

## การประเมินผลการทดสอบฟอสฟอรัสในดินกรดเขตร้อนบางชนิด ในภาคใต้ของประเทศไทย

วรรณ เลี้ยววาริณ<sup>1</sup> สมศักดิ์ มณีพงษ์<sup>2</sup> และ ชัยรัตน์ นิลนนท์<sup>3</sup>

### Abstract

Leowarin, W.<sup>1</sup>, Maneepong, S.<sup>2</sup> and Nilnond, C.<sup>1</sup>

### An assessment of phosphorus soil tests for some tropical acid soils in Southern Thailand

Songklanakar J. Sci. Technol., 2005, 27(2) : 239-256

Phosphorus deficiency is a major problem for tropical acid soils in southern Thailand, thus P fertilizer and lime are usually applied to soils to improve crop yield. The objective of this study was to assess 4 different P soil tests (Bray 1, Bray 2, Double acid and Mehlich 3) for predicting P status of some tropical acid soils in southern Thailand. Pot experiment was conducted in five acid soils [Bangnara (Ba): Clayey, kaolinitic, Typic Paleaquults; Ao Luk (Ak): Clayey, kaolinitic, Rodic Paleudults; Na Thon (Nt): Clayey, mixed, Typic Tropudults; Phuket (Pk): Clayey, kaolinitic, Typic Paleudults; Kohong (Kh): Coarse-loamy, siliceous, Typic Paleudults] which have different parent materials using completely randomized design with 3 replications. The treatments included 7 different P application rates of limed and unlimed soils. Corn was grown for 4 weeks, then dry matter weight, P content in corn, P uptake by corn and soil test P were determined. Highly significant linear correlations among soil P tested by Bray 1, Bray 2, Double acid and Mehlich 3 were found in most soils ( $r = 0.909^{**}$  -  $0.998^{**}$ ), but in Ba soil the correlation between soil P tested by Double acid and other methods was relatively low ( $r = 0.723^{**}$  -  $0.745^{**}$ ). Soil P tested by Bray 1, Bray 2 and

<sup>1</sup>Department of Earth Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla, 90112 Thailand. <sup>2</sup>Institute of Agricultural Technology, Walailuk University, Nakhon Si Thammarat, 80160 Thailand.

<sup>1</sup>นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรดิน <sup>1</sup>Ph.D.(Soil Science), รองศาสตราจารย์, ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90112 <sup>2</sup>D.Agr.(Agricultural Chemistry), ผู้ช่วยศาสตราจารย์, สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช 80160

Corresponding e-mail: chairat.n@psu.ac.th

รับต้นฉบับ 12 พฤษภาคม 2547      รับลงพิมพ์ 18 สิงหาคม 2547

Mehlich 3 were significantly correlated with P application rate ( $R^2 = 0.802^{**} - 0.975^{**}$ ), P content in corn ( $R^2 = 0.797^{**} - 0.944^{**}$ ) and P uptake by corn ( $R^2 = 0.671^{**} - 0.909^{**}$ ) in all soils. However, the relationships between soil P tested by Double acid and P content in corn or P uptake by corn were quite low in limed treatments of Ba, Ak, Ntn and Pk soils. These results indicate that Double acid method was not appropriate for tropical acid limed soils. Bray 1 and Mehlich 3 could be used for predicting P availability as well as Bray 2 for tropical acid soils in southern Thailand which are limed or unlimed with P fertilizer applications. Therefore, it is suggested that Bray 1 and Mehlich 3 are very promising options for predicting P status of tropical acid soils in southern Thailand due to the 4 times reduction of HCl used for Bray 1 compared with Bray 2, whereas Mehlich 3 can be used for multi-element analysis.

**Key words :** phosphorus soil test, tropical acid soil, P uptake, lime, corn

### บทคัดย่อ

วรรณภา เลี้ยววาริณ สมศักดิ์ มณีพงศ์ และ ชัยรัตน์ นิลนนท์

การประเมินผลการทดสอบฟอสฟอรัสในดินกรดเขตร้อนบางชนิดในภาคใต้ของประเทศไทย

ว. สงขลานครินทร์ วทท. 2548 27(2) : 239-256

การขาดฟอสฟอรัสเป็นปัญหาหลักของดินกรดเขตร้อนในภาคใต้ของประเทศไทย จึงมีการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสและการเติมปูนลงในดินเพื่อเพิ่มผลผลิตของพืช การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลการทดสอบฟอสฟอรัสในดิน 4 วิธี ได้แก่ Bray 1 Bray 2 Double acid และ Mehlich 3 เพื่อหาวิธีที่เหมาะสมในการประเมินระดับฟอสฟอรัสสำหรับดินกรดเขตร้อนในภาคใต้ของประเทศไทย โดยทำการทดลองในเรือนทดลองกับดินกรด 5 ชุดดิน [บางนรา (Ba): Clayey, kaolinitic, Typic Paleaquults; อ่าวลึก (Ak): Clayey, kaolinitic, Rodic Paleudults; นาทอน (Ntn): Clayey, mixed, Typic Tropudults; ภูเก็ต (Pk): Clayey, kaolinitic, Typic Paleudults; คอหงส์ (Kh): Coarse-loamy, siliceous, Typic Paleudults] ซึ่งมีวัตถุต้นกำเนิดที่แตกต่างกัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด ทำ 3 ซ้ำ ประกอบด้วยทริตเมนต์ที่มีการให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราแตกต่างกัน 7 อัตราทั้งในดินที่เติมปูนและไม่เติมปูน หลังปลูกข้าวโพด 4 สัปดาห์ทำการหาน้ำหนักแห้งของข้าวโพด ปริมาณฟอสฟอรัสในข้าวโพด ปริมาณฟอสฟอรัสที่ข้าวโพดดูดไปใช้ปริมาณฟอสฟอรัสในดิน ผลการศึกษาพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสในดินที่ทดสอบด้วยวิธี Bray 1 Bray 2 Double acid และ Mehlich 3 มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นกันอย่างสูง ( $r = 0.909^{**} - 0.998^{**}$ ) ในเกือบทุกชุดดิน ยกเว้นชุดดินบางนราที่มีการเติมปูนซึ่งปริมาณฟอสฟอรัสในดินที่ทดสอบด้วยวิธี Double acid มีความสัมพันธ์กับวิธีทดสอบอื่นๆ ค่อนข้างต่ำ ( $r = 0.723^{**} - 0.745^{**}$ ) นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่ทดสอบด้วยวิธี Bray 1 Bray 2 และ Mehlich 3 มีความสัมพันธ์กับฟอสฟอรัสที่เติมลงไป (  $R^2 = 0.802^{**} - 0.975^{**}$  ) ฟอสฟอรัสที่วิเคราะห์ได้ในข้าวโพด ( $R^2 = 0.797^{**} - 0.944^{**}$  ) และปริมาณฟอสฟอรัสที่ข้าวโพดดูดไปใช้ ( $R^2 = 0.671^{**} - 0.909^{**}$  ) ในทุกชุดดิน ขณะที่ปริมาณฟอสฟอรัสในดินที่ทดสอบด้วยวิธี Double acid มีความสัมพันธ์กับฟอสฟอรัสที่วิเคราะห์ได้ในข้าวโพดและฟอสฟอรัสที่ข้าวโพดดูดไปใช้น้อยกว่าวิธีทดสอบอื่นๆ ในชุดดินบางนรา อ่าวลึก นาทอนและภูเก็ตที่มีการเติมปูน จากการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการทดสอบฟอสฟอรัสในดินด้วยวิธี Double acid ไม่เหมาะสมสำหรับดินกรดเขตร้อนที่มีการเติมปูนและการทดสอบฟอสฟอรัสในดินด้วยวิธี Bray 1 และ Mehlich 3 สามารถใช้ในการประเมินระดับความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินได้ดีเช่นเดียวกับวิธี Bray 2 ในดินกรดเขตร้อนในภาคใต้ของประเทศไทยทั้งที่มีและไม่มีการเติมปูนและให้ปุ๋ยฟอสฟอรัส ดังนั้นการทดสอบฟอสฟอรัสด้วยวิธี Bray 1 และ Mehlich 3 จึงเป็นทางเลือกที่ควรนำมาใช้สำหรับดินกรดเขตร้อนในภาคใต้ของประเทศไทยเนื่องจากการทดสอบฟอสฟอรัสด้วยวิธี Bray 1 จะช่วยลดการใช้กรดไฮโดรคลอริกถึง 4 เท่าเมื่อเทียบกับวิธี Bray 2 ส่วนวิธี Mehlich 3 สามารถใช้ในการทดสอบธาตุอาหารในดินได้หลายธาตุ

