บทที่ 1

บทนำ

1.1 ปัญหาและความเป็นมา

ปัญหาที่พบโดยทั่วไปสำหรับดินกรดเขตร้อน ได้แก่ ปัญหาความเป็นกรดของดิน ความเป็นพิษของอะลูมินัมและแมงกานีส รวมทั้งการขาดธาตุฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม และโมลิบดินัม (Blamey and Edwards, 1988) จากการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินในภาคใต้ของประเทศไทยโดย Nilnond และคณะ (1986) พบว่าดินค่อนข้างเป็นกรดจนถึงเป็นกรดจัด (pH 3.7 – 6.1) และขาดฟอสฟอรัสในระดับปานกลางจนถึงระดับรุนแรง การขาดฟอสฟอรัสในดินกรดเขตร้อนเกิดจากการตรึงฟอสฟอรัสในดิน (Fageria, 1991) อันเนื่องมาจากการดูดซับฟอสฟอรัสโดย hydrous oxide ของเหล็กและอะลูมินัม รวมทั้งดินเหนียวชนิด 1:1 (Haynes, 1984; Sanyal and De Datta, 1991 อ้างโดย Sanyal *et al*., 1993) Fernandes และ Coutinho (1999) รายงานว่าความเป็นกรดของดินเป็นปัจจัยหลักในการจำกัดผลผลิตในรูปน้ำหนักแห้งของพืช ซึ่งเป็นผลมาจากในดินมีอะลูมินัมสูงหรือการขาดฟอสฟอรัสในดิน เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Hillard และคณะ (1992) พบว่าผลผลิตข้าวไรย์มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าความเป็นกรดด่างของดิน (pH) และปริมาณฟอสฟอรัส แต่มีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณอะลูมินัมในดิน งานวิจัยของ Saleque และคณะ (1998) พบว่า การขาดฟอสฟอรัสในดินทำให้ผลผลิตเมล็ดข้าวทุกสายพันธุ์ที่ทดสอบลดลงอย่างมาก โดยในแปลงที่ดินขาดฟอสฟอรัส ข้าวให้ผลผลิตน้อยกว่า 1 ตันต่อเฮกตาร์ ขณะที่ในแปลงที่ดินมีฟอสฟอรัสเพียงพอ ข้าวให้ผลผลิตมากกว่า 4 ตันต่อเฮกตาร์เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Saharawat และ Sika (2003) พบว่าการให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสทำให้ผลผลิตเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เนื่องจากธาตุฟอสฟอรัสเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการจำกัดการเจริญเติบโตของพืชในดินกรดดังที่กล่าวมาแล้ว การทดสอบหาปริมาณฟอสฟอรัสในดินกรดเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ปัจจุบันวิธีการทดสอบฟอสฟอรัสในดินมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี แต่ละวิธีมีความเหมาะสมกับดินเฉพาะกลุ่ม (Choudhury, 1986) สำหรับประเทศไทยซึ่งมีลักษณะดินที่แตกต่างกันไปในแต่ละภูมิภาคของประเทศ แต่วิธีการทดสอบธาตุอาหารในดินส่วนใหญ่ใช้วิธีเดียวกัน ซึ่ง

การทดสอบปริมาณฟอสฟอรัสที่นิยมใช้คือวิธีสกัดด้วยสารสกัด Bray 2 แต่มีรายงานว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยใช้สารสกัด Bray 2 จะถูกดูดกลับสู่ดินในระหว่างการกรองทำให้ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่วัดได้ในสารสกัด Bray 2 ต่ำกว่าค่าจริงในดินที่มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับฟอสฟอรัสสูงซึ่งเป็นผลมาจากค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับฟอสฟอรัสของดิน สารประกอบอะลูมินัมฟอสเฟต เหล็กฟอสเฟต และแคลเซียมฟอสเฟตในดิน (Takahashi, 1999) ความจุในการดูดซับฟอสฟอรัสของดินมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณอะลูมินัมออกไซด์ในดิน (Kuo, 1990) ซึ่งพบมากในดินกรดเขตร้อนและดินที่มีการชะล้างพังทลายสูง (Guo and Yost, 1999) เช่น ดินในอันดับอุลติโซลส์ ซึ่งกระจายอยู่มากในภาคใต้ของประเทศไทยประมาณ 51.9 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ (เอิบ เขียวรื่นรมณ์, 2533) นอกจากนี้การทดสอบฟอสฟอรัสในดินด้วยวิธี Bray 2 ยังให้ค่าสูงกว่าความเป็นจริงในดินที่มีการเติมหินฟอสเฟต (Indiati *et al*., 2002)

