ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

ปริญญา

ปฐพีวิทยา ปฐพีวิทยา

สาขา **ภาควิชา**

เรื่อง การปรับปรุงวิธีการประเมินความต้องการปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับดินสเมกไทต์ที่ปลูกข้าวโพด

Revising Methods of Estimating K Fertilizer Requirements on Smectitic Maize Soils

นามผู้วิจัย นางสาวสาริศา ศิริชมจันทร์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ศาสตราจารย์ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, D.Agr.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์ศุภกาญจน์ ล้วนมณี, วท.ด.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิบูลย์ กังแฮ, วท.ม.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การปรับปรุงวิธีการประเมินความต้องการปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับดินสเมกไทต์ที่ปลูกข้าวโพด

Revising Methods of Estimating K Fertilizer Requirements on Smectitic Maize Soils

โดย

นางสาวสาริศา ศิริชมจันทร์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)
พ.ศ. 2552

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สาริศา ศิริชมจันทร์ 2552: การปรับปรุงวิธีการประเมินความต้องการปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับดินสเมกไทต์ที่ปลูกข้าวโพด ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา) สาขาปฐพีวิทยา ภาควิชาปฐพีวิทยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ศาสตราจารย์ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, D.Agr. 120 หน้า

ทำการศึกษาปรับปรุงวิธีการประเมินความต้องการปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับดินสเมกไทต์ที่ปลูกข้าวโพด โดยใช้สมการคาดคะเนความต้องการปุ๋ยโพแทสเซียม (K algorithm) โดยตัวแปรที่สำคัญในสมการ คือ Buffer coefficient for potassium (BC_K), ค่าวิกฤตโพแทสเซียมในดิน ปริมาณโพแทสเซียมที่พืชดูดกิน และการจัดการปุ๋ย การศึกษาแบ่งเป็น 3 การทดลองดังนี้ 1) การปลดปล่อยและการตรึงโพแทสเซียม พบว่าปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่ปลดปล่อยออกมาเมื่อครบระยะเวลา 150 วัน โดยวิธี Ca resin ในกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวสเมกไทต์เด่นมีค่ามากกว่าในกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เด่น ซึ่งแบบแผนการปลดปล่อยโพแทสเซียมสามารถอธิบายได้ดีโดย Elovich equation เมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตราต่าง ๆ ลงไปในดิน พบว่า กลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เด่นมีการปลดปล่อยโพแทสเซียมได้มากกว่า และตรึงโพแทสเซียมได้น้อยกว่ากลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวสเมกไทต์เด่น และการตรึงจะมากขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของปุ๋ยโพแทสเซียมลงในดิน 2) สมบัติดินที่สัมพันธ์กับค่า Buffer Coefficient for Potassium (BC_K) ของดินที่ปลูกข้าวโพด โดยวิเคราะห์โพแทสเซียม 4 วิธี คือ NH_4OAc, Mehlich 1, mixed nitric perchloric acid และ Ca resin ผลการทดลองพบว่า BC_K ที่สกัดโพแทสเซียมด้วย Mehlich 1 และ Ca resin ของกลุ่มชุดดินที่มีแร่สเมกไทต์เด่นมีค่าต่ำ ส่วนกลุ่มชุดดินที่มีแร่เคโอลิไนต์เด่นมีค่าสูง และ BC_K โดย NH_4OAc สัมพันธ์กับ Mg ($AdjR^2$ = 0.546**) ส่วน BC_K โดย Mehlich 1, BC_K โดย mixed nitric-perchloric acid และ BC_K โดย Ca resin มีความสัมพันธ์กับ pH ($AdjR^2$ = 0.864**, 0.731** และ 0.812** ตามลำดับ) 3) ศึกษาวิธีการสกัดโพแทสเซียม ทั้ง 4 วิธี เพื่อปรับปรุงสมการความต้องการปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับดินปลูกข้าวโพดที่มีแร่ดินเหนียวสเมกไทต์เด่น ผลปรากฏว่า วิธี Ca resin เป็นวิธีที่น่าสนใจในการปรับปรุงสมการคาดคะเนคำแนะนำปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวสเมกไทต์เด่น แต่อย่างไรก็ตามควรทดสอบคำแนะนำที่คาดคะเนได้ในภาคสนาม เพื่อนำไปใช้ต่อไป

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Sarisa Sirichomjan 2009: Revising Methods of Estimating K Fertilizer Requirements on Smectitic Maize Soils. Master of Science (Soil Science), Major Field: Soil Science, Department of Soil Science. Thesis Advisor: Professor Tasnee Attanandana, D.Agr. 120 pages.

Potassium fertilizer recommendation revision for smectitic maize soils using potassium requirement equation was studied. The important factors in the equations are buffer coefficient for potassium (BC_K), K critical level, initial soil K, plant uptake K and management factors. The investigation comprised three studies. 1) Study of potassium release and fixation of some smectitic and kaolinitic maize soils. The results showed that the cumulative potassium release by Ca resin at 150 days of the smectitic soils was higher than the kaolinitic soils. The Elovich equation described the potassium release kinetics the best among the four equations studied. The different rates of K application on kaolinitic and smectitic soils showed lower K fixation and higher K release on kaolinitic soils. The higher K release of kaolinitic soils compared to smectitic soils with higher K application was obviously seen. 2) Study of soil properties affecting buffer coefficient of potassium of some maize soils by NH_4OAc, Mehlich 1, mixed nitric perchloric acid and Ca resin. The results revealed low BC_K Mehlich 1 and Ca resin in smectitic soils while they were high values in kaolinitic soils. The BC_K NH_4OAc was correlated with exchangeable Mg ($AdjR^2$ =0.546**) whereas BC_K Mehlich 1, BC_K mixed acid and BC_K Ca resin were correlated with soil pH ($AdjR^2$=0.864** , 0.731** and 0.812** respectively). 3) Study four methods of potassium extractions for revision of potassium requirement on smectitic soils. The results showed that Ca resin extraction was the promising method for potassium fertilizer requirement prediction in smectitic soils. However, field tests are needed before disseminating the recommendation to the users.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร. ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก เป็นอย่างสูงที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ อบรมสั่งสอน ขอบคุณสำหรับโอกาสดี ๆ ที่หยิบยื่นให้เสมอมา ตลอดจนช่วยแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณ ดร. ศุภกาญจน์ ล้วนมณี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รองศาสตราจารย์ ดร. อัญชลี สุทธิประการ ประธานการสอบ และ ดร. พิชิต พงษ์สกุล ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ให้คำปรึกษาและเสนอข้อคิดเห็นสำหรับการเขียนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ คุณสมปอง หมื่นแจ้ง นักวิชาการเกษตร 7ว. กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กรมวิชาการเกษตร ที่กรุณาให้ยืมตู้บ่มดินในช่วงระยะเวลาศึกษา รวมทั้งเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือทางด้านวิเคราะห์ดินและพืชจนสำเร็จผลไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณ คุณชัชวาล ศรีสุภะ ที่ให้ความกรุณาช่วยทำอุปกรณ์ในการบ่มดิน

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ที่ได้อบรมสั่งสอนเลี้ยงดู ให้กำลังใจและโอกาสทางการศึกษาต่อข้าพเจ้าด้วยดีเสมอมา ขอบคุณสำหรับพี่ ๆ น้อง ๆ ภาควิชาปฐพีวิทยาที่เป็นกำลังใจให้ตลอดมา และขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้เมตตาอบรมสั่งสอนให้ความรู้จนถึงปัจจุบัน

สาริศา ศิริชมจันทร์

พฤศจิกายน 2552

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	4
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	17
อุปกรณ์	17
วิธีการ	19
ผลและวิจารณ์	25
สรุปและข้อเสนอแนะ	71
สรุป	71
ข้อเสนอแนะ	72
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	73
ภาคผนวก	83
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	120

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การจำแนกดินที่เป็นตัวแทนในการศึกษา	18
2	ค่าวิเคราะห์สมบัติดินทางเคมีและกายภาพของดินที่ใช้ในการศึกษา	26
3	ค่า coefficient of determination (R^2) และ root mean square error (RMSE) ของสมการการปลดปล่อยโพแทสเซียม	34
4	ค่า parameter (a และ b) ของสมการการปลดปล่อยโพแทสเซียม	37
5	ค่า pearson correlation coefficients ระหว่าง ค่า b จาก the Elovich equation กับค่าสมบัติของดินที่ใช้ในการศึกษา	38
6	ปริมาณโพแทสเซียมที่ถูกดูดยึดไว้ในดิน เมื่อมีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ระดับต่าง ๆ	44
7	ค่า BC_K ของดินที่ใช้ในการศึกษา ที่สกัดโพแทสเซียมโดยวิธี NH_4OAc, Mehlich 1, mixed nitric-perchloric acid และ Ca resin	58
8	ค่าโพแทสเซียมที่สกัดได้โดยวิธี NH_4OAc, Mehlich 1, mixed nitric-perchloric acid และ Ca resin	59
9	ตัวแบบที่ใช้ในการคาดคะเน BC_K ที่สกัดโพแทสเซียมโดยวิธี NH_4OAc, Mehlich 1, mixed nitric-perchloric acid และ Ca resin ของดินที่ปลูกข้าวโพด 10 ชุดดิน	61
10	ค่าวิกฤติของโพแทสเซียมในดิน ในหน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม	66
11	ปริมาณโพแทสเซียมดั้งเดิมในดิน ที่สกัดโพแทสเซียมโดยวิธี NH_4OAc, Mehlich 1, และ Ca resin (60 วัน)	67
12	ตารางแสดงผลการคาดคะเนความต้องการโพแทสเซียมที่ได้จากการวิเคราะห์โพแทสเซียมโดยวิธี NH_4OAc	68
13	ตารางแสดงผลการคาดคะเนความต้องการโพแทสเซียมที่ได้จากการวิเคราะห์โพแทสเซียมโดยวิธี Mehlich 1	69
14	ตารางแสดงผลการคาดคะเนความต้องการโพแทสเซียมที่ได้จากการวิเคราะห์โพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin	70

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
1	ปริมาณการปลดปล่อยโพแทสเซียมในดินที่นำมาศึกษา 10 ชุดดิน โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin	84
2	ปริมาณการปลดปล่อยโพแทสเซียมในดินที่นำมาศึกษา 10 ชุดดิน ในหน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin	85
3	ปริมาณการปลดปล่อยโพแทสเซียมในดินที่นำมาศึกษา 10 ชุดดิน ในหน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี mixed nitric-perchloric acid	95

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	วัฏจักรโพแทสเซียมในดิน	7
2	ค่า BC_K ซึ่งได้จากการพลอตกราฟระหว่างปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (extractable K) กับปริมาณโพแทสเซียมที่เติมลงไปในดิน (added K)	14
3	ปริมาณโพแทสเซียมที่ปลดปล่อยระยะเวลา 150 วัน ที่สกัดปริมาณโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin สำหรับกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวสเมกไทต์เด่น	29
4	ปริมาณโพแทสเซียมที่ปลดปล่อยระยะเวลา 150 วัน ที่สกัดปริมาณโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin สำหรับกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เด่น	30
5	ค่าที่ได้จริง(Observed)และค่าที่ได้จากการคาดคะเนโดย Elovich equation (Predicted) ของปริมาณโพแทสเซียมที่ปลดปล่อยระยะเวลา 150 วัน ที่สกัดปริมาณโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin สำหรับกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวสเมกไทต์เด่น	32
6	ค่าที่ได้จริง(Observed)และค่าที่ได้จากการคาดคะเนโดย Elovich equation (Predicted) ของปริมาณโพแทสเซียมที่ปลดปล่อยระยะเวลา 150 วัน ที่สกัดปริมาณโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin สำหรับกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เด่น	33
7	กราฟแสดงการปลดปล่อยโพแทสเซียมของชุดดินชัยบาดาล เมื่อใส่โพแทสเซียมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ลงไปในดิน โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin	45
8	กราฟแสดงการปลดปล่อยโพแทสเซียมของชุดดินตาคลี เมื่อใส่โพแทสเซียมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ลงไปในดิน โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin	45
9	กราฟแสดงการปลดปล่อยโพแทสเซียมของชุดดินลพบุรี เมื่อใส่โพแทสเซียมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ลงไปในดิน โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin	46
10	กราฟแสดงการปลดปล่อยโพแทสเซียมของชุดดินลำนารายณ์ เมื่อใส่โพแทสเซียมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ลงไปในดิน โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin	46

