

ผลขั้นแรกและผลตกค้างของปุ๋ยหินฟอสเฟตและ ความสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสในดินนา

Primary and Residual Effects of Rock Phosphates and Their Correlation with P-Test Value of Rice Soil

ปิยะ ดวงพัตรา และ ลัดดาวลัย โคมทอง

Piya Duangpatra and Laddawan Koamtong

ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และ
กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ตามลำดับ

ABSTRACT

Two consecutive pot experiments were conducted to study the primary and residual effects of rock phosphate fertilizers from 6 different origins on lowland rice. Four commonly used methods for determining "available" phosphorus in soil were also used to evaluate their effectiveness in phosphorus in soil were also used to evaluate their effectiveness in predicting the response of rice to the phosphate fertilizers.

The rice plant responded markedly and significantly in terms of straw yield, phosphorus concentration of straw and total phosphorus uptake in straw to the rock phosphate fertilizers in both plantings. Highest responses were obtained with the Horth Carolina rock phosphate while lowest responses were obtained with the Missouri rock phosphate. Straw yield, phosphorus content of straw and total phosphorus uptake in straw show highly significant correlation with the "available" phosphorus content of the soil as determined by the Bray I and Olsen method. The Bray II and Truog methods also gave P-test values that show significant correlation with the responses of the rice plant but the correlations were not as pronounced as those obtained with the Bray I and Olsen methods. The correlation coefficients obtained with the four methods of phosphorus determination rank as follows — Bray I > Olsen > Bray II > Truog.

จำนวนปัจจัยต่าง ๆ ที่จำกัดหรือควบคุมการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวในประเทศไทยนั้น ปัญหาเกี่ยวกับระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน นับว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญยิ่ง ทั้งนี้ จะเห็นได้จากผลงานวิจัยหลายชิ้นของกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เช่น วีระกุล (2) และ Lusananda และผู้ร่วมงาน (5) ได้พบว่าดินนาส่วนใหญ่ของประเทศไทย

มีระดับความอุดมสมบูรณ์ที่ต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ธาตุอาหารทั้งสองชนิดนี้มีอยู่ในดินในระดับที่ไม่เพียงพอกับความต้องการของข้าวอยู่เสมอ และเป็นสาเหตุที่สำคัญประการหนึ่งที่ทำให้ผลผลิตต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ของข้าวของประเทศไทยอยู่ในระดับต่ำ ดังนั้น การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทั้งสองชนิดอย่างมีประสิทธิภาพ จึง

เป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มผลผลิตต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ของข้าวของประเทศไทยให้สูงขึ้นได้

ก่อนที่จะมีการแนะนำให้เกษตรกรใช้ปุ๋ย สิ่งที่จะต้องกระทำเป็นลำดับแรกก็คือ จะต้องมีการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ หรือระดับธาตุอาหารชนิดที่เราจะแนะนำให้ใช้เป็นปุ๋ยเสียก่อน ซึ่งวิธีหนึ่งที่เป็นที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายในการนี้ได้แก่การนำดินไปวิเคราะห์ทางเคมีสำหรับการประเมินระดับฟอสฟอรัสในดินโดยการวิเคราะห์ดินทางเคมีนั้น โดยปกตินิยมวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ (available phosphorus) ซึ่งมีวิธีการวิเคราะห์หลายวิธี และแตกต่างกันไปแล้วแต่ชนิดของน้ำยาสกัด สัดส่วนของดินต่อน้ำยาสกัด และระยะเวลาของการสกัด วิธีการต่าง ๆ สำหรับวิเคราะห์หาฟอสฟอรัสที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ในดิน โดยปกติมีคุณค่าและประสิทธิภาพที่ต่างกันในการประเมินระดับฟอสฟอรัสในดิน ทั้งนี้ ขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องมากมาย เช่น ชนิดของดิน สมบัติทางเคมีของดิน และสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ เป็นต้น แม้ว่าจะได้มีการศึกษาคุณค่าของวิธีการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสต่าง ๆ ในดินในการประเมินระดับฟอสฟอรัสที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ของดินค่อนข้างกว้างขวางก็ตาม สำหรับดินที่ใช้ปลูกข้าวนั้น ส่วนใหญ่อยู่ในสภาพขังน้ำในขณะที่ปลูกข้าว สภาพต่าง ๆ ของดินในขณะที่ปลูกข้าวจึงน่าจะแตกต่างไปจากสภาพของดินตอนเป็นอย่างมาก การที่จะนำเอาผลการศึกษาวิเคราะห์ฟอสฟอรัสต่าง ๆ สำหรับดินตอนไปใช้ประเมินระดับฟอสฟอรัสที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้สำหรับดินที่อยู่ในสภาพขังน้ำโดยตรงนั้น อาจไม่ให้ผลดีทุกกรณี จึงเป็นการสมควรที่จะมีการศึกษาคุณค่าของวิธีการต่าง ๆ สำหรับวิเคราะห์ฟอสฟอรัสในดินในการ