ปัญหาที่พบโดยทั่วไปสำหรับดินกรดเขตร้อน ได้แก่ ความเป็นกรดของดิน ความเป็นพิษของอะลูมิเนียม และแมงกานีส รวมทั้งการขาดธาตุฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม และโมลิบดีนัม เป็นต้น (Blamey and Edwards, 1988) จากการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินในภาคใต้ของประเทศไทยโดย Nilnond และคณะ (1986) พบว่าดินค่อนข้างเป็นกรดจนถึงเป็นกรดจัด (pH 3.7-6.1) และขาดฟอสฟอรัสในระดับปานกลางจนถึงระดับรุนแรง การขาดฟอสฟอรัสในดินกรดเขตร้อนเกิดจากการตรึงฟอสฟอรัสในดิน (Fageria, 1991) อันเนื่องมาจากการดูดซับฟอสฟอรัสโดย hydrous oxide ของ Fe และ Al รวมทั้งดินเหนียวชนิด 1:1 (Haynes, 1984; Sanyal and De Datta, 1991 อ้างโดย Sanyal *et al.*, 1993) Fernandes และ Coutinho (1999) รายงานว่าความเป็นกรดของดินเป็นปัจจัยหลักในการจำกัดผลผลิตในรูปน้ำหนักแห้งของพืช ซึ่งเป็นผลมาจากในดินมีอะลูมิเนียมสูงหรือการขาดฟอสฟอรัสในดิน เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Hillard และคณะ (1992) พบว่าผลผลิตข้าวไรน์มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าความเป็นกรดต่างของดิน (pH) และปริมาณฟอสฟอรัสในดิน งานวิจัยของ Saleque และคณะ (1998) พบว่าการขาดฟอสฟอรัสในดินทำให้ผลผลิตเมล็ดข้าวทุกสายพันธุ์ที่ทดสอบลดลงอย่างมาก โดยในแปลงที่ดินขาดฟอสฟอรัส ข้าวให้ผลผลิตน้อยกว่า 1 ตันต่อเฮกตาร์ ขณะที่แปลงที่ดินมีฟอสฟอรัสเพียงพอข้าวให้ผลผลิตมากกว่า 4 ตันต่อเฮกตาร์ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Saharawat และ Sika (2003) พบว่าการให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสทำให้ผลผลิตเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เนื่องจากธาตุฟอสฟอรัสเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการจำกัดการเจริญเติบโตของพืชในดินกรดดังที่กล่าวมาแล้ว การทดสอบหาปริมาณฟอสฟอรัสในดินกรดเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ปัจจุบันวิธีการทดสอบฟอสฟอรัสในดินมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี แต่ละวิธีมีความเหมาะสมกับดินเฉพาะกลุ่ม (Choudhury, 1986) สำหรับประเทศไทยซึ่งมีลักษณะดินที่แตกต่างกันไปในแต่ละภูมิภาคของประเทศ แต่วิธีการทดสอบธาตุอาหารในดินส่วนใหญ่ใช้วิธีเดียวกัน ซึ่งการทดสอบปริมาณฟอสฟอรัสที่นิยมใช้คือวิธี Bray 2 แต่มีรายงานว่าฟอสฟอรัสที่สกัดด้วยวิธี Bray 2 จะถูกดูดกลับสู่ดินในระหว่างการกรองทำให้ความ

เข้มข้นของฟอสฟอรัสที่วัดได้ในสารสกัด Bray 2 ต่ำกว่าค่าจริงในดินที่มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับฟอสฟอรัสสูงซึ่งเป็นผลมาจากค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับฟอสฟอรัสของดิน สารประกอบอะลูมิเนียมฟอสเฟต เหล็กฟอสเฟต และแคลเซียมฟอสเฟตในดิน (Takahashi, 1999) ความจุในการดูดซับฟอสฟอรัสของดินมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณอะลูมิเนียมออกไซด์ในดิน (Kuo, 1990) ซึ่งพบมากในดินกรดเขตร้อนและดินที่มีการชะล้างพังทลายสูง (Guo and Yost, 1999) เช่น ดินในอันดับอูลติโซลล์ ซึ่งกระจายอยู่มากในภาคใต้ของประเทศไทย ประมาณ 51.9% ของพื้นที่ (เอิบ, 2533)

ดังนั้นการประเมินผลการทดสอบปริมาณฟอสฟอรัสในดินเพื่อให้ได้วิธีการที่เหมาะสมสำหรับดินกรดเขตร้อนในภาคใต้ของประเทศไทย จึงเป็นข้อมูลที่สำคัญเพื่อการประเมินความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินต่อการเจริญเติบโตของพืช อันนำไปสู่การจัดการดินกรดและการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในดินกรดอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลการทดสอบฟอสฟอรัสในดิน 4 วิธี ได้แก่ Bray 1 Bray 2 Double acid และ Mehlich 3 เพื่อหาวิธีที่เหมาะสมในการประเมินระดับฟอสฟอรัสสำหรับดินกรดเขตร้อนในภาคใต้ของประเทศไทยทั้งที่มีและไม่มีการเติมปูนและการให้ปุ๋ยฟอสฟอรัส

## วัสดุและวิธีการ

### 1. ตัวอย่างดิน

ดินที่ใช้ในการทดลองเป็นดินในอันดับอูลติโซลล์ มีการกระจายอยู่เป็นพื้นที่กว้างในภาคใต้ของประเทศไทย โดยมีพื้นที่ 36,343.08 ตร.กม. (เอิบ, 2533) และมีการใช้ประโยชน์ทางการเกษตรมากจำนวน 5 ชุดดินคือ บางนรา (Ba) อ่าวลึก (Ak) นาทอน (Ntn) ภูเก็ต (Pk) และคองหงส์ (Kh) ซึ่งเป็นตัวแทนของดินกรดที่เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินที่แตกต่างกัน (Table 1) โดยทำการเก็บตัวอย่างดินที่ความลึก 0-15 ซม.

### 2. การวิเคราะห์สมบัติพื้นฐานของดิน

วิเคราะห์สมบัติทางเคมีและฟิสิกส์บางประการของดิน (ที่ผ่านการร่อนด้วยตะแกรงขนาด 2 มม.) ได้แก่ ค่า

**Table 1. Soil classification and their parent materials.**

Soil Series	Classification	Parent material
Bangnara (Ba)	Clayey, kaolinitic, Typic Paleaquults	Alluvial Soil
Ao Luk (Ak)	Clayey, kaolinitic, Rhodic Paleudults	Limestone
Na Thon (Ntn)	Clayey, mixed, Typic Tropudults	Shale
Phuket (Pk)	Clayey, kaolinitic, Typic Paleudults	Granite
Kohong (Kh)	Coarse-loamy, siliceous, Typic Paleudults	Sandstone

ความเป็นกรด-ด่าง (1:5 น้ำ) อินทรีย์วัตถุ (Walkley & Black; สมศักดิ์, 2537) ไนโตรเจนทั้งหมด (Kjeldahl; Bremner and Mulvaney, 1982) ฟอสฟอรัสทั้งหมด (HClO<sub>4</sub> digestion & vanadomolydate; สมศักดิ์, 2537 และ Olsen and Sommers, 1982) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Bray 2; Hamazaki and Paningbatan, 1988) โปแตสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (NH<sub>4</sub>OAc, pH 7; สมศักดิ์, 2527) เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี (DTPA; Olson and Ellis, 1982) ความเป็นกรดและอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ (1 N KCl; Thomas, 1982) อนุภาคดินและเนื้อดิน (Hydrometer;

คณาจารย์ภาควิชาธรณีศาสตร์, 2539)

ผลการวิเคราะห์ (Table 2) พบว่า ดินเป็นกรดปานกลางถึงกรดจัดมาก (pH ตั้งแต่ 3.90 ถึง 5.34) มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดตั้งแต่ 41 ถึง 299 มก./กก. เนื้อดินเป็นดินเหนียวถึงดินร่วนปนทราย โดยมีอนุภาคดินเหนียวตั้งแต่ 15.74 ถึง 67.59%

ชุดดินอ่าวลึกเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงสุด โดยมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด โปแตสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม แมงกานีส และสังกะสีสูงสุดเมื่อเทียบกับตัวอย่างดินอื่นๆ ขณะที่ชุดดินบางนราและนาทอนมีค่าความเป็นกรดและอะลูมิเนียมที่

**Table 2. Chemical and physical properties of study soils.**

Properties	Units	Soil Series				
		Ba	Ak	Ntn	Pk	Kh
pH (1:5 H <sub>2</sub> O)		3.90	5.34	4.19	4.96	4.26
Organic Matter	%	2.23	5.31	1.01	1.30	0.75
Total N	%	0.14	0.27	0.08	0.06	0.05
Total P	mg. kg <sup>-1</sup>	299	704	178	66	41
Avail.P	mg. kg <sup>-1</sup>	3.37	2.47	2.17	2.81	5.91
Exch. K	cmol(+). kg <sup>-1</sup>	0.29	1.27	0.24	0.18	0.12
Exch. Ca	cmol(+). kg <sup>-1</sup>	1.17	3.84	0.08	0.09	0.08
Exch. Mg	cmol(+). kg <sup>-1</sup>	0.27	1.58	0.08	0.05	0.01
Fe	mg. kg <sup>-1</sup>	91	51	75	77	87
Mn	mg. kg <sup>-1</sup>	4.03	25.68	5.79	9.14	.29
Cu	mg. kg <sup>-1</sup>	1.20	0.11	1.01	0.06	0.11
Zn	mg. kg <sup>-1</sup>	0.31	1.13	0.31	0.11	0.08
Exch. Acidity	cmol(+). kg <sup>-1</sup>	7.78	0.32	5.25	0.95	1.49
Exch. Al	cmol(+). kg <sup>-1</sup>	7.20	0.23	4.96	0.89	1.33
Clay	%	51.08	67.59	28.32	15.74	16.54
Silt	%	19.70	5.09	32.97	7.86	11.54
Sand	%	29.22	27.32	40.51	76.40	71.92
Texture		Clay	Clay	Clay loam	Sandy loam	Sandy loam