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
11	กราฟแสดงการปลดปล่อยโพแทสเซียมของชุดดินสมอทอด เมื่อใส่โพแทสเซียมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ลงไปในดิน โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin	47
12	กราฟแสดงการปลดปล่อยโพแทสเซียมของชุดดินสบปราบ เมื่อใส่โพแทสเซียมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ลงไปในดิน โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin	47
13	กราฟแสดงการปลดปล่อยโพแทสเซียมของชุดดินปากช่อง เมื่อใส่โพแทสเซียมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ลงไปในดิน โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin	48
14	กราฟแสดงการปลดปล่อยโพแทสเซียมของชุดดินภูสะนา เมื่อใส่โพแทสเซียมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ลงไปในดิน โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin	48
15	กราฟแสดงการปลดปล่อยโพแทสเซียมของชุดดินวาริน เมื่อใส่โพแทสเซียมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ลงไปในดิน โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin	49
16	กราฟแสดงการปลดปล่อยโพแทสเซียมของชุดดินสตึก เมื่อใส่โพแทสเซียมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ลงไปในดิน โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin	49
17	กราฟแสดงการปลดปล่อยโพแทสเซียมของชุดดินชัยบาดาล เมื่อใส่โพแทสเซียมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ลงไปในดิน โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี mixed nitric-perchloric acid	52
18	กราฟแสดงการปลดปล่อยโพแทสเซียมของชุดดินตาคลี เมื่อใส่โพแทสเซียมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ลงไปในดิน โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี mixed nitric-perchloric acid	52

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
19	กราฟแสดงการปลดปล่อยโพแทสเซียมของชุดดินลพบุรี เมื่อใส่โพแทสเซียมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ลงไปในดิน โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี mixed nitric-perchloric acid	53
20	กราฟแสดงการปลดปล่อยโพแทสเซียมของชุดดินลำนารายณ์ เมื่อใส่โพแทสเซียมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ลงไปในดิน โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี mixed nitric-perchloric acid	53
21	กราฟแสดงการปลดปล่อยโพแทสเซียมของชุดดินสมอทอด เมื่อใส่โพแทสเซียมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ลงไปในดิน โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี mixed nitric-perchloric acid	54
22	กราฟแสดงการปลดปล่อยโพแทสเซียมของชุดดินสบปราบ เมื่อใส่โพแทสเซียมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ลงไปในดิน โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี mixed nitric-perchloric acid	54
23	กราฟแสดงการปลดปล่อยโพแทสเซียมของชุดดินปากช่อง เมื่อใส่โพแทสเซียมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ลงไปในดิน โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี mixed nitric-perchloric acid	55
24	กราฟแสดงการปลดปล่อยโพแทสเซียมของชุดดินภูสะนา เมื่อใส่โพแทสเซียมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ลงไปในดิน โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี mixed nitric-perchloric acid	55
25	กราฟแสดงการปลดปล่อยโพแทสเซียมของชุดดินวาริน เมื่อใส่โพแทสเซียมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ลงไปในดิน โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี mixed nitric-perchloric acid	56
26	กราฟแสดงการปลดปล่อยโพแทสเซียมของชุดดินสตึก เมื่อใส่โพแทสเซียมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ลงไปในดิน โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี mixed nitric-perchloric acid	56

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
27	ความสัมพันธ์ระหว่าง observed BC_K กับ predicted BC_K โดยใช้ 1:1 relationship เส้นตรง คือ เส้น 1:1 line	62

ภาพผนวกที่

1	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพแทสเซียมที่เติมลงไปในดินกับปริมาณโพแทสเซียมที่วิเคราะห์โดยวิธี NH_4OAc ของดินที่ปลูกข้าวโพด 10 ชุดดิน	105
2	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพแทสเซียมที่เติมลงไปในดินกับปริมาณโพแทสเซียมที่วิเคราะห์โดยวิธี Mehlich 1 ของดินที่ปลูกข้าวโพด 10 ชุดดิน	106
3	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพแทสเซียมที่เติมลงไปในดินกับปริมาณโพแทสเซียมที่วิเคราะห์โดยวิธี mixed nitric-perchloric acid ของดินที่ปลูกข้าวโพด 10 ชุดดิน	107
4	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพแทสเซียมที่เติมลงไปในดินกับปริมาณโพแทสเซียมที่วิเคราะห์โดยวิธี Ca resin ของดินที่ปลูกข้าวโพด 10 ชุดดิน	108
5	กราฟการหาค่าความชันโดยใช้ Power function equation	109
6	กราฟการหาค่าความชันโดยใช้ Linear parabolic diffusion equation	111
7	กราฟการหาค่าความชันโดยใช้ The Elovich equation	113
8	กราฟการหาค่าความชันโดยใช้ Linear first order equation	115

การปรับปรุงวิธีการประเมินความต้องการปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับดินสเมกไทต์ที่ปลูกข้าวโพด

Revising Methods of Estimating K Fertilizer Requirements on Smectitic Maize Soils

คำนำ

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (*Zea mays* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหารสัตว์ โดยมีพื้นที่เพาะปลูกในประเทศไทย 5,969,608 ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2550) ในการเพิ่มผลผลิตข้าวโพด การใช้ปุ๋ยเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในบรรดาปัจจัยการผลิตทั้งหมด ปัจจุบันคำแนะนำปุ๋ยทั่วไปไม่ได้คำนึงถึงความต้องการของพืช สมบัติต่าง ๆ ของดิน วิธีการใส่ปุ๋ย ความลึกของดินที่ใส่ปุ๋ย ฯลฯ การใส่ปุ๋ยอย่างไม่ถูกวิธีนี้ ย่อมก่อให้เกิดผลกระทบ ทั้งในด้านต้นทุนการผลิตที่เพิ่มขึ้น ปัญหาสิ่งแวดล้อม หรือทำให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารพืชในดิน ด้วยเหตุนี้ จึงต้องมีการพัฒนาคำแนะนำปุ๋ยเฉพาะพื้นที่ซึ่งจะเกิดประโยชน์ต่อการผลิตพืช และการใช้ทรัพยากรอย่างถูกต้อง

ปัจจุบันคำแนะนำปุ๋ยโพแทสเซียมในประเทศไทย ยังเป็นคำแนะนำปุ๋ยอย่างกว้าง ๆ คือ พิจารณาผลผลิตที่ต้องการ และปริมาณโพแทสเซียมดั้งเดิมในดิน และเป็นคำแนะนำเดียวสำหรับดินทุกชนิดในประเทศไทย ซึ่งเป็นคำแนะนำปุ๋ยที่ไม่มีประสิทธิภาพ Yost and Attanandana (2006) ได้เสนอคำแนะนำปุ๋ยโพแทสเซียมเฉพาะพื้นที่ ดังนี้ :

$$K_{req}\ (kg\ K\ ha^{-1}) = (K_{critical} - K_{soil})/BC_K \times B.D. \times (Application\ depth/10 \times placement\ factor) + (Biomass\ removed \times K_{percentage}/100) \quad (1)$$

(K_{req} = ความต้องการโพแทสเซียม (kg K ha^{-1}) ; $K_{critical}$ = ค่าวิกฤตโพแทสเซียม (mg kg^{-1}) ; K_{soil} = ปริมาณโพแทสเซียมดั้งเดิมในดิน (mg kg^{-1}) ; BC_K = Buffer coefficient for K ; B.D. = ความหนาแน่นของดิน (g cm^{-3}) ; Biomass removed = ปริมาณน้ำหนักแห้งของผลผลิตพืชในส่วนเหนือดิน (kg ha^{-1}) ; $K_{percentage}$ = เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของโพแทสเซียมใน ส่วนของ biomass

removed ; application depth = ความลึกของดินที่ใส่ปุ๋ย (cm) ; placement factor = วิธีการใส่ปุ๋ย ในกรณีของการใส่แบบเป็นแถวคำนวณจากอัตราส่วนของระยะทางระหว่างปุ๋ยที่ใส่ทั้ง 2 ด้านของพืชกับความกว้างของแถวที่ปลูกพืช)

จากสมการข้างต้นจะเห็นได้ว่า การใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมเฉพาะพื้นที่ มีการนำเอาปัจจัยเกี่ยวกับดิน พืช และการจัดการปุ๋ยมาร่วมคำนวณด้วย ต้องมีการวิเคราะห์ดินเพื่อให้ทราบถึงปริมาณโพแทสเซียมดั้งเดิมในดิน เพื่อให้มีการใส่ปุ๋ยอย่างถูกต้องในแต่ละพื้นที่ตามชนิดดิน และปริมาณที่พืชต้องการ ปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งในการคาดคะเนคำแนะนำปุ๋ยโพแทสเซียมในสมการดังกล่าว ได้แก่ ค่า Buffer coefficient for potassium (BC_K) ซึ่งหมายถึง อัตราส่วนของปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ ต่อปริมาณโพแทสเซียมที่ใส่ลงไปในดินโดยใช้น้ำยาสกัดเดียวกัน (Yost and Attanandana, 2006) และค่า K*soil* หมายถึง ปริมาณโพแทสเซียมดั้งเดิมที่มีอยู่ในดินก่อนปลูกพืช ทั้งค่า BC_K และ K*soil* ที่ได้กล่าวมาในสมการที่ 1 ได้ใช้วิธี Mehlich 1 ในการสกัดปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน ซึ่งการใช้น้ำยาสกัด Mehlich 1 ในการสกัดโพแทสเซียมเหมาะสมสำหรับดินทราย ดินกรด และดิน CEC ต่ำ (Spark and Huang, 1985) แต่พื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทย มีการกระจายของแร่ดินเหนียวที่แตกต่างกัน ทั้งแร่เคโอลิไนต์ และสเมกไทต์ อีกทั้งจากการวิจัยของ Nilawonk *et al.* (2008)ในการทดลองการปลดปล่อยโพแทสเซียม พบว่า การสกัดโพแทสเซียมในดินสเมกไทต์ วิธี Calcium resin (Ca resin) สามารถประเมินความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมในดินได้เหมาะสมและมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณที่พืชดูดกิน เนื่องจากวิธีนี้เป็นวิธีที่จำลองการดูดกินโพแทสเซียมของรากพืชในดิน การใช้วิธีการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมในดินที่มีแร่สเมกไทต์เป็นส่วนใหญ่โดยวิธี Ca resin ควรเป็นค่าที่ถูกต้องมากกว่า สำหรับสมการคาดคะเนปุ๋ยโพแทสเซียม

ในสมการคาดคะเนคำแนะนำปุ๋ยโพแทสเซียมนั้น มีปัจจัยที่ได้จากดินคือ ค่า BC_K, K*critical* และ K*soil* ซึ่งแต่ละวิธีการสกัดโพแทสเซียมจะได้ค่าดังกล่าวนี้แตกต่างกัน นอกจากนี้วิธีในการสกัดโพแทสเซียมแต่ละวิธียังเหมาะสมกับดินในแต่ละชนิดที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดแร่ดินเหนียวที่มีอยู่ในดิน โดยแร่ดินเหนียวเหล่านี้มีความสามารถปลดปล่อยโพแทสเซียมแตกต่างกัน ดังนั้นจึงควรมีการปรับปรุงสมการที่ 1 เพื่อใช้กับดินที่ปลูกข้าวโพดที่มีแร่ดินเหนียวต่างกัน โดยเปรียบเทียบค่า BC_K, K*critical* และ K*soil* ที่ได้จากวิธีวิเคราะห์ 4 วิธี ได้แก่ วิธี Mehlich 1 วิธี NH_4OAc วิธี Ca resin และ วิธี mixed nitric-perchloric acid เพื่อให้ได้ข้อมูลสำหรับใช้ประโยชน์ใน

การแนะนำการจัดการปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ให้เหมาะสมในดินที่มีแร่สเมกไทต์เป็นส่วนใหญ่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการปลดปล่อยโพแทสเซียมของดินที่ปลูกข้าวโพด 10 ชุดดิน ที่สกัดปริมาณโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin และ mixed nitric-perchloric acid

2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง Buffer coefficient for potassium (BC_K) ของดินที่ปลูกข้าวโพด 10 ชุดดิน ที่สกัดปริมาณโพแทสเซียมโดยวิธี NH_4OAc, Mehlich 1, mixed nitric-perchloric acid และ Ca resin กับสมบัติดินที่สำคัญต่าง ๆ

3. เพื่อนำเสนอวิธีการสกัดโพแทสเซียมในดินในสมการความต้องการปุ๋ยโพแทสเซียมในดินปลูกข้าวโพดที่มีแร่ดินเหนียวสเมกไทต์เป็นส่วนใหญ่

การตรวจเอกสาร

1. ความสำคัญของโพแทสเซียมต่อข้าวโพด

โพแทสเซียมเป็นธาตุมหัพภาค (macronutrient) และเป็นธาตุอาหารหลักอีกตัวหนึ่งที่พืชต้องการในปริมาณมาก และจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช (Rehm and Schmitt, 2002) โพแทสเซียมมีหน้าที่สำคัญ คือ ช่วยในกระบวนการสร้าง และเคลื่อนย้ายแป้งและน้ำตาล ช่วยในกระบวนการสังเคราะห์แสงและการหายใจ โพแทสเซียมมีบทบาทในกระบวนการสังเคราะห์แสงอย่างน้อย 3 ขั้นตอนคือ 1) ควบคุมให้ปากใบเปิดในขณะมีแสงจึงช่วยให้คาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่ใบได้สะดวก 2) ส่งเสริมการสังเคราะห์ adenosine triphosphate (ATP) ในกระบวนการโฟโตฟอสฟอรีเลชัน (photophosphorylation) และ 3) มีบทบาทในการคงสภาพโครงสร้างของคลอโรพลาสต์ และโพรพลาสทิด (proplastids) ที่เหมาะสมกับกิจกรรมการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ บทบาทที่สำคัญอีกด้านหนึ่งของโพแทสเซียม คือ ช่วยปลุกฤทธิ์ (activate) เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งไอออนที่เยื่อและเอนไซม์อื่นอีกมาก (ยงยุทธ, 2546) ดังนั้นหากพืชขาดโพแทสเซียมจะทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตลดลง นอกจากนี้โพแทสเซียมยังมีอิทธิพลต่อโครงสร้างระดับเซลล์พืช เช่น เพิ่มการสร้างผนังเซลล์ (cell wall) ทำให้พืชมีความต้านทานโรคดีขึ้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) โพแทสเซียมยังช่วยในเรื่องการทนแล้งและทนเค็มของพืช เนื่องจากโพแทสเซียมมีบทบาทต่อการเปิดปิดของปากใบ ซึ่งเป็นกลไกหลักในการควบคุมระบบน้ำในเซลล์ของพืชชั้นสูง โพแทสเซียมเป็นตัวละลายที่มีส่วนสำคัญในศักย์ออสโมซิสของเซลล์ จึงช่วยให้พืชได้รับน้ำได้เพียงพอแม้พืชจะอยู่ในช่วงแล้ง และในภาวะที่เริ่มขาดน้ำ พืชที่ได้รับโพแทสเซียมเพียงพอจะสังเคราะห์โพรลีน (proline) ได้มากกว่าพืชที่ขาดโพแทสเซียม ซึ่งสารโพรลีนนี้จะช่วยลดศักย์ออสโมซิสลง จึงเป็นอีกเหตุผลหนึ่งซึ่งสนับสนุนบทบาทของโพแทสเซียมที่ช่วยให้พืชทนแล้งมากขึ้น (มุกดา, 2544) โพแทสเซียมในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช คือ K^+ ซึ่งพืชจะสามารถดูดโพแทสเซียมขึ้นไปใช้ได้ในรูปที่เป็นประโยชน์นี้ โดยในเนื้อเยื่อพืชจะมีความเข้มข้นของโพแทสเซียมอยู่ระหว่าง 0.5-6 % (Havlin *et al.*, 2005)

การขาดโพแทสเซียมในข้าวโพดคือขอบใบเหลืองและกลายเป็นสีน้ำตาล ในที่สุดจะแห้ง อาการเริ่มจากปลายใบไปถึงกลางใบ ลักษณะอาการคล้ายถูกไฟลวก เรียกว่า “firing” หรือ “scorching” โดยทั่วไปอาการขาดโพแทสเซียมจะแสดงที่ส่วนล่าง ๆ ก่อน (สมพร, 2551) และการขาดโพแทสเซียมทำให้ฝักข้าวโพดมีเมล็ดไม่เต็มจนถึงปลายฝัก ฝักมีขนาดเล็ก รูปร่างผิดปกติ

นอกจากนั้นการขาดโพแทสเซียมยังทำให้พืชล้มได้ง่าย เพราะพืชที่ขาดโพแทสเซียมจะมีลำต้นอ่อน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

2. รูปของโพแทสเซียมในดิน

โพแทสเซียมในดินแบ่งออกได้เป็น 4 รูป ได้แก่ soil solution K^+, exchangeable K^+, non-exchangeable K^+ and K^+ in soil minerals (Sparks, 1987) ซึ่งแต่ละรูปจะมีความสามารถในการปลดปล่อยโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชต่างกัน ดังนี้

2.1 โพแทสเซียมในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ (unavailable potassium)

ได้แก่ K^+ ที่เป็นส่วนประกอบของแร่ในดิน ซึ่งโพแทสเซียมในรูปนี้ เป็น crystalline-insoluble form พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ นอกเสียจากเกิดการผุพังของแร่ โดยจะปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาในรูป soil solution K^+, exchangeable K^+ และ non-exchangeable K^+ ซึ่งกระบวนการนี้ต้องใช้เวลานาน ขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อมและ ชนิดของแร่ในดินนั้น

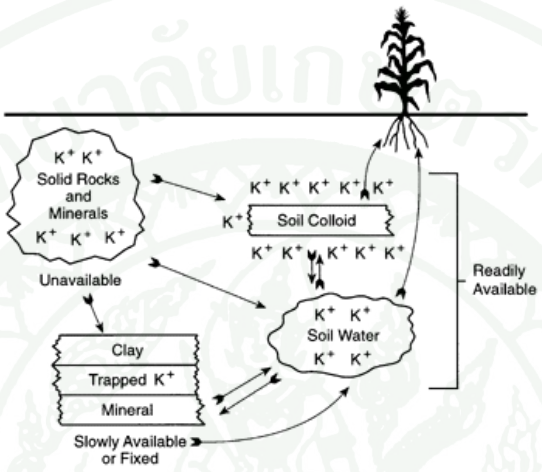
2.2 โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อย่างช้า ๆ (slowly available potassium)

ได้แก่ non-exchangeable K^+ คือโพแทสเซียมที่ถูกตรึงไว้ระหว่างหลืบของแร่ดินเหนียว 2:1 (Hoagland and Martin, 1933) โดยสามารถปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาได้เมื่อปัจจัยต่าง ๆ เหมาะสม โพแทสเซียมในรูปนี้จึงเป็นแหล่งธาตุโพแทสเซียมที่สำคัญแก่พืชในการเจริญเติบโต (Sparks and Huang, 1985; Sparks, 1987; Mengel and Uhlenbecker, 1993)

2.3 โพแทสเซียมในรูปที่เป็นประโยชน์ทันที (readily available potassium)

ได้แก่ soil solution K^+ ที่อยู่ในสารละลายดิน และ exchangeable K^+ ที่ถูกดูดซับอยู่ที่ผิวของคอลลอยด์ และอินทรียวัตถุ ซึ่งพร้อมที่จะถูกแลกเปลี่ยนกับแคตไอออนอื่น ๆ ที่อยู่ในสารละลายดินหรือที่เกาะอยู่กับคอลลอยด์อื่น ๆ ได้ รูปของโพแทสเซียม (K^+)ในกลุ่มนี้ พืชสามารถดูดขึ้นไปใช้ได้ทันที ในขณะเดียวกัน โพแทสเซียมในรูป soil solution K^+ เป็นส่วนของโพแทสเซียมที่ถูกชะล้างไปได้ง่ายเช่นกัน ปริมาณของโพแทสเซียมในรูป soil solution มีน้อยมาก

เมื่อเทียบกับโพแทสเซียมรูปอื่นในดิน ซึ่งมีอยู่ประมาณ 2-5 มิลลิกรัมโพแทสเซียมต่อลิตร (Haby *et al.*, 1990) โพแทสเซียมในกลุ่มนี้จะมีความสัมพันธ์กับกลไกการปลดปล่อยโพแทสเซียมจาก non-exchangeable K^+ กล่าวคือ เมื่อความเข้มข้นของโพแทสเซียมในสารละลายดินลดลง โพแทสเซียมที่อยู่ในรูป non-exchangeable K^+ จะปลดปล่อยออกมาเพื่อรักษาสมดุลของโพแทสเซียมในดิน



ภาพที่ 1 วัฏจักรโพแทสเซียมในดิน
ที่มา : (Rehm and Schmitt, 2002)

3. การปลดปล่อยโพแทสเซียมกับปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว รูปของโพแทสเซียมในดิน แบ่งเป็น 4 ประเภท คือ soil solution K^+, exchangeable K^+, non-exchangeable K^+ and K^+ in soil minerals (Sparks, 1987) ซึ่ง ปัจจัยที่ควบคุมการปลดปล่อยโพแทสเซียมแบ่งได้ดังนี้

3.1 แร่ดินเหนียว

ชนิดแร่ดินเหนียวที่สามารถปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาได้มากเรียงลำดับดังนี้ Illite > Smectite > Kaolinite (Blonsle *et al.*, 1992) โดยแร่ดินเหนียวที่ปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมานี้ มาจากแร่ไมกาซึ่งเป็นแร่ปฐมภูมิซึ่งจะพัฒนาไปเป็นแร่ทุติยภูมิคือแร่ดินเหนียวต่อไป การปลดปล่อยโพแทสเซียมจากแร่ไมกานี้ประกอบด้วย 2 กระบวนการหลัก คือ การแลกเปลี่ยน

โพแทสเซียมในแร่ดินเหนียว 2:1 ด้วยแคตไอออน และ การละลายของไมกาจากการผุพังของแร่ (Sparks and Huang, 1985)