ประเมินระดับฟอสฟอรัสที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ในดินที่อยู่ในสภาพขังน้ำเสียก่อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการหาความสัมพันธ์ระหว่างผลของการวิเคราะห์หาฟอสฟอรัสที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ในดินกับการตอบสนองของข้าว

การศึกษาค้นคว้าวัตถุประสงค์สองประการ คือ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพและคุณค่าของปุ๋ยหินฟอสเฟตชนิดต่าง ๆ ในการเพิ่มการเจริญเติบโตและการดูดใช้ฟอสฟอรัสของข้าว และเพื่อประเมินคุณค่าของวิธีการต่าง ๆ ที่เป็นที่นิยมในการวิเคราะห์หาฟอสฟอรัสที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ในดินเมื่อนำมาใช้กับดินนาที่อยู่ในสภาพน้ำขัง โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลของการวิเคราะห์ของแต่ละวิธีการกับผลตอบสนองในด้านน้ำหนักต่อรวงแห้ง และการดูดใช้ฟอสฟอรัสของข้าวพันธุ์ ก.ข. 1 ที่ปลูกบนดินนาบางเขนต่อปุ๋ยหินฟอสเฟตชนิดต่าง ๆ

อุปกรณ์และวิธีการ

ได้ดำเนินการทดลองในกระถางในเรือนทดลองของภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยใช้ดินเหนียวบางเขน และข้าวพันธุ์ ก.ข. 1 ซึ่งเป็นพันธุ์ลูกผสมระหว่างพันธุ์เหลืองทองนาปรังกับพันธุ์ IR 8 การวิเคราะห์ดินก่อนการทดลองปรากฏผลว่า ดินมี pH 4.9 (น้ำ : ดิน = 1 : 1) อินทรีย์วัตถุ 1.75 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ฟอสฟอรัสที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ 4.46 ppm, พोटแอสเซียมที่อาจแลกเปลี่ยนได้ 408 ppm, ความจุในการแลกเปลี่ยนไอออนบวก 34.6 meq./ดิน 100 กรัม และเนื้อดินเป็นดินเหนียว ได้ใช้ผังการทดลอง

completely randomized มี 4 ซ้ำและมีชนิดและอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสเป็น treatment

ในการทดลองครั้งแรก มีตำรับปุ๋ยทั้งหมด 9 ตำรับ คือ ตำรับที่หนึ่งไม่ใส่ปุ๋ยใดเลย ตำรับที่สองใส่ปุ๋ยยูเรีย (46 %N) ในอัตรา 16 ก.ก. N/ไร่ และปุ๋ยพอแทสเซียมคลอไรด์ (60 % K₂O) ในอัตรา 16 ก.ก. K₂O/ไร่ ส่วนตำรับที่สามถึงเก้านี้ ใส่ปุ๋ยยูเรียและพอแทสเซียมคลอไรด์เช่นเดียวกันกับในตำรับที่สองร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตรา 16 ก.ก. P₂O₅ /ไร่ ในรูปของหินฟอสเฟตจากมลรัฐนอร์ทคาโรไลนา (PR-3), ภาคกลางของมลรัฐฟลอริดา (PR-2), ภาคเหนือของมลรัฐฟลอริดา (PR-4), มลรัฐเทนเนสซี (PR-5), มลรัฐไอดาโฮ (PR-1), มลรัฐมิสซูรี (PR-6),

และทริบเบิลซูเปอร์ฟอสเฟต ตามลำดับ ส่วนประกอบทางเคมีของปุ๋ยหินฟอสเฟตชนิดต่าง ๆ ได้จาก Tennessee Valley Authority (TVA) สหรัฐอเมริกา โดยผ่านทางกองวิทยาการ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ปรากฏในตารางที่ 1

ในการทดลองครั้งแรกนี้ได้ใช้ดินที่ผ่านการร่อนและผึ่งในร่มแล้วในจำนวนกระถางละ 10 กิโลกรัม สำหรับกระถางที่มีการใส่ปุ๋ยนั้น ได้ใส่ปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยพอแทสเซียมคลอไรด์ในรูปของสารละลาย แล้วคลุกดินกับปุ๋ยฟอสเฟต ต่อจากนั้น ได้เก็บตัวอย่างดินจากแต่ละกระถางไปวิเคราะห์หาฟอสฟอรัสที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ แล้วปล่อยให้ดินแต่ละกระถางอยู่ในสภาพขังน้ำ 1 วัน จึงปลูกข้าว สำหรับการวิเคราะห์หา