แลกเปลี่ยนได้สูงโดยมีค่าความเป็นกรดที่แลกเปลี่ยนได้เท่ากับ 7.78 และ 5.25 cmol(+) kg<sup>-1</sup> มีค่าอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้เท่ากับ 7.20 และ 4.96 cmol(+) kg<sup>-1</sup> ตามลำดับ

### 3. การวิเคราะห์ค่าความจุในการดูดซับฟอสฟอรัส

วิเคราะห์หาความจุในการดูดซับฟอสฟอรัสในดินโดยแช่ดิน 25 กรัม ใน 2.5% (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 50 มล. เขย่าเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยง แล้ววิเคราะห์หาความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในสารละลายด้วยวิธี molybdate ascorbic acid (Kato and Owa, 1989) พบว่าชุดดินบางนามีค่าความจุในการดูดซับฟอสฟอรัสสูงสุดคือ 2,554 มก./กก. รองลงมาคือชุดดินอ่าวลึก นาทอง ภูเก็ต และคอหงส์ ซึ่งมีค่าความจุในการดูดซับฟอสฟอรัสเท่ากับ 1,682 754 208 และ 39 มก./กก. ตามลำดับ

### 4. การปลูกพืชทดลองในเรือนกระจก

ทดลองปลูกข้าวโพดในเรือนกระจกโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design) ชุดดินละ 15 ไร่ตื้นเมนต์ ทำ 3 ซ้ำ ประกอบด้วยไร่ตื้นเมนต์ควบคุม (control) ไร่ตื้นเมนต์ที่มีการเติมปุ๋ยและให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตรา 0, 50, 100, 200, 400, 600 และ 800 กก./เฮกตาร์ จำนวน 7 ไร่ตื้นเมนต์ และไร่ตื้นเมนต์ที่ไม่เติม

ปุ๋ยและให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตรา 0, 50, 100, 200, 400, 600 และ 800 กก./เฮกตาร์ จำนวน 7 ไร่ตื้นเมนต์ โดยชั้นดินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 ซม. แล้วใส่กระถางๆ ละ 4 กิโลกรัม ทำการเติมปุ๋ยในรูปของ Ca(OH)<sub>2</sub> เพื่อยกระดับ pH ของดินให้เท่ากับ 6 คลุกเคล้าให้เข้ากันบ่มไว้ 3 สัปดาห์ (เฉพาะไร่ตื้นเมนต์ที่มีการเติมปุ๋ย) ใส่ธาตุอาหาร (Table 3) เพื่อปรับระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน (ยกเว้นไร่ตื้นเมนต์ควบคุม) จากนั้นใส่ธาตุฟอสฟอรัสในรูปของ NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O ลงในแต่ละไร่ตื้นเมนต์ที่มีการให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราที่ได้กล่าวแล้วข้างต้น หลังจากเติมธาตุอาหารแล้วทิ้งไว้ 1 สัปดาห์ทำการปลูกข้าวโพดกระถางละ 6 เมล็ด หลังจากเมล็ดงอกถอนออกให้เหลือกระถางละ 3 ต้น

หลังจากปลูกข้าวโพด 4 สัปดาห์ ทำการตัดต้นข้าวโพดระดับผิวดิน นำไปทำความสะอาดด้วยน้ำไร้ไอออนและอบที่อุณหภูมิ 65°C จนน้ำหนักคงที่ จากนั้นชั่งน้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพด

### 5. การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสในพืช

นำตัวอย่างข้าวโพดแห้งมาบด แล้วทำการวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสโดยใช้วิธีย่อยด้วยกรด HNO<sub>3</sub>/HClO<sub>4</sub> (Owczkin and Kerven, 1980) แล้ววัดหาความเข้มข้นด้วยวิธี molybdovanado-phosphate (อิสริยาภรณ์, 2539)

Table 3. Forms and rates of nutrients used for soil fertility improvement.

Nutrient/Lime	Form	Rate (kg nutrient.hectare <sup>-1</sup> )
N*	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	200
K	KCl	200
S	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	40
Ca**	CaCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O	***
Mg	MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	30
Zn	ZnCl <sub>2</sub>	6
Cu	CuCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O	4
Lime	Ca(OH) <sub>2</sub>	to raise soil pH to 6.0

\* applied another 200 kg.hectare<sup>-1</sup> at 15 days after germination  
\*\* applied only to unlimed treatments  
\*\*\* the same rate as Ca applied in limed treatments

Table 4. Description of P soil tests.

Soil test	Extractant	Soil : solution	Shaking period	P determination	Reference
Bray 1	(0.025 N HCl + 0.03 N NH <sub>4</sub> F)	1 : 7	1 min	molybdate ascorbic acid	Olsen and Sommer, 1982
Bray 2	(0.1 N HCl + 0.03 N NH <sub>4</sub> F)	1 : 7	1 min	molybdate ascorbic acid	Hamazaki and Paningbatan, 1988
Double acid	0.05 N HCl + 0.025 N H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1 : 4	5 min	vanadomolyb-date	Olsen and Sommer, 1982
Mehlich 3	(0.2 N CH <sub>3</sub> COOH + 0.25 N NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> + 0.15 N NH <sub>4</sub> F + 0.013 N HNO <sub>3</sub> + 0.001 M EDTA)	1 : 10	3 min	molybdate ascorbic acid	Mehlich, 1984

นำค่าปริมาณฟอสฟอรัสที่วิเคราะห์ได้ (%P) ไปคำนวณหาปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชดูดไปใช้ (P uptake)

$$P \text{ uptake} = \frac{\%P \times \text{dry matter weight (g)}}{100} \times 100$$

## 6. การทดสอบฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน

หลังจากเก็บต้นข้าวโพดแล้วทำการเก็บตัวอย่างดินในแต่ละกระถางประมาณ 500 กรัม นำไปผึ่งลมให้แห้งบดด้วยโกร่งบดดิน แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มม. จากนั้นวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินด้วยวิธีการทดสอบ 4 วิธี ได้แก่ Bray 1 Bray 2 Double acid และ Mehlich 3 (Table 4)

### ผลการทดลอง

#### 1. การให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสกับการเจริญเติบโตของข้าวโพด

การให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสทำให้ข้าวโพดมีการเจริญเติบโตดีขึ้นทั้งในทริตเมนต์ที่มีการเติมปุ๋ยและไม่เติมปุ๋ยในทุกชุดดิน แต่เมื่อให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราสูงคือ 400 กก./เฮกตาร์ขึ้นไปในชุดดินภูเก็ต และ 600 กก./เฮกตาร์ขึ้นไปในชุดดินคองหงส์ พบว่าน้ำหนักแห้งของข้าวโพดต่ำลงมากและไม่สามารถเจริญเติบโตได้โดยเฉพาะในทริตเมนต์ที่ไม่เติมปุ๋ย (Table 5) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างทริตเมนต์ที่มีการเติมปุ๋ยและไม่เติมปุ๋ย พบว่าน้ำหนักแห้งของข้าวโพดใน

ทริตเมนต์ที่มีการเติมปุ๋ยสูงกว่าทริตเมนต์ที่ไม่เติมปุ๋ยในทุกชุดดินโดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ในชุดดินบางนรา นาทอน และคองหงส์ และที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ในชุดดินอ่าวลึกและภูเก็ต

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในดินกับน้ำหนักแห้งของข้าวโพด พบว่าอัตราการให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในดินกับน้ำหนักแห้งของข้าวโพดในทริตเมนต์ที่มีการเติมปุ๋ยมีความสัมพันธ์กันค่อนข้างน้อยในชุดดินอ่าวลึก ( $R^2 = 0.542^{**}$ ) นาทอน ( $R^2 = 0.429^{**}$ ) ภูเก็ต ( $R^2 = 0.423^*$ ) และคองหงส์ ( $R^2 = 0.471^*$ ) และไม่สัมพันธ์กันในชุดดินบางนรา ขณะที่อัตราการให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในดินกับน้ำหนักแห้งของข้าวโพดสัมพันธ์กันค่อนข้างน้อยในทริตเมนต์ที่ไม่เติมปุ๋ยของชุดดินบางนรา ( $R^2 = 0.631^{**}$ ) อ่าวลึก ( $R^2 = 0.701^{**}$ ) ภูเก็ต ( $R^2 = 0.518^{**}$ ) และคองหงส์ ( $R^2 = 0.506^{**}$ ) และความสัมพันธ์น้อยมากในชุดดินนาทอน ( $R^2 = 0.398^*$ )

#### 2. การให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสกับฟอสฟอรัสในข้าวโพดและฟอสฟอรัสที่ข้าวโพดดูดไปใช้

ปริมาณฟอสฟอรัสในข้าวโพดที่วิเคราะห์ได้มีความสัมพันธ์อย่างสูง ( $y = a + bx + cx^2$ ) กับฟอสฟอรัสที่เติมลงในดินในทุกชุดดินทั้งในทริตเมนต์ที่มีการเติมปุ๋ย ( $R^2 = 0.882^{**} - 0.944^{**}$ ) และไม่เติมปุ๋ย ( $R^2 = 0.766^{**} - 0.954^{**}$ ) ทำนองเดียวกันปริมาณฟอสฟอรัสที่ข้าวโพดดูดไปใช้มีความสัมพันธ์กับฟอสฟอรัสที่เติมลงในดินอย่างมีนัย

**Table 5. Mean of dry matter weight (g pot<sup>-1</sup>) of corn at different rates of phosphorus in limed and unlimed treatments of each soil.**