ดังนั้นการประเมินผลการทดสอบฟอสฟอรัสในดินเพื่อให้ได้วิธีการที่เหมาะสมสำหรับดินกรดเขตร้อนในภาคใต้ของประเทศไทยจึงเป็นข้อมูลที่สำคัญเพื่อการประเมินความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินต่อการเจริญเติบโตของพืช อันนำไปสู่การจัดการดินกรดและการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในดินกรดเขตร้อนอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

1.2 การตรวจเอกสาร

1.2.1 ฟอสฟอรัสในดินกรดเขตร้อน

ดินกรดเขตร้อนที่มีการชะล้างพังทลายสูง ได้แก่ ดินในอันดับอ็อกซิโซลส์ อุลติโซลส์ และอัลฟิโซลส์มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินต่ำ แต่มีปริมาณอินทรียฟอสฟอรัสสูงถึงประมาณ 60 – 80 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด แต่การวัดปริมาณการปลดปล่อยฟอสฟอรัสของอินทรียฟอสฟอรัส (mineralization) ทำได้ยากเนื่องจาก $H_2PO_4^-$ ที่ปลดปล่อยออกมาจะถูกตรึงและเปลี่ยนไปอยู่ในรูปอนินทรียฟอสฟอรัสอย่างรวดเร็ว สำหรับอนินทรียฟอสฟอรัสประกอบด้วยรูปที่จับอยู่กับอะลูมินัม (Al-P) เหล็ก (Fe-P) แคลเซียม (Ca-P) และฟอสฟอรัสที่จับกับออกไซด์ของเหล็กและอะลูมินัมอยู่ในรูปที่ไม่ละลาย (occluded) หรือละลายได้ยาก (reductant-soluble) รูปของอนินทรียฟอสฟอรัสขึ้นอยู่กับการชะล้างพังทลายของดิน ดินที่มีการชะล้างพังทลายมากขึ้นจะมีอนินทรียฟอสฟอรัสในรูป Fe-P สูงขึ้น แต่มี Ca-P ลดลง โดยที่ pH ของดินเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมรูปของอนินทรียฟอสฟอรัสในดิน เมื่อดินเป็นกรดมากขึ้นจะมี อนินทรียฟอสฟอรัสในรูป Fe-P และ Al-P สูงขึ้น ขณะที่ Ca-P ลดลง (Sanchez, 1976)

ดินเขตร้อนซึ่งเป็นดินที่มีการชะล้างพังทลายสูงจะมีเหล็กและอะลูมินัมออกไซด์เป็นองค์ประกอบอยู่ในชั้นดินเหนียวทำให้เกิดการตรึงฟอสฟอรัสได้มาก ประกอบกับในดินกรดจะมีไอออนของเหล็ก อะลูมินัม และแมงกานีสละลายอยู่ในปริมาณมากซึ่งจะทำปฏิกิริยาตกตะกอนกับฟอสฟอรัสเกิดเป็นสารประกอบที่ไม่ละลาย (Uribe, 1989) นอกจากนี้ $H_2PO_4^-$ ยังทำปฏิกิริยากับ hydrous oxide ของเหล็ก อะลูมินัม และแมงกานีส เกิดเป็นสารประกอบที่ไม่ละลายเช่นเดียวกัน (Brady, 1974) ทำให้ดินกรดที่มีการชะล้างพังทลายสูง เช่น ดินในอันดับอ็อกซิโซลส์และอุลติโซลส์มีค่าความสามารถในการตรึงฟอสฟอรัสในดินสูง (Sanchez, 1976)

1.2.2 การทดสอบฟอสฟอรัสในดิน

การทดสอบปริมาณฟอสฟอรัสในดินเป็นการทดสอบหาปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดหรือปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ แต่การหาปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดไม่สามารถใช้เป็นค่าบ่งชี้สถานะของระดับความเพียงพอต่อความต้องการของพืชได้ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์จึงเป็นค่าที่นิยมใช้เป็นค่าบ่งชี้ความเป็นประโยชน์ต่อพืช (ถวิล ครุฑกุล, 2530)

การหาปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี ได้แก่

- วิธีการสกัดด้วยน้ำ (water soluble P) ทำโดยการสกัดดินด้วยน้ำไร้ไอออน ในอัตราดินต่อน้ำ เท่ากับ 1 : 10 เขย่า 5 นาที เหวี่ยงแยกประมาณ 15 นาที ให้ได้สารละลายใสหรือกรองผ่านกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42 วัดความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในสารสกัดด้วยวิธี molybdate ascorbic acid (Olsen and Sommers, 1982)
- วิธีการสกัดด้วยสารสกัด Bray 1 ทำโดยการสกัดดินด้วยสารสกัด 0.025 N HCl + 0.03 N NH_4F อัตราส่วนดินต่อสารสกัด เท่ากับ 1 : 7 เขย่า 1 นาที แล้วกรองโดยใช้กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42 นำสารละลายที่กรองได้ไปวัดหาความเข้มข้นของฟอสฟอรัสด้วยวิธี molybdenum blue (Olsen and Sommers, 1982)
- วิธีการสกัดด้วยสารสกัด Bray 2 ทำโดยการสกัดดินด้วยสารสกัด 0.1 N HCl + 0.03 N NH_4F ทำการสกัดเช่นเดียวกับวิธี Bray 1
- วิธีการสกัดด้วยสารสกัด Double acid ทำโดยการชั่งดิน 5 กรัม และผงถ่าน 200 มิลลิกรัม เติมสารสกัด 0.05 N HCl + 0.025 N H_2SO_4 20 มิลลิลิตร เขย่า 5 นาที กรองผ่านกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42 วัดหาความเข้มข้นของฟอสฟอรัสด้วยวิธี vanadomolybdate (Olsen and Sommers, 1982)

- วิธีการสกัดด้วยสารสกัด Olsen ทำโดยชั่งดิน 5 กรัม เติมสารสกัด $NaHCO_3$, pH 8.5 100 มิลลิลิตร เขย่า 30 นาที กรองผ่านกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 40 ปิเปตสารสกัด 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร แล้วปรับ pH ให้เป็น 5 ด้วย 5 N H_2SO_4 จากนั้นวัดหาความเข้มข้นของฟอสฟอรัสด้วยวิธี molybdenum blue (Olsen and Sommers, 1982)

- วิธีการสกัดด้วยสารสกัด Ammonium bicarbonate-DTPA ทำโดยการสกัดดินด้วยสารสกัด Ammonium bicarbonate-DTPA อัตราส่วนดินต่อสารสกัด เท่ากับ 1 : 2 เขย่า 15 นาที กรองผ่านกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42 นำสารละลายที่กรองได้ไปวัดหาความเข้มข้นของฟอสฟอรัสด้วยวิธี molybdenum blue (Olsen and Sommers, 1982)

- วิธีการสกัดด้วยสารสกัด Mehlich 2 ทำโดยการสกัดดินด้วยสารสกัด Mehlich 2 (0.2 N CH_3COOH + 0.2 N NH_4Cl + 0.015 N NH_4F + 0.012 N HCl) อัตราส่วนดินต่อสารสกัดเท่ากับ 1 : 10 เขย่า 5 นาที กรอง แล้ววัดหาความเข้มข้นของฟอสฟอรัสโดยวิธี molybdenum blue (Mehlich, 1978)

- วิธีการสกัดด้วยสารสกัด Mehlich 3 ทำโดยการสกัดดินด้วยสารสกัด Mehlich 3 (0.2 N CH_3COOH + 0.25 N NH_4NO_3 + 0.015 N NH_4F + 0.013 N HNO_3 + 0.001 M EDTA) ใช้อัตราส่วนดินต่อสารสกัดเท่ากับ 1 : 10 เขย่า 3 นาที กรอง แล้ววัดหาความเข้มข้นของฟอสฟอรัสด้วยวิธี molybdenum blue (Mehlich , 1984)