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบทางเคมีของปุ๋ยหินฟอสเฟตที่ใช้ในการทดลอง

Constituent	Composition, % by weight ^{a/}					
	N.C. (PR—3)	C.FLA. (PR—2)	N.FLA. (PR—4)	TENN. (PR—5)	IDA. (PR—1)	MO. (PR—6)
CaO	48.6	47.5	48.3	42.3	46.8	50.1
Total P ₂ O ₅	29.9	32.7	32.4	30.1	32.3	34.7
Citrate soluble P ₂ O ₅	7.8	5.3	6.6	4.5	3.7	0.5
Citrate soluble P ₂ O ₅ , % of total	26.1	16.2	20.4	14.9	11.5	1.4
F	3.5	3.6	3.7	3.2	3.2	3.4
CO ₂	5.4	3.3	4.0	1.4	2.4	2.8
Na ₂ O	0.99	0.66	0.68	0.40	0.96	0.27
K ₂ O	0.13	0.15	0.21	0.65	0.36	0.16
MgO	0.55	0.32	0.46	0.28	0.37	0.63
Al ₂ O ₃	0.46	1.20	0.75	1.40	1.10	0.34
Fe ₂ O ₃	0.68	1.45	0.75	1.20	0.40	2.60
SiO ₂	1.6	5.2	2.8	0.0	5.4	2.8
Total S	1.1	0.4	0.4	0.2	0.9	0.08
Sulfide—S	0.08	0.005	0.005	0.006	0.008	nil
Ign.loss (110 C)	11.1	6.8	0.8	5.3	6.9	2.6

^{a/} Samples were dried at 105 C to obtain compositions on a moisture-free basis; TiO₂ content estimated at about 5% (heavy mineral group), TVA unpublished data.

ฟอสฟอรัสที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ในดินนั้น ได้สกัดฟอสฟอรัสจากดินโดยวิธีการต่าง ๆ 4 วิธี คือ วิธี Bray I (3), วิธี Bray II (3), วิธี Truog (8), และวิธี Olsen (7) แล้วนำสารละลายที่สกัดได้ไปหาปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ตามวิธีของ Murphy และ Riley (6)

ในการทดลองครั้งที่สอง เป็นการศึกษาผลตกค้างของปุ๋ยหินฟอสเฟตที่ได้ใส่ให้แก่ดิน ในการทดลองครั้งแรก ได้ทำการทดลองนี้ต่อเนื่องกับการทดลองครั้งแรก โดยนำดินในกระถางไปฝังในที่ร่มจนแห้ง หลังจากการเก็บเกี่ยวในการทดลองครั้งแรกแล้ว นำดินมาร่อนเช่นเดียวกับในการทดลองครั้งแรก ต่อจากนั้นได้บรรจุดินกระถางละ 8 ก.ก. ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนกับปุ๋ยพอสเฟตเข้มข้นเช่นเดียวกับในการทดลองครั้งแรก และใส่ปุ๋ยฟอสเฟตเลยในกระถางที่เคยได้รับปุ๋ยหินฟอสเฟตในการทดลองครั้งแรก นอกจากนี้ ได้เพิ่มตำรับปุ๋ยอีกหนึ่งตำรับเป็นตำรับที่สิบ คือ ใส่ปุ๋ยทริบเปิลซูเปอร์ฟอสเฟตในอัตราเดียวกันกับในตำรับที่เก้า ในการทดลองครั้งแรกพร้อมกับปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยพอสเฟตเข้มข้นในอัตราเดียวกันกับการทดลองครั้งแรก ได้เก็บตัวอย่างดินจากแต่ละกระถางไปวิเคราะห์หาฟอสฟอรัสที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้โดยวิธีการต่าง ๆ และปลูกข้าวในแต่ละกระถางหลังจากที่ได้ขังน้ำในดินในกระถางแล้ว 1 วัน เช่นเดียวกันกับการทดลองครั้งแรกทุกประการ

ในการทดลองทั้งสองครั้ง ได้ใช้น้ำฝนขังจนท่วมดินในแต่ละกระถาง โดยให้ระดับน้ำอยู่เหนือผิวดินในกระถาง 5 ซม. ตลอดเวลานับตั้งแต่ปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวข้าว ได้วัดความสูงและนับจำนวนแขนง (tiller) ของต้นข้าวในแต่ละกระถางเมื่อครบ 30 วันนับจากวันปักดำ และเมื่อครบ 70 วันหลังจาก