Soil Series		Rate of Phosphorus (kg hectare <sup>-1</sup> )						
		0	50	100	200	400	600	800
Ba	unLime	1.059	3.430	5.289	4.980	6.721	7.210	5.732
	Lime	1.520	8.485	9.184	8.886	7.017	8.313	9.451
	Control	1.282						
Ak	unLime	1.442	8.169	10.265	11.249	9.935	14.426	17.573
	Lime	1.857	11.571	14.229	15.245	13.873	21.656	15.694
	Control	0.900						
Ntn	unLime	1.858	6.054	7.273	7.992	6.700	7.686	6.765
	Lime	1.430	9.519	8.112	10.440	10.754	9.410	12.908
	Control	1.841						
Pk	unLime	1.071	6.366	4.041	6.257	0.831	*	*
	Lime	1.269	6.479	6.765	12.935	6.086	7.200	*
	Control	1.115						
Kh	unLime	1.356	2.906	2.873	5.263	3.783	0.304	*
	Lime	3.222	8.024	9.097	7.475	7.164	4.649	6.774
	Control	1.727						

\* corn died at the beginning of growth

สำคัญทางสถิติ (P<0.01) ในทุกชุดดินทั้งในทรีดเมนท์ที่มีการเติมปูนและไม่เติมปูน (Figure 1)

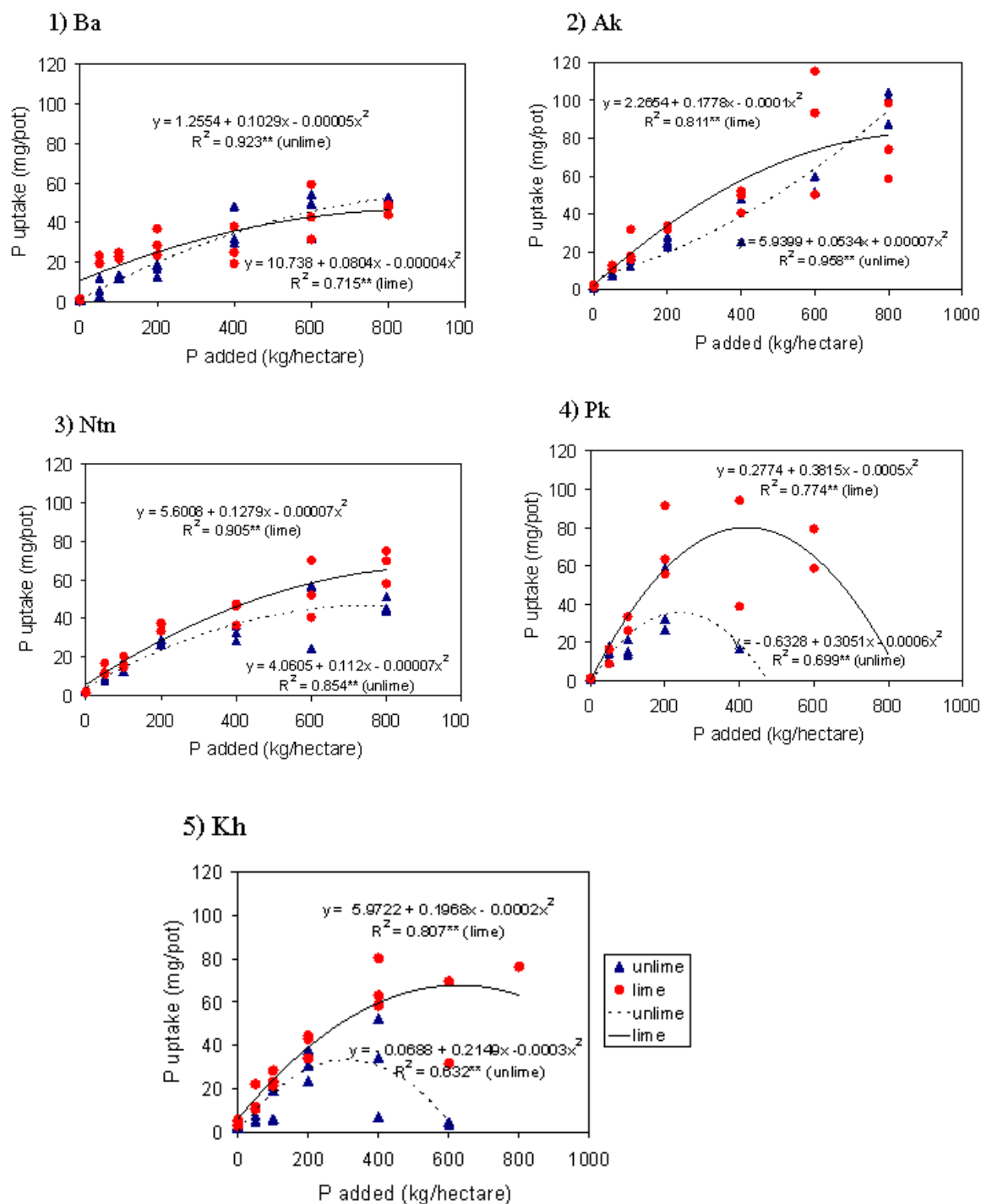
### 3. ปริมาณฟอสฟอรัสที่ทดสอบได้ในดินกับอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัส

ปริมาณฟอสฟอรัสในดินที่ทดสอบด้วยวิธี Bray 1 Bray 2 Double acid และ Mehlich 3 ในดินที่ไม่มีการให้ปุ๋ยฟอสฟอรัส พบว่าวิธี Double acid ให้ค่าที่สูงกว่าวิธีอื่นค่อนข้างมากในชุดดินบางนรา อ่าวลึก และนาทอน (5.99-39.49 มก./กก.) ขณะที่วิธี Bray 1 Bray 2 และ Mehlich 3 ให้ค่าใกล้เคียงกัน (1.61-3.61 มก./กก.) แต่ในชุดดินภูเก็ทและคอหงส์ วิธี Double acid กลับให้ค่าต่ำกว่าวิธีอื่น (1.49-3.57 มก./กก.) โดยวิธี Bray 1 Bray 2 และ Mehlich 3 ให้ค่าใกล้เคียงกัน (4.43-8.90 มก./กก.) นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อมีการให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสโดยเฉพาะในอัตราสูงในดินที่ไม่มีการเติมปูนปริมาณฟอสฟอรัสที่ทดสอบด้วยวิธี Bray 2 > Mehlich 3 > Bray 1 > Double acid ในชุดดินบางนรา อ่าวลึกและนาทอน โดยมีความ

แตกต่างกันมากขึ้นเมื่ออัตราการให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสสูงขึ้น สำหรับในชุดดินภูเก็ทและคอหงส์วิธี Double acid ยังคงให้ค่าที่ต่ำกว่าวิธีอื่นแม้จะมีการให้ปุ๋ยฟอสฟอรัส (Figure 2)

การเติมปูนมีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่ทดสอบด้วยวิธี Double acid สูงขึ้นเมื่อไม่มีการให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในเกือบทุกชุดดินยกเว้นชุดดินคอหงส์ (ชุดดินบางนราเพิ่มจาก 7.18 มก./กก. เป็น 28.92 มก./กก. ชุดดินอ่าวลึกเพิ่มจาก 5.99 มก./กก. เป็น 12.19 มก./กก. ชุดดินนาทอนเพิ่มจาก 16.32 มก./กก. เป็น 39.49 มก./กก. และชุดดินภูเก็ทเพิ่มจาก 1.49 มก./กก. เป็น 3.37 มก./กก.) แต่ไม่มีผลในชุดดินคอหงส์ (3.52 มก./กก. เป็น 3.57 มก./กก.) นอกจากนี้การเติมปูนมีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่ทดสอบด้วยวิธี Double acid สูงกว่าวิธีอื่นอย่างมาก ในดินชุดบางนราและนาทอนที่ไม่มีการให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสและให้ปุ๋ยในอัตราต่ำกว่า 100 และ 400 กก./เฮกตาร์ ตามลำดับ แต่เมื่อให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราสูงพบว่าวิธี Bray 2 และ Mehlich 3 ให้ค่าที่สูงกว่าวิธีอื่นในทุกชุดดิน (Figure 3)

ปริมาณฟอสฟอรัสในดินที่ทดสอบด้วยวิธี Bray 1



(\*\* Significant at P < 0.01)

Figure 1. Relationship between P added and P uptake by corn in limed and unlimed treatments of each soil.