- วิธี Anion Resin ทำโดยชั่งดิน 1 กรัม และ resin 1 กรัม เติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร เขย่า 16 ชั่วโมง แยก resin ออกจากสารละลายดินโดยการกรอง ย้าย resin ใส่ในบีกเกอร์ ขนาด 50 มิลลิลิตร เติม 10 % NaCl 25 มิลลิลิตร ให้ความร้อน 45 นาที วางให้เย็นลง แล้วกรองใส่ขวดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ล้าง resin ด้วย 10 % NaCl จนได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร วัดหาความเข้มข้นของฟอสฟอรัสด้วยวิธี molybdenum blue (Olsen and Sommers, 1982)

- วิธีการสกัดด้วย Acid ammonium oxalate ทำโดยการสกัดดินด้วย 0.2 M ammonium oxalate ในสภาพมืด เขย่า 2 ชั่วโมง จากนั้นนำไปเหวี่ยงแยก ระเหยสารสกัด 1 มิลลิลิตรให้แห้ง แล้วเผาที่อุณหภูมิ 500 °ซ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำมาละลายด้วย 1 M HCl จากนั้นวัดหาความเข้มข้นของฟอสฟอรัสด้วยวิธี molybdenum blue (Guo and Yost, 1999)

Jones (2001) ได้รวบรวมวิธีการทดสอบฟอสฟอรัสในดินไว้ 8 วิธี (ตารางที่ 1) ขณะที่ Sims (1999) ได้สรุปวิธีการทดสอบฟอสฟอรัสในดินที่ใช้กันในปัจจุบันไว้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 วิธีการทดสอบฟอสฟอรัสในดิน

วิธีทดสอบ	สารสกัด	น้ำหนักดิน (กรัม)	ปริมาตรสารสกัด (มล.)	เวลาเขย่า (นาที)
Morgan	0.7 N $NaC_2H_3O_2$ + 0.54 N CH_3COOH , pH 4.8	5	25	30
Bray 1	0.03 N NH_4F + 0.025 N HCl	2	20	5
Bray 2	0.03 N NH_4F + 0.1 N HCl	2	20	5
Mehlich 1	0.05 N HCl + 0.025 N H_2SO_4	5	25	5
Olsen	0.5 N $NaHCO_3$, pH 8.5	2.5	50	30
AB-DTPA	1 M NH_4HCO_3 + 0.005 M DTPA pH 7.6	10	20	15
Mehlich 3	0.2 N CH_3COOH + 0.015 N NH_4F + 0.25 N NH_4NO_3 + 0.013 N HNO_3 + 0.001 M EDTA	2.5 ลบ.ซม.	50	30
Calcium Chloride	0.01 M $CaCl_2.H_2O$	10	100	120

ดัดแปลงมาจาก : Jones (2001)

ตารางที่ 2 สรุปวิธีทดสอบฟอสฟอรัสในดินที่ใช้กันในปัจจุบัน

วิธีทดสอบ	สารสกัด	คำแนะนำ ค่าวิกฤติ และที่มา
AB-DTPA	1 M NH_4HCO_3 + 0.005 M DTPA pH 7.6	ใช้ทดสอบได้หลายธาตุ ใช้กับดินด่าง ค่าวิกฤติ : $\geq$ 8 mg kg^{-1} (Soltanpour and Schwab, 1977)
Bray 1	0.03 M NH_4F + 0.025 M HCl	ใช้ทดสอบ P ในดินกรดที่มีค่า CEC ปานกลาง ค่าวิกฤติ : $\geq$ 30 mg kg^{-1} (Bray and Kurtz, 1945)

ตารางที่ 2 สรุปวิธีทดสอบฟอสฟอรัสในดินที่ใช้กันในปัจจุบัน (ต่อ)

