



# วิทยานิพนธ์

ประสิทธิภาพของน้ำยาสกัดเมลิคสามและแอมโมเนียมไบคาร์บอเนต-  
ดีทีพีเอ ในการประเมินฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์  
ในบางชุดดินของประเทศไทย

**EFFICIENCY OF MEHLICH III AND AMMONIUM  
BICARBONATE-DTPA EXTRACTANTS IN EVALUATING  
AVAILABLE PHOSPHORUS AND POTASSIUM  
IN SOME SOIL SERIES OF THAILAND**

นายสุรเชษฐ์ อร่ามรักษ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2550



## ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

ปริญญา

ปฐพีวิทยา

ปฐพีวิทยา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ประสิทธิภาพของน้ำยาสกัดเมลิคสามและแอมโมเนียมไบคาร์บอเนต-ดีทีพีเอ ในการประเมินฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในบางชุดดินของประเทศไทย

Efficiency of Mehlich III and Ammonium Bicarbonate-DTPA Extractants in Evaluating Available Phosphorus and Potassium in Some Soil Series of Thailand

นามผู้วิจัย นายสุรเชษฐ์ อร่ามรักษ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

( รองศาสตราจารย์จรงค์ จันทน์เจริญสุข, D.Agr. )

กรรมการ

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์, Dr.agr. )

กรรมการ

( รองศาสตราจารย์เอ็จ สโรบล, Ph.D. )

หัวหน้าภาควิชา

( รองศาสตราจารย์อัญชลี สุทธิประการ, Ph.D. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์วินัย อัจจงหาญ, M.A. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ประสิทธิภาพของน้ำยาสกัดเมลิคสามและแอมโมเนียมไบคาร์บอเนต-ดีทีพีเอ ในการประเมิน  
ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในบางชุดดินของประเทศไทย

Efficiency of Mehlich III and Ammonium Bicarbonate-DTPA Extractants in Evaluating  
Available Phosphorus and Potassium in Some Soil Series of Thailand

โดย

นายสุรเชษฐ์ อร่ามรักษ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

พ.ศ. 2550

ศุภเชษฐ์ อร่ามรักษ์ 2550: ประสิทธิภาพของน้ำยาสกัดเมลิคสามและแอมโมเนียมไปคาร์บอนेट- ดีทีพีเอ ในการประเมินฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในบางชุดดินของประเทศไทย  
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาปฐพีวิทยา ภาควิชาปฐพีวิทยา  
ประธานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์จรงค์ จันทน์เจริญสุข, D.Agr. 74 หน้า

ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำยาสกัดเมลิคสาม (Mehlich III) และแอมโมเนียมไปคาร์บอนेट- ดีทีพีเอ (AB-DTPA) ในการประเมินฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) ที่เป็นประโยชน์ในชุดดินชัยบาดาล ลพบุรี ลำานารายณ์ โขดชัย ปากช่อง กำแพงแสน ท่าใหม่ และบุรีรัมย์ และได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการประเมิน P และ K ที่เป็นประโยชน์ในดินของน้ำยาสกัดทั้งสองกับน้ำยาสกัดเดิมที่ใช้เป็นประจำคือน้ำยาสกัด Bray II และ  $\text{NH}_4\text{OAc}$  รวมทั้งน้ำยาสกัด Olsen ด้วย ในการศึกษาใช้ข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 4452 เป็นพืชทดสอบ ปลูกข้าวโพดในเรือนทดลอง วางแผนการทดลองแบบ  $8 \times 3$  factorial in CRD มี 3 ซ้ำ กำหนดให้ชุดดินทั้ง 8 ชุดดินเป็นปัจจัยแรก การใส่ปุ๋ยเป็นปัจจัยที่สองประกอบด้วย 3 คำรับ คือ ใส่ปุ๋ยในโตรเจน(N) P และ K (complete), ไม่ใส่ปุ๋ย K (-K), ไม่ใส่ปุ๋ย P (-P) ประสิทธิภาพของน้ำยาสกัดทั้งสองประเมินจากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ P และ K ที่สกัดได้จากดินโดยน้ำยาสกัดดังกล่าวกับปริมาณ P (คำรับ -P) และ K (คำรับ -K) ทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้

ผลการทดลองพบว่า ปริมาณ P ที่สกัดได้โดยน้ำยาสกัด Mehlich III และ Bray II มีสหสัมพันธ์กับปริมาณ P ทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $r = 0.863^{**}$  และ  $0.898^{**}$  ตามลำดับ) ส่วนปริมาณ P ที่สกัดโดยน้ำยาสกัด AB-DTPA และ Olsen มีสหสัมพันธ์กับปริมาณ P ทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $r = 0.754^*$  และ  $0.803^*$  ตามลำดับ) ปริมาณ P ที่สกัดได้โดยน้ำยาสกัด Mehlich III Bray II AB-DTPA และ Olsen สามารถใช้คาดคะเนปริมาณการดูดใช้ P ของข้าวโพดได้ร้อยละ 74 81 57 และ 64 ตามลำดับ สำหรับปริมาณ K ที่สกัดโดยน้ำยาสกัด Mehlich III AB-DTPA และ  $\text{NH}_4\text{OAc}$  พบว่ามีสหสัมพันธ์กับปริมาณ K ทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $r = 0.930^{**}$   $0.902^{**}$  และ  $0.942^{**}$  ตามลำดับ) ปริมาณ K ที่สกัดโดยน้ำยาสกัด Mehlich III AB-DTPA และ  $\text{NH}_4\text{OAc}$  สามารถใช้คาดคะเนปริมาณการดูดใช้ K ของข้าวโพดได้ร้อยละ 87 81 และ 89 ตามลำดับ ผลการทดลองดังกล่าวแสดงว่าน้ำยาสกัด Mehlich III และ AB-DTPA มีประสิทธิภาพในการประเมิน P และ K ที่เป็นประโยชน์ในดิน โดยประสิทธิภาพในการประเมิน P ที่เป็นประโยชน์ในดินของน้ำยาสกัด Mehlich III ใกล้เคียงกับ Bray II แต่สูงกว่า Olsen และ AB-DTPA ส่วนในการประเมิน K ที่เป็นประโยชน์ในดิน น้ำยาสกัด Mehlich III มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับน้ำยาสกัด  $\text{NH}_4\text{OAc}$  และสูงกว่า AB-DTPA เล็กน้อย น้ำยาสกัด Mehlich III และ AB-DTPA สามารถใช้ประเมินทั้ง P และ K ที่เป็นประโยชน์ในดินด้วยการสกัดเพียงครั้งเดียว โดยประสิทธิภาพในการประเมิน P และ K ที่เป็นประโยชน์ในดินของน้ำยาสกัด Mehlich III สูงกว่าน้ำยาสกัด AB-DTPA

Surachet Aramrak 2007: Efficiency of Mehlich III and Ammonium Bicarbonate-DTPA Extractants in Evaluating Available Phosphorus and Potassium in Some Soil Series of Thailand.

Master of Science (Agriculture), Major Field: Soil Science, Department of Soil Science.

Thesis Advisor: Associate Professor Jongruk Chanchareonsook, D.Agr. 74 pages.

Efficiency of Mehlich III and ammonium bicarbonate - DTPA (AB-DTPA) in evaluating available phosphorus (P) and potassium (K) in Chai Badan, Lop Buri, Lum Narai, Chok Chai, Pak Chong, Khampaeng Sean, Tha Mai and Buri Rum soil series was studied. In addition, comparative study of their efficiencies with Bray II, Olsen and  $\text{NH}_4\text{OAc}$  was also elucidated. Corn hybrid (Suwan 4452) was used as the test crop. The design of the experiment was 8 x 3 factorial in CRD with three replicates. The eight soil series were the first factor while the three fertilizer treatments (NPK, complete; NP, -K; NK, -P) were the second factor. Relationship among amounts of P and K extracted with Mehlich III and AB-DTPA and those taken up by corn was determined.

The results showed that the amounts of P extracted with Mehlich III and Bray II were highly correlated ( $r = 0.863^{**}$  and  $0.989^{**}$ , respectively) while those extracted with AB-DTPA and Olsen were correlated ( $r = 0.754^*$  and  $0.803^*$ , respectively) with those absorbed by corn. The amounts of P extracted with Mehlich III, Bray II, AB-DTPA and Olsen could be used to predict the total-P uptake of corn with percentage of 74, 81, 57 and 64, respectively. The amounts of K extracted with Mehlich III, AB-DTPA and  $\text{NH}_4\text{OAc}$  was highly correlated ( $r = 0.930^{**}$ ,  $0.902^{**}$  and  $0.942^{**}$ , respectively) with those removed by corn. The amounts of K extracted with Mehlich III, AB-DTPA and  $\text{NH}_4\text{OAc}$  could be used to predict the total-K uptake of corn with percentage of 87, 81 and 89, respectively. The results indicated that both Mehlich III and AB-DTPA could be used efficiently to evaluate available P and K in soils. The efficiency of Mehlich III for assessing available P was similar to that of Bray II, but higher than those of AB-DTPA and Olsen. The efficiency of Mehlich III for evaluating available K was similar to that of  $\text{NH}_4\text{OAc}$ , but slightly higher than those of AB-DTPA. Therefore, both Mehlich III and AB-DTPA could be used as multi-element extractants to assess available P and K in soils with simultaneous extraction. However, the efficiency of Mehlich III was superior to AB-DTPA.

---

Student's signature

---

Thesis Advisor's signature

## กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.จรงค์ จันทน์เจริญสุข ประธานกรรมการที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์ กรรมการวิชาเอก ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำปรึกษาในเรื่องการเรียน การวางแผนการศึกษา การดำเนินชีวิต ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. เอ็จ สโรบล กรรมการวิชาการ รองศาสตราจารย์ ดร. สุมิตรา ภู่วโรดม และ อาจารย์ ดร. สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา เพื่อการตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติและนานาชาติ ประจำปีงบประมาณ 2549 ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนให้ความรู้จนถึงปัจจุบัน ขอขอบคุณภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โครงการพัฒนาวิชาการดิน ปุ๋ยและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาปฐพีวิทยา และเจ้าหน้าที่ห้องวิเคราะห์ดินและพืช ที่ได้อนุเคราะห์ให้ใช้สถานที่และอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการตลอดระยะเวลาของการศึกษา

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อสมบุญ และคุณแม่ผ่อง อร่ามรักษ์ ที่ได้เลี้ยงดู อบรมสั่งสอนให้กำลังใจ ให้การสนับสนุนและให้โอกาสทางการศึกษาแก่ข้าพเจ้าเสมอมา ขอขอบคุณสมาชิกครอบครัวอ่ามรักษ์ และสมาชิกสโมสรบัณฑิตปฐพีวิทยาทุกท่านที่ให้การช่วยเหลือตลอดมา และขอขอบคุณ คุณอภัยะวรรณ สุนันทการกิจ ที่อยู่เคียงข้างและเป็นกำลังใจ ประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขอบอบแต่ คุณพ่อ คุณแม่ ครู อาจารย์ทุกท่านที่อบรมสั่งสอนให้ข้าพเจ้ามีความรู้จนถึงปัจจุบัน

สุรเชษฐ์ อร่ามรักษ์

มีนาคม 2550

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	4
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	18
อุปกรณ์	18
วิธีการ	20
ผลและวิจารณ์	27
สรุปและข้อเสนอแนะ	54
สรุป	54
ข้อเสนอแนะ	56
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	57
ภาคผนวก	63
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	74

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับชุดดินที่นำมาศึกษา	18
2	แสดงรายละเอียดการสกัดฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินด้วยน้ำยาสกัดชนิดต่างๆที่นำมาศึกษา	23
3	แสดงค่าวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์บางประการของดินที่ทำการศึกษา	28
4	ปริมาณฟอสฟอรัสในดินที่สกัดโดยน้ำยาสกัด Mehlich III AB-DTPA Bray II และ Olsen (เฉลี่ย 3 ซ้ำ)	31
5	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยวิธีที่ใช้น้ำยาสกัดต่างๆ	33
6	ลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของข้าวโพด (เฉลี่ย 3 ซ้ำ) ที่ใช้หาความสัมพันธ์กับค่าวิเคราะห์ ฟอสฟอรัส โดยวิธีสกัดด้วยน้ำยา Mehlich III AB-DTPA Bray II และ Olsen	34
7	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยวิธีต่างๆ กับลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของข้าวโพด	35
8	สมการถดถอยเชิงเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของข้าวโพด (Y) และปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้จากดินโดยน้ำยาสกัด Mehlich III Bray II และ Olsen (X) และค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด ( $r^2$ )	36
9	ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดโดยน้ำยาสกัด Mehlich III AB-DTPA และ $\text{NH}_4\text{OAc}$	44
10	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดโดยวิธีที่ใช้น้ำยาสกัดต่างๆ	46
11	ลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของข้าวโพด (เฉลี่ย 3 ซ้ำ) ที่ใช้หาความสัมพันธ์กับค่าวิเคราะห์โพแทสเซียมโดยวิธีต่างๆ	47

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
12	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยวิธีที่สกัดด้วย น้ำยาสกัด Mehlich III AB-DTPA และ $\text{NH}_4\text{OAc}$ กับลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการ เจริญเติบโตของข้าวโพด	48
13	สมการถดถอยเชิงเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะที่เกี่ยวข้องกับ การเจริญเติบโตของข้าวโพด (Y) และปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้จากดิน โดยน้ำยาสกัดต่างๆ (X)	50

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
1	ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งเฉลี่ยของข้าว โปด ( $\text{g pot}^{-1}$ ) ที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล ลพบุรี ลำานรายณ์ ไชคชัย ปากช่อง กำแพงแสน ทำใหม่ และบุรีรัมย์ ในดำรับการทดลองต่างๆ	64
2	การวิเคราะห์ความแปรปรวนผลผลิตน้ำหนักรากแห้งของข้าว โปดที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล ลพบุรี ลำานรายณ์ ไชคชัย ปากช่อง กำแพงแสน ทำใหม่ และบุรีรัมย์ ในดำรับการทดลองต่างๆ	65
3	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ข้าว โปดดูดใช้ ( $\text{mg P pot}^{-1}$ ) (เฉลี่ย 3 ซ้ำ) ที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล ลพบุรี ลำานรายณ์ ไชคชัย ปากช่อง กำแพงแสน ทำใหม่ และบุรีรัมย์ ที่ดำรับการใส่ปุ๋ยธาตุอาหารหลักในดำรับการทดลองต่างๆ	66
4	การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ข้าว โปดดูดใช้ ที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล ลพบุรี ลำานรายณ์ ไชคชัย ปากช่อง กำแพงแสน ทำใหม่ และบุรีรัมย์ ในดำรับการทดลองต่างๆ	67
5	ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่ข้าว โปดดูดใช้ ( $\text{mg K pot}^{-1}$ ) (เฉลี่ย 3 ซ้ำ) ที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล ลพบุรี ลำานรายณ์ ไชคชัย ปากช่อง กำแพงแสน ทำใหม่ และบุรีรัมย์ ที่ดำรับการใส่ปุ๋ยธาตุอาหารหลักในดำรับการทดลองต่างๆ	68
6	การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่ข้าว โปดดูดใช้ ที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล ลพบุรี ลำานรายณ์ ไชคชัย ปากช่อง กำแพงแสน ทำใหม่ และบุรีรัมย์ ในดำรับการทดลองต่างๆ	69
7	ข้อจำกัดของสมบัติทางเคมีที่ใช้ประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973)	70
8	แสดงการเปลี่ยน non SI unit เป็น SI unit	71

## สารบัญญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินที่นำมาศึกษา	29
2	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัด โดยวิธีสกัดด้วยน้ำยาสกัด Mehlich III (a) AB-DTPA (b) Bray II (c) และ Olsen (d) กับผลผลิตน้ำหนักรากแห้งของข้าวโพด	37
3	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัด โดยน้ำยาสกัด Mehlich III (a) Bray II (b) กับผลผลิตน้ำหนักรากแห้งสัมพัทธ์ของข้าวโพด	39
4	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัด โดยวิธี Mehlich III (a) Bray II (b) AB-DTPA (c) และ Olsen (d) กับปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้	41
5	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัด โดยวิธี Mehlich III (a) และ AB-DTPA (b) กับ $\text{NH}_4\text{OAc}$ (c) กับปริมาณ โปแตสเซียมทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้	51

ประสิทธิภาพของน้ำยาสกัดเมลิคสามและแอมโมเนียมไบคาร์บอเนต- ดีทีพีเอ  
ในการประเมินฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์  
ในบางชุดดินของประเทศไทย

**Efficiency of Mehlich III and Ammonium Bicarbonate – DTPA Extractants in  
Evaluating Available Phosphorus and Potassium in Some Soil Series of Thailand**

คำนำ

ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณที่มาก ธาตุดังกล่าวมีความสำคัญและจำเป็นต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืช โดยจะเกี่ยวข้องกับกระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆในพืช ปริมาณฟอสฟอรัสในพืชโดยทั่วไปอยู่ในช่วง 0.1-0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง ส่วนปริมาณโพแทสเซียมเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้งจะอยู่ในช่วง 0.5-6 เปอร์เซ็นต์ (Havlin *et al.*, 2005) ดินที่ใช้ทางการเกษตรในหลายพื้นที่มักพบการขาดธาตุอาหารฟอสฟอรัส และ/หรือธาตุอาหารโพแทสเซียม ซึ่งส่งผลให้การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืชต่ำ จำเป็นต้องมีการเพิ่มธาตุอาหารหรือใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส และ/หรือโพแทสเซียมให้กับพืช

การวิเคราะห์ดินทางเคมี (chemical soil testing) เป็นวิธีการหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการประเมินปริมาณหรือสถานะภาพของธาตุอาหารฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินว่าอยู่ในระดับที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืชหรือไม่ ผลการวิเคราะห์ดินจะช่วยทำให้ทราบแนวทางที่ถูกต้องในการจัดการธาตุอาหารพืชหรือการจัดการปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม เพื่อการผลิตพืชได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมทั้งในเชิงเศรษฐศาสตร์และในเชิงสิ่งแวดล้อม (Peck and Soltanpour, 1990; Havlin *et al.*, 2005) อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ดินเพื่อประเมินปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมีหลายวิธีซึ่งแตกต่างกันตามน้ำยาที่ใช้สกัดธาตุอาหารพืชที่เป็นประโยชน์ในดิน ความน่าเชื่อถือของแต่ละวิธีมักพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่วิเคราะห์ได้ของแต่ละวิธีกับการตอบสนองของพืช โดยเฉพาะปริมาณธาตุอาหารที่พืชดูดใช้ (plant uptake) เป็นหลักสำคัญ วิธีการใดให้ค่าวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารที่สกัดได้สัมพันธ์กับปริมาณธาตุอาหารที่พืชดูดใช้จากดิน จะเป็นวิธีที่เหมาะสมในการประเมินความเป็นประโยชน์ของ

ธาตุอาหารนั้นในดิน (ทรงศักดิ์, 2528; แสงดาว, 2545; Vacharotayan *et al.*, 1964; Peck and Soltanpour, 1990)

สำหรับประเทศไทย จากผลงานวิจัยชี้ให้เห็นว่าวิธีการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินโดยวิธี Olsen และ Bray II หรือสกัดฟอสฟอรัสในดินด้วยน้ำยา Olsen และ Bray II ให้ผลวิเคราะห์ที่สัมพันธ์กับปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสของพืช (P uptake) (วิจัย, 2525; นฤมล, 2531; Vacharotayan *et al.*, 1964) แต่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินในประเทศไทยส่วนใหญ่นิยมใช้วิธีวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์โดยการสกัดดินด้วย Bray II สำหรับการวิเคราะห์โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์นิยมใช้สารละลาย 1 M  $\text{NH}_4\text{OAc}$  (pH 7.0) เป็นน้ำยาสกัด (อนนท์, 2547)

อนึ่งเมื่อพิจารณาในเชิงเศรษฐศาสตร์ถ้ามีการใช้วิธีวิเคราะห์ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินโดยการสกัดเพียงครั้งเดียวด้วยน้ำยาเดี่ยวน่าจะทำให้ประหยัดทั้งเวลาและค่าใช้จ่ายได้มากขึ้นและเนื่องจากปัจจุบันในหลายประเทศได้มีการค้นคว้าและวิจัยเกี่ยวกับการใช้น้ำยาเดี่ยว (multi-element soil extractant หรือ universal soil extractant) เพื่อสกัดธาตุอาหารพืชที่เป็นประโยชน์หลายธาตุจากดินด้วยการสกัดเพียงครั้งเดียวกันอย่างแพร่หลาย และได้มีรายงานว่าน้ำยาสกัด Mehlich III และ ammonium bicarbonate-DTPA (AB-DTPA) สามารถสกัดธาตุอาหารฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Elrashidi *et al.*, 2003; Wang *et al.*, 2004) ด้วยการสกัดเพียงครั้งเดียว

ดังนั้นจึงศึกษาประสิทธิภาพของน้ำยาสกัด Mehlich III และ AB-DTPA ในการประเมินปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินบางชุดดินของประเทศไทยคือชุดดินชัยบาดาล ลพบุรี ลำนารายณ์ โขดชัย ปากช่อง กำแพงแสน ท่าใหม่ และบุรีรัมย์ และใช้ข้าวโพดเป็นพืชทดสอบ โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ซึ่งสกัดโดย Mehlich III และ AB-DTPA กับการตอบสนองของพืชทั้งผลผลิตน้ำหนักแห้ง ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้ และเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการสกัดฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์โดยน้ำยาสกัดทั้งสองกับน้ำยาสกัดเดิมที่ใช้เป็นประจำคือน้ำยา Bray II และ  $\text{NH}_4\text{OAc}$  pH 7.0 รวมทั้งน้ำยา Olsen ด้วย ผลการศึกษาจะทำให้ทราบแนวทางการใช้น้ำยาสกัดเดี่ยวที่สามารถสกัดได้ทั้งฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินออกมาพร้อมกันโดยการสกัดเพียงครั้งเดียวซึ่งจะทำให้ประหยัดทั้งเวลาและค่าใช้จ่ายได้มากขึ้น นอกจากนี้ น้ำยาสกัด Mehlich III และ AB-DTPA ได้ถูกพัฒนามาให้สามารถสกัดจุลธาตุอาหารได้

ด้วย จึงอาจใช้น้ำยาสกัดทั้งสองในการประเมินความเป็นประโยชน์ของจุลธาตุอาหารพืชในดินที่มีปัญหาเกี่ยวกับการขาดจุลธาตุอาหารเมื่อ ได้มีการศึกษาต่อไป