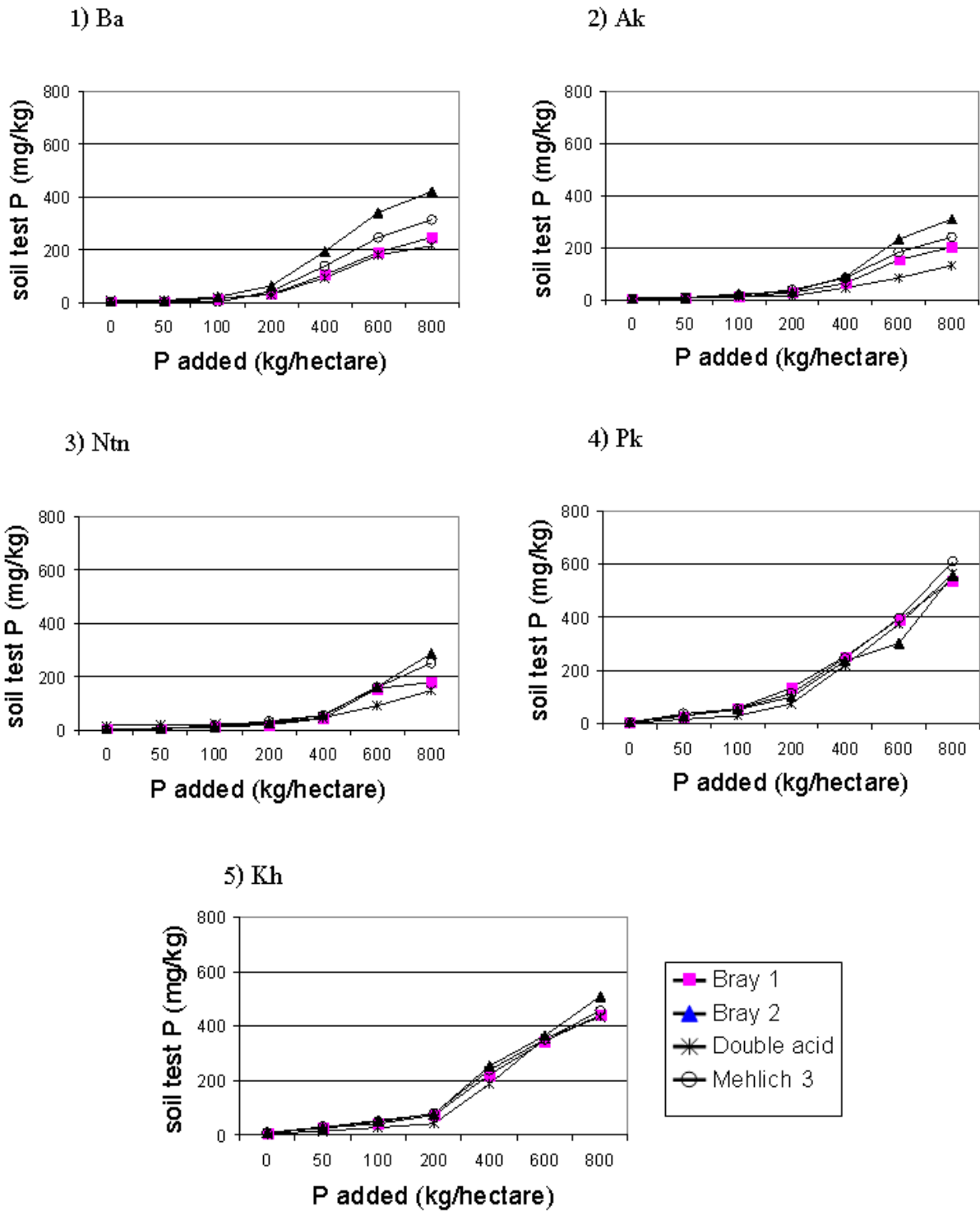


Figure 2. Soil P tested by Bray 1, Bray 2, Double acid and Mehlich 3 methods influenced by rate of P added in unlimed treatments of each soil.

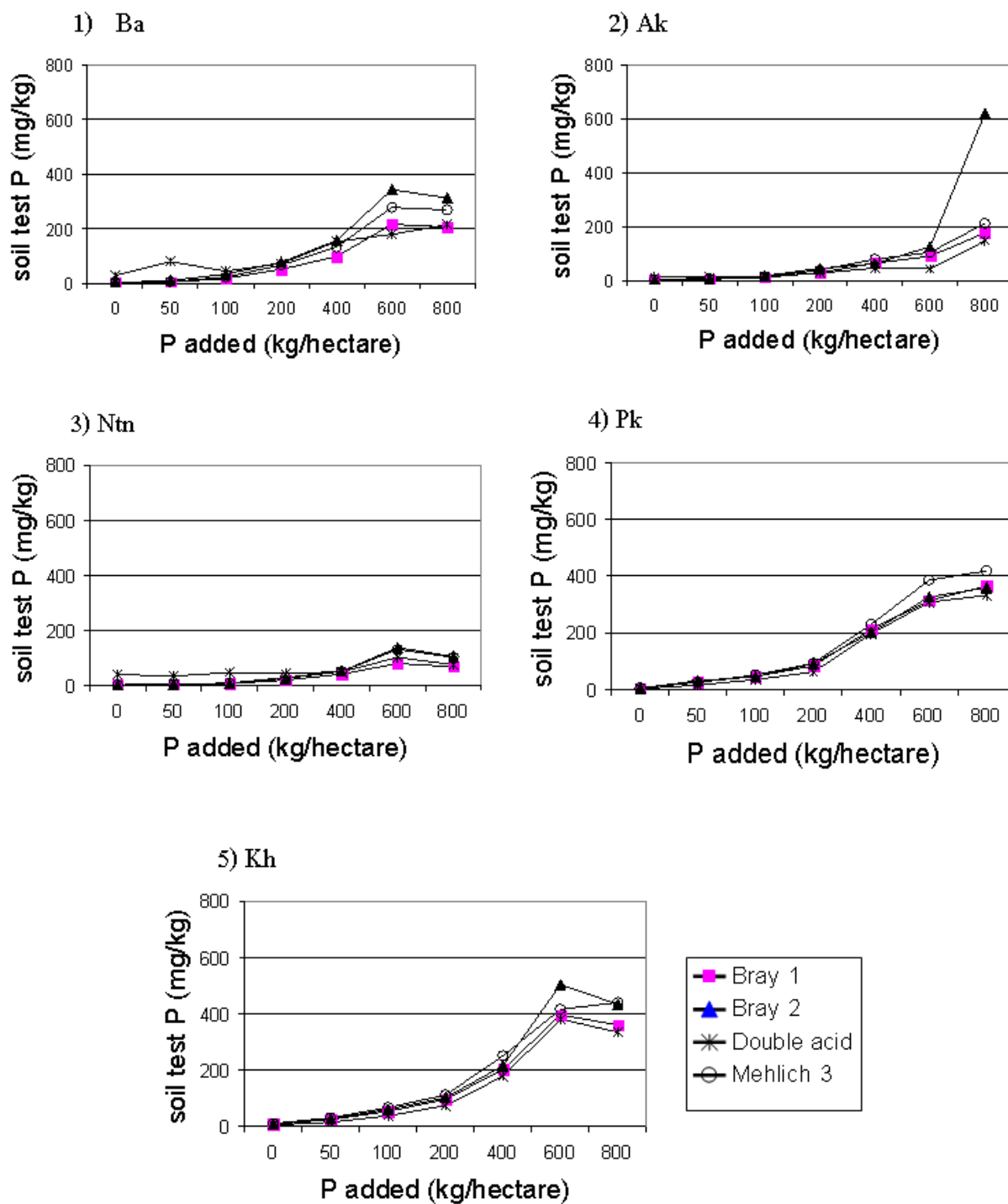


Figure 3. Soil P tested by Bray 1, Bray 2, Double acid and Mehlich 3 methods influenced by rates of P added in limed treatments of each soil.

Bray 2 Double acid และ Mehlich 3 มีความสัมพันธ์กับอัตราฟอสฟอรัสที่เติมลงในดินทั้งในทรีตเมนต์ที่มีการเติมและไม่เติมปูนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) ในทุกชุดดิน โดยปริมาณฟอสฟอรัสในดินที่ทดสอบด้วยวิธี Double acid มีความสัมพันธ์กับอัตราฟอสฟอรัสที่เติมลงในดินค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับวิธีอื่นในทรีตเมนต์ที่มีการเติมปูนของชุดดินบางนราและนาทอน (Table 6)