3.2 ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน

เมื่อความเข้มข้นของโพแทสเซียมในสารละลายดินต่ำลง ส่งผลให้โพแทสเซียมเกิดการปลดปล่อยออกมาจากหลืบของแร่ดินเหนียว และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโพแทสเซียมในสารละลายดิน หรือ เพิ่มปริมาณปุ๋ยโพแทสเซียมลงไปในดินมีผลทำให้ปริมาณโพแทสเซียมถูกตรึง อย่างไรก็ตามหากเพิ่มความเข้มข้นต่อไปจนถึงระดับหนึ่งแล้ว ปริมาณโพแทสเซียมที่ถูกตรึงจะไม่เพิ่มขึ้นอีก ในดินบางชนิดอาจจะไม่มีการตรึงจนกว่าโพแทสเซียมจะมีความเข้มข้นเพิ่มสูงขึ้นถึงจุดหนึ่ง (อำนาจ, 2524) Dowdy และ Hutcheson (1963a) พบว่า เมื่อ exchangeable K^+ มีค่ามากกว่า 0.45$\pm$0.1 มิลลิอิควิวาเลนต์ต่อดิน 100 กรัม ในสภาพความชื้นที่ความจุสนาม เมื่อดินแห้ง จะทำให้โพแทสเซียมถูกตรึง และจะเกิดการปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาเมื่อค่าของ exchangeable K^+ ต่ำกว่าค่านี้ จากการทดลองใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในดินโดยใส่ปุ๋ยเพิ่มมากขึ้นจาก 107 เป็น 214 มิลลิกรัมโพแทสเซียมต่อกระถาง (ดิน 2 กิโลกรัม) ทำให้การปลดปล่อยโพแทสเซียมจากในรูป non-exchangeable K^+ น้อยลง (Krishnakumari *et al.,* 1984)

3.3 อุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการปลดปล่อยโพแทสเซียม สังเกตได้จากเขตร้อนและเขตหนาว ในเขตที่อุณหภูมิต่ำ ๆ เป็นผลทำให้การเจริญเติบโตของพืชถูกยับยั้งและทำให้มีอัตราการดูดกินโพแทสเซียมต่ำลงด้วย อัตราการดูดโพแทสเซียมในรากข้าวโพดที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส มีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของการดูดกินโพแทสเซียมในรากข้าวโพดที่อุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส (Ching and Barber, 1979) และจากการทดลอง adsorption-desorption ของโพแทสเซียมในดินร่วนเหนียวปนทราย พบว่า adsorption เพิ่มขึ้น จาก 25% เป็น 36.5% เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ ขณะเดียวกันทำให้ desorption เพิ่มขึ้นด้วยจาก 38.5% เป็น 69% (Hundal and Pasricha, 1997) และพบว่ามีการปลดปล่อยโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในแร่ Biotite (Rausell-Colom *et al.*, 1965) และ K-Feldspars (Rasmussen, 1972) อีกทั้งจากการชะล้างด้วย 0.1 M NaCl ในแร่ Biotite ทำให้มีการปลดปล่อยโพแทสเซียมมากขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 20 องศาเซลเซียส เป็น 50 องศาเซลเซียส (Mortland, 1958)

3.4 การเปียกและแห้งของดิน

การทำให้ดินเปียกเปลี่ยนเป็นดินแห้งมีผลต่อความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมทั้งในด้านเพิ่มขึ้นและลดลงได้ทั้ง 2 กรณี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาวะการตรึงโพแทสเซียมได้ดังนี้

การปลูกพืชโดยไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอาจทำให้โพแทสเซียมที่อยู่ในหลืบของแร่ดินเหนียว 2:1 (non-exchangeable K^+) หลุดออกมาเพื่อรักษาสมดุลโพแทสเซียม เนื่องมาจากมีการขยายตัวของช่องว่างระหว่างผลึกแร่ดินเหนียว 2:1 และเมื่อทำให้ดินแห้งและเปียกอีกครั้ง จะเป็นการเร่งการปลดปล่อย โดยทำให้มีการปลดปล่อยโพแทสเซียมมากขึ้น(อำนาจ, 2524)

กรณีใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมลงไปในดิน ทำให้มีปริมาณของโพแทสเซียมในรูปที่เป็นประโยชน์มากขึ้น ก็จะมีการรักษาสมดุลโดยมีผลทำให้โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นโพแทสเซียมที่ไม่เป็นประโยชน์ (non-exchangeable K^+) ต่อพืชมากขึ้นหรือถูกตรึงอยู่ในดินนั่นเอง กลไกที่สำคัญที่ทำให้เกิดกระบวนการตรึงโพแทสเซียมในดินได้แก่ การที่โพแทสเซียมในรูปที่แลกเปลี่ยนได้ หรือรูปที่อยู่ในสารละลายดินเข้าไปอยู่ในระหว่างช่องว่างผลึกของแร่ดินเหนียว 2:1 เมื่อดินแห้งทำให้ช่องว่างระหว่างผลึกหดตัวลงทำให้โพแทสเซียมถูกกักบริเวณอยู่ที่นั่น ดังนั้นการทำให้ดินแห้งหลังการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม จะมีผลให้การตรึงโพแทสเซียมมากกว่าการปล่อยให้ดินเปียกตลอดเวลา แต่การทำให้ให้ดินเปียกและแห้งสลับกัน จะเป็นการช่วยเร่งให้มีการปลดปล่อยหรือตรึงโพแทสเซียมได้มากกว่าการทำให้ดินแห้งเพียงครั้งเดียว (มุกดา, 2544) Mclean (1976) พบว่า เมื่อทำให้ดินเปียกนั้นแห้งลง การตรึงโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของโพแทสเซียมในดินมากขึ้น

3.5 พีเอชดิน (soil pH)

ดินที่เป็นกรดหรือมี pH ต่ำจะตรึงโพแทสเซียมได้น้อยกว่า แต่จะปลดปล่อยโพแทสเซียมได้ง่ายกว่าดินที่มี pH สูงกว่า ทั้งนี้เพราะ H^+ ถูกดูดยึดโดยคอลลอยด์ด้วยแรงเหนียวแน่นกว่าโพแทสเซียมและแคตไอออนอื่น ทำให้แคตไอออนอื่น ๆ รวมทั้ง K^+ ในดินที่เป็นกรดจัดมีโอกาสถูกไล่ที่มาอยู่ในสารละลายดินมากกว่าดินที่เป็นกรดอ่อนกว่า ซึ่งมีผลทำให้โพแทสเซียมมีโอกาสถูกตรึงน้อยในดินกรดจัด โดยเหตุดังกล่าวข้างต้นการใส่ปูนในดินที่เป็นกรดจัดจึงช่วยทำให้โพแทสเซียมเข้ามาดูดยึดที่คอลลอยด์ได้มากขึ้น และมีโอกาสถูกตรึงได้มากขึ้น ทำให้มีการ

ปลดปล่อยโพแทสเซียมน้อยลง จากการทดลองของ Martin *et al.* (1946) พบว่าจะไม่มีการตรึงของโพแทสเซียม เมื่อดินมี pH 2.5 และการตรึงของโพแทสเซียมจะเพิ่มขึ้น เมื่อ pH ของดินเพิ่มจาก 2.5 เป็น 5.5 ถ้า pH เพิ่มขึ้นมากกว่า 5.5 จะมีการตรึงของโพแทสเซียมอย่างช้า ๆ ส่วนการเพิ่มของ pH จนถึง 9 หรือ 10 ด้วย Sodium carbonate (Na_2CO_3) มีผลทำให้โพแทสเซียมถูกตรึงมากขึ้น (Volk, 1934)

3.5 สิ่งมีชีวิตในดิน

สิ่งมีชีวิตในดินเป็นตัวช่วยสนับสนุนการปลดปล่อยโพแทสเซียมจากไมกาในดิน (Weed *et al.*, 1969; Sawhney and Voight, 1969) สิ่งมีชีวิตในดินยังทำให้โพแทสเซียมในสารละลายดินลดลง โดยดูดกินโพแทสเซียมขึ้นไปใช้ (Weed *et al.*, 1969) เมื่อโพแทสเซียมในรูปที่เป็นประโยชน์มีน้อยลงเป็นผลทำให้เกิดการปลดปล่อยโพแทสเซียมในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชออกมาเพื่อรักษาสมดุลโพแทสเซียมในดิน อีกทั้งสิ่งมีชีวิตยังสร้างกรดอินทรีย์ ซึ่งเมื่อเวลาผ่านไปนาน ๆ กรดเหล่านี้ทำให้เกิดการผุพังสลายตัวของแร่ (Bolton, 1882; Huang and Keller, 1970) เป็นผลทำให้เกิดการปลดปล่อยโพแทสเซียมจากแร่ได้เช่นกัน

4. การวิเคราะห์โพแทสเซียมในดิน

การวิเคราะห์โพแทสเซียมในปัจจุบัน มีการวิเคราะห์โพแทสเซียมหลายรูป ทั้งสกัดโพแทสเซียมในรูป exchangeable K^+ non-exchangeable K^+ และได้มีการวิเคราะห์โพแทสเซียมที่เลียนแบบรากพืชในการดูดกินโพแทสเซียมขึ้นไปใช้ อีกทั้งปัจจุบันได้มีการดัดแปลงน้ำยาสกัด เพื่อประเมินระดับความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืชด้วย ดังนี้

4.1 การวิเคราะห์โพแทสเซียมในรูป exchangeable K^+

4.1.1 การสกัดโพแทสเซียมในดินโดยใช้ 1M NH_4OAc pH 7.0

การสกัดโพแทสเซียมในดินโดยวิธีนี้ใช้ 1M NH_4OAc โดยที่ NH_4^+ จะเข้าไล่ที่ exchangeable K ในดินออกมา ปริมาณ K^+ ในสารละลายที่สกัดได้นิยมวัดปริมาณโดยวิธี Flame photometry หรือ Atomic emission spectroscopy เป็นวิธีวิเคราะห์โพแทสเซียมที่ใช้ทั่วไปใน

ห้องปฏิบัติการ ซึ่งโพแทสเซียมที่วัดในรูปนี้เป็นส่วนโพแทสเซียมในรูปที่ละลายได้ (soluble K) รวมกับรูปที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K) การวิเคราะห์โพแทสเซียมโดยวิธีนี้ พบว่าสามารถประเมินความเป็นประโยชน์ต่อพืชได้แม่นยำในดินที่มีแร่เคโอลิไนต์ แต่ไม่สามารถสกัดปริมาณ non-exchangeable available K ในดินที่มีแร่สเมกไทต์เป็นส่วนใหญ่ได้ และยังมีการศึกษาอื่นรายงานว่าวิธีสกัดวิธีนี้ไม่สามารถประเมินความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมในดินที่มีแร่ Illite (McLean, 1976; Portela, 1993; Eckert and Watson, 1996) และ ดินที่มีแร่ Vermiculite (Cassman *et al*., 1990)

4.1.2 การสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี Mehlich 1

วิธีนี้ใช้สกัดโพแทสเซียม ในรูป exchangeable K โดยน้ำยาสกัด Mehlich 1 นี้จะประกอบด้วย 0.025M HCl ผสมกับ 0.0125M H_2SO_4 โดยพบว่าวิธีนี้ใช้ได้เหมาะสมกับการสกัดโพแทสเซียมในดินทราย ดินกรด และดิน CEC ต่ำ (Sparks and Huang, 1985) ซึ่งน้ำยาสกัดนี้ใช้สกัดธาตุหลายธาตุในดินด้วยการสกัดเพียง 1 ครั้ง ได้มีการใช้น้ำยาสกัดนี้สกัดฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม ทองแดง สังกะสี แมงกานีส และโบรอน พบว่าธาตุต่าง ๆ ที่สกัดโดย Mehlich 1 เกือบทุกธาตุมีสหสัมพันธ์สูงกับค่าที่สกัดด้วย Mehlich 3 (Mylavarapu *et al*., 2002)

4.2 การวิเคราะห์โพแทสเซียมในรูป non-exchangeable K^+

4.2.1 การสกัดโพแทสเซียมโดยใช้ nitric acid (HNO_3)

วิธีนี้ใช้ 1M HNO_3 เป็นตัวสกัด พบว่าเชื่อถือได้ในการหา non-exchangeable K สำหรับใช้เป็นตัวบ่งชี้ในการหาค่า K^+-supplying power ของดิน Canadian ซึ่งมีสหสัมพันธ์กับการดูดใช้โพแทสเซียมในพืชสูงกว่าใช้วิธี NH_4OAc สกัด (Richards and Bates, 1988) ซึ่งการสกัดโพแทสเซียมด้วย 0.1M HNO_3 ในดิน calcareous พบว่ามีสหสัมพันธ์สูง (r = 0.876) กับการดูดกินโพแทสเซียมในถั่ว alfafa ซึ่งสูงกว่าวิธี NH_4OAc (r = 0.689)

4.2.2 การสกัดโพแทสเซียมโดยใช้ mixed nitric-perchloric acid

วิธีนี้ประกอบด้วย (HNO_3 : $HClO_4$) ผสมกันในอัตราส่วน 5:2 (Jones, 2001) ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีที่ใช้วิเคราะห์พืช ในการศึกษาการปลดปล่อยโพแทสเซียมในดิน พบว่าวิธีนี้มีค่าสหสัมพันธ์สูงระหว่างค่าโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน และปริมาณโพแทสเซียมที่หญ้าดูดกิน (Nilawonk, n.d.)