วิธีทดสอบ	สารสกัด	คำแนะนำ ค่าวิกฤติ และที่มา
Mehlich 1	0.05 M HCl + 0.025 M H_2SO_4	ใช้ทดสอบได้หลายธาตุ ใช้กับดินกรดที่มีค่า CEC ต่ำ ค่าวิกฤติ : $\geq$ 25 mg kg^{-1} (Mehlich, 1953)
Mehlich 3	0.2 M CH_3COOH + 0.25 M NH_4NO_3 + 0.015 M NH_4F + 0.013 M HNO_3 + 0.001 M EDTA – pH 2.5	ใช้ทดสอบได้หลายธาตุ ใช้กับดินทั่วไป มีความสัมพันธ์สูงกับ P ที่ทดสอบด้วยวิธี Bray 1 Mehlich 1 และ Olsen ค่าวิกฤติ : $\geq$ 50 mg kg^{-1} (Mehlich, 1984)
Morgan	0.7 M $NaC_2H_3O_2$ + 0.54 M CH_3COOH - pH 4.8	ใช้ทดสอบได้หลายธาตุ ใช้กับดินกรดที่มีค่า CEC ต่ำ ทางตะวันออกเฉียงเหนือของอเมริกา ไม่เหมาะกับดินเนื้อปูน ค่าวิกฤติ : $\geq$ 4 - 6 mg kg^{-1} (Morgan, 1941)
Modified Morgan	0.62 M NH_4OH + 1.25 M CH_3COOH - pH 4.8	
Olsen	0.5 M $NaHCO_3$ - pH 8.5	พัฒนาใช้ทดสอบ P สำหรับดินด่างทางตะวันตกของอเมริกา แต่ปัจจุบันนำมาใช้กับดินกรดและดินที่เป็นกลางด้วย ค่าวิกฤติ : $\geq$ 10 mg kg^{-1} (Olsen *et al*., 1954)
Egner	P-CAL: 0.01 M Ca lactate + 0.02 M HCl P-AL: 0.01 M HN_4lactate + HOAc – pH 3.75	ใช้ทดสอบได้หลายธาตุ ใช้ในยุโรปและสแกนดิเนเวีย แต่ไม่ใช้ในอเมริกา (Egner *et al*., 1960)

ดัดแปลงมาจาก : Sims (1999)

1.2.3 ความสัมพันธ์ของวิธีการทดสอบฟอสฟอรัสในดินกับชนิดของดินและความเป็นประโยชน์ต่อพืช

งานวิจัยของ Simard และคณะ (1991) พบว่าในดินที่เป็นกรด ปริมาณฟอสฟอรัสที่ข้าวโอต และข้าวโพดดูดไปใช้มีความสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดด้วยน้ำ (r = 0.85) เช่นเดียวกับ Thompson และคณะ (1960) (อ้างโดย Olsen and Sommers, 1982) ซึ่งรายงานว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ (water-soluble P) มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างสูงกับปริมาณฟอสฟอรัสที่ข้าวฟ่าง (*Sorghum bicolor L. Moench*) ดูดไปใช้ในดิน 22 ชนิดซึ่งส่วนใหญ่เป็นดินกรด

การหาปริมาณฟอสฟอรัสในดินด้วยสารสกัด Bray 1 และ Bray 2 ที่เสนอโดย Bray และ Kurtz (1945) ใช้ได้ดีกับดินกรด (Olsen and Sommers, 1982) ถวิล ครุฑกุล (2530) รายงานว่าสารสกัด Bray ทั้ง 2 ชนิดใช้ได้ผลดีในดินกรดทั่ว ๆ ไปของประเทศสหรัฐอเมริกา สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sanyal และคณะ (1993) ซึ่งพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยสารสกัด Bray 2 สามารถใช้เป็นค่าบ่งชี้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินได้ดีในดินกรด และงานวิจัยของ Sonar และ Palwe (2002) พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่ทดสอบด้วยวิธี Bray 1 มีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ผลผลิตของข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ Menon และคณะ (1989) ซึ่งพบว่าวิธี Bray 1 ให้ค่าฟอสฟอรัสที่สูงกว่าค่าความเป็นประโยชน์ต่อพืชในดินที่มีการเติมหินฟอสเฟตที่ผ่านการทำปฏิกิริยาเคมีกับกรดบางส่วน (partial acidulated phosphate rocks)

Fageria และคณะ (1997) ได้ศึกษาผลการทดสอบฟอสฟอรัสในดินพบว่าระดับฟอสฟอรัสที่ทดสอบด้วยวิธี Mehlich 1 มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลผลิตเมล็ดข้าวที่ปลูกบนดินอินเซปทิโซลส์ Khiari และคณะ (1999) รายงานว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่ทดสอบด้วยวิธี Mehlich 3 มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างสูงกับผลผลิตของพืชที่ปลูกในดินกรด งานวิจัยของ Cade Menun และ Lavkulich (1997) พบว่าวิธี Bray 1 สามารถวัดค่าความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสได้ดีกว่าวิธี Mehlich 3 ในดินแร่