#### 4. ปริมาณฟอสฟอรัสที่ทดสอบได้ในดินกับฟอสฟอรัสในข้าวโพดและฟอสฟอรัสที่ข้าวโพดดูดไปใช้

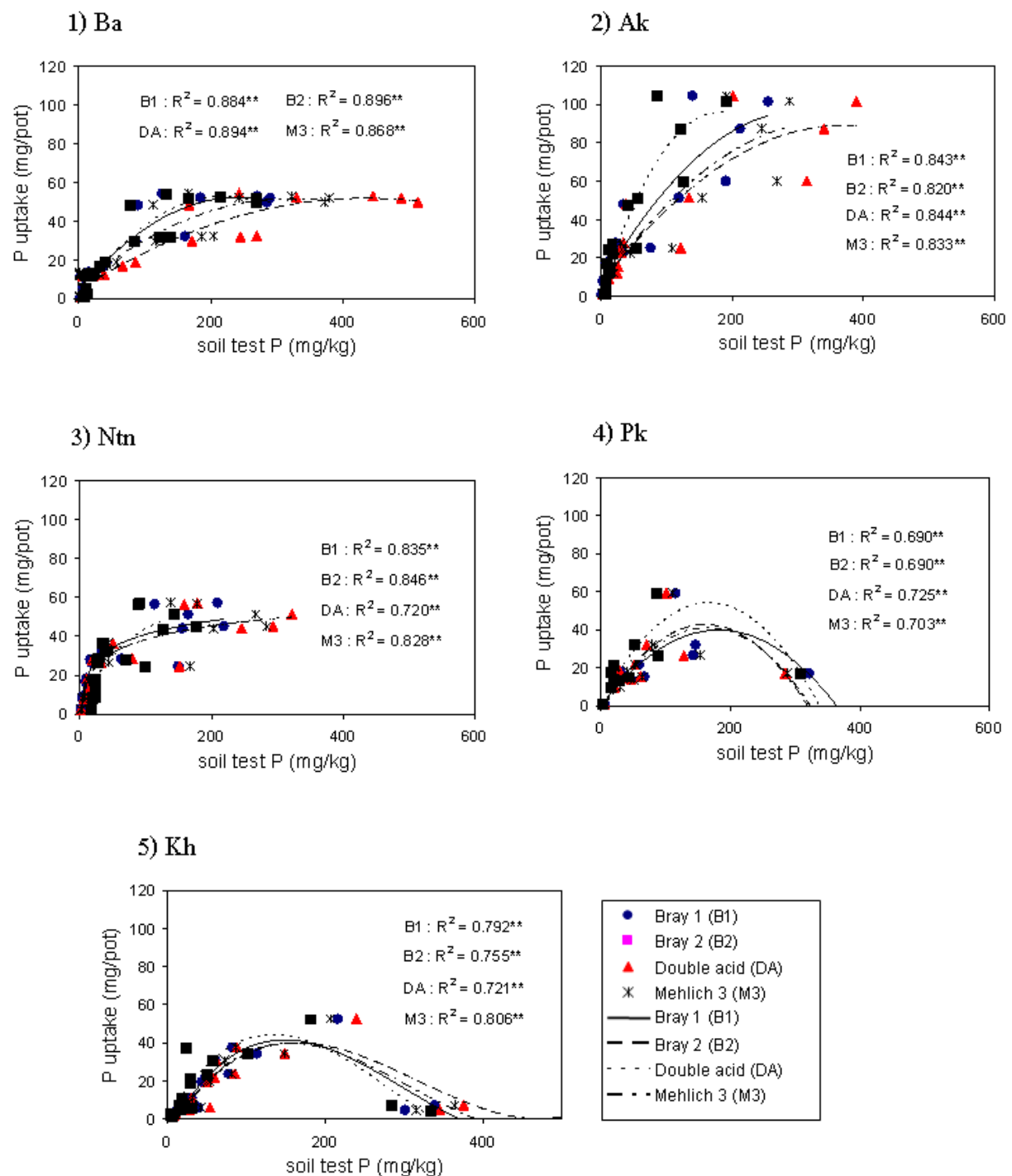
จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสในดินที่ทดสอบได้ในดินกับปริมาณฟอสฟอรัสที่วิเคราะห์ได้ในข้าวโพด พบว่าส่วนใหญ่มีสมการความสัมพันธ์แบบ  $y = a + bx + cx^2$  ยกเว้นในทรีตเมนต์ที่ไม่เติมปูนของชุดดินบางนราที่ทดสอบด้วยวิธี Bray 2 Double acid และ Mehlich 3 มีสมการความสัมพันธ์แบบ  $y = a + bx + cx^2 + dx^3$  และในทรีตเมนต์ที่ไม่เติมปูนของชุดดินนาทอนทุกวิธีทดสอบและชุดดินคองหงส์ที่ทดสอบด้วยวิธี Bray 2 Double acid และ Mehlich 3 มีสมการความสัมพันธ์แบบ  $y = a + b \ln(x)$  เช่นเดียวกับทรีตเมนต์ที่มีการเติมปูนของชุดดินบางนราที่ทดสอบด้วยวิธี Bray 2 และ Mehlich 3 และชุดดินนาทอนที่ทดสอบด้วยวิธี Double acid

ปริมาณฟอสฟอรัสที่วิเคราะห์ได้ในข้าวโพดทั้งในทรีตเมนต์ที่มีการเติมปูนและไม่เติมปูนมีความสัมพันธ์กันอย่างสูงกับปริมาณฟอสฟอรัสในดินที่ทดสอบด้วยวิธี Bray 1 ( $R^2 = 0.809^{**} - 0.922^{**}$ ) Bray 2 ( $R^2 = 0.797^{**} - 0.924^{**}$ ) และ Mehlich 3 ( $R^2 = 0.828^{**} - 0.944^{**}$ ) ขณะที่ปริมาณฟอสฟอรัสในดินที่ทดสอบด้วยวิธี Double acid มีความสัมพันธ์อย่างสูงกับปริมาณฟอสฟอรัสที่วิเคราะห์ได้ในข้าวโพดในทรีตเมนต์ที่ไม่เติมปูนของทุกชุดดิน ( $R^2 = 0.858^{**} - 0.901^{**}$ ) แต่มีความสัมพันธ์น้อยลงมากเมื่อมีการเติมปูนในชุดดินบางนรา ( $R^2 = 0.722^{**}$ ) อ่าวลึก ( $R^2 = 0.694^{**}$ ) และนาทอน ( $R^2 = 0.538^{**}$ ) เมื่อนำปริมาณฟอสฟอรัสที่วิเคราะห์ได้ในข้าวโพดมาคำนวณหาปริมาณฟอสฟอรัสที่ข้าวโพดดูดไปใช้แล้วพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสในดินที่ทดสอบด้วยวิธี Bray 1 Bray 2 Double acid และ Mehlich 3 มีความสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสที่ข้าวโพดดูดไปใช้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) ในทุกชุดดินทั้งในทรีตเมนต์ที่มีการเติมปูนและไม่เติมปูน (Figure 4 และ 5) โดยส่วนใหญ่มีสมการความสัมพันธ์แบบ  $y = a + bx + cx^2$  ยกเว้นทรีตเมนต์ที่ไม่เติมปูนของชุดดินนาทอนทุกวิธีทดสอบและทรีตเมนต์ที่มีการเติมปูนของชุดดินบางนราที่ทดสอบด้วยวิธี Bray 1 Bray 2 และ Mehlich 3 ชุดดินอ่าวลึกทุกวิธีทดสอบและชุดดินนาทอนที่ทดสอบด้วยวิธี Double acid มีสมการความสัมพันธ์แบบ

**Table 6. Coefficient of determination ( $R^2$ ) for the relationship between rates of P applied to soil and soil test P.**

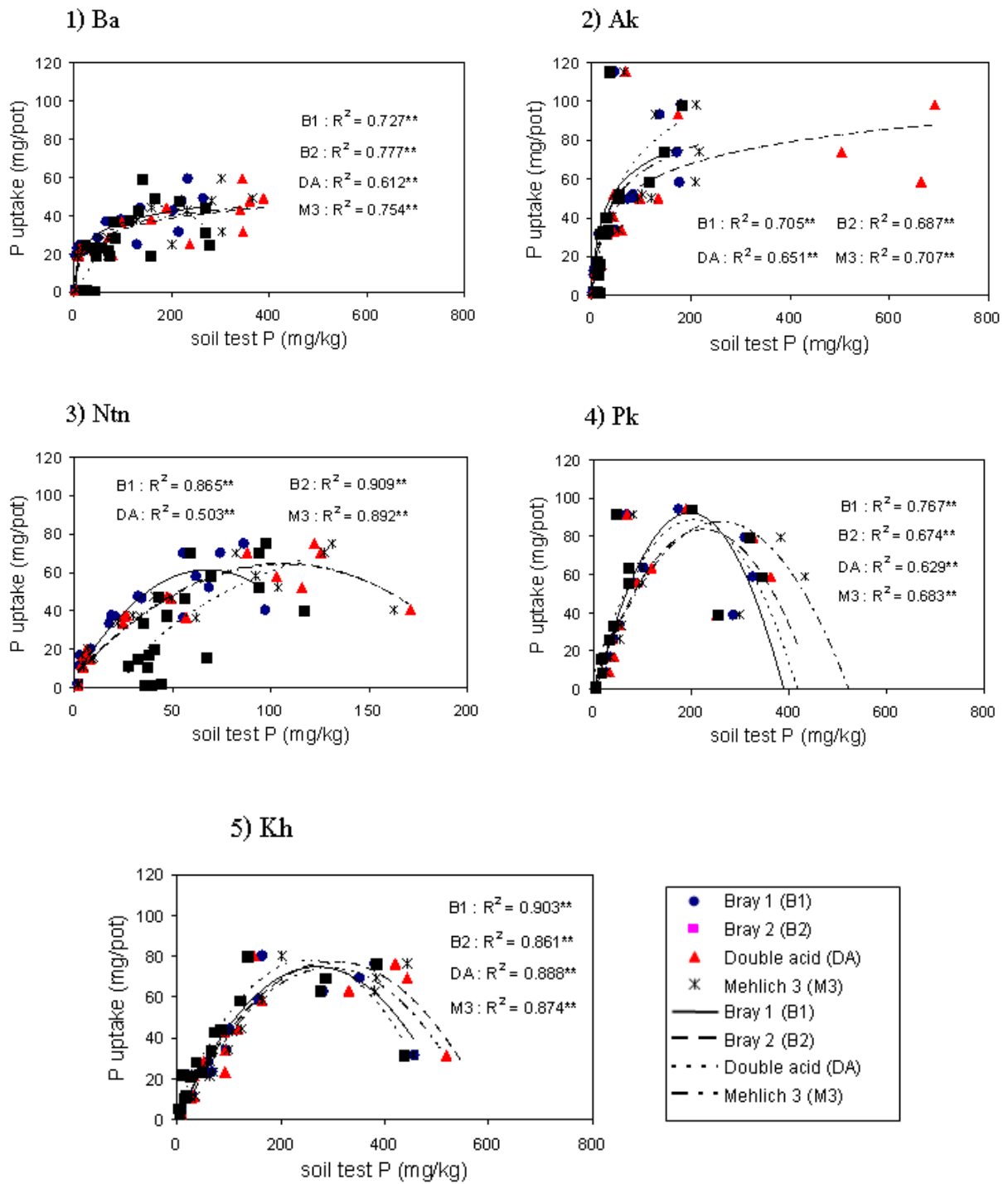
Treatment		Bray 1	Bray 2	Double acid	Mehlich 3
Ba	unlime	0.880**	0.884**	0.864**	0.878**
	Lime	0.883**	0.853**	0.608**	0.841**
Ak	unlime	0.902**	0.858**	0.829**	0.889**
	Lime	0.908**	0.894**	0.863**	0.930**
Ntn	unlime	0.877**	0.975**	0.950**	0.958**
	Lime	0.869**	0.827**	0.592**	0.820**
Pk	unlime	0.967**	0.930**	0.978**	0.964**
	Lime	0.912**	0.954**	0.911**	0.933**
Kh	unlime	0.802**	0.805**	0.795**	0.823**
	Lime	0.904**	0.867**	0.863**	0.920**

\*\* Correlation is significant ( $P < 0.01$ )



(\*\* Significant at  $P < 0.01$ )

Figure 4. Relationships between P uptake by corn and soil P tested by Bray 1, Bray 2, Double acid and Mehlich 3 in unlimed treatments of each soil.