วันปักดำ ซึ่งเป็นระยะที่ข้าวตั้งท้องเต็มที่ ได้วัดความสูงและนับจำนวนแขนงของต้นข้าวในแต่ละกระถางอีกครั้งหนึ่ง แล้วเก็บเกี่ยวโดยการตัดต้นข้าวในแต่ละกระถางตรงระดับผิวดิน เพื่อนำไปหาน้ำหนักต่อชั่งแห้ง และการดูดใช้ฟอสฟอรัส (ความเข้มข้นและน้ำหนักของฟอสฟอรัสทั้งหมดในต่อชั่ง) ในการหาการดูดใช้ฟอสฟอรัสนี้ได้ใช้วิธีการวิเคราะห์ของ Yoshida Forno และ Cock (9)

ได้ใช้วิธีวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ (analysis of variance) ในการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับผลตอบสนองในด้านน้ำหนักต่อชั่งแห้งและการดูดใช้ฟอสฟอรัสของข้าวต่อปุ๋ยหินฟอสเฟตทางสถิติและใช้วิธีวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (correlation analysis) ในการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ในดินที่วิเคราะห์ได้จากวิธีการต่าง ๆ กับน้ำหนักต่อชั่งแห้ง และการดูดใช้ฟอสฟอรัสของข้าว

ผลการทดลอง

อิทธิพลของปุ๋ยฟอสเฟตต่อการเจริญเติบโตและการดูดใช้ฟอสฟอรัสของข้าว

ผลการทดลองครั้งแรก ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2 จะเห็นว่า ข้าวแสดงผลตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญยังต่อการใส่ปุ๋ยฟอสเฟต กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตโดยทั่วไปมีผลทำให้การเจริญเติบโต (ความสูงในระยะ 30 วันหลังปักดำ การแตกกอในระยะ 30 และ 70 วันหลังปักดำ และน้ำหนักต่อชั่งแห้ง) และการดูดใช้ฟอสฟอรัสของข้าวเพิ่มขึ้นจากเมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ยฟอสเฟต แต่ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของปุ๋ยฟอสเฟตด้วย ปุ๋ยทริบเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (OM-471) และปุ๋ยหินฟอสเฟตจากมลรัฐนอร์ทคาโรไลนา (PR-3) จากภาคกลาง

ตารางที่ 2 อิทธิพลของปุ๋ยฟอสเฟตต่อความสูง จำนวนแขนง น้ำหนักตอซังแห้ง ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในตอซัง และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในตอซัง การทดลองครั้งแรก

ชนิดปุ๋ยฟอสเฟต	ความสูง	ช.ม.	จำนวนแขนง/กระถาง		น้ำหนักตอซัง	ความเข้มข้นของ	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด
	30 วัน ^{1/}	70 วัน	30 วัน	70 วัน	แห้ง กรัม/กระถาง	ฟอสฟอรัสในตอซัง % โดย น.น.	ในตอซัง มก./กระถาง
0—0—0 ^{2/}	60.65	90.48	7.00	11.75	19.18	.161	30.84
N—0—K	63.68 ^a	104.50 ^a	7.25 ^a	17.25 ^a	32.00 ^a	.122 ^a	39.50 ^a
N—(PR—3)—K	72.83 ^e	97.73 ^a	11.00 ^{de}	26.00 ^{be}	58.94 ^e	.184 ^d	102.48 ^e
N—(PR—2)—K	70.03 ^{bc}	105.88 ^a	9.50 ^{bed}	23.00 ^{bed}	49.65 ^d	.164 ^c	82.18 ^d
N—(PR—4)—K	71.13 ^c	103.50 ^a	10.25 ^{cd}	24.00 ^{cde}	47.29 ^{cd}	.160 ^c	75.53 ^{cd}
N—(PR—5)—K	62.73 ^a	100.75	6.75 ^a	16.75 ^a	35.17 ^{ab}	.128 ^a	45.35 ^{ab}
N—(PR—1)—K	65.40 ^{ab}	100.63 ^a	8.00 ^{ab}	21.50 ^{bc}	40.94 ^{bc}	.150 ^{bc}	62.09 ^{bc}
N—(PR—6)—K	63.05 ^a	102.13 ^a	8.25 ^{abc}	19.75 ^{ab}	39.23 ^{ab}	.134 ^{ab}	52.47 ^{ab}
N—(OM—471)—K	78.53 ^d	100.25 ^a	12.75 ^e	26.75 ^e	63.55 ^e	.204 ^e	129.62 ^f
F—Value	**	NS	**	**	**	**	**
CV (%)	5.17	4.85	14.81	10.39	11.30	9.31	16.11