4.2.3 การสกัดโพแทสเซียมโดยใช้ Sodium tetraphenylboron ($NaBPh_4$)

วิธีนี้ถูกพัฒนาเพื่อใช้ขึ้นโดย Smith and Scott (1966) ในการศึกษาการปลดปล่อย K ในหลืบของแร่ในดินที่มีแร่ไมกา วิธีนี้กลไกคือ ให้ BPh_4^- anion จับตัวกับ K^+ ในสารละลายดินจากนั้นจะเกิดการตกตะกอนเป็น Potassium tetraphenylboron ($KBPh_4$) โดยวิธีนี้จะเป็นการเลียนแบบรากพืชอีกวิธีหนึ่ง โดยให้ $NaBPh_4$ เปรียบเสมือนรากพืช โดยจะแลกเปลี่ยนกับ K^+ ที่อยู่ในดินทำให้ K^+ ในดินลดน้อยลง เป็นผลทำให้ K^+ ในรูป non-exchangeable ปลดปล่อยออกมา Jackson (1985) ได้ใช้ 0.03M $NaBPh_4$ ในการสกัดโพแทสเซียมในดิน New Zealand เป็นเวลา 16 ชั่วโมง พบว่า มีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้ 1M NH_4OAc ในการประเมินความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมในการปลูกหญ้า rye (*Lolium perenne* L.) ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับ Schulte and Corey (1965) ซึ่งพบค่าสหสัมพันธ์ที่ดีระหว่างปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้โดย $NaBPh_4$ กับ โพแทสเซียมที่พืชดูดกิน

4.2.4 การสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี cation exchange resin

ถูกใช้เพื่อหาการปลดปล่อยโพแทสเซียมจากดิน (Pratt, 1951; Schmitz and Pratt, 1953; Martin and Sparks, 1983) โดยใช้ H^+ resin (Rahmatullah and Mengel, 2000; Benipal *et al.*, 2006) และได้มีการเปรียบเทียบแคตไอออนที่ดูดซับบนเรซินได้แก่ H^+ , Ca^{2+}, Na^+ และ NH_4^+ โดยนำมาทำให้อิ่มตัวบน cation exchange resin จากนั้น นำไปแลกเปลี่ยนกับโพแทสเซียมที่อยู่ในดิน พบว่าสามารถสกัดโพแทสเซียมในดินออกมาได้ในรูป non-exchangeable โดยพบว่า ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดออกมาโดย cation exchange resin เรียงลำดับดังนี้ $H^+ > Ca^{2+} > Na^+ > NH_4^+$ (Dhillon and Dhillon, 1989) และได้มีการใช้ Ca resin สกัดโพแทสเซียมในดินเปรียบเทียบกับการดูดกินของหญ้า rye พบว่ามีค่าสหสัมพันธ์กันสูง (Askegaard *et al.*, 2004)

5. สมการความต้องการโพแทสเซียม (K algorithm)

สมการ K algorithm (Attanandana *et al.*, 2004; Yost and Attanandana, 2006) สร้างขึ้นเพื่อหาคำแนะนำปุ๋ยโพแทสเซียมเฉพาะพื้นที่สำหรับข้าวโพด ซึ่งการใช้คำแนะนำปุ๋ยเฉพาะพื้นที่ทำให้การใช้ปุ๋ยมีประสิทธิภาพ ผลผลิตข้าวโพดมีคุณภาพ อีกทั้งยังช่วยลดต้นทุนการผลิต (สมการที่ 1) ในสมการนี้มีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง แบ่งได้ เป็น 3 ปัจจัยหลัก ๆ ด้วยกัน

5.1 ปัจจัยทางดิน (soil factors)

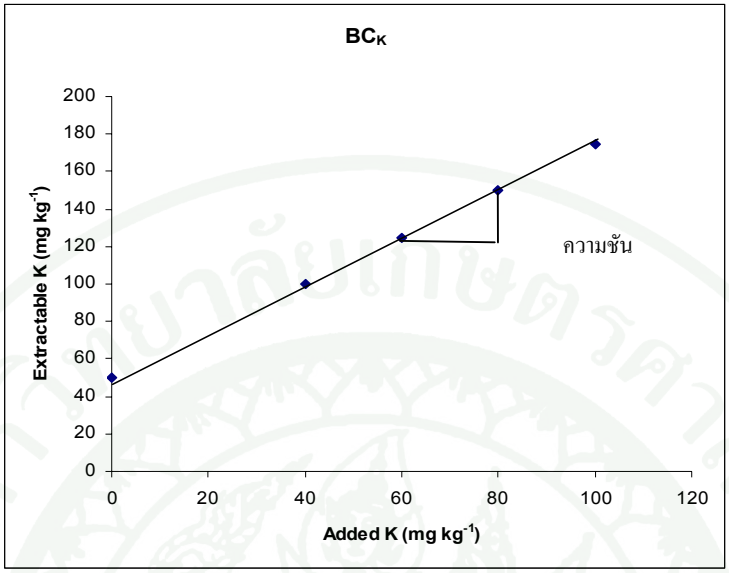
ในส่วนของปัจจัยทางดินจะมีตัวแปรในสมการคือ BC_K, K*critical*, K*soil* และ B.D.

BC_K หมายถึง อัตราส่วนของปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้โดยน้ำยาสกัดวิธีต่าง ๆ ต่อปริมาณโพแทสเซียมที่ใส่ลงไปในดิน ค่าดังกล่าวนี้ได้จากการพลอตกราฟระหว่างปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (แกน Y) กับปริมาณโพแทสเซียมที่เติมลงไปในดิน (แกน X) โดยกราฟที่ได้จะมีลักษณะเป็นเส้นตรง ดังภาพที่ 2

ในแต่ละดินจะมี BC_K ต่างกันไปขึ้นอยู่กับสมบัติของดิน ซึ่งค่า BC_K คือ ความชันของกราฟ สามารถเขียนในรูปสมการได้ดังนี้

$$BC_K = \text{extractable K (mg kg}^{-1}\text{)/ added K (mg kg}^{-1}\text{)}$$

จะเห็นได้ว่า BC_K มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 ค่า BC_K มีค่าต่ำเข้าใกล้ 0 แสดงถึง K ที่ใส่ลงไปมีแนวโน้มถูกตรึงไว้มาก ในขณะที่ค่าเข้าใกล้ 1 จะแสดงถึง K ที่ใส่ลงไปในดิน จะถูกตรึงได้น้อยและหลุดออกมาเป็นประโยชน์ให้แก่พืชได้ ใกล้เคียงกับปริมาณปุ๋ย K ที่ใส่ลงไป จะสังเกตเห็นได้ว่าค่า BC_K ที่ได้จะเป็นค่าคงที่ไม่มีหน่วย



ภาพที่ 2 ค่า BC_K ซึ่งได้จากการพลอตกราฟระหว่างปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (extractable K) กับปริมาณโพแทสเซียมที่เติมลงไปในดิน (added K)

K*soil* คือ ปริมาณโพแทสเซียมดั้งเดิมในดิน โดยสกัดโพแทสเซียมวิธีเดียวกันกับ K*critical* และ BC_K ซึ่งสมการที่เสนอโดย Yost and Attanandana, 2006 นี้ได้ใช้ Mehlich 1 เพื่อหาโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน โดยค่า K*soil* นี้ มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

K*critical* คือ ความเข้มข้นโพแทสเซียมในดินระดับหนึ่งที่พืชไม่ตอบสนองต่อปุ๋ยที่ใส่ ถ้าในดินมีโพแทสเซียมต่ำกว่าระดับนี้ การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นจะทำให้ผลผลิตพืชเพิ่มขึ้น โดยค่า K*critical* มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

จาก soil factors ทั้ง 3 ตัวแปร เราจะประเมินความต้องการของปุ๋ยโพแทสเซียมได้ดังนี้

$$K_{req}\ (mg\ kg^{-1}) = (K_{critical} - K\ soil)/\ BC_K$$

จะเห็นว่าทั้ง 3 ตัวแปรนี้ทำให้ค่า K*req* ที่ได้มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่เนื่องจากในการคาดคะเนปุ๋ยนั้น เป็นการใส่ปุ๋ยต่อพื้นที่ จึงมีความจำเป็นต้องเปลี่ยนหน่วยจาก น้ำหนัก/น้ำหนัก เป็น น้ำหนัก/ปริมาตร โดยจะคิดที่ความลึกดิน 10 เซนติเมตร ซึ่งเป็นค่าประมาณ

โดยทั่วไปที่ใช้แทนค่าความลึกในการใส่ปุ๋ย ด้วยเหตุนี้จึงต้องนำค่าความหนาแน่นของดิน (B.D.) เป็นตัวคูณของปัจจัยทางดิน ทั้ง 3 ตัว

$$K\textit{req}\ (\text{kg ha}^{-1})\ \text{at 10 cm} = [(K\textit{critical}\text{-}K\textit{soil})/BC_K] \times \text{B.D.}$$

5.2 ปัจจัยด้านพืช (crop factor)

ปัจจัยนี้ได้คำนึงถึงผลผลิตที่ถูกเคลื่อนย้ายออกจากดิน ซึ่งผลผลิตเหล่านี้ล้วนแล้วแต่มีโพแทสเซียมอยู่มาก ไม่ว่าจะเป็นทั้งลำต้นหรือ เมล็ด จะต้องคำนึงถึงโพแทสเซียมในส่วนนี้ด้วย โดยจะนำไปปรับเข้ากับปัจจัยทางดิน เพื่อประเมินโพแทสเซียมในพื้นที่ปลูกได้ถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น

$$K\textit{removal}\ (\text{kg ha}^{-1}) = (\text{Biomass removed (kg ha}^{-1}) \times \%\text{K in biomass removed}/100)$$

5.3 ปัจจัยจากการใส่ปุ๋ย (incorporation and placement)

ปัจจัยในกลุ่มนี้จะมีระดับความลึกที่ใส่ปุ๋ยลงไปในดิน (application depth) และ วิธีการใส่ปุ๋ย (placement factor) จากสมการได้ใช้ที่ระดับความลึกที่ 10 เซนติเมตร แต่ในสภาพความเป็นจริงอาจจะมีการใส่ปุ๋ยลึกหรือตื้นกว่านั้นเพื่อให้คำนวณตามสภาพความเป็นจริงมากที่สุดเราจึงต้องคิดถึงปัจจัยนี้ด้วย

ถ้าคิดที่ 10 cm จะใส่สูตรเดิม

$$K\textit{req}\ (\text{kg ha}^{-1})\ \text{at 10 cm} = [(K\textit{critical}\text{-}K\textit{soil}) \times BC_K]/\text{B.D.}$$

กรณีถ้าเราคิดที่ความลึกต่างจากเดิม สมมติให้ความลึกเท่ากับ A เซนติเมตร

ถ้าความลึก A เซนติเมตร จะใช้สูตร

$$K\textit{req}\ (\text{kg ha}^{-1}) = [(K\textit{critical}\text{-}K\textit{soil})/BC_K] \times \text{B.D.} \times A/10$$