(\*\* Significant at  $P < 0.01$ )

Figure 5. Relationships between P uptake by corn and soil P tested by Bray 1, Bray 2, Double acid and Mehlich 3 in limed treatments of each soil.

สัมพันธ์แบบ  $y = a + b \ln(x)$  ขณะที่ทรีตเมนต์ที่ไม่เติมปุ๋ยในชุดดินคองหงส์ทุกวิธีทดสอบมีสมการความสัมพันธ์แบบ  $y = a + bx + cx^2 + dx^3$  โดยที่ปริมาณฟอสฟอรัสในดินที่ทดสอบด้วยวิธี Double acid มีความสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสที่ข้าวโพดดูดไปใช้ ( $R^2 = 0.503^{**} - 0.651^{**}$ ) น้อยกว่าวิธีอื่นๆ ( $R^2 = 0.671^{**} - 0.909^{**}$ ) ในดินที่มีการเติมปุ๋ยนอกเว้นชุดดินคองหงส์

### 5. ปริมาณฟอสฟอรัสในดินที่ทดสอบด้วยวิธีต่าง ๆ

ปริมาณฟอสฟอรัสในดินที่ทดสอบด้วยวิธี Bray 1 Bray 2 Double acid และ Mehlich 3 มีความสัมพันธ์กันอย่างสูง ( $P < 0.01$ ) ในทรีตเมนต์ที่ไม่มีการเติมปุ๋ยของทุกชุดดิน (Table 7) สำหรับทรีตเมนต์ที่มีการเติมปุ๋ยปริมาณฟอสฟอรัสในดินที่ทดสอบด้วยวิธี Bray 1 Bray 2 Double acid และ Mehlich 3 ทุกวิธีสัมพันธ์กันอย่างสูง ( $P < 0.01$ ) ยกเว้นในชุดดินบางนราที่ปริมาณฟอสฟอรัสในดินที่ทดสอบด้วยวิธี Double acid มีความสัมพันธ์กับวิธีอื่นๆ ค่อนข้างน้อย (Table 8)

### วิจารณ์ผล

จากผลการศึกษาพบว่า การให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสทำให้ข้าวโพดมีการเจริญเติบโตดีขึ้นทั้งในทรีตเมนต์ที่มีการเติมปุ๋ยและไม่เติมปุ๋ยในทุกชุดดินแสดงให้เห็นว่าดินกรดในภาคใต้เหล่านี้มีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินพบว่าดินทุกชุดมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำ (Bray2-P = 2.17-5.91 มก./กก.) (Table 2) สอดคล้องกับการศึกษาของ Nilnond และคณะ (1986) การให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสทำให้พืชดูดฟอสฟอรัสไปใช้ได้มากขึ้น โดยพบว่าอัตราการให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสมีความสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสในข้าวโพดและปริมาณฟอสฟอรัสที่ข้าวโพดดูดไปได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) ในทุกชุดดิน และสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสที่ทดสอบด้วยวิธี Bray 1 Bray 2 และ Mehlich 3 อย่างสูง (Table 6) การเติมปุ๋ยทำให้ข้าวโพดเจริญเติบโตได้ดีกว่าไม่เติมปุ๋ย ทั้งนี้เนื่องจากการเติมปุ๋ยทำให้

**Table 7. Linear correlation coefficients (r) of relationships among various P soil tests in unlime treatments.**

Soil Series	Test Methods	Bray 1	Bray 2	Double Acid
Ba	Bray 2	0.998**		
	Double Acid	0.995**	0.997**	
	Mehlich 3	0.998**	0.998**	0.997**
Ak	Bray 2	0.993**		
	Double Acid	0.974**	0.971**	
	Mehlich 3	0.984**	0.973**	0.967**
Ntn	Bray 2	0.940**		
	Double Acid	0.945**	0.982**	
	Mehlich 3	0.937**	0.987**	0.987**
Pk	Bray 2	0.969**		
	Double Acid	0.987**	0.968**	
	Mehlich 3	0.972**	0.959**	0.981**
Kh	Bray 2	0.993**		
	Double Acid	0.994**	0.989**	
	Mehlich 3	0.995**	0.985**	0.989**

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

**Table 8. Linear correlation coefficients (r) of relationships among various P soil tests in lime treatments.**

Soil Series	Test Methods	Bray 1	Bray 2	Double Acid
Ba	Bray 2	0.994**		
	Double Acid	0.723**	0.744**	
	Mehlich 3	0.993**	0.990**	0.745**
Ak	Bray 2	0.909**		
	Double Acid	0.964**	0.953**	
	Mehlich 3	0.991**	0.915**	0.957**
Ntn	Bray 2	0.985**		
	Double Acid	0.914**	0.923**	
	Mehlich 3	0.990**	0.995**	0.930**
Pk	Bray 2	0.986**		
	Double Acid	0.991**	0.992**	
	Mehlich 3	0.992**	0.996**	0.995**
Kh	Bray 2	0.990**		
	Double Acid	0.987**	0.983**	
	Mehlich 3	0.989**	0.980**	0.972**

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

ข้าวโพดสามารถดูดฟอสฟอรัสไปใช้ได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับทรีตเมนต์ที่ไม่เติมปูนและมีความแตกต่างกันมากขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในชุดดินนาทอน ภูเก็ต และคอหงส์ (Figure 1) แต่เมื่อให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราสูงในชุดดินภูเก็ตและคอหงส์พบว่า การเจริญเติบโตของข้าวโพดต่ำลงมากจนไม่สามารถเจริญเติบโตได้โดยเฉพาะในทรีตเมนต์ที่ไม่เติมปูน (Table 5) ทั้งนี้ น่าจะเนื่องจากชุดดินภูเก็ตและคอหงส์มีค่าความจุในการดูดซับฟอสฟอรัสต่ำ (208 และ 39 มก./กก.ตามลำดับ) จึงสามารถปลดปล่อยฟอสฟอรัสให้พืชดูดไปใช้ได้มากทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในข้าวโพดสูงมากโดยปริมาณฟอสฟอรัสที่วิเคราะห์ได้ในข้าวโพดที่ปลูกในทรีตเมนต์ที่ไม่เติมปูนและให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตรา 400 กก./เฮกตาร์ของดินภูเก็ตเท่ากับ 1.11% และในทรีตเมนต์ที่ไม่เติมปูนและให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตรา 600 กก./เฮกตาร์ของชุดดินคอหงส์เท่ากับ 1.37% ซึ่งเป็นระดับที่สูงมากไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด ทั้งนี้ระดับของฟอสฟอรัสที่เหมาะสมในข้าวโพดที่มีความสูงประมาณ 30 ซม. ควรอยู่ระหว่าง 0.3 ถึง 0.5% (Reuter and

Robinson, 1986) นอกจากนี้ระดับฟอสฟอรัสที่สูงเกินไปยังมีผลให้เกิดการขาดธาตุสังกะสี (Csatho *et al.*, 1997) ซึ่งข้าวโพดเป็นพืชที่มีความไวต่อการขาดธาตุสังกะสีสูง (Mengel and Rehm, 1999)

ปริมาณฟอสฟอรัสในดินที่ทดสอบด้วยวิธี Bray 1 Bray 2 และ Mehlich 3 มีความสัมพันธ์กันอย่างสูงในชุดดิน (Table 7 และ 8) สอดคล้องกับการทดลองของ Mehlich (1984) Chilimba และคณะ (1999) Burt และคณะ (2002) และ Ebeling และคณะ (2003) ซึ่งพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสในดินที่ทดสอบด้วยวิธี Bray 1 และ Mehlich 3 มีความสัมพันธ์กันอย่างสูง Mallarino และ Sawyers (1999) พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างการตอบสนองของพืชต่อปุ๋ยฟอสฟอรัสกับปริมาณฟอสฟอรัสในดินที่ทดสอบด้วยวิธี Bray 1 และ Mehlich 3 คล้ายคลึงกัน ในดินที่เป็นกลางและดินกรด ( $pH < 7.3$ ) นอกจากนี้ปริมาณฟอสฟอรัสในดินที่ทดสอบด้วยวิธี Bray 1 Bray 2 และ Mehlich 3 ยังมีความสัมพันธ์กับฟอสฟอรัสในข้าวโพดและฟอสฟอรัสที่ข้าวโพดดูดไปใช้ทั้งในดินที่มีและไม่มีการเติมปูน (Figure 4 และ 5) แสดงให้เห็นว่าการทดสอบ