^{1/} จำนวนวันหลังปักดำ

^{2/} Analysis of variance ไม่รวมดำรับปุ๋ยที่ 1

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์)

NS ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

หมายเหตุ อักษร a, b, c, d, e, f แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดย Duncan's new multiple range test ตัวเลขที่ควบด้วยอักษรเดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ตารางที่ 3 อิทธิพลของปุ๋ยฟอสเฟตต่อความสูง จำนวนแขนง น้ำหนักต่อชั่ง ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในต่อชั่งและปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในต่อชั่ง การทดลองครั้งที่สอง

ชนิดปุ๋ยฟอสเฟต	ความสูง	ช.ม.	จำนวนแขนง/กระถาง		น้ำหนักต่อชั่ง	ความเข้มข้นของ	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด
	30 วัน ^{1/}	70 วัน	30 วัน	70 วัน	แห้ง กรัม/กระถาง	ฟอสฟอรัสในต่อชั่ง % โดย น.น.	ในต่อชั่ง ม.ก./กระถาง
0—0—0 ^{2/}	49.00	88.88	3.00	8.00	9.53	.129	12.56
N—0—K	46.62 ^a	84.62 ^a	3.00 ^a	8.00 ^a	9.52 ^a	.119 ^a	11.46 ^a
N—(PR—3)—K	57.13 ^c	92.13 ^{abc}	4.00 ^a	13.00 ^a	18.99 ^c	.158 ^d	29.98 ^c
N—(PR—2)—K	55.38 ^c	95.00	3.25 ^a	11.75 ^{bc}	16.08 ^{bc}	.159 ^d	25.58 ^{bc}
N—(PR—4)—K	53.13 ^{bc}	98.88 ^c	3.25 ^a	11.75 ^{bc}	16.57 ^{bc}	.157 ^{cd}	26.15 ^c
N—(PR—5)—K	49.63 ^{ab}	90.62 ^{ab}	3.00 ^a	10.00 ^{abc}	12.53 ^{ab}	.133 ^b	16.46 ^a
N—(PR—1)—K	49.50 ^{ab}	92.50 ^{abc}	3.25 ^a	9.25 ^{ab}	12.57 ^{ab}	.144 ^{bc}	18.39 ^{ab}
N—(PR—6)—K	44.88 ^a	88.50 ^{ab}	3.00 ^a	9.00 ^{ab}	9.77 ^a	.138 ^b	13.61 ^a
N—(OM—471)—K (residual)	54.63 ^{bc}	91.75 ^{abc}	3.75 ^a	12.25 ^{bc}	15.50 ^{bc}	.155 ^{cd}	27.92 ^c
N—(OM—471)—K (New)	64.50 ^d	112.75 ^d	8.50 ^b	27.75 ^d	50.57 ^d	.245 ^e	124.18 ^d
F—Value	**	**	**	**	**	**	**
CV.(%)	86.63	5.29	7.14	17.09	15.28	5.69	15.49

1/ จำนวนวันหลังปักดำ

2/ Analysis of variance ไม่รวมดำรับปุ๋ยที่ 1

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์)

หมายเหตุ อักษร a, b, c, d, e แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดย Duncan's multiple range test ตัวเลขที่ควบด้วยอักษรเดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ตารางที่ 4 สมการ regression และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (linear correlation coefficient, r) ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ในดินที่วิเคราะห์ได้โดยวิธีการต่างๆ กับผลตอบสนองของข้าวต่อการใส่ปุ๋ยฟอสเฟต^{1/} การทดลองครั้งแรก

ปริมาณฟอสฟอรัสที่วิเคราะห์ ได้ในดิน (X) ppm	Y		
	น้ำหนักต่อซังแห้ง กรัม/กระถาง	ความเข้มข้นของฟอส ฟอรัสในดอซัง % โดย น.น.	ปริมาณฟอสฟอรัส ทั้งหมดในดอซัง มก./กระถาง
วิธี Bray I	$Y = 33.87 + 5.81X$ ($r = 0.70^{**}$)	$Y = 1.124 + 0.0153X$ ($r = 0.72^{**}$)	$Y = 38.17 + 17.59X$ ($r = 0.77^{**}$)
วิธี Bray II	$Y = 32.22 + 28.65X$ ($r = 0.57^{**}$)	$Y = 0.109 + 0.0037X$ ($r = 0.60^{**}$)	$Y = 28.40 + 3.69X$ ($r = 0.55^{**}$)
วิธี Truog	$Y = 36.13 + 0.94X$ ($r = 0.42^{**}$)	$Y = 0.129 + 0.0026X$ ($r = 0.46^{**}$)	$Y = 49.00 + 2.47X$ ($r = 0.40^*$)
วิธี Olsen	$Y = 32.65 + 3.66X$ ($r = 0.67^{**}$)	$Y = 0.12 + 0.0097X$ ($r = 0.70^{**}$)	$Y = 34.20 + 11.13X$ ($r = 0.74^{**}$)