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของน้ำยาสกัด Mehlich III และ AB-DTPA ในการประเมินปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในชุดดินชัยบาดาล ลพบุรี ลำานารายณ์ ไชคชัย ปากช่อง กำแพงแสน ท่าใหม่ และบุรีรัมย์
2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของน้ำยาสกัด Mehlich III และ AB-DTPA กับน้ำยา Olsen Bray II และ  $\text{NH}_4\text{OAc}$  pH 7.0 ในการประเมินปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในชุดดินชัยบาดาล ลพบุรี ลำานารายณ์ ไชคชัย ปากช่อง กำแพงแสน ท่าใหม่ และบุรีรัมย์
3. เพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานและทราบแนวทางการใช้น้ำยา Mehlich III และ AB-DTPA สกัดทั้งฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน โดยการสกัดเพียงครั้งเดียวในการประเมินความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในดิน

## การตรวจเอกสาร

### 1. บทบาทของฟอสฟอรัสที่มีต่อของพืช

รากพืชสามารถดูดฟอสฟอรัสจากสารละลายดินไปใช้ประโยชน์ในรูป  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  และ  $\text{HPO}_4^{2-}$  แต่โดยส่วนใหญ่พืชจะดูดในรูป  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  มากกว่า  $\text{HPO}_4^{2-}$  (ยงยุทธ, 2546) ฟอสฟอรัสมีบทบาทสำคัญมากในพืช ปริมาณฟอสฟอรัสในพืชอยู่ในลำดับที่ 8 เรียงจาก ไฮโดรเจน คาร์บอน ออกซิเจน ไนโตรเจน โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) โดยพืชต้องการฟอสฟอรัสราว 0.3-0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแห้งเพื่อทำให้การเจริญเติบโตในระยะเวदनภาค (vegetative stage) เป็นไปตามปกติ (ยงยุทธ, 2546) ฟอสฟอรัสมีหน้าที่หลักในการเป็นองค์ประกอบของสารพลังงานสูง (adenosine triphosphate, ATP) ซึ่งมีความสำคัญมากต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมในระบบชีวเคมีของเซลล์พืช เป็นองค์ประกอบของสารพันธุกรรม (DNA และ RNA) ซึ่งเก็บรหัสพันธุกรรมในการควบคุมการสร้างโปรตีนและสารอื่นที่จำเป็นต่อโครงสร้างพืช ผลผลิตพืช และการถ่ายโอนพันธุกรรม สารสำคัญอย่างฟอสโฟลิปิด ฟอสโฟโปรตีน โกลเอนไซม์ และนิวคลีโอไทด์ ล้วนมีบทบาทสำคัญในโครงสร้างและการทำงานของเยื่อเลือกผ่าน (plasma membrane) ดังนั้นฟอสฟอรัสจึงมีบทบาทสำคัญอีกประการในแง่การพัฒนาและการเจริญเติบโตของพืชในระยะสืบพันธุ์ (reproductive stage) จนพืชสามารถออกดอกและให้ผลผลิตได้ตามปกติ (Havlin *et al.*, 2005)

การได้รับฟอสฟอรัสในปริมาณที่พอเพียงจะช่วยให้พืชมีระบบรากที่สมบูรณ์แข็งแรง ต่อซึ่งของพวกธัญพืชมีความแข็งแรงสูงขึ้น ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจน (nitrogen fixation) ของพืชตระกูลถั่ว ช่วยควบคุมคุณภาพส่วนต่างๆของพืช ตลอดจนผลผลิตและความต้านทานของโรคพืช (Havlin *et al.*, 2005) ถ้าพืชขาดฟอสฟอรัสไปจะขยายขนาดช้าหรืออาจทำให้จำนวนใบน้อยลงแต่ปริมาณโปรตีนและคลอโรฟิลล์ต่อหน่วยพื้นที่ใบกลับลดลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ทำให้พืชที่ขาดฟอสฟอรัสในช่วงแรกใบมีสีเขียวเข้มขึ้น แต่อัตราการสังเคราะห์แสงต่อหน่วยคลอโรฟิลล์มีค่าลดลงไป (ยงยุทธ, 2546) การขาดฟอสฟอรัสยังมีผลต่อการเจริญพันธุ์เป็นอย่างมาก เช่น ออกดอกช้า จำนวนดอก ผล และเมล็ดน้อยลง ทั้งนี้เพราะใบพืชจะร่วงหล่นเร็วกว่าปกติเป็นสาเหตุที่ทำให้ผลผลิตต่ำ (Barry and Miller, 1989)

## 2. การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินทางเคมี

การประเมินฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีหลายวิธีซึ่งวิธีการต่างๆที่ใช้ประเมินฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์จะให้ค่าวิเคราะห์ที่ต่างกันในด้านชนิดเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องจากการใช้วิธีการสกัดที่แตกต่างกัน วิธีการสกัดฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อาจแบ่งออกเป็น 6 วิธีการได้แก่ 1) การใช้น้ำหรือสารละลายเกลือบางชนิด 2) การใช้กรดอ่อนที่เจือจางร่วมหรือไม่ร่วมกับสารประกอบเชิงซ้อน 3) การใช้กรดแก่ที่เจือจางร่วมหรือไม่ร่วมกับสารประกอบเชิงซ้อน 4) การใช้สารละลายที่มีฤทธิ์เป็นด่างผสมหรือไม่ผสมกับสารประกอบเชิงซ้อน 5) การใช้เรซินสำหรับดูดซับประจุลบหรือกระดาษกรองที่อิมมัลชันด้วยเหล็กออกไซด์ และ 6) การใช้วิธีทางกัมมันตรังสี (Kuo, 1996)

จรงค์ (2541) รายงานว่าในการสกัดฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์โดยใช้สารละลายทางเคมี ฟอสฟอรัสในดินทั้งในสารละลายดินและในส่วนของฟอสฟอรัสอนินทรีย์ที่ถูกปลดปล่อยออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ง่ายจะถูกสกัดออกมาโดยน้ำยาสกัด ซึ่งอาจเป็นกรดอ่อน กรดแก่ เบสอ่อน เบสแก่ ฯลฯ วิธีสกัดใดสามารถสกัดฟอสฟอรัสจากดินได้ในปริมาณที่สัมพันธ์กับปริมาณที่พืชดูดดึงไปใช้นั้นจะเป็นวิธีสกัดที่บ่งชี้ถึงฟอสฟอรัสในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ วิธีการสกัดฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินทางเคมีแบ่งตามชนิดของสารละลายสกัด อาทิ

### 2.1 สารละลายที่เป็นกรดแก่

Troug method (Trough, 1930) ประกอบด้วย  $0.001M H_2SO_4$  และ  $(NH_4)_2SO_4$  3.0 กรัม ในน้ำยาสกัด 1 ลิตร การสกัดใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำยาสกัด 1:100 เวลาสกัด 30 นาที อนุมูลกรดจะสกัดฟอสฟอรัสให้ละลายออกมา

Mehlich method หรือ North Carolina หรือ Mehlich I (Mehlich, 1953) ประกอบด้วย  $0.05 N HCl$  ผสมกับ  $0.025 N H_2SO_4$  ที่ pH 1.2 ใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำยาสกัด 1:4 เวลาสกัด 5 นาที วิธีนี้เหมาะกับดินที่มีการตรึงฟอสฟอรัสสูง ประสิทธิภาพของการสกัดฟอสฟอรัสของน้ำยานี้จะสูงกว่าน้ำยาสกัดที่มีกรด  $H_2SO_4$  หรือ  $HCl$  เพียงอย่างเดียว โดย Fe-phosphate จะละลายออกมาได้มากกว่าน้ำยาสกัดที่มีกรดเพียงชนิดเดียว ซึ่งอนุมูล  $H^+$  จะสกัดฟอสฟอรัสออกมา

## 2.2 สารละลายที่เป็นกรดแก่เจือจางผสมกับอนุมูลฟลูออไรด์ (F<sup>-</sup>)

Bray I และ Bray II method (Bray and Kurtz, 1945) องค์ประกอบคือ HCl และ NH<sub>4</sub>F อนุมูล F<sup>-</sup> จะช่วยให้การปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกมาเพิ่มขึ้น โดยการลดอิทธิพลของอนุมูลของ Al และ Fe ซึ่งมักจะเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับฟอสฟอรัส นอกจากนี้อนุมูล F<sup>-</sup> ยังช่วยยับยั้งไม่ให้ฟอสฟอรัสที่ละลายออกมาถูกดูดซับกลับไปอีกครั้ง (readsorption) ด้วยคอลลอยด์ดิน น้ำยานี้เหมาะกับการสกัดฟอสฟอรัสในดินกรด แต่ในดินที่เป็นด่าง (calcareous soil) อาจเกิดปฏิกิริยาสะเทินกรดขึ้นโดย CaCO<sub>3</sub> และ CaF<sub>2</sub> (เกิดจากแคลเซียมในดินและอนุมูล F<sup>-</sup>) ซึ่งทำให้ฟอสฟอรัสตกตะกอน ค่าวิเคราะห์ที่ได้ต่ำกว่าที่ควรเป็น (Kuo, 1996)

2.2.1 Bray I method น้ำยาสกัดประกอบด้วย 0.03 M NH<sub>4</sub>F + 0.025 M HCl การสกัดใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ 1:7 เวลาสกัด 60 วินาที (Bray and Kurtz, 1945)

2.2.2 Bray II method น้ำยาสกัดประกอบด้วย 0.03 M NH<sub>4</sub>F + 0.1 M HCl การสกัดใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ 1:7 เวลาสกัด 40 วินาที ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้จะสูงกว่าวิธี Bray I เนื่องจากน้ำยามีความเข้มข้นของกรดสูงกว่า (Bray and Kurtz, 1945)

## 2.3 สารละลายที่เป็นกรดอินทรีย์

สารละลายชนิดนี้เป็นสารละลายเจือจางของกรดอินทรีย์เช่น กรดซิตริก กรดแลคติก และกรดอะซิติก และอาจมีการผสมเกลือของกรดเหล่านี้ด้วย (Kuo, 1996) อนุมูลของกรดเหล่านี้จะละลายฟอสฟอรัสออกมาอยู่ในสารละลายดินได้โดย 2 วิธีการคือ ความเป็นกรดช่วยละลายอนินทรีย์ฟอสฟอรัสให้ออกมาอยู่ในสารละลายดิน และอนุมูลกรดจะทำปฏิกิริยาเชิงซ้อนกับอนุมูลของเหล็กและอะลูมิเนียม เกิดเป็นสารประกอบคีเลตซึ่งป้องกันการตกตะกอนครั้งที่สอง ทำให้อนุมูลฟอสเฟตถูกปลดปล่อยออกมาในสารละลายได้ วิธีสกัดประเภทนี้มีหลายวิธี เช่น

Morgan method น้ำยาสกัดประกอบด้วย 0.54 M CH<sub>3</sub>COOH + 0.7 M Na<sub>2</sub>C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>O<sub>2</sub> pH 4.8 การสกัดใช้ดินต่อน้ำยา 1:2 เวลาสกัด 30 นาที (Morgan, 1941)

## 2.4 สารละลายที่เป็นด่าง

Olsen method (Olsen *et al*, 1954) น้ำยา Olsen ประกอบด้วย  $0.5\text{ N NaHCO}_3$  ปรับ pH = 8.5 ด้วย NaOH การสกัดใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำยาสกัด 1:10 เวลาสกัด 5 นาที อนุมูล  $\text{OH}^-$  และ  $\text{CO}_3^{2-}$  จะช่วยลดอิทธิพลของอนุมูล  $\text{Ca}^{2+}$  และ  $\text{Al}^{3+}$  ทำให้ฟอสฟอรัสถูกปลดปล่อยออกมา น้ำยานี้ใช้ได้ดีทั้งในดินกรดจนถึงดินด่าง ในดินที่เป็นด่างซึ่งมี Ca-phosphate มาก อนุมูล  $\text{Ca}^{2+}$  จะถูกตกตะกอนด้วยอนุมูล  $\text{CO}_3^{2-}$  กลายเป็น  $\text{CaCO}_3$  ทำให้ฟอสฟอรัสละลายออกมา ขณะที่ในดินกรดหรือดินที่มีปฏิกิริยาเป็นกลาง ซึ่งมี Al-phosphate และ Fe-phosphate มาก อนุมูล  $\text{OH}^-$  จะทำหน้าที่รวมตัวกับ อนุมูล  $\text{Fe}^{3+}$  และ  $\text{Al}^{3+}$  กลายเป็นสารประกอบออกไซด์ ทำให้ฟอสฟอรัสละลายออกมา

## 2.5 สารละลายที่มีการผสมสารคีเลต

2.5.1 Mehlich III method (Mehlich, 1984) ถูกพัฒนาขึ้นต่อจาก Mehlich I และ Mehlich II ตามลำดับ Mehlich III ประกอบด้วย  $0.2\text{ M CH}_3\text{COOH}$   $0.25\text{ M NH}_4\text{NO}_3$   $0.015\text{ M NH}_4\text{F}$   $0.013\text{ M HNO}_3$  และ  $0.001\text{ M EDTA}$  ในการสกัดใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำยาสกัด 1:10 เวลาสกัด 5 นาที Mehlich III เป็นน้ำยาเดี่ยว (multi-element soil extractant) ที่สามารถสกัดได้ทั้งธาตุอาหารหลัก ธาตุรอง และจุลธาตุด้วยการสกัดเพียงครั้งเดียว Reed and Martens (1996) รายงานว่า  $\text{NH}_4\text{F}$  ที่มีใน Mehlich III ทำให้สามารถสกัดฟอสฟอรัสในดินที่มีปฏิกิริยาเป็นกลางจนถึงด่างได้ดีกว่า Mehlich I สำหรับ EDTA ทำให้ Mehlich III สามารถสกัดจุลธาตุและโลหะหนักอื่นๆ ได้ด้วย

2.5.2 Ammonium bicarbonate – DTPA หรือ AB – DTPA method ถูกคิดค้นโดย Soltanpour and Schwab (1977) ซึ่งใช้สกัดฟอสฟอรัส โปแทสเซียม สังกะสี เหล็ก ทองแดง และแมงกานีสพร้อมกันในการสกัดเพียงครั้งเดียว AB – DTPA ประกอบด้วย  $1\text{ M NH}_4\text{HCO}_3$  และ  $0.005\text{ M DTPA}$  โดย DTPA สกัดจุลธาตุ ส่วนอนุมูล  $\text{NH}_4^+$  สกัดโปแทสเซียม ขณะที่อนุมูล  $\text{OH}^-$  และ  $\text{HCO}_3^{2-}$  ทำหน้าที่สกัดฟอสฟอรัสออกมา

## 2.6 น้ำหรือสารละลายเกลือ

ใช้น้ำหรือสารละลาย  $0.01\text{ M CaCl}_2$  เป็นตัวสกัด ใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำยาสกัด 1:10 เวลาสกัด 5 นาที Kuo (1996) รายงานว่า ถึงแม้วิธีนี้จะสกัดได้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในปริมาณที่ต่ำมาก แต่ก็เป็นส่วนเดียวกันกับที่พืชดูดใช้

น้ำยาที่ใช้สกัดฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีหลายชนิดดังกล่าวข้างต้นและมีความแตกต่างกันทั้งในด้านองค์ประกอบและหลักของการสกัด การเลือกใช้น้ำยาสกัดหรือประเมินประสิทธิภาพของน้ำยาสกัดจะพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้กับการตอบสนองของพืชซึ่งอาจพิจารณาจากการเจริญเติบโตของพืช ผลผลิต หรือฟอสฟอรัสทั้งหมดที่พืชดูดไปใช้ (total-P uptake) เป็นหลักสำคัญ สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชดูดไปใช้ ซึ่ง Vacharotayan *et al.* (1964) รายงานว่าสามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินได้ดีกว่าการเจริญเติบโตหรือผลผลิตของพืช

## 3. การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำยาสกัดที่ใช้ในการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

Vacharotayan *et al.* (1964) ทำการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ด้วยน้ำยาสกัด 5 ชนิด คือ Bray I, Bray II, Troug, Olsen และ Mehlich I โดยใช้ข้าวโพดเป็นพืชทดสอบ พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยวิธี Bray II ให้ค่าสหสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่พืชดูดใช้สูงสุด ( $r = 0.74$ ) รองลงมาเป็นวิธี Olsen ( $r = 0.70$ )

วิชัย (2525) ศึกษาค่าวิเคราะห์ฟอสฟอรัสในดินที่ได้ 6 วิธีการ คือ Bray II Olsen Anion exchange resin (AER) การใช้น้ำสกัด ค่าความเข้มข้นฟอสฟอรัสในสารละลายดิน และค่าความเข้มข้นฟอสฟอรัสในสารละลายดินร่วมกับ buffering capacity เปรียบเทียบกับการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสของข้าวโพดในดินไร่ 12 ชุดดิน พบว่า ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในสารละลายดินร่วมกับ buffering capacity ให้ค่าสัมพันธ์ดีที่สุดสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชดูดใช้ได้สูงสุด รองลงมาคือ AER, Olsen, Bray II, และน้ำ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามผู้ทดลองได้เสนอแนะว่า การใช้ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในสารละลายดินร่วมกับ buffering capacity หรือ AER มีขั้นตอนในการปฏิบัติที่ยุ่งยากจึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในงานประจำ ขณะที่วิธี Olsen และ Bray II ปฏิบัติได้ง่ายกว่าและยังให้ค่าสัมพันธ์ที่สูงสุดพอเชื่อถือได้

นฤมล (2531) ทำการศึกษาวิธีวิเคราะห์ฟอสฟอรัสในดิน โดยเลือกวิธีการสกัด 9 วิธี คือ การสกัดด้วยน้ำ Olsen Bray II Modified Bray II Sauder Nelson ฟอสฟอรัสอินทรีย์ ฟอสฟอรัสทั้งหมด และวิธีวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสแบบลำดับส่วนในดินที่ปลูกมันสำปะหลัง พบว่าค่าวิเคราะห์ฟอสฟอรัสด้วยวิธี Modified Bray II ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชดูดใช้ได้สูงสุด ( $r = 0.93$ ) แต่ผู้ทดลองได้เสนอแนะว่าถึงแม้วิธี Modified Bray II ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงสุด แต่เมื่อพิจารณาความเหมาะสม ความสะดวก รวดเร็ว และประหยัด การเลือกใช้วิธีที่สกัดด้วย Bray II น่าจะเหมาะสมกับดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังมากกว่า

อัญธิชา (2546) รายงานว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่สกัดได้ จากสารละลายสกัด 4 ชนิด คือ Olsen, Bray II, Bray I และ Mehlich I มีสหสัมพันธ์กับ relative yield และ relative P uptake ในชุดดินอุรุษยา ปากช่อง และน้ำพอง โดยใช้ถั่วเหลืองเป็นพืชทดสอบ น้ำยาสกัดสกัดทั้ง 4 ชนิดสามารถใช้ประเมินปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในชุดดินอุรุษยาได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามผู้ทดลองกล่าวว่าในชุดดินปากช่องวิธี Bray I เหมาะสมกว่า สำหรับชุดดินน้ำพองไม่สามารถระบุชนิดสารละลายที่เหมาะสมได้

Enwezor (1977) ศึกษาเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์ฟอสฟอรัส 7 วิธีคือ Anion exchange resin (AER) Bray I Bray II 10%NaOAc ใน 3%HOAc (pH 4.8) Troug Olsen และ 0.1 M NaOH ในดิน 30 ชนิดซึ่งมีค่า pH อยู่ในช่วง 4.9-6.0 ใช้ข้าวโพดเป็นพืชทดสอบ พบว่าวิธี Bray II ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับ percentage yield สูงสุด ( $r = 0.74$ ) รองลงมาได้แก่ AER และวิธี Olsen ซึ่งให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.72 และ 0.64 ตามลำดับ

Velayuthum and Pondrilei (1982) ทำการทดลองสกัดฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน โดยวิธีสกัดด้วยน้ำยาสกัด 3 ชนิดคือ Bray I Bray II และ Olsen ในดิน 28 ตัวอย่าง ซึ่ง pH อยู่ในช่วง 4.0-9.5 พบว่าในดินกรดการสกัดด้วยวิธี Bray I และ Bray II จะให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มากกว่าวิธี Olsen อย่างไรก็ตามโดยเปรียบเทียบแล้ววิธี Bray II เป็นวิธีที่สกัดปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้มากกว่าวิธีอื่นในทุกระดับ pH ของดิน

Yerokun and Christenson (1990) ศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยน้ำยาสกัด Bray I Bray II Olsen และ anion exchange resin (AER) กับการดูดใช้ฟอสฟอรัสของข้าวฟ่าง พบว่าฟอสฟอรัสที่สกัดโดยวิธี Olsen ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงที่สุดกับปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสของข้าวฟ่าง ขณะที่น้ำยาสกัด Bray I ให้ค่าสหสัมพันธ์ต่ำที่สุด

Elrashidi *et al.* (2003) ได้ทำการทดลองเพื่อประเมินประสิทธิภาพของน้ำยา Mehlich III และ AB-DTPA ในการสกัดธาตุอาหาร 15 ธาตุ ซึ่งมีฟอสฟอรัสรวมอยู่ด้วย พบว่า น้ำยา Mehlich III มีความเหมาะสมที่จะใช้ประเมินฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ในทุกดินที่ศึกษาซึ่งมีปฏิกิริยาเป็นกรดจนถึงด่างรวม 50 ชนิดดิน โดยฟอสฟอรัสที่สกัดโดย Mehlich III ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่สูงกับที่สกัดโดย Bray I ( $r = 0.863^{**}$ ) และ ที่สกัดโดย Olsen ( $r = 0.926^{**}$ ) ส่วนน้ำยา AB-DTPA ให้ผลวิเคราะห์ที่ดีเฉพาะในดินที่เป็นด่าง

Wang *et al.* (2004) ศึกษาเปรียบเทียบวิธีสกัด P K Ca Mg Na Zn Cu Mn และ Fe ในดินของมลรัฐ Louisiana 317 ตัวอย่างสำหรับฟอสฟอรัสพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดย Mehlich III ใกล้เคียงกับที่สกัดโดยวิธี Bray II ( $r^2 = 0.709$  ที่  $p < 0.01$ )