ฟอสฟอรัสในดินด้วยวิธี Bray 1 และ Mehlich 3 สามารถประเมินระดับความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินได้ดีเช่นเดียวกับวิธี Bray 2 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ussiri และคณะ (1998) ขณะที่วิธี Double acid ไม่เหมาะสมสำหรับดินที่มีการเติมปุ๋ยเนื่องจากมีความสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสที่ข้าวโพดดูดไปใช้ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ ในเกือบทุกชุดดินที่มีการเติมปุ๋ย (Figure 3) การทดสอบฟอสฟอรัสด้วยวิธี Bray 1 และ Mehlich 3 จึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจสำหรับดินกรดเขตร้อนในภาคใต้ของประเทศไทยเนื่องจากการทดสอบฟอสฟอรัสด้วยวิธี Bray 1 จะช่วยให้การใช้กรดไฮโดรคลอริกลดลงถึง 4 เท่าเมื่อเทียบกับวิธี Bray 2 และวิธี Mehlich 3 สามารถใช้ในการทดสอบธาตุโพแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม แมกนีเซียม แมงกานีส ทองแดงและสังกะสีในดินได้อีกด้วย (Mehlich, 1984) โดยค่าที่วิเคราะห์ได้มีความสัมพันธ์กับปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่ทดสอบด้วยวิธี Ammonium Acetate และปริมาณแมงกานีส ทองแดง และสังกะสีที่ทดสอบด้วยวิธี DTPA อย่างสูง (Chilimba et al., 1999)

### สรุป

การทดสอบฟอสฟอรัสในดินด้วยวิธี Bray 1 และ Mehlich 3 สามารถแสดงความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสได้ดีเช่นเดียวกับวิธี Bray 2 ในดินกรดเขตร้อนในภาคใต้ของประเทศไทยทั้งที่มีและไม่มีปุ๋ยเติมและให้ปุ๋ยฟอสฟอรัส ขณะที่การทดสอบฟอสฟอรัสในดินด้วยวิธี Double acid ไม่น่าจะเป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบดินกรดเขตร้อนที่มีการเติมปุ๋ยเนื่องจากมีความสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสที่ข้าวโพดดูดไปใช้ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ ในเกือบทุกชุดดินที่มีการเติมปุ๋ย ดังนั้นการทดสอบฟอสฟอรัสด้วยวิธี Bray 1 และ Mehlich 3 จึงเป็นทางเลือกที่ควรนำมาใช้สำหรับการประเมินระดับความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินกรดเขตร้อนในภาคใต้ของประเทศไทย เนื่องจากนอกจากสามารถประเมินความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินได้ดีแล้วการทดสอบฟอสฟอรัสด้วยวิธี Bray 1 ยังช่วยให้การใช้กรดไฮโดรคลอริกลดลงถึง 4 เท่าเมื่อเทียบกับวิธี Bray 2 ส่วนวิธี

Mehlich 3 ยังสามารถใช้ในการทดสอบธาตุอาหารในดินได้หลายธาตุ

### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทเชื่อมโยงกับบัณฑิตศึกษาของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์ปฏิบัติการวิเคราะห์กลาง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ทุกคนที่มีส่วนช่วยในการปลูกพืชทดลองและการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

### เอกสารอ้างอิง

- คณาจารย์ภาควิชาธรณีศาสตร์. 2539. คู่มือปฏิบัติการวิชาปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- สมศักดิ์ มณีพงศ์. 2527. การวิเคราะห์ดิน พืช และปุ๋ย. โครงการจัดตั้งภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- สมศักดิ์ มณีพงศ์. 2537. การวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- เอิบ เขียววันรณณ์. 2533. ดินของประเทศไทย. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อิสริยาภรณ์ สุวรรณชาติ. 2539. การวิเคราะห์พืช. หน่วยปฏิบัติการวิเคราะห์กลาง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- Blamey, F.P.C. and Edwards, D.G. 1988. Limitation of food crop production in tropical acid soils. **In** Soil Management Abstracts 3: Abstracts 872.
- Bremner, J.M. and Mulvaney, C.S. 1982. Nitrogen-Total. **In** Methods of Soil Analysis. Part 2; Chemical and Microbiological Properties. 2<sup>nd</sup> ed.(eds. A.L. Page, R.H. Miller, and D.R. Keeney) pp. 595-624. Soil Science Society of America, Inc. Madison.
- Burt, R., Mays, M.D., Benham, E.C. and Wilson, M.A. 2002. Phosphorus characterization and correlation with properties of selected benchmark soils of the United States. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 33: 117-141.



- Chilimba, A.D.C., Mughogho, S.K. and Wendt, J. 1999. Mehlich 3 or modified Olsen for soil testing in Malawi. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 30: 1231-1250.
- Choudhury, F.A. 1986. Problems encountered in soil phosphorus determination. *Thai J. Agric. Sci.* 19: 67-73.
- Ebeling, A.M., Cooperband, L.R. and Bundy, L.G. 2003. Phosphorus source effects on soil test phosphorus and forms of phosphorus in soil. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 34: 1897-1917.
- Fageria, N.K. 1991. Response of cowpea to phosphorus in an Oxisol with special reference to dry matter production and mineral ion contents. *Tropical Agriculture* 68: 384-388.
- Fernandes, M.L.V. and Coutinho, J.F. 1999. Effect of liming and phosphate application on sudangrass growth and phosphorus availability in two temperate acid soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 30: 855-871.
- Guo, F. and Yost, S.R. 1999. Quantified the available soil phosphorus pool with the acid ammonium oxalate method. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63: 651-656.
- Hamazaki, T. and Paningbatan, Jr.E.P. 1988. Procedures for Soil Analysis. Cooperative Research between College of Agriculture University of the Philippines at Los Banos (UPLB) and Tropical Agriculture Research Center (TARC), Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries of Japan. Department of Soil Science, College of Agriculture, University of Philippines at Los Banos, Los Banos, Laguna, The Philippines.
- Hillard, J.B., Haby, V.A. and Hons, F.M.. 1992. Annual ryegrass response to limestone and phosphorus on an Ultisol. *J. Plant Nutr.* 15: 1253-1268.
- Kato, N. and Owa, N. 1989. Kinetics of phosphorus adsorption by sandy and clayey soils. *Soil Sci. Plant Nutr.* 35: 119-129.
- Kuo, S. 1990. Phosphate sorption implications on phosphorus soil tests and uptake by corn. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54: 131-135.
- Mallario, A. and Sawyers, J.E. 1999. Interpreting Mehlich-3 soil test results. *Integrated Crop Management*. Department of Entomology, Iowa State University, Ames.
- Mehlich, A. 1984. Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 15: 1409-1416.
- Mengel, D. and Rehm, G. 1999. Fundamentals of fertilizer application **In** *Handbook of Soil Science*. (eds. Sumner M. E.) pp. D-155 - D-174. CRC Press, Boca Raton.
- Nilnond, C., Panapitakkul, N., Nualsri, C., Pantanahirun, W., Aitken, R.L. and Asher, C.J. 1986. Soil fertility assessment in southern Thailand. XIII Congress of the International Soc. of Soil Sci. p.887-888.
- Olsen, S.R. and Sommers, L.E. 1982. Phosphorus. **In** *Methods of Soil Analysis. Part 2; Chemical and Microbiological Properties*. 2<sup>nd</sup> ed. (eds. A.L. Page, R.H. Miller, and D.R. Keeney) pp.403-430. Soil Science Society of America, Inc. Madison.
- Olson, R.V. and Ellis, Jr.R. 1982. Iron. **In** *Methods of Soil Analysis. Part 2; Chemical and microbiological properties*. 2<sup>nd</sup> ed. (eds. A.L. Page, R.H. Miller, and D.R. Keeney) pp.301-312. Soil Science Society of America, Inc. Madison.
- Oweczkina, J. and Kerven, G. 1980. *Methods of Analysis for Nitrogen, Phosphorus, Sulphur, and Potassium in Plant Tissue*. Department of Agriculture, University of Queensland.
- Reuter, D.J. and Robinson, J.B. 1986. *Plant analysis: An interpretation manual*. Inkata Press Limited, Melbourne and Sydney.
- Saharawat, K.L. and Sika, M. 2003. Direct and residual phosphorus effects on soil test values and their relationships with grain yield and phosphorus uptake of upland rice on Ultisol. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 33: 321-332.
- Saleque, M.A., Abedin, M.J., Panaullah, G.M. and Bhuiyan, N.I. 1998. Yield and phosphorus efficiency of some lowland rice varieties at different levels of soil-available phosphorus. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 29: 2905-2916.
- 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.
- Takahashi, S. 1999. Repeated Bray-2 extractions of an Inceptisol and an Andisol. *Commun. Soil Sci.*

- Plant Anal. 30: 535-543.
- Thomas, G.W. 1982. Exchangeable cations. **In** Methods of Soil Analysis. Part 2; Chemical and Microbiological Properties. 2<sup>nd</sup> ed. (eds. A.L. Page, R.H. Miller, and D.R. Keeney) pp.159-165. Soil Science Society of America, Inc. Madison.
- Ussiri, D.A., Mnkeni, P.N.S., Mackenzie, A.F. and Semoka, J.M.R. 1998. Soil test calibration studies for formulation of phosphorus fertilizer recommendations for maize in Morogoro District, Tanzania. I. Evaluation of soil test methods. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 29: 2801-2813.