1/ ไม่รวมค่ารับปุ๋ยที่ 1

* มีนัยสำคัญ

** มีนัยสำคัญยิ่ง

ตารางที่ 5 สมการ regression และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (linear regression coefficient, r) ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ในดินที่วิเคราะห์ได้โดยวิธีการต่าง ๆ กับผลตอบสนองของข้าวต่อการใส่ปุ๋ยฟอสเฟต^{1/} การทดลองครั้งที่สอง

ปริมาณของฟอสฟอรัสที่วิเคราะห์ได้ในดิน (X), ppm	Y		
	น้ำหนักต่อช่วงแห้ง กรัม/กระถาง	ความเข้มข้นของฟอสฟอรัส ในต่อช่วง, % โดย น.น.	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ในต่อช่วง, มก./กระถาง
วิธี Bray I	$Y = 2.26 + 12.51 X$ ($r = 0.97^{**}$)	$Y = 11.34 + 0.03 X$ ($r = 0.93^{**}$)	$Y = -10.67 + 34.56 X$ ($r = 0.98^{**}$)
วิธี Bray II	$Y = -2.54 + 3.24 X$ ($r = 0.64^{**}$)	$Y = 0.098 + 0.0093 X$ ($r = 0.64^{**}$)	$Y = -19.40 + 8.25 X$ ($r = 0.59^{**}$)
วิธี Truog	$Y = 8.10 + 2.80 X$ ($r = 0.46^{**}$)	$Y = 0.127 + 0.0053 X$ ($r = 0.48^{**}$)	$Y = 8.82 + 6.78 X$ ($r = 0.41^*$)
วิธี Olsen	$Y = -9.15 + 7.52 X$ ($r = 0.95^{**}$)	$Y = 0.081 + 0.0209 X$ ($r = 0.93^{**}$)	$Y = -40.99 + 20.45 X$ ($r = 0.94^{**}$)

1/ ไม่รวมดำรับปุ๋ยที่ 1

* มีนัยสำคัญ

** มีนัยสำคัญยิ่ง

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์หาฟอสฟอรัสที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ในดินโดยวิธีการต่างๆ (ค่าเฉลี่ยของ 4 ซ้ำ)

ชนิดปุ๋ยฟอสเฟต	การทดลองครั้งแรก, P (ppm)				การทดลองครั้งที่สอง, P (ppm)			
	Bray I	Bray II	Truog	Olsen	Bray I	Bray II	Truog	Olsen
0—0—0	1.14	4.46	1.92	2.73	0.62	2.68	0.71	2.26
N—0—K	1.13	4.32	1.92	2.76	0.61	2.62	0.71	2.24
N—(PR—3)—K	2.19	17.24	15.16	3.62	1.28	8.67	5.84	4.33
N—(PR—2)—K	1.54	14.66	13.94	2.81	0.90	7.36	4.70	3.36
N—(PR—4)—K	1.50	16.12	13.69	2.80	1.09	7.18	5.08	3.28
N—(PR—5)—K	1.53	11.35	10.26	2.50	0.83	7.11	3.75	2.94
N—(PR—1)—K	1.42	16.86	15.85	2.51	0.86	7.34	4.80	2.84
N—(PR—6)—K	1.58	5.68	2.62	2.83	0.66	3.02	1.07	2.52
N—(OM—471)—K ^{1/}	5.59	13.39	8.98	9.05	1.26	4.45	1.07	3.63
N—(OM—471)—K ^{2/}	—	—	—	—	3.80	9.78	5.36	7.50

1/ ใส่ในการทดลองครั้งแรก

2/ ใส่ในการทดลองครั้งที่สอง

ของมลรัฐฟลอริดา (PR-2) และจากภาคเหนือของมลรัฐฟลอริดา (PR-4) เป็นกลุ่มของปุ๋ยฟอสเฟตที่ข้าวแสดงผลตอบสนองที่สูง ส่วนปุ๋ยหินฟอสเฟตจากมลรัฐเทนเนสซี (PR-5) จากมลรัฐไอดาโฮ (PR-1) และจากมลรัฐมิสซูรี (PR-6) เป็นกลุ่มของปุ๋ยฟอสเฟตที่ข้าวแสดงผลตอบสนองในระดับปานกลางถึงระดับต่ำ