สารสกัด 0.5 M $NaHCO_3$, pH 8.5 (Olsen method) เป็นสารสกัดที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากมีความแม่นยำในการทำซ้ำสูงและสัมพันธ์กับการตอบสนองของพืช Choudhury (1986) ถวิล ครุฑกุล (2530) รายงานว่าวิธี Olsen ใช้ได้ดีกับดินที่เป็นด่างหรือค่อนข้างเป็นด่าง ขณะที่ Yerokun และ Christenson (1990) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของฟอสฟอรัสในดินบนของดินมิชิแกนซึ่งมี pH เป็นกลางและเป็นกรดเล็กน้อย (pH 5.6 – 7.8) พบว่า

ฟอสฟอรัสในดินที่สกัดโดยวิธี Olsen มีความสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชดูดไปใช้มากกว่าวิธี Bray 1 และ Bray 2

Guo และ Yost (1999) พบว่าการหาปริมาณฟอสฟอรัสด้วยวิธี acid ammonium oxalate สามารถใช้ประมาณค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ดีในดินที่มีการชะล้างพังทลายสูงซึ่งมีเหล็กและอะลูมินัมสูง เช่น ดินในอันดับอุลติโซลส์ ในเขตร้อนชื้น แต่ไม่เหมาะที่จะใช้กับดินเนื้อปูน นอกจากนี้ Fox และคณะ (1990) ยังรายงานว่ามีการดูดซับฟอสฟอรัสกลับสู่ดินในระหว่างการสกัดด้วย ammonium oxalate น้อยกว่าสารสกัดอื่น

Naidu และคณะ (1991) พบว่าปริมาณ resin-extractable P มีความสัมพันธ์อย่างสูงกับฟอสฟอรัสที่พืชดูดไปใช้ ($r = 0.90$) ขณะที่ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดด้วยสารสกัด Olsen, Bray 1, Bray 2 และ Mehlich มีความสัมพันธ์กับฟอสฟอรัสที่พืชดูดไปใช้น้อยมาก สอดคล้องกับผลการวิจัยของ van Raij และ Quaggio (1990) ซึ่งได้ทำการทดสอบปริมาณฟอสฟอรัสในดินด้วยวิธีต่างๆ กับการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสในใบถั่วเหลือง พบว่า resin-exchangeable P สัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสในใบ

Ussiri และคณะ (1998) ได้ทำการทดสอบวิธีการหาฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินหลายชนิดซึ่งมีค่า pH ตั้งแต่ 4.8 – 7.7 ของประเทศแทนซาเนียด้วยวิธีต่างๆ 6 วิธี ได้แก่ Bray 1, Bray 2, Mehlich 1, Mehlich 3, Olsen และ AB-DTPA พบว่าทุกวิธีให้ค่าที่สัมพันธ์กับผลผลิตของข้าวโพด จึงสามารถใช้ในการประเมินค่าความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินได้ โดยที่วิธี Olsen มีความสัมพันธ์กับผลผลิตข้าวโพดสูงสุด

1.2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบฟอสฟอรัสในดินด้วยวิธีต่าง ๆ

Ebeling และคณะ (2003) พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่ทดสอบด้วยวิธี water soluble Mehlich 3, Bray 1, Ammonium Oxalate, P Saturation, Bio-P , Anion Exchangeable P มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยวิธี Bray 1 และ Mehlich 3 มีความสัมพันธ์กันมากที่สุด ($r^2 = 0.92$) นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่ทดสอบด้วยวิธี Olsen มีความสัมพันธ์อย่างสูงกับวิธี Mehlich 3 และไม่ขึ้นกับค่าความเป็นกรดด่างของดิน จากการศึกษาของ Burt และคณะ (2002) พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่ทดสอบด้วย Bray 1 และ Mehlich 3 มีความสัมพันธ์กันอย่างสูงและมีความสามารถในการสกัดฟอสฟอรัสในดินได้ใกล้เคียงกันแต่ให้ค่าที่สูงกว่าวิธี Olsen ถึง 2/3 เท่า