ซึ่ง A จากสมการข้างบนคือ application depth นั่นเอง และเขียนสมการใหม่ได้เป็น

$$K\mathit{req}\ (\text{kg ha}^{-1}) = [(K\mathit{critical}\text{-}K\mathit{soil})/BC_K] \times \text{B.D.} \times A/10$$

ส่วน placement factor หมายถึง วิธีการใส่ปุ๋ย ในกรณีของวิธีหว่านใช้ค่าเท่ากับ 1 ส่วนในกรณีของพืชไร่ หรือข้าวโพดใช้อัตราส่วนของระยะทางระหว่างปุ๋ยที่ใส่ทั้ง 2 ด้านของพืช กับความกว้างของแถวที่ปลูกพืช

เพราะฉะนั้นสมการสุดท้ายที่เกิดจากการรวมปัจจัยทั้งปัจจัยทางดิน ปัจจัยด้านพืช และปัจจัยจากการใส่ปุ๋ยจะได้เป็นสมการดังที่ 1

$$K\mathit{req}\ (\text{kg K ha}^{-1}) = (K\mathit{critical} - K\mathit{soil})/BC_K \times \text{B.D.} \times (\text{Application depth}/10 \times \text{placement factor}) + (\text{Biomass removed} \times K\mathit{percentage}/100) \quad (1)$$

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ดินที่เป็นตัวแทนในการศึกษาประกอบด้วย 10 ชุดดินดังนี้

1.1 ชุดดินชัยบาดาล	เก็บจากแปลงเกษตรกร ต.ศิลาทิพย์ อ.ชัยบาดาล จ.ลพบุรี
1.2 ชุดดินลพบุรี	เก็บจากแปลงเกษตรกร ต.ธารเกษม อ.พระพุทธบาท จ. สระบุรี
1.3 ชุดดินลำนารายณ์	เก็บจากแปลงเกษตรกร ต.ศิลาทิพย์ อ.ชัยบาดาล จ.ลพบุรี
1.4 ชุดดินสบปราบ	เก็บจากแปลงเกษตรกร ต.ห้วยโป่ง อ.โคกสำโรง จ.ลพบุรี
1.5 ชุดดินสมอทอด	เก็บจากแปลงเกษตรกร ต.ห้วยโป่ง อ.โคกสำโรง จ.ลพบุรี
1.6 ชุดดินตาคลี	เก็บจากแปลงเกษตรกร ต.หนองม่วง อ. หนองม่วง จ.ลพบุรี
1.7 ชุดดินปากช่อง	เก็บจากแปลงเกษตรกร ต.พุคำจาน อ.พระพุทธบาท จ. สระบุรี
1.8 ชุดดินภูสะนา	เก็บจากแปลงเกษตรกร ต. นาโป่ง อ.เมือง จ. เลย
1.9 ชุดดินวาริน	เก็บจากแปลงเกษตรกร ต.บ้านยาง อ.วัดโบสถ์ จ.พิษณุโลก
1.10 ชุดดินสตึก	เก็บจากแปลงเกษตรกร ต.บ้านยาง อ.วัดโบสถ์ จ.พิษณุโลก

ตารางที่ 1 การจำแนกดินที่เป็นตัวแทนในการศึกษา

ชุดดิน	การจำแนกดิน
ชัยบาดาล (Cd)	Fine, smectitic, isohyperthermic, Leptic Haplusterts
ลพบุรี (Lb)	Very-fine, smectitic, isohyperthermic, Typic Haplusterts
ลำนารายณ์ (Ln)	Fine, smetitic, isohyperthermic, Vertic Haplustolls
สบปราบ (So)	Fine, smectitic, isohyperthermic, Lithic Haplustolls
สมอทอด (Sat)	Very-fine, smectitic, isohyperthermic, Chromic Haplusterts
ตาคลี (Tk)	Loamy-skeletal, carbonatic, isohyperthermic, Entic Haplustolls
ปากช่อง (Pc)	Very fine, kaolinitic, isohyperthermic, Rhodic Kandiustox
ภูสะนา (Ps)	Loamy-skeletal, mixed, isohyperthermic, Kahaplic Haplustults
วาริน (Wn)	Fine-loamy, siliceous, Typic Kandiustults
สตึก (Suk)	Fine-loamy, siliceous, subactive, isohyperthermic, Typic Palestlts

ที่มา : สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน (2548ก, 2548 ข, 2548 ค)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ดินและพืช

2.1 Atomic absorption spectrophotometer (AA 240, Varian)

2.2 เครื่องกลั่น Kjeldhal

2.3 Spectrophotometer

2.4 เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง และ 4 ตำแหน่ง

2.5 ตู้อบ

2.6 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ

2.7 เครื่องเขย่า

2.8 เครื่องเหวี่ยง (centrifuge)

2.9 อุปกรณ์ที่ใช้ในการบดดิน

2.10 K_2HPO_4

2.11 ท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 mm

2.12 ฝาครอบท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 mm

2.13 แผ่นฟิวเจอร์บอร์ด

2.14 วงยาง

3. สารเคมีชนิด analytical grade และเครื่องแก้ว ที่ใช้ในการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

วิธีการ

นำตัวอย่างดินไร่ทั้ง 10 ชุดดินที่เก็บมาจากแปลงเกษตรกร ตากให้แห้งในที่ร่ม นำไปบดแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 และ 2 มิลลิเมตร คลุกเคล้าให้เข้ากันมากที่สุด แล้วสุ่มเก็บตัวอย่างดินในแต่ละชุดดินเพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป นำดินทั้งหมดมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพที่สำคัญ ดังนี้

1) pH ดิน อัตราส่วนดิน : น้ำ (1:1) (Thomas, 1996)

2) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) โดยวิธี Ammonium acetate, pH 7.0 replacement method (Peech *et al.*,1947; Yuen and Pollard, 1952)

3) เนื้อดิน โดยวิธี Pipette method (Gee and Bander, 1986)

4) อินทรียวัตถุ โดยวิธี Walkley and Black method (Walkley and Black, 1934)

5) Total N โดยวิธี Kjeldhal method (Jackson, 1965)

6) Extractable P โดยวิธี Bray 2 (Bray and Kurtz, 1945)

7) Exchangeable K, Ca, Mg, Na โดย Ammonium acetate, pH 7 (Jackson, 1975)

8) Extractable K โดยวิธี Mehlich 1 (Spark and Huang, 1985) , mixed-nitric perchloric acid (Jones *et al.,* 2001), Ca resin (Askegaard *et al.,* 2004)

1. การศึกษาการปลดปล่อยโพแทสเซียมของดินที่ปลูกข้าวโพด 10 ชุดดิน โดยสกัดโพแทสเซียมด้วยวิธี Ca resin

1.1 การเตรียม resin ที่อิ่มตัวด้วย Ca

นำ cation exchange resin (Lewetit MonoPlus S100, a strongly acid Na saturated gel-form bead, ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC 2 meq mL^{-1}) 100 มิลลิลิตร เติมสารละลาย 0.5M $CaCl_2$ 1000 มิลลิลิตร นำไปเขย่าเป็นเวลา 30 นาที เมื่อครบกำหนดเวลา เปลี่ยนสารละลาย 0.5M $CaCl_2$ และเขย่าเช่นเดิม ทำซ้ำเช่นเดียวกันนี้ทั้งหมด 4 ครั้ง เพื่อให้เรซินอิ่มตัวด้วย Ca เมื่อเขย่า

ครบ 4 ครั้งแล้ว ล้างเรซินด้วยน้ำกรอง (deionized water) จนกระทั่ง เมื่อนำน้ำทิ้งจากการล้างมาหยดด้วย 0.1M $AgNO_3$ แล้วไม่เกิดตะกอน สุดท้ายนำเรซินที่ผ่านการล้างแล้วเก็บไว้ที่ 5 องศาเซลเซียสในน้ำกรอง

1.2 บ่มดินกับ resin ที่อิ่มตัวด้วย Ca

สร้างชุดทดลองขึ้นมาซึ่งประกอบด้วยท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร และ ฝาครอบท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร ตัดท่อพีวีซีให้มีความยาว 4 เซนติเมตร นำแผ่นฟิวเจอร์บอร์ด ขนาดกว้างxยาว 5x5 เซนติเมตร เจาะรูเป็นวงกลม ไว้ตรงกลางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร และเจาะรูขนาดเล็ก 4 รูไว้ทั้งสี่ด้านรอบวงกลมเพื่อระบายอากาศ จากนั้นติดแผ่นฟิวเจอร์บอร์ดไว้ที่ปลายท่อข้างหนึ่ง ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งใช้ตาข่ายคลุมปิดโดยใช้ยางวงยางเป็นตัวสวมยึดไว้กับท่อ นำส่วนที่ทำเสร็จนี้ใส่ลงไปในฝาครอบท่อพีวีซี จะได้อุปกรณ์สำหรับบ่มดิน 1 ชุด ชั่งดินที่บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร 5 กรัม ใส่ในฝาครอบท่อพีวีซี ใส่น้ำกรอง (deionized water) 15 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 1 วัน เมื่อครบกำหนดเวลาแล้ว ใส่เรซินที่อิ่มตัวด้วย Ca ลงใส่ท่อด้านในซึ่งมีตาข่ายรองรับ นำส่วนนี้ใส่ลงไปกับดิน 10 ชุดดินในฝาครอบท่อพีวีซีที่กล่าวไว้ข้างต้น บ่มดินตามระยะเวลา 0, 1, 2, 4, 6, 10, 15, 20, 25, 40, 60, 90, 120 และ 150 วัน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีการเติมน้ำทุก ๆ 2 วัน ให้น้ำอยู่ในระดับเดิม เมื่อครบตามระยะเวลาที่กำหนดแล้วเปลี่ยนเรซินใหม่แล้วนำเรซินที่บ่มไว้ไปหาปริมาณโพแทสเซียมต่อไป

1.3 การวัดปริมาณโพแทสเซียมโดยสกัด resin ด้วย NH_4OAc

นำสำลีใส่ column และใส่เรซินที่ครบเวลาในการบ่ม ปิดข้างบนด้วยสำลี ให้ 1M NH_4OAc 100 มิลลิลิตร ไหลผ่าน column นี้ ด้วยอัตราเร็ว 1 มิลลิลิตรต่อนาที นำสารละลายที่ชะได้ไปวัดปริมาณโพแทสเซียมด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer

2. การศึกษาการปลดปล่อยโพแทสเซียมเมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราต่าง ๆ ของดินที่ปลูกข้าวโพด 10 ชุดดิน โดยสกัดโพแทสเซียมด้วยวิธี Ca resin และ mixed nitric-perchloric acid

2.1 การศึกษาการปลดปล่อยโพแทสเซียมเมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตราต่าง ๆ ของดินที่ปลูกข้าวโพด 10 ชุดดิน โดยสกัดโพแทสเซียมด้วยวิธี Ca resin

ชั่งดินที่บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร จำนวน 5 กรัม ผสมกับ KH_2PO_4 ที่ความเข้มข้น 0, 200, 400, 800 และ 1,600 มิลลิกรัมโพแทสเซียมต่อกิโลกรัมดิน ใส่ในฝาครอบท่อพีวีซี ปล่อยดินให้อยู่ในสภาพ field capacity 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลาแล้ว อบดินที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เพื่อทำให้ดินแห้ง จากนั้น ปล่อยดินให้อยู่ในสภาพแห้ง 21 ชั่วโมง ทำเช่นเดียวกันนี้เพื่อทำให้ดินเปียกสลับแห้ง 3 ครั้ง เมื่อครบกำหนดใส่น้ำกรอง (deionized water) 15 มิลลิลิตร หลังจาก 1 วัน ใส่ เรซินที่อิ่มตัวด้วย Ca ลงใส่ท่อด้านในซึ่งมีตาข่ายรองรับ นำส่วนนี้ใส่ลงไปกับดินในฝาครอบท่อพีวีซีที่กล่าวไว้ข้างต้น บ่มดินเป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 4, 6, 10, 15, 20, 25, 40 และ 60 วัน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีการเติมน้ำทุก ๆ 2 วัน ให้น้ำอยู่ในระดับเดิม เมื่อครบตามระยะเวลาที่กำหนดแล้วเปลี่ยนเรซินใหม่แล้วนำเรซินที่บ่มไว้ไปสกัดปริมาณโพแทสเซียมต่อไป โดยวัดปริมาณโพแทสเซียมจากการสกัดเรซิน ด้วย 1M NH_4OAc และไปวัดปริมาณโพแทสเซียมด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer

2.2 การศึกษาการปลดปล่อยโพแทสเซียมเมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตราต่าง ๆ ของดินที่ปลูกข้าวโพด 10 ชุดดิน โดยสกัดโพแทสเซียมด้วยวิธี mixed nitric-perchloric acid

ชั่งดินที่บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร จำนวน 1 กรัม ผสมกับ KH_2PO_4 ที่ความเข้มข้น 0, 200, 400, 800 และ 1,600 มิลลิกรัมโพแทสเซียมต่อกิโลกรัมดิน ใส่ในหลอดทดลองปล่อยดินให้อยู่ในสภาพ field capacity 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลาแล้ว อบดินที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เพื่อทำให้ดินแห้ง จากนั้น ปล่อยดินให้อยู่ในสภาพแห้ง 21 ชั่วโมง ทำเช่นเดียวกันนี้เพื่อทำให้ดินเปียกสลับแห้ง 3 ครั้ง บ่มดินเป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 4, 6, 10, 15, 20, 25, 40 และ 60 วัน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เมื่อครบกำหนดนำดินมาวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์โดยวิธี mixed nitric-perchloric acid โดยใส่ mixed nitric-perchloric acid (HNO_3 : $HClO_4$ ในอัตราส่วน 5 : 2) 5 มิลลิลิตร (Jones *et al.,* 2001) จากนั้นนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็น ปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร เขย่าให้สารละลายผสมกัน กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman no. 42 แล้วนำสารละลายที่กรองได้ไปวัดปริมาณโพแทสเซียมด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer

3. การศึกษา Buffer Coefficient for Potassium (BC_K) ของดินที่ปลูกข้าวโพด 10 ชุดดิน โดยสกัดโพแทสเซียมด้วยวิธี NH_4OAc, Mehlich 1, mixed nitric-perchloric acid และ Ca resin

3.1 การศึกษา Buffer Coefficient for Potassium (BC_K) ของดินที่ปลูกข้าวโพด 10 ชุดดิน โดยสกัดโพแทสเซียมด้วยวิธี NH_4OAc

ชั่งดินที่บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร จำนวน 5 กรัม ผสมกับ KH_2PO_4 ที่ความเข้มข้น 0, 40, 80, 120 และ 160 มิลลิกรัมโพแทสเซียมต่อกิโลกรัมดิน สำหรับกลุ่มดินที่มีปริมาณ K ปานกลางและสูง (K มากกว่า 40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และสำหรับกลุ่มดินที่มีปริมาณ K ต่ำ (K น้อยกว่า 40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ผสมกับ KH_2PO_4 ที่ความเข้มข้น 0, 20, 40, 60 และ 80 มิลลิกรัมโพแทสเซียมต่อกิโลกรัมดิน เติมน้ำจนถึงระดับ field capacity ของดินนั้น ๆ บ่มดินที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 สัปดาห์ เมื่อครบกำหนดเวลา สกัดปริมาณโพแทสเซียมโดยวิธี NH_4OAc โดยเติม 1M NH_4OAc, pH 7 จำนวน 50 มิลลิลิตร นำไปเขย่าเป็นเวลา 30 นาที กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman no. 42 นำสารละลายที่ได้ไปวัดปริมาณโพแทสเซียมด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer

3.2 การศึกษา Buffer Coefficient of Potasssium (BC_K) ของดินที่ปลูกข้าวโพด 10 ชุดดิน โดยสกัดโพแทสเซียมด้วยวิธี Mehlich 1

นำดินมาผสมกับ KH_2PO_4 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ และบ่มดินเป็นเวลา 2 สัปดาห์ดังเช่นวิธีการในข้อ 3.1 เมื่อครบกำหนดเวลา สกัดปริมาณโพแทสเซียมโดยวิธี Mehlich 1 โดยเติมสารละลายของ 0.025M HCl กับ 0.0125M H_2SO_4 ลงไป 25 มิลลิลิตร นำไปเขย่าเป็นเวลา 5 นาที กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman no. 42 นำสารละลายที่ได้ไปวัดปริมาณโพแทสเซียมด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer

3.3 การศึกษา Buffer Coefficient of Potasssium (BC_K) ของดินที่ปลูกข้าวโพด 10 ชุดดิน โดยสกัดโพแทสเซียมด้วยวิธี mixed nitric-perchloric acid

นำดินมาผสมกับ KH_2PO_4 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ และบ่มดินเป็นเวลา 2 สัปดาห์ดังเช่นวิธีการในข้อ 3.1 เมื่อครบกำหนดเวลา สกัดปริมาณโพแทสเซียมโดยวิธี mixed nitric-perchloric acid โดยใส่ mixed nitric-perchloric acid 5 มิลลิลิตร (HNO_3 : $HClO_4$ ในอัตราส่วน 5:2) จากนั้นนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิในช่วง 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็น ปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร เขย่าให้สารละลายผสมกัน กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman no. 42 แล้วนำสารละลายที่กรองได้ไปวัดปริมาณโพแทสเซียมด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer

3.4 การศึกษา Buffer Coefficient of Potasssium (BC_K) ของดินที่ปลูกข้าวโพด 10 ชุดดิน โดยสกัดโพแทสเซียมด้วยวิธี Ca resin

ชั่งดินที่บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร จำนวน 5 กรัม ผสมกับ KH_2PO_4 ที่ความเข้มข้น 0, 40, 80, 120 และ 160 มิลลิกรัมโพแทสเซียมต่อกิโลกรัมดิน สำหรับกลุ่มดินที่มีปริมาณ K ปานกลางและสูง (K มากกว่า 40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และสำหรับกลุ่มดินที่มีปริมาณ K ต่ำ (K น้อยกว่า 40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ผสมกับ KH_2PO_4 ในอัตรา 0, 20, 40, 60 และ 80 มิลลิกรัมโพแทสเซียมต่อกิโลกรัมดิน เมื่อครบกำหนดเวลา สกัดปริมาณโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin โดยนำดินที่ผสมกับ KH_2PO_4 แล้ว เติมน้ำ 15 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 1 วัน เมื่อครบกำหนดเวลาแล้วใส่เรซินที่อิ่มตัวด้วย Ca ลงใส่ท่อด้านในซึ่งมีตาข่ายรองรับ นำส่วนนี้ใส่ลงไปกับดินที่เติมน้ำ บ่มดินเป็นเวลา 60 วัน เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีการเติมน้ำทุก ๆ 2 วัน ให้น้ำอยู่ในระดับเดิม เมื่อครบตามระยะเวลาที่กำหนดแล้วนำเรซินที่บ่มไว้ไปหาปริมาณโพแทสเซียมโดยให้ 1M NH_4OAc 100 มิลลิลิตร ไหลผ่าน column นี้ ด้วยอัตราเร็ว 1 มิลลิลิตรต่อนาที นำสารละลายที่ชะได้ไปวัดปริมาณโพแทสเซียมด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer

3.5 การศึกษาความสัมพันธ์ของสมบัติทางเคมีและกายภาพต่าง ๆ ของดินที่ปลูกข้าวโพด 10 ชุดดิน กับค่า BC_K ของดิน โดยใช้ multiple regression

นำค่าวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและทางกายภาพที่วิเคราะห์ได้ไปหาความสัมพันธ์กับ BC_K โดยใช้ multiple regression เพื่อให้ทราบว่ามีสมบัติใดบ้างที่มีผลต่อค่า BC_K แล้วสร้างเป็นสมการเพื่อใช้ในการคาดคะเนค่า BC_K สำหรับชุดดินอื่น ๆ ต่อไป

4. การคำนวณ และเปรียบเทียบปริมาณความต้องการปุ๋ยโพแทสเซียมจากสมการคาดคะเนเมื่อใช้วิธีการสกัดโพแทสเซียมแตกต่างกัน

แทนค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลอง ลงในสมการคาดคะเนความต้องการโพแทสเซียม(สมการที่ 1) เปรียบเทียบความต้องการปุ๋ยโพแทสเซียมในดินสเมกไทต์ เมื่อใช้วิธีการสกัดโพแทสเซียมที่แตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

1. การศึกษาการปลดปล่อยโพแทสเซียมของดินที่ปลูกข้าวโพด 10 ชุดดิน โดยสกัดโพแทสเซียมด้วยวิธี Ca resin

1.1 สมบัติทางเคมีและกายภาพที่สำคัญของชุดดินที่นำมาศึกษา

การศึกษานี้แบ่งดินตามชนิดแร่ดินเหนียวในดินได้เป็น 2 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มดินที่มีแร่ดินเหนียวสเมกไทต์เด่น ดินในกลุ่มนี้ประกอบด้วยชุดดินชัยบาดาล ตาคลี ลพบุรี ลำนารายณ์ สมอทอด และสบปราบ จากการวิเคราะห์สมบัติบางประการของชุดดินที่ศึกษา พบว่า กลุ่มชุดดินนี้มีปริมาณดินเหนียว อยู่ในพิสัย 251-679 กรัมต่อกิโลกรัม และ ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) 15.39-69.21 เซนติโมลต่อกิโลกรัม กลุ่มชุดดินนี้มีค่า pH อยู่ในพิสัย 6.3 ถึง 7.7 ปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในพิสัย 13.1 – 31.6 กรัมต่อกิโลกรัม เนื้อดินเป็น ดินร่วนปนทรายแป้ง ดินร่วนปนดินเหนียว และ ดินเหนียว 2) กลุ่มดินที่มีแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เด่น ดินในกลุ่มนี้ประกอบด้วยชุดดินปากช่อง ภูสะนา วาริน และ สตึก จากการวิเคราะห์สมบัติของชุดดินที่ศึกษา พบว่า กลุ่มชุดดินนี้มีปริมาณดินเหนียว อยู่ในพิสัย 148 ถึง 263 กรัมต่อกิโลกรัม และค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) อยู่ในพิสัย 3.65 ถึง 10.46 เซนติโมลต่อกิโลกรัม กลุ่มชุดดินนี้มีค่า pH อยู่ในพิสัย 6.3 ถึง 7.5 ปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในพิสัย 13.1 ถึง 31.6 กรัมต่อกิโลกรัม เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย และดินเหนียว (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ค่าวิเคราะห์สมบัติดินทางเคมีและกายภาพของดินที่ใช้ในการศึกษา

ชุดดิน	pH[1/]	Total N	Available P	OM	CEC	Clay	Exchangeable bases			
							K	Na	Ca	Mg
		($g\ kg^{-1}$)[2/]	($mg\ kg^{-1}$)[3/]	($g\ kg^{-1}$)[4/]	($cmol_c\ kg^{-1}$)[5/]	($g\ kg^{-1}$)[6/]	($mg\ kg^{-1}$)[7/]	($mg\ kg^{-1}$)[7/]	($mg\ kg^{-1}$)[7/]	($mg\ kg^{-1}$)[7/]
ชัยบาดาล (Cd)	7.7	1.1	32.3	15.4	65.0	631	84	1608	9123	819
ตาคลี (Tk)	7.5	1.1	28.9	16.3	69.2	679	188	1163	11068	542
ลพบุรี (Lb)	7.5	2.1	29.3	31.6	32.7	388	117	1256	7212	223
ลำนารายณ์ (Ln)	7.5	0.9	77.2	15.5	39.4	574	264	1680	7584	834
สมอทอด (Sat)	6.3	1.1	9.9	14.8	37.6	500	116	306	4597	443
สบปราบ[†/] (So)	7.3	0.7	6.5	13.1	15.4	251	46	1180	1922	658
ปากช่อง (Pc)	5.6	0.8	10.4	3.2	10.5	264	38	330	1327	242
ภูสะนา (Ps)	4.6	0.7	2.9	7.2	6.9	249	12	280	611	101
วาริน (Wn)	4.7	0.3	5.4	2.1	3.8	165	19	287	101	35
สตึก (Suk)	4.7	0.4	10.2	6.4	3.7	148	22	279	203	50