#### 4. บทบาทของโพแทสเซียมที่มีต่อพืช

พืชแต่ละชนิดต้องการโพแทสเซียมเพื่อการเจริญเติบโต ปริมาณโพแทสเซียมในพืชอยู่ในช่วงพิสัย 2-5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแห้ง (ยงยุทธ, 2546) โพแทสเซียมเป็นธาตุที่มีหน้าที่ต่างจากไนโตรเจนและฟอสฟอรัสอย่างชัดเจน โพแทสเซียมส่วนใหญ่ในพืชอยู่ในรูปไอออน ( $K^+$ ) มีบทบาทสำคัญมากในการควบคุมระบบต่างๆ ที่มีน้ำเป็นสื่อกลาง โดยเฉพาะการปิดเปิดของปากใบเพื่อการแลกเปลี่ยนก๊าซ เพราะโพแทสเซียมเกี่ยวข้องโดยตรงกับการควบคุมศักย์ออสโมซิส (osmotic potential) (Havlin *et al.*, 2005) โพแทสเซียมจึงเป็นธาตุที่จำเป็นต่อกระบวนการสร้างสมต่างๆ ในเซลล์พืช โดยมีอิทธิพลในกระบวนการสร้างแป้งและน้ำตาล การเคลื่อนย้ายน้ำตาล กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและการหายใจ กระบวนการทำงานของเอนไซม์ ก่อให้เกิดให้เกิดความต้านทานโรค ควบคุมคุณภาพของผักและผลไม้ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

การขาดโพแทสเซียมในพืชจึงมีผลต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆ ในกระบวนการสังเคราะห์แสง การสังเคราะห์และการเคลื่อนย้ายเอนไซม์ ซึ่งทั้งหมดที่กล่าวมาล้วนส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชและการให้ผลผลิต (Havlin *et al.*, 2005)

## 5. การวิเคราะห์โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินทางเคมี

โพแทสเซียมในดินมีอยู่ด้วยกัน 4 รูปคือ โพแทสเซียมในสารละลายดิน (soil solution K) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K) โพแทสเซียมที่ถูกตรึง (fixed หรือ non-exchangeable K) และโพแทสเซียมในโครงสร้างแร่ (structural K) โดยทั้ง 4 รูปจะอยู่ในสภาวะที่สมดุลแบบเปลี่ยนกลับไปกลับมาได้ (dynamic equilibrium) แต่ถ้าพิจารณาที่ความเป็นประโยชน์ต่อพืช จะสามารถลำดับความเป็นประโยชน์จากมากไปน้อยได้ดังนี้คือ soil solution K > exchangeable K > fixed หรือ non-exchangeable K > structural K (Martin and Sparks, 1985; Sparks and Huang, 1985; Sparks, 1987) การวิเคราะห์โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินโดยทั่วไปมักวิเคราะห์โพแทสเซียมที่อยู่ในสารละลายดินและโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K) โพแทสเซียมทั้งสองรูปนี้พืชสามารถจะนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันที (readily available form) (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541; จงรักษ์, 2541) อย่างไรก็ตามน้ำยาสกัดที่มีกรดเป็นองค์ประกอบด้วยอาจสกัดบางส่วนของ non-exchangeable K ออกมาด้วย (Helmke and Sparks, 1996) วิธีวิเคราะห์โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินทางเคมีมีหลายวิธี อาทิ

5.1 Ammonium acetate method (Knudsen *et al.*, 1982; Brown and Warncke, 1988) องค์ประกอบของน้ำยา คือ 1 M NH<sub>4</sub>OAc pH 7.0 อนุมูล NH<sub>4</sub><sup>+</sup> จะไปได้ที่ exchangeable K ออกมาอยู่ในสารละลาย ammonium acetate เป็นวิธีที่ใช้สกัดธาตุอาหารโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินที่มีการใช้อย่างแพร่หลาย (Doll and Lucas, 1973; Knudsen *et al.*, 1982; Helmke and Sparks, 1996)

5.2 Mehlich I method (Mehlich, 1953) ประกอบด้วย 0.05 M HCl และ 0.0125 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pH 1.2 อนุมูล H<sup>+</sup> จะไปได้ที่ exchangeable K ออกมาอยู่ในสารละลาย

5.3 Mehlich III method (Mehlich, 1984) ประกอบด้วย 0.2 M CH<sub>3</sub>COOH 0.25 M NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> 0.015 M NH<sub>4</sub>F 0.013 M HNO<sub>3</sub> และ 0.001 M EDTA เป็นน้ำยาที่สกัดโพแทสเซียมร่วมกับธาตุอื่นๆ ทั้งฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงจากการสกัดเพียงครั้งเดียว โดย exchangeable K Ca Mg ถูกสกัดโดยอนุมูล H<sup>+</sup> และ NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ขณะที่ฟอสฟอรัสถูกสกัดโดยอนุมูล F<sup>-</sup> และ OAc<sup>-</sup> สำหรับพวกจุลธาตุอาหาร (เหล็ก แมงกานีส สังกะสีและทองแดง) ถูกสกัดโดยอนุมูล H<sup>+</sup> NH<sub>4</sub><sup>+</sup> และ EDTA

5.4 Ammonium bicarbonate – DTPA หรือ AB – DTPA (Soltanpour and Schwab, 1977) ประกอบด้วย  $1\text{ M NH}_4\text{HCO}_3$  และ  $0.005\text{ M DTPA}$  เป็นน้ำยาสกัดที่สกัดทั้งโพแทสเซียมฟอสเฟต สังกะสี เหล็ก ทองแดง และแมงกานีสที่เป็นประโยชน์ในดินพร้อมกันในการสกัดเพียงครั้งเดียว เหมือนกันกับน้ำยาสกัด Mehlich III โดยอนุมูล  $\text{NH}_4^+$  จะช่วยสกัดโพแทสเซียม อนุมูล  $\text{OH}^-$  และ  $\text{HCO}_3^{2-}$  ทำหน้าที่สกัดฟอสเฟต ในขณะที่ DTPA จะทำหน้าที่สกัดจุลธาตุอาหาร (สังกะสี เหล็ก ทองแดง และแมงกานีส) ออกมา

5.5 Kelowna (Van Leirop, 1985) ประกอบด้วย  $0.25\text{ M CH}_3\text{COOH}$  และ  $0.015\text{ M NH}_4\text{F}$  โดยอนุมูล  $\text{H}^+$  และ  $\text{NH}_4^+$  ทำหน้าที่สกัด exchangeable K ออกมาอยู่ในสารละลาย

วิธีวิเคราะห์โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินมีหลายวิธีโดยน้ำยาที่สกัดแตกต่างกัน ดังกล่าว การเลือกวิธีวิเคราะห์โพแทสเซียมเพื่อประเมินความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมในดิน พิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้กับการตอบสนองของพืชซึ่งอาจ พิจารณาจากการเจริญเติบโตของพืช ผลผลิต และโพแทสเซียมทั้งหมดที่พืชดูดใช้ (total-K uptake) เป็นหลักสำคัญ

## 6. การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำยาสกัดที่ใช้ในการวิเคราะห์โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์

Elrashidi *et al.* (2003) ได้ทำการทดลองเพื่อประเมินประสิทธิภาพของน้ำยา Mehlich III และ AB-DTPA ในการสกัดธาตุอาหาร 15 ธาตุ ซึ่งรวมโพแทสเซียมอยู่ด้วย พบว่า น้ำยา Mehlich III มีความเหมาะสมที่จะใช้ประเมินโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ได้ในทุกดินที่ศึกษาซึ่งมีปฏิกริยาดิน เป็นกรดจนถึงด่าง โดยในดินกรด 30 ตัวอย่าง ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดโดย  $\text{NH}_4\text{OAc}$  ให้ค่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่สูงกับที่สกัดโดย Mehlich III ( $r = 0.989^{**}$ ) และกับที่สกัดโดย AB-DTPA ( $r = 0.979^{**}$ ) และในดินด่างอีก 20 ตัวอย่าง โพแทสเซียมที่สกัดโดย  $\text{NH}_4\text{OAc}$  ให้ค่าสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์ที่สูงกับที่สกัดโดย Mehlich III ( $r = 0.983^{**}$ ) และกับที่สกัดโดย AB-DTPA ( $r = 0.956^{**}$ )

Wang *et al.* (2004) ศึกษาเปรียบเทียบวิธีสกัด P K Ca Mg Na Zn Cu Mn และ Fe ในดินของ มลรัฐ Louisiana ในดิน 317 ตัวอย่าง สำหรับโพแทสเซียมพบว่าปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดโดย Mehlich III มีความสัมพันธ์ที่สูงกับที่สกัดโดยวิธี  $\text{NH}_4\text{OAc}$  ( $r^2 = 0.950, p < 0.01$ )

## 7. ลักษณะของดิน การเกิด และการจำแนกดินที่ใช้ในการศึกษา

จากรายงานของกองสำรวจและจัดจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2548ก, 2548ข) ได้อธิบายรายละเอียดของดินที่ใช้ในการทดลองไว้ดังนี้

### 7.1 ชุดดินชัยบาดาล (Chai Badan series: Cd)

ชุดดินชัยบาดาล จัดอยู่ใน fine, smectitic, isohyperthermic Leptic Haplusterts เกิดจากการสลายตัวของวัตถุตกค้างและหินดินดานเชิงเขา จากหินบะซอลต์ หินแอนดิไซต์ และหินไรโอไรต์ สภาพพื้นที่ที่พบมีลักษณะเป็นลูกคลื่นลอนลาด ถึงลูกคลื่นลอนชัน มีความชัน 3-16 เปอร์เซ็นต์ ชุดดินนี้เป็นดินลึกปานกลาง มีการระบายน้ำดีปานกลาง ดินมีความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านได้เร็วปานกลางถึงช้า มีการไหลบ่าของน้ำบนผิวดินปานกลาง ถึงเร็ว ตามปกติแล้วระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกกว่า 1.5 เมตรลงไป ดินบนลึกไม่เกิน 23 ซม. มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว หรือดินเหนียวปนทรายแป้ง สีพื้นเป็นสีเทาเข้มมาก หรือสีเข้มของน้ำตาลปนเทา ปฏิกิริยาดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงด่างปานกลาง (pH 6.5-8.0) ส่วนดินล่างเนื้อดินเป็นดินเหนียว หรือดินเหนียวปนทรายแป้ง ซึ่งมีสีเข้มของน้ำตาลปนเทา สีน้ำตาลเข้ม หรือสีน้ำตาล ดินชุดนี้มีรอยแตกลึกจากผิวดินถึงดินล่างในฤดูแล้ง และมีรอยไหล (slickenside) และมีก้อนหินปูนตกค้าง (secondary lime nodules) ปฏิกิริยาดินเป็นกลางถึงด่างปานกลาง (pH 7.0- 8.0)

### 7.2 ชุดดินลพบุรี (Lop Buri series: Lb)

ชุดดินลพบุรี จัดอยู่ใน very fine, smectitic, isohyperthermic Typic Haplusterts เกิดจากการสลายตัวของหินปูน ปูนมาร์ล โกล์บริเวณเขาหินปูน สภาพพื้นที่ที่พบมีลักษณะค่อนข้างราบเรียบ มีความลาดชัน 1-2 เปอร์เซ็นต์ เป็นดินลึกมีการระบายน้ำดีปานกลาง ความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านช้า การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินช้า ดินบนลึกไม่เกิน 20 ซม. มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายแป้ง สีพื้นเป็นสีดำ มีจุดประสีน้ำตาลแก่ ปฏิกิริยาดินเป็นด่างปานกลาง (pH 8.0) ดินบนตอนล่างลึก 20-80 ซม. เป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวจัด สีจางลงตามความลึก ปฏิกิริยาดินเป็นด่างปานกลาง (pH 8.0) ส่วนดินตอนล่างเป็นดินเหนียวสีน้ำตาลปนเทา หรือสีขาของดินเหนียวปนดินมาร์ล หรือดินมาร์ลล้วนๆ

### 7.3 ชุดดินลำานารายณ์ (Lamnarai series: Ln)

ชุดดินลำานารายณ์จัดอยู่ใน fine, smectitic isohyperthermic Vertic Haplustolls เกิดจากการสลายตัวของหินจำพวกที่เป็นต่าง ได้แก่ หินบะซอลต์ หินปูน คัลลาเรียส แซนสโตน และแอนไดไซต์ สภาพพื้นที่ที่พบมีลักษณะลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดชัน 3-6 เปอร์เซ็นต์ ชุดดินนี้เป็นดินลึกปานกลาง มีการระบายน้ำดี ดินมีความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้ปานกลาง มีการไหลบ่าของน้ำบนผิวดินปานกลาง ตามปกติแล้วระดับน้ำใต้ดินลึกกว่า 1.5 เมตร) ดินบนลึกไม่เกิน 30 ซม. มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนดินเหนียว หรือดินเหนียว สีพื้นเป็นสีน้ำตาลเข้มหรือสีเข้มของสีน้ำตาลปนแดง ปฏิกิริยาดินเป็นกลางถึงด่างปานกลาง (pH 7.0-8.0) ส่วนดินล่างมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว สีพื้นเป็นสีเข้มของสีน้ำตาลปนแดง หรือสีน้ำตาลปนแดง ความลึกระหว่าง 50-80 ซม. จะพบชั้นของก้อนปูนขาวสะสมอยู่ ปฏิกิริยาดินเป็นกลางถึงด่างปานกลาง (pH 7.0-8.0)

### 7.4 ชุดดินโชกชัย (Chock Chai series: Ci)

ชุดดินโชกชัยจัดอยู่ใน very fine, kaolinitic, isohyperthermic Rhodic Kandustox เกิดจากการสลายตัวของวัตถุตกค้างของหินบะซอลต์ และหินดาดเชิงเขา สภาพพื้นที่ที่พบมีลักษณะเป็นลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดชัน 2-5 เปอร์เซ็นต์ ชุดดินนี้เป็นดินลึก มีการระบายน้ำดี ดินมีความสามารถให้น้ำซึมผ่านดี มีการไหลบ่าของน้ำบนผิวดินปานกลางถึงเร็ว ตามปกติแล้วระดับน้ำใต้ดินจะอยู่ลึกกว่า 1.5 เมตร ลงไป ดินบนลึกไม่เกิน 15 ซม. มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวปนทรายแป้ง หรือดินเหนียวสีพื้นเป็นสีเข้มของสีน้ำตาลปนแดง ปฏิกิริยาดินเป็นกลางถึงกรดปานกลาง (pH 6.0-7.0) ส่วนดินล่างเป็นดินเหนียวที่มีสีแดงหรือแดงเข้ม ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดถึงกรดรุนแรงมาก (pH 4.5-5.5)

### 7.5 ชุดดินปากช่อง (Pak Chong series: Pc)

ชุดดินปากช่องจัดอยู่ใน very fine, kaolinitic, isohyperthermic Rhodic Kandustox เกิดจากการสลายตัวผุพังของหินปูนและหินดินดานที่อยู่กับที่หรือเคลื่อนที่มา ทับถมโดยแรงดึงดูดของโลกบนพื้นผิวที่เหลื่อค้างจากการกัดกร่อน สภาพพื้นที่ที่พบมีลักษณะค่อนข้างราบเรียบถึงเป็นลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อย มีความลาดชันประมาณ 1-3 เปอร์เซ็นต์ ชุดดินนี้เป็นดินลึก มีการระบายน้ำดี ดินมีความสามารถให้น้ำซึมผ่านปานกลางถึงช้า มีการไหลบ่าของน้ำบนผิวดินปานกลาง ดินบนลึกไม่เกิน 30 ซม. มีเนื้อดินเป็นดินร่วนเป็นดินเหนียว ดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายแป้งสีพื้นเป็น

สีเข้มของน้ำตาลปนแดงหรือสีแดง ปฏิกริยาดินเป็นกลางถึงกรดปานกลาง (pH 6.0-7.0) ส่วนดินล่างมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว สีพื้นเป็นสีแดงหรือสีแดงเข้ม ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงกรดจัดมาก (pH 5.0-7.0)

#### 7.6 ชุดดินกำแพงแสน (Kampang Sean series:Ks)

ชุดดินกำแพงแสนจัดอยู่ใน fine-silty, subactive, isohyperthermic Typic Haplustalfs เกิดจากการทับถมของตะกอนลำนํ้าค่อนข้างใหม่ สภาพพื้นที่ที่พบมีลักษณะค่อนข้างราบเรียบ มีความลาดชัน 2-3 เปอร์เซ็นต์ ชุดดินนี้เป็นดินลึกมาก มีการระบายน้ำดี ดินมีความสามารถให้นํ้าซึมผ่านดีปานกลาง มีการไหลบ่าของนํ้าบนผิวดินค่อนข้างช้า ดินบนลึกไม่เกิน 30 ซม. มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนดินเหนียว สีพื้นเป็นสีนํ้าตาล หรือนํ้าตาลเข้ม ปฏิกริยาของดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงกรดปานกลาง (pH 6.0-6.5) ดินล่างเป็นดินร่วนปนดินเหนียวหรือดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง สีพื้นเป็นสีนํ้าตาลหรือนํ้าตาลเข้ม ปฏิกริยาของดินเป็นกลางถึงด่างปานกลาง (pH 7.0-8.0)

#### 7.7 ชุดดินท่าใหม่ (Tha Mai series:Ti)

ชุดดินท่าใหม่จัดอยู่ใน fine ,kaolinitic, isohyperthermic Typic Hapludox เกิดจากหินบะซอลต์สลายตัวผุพัง สภาพพื้นที่ที่พบมีลักษณะเป็นลูกคลื่นลอนกว้าง มีความลาดชัน 3-8 เปอร์เซ็นต์ ดินชุดนี้เป็นดินลึก มีการระบายน้ำดี คาดว่าดินมีความสามารถให้นํ้าซึมผ่านได้ค่อนข้างเร็ว มีการไหลบ่าของนํ้าบนผิวดินเร็ว ตามปกติแล้วระดับนํ้าใต้ดินอยู่ลึกกว่า 2 เมตร ดินบนลึกไม่เกิน 13 ซม. มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว สีพื้นเป็นสีนํ้าตาลคล้ำปนแดง ปฏิกริยาดินเป็นกลาง (pH 7.0) ส่วนดินล่างตอนบนลึกตั้งแต่ 13 ซม. ลงไป จนถึงประมาณ 50 ซม. มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว สีพื้นเป็นสีแดงคล้ำ ไม่มีจุดประ จากความลึก 50 ซม. ลงไป มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว สีพื้นเป็นสีแดงคล้ำ ปฏิกริยาดินเป็นดินกรดเล็กน้อยถึงกรดจัด (pH 5.5-6.5)

#### 7.8 ชุดดินบุรีรัมย์ (Buri Ram series: Br)

ชุดดินบุรีรัมย์ จัดอยู่ใน fine, smectitic, isohyperthermic Ustic Epiaquerts สภาพพื้นที่ที่พบมีลักษณะราบเรียบ มีความลาดชัน 0-2 เปอร์เซ็นต์ ชุดดินนี้เป็นดินลึก มีการระบายน้ำค่อนข้างเร็ว ดินอุ้มนํ้าได้สูง ดินมีความสามารถให้นํ้าซึมผ่านได้ช้า มีการไหลบ่าของนํ้าบนผิวดินช้า ดินบน

มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวสีดำจนถึงสีเทาเข้มมาก ปฏิกริยาดินเป็นกลางถึงกรดปานกลาง (pH 6.0 – 7.0) ดินล่างมีเนื้อดินเป็นดินเหนียวสีเข้มมาก ปฏิกริยาดินเป็นกลางถึงด่างปานกลาง (pH 7.0 – 8.0)

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

1. ดินที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วย 8 ชนิดคือชนิดดินชัยบาดาล ลพบุรี ลำานรายณ์ โขกชัย ปากช่อง กำแพงแสน ท่าใหม่ และบุรีรัมย์ เก็บจากแปลงเกษตรกรที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร จากแหล่งต่างๆ รายละเอียดแสดงอยู่ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับชนิดดินที่นำมาศึกษา

ชนิดดินที่	ชื่อชนิดดิน	สัญลักษณ์ชนิดดิน	สถานที่เก็บดิน
1	ชัยบาดาล	Cd	จังหวัดลพบุรี
2	ลพบุรี	Lb	จังหวัดสระบุรี
3	ลำานรายณ์	Ln	จังหวัดลพบุรี
4	โขกชัย	Ci	จังหวัดนครราชสีมา
5	ปากช่อง	Pc	จังหวัดนครราชสีมา
6	กำแพงแสน	Ks	จังหวัดนครปฐม
7	ท่าใหม่	Ti	จังหวัดจันทบุรี
8	บุรีรัมย์	Br	จังหวัดลพบุรี

2. เมล็ดข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 4452

3. ปุ๋ยเคมี

3.1 ปุ๋ยยูเรีย(46-0-0)

3.2 ปุ๋ยทริบิลีซูปเปอร์ฟอสเฟต (TSP) (0-46-0)

### 3.3 ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) (0-0-60)

## 4. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ดินและพืช

### 4.1 เครื่องบดดิน

### 4.2 ตะแกรงร่อนดิน

### 4.3 ตู้ควบคุมอุณหภูมิสำหรับบดพืช

### 4.4 Fume hood

### 4.5 Digestion apparatus

### 4.6 Spectrophotometer

### 4.7 Atomic absorption spectrophotometer

### 4.8 pH meter

### 4.9 อุปกรณ์อื่นๆที่จำเป็นในห้องปฏิบัติการและการปลูกพืชทดสอบในเรือนทดลอง

## 5. เคมีภัณฑ์ (Analytical reagent grade) สำหรับวิเคราะห์ดินและพืช

## วิธีการ

### 1. การเตรียมตัวอย่างดิน

การเตรียมตัวอย่างดินแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเตรียมตัวอย่างดินเพื่อใช้ในการวิเคราะห์คุณสมบัติขั้นพื้นฐาน และเพื่อใช้วิเคราะห์ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ด้วยน้ำยาสกัดต่างๆ ซึ่งเตรียมโดยนำตัวอย่างดินที่เก็บมาผึ่งในที่ร่มแยกตามชุดดิน เมื่อดินแห้งย่อยดินให้เล็กลงพอประมาณ คลุกเคล้าให้เข้ากันมากที่สุดในแต่ละชุดดินแล้วสุ่มเก็บตัวอย่างดินแต่ละชุดดินเพื่อไปวิเคราะห์คุณสมบัติขั้นพื้นฐาน และเพื่อใช้วิเคราะห์ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ด้วยน้ำยาสกัดต่างๆ ส่วนที่เหลือเก็บแยกตามชุดดินเพื่อใช้ในการปลูกพืชทดสอบต่อไป ตัวอย่างดินแต่ละชุดดินที่จะวิเคราะห์คุณสมบัติขั้นพื้นฐาน และวิเคราะห์ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์นำไปร่อนด้วยตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร

### 2. การศึกษาและทดลองในห้องปฏิบัติการ

2.1 การศึกษาสมบัติของชุดดินชัยบาดาล ลพบุรี ลำานารายณ์ โขกษัย ปากช่อง กำแพงแสน ทั่วไป และบุรีรัมย์

2.1.1 ปฏิกริยาดิน (pH) วัดโดยใช้เครื่อง pH meter อัตราส่วนระหว่างดินต่อน้ำเท่ากับ 1: 1 (ทัศนีย์ และจรงค์, 2542)

2.1.2 ค่าการนำไฟฟ้า (electric conductivity, EC) วัดโดยอัตราส่วนระหว่างดินต่อน้ำ 1:1 (ทัศนีย์ และจรงค์, 2542)

2.1.3 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus) สกัดโดยวิธี Bray II และวิเคราะห์ปริมาณโดยวิธี molybdate-ascorbic acid (ทัศนีย์ และจรงค์, 2542; Kuo, 1996)

2.1.4 ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available potassium) สกัดโดยวิธี  $\text{NH}_4\text{OAc}$  pH 7.0 วิเคราะห์ปริมาณด้วย atomic absorption spectrophotometer (ทัศนีย์ และจรงค์, 2542; Brown and Warncke, 1988)

2.1.5 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (organic matter) โดยวิธี Walkley and Black Titration (ทศนีย์ และจรงค์ษ์, 2542; Walkley and Black, 1934)

2.1.6 ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable Ca and Mg) โดยสกัดด้วย  $\text{NH}_4\text{OAc}$  pH 7.0 และวิเคราะห์ปริมาณด้วย atomic absorption spectrophotometer (ทศนีย์ และจรงค์ษ์, 2542; Brown and Warncke, 1988)

2.1.7 ปริมาณจุลธาตุเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง โดย 0.005 M DTPA pH 7.3 และวิเคราะห์ปริมาณด้วย atomic absorption spectrophotometer (ทศนีย์ และจรงค์ษ์, 2542; Linsay and Norvell, 1978)

2.1.8 วิเคราะห์เนื้อดินโดยวิธี Hydrometer method

2.2 การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในชุดดินชัยบาดาล ลพบุรี ลำนารายณ์ ไชคชัย ปากช่อง กำแพงแสน ท่าใหม่ และบุรีรัมย์

2.2.1 การเตรียมน้ำยาสกัดที่ใช้ในการศึกษา

(1) Mehlich III (Mehlich, 1984) ประกอบด้วย 0.2 M  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , 0.25 M  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , 0.015 M  $\text{NH}_4\text{F}$ , 0.013 M  $\text{HNO}_3$  และ 0.001 M EDTA เตรียมโดยตวง conc.  $\text{CH}_3\text{COOH}$  11.49 มล., conc.  $\text{HNO}_3$  0.84 มล., ชั่ง  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  20 กรัม,  $\text{NH}_4\text{F}$  0.56 กรัม และ EDTA 0.29 กรัม ผสมส่วนประกอบทั้งหมดใน volumetric flask ปรับปริมาตรเป็น 1,000 มล. ด้วยน้ำกลั่น

(2) Ammonium bicarbonate – DTPA หรือ AB – DTPA (Soltanpour and Schwab, 1977) ประกอบด้วย 1 M  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  และ 0.005 M DTPA เตรียมโดยละลาย DTPA 1.97 กรัม ด้วยน้ำกลั่น 800 มล. ใน volumetric flask ขนาด 1,000 มล. ละลายตามด้วย  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  79.06 กรัม ปรับ pH เป็น 7.6 ด้วย  $\text{NH}_4\text{OH}$  หรือ HCl ปรับปริมาตรเป็น 1,000 มล. ด้วยน้ำกลั่น น้ำยาสกัด AB – DTPA ควรใช้หลังเตรียมภายใน 24 ชั่วโมง

(3) Bray II (Bray and Kurtz, 1945) ประกอบด้วย  $0.03\text{ M NH}_4\text{F} + 0.1\text{ M HCl}$  เตรียมโดยทำ stock solution ของ  $1\text{ M NH}_4\text{F}$  (ละลาย  $\text{NH}_4\text{F}$  37 กรัม ในน้ำกลั่น 1,000 มล.) และ  $0.5\text{ M HCl}$  (เจือจาง conc. HCl 20.8 มล. ในน้ำกลั่น 1,000 มล.) จากนั้นตวง  $1\text{ M NH}_4\text{F}$  15 มล. ผสมกับ  $0.5\text{ M HCl}$  100 มล. ปรับปริมาตรเป็น 500 มล. ด้วยน้ำกลั่น

(4) Olsen (Olsen *et al.*, 1954) ประกอบด้วย  $0.5\text{ N NaHCO}_3$  pH = 8.5 เตรียมโดยชั่ง  $\text{NaHCO}_3$  42 กรัม ใส่ใน volumetric flask ขนาด 1,000 มล. ละลายด้วยน้ำกลั่น 950 มล. ปรับ pH เป็น 8.5 ด้วย  $1\text{ M NaOH}$  (ละลาย  $\text{NaOH}$  40 กรัม ในน้ำกลั่น 1,000 มล.) จากนั้นปรับปริมาตรเป็น 1,000 มล. ด้วยน้ำกลั่น

(5) Ammonium acetate (Brown and Warncke, 1988) องค์ประกอบของน้ำยาคือ  $1\text{ M NH}_4\text{OAc}$  pH 7.0 เตรียมโดยละลาย  $\text{NH}_4\text{OAc}$  77.1 กรัม ด้วยน้ำกลั่น 900 มล. ปรับ pH เป็น 7.0 ด้วย  $3\text{ M NH}_4\text{OH}$  หรือ  $3\text{ M CH}_3\text{COOH}$  จากนั้นปรับปริมาตรเป็น 1,000 มล. ด้วยน้ำกลั่น

2.2.2 การสกัดฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ด้วยน้ำยาสกัดที่ใช้ในการศึกษา

นำตัวอย่างชุดดินชัยบาดาล ลพบุรี ลำนารายณ์ โชคชัย ปากช่อง กำแพงแสน ทำใหม่ และบุรีรัมย์การสกัดฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ด้วยน้ำยา Mehlich III AB-DTPA Bray II Olsen และ ammonium acetate ( $\text{NH}_4\text{OAc}$ ) ดังแสดงรายละเอียดทั้ง สัดส่วนดินต่อน้ำยาสกัด เวลาที่ใช้ในการสกัด ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงรายละเอียดการสกัดฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินด้วยน้ำยาสกัดชนิดต่างๆที่นำมาศึกษา

น้ำยาสกัด	องค์ประกอบ	อัตราส่วน ดิน:น้ำยาสกัด	น้ำหนัก ดิน (g)	น้ำยาสกัด (ml)	เวลา สกัด	ธาตุที่สกัดได้
Mehlich III (Mehlich,1984)	0.2 M CH <sub>3</sub> COOH, 0.25 M NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> , 0.015 M NH <sub>4</sub> F, 0.013 M HNO <sub>3</sub> และ 0.001 M EDTA	1:10	2.5	25	5 นาที	P & K
AB – DTPA (Soltanpour and Schwab, 1977)	1 M NH <sub>4</sub> HCO <sub>3</sub> และ 0.005 M DTPA	1:2	10	20	15 นาที	P & K
Bray II (Bray and Kurtz, 1945)	0.03 M NH <sub>4</sub> F + 0.1 M HCl	1:7	2	14	40 วินาที	P
Olsen (Olsen <i>et al.</i> , 1954)	0.5 M NaHCO <sub>3</sub>	1:20	2	40	30 นาที	P
NH <sub>4</sub> OAc (Brown and Warnke, 1988)	1 M NH <sub>4</sub> OAc	1:10	1	10	5 นาที	K

### 2.2.3 การวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์

สารละลายดินที่สกัดได้นำมาวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม

(1) การวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสใช้วิธี molybdate-ascorbic acid (ทัศนีย์ และจรงค์ษ์, 2542; Kuo, 1996)

(2) การวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมใช้ atomic absorption spectrophotometer

### 3. การศึกษาทดลองในเรือนทดลอง

#### ทำการปลูกพืชทดสอบในกระถาง

##### 3.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ 8 x 3 Factorial experiment in completely randomized design จำนวน 3 ซ้ำ มีหน่วยการทดลองทั้งหมด 72 กระถาง โดยกำหนดให้ชนิดดินเป็นปัจจัยแรก ประกอบด้วย 8 ชุดดินคือ ชุดดินชัยบาดาล ลพบุรี ลำนารายณ์ โชกชัย ปากช่อง กำแพงแสน ท่าใหม่ และบุรีรัมย์ ปัจจัยที่สองเป็นการใส่ปุ๋ย ประกอบด้วย 3 ดำรับการทดลองดังนี้

ดำรับที่ 1 ใส่ปุ๋ยในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม (complete)

ดำรับที่ 2 ใส่เฉพาะปุ๋ยในโตรเจน และฟอสฟอรัส(-K)

ดำรับที่ 3 ใส่เฉพาะปุ๋ยในโตรเจน และโพแทสเซียม (-P)

##### 3.2 การปลูกพืชทดสอบ

ผสมดิน 7.5 กิโลกรัมต่อกระถางกับปุ๋ยตามดำรับการทดลอง โดยอัตราปุ๋ยที่ใช้คือ ในโตรเจน 250 mg N kg<sup>-1</sup> ในรูปปุ๋ยยูเรีย ฟอสฟอรัส 200 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kg<sup>-1</sup> ในรูปปุ๋ยทริบิลเฟอโรฟอสเฟต และโพแทสเซียม 150 mg K<sub>2</sub>O kg<sup>-1</sup> ในรูปปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ ส่วนธาตุอาหารอื่นๆ ใส่เพิ่มเติมให้พอเพียงตามผลการวิเคราะห์คุณสมบัติดินชั้นพื้นฐาน ปลูกข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 4452 กระถางละ 5 เมล็ด เมื่อข้าวโพดงอกจนปรากฏใบจริง 3 ใบ ถอนแยกให้เหลือ 1 ต้น/กระถาง ทำการเก็บเกี่ยวข้าวโพดที่ระยะออกไหม (silking stage) นำไปอบให้แห้งชั่งน้ำหนัก แล้วบดให้ละเอียด เพื่อนำไปวิเคราะห์ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมต่อไป

#### 4. การวิเคราะห์พืช

นำตัวอย่างพืชที่บดละเอียดมาย่อยสลายด้วย triacid mixture (conc.  $\text{HNO}_3$  : conc.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  : conc.  $\text{HClO}_4$  5:1:2) แล้วทำการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม โดยการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมใช้ atomic absorption spectrophotometer (ทัศนียและจรงค์, 2542) ปริมาณฟอสฟอรัสใช้วิธี vanado – molybdate yellow color (ทัศนียและจรงค์, 2542)

#### 5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลน้ำหนักแห้งและปริมาณการดูดใช้ธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมของพืชทดสอบนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) เพื่อหาค่า F-value และค่าทางสถิติอื่นๆ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan's multiple range test) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

นำค่าวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในชุดดินต่างๆซึ่งสกัดโดยวิธีที่ใช้น้ำยาสกัด Mehlich III และ AB-DTPA มาหาสหสัมพันธ์ (correlation analysis) กับที่สกัดโดยน้ำยาสกัด Bray II และ Olsen และประเมินค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient,  $r$ ) สำหรับปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในชุดดินต่างๆซึ่งสกัดโดยวิธีที่ใช้น้ำยาสกัด Mehlich III และ AB-DTPA ก็นำมาหาสหสัมพันธ์ (correlation analysis) กับที่สกัดโดยน้ำยาสกัด  $\text{NH}_4\text{OAc}$  และประเมินค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient,  $r$ ) เช่นเดียวกัน

นำข้อมูลปริมาณฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินซึ่งสกัดโดยน้ำยาดังกล่าวข้างต้นมาหาสหสัมพันธ์ (correlation analysis) กับผลผลิตน้ำหนักแห้ง ผลผลิตน้ำหนักแห้ง สัมพัทธ์ และปริมาณการดูดใช้ธาตุฟอสฟอรัส (ค่ารับ -P) และโพแทสเซียม (ค่ารับ -K) ของข้าวโพดซึ่งเป็นพืชทดสอบ และประเมินค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ดังกล่าว จากนั้นนำข้อมูลที่พบว่ามีสหสัมพันธ์กันมาวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรง (linear regression analysis) และประเมินค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (coefficient of determination,  $r^2$ ) ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์และการถดถอยนำไปพิจารณาประสิทธิภาพของน้ำยาสกัดในการประเมินฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินที่ทำการศึกษา

## 6. สถานที่และระยะเวลาในการศึกษา

### 6.1 สถานที่ศึกษา

เรือนทดลองและห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

### 6.2 ระยะเวลาในการศึกษา

เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2549- มกราคม พ.ศ. 2550

## ผลและวิจารณ์

### 1. สมบัติของดินที่นำมาศึกษา

สมบัติบางประการของชุดดินชัยบาดาล ลพบุรี ลำานารายณ์ ไชคชัย ปากช่อง กำแพงแสน ทำใหม่และบุรีรัมย์ที่นำมาศึกษาแสดงอยู่ในตารางที่ 3 พบว่าดินส่วนใหญ่มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว (clay) ยกเว้นชุดดินทำใหม่เป็นดินร่วนเหนียว (clay loam) และชุดดินกำแพงแสนเป็นดินร่วน (loam) ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงด่างอ่อนมี pH อยู่ในช่วง 4.5 - 7.8 (Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973) สภาพการนำไฟฟ้า (EC) ของทุกชุดดินอยู่ในระดับต่ำ ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) มีพิสัยอยู่ในช่วง 12 - 61 cmol (+) kg<sup>-1</sup> มีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับปานกลางถึงค่อนข้างสูงโดยมีพิสัยอยู่ในช่วง 16 - 30 g kg<sup>-1</sup> ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน มีพิสัยอยู่ในช่วง 3 - 75 mg P kg<sup>-1</sup> มีปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ มีพิสัยอยู่ในช่วง 89 - 464 mg K kg<sup>-1</sup> 110 - 10,685 mg Ca kg<sup>-1</sup> และ 50 - 1,632 mg Mg kg<sup>-1</sup> ตามลำดับ ปริมาณเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง มีพิสัยอยู่ในช่วง 2.9 - 155 mg Fe kg<sup>-1</sup> 1.9 - 57 mg Mn kg<sup>-1</sup> 0.1 - 1.8 mg Zn kg<sup>-1</sup> และ 0.1 - 1.1 mg Cu kg<sup>-1</sup> ตามลำดับ

ผลการศึกษาดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าชุดดินที่นำมาศึกษามีสมบัติที่แตกต่างกันทั้งเนื้อดิน ปฏิกริยาดิน ธาตุอาหารพืชทั้งปริมาณฟอสฟอรัสและปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน

### 2. การตอบสนองของข้าวโพดที่ปลูกในดินที่นำมาศึกษาต่อการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม

ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล ลพบุรี ลำานารายณ์ ไชคชัย ปากช่อง กำแพงแสน ทำใหม่ และบุรีรัมย์ แสดงอยู่ในภาพที่ 1 พบว่าในชุดดินชัยบาดาล ลำานารายณ์ และ ไชคชัย ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งของข้าวโพดที่ปลูกในตำรับ complete ซึ่งได้รับการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม และตำรับ -K ไม่แตกต่างกันและสูงกว่าผลผลิตน้ำหนักรากแห้งของข้าวโพดที่ปลูกในตำรับ -P อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าชุดดินชัยบาดาล ลำานารายณ์ และ ไชคชัย มีธาตุอาหารโพแทสเซียมอยู่ในระดับที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดแต่มีธาตุอาหารฟอสฟอรัสอยู่ในระดับที่ไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด ข้าวโพดที่ปลูกในดินทั้งสามชุดดินจึงไม่ตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมแต่ตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส

ตารางที่ 3 แสดงค่าวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์บางประการของดินที่ทำการศึกษา

คุณสมบัติดิน	ชุดดิน							
	ชัย	ลพ	ลำ	โชค	ปาก	กำแพง	ท่า	บุรี
	บาดาล (Cd)	บุรี (Lb)	นารายณ์ (Ln)	ชัย (Ci)	ช่อง (Pc)	แสน (Ks)	ใหม่ (Ti)	รัมย์ (Br)
Texture <sup>1</sup>	Clay	Clay	Clay	Clay	Clay	Loam	Clay loam	Clay
pH <sup>2</sup>	7.7	7.3	7.8	5.1	6.7	7.3	4.5	7.7
EC <sup>3</sup> (dSm <sup>-1</sup> )	0.13	0.1	0.14	0.02	0.06	0.27	0.02	0.13
CEC <sup>4</sup> (cmol(+)kg <sup>-1</sup> )	61	60	43	20	35	12	25	46
OM <sup>5</sup> (g kg <sup>-1</sup> )	16	23	20	21	30	19	19	20
Avail.P <sup>6</sup> (mg P kg <sup>-1</sup> )	34	27	32	11	3	29	75	20
Avail.K <sup>7</sup> (mg K kg <sup>-1</sup> )	464	299	227	318	129	89	118	387
Avail.Ca <sup>7</sup> (mg Ca kg <sup>-1</sup> )	9,209	10,685	8,704	632	3,328	1,656	110	7,870
Avail.Mg <sup>7</sup> (mg Mg kg <sup>-1</sup> )	1,632	607	453	188	414	300	50	375
Extr.Fe <sup>8</sup> (mg Fe kg <sup>-1</sup> )	5.9	5.1	5.2	155	2.9	60	96	5.9
Extr.Mn <sup>8</sup> (mg Mn kg <sup>-1</sup> )	4.3	3.2	3.1	52	1.9	57	41	4.1
Extr.Zn <sup>8</sup> (mg Zn kg <sup>-1</sup> )	0.4	0.6	0.1	1.7	1.8	0.9	0.2	0.1
Extr.Cu <sup>8</sup> (mg Cu kg <sup>-1</sup> )	0.3	0.7	0.2	1.0	1.1	0.8	0.3	0.1

หมายเหตุ <sup>1</sup> โดยวิธี Hydrometer method

<sup>2</sup> โดย pH meter (ดิน : น้ำ; 1:1)

<sup>3</sup> โดย Electric conductometer

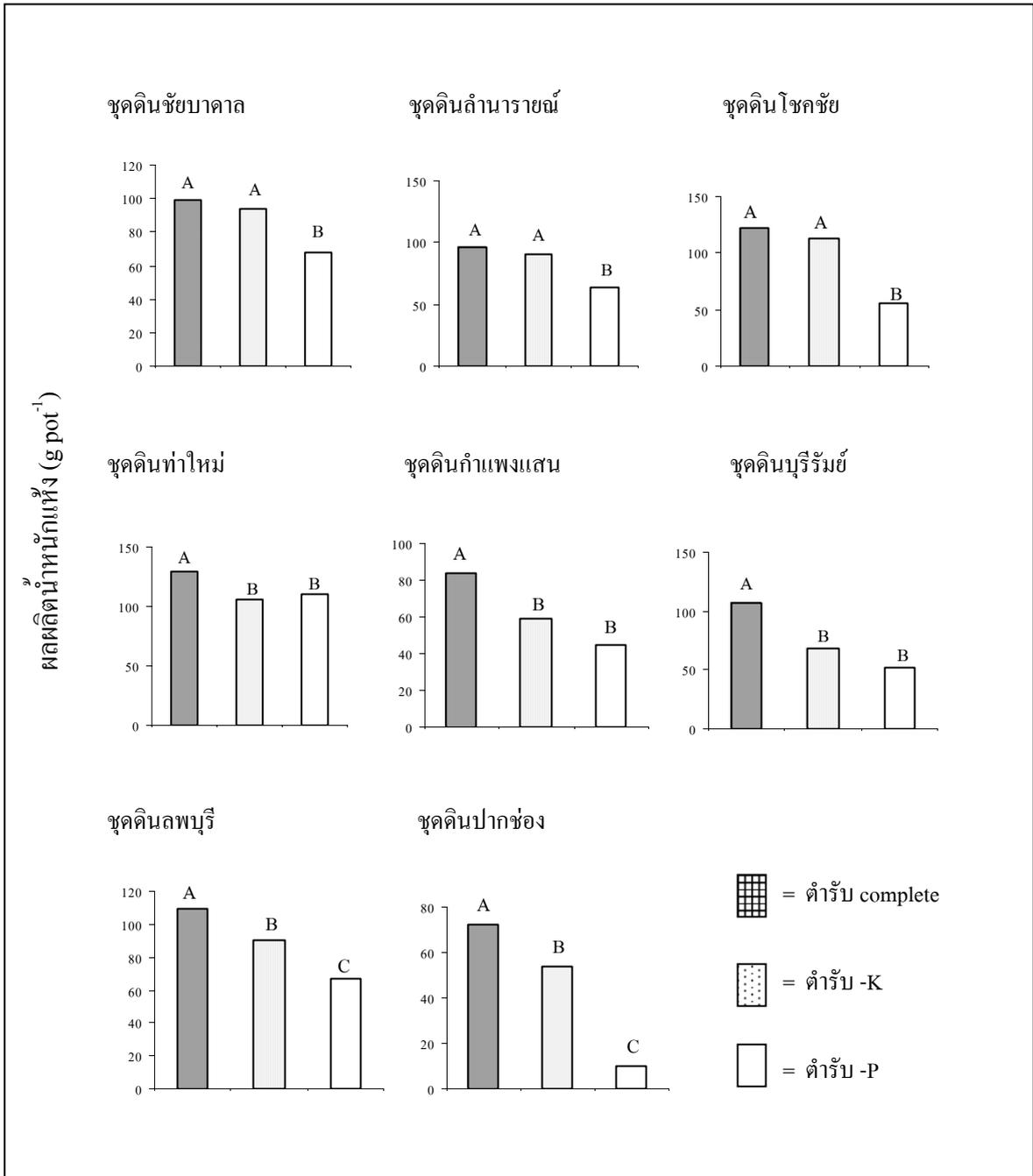
<sup>4</sup> โดยวิธี Ammonium acetate saturation (Sumner and Miller, 1996)

<sup>5</sup> โดยวิธี Walkley and Black (Walkley and Black, 1934)

<sup>6</sup> โดยวิธี Bray II (Bray and Kurtz, 1945)

<sup>7</sup> โดยวิธี Ammonium acetate (Brown and Warnke, 1988)

<sup>8</sup> โดยวิธี DTPA (Lindsay and Norvell, 1978)



