2017, Soil pH and organic matter, Nutrient Management Module No. 8, Montana State University Extension, Montana.
- National Soil Survey Center, 1996, Soil Survey Laboratory Methods Manual, Soil Survey Investigations Report No. 42, Version 3.0, Natural Resources Conservation Service, USDA, Washington, DC.
- Osotsapar, Y., 2015, Plant Nutrition, Kasetsart University Press, Bangkok, 548 p. (in Thai)
- Oupkaew, B., Surapornpiboon, P. and Surapornpiboon, P., 2019, Yield trial of commercial cucumber varieties at Ban Khon, Nan Province, Thai Sci. Technol. J. 27(1): 101-108. (in Thai).
- Pandey, A., Das, N., Kumar, B., Rinu, K. and Trivedi, P., 2008, Phosphate solubilization by *Penicillium* spp. isolated from soil samples of Indian Himalayan region, World J. Microbiol. Biotechnol. 24: 97-102.
- Phranakhon Si Ayutthaya Agricultural Extension

- Office, 2016, Fundamentals Data of Agriculture in Phra Nakhon Si Ayutthaya Province 2015-2016, Ministry of Agriculture and Cooperative, Phranakhon Si Ayutthaya. (in Thai).
- Poomipan, P., 2014, Replacement of phosphorus fertilizer by arbuscular mycorrhizal fungi in phosphorus fixation soil, Thai J. Sci. Technol. 3(2): 173-181. (in Thai).
- Rodríguez, H. and Fraga, R., 1999, Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion, Biotechnol. Adv. 17: 319-339.
- Ruksumruad, P., Thanachit, S., Anusontporn perm, S. and Wiriyakitnatekul, W., 2012, Use of phosphorus sorption characteristics for determining rate and type of phosphorus fertilizers for growing rice on Ongkharak soil with residual lime, KKU Agric. J. 40(1): 27-36. (in Thai).
- Sanyal, S.K., de Datta, S.K. and Chan, P.Y., 1993, Phosphate sorption-desorption behavior of some acidic soils of South and Southeast Asia, Soil Sci. Soc. Am. J. 57: 937-945.
- Shamshuddin,J., Panhwar, Q.A., Shazana, R.S. Azman, E.A., Fauziah, C.I. and Naher, U.A., 2016, Improving the productivity of acid sulfate soils for rice cultivation using limestone, basalt, organic fertilizer and/or their combinations, Sains Malaysiana 45: 383-392.
- Sukitprapanon, T., 2016, Mineralogy and Geochemistry of Acid Sulfate Soils in Thailand, Doctoral Dissertation, Kasetsart University, Bangkok.
- Sukyankij, S., Pluemphuak, T. and Panich-pat, T., 2019, Effects of green manures and fertilizer managements on yield, nutrient uptake and economic return of rice cv. RD47 grown in Ayutthaya soil series, J. Agric. 35(1): 61-73. (in Thai).
- Takeda, E., Taketani, Y., Sawada, N., Sato T. and Yamamoto, H., 2004, The regulation and function of phosphate in the human body, Bio. Factors 21: 345-355.