งานวิจัยของ Rodriguez และคณะ (1989) พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่ทดสอบด้วยวิธี AB-DTPA, Olsen, Bray 1 และ Mehlich 1 มีความสัมพันธ์กันยกเว้นวิธี Mehlich 1 กับ AB-DTPA หรือ Olsen Mallarino (1997) พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่ทดสอบด้วยวิธี Olsen มีความสัมพันธ์อย่างสูงกับวิธี Mehlich 3 และไม่ขึ้นกับค่าความเป็นกรดด่างของดิน นอกจากนี้ Mehlich (1984) พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่ทดสอบด้วยวิธี Mehlich 3 มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างสูงกับปริมาณฟอสฟอรัสที่ทดสอบด้วยวิธี Mehlich 2 และ Bray 1 และสารสกัด Mehlich 3 สามารถใช้กับทั้งดินกรดจนถึงดินด่าง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wendt (1995) กับ Chilimba และคณะ (1999) ซึ่งพบว่ามีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างสูงระหว่างฟอสฟอรัสที่ทดสอบด้วยวิธี Mehlich 3 กับ Bray 1 ในการทดลองกับดินมาลาวี Mallarino (1997) พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่ทดสอบด้วยวิธี Mehlich 3 มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างสูงกับวิธี Bray 1 ยกเว้นในดินเนื้อปูน

Mylavarapu และคณะ (2002) พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่ทดสอบด้วยวิธี Mehlich 1 และ Mehlich 3 มีความสัมพันธ์กันอย่างสูงในดินที่เป็นกรดถึงเป็นกลาง

1.2.5 ผลของการเติมปูนและการให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อการทดสอบฟอสฟอรัสในดิน

Curtin และ Syers (2001) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสเมื่อมีการเติมปูนลงในดิน 6 ชนิดของประเทศนิวซีแลนด์พบว่าการเติมปูนมีผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่วิเคราะห์ได้ด้วยวิธี Olsen และวิธีสกัดด้วยน้ำลดลงโดยเฉพาะเมื่อมีการเติมฟอสฟอรัสในอัตราสูง สอดคล้อง Fernandes และ Coutinho (1999) ซึ่งแนะนำให้มีความระมัดระวังในการใช้ค่าฟอสฟอรัสที่ได้โดยวิธี Olsen ในการแนะนำการใช้ปุ๋ยในดินกรดหลังการเติมปูน

van Raij และ Quaggio (1990) ได้ทำการทดสอบปริมาณฟอสฟอรัสในดินด้วยวิธีต่างๆ พบว่า resin-exchangeable P เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปูนลงในดิน แต่ปริมาณฟอสฟอรัสที่ทดสอบด้วยวิธี Mehlich 1 และ Bray ไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อมีการเติมปูนลงในดินขณะที่ปริมาณฟอสฟอรัสในใบเพิ่มขึ้น

ฟอสฟอรัสที่ทดสอบด้วยวิธีสกัดด้วยน้ำและวิธี Olsen ให้ค่าฟอสฟอรัสที่ต่ำกว่าความเป็นจริงกรณีที่มีการเติมหินฟอสเฟตในดินเนื่องจากน้ำและสารสกัด Olsen ไม่สามารถละลายฟอสฟอรัสจากหินฟอสเฟตได้ (Menon *et al*., 1989) ขณะที่วิธี Bray 2 ให้ค่าฟอสฟอรัสสูงเกินความเป็นจริงในดินที่มีการเติมหินฟอสเฟต (Indiati *et al*., 2002)

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.3.1 เพื่อศึกษาหาวิธีการทดสอบฟอสฟอรัสในดินที่เหมาะสมในการประเมินระดับฟอสฟอรัสสำหรับดินกรดเขตร้อนที่สำคัญในภาคใต้ของประเทศไทย

1.3.2 เพื่อประเมินผลการทดสอบฟอสฟอรัสด้วยวิธีต่างๆ กับความเป็นประโยชน์ต่อพืช

1.3.3 เพื่อศึกษาผลของการเติมปูนและการให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสต่อพืชในดินกรดเขตร้อนที่สำคัญในภาคใต้ของประเทศไทย