ภาพที่ 1 ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งข้างโพดที่ปลูกในชุดดินที่นำมาศึกษา (คอลัมน์ที่ตามด้วยตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT)

สำหรับข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินท่าใหม่ กำแพงแสน และบุรีรัมย์ พบว่าผลผลิตน้ำหนักรวมของข้าวโพดที่ปลูกทั้งในตำรับ-K และตำรับ -P ไม่แตกต่างกันและต่ำกว่าที่ปลูกในตำรับ complete อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 1) แสดงว่าชุดดินท่าใหม่ กำแพงแสน และบุรีรัมย์ มีธาตุอาหารทั้งโพแทสเซียมและฟอสฟอรัสไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด ข้าวโพดที่ปลูกในดินทั้งสามชุดดินดังกล่าวจึงตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยทั้งฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม

ส่วนในชุดดินลพบุรีและปากช่อง พบว่าผลผลิตน้ำหนักรวมของข้าวโพดที่ปลูกในตำรับ-K และตำรับ -P ต่ำกว่าที่ปลูกในตำรับ complete อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และผลผลิตน้ำหนักรวมของข้าวโพดที่ปลูกในตำรับ -P ต่ำกว่าในตำรับ-K (ภาพที่ 1) แสดงว่าชุดดินลพบุรีและปากช่องมีธาตุอาหารโพแทสเซียมและฟอสฟอรัสไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดหรืออีกนัยหนึ่งชุดดินทั้งสองมีปัญหาการขาดทั้งฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ซึ่งการขาดฟอสฟอรัสรุนแรงกว่าการขาดโพแทสเซียม ข้าวโพดจึงตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม โดยการตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสฟอรัสสูงกว่าการตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทสเซียม

ผลการทดลองดังกล่าวข้างต้นชี้ให้เห็นว่าดินที่นำมาศึกษาส่วนใหญ่ขาดทั้งธาตุอาหารฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม โดยการขาดฟอสฟอรัสรุนแรงกว่าการขาดโพแทสเซียม

### 3. การประเมินฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินโดยวิธีสกัดด้วยน้ำยาสกัด Mehlich III และ AB-DTPA

#### 3.1 ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยน้ำยาสกัด Mehlich III AB-DTPA Bray II และ Olsen

ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดจากดินทั้ง 8 ชุดดินคือ ชุดดินชัยบาดาล ลพบุรี ลำานารายณ์ ไชยชัย ปากช่อง กำแพงแสน ท่าใหม่ และบุรีรัมย์โดยน้ำยาสกัด Mehlich III AB-DTPA Bray II และ Olsen แสดงอยู่ในตารางที่ 4 พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้แตกต่างกันในแต่ละน้ำยาสกัด โดยพิสัยของปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยน้ำยาสกัด Mehlich III อยู่ในช่วง 1.0-21.5 mg P kg<sup>-1</sup> โดย AB-DTPA อยู่ในช่วง 0.5-10.5 mg P kg<sup>-1</sup> ขณะที่ Bray II อยู่ในช่วง 2.7-74.7 mg P kg<sup>-1</sup> และโดยน้ำยาสกัด Olsen อยู่ในช่วง 2.8-78.3 mg P kg<sup>-1</sup> ซึ่งค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยน้ำยาสกัด Mehlich III AB-DTPA Bray II และ Olsen เท่ากับ 10.6 3.1 28.7 และ 18.0 mg P kg<sup>-1</sup> ตามลำดับ เมื่อ

พิจารณาจากค่าเฉลี่ยของปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดด้วยน้ำยาสกัด Mehlich III และ AB-DTPA ต่ำกว่าที่สกัดโดยน้ำยาสกัด Bray II และ Olsen

ตารางที่ 4 ปริมาณฟอสฟอรัสในดินที่สกัดโดยน้ำยาสกัด Mehlich III AB-DTPA Bray II และ Olsen (เฉลี่ย 3 ซ้ำ)

ชุดดิน	ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ (mg P kg <sup>-1</sup> )			
	Mehlich III	AB-DTPA	Bray II	Olsen
ชัยบาดาล	11.2	2.2	33.5	10.8
ลพบุรี	11.8	1.8	26.5	18.7
ลำนารายณ์	6.5	1.6	31.8	5.8
โชคชัย	8.3	1.4	11.1	7.3
ปากช่อง	1.0	0.5	2.7	2.8
กำแพงแสน	17.2	5.3	29.2	11.3
ท่าใหม่	21.5	10.5	74.7	78.3
บุรีรัมย์	7.5	1.5	20.4	8.8
พิสัย	1.0-21.5	0.5-10.5	2.7-74.7	2.8-78.3
ค่าเฉลี่ย	10.6	3.1	28.7	18.0

น้ำยาสกัด Mehlich III มีสมบัติเป็นกรดคล้ายกับน้ำยา Bray II ขณะที่น้ำยาสกัด AB-DTPA มีสมบัติเป็นด่างคล้ายน้ำยา Olsen (Fixen and Grove, 1990) การที่น้ำยาสกัด Mehlich III สกัดฟอสฟอรัสได้ในปริมาณที่ต่ำกว่าน้ำยาสกัด Bray II ทั้งนี้คงเป็นเพราะแม้ว่าน้ำยาสกัด Mehlich III จะมีองค์ประกอบของกรดและ  $\text{NH}_4\text{F}$  ในการสกัดฟอสฟอรัสในดิน (Mehlich, 1984) คล้ายกันกับใน Bray II (Bray and Kurtz, 1945) แต่เนื่องจากความเข้มข้นของกรดและ  $\text{NH}_4\text{F}$  ใน Mehlich III ต่ำกว่าใน Bray II จึงทำให้ Mehlich III สกัดฟอสฟอรัสได้น้อยกว่า Bray II ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Wang *et al.* (2004) ที่พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสในดิน 317 ตัวอย่างของมลรัฐ Louisiana ที่สกัดโดยวิธีที่สกัดด้วยน้ำยา Mehlich III ต่ำกว่าที่สกัดโดยวิธีที่สกัดด้วยน้ำยา Bray II โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 74 และ 122 mg P kg<sup>-1</sup> ตามลำดับ ส่วนน้ำยาสกัด AB-DTPA ซึ่งมีปฏิกิริยาเป็นด่าง pH 7.6 (Soltanpour and Schwab, 1977) สกัดฟอสฟอรัสได้ในปริมาณที่ต่ำกว่า Bray II คงเป็นเพราะอนุมูล  $\text{HCO}_3^{2-}$  ในน้ำยาสกัดดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการสกัดฟอสฟอรัสในดินต่ำกว่าอนุมูล  $\text{H}^+$  และ  $\text{F}^-$  ในน้ำยา Bray II

สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดด้วยน้ำยาสกัด AB-DTPA ต่ำกว่าที่สกัดโดยน้ำยา Olsen คงเป็นเพราะ AB-DTPA มี  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  เป็นองค์ประกอบหลักซึ่งให้อนุมูล  $\text{OH}^-$  และ  $\text{HCO}_3^{2-}$  ในการสกัดฟอสฟอรัสในดิน (Soltanpour and Schwab, 1977) ขณะที่ Olsen มี  $\text{NaHCO}_3$  เป็นองค์ประกอบหลักซึ่งให้อนุมูล  $\text{OH}^-$  และ  $\text{CO}_3^{2-}$  (Olsen *et al.*, 1954) ในการสกัดฟอสฟอรัสในดิน ซึ่งประสิทธิภาพของอนุมูล  $\text{CO}_3^{2-}$  ใน Olsen ในการสกัดฟอสฟอรัสในดินน่าจะสูงกว่าอนุมูล  $\text{HCO}_3^{2-}$  ใน AB-DTPA จึงทำให้ AB-DTPA สกัดฟอสฟอรัสได้ในปริมาณที่ต่ำกว่า Olsen ซึ่งผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Elrashidi *et al.* (2003) ที่พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยวิธีสกัดด้วยน้ำยา AB-DTPA ในดิน 50 ชนิดต่ำกว่าโดยวิธีสกัดด้วยน้ำยา Olsen

เมื่อพิจารณาในส่วนของน้ำยาสกัดเดี่ยว Mehlich III และ AB-DTPA พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสเฉลี่ยที่สกัดโดยวิธี Mehlich III สูงกว่าวิธี AB-DTPA สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Elrashidi *et al.* (2003) ที่พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยวิธี Mehlich III ในดินกรด 30 ชนิดดินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $115 \text{ mg P kg}^{-1}$  ขณะที่สกัดโดยวิธี AB-DTPA มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $28 \text{ mg P kg}^{-1}$  และในกรณีของดินต่างอีก 20 ชนิดดินก็ให้ผลเช่นเดียวกันคือ ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยวิธี Mehlich III มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $207 \text{ mg P kg}^{-1}$  ขณะที่สกัดโดยวิธี AB-DTPA มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $61 \text{ mg P kg}^{-1}$

3.2 สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้โดยวิธีสกัดด้วยน้ำยา Mehlich II และ AB-DTPA กับที่สกัดได้โดยวิธีสกัดด้วยน้ำยา Bray II และ Olsen

จากผลการสกัดฟอสฟอรัสในดินที่นำมาศึกษาโดยวิธีที่ใช้น้ำยา Mehlich III AB-DTPA Bray II และ Olsen (ตารางที่ 4) เมื่อนำปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้โดยวิธีที่ใช้น้ำยาสกัดเดี่ยว Mehlich III และ AB-DTPA มาหาสหสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้โดยวิธีที่ใช้น้ำยาสกัด Bray II ซึ่งนิยมใช้ในห้วงปฏิบัติการส่วนใหญ่ของประเทศไทย (อนนท์, 2547) และปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดย Olsen

พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้โดยวิธีที่สกัดด้วยน้ำยา Mehlich III มีสหสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยวิธีที่สกัดด้วยน้ำยา Bray II อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์หรือค่า  $r = 0.841^{**}$  (ตารางที่ 5) และมีสหสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยวิธี Olsen อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยให้ค่า  $r = 0.771^*$  ซึ่งผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของ Wang *et al.* (2004) ที่ทำการทดลองในดิน 317 ตัวอย่างและพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้โดยวิธี Mehlich III มีความสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยวิธี

Bray II อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ และสอดคล้องกับการศึกษาของ Elrashidi *et al.* (2003) ที่ทำการทดลองในดินต่าง 20 ดินซึ่งพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดย Mehlich III และ Olsen มีสหสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $r = 0.926^{**}$ )

ตารางที่ 5 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยวิธีที่ใช้น้ำยาสกัดต่างๆ

น้ำยาสกัด	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r$ )
Mehlich III เทียบกับ Bray II	0.841 <sup>**</sup>
Mehlich III เทียบกับ Olsen	0.771 <sup>*</sup>
AB-DTPA เทียบกับ Bray II	0.898 <sup>**</sup>
AB-DTPA เทียบกับ Olsen	0.919 <sup>**</sup>

หมายเหตุ <sup>\*\*</sup> มีสหสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

<sup>\*</sup> มีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้โดยน้ำยาสกัด AB-DTPA พบว่ามีสหสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยน้ำยา Bray II และ Olsen อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเช่นเดียวกัน โดยให้ค่า  $r = 0.898^{**}$  และ  $r = 0.919^{**}$  ตามลำดับ (ตารางที่ 5) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Elrashidi *et al.* (2003) ซึ่งพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยวิธี AB-DTPA มีสหสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยวิธี Olsen อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $r = 0.689^{**}$ )

3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยน้ำยาสกัด Mehlich III และ AB-DTPA กับลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของข้าวโพด

ลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของข้าวโพดที่นำมาหาความสัมพันธ์กับค่าวิเคราะห์ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่สกัดจากดินโดยน้ำยาสกัด Mehlich III และ AB-DTPA รวมทั้งที่สกัดโดยน้ำยา Bray II และ Olsen ได้แก่ ผลผลิตน้ำหนักแห้ง (dry matter yield) ผลผลิตน้ำหนักแห้งสัมพัทธ์ (relative dry matter yield) และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้ (total-P uptake) ที่ประเมินจากค่ารับ -P (ตารางที่6)

ตารางที่ 6 ลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของข้าวโพด (เฉลี่ย 3 ซ้ำ) ที่ใช้หาความสัมพันธ์กับ ค่าวิเคราะห์ ฟอสฟอรัส โดยวิธีสกัดด้วยน้ำยา Mehlich III AB-DTPA Bray II และ Olsen

ชุดดิน	ลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของข้าวโพด		
	ผลผลิตน้ำหนักรากแห้ง (g pot <sup>-1</sup> )	ผลผลิตน้ำหนักรากแห้ง สัมพันธ์ (%)	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ ข้าวโพดดูดใช้ (mg P pot <sup>-1</sup> )
ชัยบาดาล	68	69	86
ลพบุรี	67	62	103
ลำนารายณ์	64	66	63
โชคชัย	55	45	46
ปากช่อง	10	13	13
กำแพงแสน	45	54	70
ท่าใหม่	111	86	135
บุรีรัมย์	52	48	50

ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งสัมพันธ์ได้จากการคำนวณดังนี้

$$\text{ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งสัมพันธ์} = \frac{\text{ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งดาร์บ -P}}{\text{ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งดาร์บ complete}} \times 100$$

ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งและปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้ (ดาร์บ -P) ของข้าวโพดที่ปลูกในดินที่นำมาศึกษาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 1 และ 3)

3.3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยวิธีที่สกัดโดยน้ำยาสกัดต่างๆ กับผลผลิตน้ำหนักรากแห้ง

เมื่อนำปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดย Mehlich III AB-DTPA Bray II และ Olsen มาหาสหสัมพันธ์กับผลผลิตน้ำหนักรากแห้งของข้าวโพดที่ปลูกในดาร์บ -P พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดย Mehlich III AB-DTPA และ Olsen มีสหสัมพันธ์กับผลผลิตน้ำหนักรากแห้งของข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ) เท่ากับ 0.769\* 0.723\* และ 0.818\*

ตามลำดับ (ตารางที่ 7) ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดย Bray II พบว่ามีสหสัมพันธ์กับผลผลิตน้ำหนักรากของข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยค่า  $r$  เท่ากับ 0.908\*\*

ตารางที่ 7 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยวิธีต่างๆ กับลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของข้าวโพด

น้ำยาสกัด	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ) ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้กับ		
	ผลผลิตน้ำหนักรากแห้ง (g pot <sup>-1</sup> )	ผลผลิตน้ำหนักรากแห้ง สัมพัทธ์ (%)	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ที่ข้าวโพดดูดใช้ (mg P pot <sup>-1</sup> )
Mehlich III	0.769*	0.778*	0.863**
AB-DTPA	0.723*	0.652 <sup>ns</sup>	0.754*
Bray II	0.908**	0.880**	0.898**
Olsen	0.818*	0.669 <sup>ns</sup>	0.803*

หมายเหตุ \*\* มีสหสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

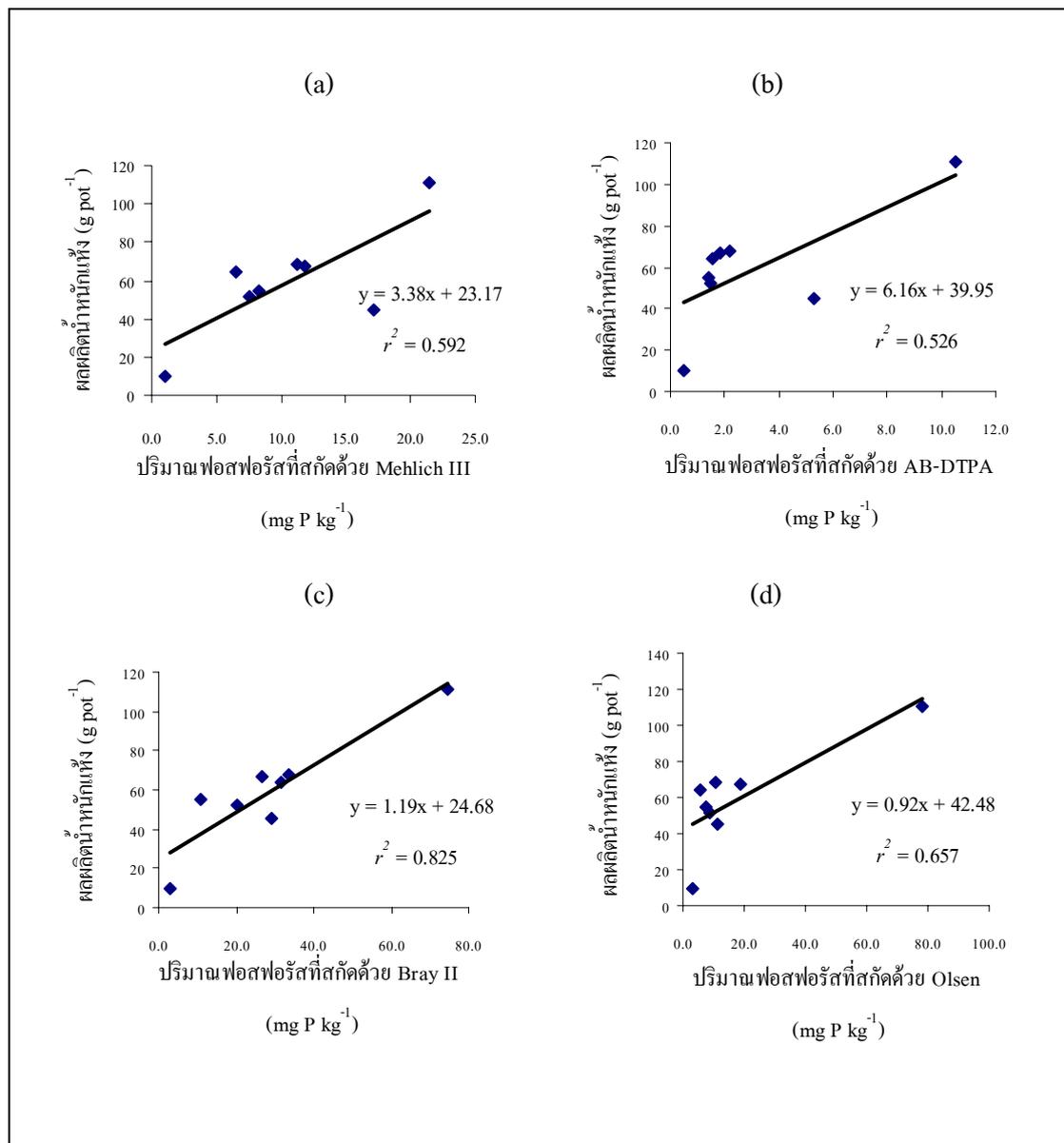
\* มีสหสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

<sup>ns</sup> ไม่มีสหสัมพันธ์กันทางสถิติ

เมื่อวิเคราะห์การถดถอยระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้โดยน้ำยาสกัด Mehlich III AB-DTPA Bray II และ Olsen กับผลผลิตน้ำหนักรากแห้งของข้าวโพด สมการถดถอยเชิงเส้นตรง (linear regression equation) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยน้ำยาสกัดดังกล่าวกับผลผลิตน้ำหนักรากแห้งของข้าวโพดรวมทั้งค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (coefficient of determination) หรือค่า  $r^2$  แสดงอยู่ในตารางที่ 8 และภาพที่ 2 จากค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดแสดงให้เห็นว่าผลผลิตน้ำหนักรากแห้งของข้าวโพดจะผันแปรไปตามความแปรปรวนของปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้โดยวิธีที่ใช้น้ำยา Mehlich III AB-DTPA Bray II และ Olsen ร้อยละ 59 53 83 และ 66 ตามลำดับ หรืออาจกล่าวได้ว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยวิธีที่ใช้น้ำยาสกัด Mehlich III AB-DTPA Bray II และ Olsen สามารถใช้คาดคะเนผลผลิตน้ำหนักรากแห้งของข้าวโพดได้ ร้อยละ 59 53 83 และ 66 ตามลำดับ

ตารางที่ 8 สมการถดถอยเชิงเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของข้าวโพด (Y) และปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้จากดินโดยน้ำยาสกัด Mehlich III Bray II และ Olsen (X) และค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด ( $r^2$ )

น้ำยาสกัด	สมการถดถอย	$r^2$
	ผลผลิตน้ำหนักรากแห้ง (g pot <sup>-1</sup> )	
Mehlich III	$Y = 23.17 + 3.38X$ ( $p < 0.05$ )	0.592
AB-DTPA	$Y = 39.95 + 6.16X$ ( $p < 0.05$ )	0.526
Bray II	$Y = 24.68 + 1.19X$ ( $p < 0.01$ )	0.825
Olsen	$Y = 42.48 + 0.92X$ ( $p < 0.05$ )	0.657
	ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งสัมพัทธ์ (%)	
Mehlich III	$Y = 27.66 + 2.61X$ ( $p < 0.05$ )	0.605
Bray II	$Y = 29.94 + 0.89X$ ( $p < 0.01$ )	0.775
	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่พืชดูดใช้ (mg P pot <sup>-1</sup> )	
Mehlich III	$Y = 17.17 + 5.04X$ ( $p < 0.01$ )	0.744
AB-DTPA	$Y = 44.35 + 8.54X$ ( $p < 0.05$ )	0.568
Bray II	$Y = 25.53 + 1.57X$ ( $p < 0.01$ )	0.806
Olsen	$Y = 48.98 + 1.21X$ ( $p < 0.05$ )	0.642

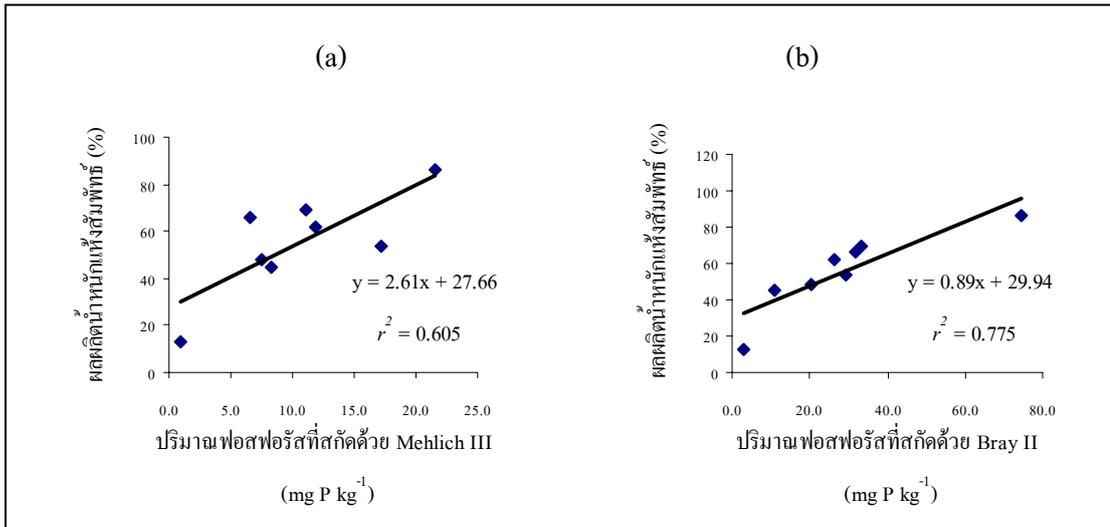


ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยวิธีสกัดด้วยน้ำยาสกัด Mehlich III (a) AB-DTPA (b) Bray II (c) และ Olsen (d) กับผลผลิตน้ำหนักรวมแห้งของข้าวโพด