ปุ๋ยฟอสเฟตชนิดต่าง ๆ ที่ตกค้างอยู่ในดินจากการใส่ในการทดลองครั้งแรกมีผลทำให้ข้าวที่ปลูกในการทดลองครั้งที่สองแสดงผลตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ทั้งในด้านความสูง การแตกกอ น้ำหนักต่อช่้างแห้ง และการดูดใช้ฟอสฟอรัส เมื่อเปรียบเทียบกับผลตอบสนองในด้านเหล่านี้ที่ได้จากการไม่ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตเลย ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3 ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลต่อข้าวกับการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตชนิดต่าง ๆ และการไม่ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตเลยขึ้นอยู่กับชนิดของปุ๋ยฟอสเฟตเป็นสำคัญ และมีแนวโน้มที่คล้ายคลึงกับการทดลองครั้งแรก กล่าวคือ อาจแบ่งปุ๋ยฟอสเฟตออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ข้าวแสดงผลตอบสนองในระดับสูง คือ ปุ๋ย OM-471, PR-3, PR-2 และ PR-4 และกลุ่มที่ข้าวแสดงผลตอบสนองในระดับปานกลางถึงระดับต่ำ คือ ปุ๋ย PR-1, PR-5 และ PR-6 ซึ่งเหมือนกันกับผลที่ได้จากการทดลองครั้งแรก

สหสัมพันธ์ (correlation) ระหว่างผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสในดินกับการเจริญเติบโตและการดูดใช้ฟอสฟอรัสของข้าว

เมื่อนำน้ำหนักต่อช่้างแห้ง ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในต่อช่้าง (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) และปริมาณ

ฟอสฟอรัสทั้งหมดในต่อช่้างที่ได้จากการทดลองครั้งแรกไปหาสหสัมพันธ์กับผลการวิเคราะห์หาฟอสฟอรัสที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ในดิน โดยวิธีการต่าง ๆ ปรากฏผลว่าได้สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, r) ที่มีนัยสำคัญยิ่งทุกกรณี (ตารางที่ 4) วิธีการต่าง ๆ ของการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ในดิน ให้ค่าสหสัมพันธ์เรียงลำดับได้ดังนี้ วิธี Bray I > วิธี Olsen > วิธี Bray II > วิธี Truog และอาจแบ่งวิธีการฟอสฟอรัสที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ในดินออกเป็น 2 กลุ่ม ตามค่าของสหสัมพันธ์สหสัมพันธ์ คือ กลุ่มที่ให้สหสัมพันธ์สหสัมพันธ์ในระดับสูงและใกล้เคียงกัน ซึ่งประกอบด้วยวิธี Bray I และวิธี Olsen กับกลุ่มที่ให้สหสัมพันธ์สหสัมพันธ์ในระดับปานกลางถึงระดับต่ำ ซึ่งประกอบด้วยวิธี Bray II และวิธี Truog

สหสัมพันธ์ระหว่างผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ในดิน โดยวิธีการต่าง ๆ กับผลตอบสนองของข้าวต่อปุ๋ยฟอสเฟตชนิดต่าง ๆ ในการทดลองครั้งที่สอง ซึ่งเป็นผลตกค้างของปุ๋ยฟอสเฟตจากการใส่ในการทดลองครั้งแรก เหมือนกับในการทดลองครั้งแรก ดูตารางที่ 5 กล่าวคือ วิธีการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสทั้ง 4 วิธีให้สหสัมพันธ์สหสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญยิ่งทุกกรณี ยกเว้น กรณีของสหสัมพันธ์ระหว่างระดับฟอสฟอรัสที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ในดินที่วิเคราะห์ได้จากวิธี Truog กับปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในต่อช่้างซึ่งให้สหสัมพันธ์สหสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญ

วิจารณ์

ผลการทดลองต่อเนื่องกันสองครั้งอาจกล่าวได้ว่า ปุ๋ยฟอสเฟตชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการทดลองนี้ อาจแบ่งตามประสิทธิภาพและคุณค่าต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และการดูดใช้ฟอสฟอรัสของข้าวออกได้เป็น 2 กลุ่ม ดังที่ได้กล่าวแล้วในผลของการทดลองคือ กลุ่มที่ข้าวแสดงผลตอบสนองในระดับสูงกับกลุ่มที่ข้าวแสดงผลตอบสนองในระดับปานกลางถึงระดับต่ำ ปุ๋ยหินฟอสเฟตที่มีคุณค่าสูงที่สุดต่อข้าวคือปุ๋ยหินฟอสเฟตจากมลรัฐนอร์ทคาโรไลนา (PR-3) และ ปุ๋ยหินฟอสเฟตที่มีคุณค่าที่ต่ำที่สุดต่อข้าวคือปุ๋ยหินฟอสเฟตจากมลรัฐมิสซูรี (PR-6) ผลการทดลองนี้คล้ายคลึงกับผลการทดลองของพนิชศักดิ์พัฒนา (1) ซึ่งเป็นการทดลองที่ใช้ข้าวพันธุ์เดียวกันปลูกทดลองบนดินชนิดเดียวกัน และใช้ปุ๋ยฟอสเฟตชนิดที่คล้ายกันกับในการทดลองนี้ พนิชศักดิ์พัฒนาได้รายงานไว้ว่า ความแตกต่างระหว่างปุ๋ยฟอสเฟตชนิดต่างๆ ในด้านประสิทธิภาพและคุณค่าต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และการดูดใช้ฟอสฟอรัสของข้าว อาจเนื่องมาจากความแตกต่างกันในด้านเปอร์เซ็นต์การละลายได้ของปุ๋ยในสารละลายซิเตรต (citrate soluble percentage) กล่าวคือ ปุ๋ยฟอสเฟตที่มีเปอร์เซ็นต์การละลายได้สูงในสารละลายซิเตรตเป็นปุ๋ยที่มีคุณค่าที่สูงต่อข้าว และปุ๋ยฟอสเฟตที่มีเปอร์เซ็นต์การละลายได้ต่ำในสารละลายซิเตรตเป็นปุ๋ยที่มีคุณค่าต่ำต่อข้าว

วิธีการต่างๆ ของการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสในดินที่ได้ศึกษาในการทดลองนี้ให้ปริมาณฟอสฟอรัสต่างกัน กล่าวคือ วิธี Bray I และวิธี Olsen ให้ปริมาณฟอสฟอรัสน้อยกว่า วิธี Bray II และวิธี Truog หลายเท่าตัวโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการทดลองครั้งแรก

ดังปรากฏในตารางที่ 6 ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะว่าน้ำยาสกัดของวิธี Bray II และวิธี Truog มีฤทธิ์เป็นกรดมากกว่าน้ำยาสกัดของวิธี Bray I และวิธี Olsen วิธี Bray II และวิธี Truog จึงอาจสกัดฟอสฟอรัสจากดินได้มากเกินไประดับที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้จริง สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่ได้จากวิธีทั้งสองนี้กับผลตอบสนองของข้าวจึงต่ำ ผลการทดลองนี้คล้ายคลึงกับผลงานวิจัยของนักวิจัยหลายท่าน เช่น Chang (4) ได้สรุปผลการทดลองหาสหสัมพันธ์ระหว่างผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ในดินโดยวิธีการต่างๆ กับผลตอบสนองของข้าวต่อปุ๋ยฟอสเฟตในประเทศอินเดียและได้ฟันธงไว้ว่า วิธี Bray II และวิธี Truog ให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ต่ำกว่าวิธี Bray I และวิธี Olsen

เอกสารอ้างอิง

1. พนิชศักดิ์พัฒนา, ศุภมาส พ.ศ. 2514. อิทธิพลของชนิดและอัตราต่าง ๆ ของปุ๋ยหินฟอสเฟตที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. วีระกุล, นิลประไพ. พ.ศ. 2509. การทดลองเบื้องต้นเกี่ยวกับสถานะความอุดมสมบูรณ์ของดินนาในภาคต่างๆ ของประเทศไทย. กรมการข้าว กระทรวงเกษตร รายงานผลการวิจัยประจำปี 2509. หน้า 90-96.
3. BRAY, R.H. and L. T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soils. Soil Sci. 59 : 39-45.

- 4 CHANG, S.C. 1964. Phosphorus and potassium tests of rice soils. Symp. Mineral Nutrition Rice Plant. 373-381.
- 5 LUSANANDA, B., A. Komes and S. Suwanwaong. 1963. Simple fertilizer trials on rice in cultivators' fields in Thailand. IRC Newsletter 12 : 13-23.
- 6 Murphy, J. and J. P. Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chem. Acta 27 : 31-36.
- 7 OLSEN, S.R., C.V. Cole, F.S. Watanabe and L.A. Dean. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. U.S. Dept. Agr. Circ. 939.
- 8 TRUOG, E. 1930. The determination of the readily available phosphorus of soils, J. Amer. Soc. Agron. 22 : 874-882.
- 9 YOSHIDA, S., D.A. Forno and J.H. Cock. 1971. Laboratory manual for physiological studies of rice. Rice Res. Inst. Los Banos, Philippines. 60 p.