### 3.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยวิธีสกัดด้วยน้ำยาสกัด ต่างๆ กับผลผลิตน้ำหนักรากแห้งสัมพัทธ์ของข้าวโพด

ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยวิธี Mehlich III AB-DTPA Bray II และ Olsen เมื่อนำมาหาสหสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิตน้ำหนักรากแห้งสัมพัทธ์ของข้าวโพด (ตำรับ -P) พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยวิธี Mehlich III และ Bray II มีสหสัมพันธ์กับผลผลิตน้ำหนักรากแห้งสัมพัทธ์ของข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญและมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ) เท่ากับ 0.778\* และ 0.880\*\* ตามลำดับ (ตารางที่ 7) ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยวิธี AB-DTPA และ Olsen กับพบว่าไม่มีสหสัมพันธ์กับผลผลิตน้ำหนักรากแห้งสัมพัทธ์โดยมีค่า  $r = 0.652$ <sup>ns</sup> และ 0.669<sup>ns</sup> ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

จากการวิเคราะห์การถดถอยระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้โดยน้ำยาสกัด Mehlich III และ Bray II กับผลผลิตน้ำหนักรากแห้งสัมพัทธ์ของข้าวโพด สมการถดถอยเชิงเส้นตรง (linear regression equation) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยน้ำยาสกัดดังกล่าวกับผลผลิตน้ำหนักรากแห้งสัมพัทธ์ของข้าวโพดรวมทั้งค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (coefficient of determination) หรือค่า  $r^2$  แสดงอยู่ในตารางที่ 8 และภาพที่ 3 จากค่า  $r^2$  อาจกล่าวได้ว่าผลผลิตน้ำหนักรากแห้งสัมพัทธ์ของข้าวโพดจะแปรปรวนหรือผันแปรตามปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยน้ำยาสกัด Mehlich III และ Bray II ร้อยละ 61 และ 78 ตามลำดับ หรืออีกนัยหนึ่งปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยวิธีที่ใช้น้ำยาสกัด Mehlich III และ Bray II สามารถใช้คาดคะเนผลผลิตน้ำหนักรากแห้งสัมพัทธ์ของข้าวโพดได้ร้อยละ 61 และ 78 ตามลำดับ

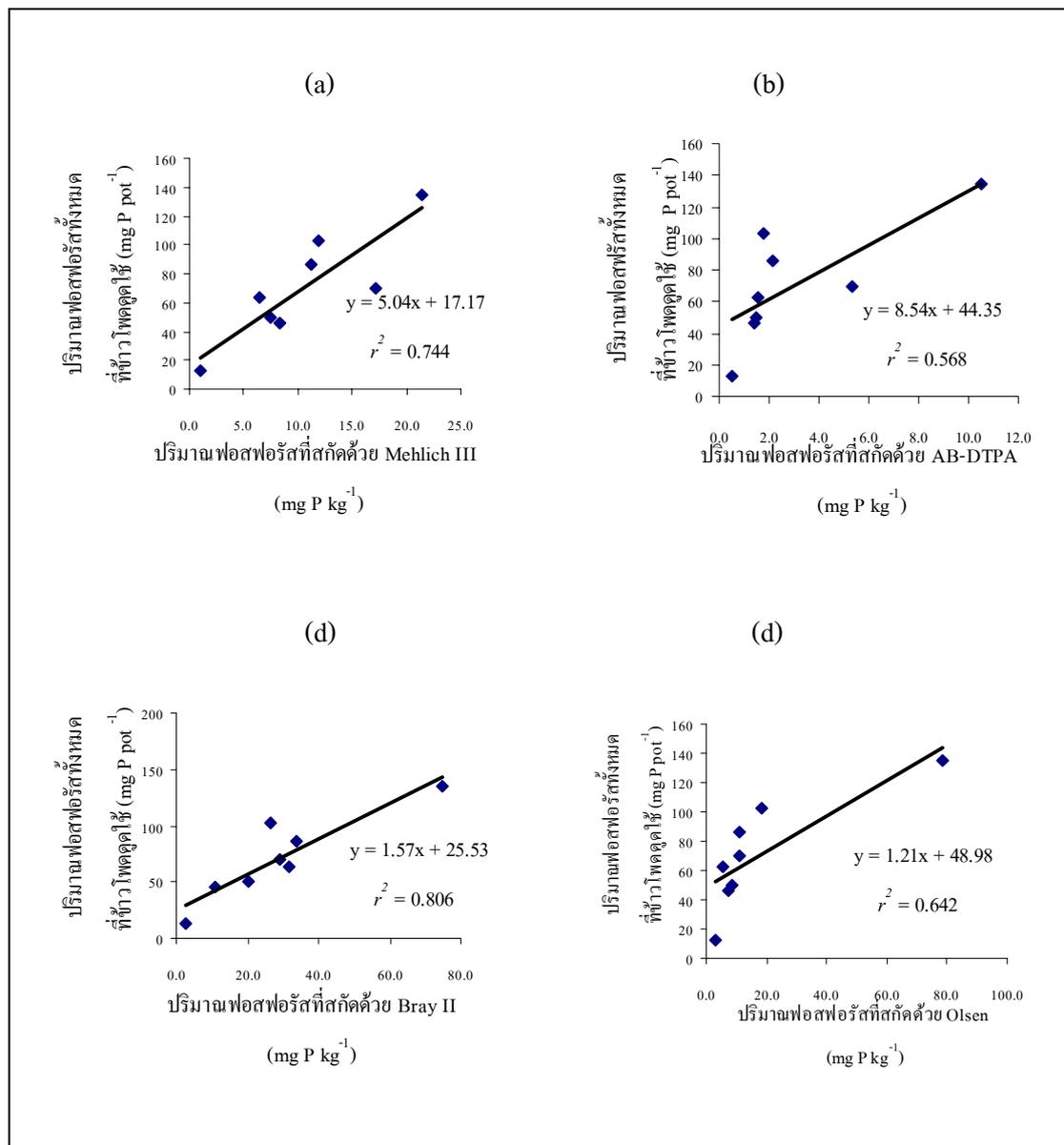


ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยน้ำยาสกัด Mehlich III (a) Bray II (b) กับผลผลิตน้ำหนักแห้งสัมพัทธ์ของข้าวโพด

### 3.3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยวิธีสกัดด้วยน้ำยาสกัดต่างๆ กับปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ข้าวโพดคั่วใช้

เมื่อนำปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยวิธี Mehlich III AB-DTPA Bray II และ Olsen มาหาสหสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ข้าวโพดคั่วใช้ในด้านรับ -P พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยวิธี Mehlich III และ Bray II มีสหสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ข้าวโพดคั่วใช้อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ) = 0.863\*\* และ 0.898\*\* ตามลำดับ (ตารางที่ 7) และพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยวิธี AB-DTPA และ Olsen มีสหสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ข้าวโพดคั่วใช้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า  $r$  = 0.754\* และ 0.803\* ตามลำดับ (ตารางที่ 7) ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยวิธี Mehlich III มีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ข้าวโพดคั่วใช้ในการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Tran *et al.* (1990) ที่ศึกษาในดินส่วนใหญ่ของ Quebec ประเทศแคนาดา และรายงานไว้ว่า ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยวิธี Mehlich III มีสหสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่พืชคั่วใช้อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

เมื่อวิเคราะห์การถดถอยระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้โดยน้ำยาสกัด Mehlich III AB-DTPA Bray II และ Olsen กับปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ข้าวโพดคั่วใช้ สมการถดถอยเชิงเส้นตรง (linear regression equation) ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยน้ำยาสกัดดังกล่าวกับปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ข้าวโพดคั่วใช้รวมทั้งค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด หรือค่า  $r^2$  แสดงอยู่ในตารางที่ 8 และภาพที่ 4 จากค่า  $r^2$  นี้ชี้ให้เห็นว่าปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ข้าวโพดคั่วใช้จะผันแปรไปตามความแปรปรวนของปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้โดยวิธีที่สกัดโดยน้ำยา Mehlich III AB-DTPA Bray II และ Olsen ร้อยละ 74 57 81 และ 64 ตามลำดับ หรืออาจกล่าวได้ว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยวิธีที่ใช้น้ำยาสกัด Mehlich III AB-DTPA Bray II และ Olsen สามารถใช้คาดคะเนปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ข้าวโพดคั่วใช้ได้ร้อยละ 74 57 81 และ 64 ตามลำดับ



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยวิธี Mehlich III (a) Bray II (b) AB-DTPA (c) และ Olsen (d) กับปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้

### 3.4 ประสิทธิภาพของน้ำยาสกัด Mehlich III และ น้ำยาสกัด AB-DTPA ในการประเมินฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินที่นำมาศึกษา

ประสิทธิภาพของน้ำยาสกัด Mehlich III และ AB-DTPA ในการประเมินฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินที่นำมาศึกษาน่าจะพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้จากดินโดยน้ำยาสกัด Mehlich III และ AB-DTPA กับปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้จึงจะเหมาะสมที่สุด ทั้งนี้เพราะปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้เป็นผลโดยตรงจากปริมาณฟอสฟอรัสในดิน (Vacharotayan *et al.* 1964; Corey, 1987; Peck and Soltanpour, 1990) ส่วนผลผลิตน้ำหนักรวมของข้าวโพดนั้นมิได้มาจากอิทธิพลของฟอสฟอรัสในดินเพียงอย่างเดียว แต่เป็นผลจากอิทธิพลรวมของปัจจัยอื่น ๆ อีกหลายปัจจัย (Anold and Schmidt, 1951) สำหรับผลผลิตน้ำหนักรวมสัมพัทธ์ก็เช่นเดียวกับผลผลิตน้ำหนักรวมของข้าวโพดเพราะเป็นค่าที่ประเมินจากผลผลิตน้ำหนักรวมของข้าวโพด

จากผลการทดลองพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยน้ำยาสกัด Mehlich III มีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับผลผลิตน้ำหนักรวมและผลผลิตน้ำหนักรวมสัมพัทธ์ของข้าวโพด และมีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งกัปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้ ( $r = 0.863^{**}$ ) (ตารางที่ 7) ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยน้ำยาสกัด AB-DTPA พบว่ามีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลผลิตน้ำหนักรวม ( $r = 0.723^*$ ) และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้ ( $r = 0.754^*$ ) โดยค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด ( $r^2$ ) ของสมการถดถอยเชิงเส้นตรงที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้กับปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยน้ำยาสกัด Mehlich III และ AB-DTPA เท่ากับ 0.744 และ 0.568 ตามลำดับ (ตารางที่ 8) แสดงว่าน้ำยาสกัด Mehlich III และ AB-DTPA สามารถใช้ประเมินฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินที่นำมาศึกษาได้ โดยประสิทธิภาพของน้ำยาสกัด Mehlich III ในการประเมินฟอสฟอรัสในดินสูงกว่าน้ำยาสกัด AB-DTPA

ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยน้ำยาสกัด Mehlich III และ AB-DTPA พบว่ามีสหสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยน้ำยาสกัด Bray II และ Olsen (ตารางที่ 5) และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของน้ำยาสกัด Mehlich III และ AB-DTPA กับน้ำยาสกัด Bray II และ Olsen ในการประเมินฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินที่ศึกษาโดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ) ของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้กับปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยน้ำยาดังกล่าว (ตารางที่ 7) และค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด ( $r^2$ ) (ตารางที่ 8)

อาจกล่าวได้ว่า ประสิทธิภาพในการประเมินฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินของน้ำยาสกัด Mehlich III ใกล้เคียงกับน้ำยาสกัด Bray II แต่สูงกว่าน้ำยาสกัด Olsen ส่วนประสิทธิภาพของน้ำยาสกัด AB-DTPA ในการประเมินฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำกว่า Bray II แต่ใกล้เคียงกับน้ำยาสกัด Olsen

#### 4. การประเมินโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินโดยวิธีสกัดด้วยน้ำยา Mehlich III และ AB-DTPA

##### 4.1 ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดโดยวิธีสกัดด้วยน้ำยา Mehlich III AB-DTPA และ $\text{NH}_4\text{OAc}$

ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดจากดินทั้ง 8 ชุดดินคือ ชุดดินชัยบาดาล ลพบุรี ถ้ำนารายณ์ ไชคชัย ปากช่อง กำแพงแสน ท่าใหม่ และบุรีรัมย์ ในตำรับ -K โดยวิธีสกัดด้วยน้ำยา Mehlich III AB-DTPA และ  $\text{NH}_4\text{OAc}$  แสดงอยู่ในตารางที่ 9 พบว่าปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดโดยน้ำยา Mehlich III มีพิสัยอยู่ในช่วง 67-440  $\text{mg K kg}^{-1}$  มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 244  $\text{mg K kg}^{-1}$  ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดโดยน้ำยา AB-DTPA มีพิสัยอยู่ในช่วง 53-267  $\text{mg K kg}^{-1}$  มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 145  $\text{mg K kg}^{-1}$  ส่วนปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดโดยน้ำยาสกัด  $\text{NH}_4\text{OAc}$  มีพิสัยอยู่ในช่วง 89-464  $\text{mg K kg}^{-1}$  มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 254  $\text{mg K kg}^{-1}$  เมื่อนำค่าเฉลี่ยปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดโดยน้ำยาสกัด Mehlich III และ AB-DTPA มาเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดโดยน้ำยาสกัด  $\text{NH}_4\text{OAc}$  พบว่าอัตราส่วนของค่าเฉลี่ยปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดด้วยน้ำยา  $\text{NH}_4\text{OAc}$  ต่อค่าเฉลี่ยปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ด้วยน้ำยา Mehlich III และ AB-DTPA เท่ากับ 1.04 และ 1.75 ตามลำดับ

ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดโดยน้ำยาสกัด Mehlich III และ  $\text{NH}_4\text{OAc}$  มีค่าที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Beegle and Oravec (1990) ที่รายงานว่าปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดโดยน้ำยาสกัด Mehlich III และ  $\text{NH}_4\text{OAc}$  ใกล้เคียงกันโดยปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดด้วย  $\text{NH}_4\text{OAc}$  สูงกว่าที่สกัดด้วย Mehlich III เพียงเล็กน้อย เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Wendt (1995) ที่รายงานปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดโดยสองวิธีนี้มีค่าใกล้เคียงกันมาก และสอดคล้องกับผลการทดลองของ Eckert and Watson (1996) ที่รายงานว่าปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดจากดิน Crosby ซึ่งเนื้อดินเป็นดินร่วนและ Hoytville ซึ่งมีเนื้อดินเป็นดินเหนียวของมลรัฐ Ohio ประเทศสหรัฐอเมริกาด้วยวิธี Mehlich III และ  $\text{NH}_4\text{OAc}$  ใกล้เคียงกันมาก

ตารางที่ 9 ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดโดยน้ำยาสกัด Mehlich III AB-DTPA และ  $\text{NH}_4\text{OAc}$

ชนิดดิน	ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ ( $\text{mg K kg}^{-1}$ )		
	Mehlich III	AB-DTPA	$\text{NH}_4\text{OAc}$
ชัยบาดาล	440	227	464
ลพบุรี	245	118	299
ลำานารายณ์	223	128	227
โชคชัย	338	249	318
ปากช่อง	92	53	129
กำแพงแสน	119	61	89
ท่าใหม่	67	54	118
บุรีรัมย์	427	267	387
พิสัย	67-440	53-267	89-464
ค่าเฉลี่ย	244	145	254

สำหรับปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดโดยน้ำยาสกัด AB-DTPA พบว่าต่ำกว่าปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดโดยน้ำยาสกัด Mehlich III และ  $\text{NH}_4\text{OAc}$  สอดคล้องกับการศึกษาของ Elrashidi *et al.* (2003) ที่ศึกษาในดินส่วนใหญ่ของประเทศสหรัฐอเมริกาและรายงานว่ามีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดจากดินกรดจำนวน 30 ตัวอย่าง โดยน้ำยาสกัด Mehlich III และ  $\text{NH}_4\text{OAc}$  มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 182.8 และ 176.2  $\text{mg K kg}^{-1}$  ตามลำดับ สูงกว่าที่สกัดโดย AB-DTPA ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 156.2  $\text{mg K kg}^{-1}$  ในกรณีของดินต่าง 20 ตัวอย่างก็ให้ผลเช่นเดียวกัน โดยพบว่าปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดโดยวิธีสกัดด้วยน้ำยาสกัด Mehlich III และ  $\text{NH}_4\text{OAc}$  มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 828.4 และ 801.1  $\text{mg K kg}^{-1}$  ตามลำดับ ขณะที่สกัดโดยวิธี AB-DTPA มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 651.2  $\text{mg K kg}^{-1}$

#### 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพแทสเซียมสกัดได้โดยวิธีสกัดด้วยน้ำยา Mehlich III และ AB-DTPA กับวิธีสกัดด้วยน้ำยา $\text{NH}_4\text{OAc}$

จากผลการสกัดโพแทสเซียมในดินที่นำมาศึกษาโดยวิธีที่ใช้น้ำยาสกัด Mehlich III AB-DTPA และ  $\text{NH}_4\text{OAc}$  (ตารางที่ 9) เมื่อนำปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้จากวิธีที่ใช้น้ำยาสกัดเดี่ยว Mehlich III และ AB-DTPA มาหาความสัมพันธ์กับปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดโดยวิธีที่ใช้น้ำยาสกัด  $\text{NH}_4\text{OAc}$  ซึ่งนิยมใช้ในห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่ของประเทศไทย (อนนท์, 2547) พบว่าปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้โดยน้ำยาสกัด Mehlich III มีสหสัมพันธ์กับที่สกัดโดย  $\text{NH}_4\text{OAc}$  อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ) = 0.969\*\* (ตารางที่ 10) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Beegle and Oravec (1990) ที่ศึกษาในดินมลรัฐ Pennsylvania 67 ตัวอย่าง และรายงานว่าการสกัดโพแทสเซียมที่สกัดได้โดย Mehlich III มีสหสัมพันธ์กับที่สกัดโดย  $\text{NH}_4\text{OAc}$  อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $r = 0.960$ \*\* ) และการศึกษาของ Wang et al. (2004) ที่พบว่าปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้โดยวิธี Mehlich III มีสหสัมพันธ์กับที่สกัดโดย  $\text{NH}_4\text{OAc}$  อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $r = 0.975$ \*\* ) ในดินของมลรัฐ Louisiana 317 ตัวอย่าง และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Elrashidi *et al.* (2003) ที่ศึกษาในดินกรด 30 ชนิดและดินด่าง 20 ชนิดของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งรายงานว่าการสกัดโพแทสเซียมที่สกัดโดย Mehlich III มีสหสัมพันธ์กับที่สกัดโดย  $\text{NH}_4\text{OAc}$  อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $r = 0.989$ \*\* ) และในกรณีของดินด่างก็เป็นไปในทิศทางเดียวกัน ( $r = 0.983$ \*\* )

สำหรับปริมาณโพแทสเซียม ที่สกัดโดยน้ำยาสกัด AB-DTPA พบว่ามีสหสัมพันธ์กับที่สกัดโดย  $\text{NH}_4\text{OAc}$  อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ) = 0.894\*\* (ตารางที่ 10) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Elrashidi *et al.* (2003) ที่รายงานว่าการสกัดโพแทสเซียมที่สกัดโดย AB-DTPA มีสหสัมพันธ์กับที่สกัดโดย  $\text{NH}_4\text{OAc}$  อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $r = 0.979$ \*\* ) และในกรณีของดินด่างอีก 20 ชนิด ก็เป็นไปในทิศทางเดียวกัน ( $r = 0.956$ \*\* )

ตารางที่ 10 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดโดยวิธีที่ใช้น้ำยาสกัด  
ต่างๆ

น้ำยาสกัด	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)
Mehlich III เทียบกับ NH <sub>4</sub> OAc	0.969**
AB-DTPA เทียบกับ NH <sub>4</sub> OAc	0.894**

หมายเหตุ \*\* มีสหสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

\* มีสหสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดโดยน้ำยาสกัด Mehlich III และ AB-DTPA กับลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของข้าวโพด

ลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของข้าวโพดที่นำมาหาความสัมพันธ์กับปริมาณธาตุอาหารโพแทสเซียมที่สกัดโดยน้ำยาสกัด Mehlich III และ AB-DTPA รวมทั้งที่สกัดโดยน้ำยา NH<sub>4</sub>OAc ได้แก่ ผลผลิตน้ำหนักแห้ง (dry matter yield) ผลผลิตน้ำหนักแห้งสัมพัทธ์ (relative dry matter yield) และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้ (total-K uptake) ที่ประเมินจากตำรับ -K (ตารางที่ 11)

ผลผลิตน้ำหนักแห้งสัมพัทธ์ได้จากการคำนวณดังนี้

$$\text{ผลผลิตน้ำหนักแห้งสัมพัทธ์} = \frac{\text{ผลผลิตน้ำหนักแห้งตำรับ -K}}{\text{ผลผลิตน้ำหนักแห้งตำรับ complete}} \times 100$$

ผลผลิตน้ำหนักแห้งและปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้ (ตำรับ -K) ของข้าวโพดที่ปลูกในดินที่นำมาศึกษาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 1 และ 5)

ตารางที่ 11 ลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของข้าวโพด (เฉลี่ย 3 ซ้ำ) ที่ใช้หาความสัมพันธ์กับค่าวิเคราะห์โพแทสเซียมโดยวิธีต่างๆ

ชุดดิน	ลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของข้าวโพด		
	ผลผลิตน้ำหนักร้าง (g pot <sup>-1</sup> )	ผลผลิตน้ำหนักร้าง สัมพัทธ์ (%)	ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด ที่ข้าวโพดดูดใช้ (mg K pot <sup>-1</sup> )
ชัยบาดาล	94	95	1,594
ลพบุรี	90	82	1,384
ลำานรายณ์	90	93	865
โชคชัย	113	92	1,581
ปากช่อง	54	72	308
กำแพงแสน	59	71	374
ท่าใหม่	106	82	334
บุรีรัมย์	69	64	1,440

#### 4.3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดโดยวิธีต่างๆกับผลผลิตน้ำหนักร้าง

เมื่อนำปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดโดยวิธีที่สกัดด้วยน้ำยาสกัด Mehlich III AB-DTPA และ NH<sub>4</sub>OAc มาหาสหสัมพันธ์กับผลผลิตน้ำหนักร้างของข้าวโพดที่ปลูกในตำรับ -K พบว่าปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดโดย Mehlich III AB-DTPA และ NH<sub>4</sub>OAc ไม่มีสหสัมพันธ์กับผลผลิตน้ำหนักร้างของข้าวโพด โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์หรือ  $r = 0.253^{ns}$ ,  $0.337^{ns}$  และ  $0.339^{ns}$  ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

การที่ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดโดยน้ำยาสกัด Mehlich III AB-DTPA และ NH<sub>4</sub>OAc ไม่มีสหสัมพันธ์กับผลผลิตน้ำหนักร้างของข้าวโพด น่าจะเนื่องมาจากมีปัจจัยอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากโพแทสเซียมในดินเพียงอย่างเดียวที่มีผลต่อผลผลิตน้ำหนักร้างของพืช (Anold and Schmidt, 1951) อนึ่งปริมาณโพแทสเซียมที่มีอยู่ในดินที่นำมาศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในระดับที่พอเพียงต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด (ตารางที่ 3) และโพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่พืชสามารถดูดใช้ได้

มากเกินไปความต้องการ (luxury consumption) (Havlin *et al.*, 2005) โดยที่ไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักแห้งหลังจากที่ได้รับในปริมาณที่เพียงพอแล้ว

**ตารางที่ 12** สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัด โดยวิธีที่สกัดด้วยน้ำยาสกัด Mehlich III AB-DTPA และ  $\text{NH}_4\text{OAc}$  กับลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของข้าวโพด

น้ำยาสกัด	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ) ระหว่างปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้กับ		
	ผลผลิตน้ำหนักแห้ง ( $\text{g pot}^{-1}$ )	ผลผลิตน้ำหนักแห้ง สัมพัทธ์ (%)	โพแทสเซียมทั้งหมด ที่พืชดูดใช้ ( $\text{mg K pot}^{-1}$ )
Mehlich III	0.253 <sup>ns</sup>	0.219 <sup>ns</sup>	0.930**
AB-DTPA	0.337 <sup>ns</sup>	0.264 <sup>ns</sup>	0.942**
$\text{NH}_4\text{OAc}$	0.339 <sup>ns</sup>	0.324 <sup>ns</sup>	0.902**

หมายเหตุ \*\* มีสหสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

<sup>ns</sup> ไม่มีสหสัมพันธ์กันทางสถิติ

#### 4.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพแทสเซียมที่สกัด โดยวิธีต่างๆกับผลผลิตน้ำหนักแห้งสัมพัทธ์

เมื่อนำปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดโดยวิธีที่สกัดด้วยน้ำยาสกัด Mehlich III AB-DTPA และ  $\text{NH}_4\text{OAc}$  มาหาสหสัมพันธ์กับผลผลิตน้ำหนักแห้งสัมพัทธ์ในตำรับ -K พบว่าปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดโดยวิธี Mehlich III AB-DTPA และ  $\text{NH}_4\text{OAc}$  ไม่มีสหสัมพันธ์กับผลผลิตน้ำหนักแห้งของข้าวโพด โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์หรือ  $r = 0.219^{\text{ns}}$ ,  $0.264^{\text{ns}}$  และ  $0.324^{\text{ns}}$  ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

การที่ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดโดยน้ำยาสกัด Mehlich III AB-DTPA และ  $\text{NH}_4\text{OAc}$  ไม่มีสหสัมพันธ์กับผลผลิตน้ำหนักแห้งสัมพัทธ์ของข้าวโพดซึ่งประเมินจากผลผลิตน้ำหนักแห้งของข้าวโพด น่าจะเนื่องมาจากเหตุผลเดียวกันกับผลผลิตน้ำหนักแห้งของข้าวโพด เพราะเป็นค่าที่ประเมินจากผลผลิตน้ำหนักแห้ง

### 4.3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดโดยวิธีต่างๆกับปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้

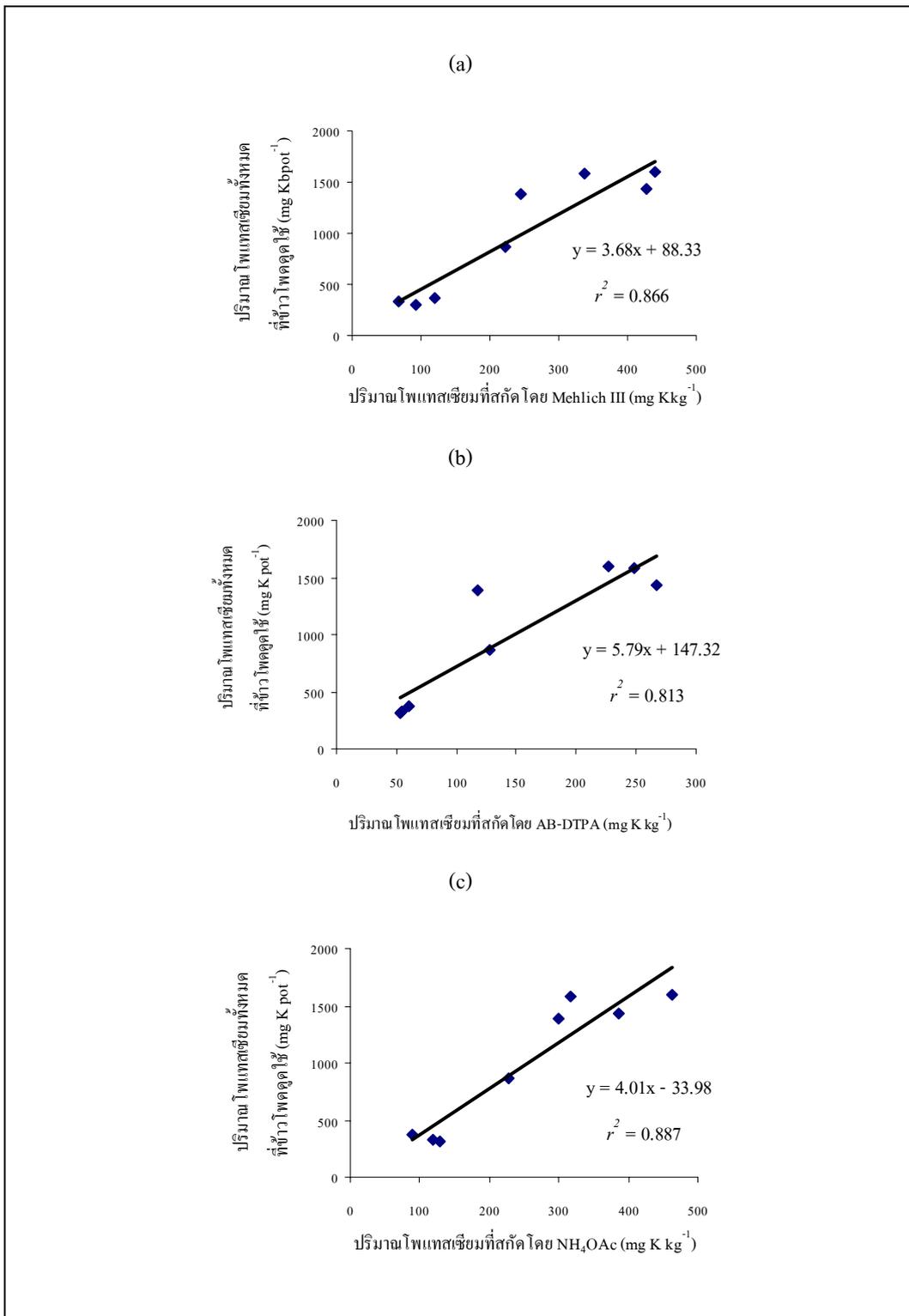
เมื่อนำปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดโดยวิธีที่สกัดด้วย Mehlich III AB-DTPA และ  $\text{NH}_4\text{OAc}$  มาหาสหสัมพันธ์กับปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้ในตำรับ -K พบว่าปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดโดยวิธีสกัดด้วยน้ำยา Mehlich III AB-DTPA และ  $\text{NH}_4\text{OAc}$  มีสหสัมพันธ์กับปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยให้ค่ามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ หรือ  $r = 0.930^{**}$   $0.942^{**}$  และ  $0.902^{**}$  ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

เมื่อวิเคราะห์การถดถอยระหว่างปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้โดยน้ำยาสกัด Mehlich III AB-DTPA และ  $\text{NH}_4\text{OAc}$  กับปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้ สมการถดถอยเชิงเส้นตรง (linear regression equation) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยน้ำยาสกัด Mehlich III AB-DTPA และ  $\text{NH}_4\text{OAc}$  กับปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้ และค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (coefficient of determination) หรือค่า  $r^2$  แสดงอยู่ในตารางที่ 13 และภาพที่ 5 จากค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดแสดงให้เห็นว่าปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้ จะแปรผันไปตามความแปรปรวนของปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้โดยวิธีที่ใช้น้ำยา Mehlich III AB-DTPA และ  $\text{NH}_4\text{OAc}$  ร้อยละ 87 81 และ 89 ตามลำดับ หรืออาจกล่าวได้ว่าปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดโดยวิธีที่ใช้น้ำยาสกัด Mehlich III AB-DTPA และ  $\text{NH}_4\text{OAc}$  สามารถใช้คาดคะเนปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้ ร้อยละ 87 81 และ 89 ตามลำดับ

ผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของ Beegle and Oravec (1990) ที่รายงานว่า ปริมาณ K ที่สกัดโดย Mehlich III และ  $\text{NH}_4\text{OAc}$  สามารถคาดคะเนการตอบสนองของข้าวโพดใน 67 แปลงทดลอง ของมลรัฐ Pennsylvania ได้ใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 13 สมการถดถอยเชิงเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของข้าวโพด (Y) และปริมาณ โปแทสเซียมที่สกัดได้จากดิน โดยนํายาสกัดต่างๆ (X)

นํายาสกัด	สมการถดถอย	$r^2$
	ปริมาณโปแทสเซียมทั้งหมดที่พืชดูดใช้ ( $\text{mg P pot}^{-1}$ )	
Mehlich III	$Y = 88.33 + 3.68X$ ( $p < 0.01$ )	0.866
AB-DTPA	$Y = 147.32 + 5.79X$ ( $p < 0.01$ )	0.813
$\text{NH}_4\text{OAc}$	$Y = -33.98 + 4.01X$ ( $p < 0.01$ )	0.887



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยวิธี Mehlich III (a) และ AB-DTPA (b) กับ NH<sub>4</sub>OAc (c) กับปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้

#### 4.4 ประสิทธิภาพของน้ำยาสกัด Mehlich III และ น้ำยาสกัด AB-DTPA ในการประเมิน โปแตสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินที่นำมาศึกษา

ประสิทธิภาพของน้ำยาสกัด Mehlich III และ AB-DTPA ในการประเมิน โปแตสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินที่นำมาศึกษาน่าจะพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ โปแตสเซียมที่สกัดได้จากดินโดยน้ำยาสกัด Mehlich III และ AB-DTPA กับปริมาณโปแตสเซียมทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้ซึ่งจะเหมาะสมที่สุด ทั้งนี้เพราะปริมาณโปแตสเซียมทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้เป็นผลโดยตรงจากปริมาณโปแตสเซียมในดิน (Vacharotayan *et al.* 1964; Corey, 1987; Peck and Soltanpour, 1990) ส่วนผลผลิตน้ำหนักแห้งของข้าวโพดนั้นมิได้มาจากอิทธิพลของโปแตสเซียมในดินเพียงอย่างเดียว แต่เป็นผลจากอิทธิพลรวมของปัจจัยอื่นๆอีกหลายปัจจัย (Anold and Schmidt, 1951) สำหรับผลผลิตน้ำหนักแห้งสัมพันธ์ก็เช่นเดียวกับผลผลิตน้ำหนักแห้งของข้าวโพดเพราะเป็นค่าที่ประเมินจากผลผลิตน้ำหนักแห้งของข้าวโพด

จากผลการทดลองพบว่าปริมาณ โปแตสเซียมที่สกัดโดยน้ำยาสกัด Mehlich III มีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับปริมาณโปแตสเซียมทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ) เท่ากับ 0.930\*\* และ 0.902\*\* ตามลำดับ (ตารางที่ 12) และมีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด ( $r^2$ ) ของสมการถดถอยเชิงเส้นตรงที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโปแตสเซียมทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้กับปริมาณโปแตสเซียมที่สกัดโดยน้ำยาสกัด Mehlich III และ AB-DTPA เท่ากับ 0.866 และ 0.813 ตามลำดับ (ตารางที่ 13) แสดงว่าน้ำยาสกัด Mehlich III และ AB-DTPA สามารถใช้ประเมิน โปแตสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินที่นำมาศึกษาได้ โดยประสิทธิภาพของน้ำยาสกัด Mehlich III ในการประเมินโปแตสเซียมในดินค่อนข้างสูงกว่าน้ำยาสกัด AB-DTPA

ปริมาณโปแตสเซียมที่สกัดโดยน้ำยาสกัด Mehlich III และ AB-DTPA พบว่ามีสหสัมพันธ์กับปริมาณโปแตสเซียมที่สกัดโดยน้ำยาสกัด  $\text{NH}_4\text{OAc}$  (ตารางที่ 10) และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของน้ำยาสกัด Mehlich III และ AB-DTPA กับน้ำยาสกัด  $\text{NH}_4\text{OAc}$  ในการประเมินโปแตสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินที่ศึกษาโดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ) ของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโปแตสเซียมทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้กับปริมาณโปแตสเซียมที่สกัดโดยน้ำยาสกัด Mehlich III AB-DTPA และ  $\text{NH}_4\text{OAc}$  และค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด ( $r^2$ ) (ตารางที่ 12 และ ตารางที่ 13) อาจกล่าวได้ว่า ประสิทธิภาพของน้ำยาสกัด Mehlich III ในการประเมินโปแตสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินค่อนข้างใกล้เคียงกับน้ำยาสกัด  $\text{NH}_4\text{OAc}$  ส่วน

ประสิทธิภาพของน้ำยาสกัด AB-DTPA ในการประเมินโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำกว่า  
น้ำยาสกัด  $\text{NH}_4\text{OAc}$  เล็กน้อย

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

จากการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำยาสกัด Mehlich III และ AB-DTPA ในการประเมินปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในชุดดินชัยบาดาล ลพบุรี ลำานารายณ์ ไชคชัย ปากช่อง กำแพงแสน ท่าใหม่ และบุรีรัมย์ สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. ดินที่นำมาศึกษามีสมบัติที่แตกต่างกันทั้งเนื้อดิน ปฏิกริยาดิน และธาตุอาหารพืชในดิน โดยดินมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว ดินร่วนเหนียวและดินร่วน ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงด่างอ่อนมี pH อยู่ในช่วง 4.5 - 7.8 ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) มีพิสัยอยู่ในช่วง 12 - 61 cmol (+) kg<sup>-1</sup> ปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับปานกลางถึงค่อนข้างสูง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีพิสัยอยู่ในช่วง 3 - 75 mg P kg<sup>-1</sup> และมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ มีพิสัยอยู่ในช่วง 89 - 464 mg K kg<sup>-1</sup> ผลการศึกษาจากการปลูกข้าวโพดในเรือนทดลองพบว่า ดินที่นำมาศึกษาส่วนใหญ่ขาดทั้งฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม โดยการขาดฟอสฟอรัสรุนแรงกว่าการขาดโพแทสเซียม

2. ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้จากดินทั้ง 8 ชุดดินคือ ชุดดินชัยบาดาล ลพบุรี ลำานารายณ์ ไชคชัย ปากช่อง กำแพงแสน ท่าใหม่ และบุรีรัมย์ โดยน้ำยาสกัด Mehlich III และ AB-DTPA รวมทั้ง Bray II และ Olsen จะแตกต่างกันในแต่ละน้ำยาสกัด ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้โดยน้ำยาสกัด Mehlich III และ AB-DTPA มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.6 และ 3.1 mg P kg<sup>-1</sup> ตามลำดับ ขณะที่สกัดโดยน้ำยาสกัด Bray II และ Olsen มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 28.7 และ 18.0 mg P kg<sup>-1</sup> ตามลำดับ

3. ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้โดยวิธีที่สกัดด้วยน้ำยา Mehlich III และ AB-DTPA มีสหสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยน้ำยา Bray II อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์หรือค่า  $r = 0.841^{**}$  และ  $0.898^{**}$  ตามลำดับ และพบว่ามีสหสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยน้ำยา Olsen เช่นเดียวกัน โดยมีค่า  $r = 0.771^{*}$  และ  $0.919^{**}$  ตามลำดับ

4. ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้โดยวิธีสกัดโดยน้ำยาสกัด Mehlich III และ Bray II มีสหสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $r = 0.863^{**}$  และ  $0.898^{**}$  ตามลำดับ) ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยวิธีที่ใช้น้ำยาสกัด Mehlich III และ Bray II สามารถใช้คาดคะเนปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้ได้ร้อยละ 74 และ 81 ตามลำดับ ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยวิธีที่สกัดด้วยน้ำยาสกัด AB-DTPA และ Olsen มีสหสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $r = 0.754^*$  และ  $0.803^*$  ตามลำดับ) ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยวิธีที่ใช้น้ำยาสกัด AB-DTPA และ Olsen สามารถใช้คาดคะเนปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้ได้ร้อยละ 57 และ 64 ตามลำดับ แสดงว่าน้ำยาสกัด Mehlich III และ AB-DTPA สามารถใช้ประเมินฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินที่นำมาศึกษาได้ โดยประสิทธิภาพในการประเมินฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินของน้ำยาสกัด Mehlich III ใกล้เคียงกับ Bray II แต่สูงกว่า Olsen ส่วนประสิทธิภาพของน้ำยาสกัด AB-DTPA ในการประเมินฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำกว่า Bray II และ Mehlich III แต่ใกล้เคียงกับน้ำยาสกัด Olsen

5. ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้จากชุดดินชัยบาดาล ลพบุรี ลำนารายณ์ โขกชัย ปากช่อง กำแพงแสน ท่าใหม่ และบุรีรัมย์ โดยน้ำยาสกัด Mehlich III AB-DTPA และ  $\text{NH}_4\text{OAc}$  มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 244 145 และ 254  $\text{mg K kg}^{-1}$  ตามลำดับ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดโดยน้ำยาสกัด Mehlich III และ  $\text{NH}_4\text{OAc}$  ค่อนข้างใกล้เคียงกัน แต่สูงกว่าที่สกัดโดยน้ำยาสกัด AB-DTPA

6. ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้โดยวิธีที่ใช้น้ำยาสกัด Mehlich III และ AB-DTPA มีสหสัมพันธ์กับปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดโดยน้ำยาสกัด  $\text{NH}_4\text{OAc}$  อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ) =  $0.969^{**}$  และ  $0.894^{**}$  ตามลำดับ

7. ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้โดยวิธีสกัดด้วยน้ำยาสกัด Mehlich III AB-DTPA และ  $\text{NH}_4\text{OAc}$  มีสหสัมพันธ์กับปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $r = 0.930^{**}$   $0.902^{**}$  และ  $0.942^{**}$  ตามลำดับ) ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดโดยวิธีที่ใช้น้ำยาสกัด Mehlich III AB-DTPA และ  $\text{NH}_4\text{OAc}$  สามารถใช้คาดคะเนปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้ได้ร้อยละ 87 81 และ 89 ตามลำดับ แสดงว่าน้ำยาสกัด Mehlich III และ AB-DTPA สามารถใช้ประเมินปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินที่นำมาศึกษาได้ โดยประสิทธิภาพในการประเมินโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินของน้ำยาสกัด Mehlich III ค่อนข้างใกล้เคียงกับน้ำยา

สกัด  $\text{NH}_4\text{OAc}$  ส่วนประสิทธิภาพของน้ำยาสกัด AB-DTPA ต่ำกว่าน้ำยาสกัด Mehlich III และ  $\text{NH}_4\text{OAc}$  เล็กน้อย

8. น้ำยาสกัด Mehlich III และ AB-DTPA สามารถใช้ประเมินทั้งฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินด้วยการสกัดเพียงครั้งเดียว โดยประสิทธิภาพในการประเมินฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ของน้ำยาสกัด Mehlich III สูงกว่าน้ำยาสกัด AB-DTPA

9. การใช้น้ำยาสกัดเดี่ยว Mehlich III และ AB-DTPA สกัดทั้งฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินด้วยการสกัดเพียงครั้งเดียว จะทำให้สะดวก รวดเร็ว ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ดินเพื่อประเมินความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในดินที่ใช้ในการเกษตรได้เป็นอย่างมาก

#### ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำยาสกัดเดี่ยว Mehlich III และ AB-DTPA ในการประเมินฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ในชุดดินอื่นๆที่มีสมบัติแตกต่างจากดินที่ศึกษาครั้งนี้ โดยเฉพาะดินที่มีเนื้อหยาบ (sandy soils) รวมทั้งศึกษาประสิทธิภาพของน้ำยาสกัดเดี่ยว Mehlich III และ AB-DTPA ในการประเมินธาตุอาหารพืชอื่นๆ อาทิ แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงที่เป็นประโยชน์ในดิน เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานประกอบการพิจารณาการนำน้ำยาสกัดเดี่ยวดังกล่าวมาใช้ในอนาคตเพื่อความสะดวก รวดเร็ว ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ดินเพื่อประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน

2. ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับระดับวิกฤติ (critical level) ของค่าวิเคราะห์ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่สกัดโดยวิธีที่ใช้น้ำยาสกัดเดี่ยว Mehlich III และ AB-DTPA โดยการทดลองกับพืชในสภาพไร่นา รวมทั้งประเมินระดับต่ำ ปานกลาง และสูงของปริมาณธาตุอาหารฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่สกัดโดยน้ำยาสกัดทั้งสอง (calibration test) เพื่อใช้ประกอบการพิจารณาในการให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยต่อไป

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2548ก. รายงานการจัดการทรัพยากรดินเพื่อการปลูกพืชเศรษฐกิจหลักตามกลุ่ม  
ชุดดิน เล่ม1 ดินบนพื้นที่ราบต่ำ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_. 2548ข. รายงานการจัดการทรัพยากรดินเพื่อการปลูกพืชเศรษฐกิจหลักตามกลุ่ม ชุดดิน  
เล่ม2 ดินบนพื้นที่ดอน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2544. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ครั้งที่ 9. สำนักพิมพ์  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จรงค์ จันทน์เจริญสุข. 2541. การวิเคราะห์ดินและพืชทางเคมี. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ทรงศักดิ์ ไชโย. 2528. ความสัมพันธ์ระหว่างค่าวิเคราะห์ไนโตรเจนในดินโดยวิธีเคมีต่างๆ กับ  
การเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณไนโตรเจนที่ต้นข้าวโพดดูดจากดินชนิดต่างๆ.  
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และ จรงค์ จันทน์เจริญสุข. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือการปฏิบัติการ  
วิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,  
กรุงเทพฯ.

นฤมล ชันดีสมบูรณ์. 2531. การศึกษาวิธีการประเมินความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินที่  
ใช้ปลูกมันสำปะหลัง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ยงยุทธ โอสธสภา. 2546. ธาตุอาหารพืช. ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,  
กรุงเทพฯ.

วิชัย พันชนะหิรัญ. 2525. ความสัมพันธ์ระหว่างค่าวิเคราะห์ฟอสฟอรัสในดินโดยวิธีเคมีต่างๆ กับ การเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณฟอสฟอรัสที่ข้าวดูดจากดินชนิดต่างๆ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

แสงดาว เขาแก้ว. 2545. การศึกษาน้ำยาสกัดธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ (NPK) ในชุดดินลพบุรี ชัยบาดาล ตากลิ สติก และปากช่อง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อนนท์ สุขสวัสดิ์. 2547. การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินนา. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

อัญธิชา พรหมเมืองคุก. 2546. การหาชนิดของสารละลายสกัดที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการหาดัชนี ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินนาและดินไร่บางชุดดินในเขตลุ่มน้ำแม่กลอง ใหญ่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Arnold, C.V. and W.A. Schmidt. 1951. Soil tests as a measure of phosphorus available to tomatoes on heavy soils. **Soil Sci.** 71: 105-115.

Barry, D.A.J. and M.H. Miller. 1989. Phosphorus nutrition requirement of maize seedlings for maximum yield. **Agron. J.** 81: 95-99. อ้างใน ขงยุทธ โอสภสกา. 2546. ธาตุอาหารพืช ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Beegle, D.B. and T.C. Oravec. 1990. Comparison of field calibrations for Melich 3 P and K with Bray- Kurtz P1 and ammonium acetate for corn. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.** 21 (13-16):1025-1036.

Bray, R.H. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available form of phosphorus in soil. **Soil Sci.** 59: 39-45.

Brown, J.R. and D. Warncke. 1988. Recommended cation tests and measures of cation exchange Capacity, pp. 15-16. In W.C. Dahnke, ed. **Recommended Chemical Soil Test Procedures for the North Central Region.** North Dakota Agric. Exp. Stn. Bull. 499.

- Corey, R.B. 1987. Soil test procedures: Correlation, pp. 15-22. *In* J.R.Brown, ed. **Soil Testing: Sampling, Correlation, Calibration, and Interpretation**. SSSA Spec. Publ. 21. SSSA, Madison, WI.
- Doll, E.C. and R.E.Lucas. 1973. Testing soils for Potassium, Calcium, and Magnesium, pp133-151. *In* Walsh, L.M. and D.B. James, eds. **Soil Testing and Plant Analysis**. SSSA Inc., ASA Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Eckert, D.J. and M.E. Watson. 1996. Integrating the Mehlich-3 extractant into existing soil test interpretation schemes. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.** 27: 1237-1249.
- Elrashidi, M.A., M.D. Mays and C.W. Lee. 2003. Assessment of mehlich 3 and ammonium bicarbonate-DTPA extraction for simultaneous measurement of fifteen elements in soils. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.** 34(19-20): 2817-2838.
- Enwezor, W.O. 1977. Soil testing for phosphorus in some Nigerian soils. Comparison of methods of determining available phosphorus in soils of Southeastern Nigeria. **Soil Sci.** 123: 48-53.
- Fixen, P. E. and J.H. Grove. 1990. Testing soils for phosphorus, pp. 141-180. *In* R.L. Westerman, ed. **Soil Testing and Plant Analysis**. Soil Science Society of America, Inc. Madison Third Edition, Wisconsin, USA.
- Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale and W.L. Nelson. 2005. **Soil Fertility and Fertilizers: an Introduction to Nutrient Management**. 7<sup>th</sup> ed. Pearson Prentice Hall Inc., New Jersey.
- Helmke, P.A. and D.L. Sparks. 1996. Lithium, Sodium, Potassium, Rubidium, and Cesium, pp. 551-601. *In* D.L. Sparks, ed. **Method of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods**. SSSA Inc., ASA Inc., Madison, Wisconsin, USA.

Knudsen, D., G.A. Peterson and P.F. Pratt. 1982. Lithium, Sodium, and Potassium, pp. 225-246.

*In* A.L. Page, ed. **Method of Soil Analysis Part 2: Chemical and Microbiological Properties Methods**. SSSA Inc., ASA Inc., Madison, Wisconsin, USA.

Kuo, S. 1996. Phosphorus, pp. 869-919. *In* D.L. Sparks, ed. **Method of Soil Analysis Part 3:**

**Chemical Methods**. SSSA Inc., ASA Inc., Madison, Wisconsin, USA.

Lindsay, W.L. and W.A. Norvell. 1978. Development of a DTPA test for zinc, iron, manganese, and copper. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 42: 421-428.

Land Classification Division and FAO Project Staff. 1973. **Soil Interpretation Handbook for**

**Thailand**. Dept. of Land Development, Min. of Agri. And Coop., Bangkok.

Martin, H.W. and D.L. Sparks. 1985. On the behavior of nonexchangeable potassium in soils.

**Commun. Soil Sci. Plant Anal.** 16: 133-162.

Mehlich, A. 1953. Determination of P, Ca, Mg, K, Na and  $\text{NH}_4$ . Pub. No. 1-53, N. C. Soil Testing Div., Raleigh, NC.

\_\_\_\_\_. 1984. Mehlich 3 soil test extractant : A modification of Mehlich 2 extractant.

**Commun. Soil Sci. Plant Anal.** 15: 1407-1416.

Morgan, M.F. 1941. Chemical soil diagnosis by the universal testing system. Connecticut Agricultural soils exp. Stn. Bull.

Olsen, S.R., C.V. Cloe, F.S. Watanabe and L.A. Dean. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circ. 939. USDA, Washington, DC.

- Peck, T. R. and P.N. Soltanpour. 1990. The Principles of Soil Testing, pp. 1-9. *In* R.L. Westerman, ed. **Soil Testing and Plant Analysis**. Soil Science Society of America, Inc. Madison Third Edition, Wisconsin, USA.
- Reed, S.T. and D.C. Martens. 1996. Copper and Zinc, pp. 703-722. *In* D.L. Sparks, ed. **Method of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods**. SSSA Inc., ASA Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Soltanpour, P.N. and A.P. Schwab. 1997. A new soil test of macro- and micro- nutrients in alkaline soils. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.** 8: 195-207.
- Sparks, D.L. 1987. Potassium dynamics in soils. **Adv. Soil Sci.** 6: 1-63.
- \_\_\_\_\_. and P.M. Huang. 1985. Physical Chemistry of soil Potassium, pp. 201-276. *In* R.E. Munson ed. **Potassium in Agriculture**. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
- Sumner, M.E. and W.P. Miller. 1996. Cation Exchange Capacity and Exchange Coefficients, pp 1201-1229. *In* D.L. Sparks, ed. **Method of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods**. SSSA Inc., ASA Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Tran, T. S., M. Giroux., J. Guilbeault and P. Audesse. 1990. Evaluation of Mehlich-III extractant to estimate the available P in Quebec soils. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.** 21: 1-28.
- Troug, E. 1930. Determination of readily available phosphorus in soils. **J. Am. Soc. Agron.** 22: 874-882
- Vacharotayan, S., P. Laoparroj, S. Chantawat and Y. Vacharacoop. 1964. Preliminary evaluation of different chemical soil testing method for available phosphorus through correlation with green louse test. **Kasetsart. J.** 4: 97-109.

- Van Lierop, W. 1985. Comparison of laboratory methods for evaluating plant-available soil phosphorus. *In* **The Role of Soil Analysis in Resource Management**. Proc. 9<sup>th</sup> British Columbia Soil Workshop. B.C. Ministry of Environment, Vancouver.
- Velayutham, K.S. and K.S. Pondrilei. 1982. Some studies on determination of available phosphorus in Papua New Guinea Soils, pp. 203-210. *In* E. Puspharajah and H.A. Hamid, eds. **Phosphorus and Potassium in the Tropics**. Malaysian Society of Soil Science.
- Walkley, A. and I.A. Black. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chronic acid titration method. **Soil Sci.** 37:29-38.
- Wang, J.J., D.L. Harrell, R.E. Hederson and P.F. Bell. 2004. Comparison of Soil-test extractants for phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sodium, zinc, copper, manganese, and iron in Louisiana Soils. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.** 35(1-2): 145-160.
- Wendt, J. W. 1995. Evaluation of the Mehlich 3 soil extractant for upland Malawi soils. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.** 26: 687-702.
- Yerokun, O.A. and D.R. Christenson. 1990. Relating high soil test phosphorus uptake. **Soil Sci Soc. Am. J.** 54: 796-799.

ภาคผนวก

**ตารางผนวกที่ 1** ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของข้าวโพด ( $\text{g pot}^{-1}$ ) ที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล ลพบุรี ถ่านารายณ์ โขกชัย ปากช่อง กำแพงแสน ท่าใหม่ และบุรีรัมย์ ในดำรับการทดลองต่างๆ

ชุดดิน (S)	ดำรับการใส่ปุ๋ยธาตุอาหารหลัก (F)			S-MEAN
	NPK (complete)	NP (-K)	NK (-P)	
ชัยบาดาล	98.63 cdA	94.12 bA	67.91bB	86.89
ลพบุรี	108.92 bcA	89.75 bB	67.35 bC	88.67
ถ่านารายณ์	96.77 cdA	89.86 bA	64.04 bcB	83.56
โขกชัย	122.90 abA	112.77 aA	55.14 bcB	96.93
ปากช่อง	72.40 eA	53.60 cB	9.69 dC	45.23
กำแพงแสน	83.46 deA	59.29 cB	45.14 cB	62.63
ท่าใหม่	129.14 aA	106.29 abB	110.56 aB	115.33
บุรีรัมย์	107.61 bcA	68.87 cB	52.14 bcB	76.21
F-MEAN	102.48	84.32	59.00	81.93

หมายเหตุ ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในแถวเดียวกันและตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนผลผลิตน้ำหนักรากแห้งของข้าวโพดที่ปลูกใน  
ชุดดินชัยบาดาล ลพบุรี ลำานรายณ์ โขกชัย ปากช่อง กำแพงแสน ท่าใหม่ และ  
บุรีรัมย์ ในดำรับการทดลองต่างๆ

SV	DF	SS	MS	F
TREATMENT	23	56752.56	2467.50	21.21**
SOIL (S)	7	28490.86	4070.12	34.99**
FERTILIZER (F)	2	22895.63	11447.82	98.42**
S x F	14	5366.07	383.29	3.30**
ERROR	48	5583.40	116.32	
TOTAL	71	62335.96		

หมายเหตุ \*\*แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

CV = 13.2%

**ตารางผนวกที่ 3** ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้ ( $\text{mg P pot}^{-1}$ ) (เฉลี่ย 3 ซ้ำ) ที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล ลพบุรี ลำนารายณ์ โขกชัย ปากช่อง กำแพงแสน ท่าใหม่ และบุรีรัมย์ ที่ได้รับการใส่ปุ๋ยธาตุอาหารหลักในดำรับการทดลองต่างๆ

ชุดดิน (S)	ดำรับการใส่ปุ๋ยธาตุอาหารหลัก (F)			S-MEAN
	NPK (complete)	NP (-K)	NK (-P)	
ชัยบาดาล	143.52 abB	154.82 aA	86.26 bcC	128.20
ลพบุรี	137.32 abA	145.22 abA	103.14 bB	128.56
ลำนารายณ์	122.79 bcA	121.31 bcA	62.89 cdB	102.33
โขกชัย	92.42 cdB	142.71 abA	45.92 dC	93.68
ปากช่อง	74.36 dA	74.93 dA	12.85 eB	54.05
กำแพงแสน	103.98 cdA	88.98 dB	70.18 cdC	87.71
ท่าใหม่	156.46 aB	170.60 aA	135.46 aB	154.17
บุรีรัมย์	98.23 cdA	93.44 cdA	49.53 dB	80.40
F-MEAN	116.13	124.00	70.78	103.64

หมายเหตุ ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในแถวเดียวกันและตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ข้าวโพดคั่วใช้ ที่ปลูก  
ในชุดดินชัยบาดาล ลพบุรี ลำานรายณ์ โขชัย ปากช่อง กำแพงแสน ทำใหม่ และ  
บุรีรัมย์ ในดำรับการทดลองต่างๆ

SV	DF	SS	MS	F
TREATMENT	23	111914.25	4865.84	14.31**
SOIL (S)	7	64187.65	9169.66	26.97**
FERTILIZER (F)	2	39611.49	19805.74	58.25**
S x F	14	8115.11	579.65	1.70 <sup>ns</sup>
ERROR	48	16320.66	340.01	
TOTAL	71	128234.91		

หมายเหตุ \*\*แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

<sup>ns</sup> ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

CV = 17.8%

ตารางผนวกที่ 5 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่ข้าวโพดคั่วใช้ (mg K pot<sup>-1</sup>) (เฉลี่ย 3 ซ้ำ) ที่ปลูกใน  
ชุดดินชัยบาดาล ลพบุรี ลำนารายณ์ โขกชัย ปากช่อง กำแพงแสน ท่าใหม่ และ  
บุรีรัมย์ ที่ได้รับการใส่ปุ๋ยธาตุอาหารหลักในตำรับการทดลองต่างๆ

ชุดดิน (S)	ตำรับการใส่ปุ๋ยธาตุอาหารหลัก (F)			S-MEAN
	NPK (complete)	NP (-K)	NK (-P)	
ชัยบาดาล	1940.00 aA	1594.10 aB	1625.49 aB	1719.86
ลพบุรี	1679.44 aA	1383.71 aB	1306.25 bB	1456.47
ลำนารายณ์	1335.33 bA	865.39 bB	982.26 cB	1060.99
โขกชัย	1696.44 aA	1581.08 aA	1085.20 bcB	1454.24
ปากช่อง	805.78 dA	307.85 cB	290.51 eB	468.05
กำแพงแสน	944.57 cdA	373.83 cC	686.76 dB	668.39
ท่าใหม่	1105.89 bcA	333.97 cB	909.48 cdA	783.11
บุรีรัมย์	1767.30 aA	1439.69 aB	1020.87 cC	1409.29
F-MEAN	1409.34	984.95	988.35	1127.55

หมายเหตุ ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในแถวเดียวกันและตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกันใน  
คอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น  
95% โดยวิธี DMRT

ตารางผนวกที่ 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่ข้าวโพดคั่วที่ใช้ที่ปลูก  
ในชุดดินชัยบาดาล ลพบุรี ลำานรายณ์ โขกชัย ปากช่อง กำแพงแสน ทำใหม่ และ  
บุรีรัมย์ ในดำรับการทดลองต่างๆ

SV	DF	SS	MS	F
TREATMENT	23	16979390.55	738234.37	29.55**
SOIL (S)	7	12725704.08	1817957.73	72.76**
FERTILIZER (F)	2	2858827.86	1429413.93	57.21**
S x F	14	1394858.62	99632.76	3.99**
ERROR	48	1199298.40	24985.38	
TOTAL	71	18178688.95		

หมายเหตุ \*\*แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

$$CV = 14.0\%$$

ตารางผนวกที่ 7 ข้อจำกัดของสมบัติทางเคมีที่ใช้ประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน  
(Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973)

1. ปฏิกริยาดิน (soils reaction), pH (ดินต่อน้ำ = 1:1)

ระดับ (rating)		พิสัย (range)
กรดจัดมาก	Extremely acid	< 4.5
กรดจัด	Very strong acid	4.5-5.0
กรดแก่	Strongly acid	5.1-5.5
กรดปานกลาง	Moderately acid	5.6-6.0
กรดเล็กน้อย	Slightly acid	6.1-6.5
กลาง	Neutral	6.6-7.3
ด่างอ่อน	Mildly alkaline	7.4-7.8
ด่างปานกลาง	Moderately alkaline	7.9-8.4
ด่างแก่	Strongly alkaline	8.5-9.0
ด่างจัด	Extremely alkaline	> 9.0

2. อินทรีย์วัตถุ (organic matter) (% organic carbon x 1.724)

ระดับ (rating)		พิสัย (range) (g kg <sup>-1</sup> )
ต่ำมาก	(VL)	< 5
ต่ำ	(L)	5-10
ค่อนข้างต่ำ	(ML)	10-15
ปานกลาง	(M)	15-25
ค่อนข้างสูง	(MH)	25-35
สูง	(H)	35-45
สูงมาก	(VH)	> 45

## 3. ปริมาณไนโตรเจนรวม (total nitrogen)

ระดับ (rating)		พิสัย (range) ( $\text{g kg}^{-1}$ )
ต่ำมาก	(VL)	< 0.25
ต่ำ	(L)	0.50-0.75
ปานกลาง	(M)	0.75-1.25
สูง	(H)	1.25-1.75
สูงมาก	(VH)	> 2.25

## 4. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) (Bray II)

ระดับ (rating)		พิสัย (range) ( $\text{mg kg}^{-1}$ )
ต่ำมาก	(VL)	< 3
ต่ำ	(L)	3-6
ค่อนข้างต่ำ	(ML)	6-10
ปานกลาง	(M)	10-15
ค่อนข้างสูง	(MH)	15-25
สูง	(H)	25-45
สูงมาก	(VH)	> 45

5. ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available K) ( $\text{NH}_4\text{OAc}$ )

ระดับ (rating)		พิสัย (range) ( $\text{mg kg}^{-1}$ )
ต่ำมาก	(VL)	< 30
ต่ำ	(L)	30-60
ปานกลาง	(M)	60-90
สูง	(H)	90-120
สูงมาก	(VH)	> 120

6. ค่าที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable base) ( $\text{NH}_4\text{OAc}$ )

ระดับ (rating)	พิสัย (range) ( $\text{cmol (+) kg}^{-1}$ )			
	Exch.Ca	Exch.Mg	Exch.K	Exch.Na
ต่ำมาก (VL)	< 2	< 0.3	< 0.2	< 0.1
ต่ำ (L)	2-5	0.3-1.0	0.2-0.3	0.1-0.3
ปานกลาง (M)	5-10	1.0-3.0	0.3-0.6	0.3-0.7
สูง (H)	10-20	3.0-8.0	0.6-1.2	0.7-2.0
สูงมาก (VH)	> 20	> 8.0	> 1.2	> 2.0

## 7. ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity)

ระดับ (rating)	พิสัย (range) ( $\text{cmol (+) kg}^{-1}$ )	
ต่ำมาก	(VL)	< 3
ต่ำ	(L)	3-5
ค่อนข้างต่ำ	(ML)	5-10
ปานกลาง	(M)	10-15
ค่อนข้างสูง	(MH)	15-20
สูง	(H)	20-30
สูงมาก	(VH)	> 30

หมายเหตุ VL = ต่ำมาก (very low)

L = ต่ำ (low)

ML = ค่อนข้างต่ำ (moderately low)

M = ปานกลาง (moderately)

MH = ค่อนข้างสูง (moderately high)

H = สูง (high)

VH = สูงมาก (very high)

ตารางผนวกที่ 8 แสดงการเปลี่ยน non SI unit เป็น SI unit

Quantity	SI unit	Conversion equation
Electrical conductivity	dSm <sup>-1</sup>	1 mS/cm = dSm <sup>-1</sup> 1 μ / cm = 0.001 dSm <sup>-1</sup>
Cation exchange capacity	cmol (+) kg <sup>-1</sup>	1 meq/100g = cmol (+) kg <sup>-1</sup>
Anion exchange capacity	cmol (-) kg <sup>-1</sup>	1 meq/100g = cmol (-) kg <sup>-1</sup>
Exchange cation	cmol (+) kg <sup>-1</sup>	1 meq/100g = cmol (+) kg <sup>-1</sup>
Mass ratio	g kg <sup>-1</sup>	1% = 10 mg kg <sup>-1</sup>
	mg kg <sup>-1</sup>	1 ppm = 1 mg kg <sup>-1</sup> 1 mg/100g = 10 mg kg <sup>-1</sup>
	μg kg <sup>-1</sup>	1 ppb = 1 μg kg <sup>-1</sup>
	mg kg <sup>-1</sup>	1 ppt = 1 ng kg <sup>-1</sup>
	g L <sup>-1</sup>	1% = 10 g L <sup>-1</sup>
Mass concentration	mg L <sup>-1</sup>	1 ppm = 1 mg L <sup>-1</sup>
	μg L <sup>-1</sup>	1 ppb = 1 μg L <sup>-1</sup>
	Mg m <sup>-3</sup>	1 g/cm <sup>3</sup> = 1 Mg m <sup>-3</sup>
Specific surface	m <sup>2</sup> kg <sup>-1</sup>	1 m <sup>2</sup> /g = 1000 m <sup>2</sup> kg <sup>-1</sup>
Pressure	kPa, Mpa	1 bar = 0.1 Mpa
Radioactivity	Bq	1 Ci = 3.7 x 10 <sup>10</sup> Bq
Rate, Yield	kg ha <sup>-1</sup>	1 kg/10 a = 10 kg ha <sup>-1</sup>
	Mg ha <sup>-1</sup>	1 t / 10 a = 10 Mg ha <sup>-1</sup>

## ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นายสุรเชษฐ์ อร่ามรักษ์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	27 สิงหาคม 2526
สถานที่เกิด	อำเภอเมืองฯ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (เคมีเกษตร) เกียรตินิยมอันดับ1 (2548)
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา จากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2549)