หมายเหตุ [1/]pH ดิน อัตราส่วนดิน : น้ำ (1:1) (Thomas, 1996), [2/]Total N โดยวิธี Kjeldhal method (Jackson, 1965), [3/]Extractable P โดยวิธี Bray 2 (Bray and Kurtz, 1945),
[4/]อินทรียวัตถุโดยวิธี Walkley and Black (Walkley and Black, 1934), [5/]ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) โดยวิธี Ammonium acetate, pH 7 replacement (Peech *et al.*,1947; Yuen and Pollard, 1952) [6/]เนื้อดินโดยวิธี Pipette (Gee and Bander, 1986), [7/]Exchangeable K, Ca, Mg, Na โดย ammonium acetate, pH 7 (Jackson, 1975) [†/] ชุดดินสบปราบที่ใช้ศึกษามี CEC, ปริมาณ Clay และ Exchangeable K ต่ำกว่าค่าวิเคราะห์ของหน้าตัดดินตัวแทน (typical profile) ของชุดดินสบปราบที่กำหนดโดยกรมพัฒนาที่ดิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 การศึกษาปริมาณและรูปแบบการปลดปล่อยโพแทสเซียม ของดินที่ปลูกข้าวโพด 10 ชุดดิน โดยสกัดโพแทสเซียมด้วยวิธี Ca resin

1.2.1 การศึกษาปริมาณการปลดปล่อยโพแทสเซียม ของดินที่ปลูกข้าวโพด 10 ชุดดิน โดยสกัดโพแทสเซียมด้วยวิธี Ca resin

การศึกษาปริมาณการปลดปล่อยโพแทสเซียมของดินที่ปลูกข้าวโพดในช่วงระยะเวลา 1 วัน ของการบ่มดิน กลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวสเมกไทต์เด่น ปลดปล่อยโพแทสเซียมได้ประมาณ 7.8 – 30.2 mg kg^{-1} (ภาพที่ 3) กลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เด่น มีปริมาณการปลดปล่อยโพแทสเซียม 2.9-8.0 mg kg^{-1} (ภาพที่ 4) จากการปลดปล่อยโพแทสเซียมใน 1 วันจะเห็นว่า ปริมาณการปลดปล่อยโพแทสเซียมในกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวสเมกไทต์เด่นจะมีปริมาณการปลดปล่อยโพแทสเซียมที่มากกว่าปริมาณการปลดปล่อยโพแทสเซียมในกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เด่น จากการศึกษาเมื่อบ่มดินจนครบระยะเวลา 150 วันแล้ว พบว่าปริมาณการปลดปล่อยโพแทสเซียมในทุกชุดดินเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ 1 จนถึง 150 วันหลังการบ่มดิน (ภาพที่ 3 และ 4) ปริมาณการปลดปล่อยโพแทสเซียมในกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวสเมกไทต์เด่นยังคงมีปริมาณการปลดปล่อยโพแทสเซียมที่มากกว่าปริมาณการปลดปล่อยโพแทสเซียมในกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เด่นโดยมีค่าการปลดปล่อยโพแทสเซียมอยู่ 55.6 -239.6 mg kg^{-1} สำหรับกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวสเมกไทต์เด่น เมื่อครบกำหนดระยะเวลา 150 วัน และระหว่าง 20.5 – 47.3 mg kg^{-1} สำหรับกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เด่น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Nilawonk (2009) ทั้งนี้เนื่องจากกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวสเมกไทต์เด่น มีปริมาณ exchangeable K ปริมาณดินเหนียว และอินทรียวัตถุมากกว่าดินในกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เด่น ปัจจัยแรกที่มีผลต่อการปลดปล่อยโพแทสเซียม คือ ค่า exchangeable K ซึ่งมีมากในกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวสเมกไทต์เด่น กล่าวคือ หากมี exchangeable K มากจะส่งผลให้ดินนั้น ๆ มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์แก่พืชได้ทันทีในปริมาณที่มากด้วย เพราะ โพแทสเซียมในรูป exchangeable K และ soluble K เป็นโพแทสเซียมที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ทันที (Havlin *et al.,* 2005) ดังเช่นการศึกษาของ Jalali (2006) ได้ทดลองเกี่ยวกับการปลดปล่อยโพแทสเซียม พบว่า ในดินที่มี exchangeable K มากทำให้การปลดปล่อยโพแทสเซียมมากด้วย การที่ดินจะมี exchangeable K มากหรือน้อย ขึ้นกับ สมดุลโพแทสเซียมในดิน ซึ่งได้แก่ exchangeable K, soluble K, non-exchangeable K และ mineral K ซึ่งโพแทสเซียมทั้ง 4 รูปนี้จะปรับตัวให้อยู่ในสภาพสมดุลตลอดเวลา (ภาพที่ 1) จากภาพเห็นว่า exchangeable K และ soluble K

มีปริมาณโพแทสเซียมมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ non-exchangeable K ในดินอีกด้วย ซึ่งโพแทสเซียมในรูป non-exchangeable K ขึ้นอยู่กับปริมาณและชนิดแร่ดินเหนียว โดยกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวสเมกไทต์ เด่นมีแร่ดินเหนียวที่สามารถปลดปล่อยโพแทสเซียมได้มากกว่ากลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เด่น (Blonsle *et al.*, 1992) โดยจะเกิดการแลกเปลี่ยนโพแทสเซียมในส่วนหลืบของแร่ 2:1 ด้วยแคตไอออนบวก (Spark and Huang, 1985) และจากปัจจัยที่มาจากปริมาณดินเหนียว เมื่อมีปริมาณดินเหนียวมากส่งผลทำให้ปลดปล่อยปริมาณโพแทสเซียมออกมามาก (Benipal *et al.,* 2006; Havlin and Westfall, 1985) โดย 96 เปอร์เซ็นต์ของโพแทสเซียมที่ปล่อยออกมาจากดินมาจากอนุภาคขนาดดินเหนียว (Nilawonk, 2009) อีกทั้งยังรวมถึงอินทรียวัตถุในดินที่มากกว่าทำให้มีการปลดปล่อยโพแทสเซียมที่มากกว่าด้วย (Sparks and Huang, 1985; Sparks, 1987; Sardi and Csitari, 1998; Conti *et al*., 2001) จากการทดลองนี้จะเห็นได้ว่าปริมาณโพแทสเซียมที่ปลดปล่อยออกมามีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามเวลาที่เพิ่มขึ้น โดยขึ้นกับ exchangeable K ชนิดและปริมาณของแร่ดินเหนียวในดิน และอินทรียวัตถุ จากการศึกษานี้ทำให้ได้ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับสมบัติดินที่มีผลต่อการปลดปล่อยโพแทสเซียมที่มีอยู่ดั้งเดิมในดินโดยไม่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม และทราบถึงรูปแบบของปริมาณโพแทสเซียมที่ปลดปล่อยออกมาในดินที่ปลูกข้าวโพดบางชุดดินในประเทศไทย เพื่อนำไปใช้ในคำแนะนำการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมต่อไป

เมื่อนำค่าโพแทสเซียมที่วิเคราะห์ได้โดยวิธี Ca resin ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการบ่มดินเปรียบเทียบกับค่าโพแทสเซียมที่ได้จากสมการคาดคะเนการปลดปล่อยโพแทสเซียมทั้ง 4 สมการ ได้แก่

power function equation

$$\ln y = \ln a + b \ln t$$

the Elovich equation

$$y = a + b \ln t$$

linear parabolic diffusion equation

$$y = a + bt^{1/2}$$

linear first order equation

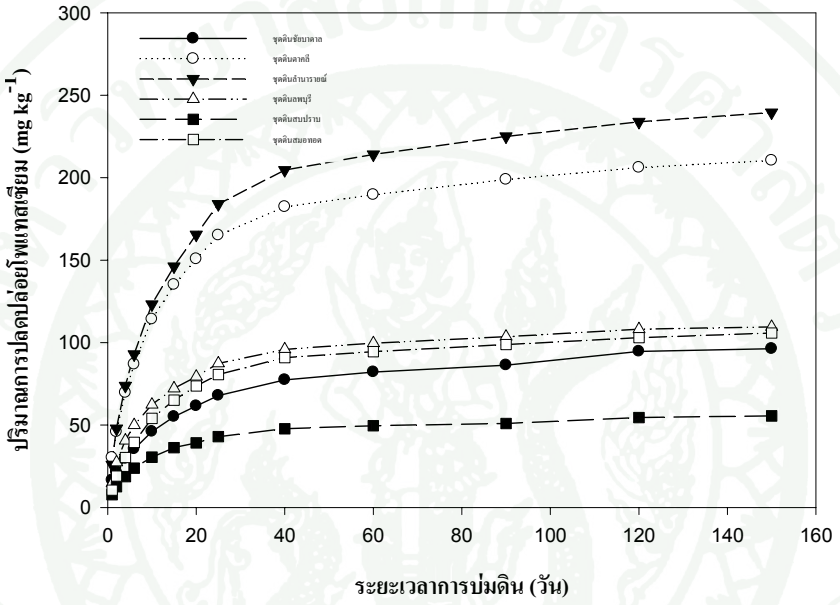
$$\ln (y_0 - y) = a - bt$$

y คือ ค่าปริมาณโพแทสเซียมที่ปลดปล่อยที่ระยะเวลา t

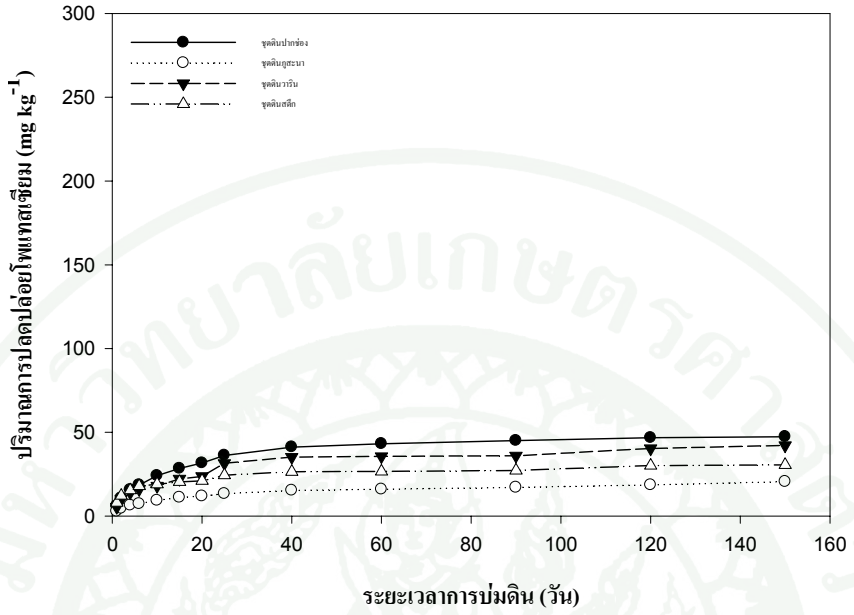
y_0 คือ ค่าปริมาณโพแทสเซียมที่ปลดปล่อยมากที่สุด

a คือ ค่าคงที่ แสดงถึงค่าการปลดปล่อยเริ่มแรกของโพแทสเซียม หรือ จุดตัดแกน y

b คือ ค่าคงที่ แสดงถึงอัตราการปลดปล่อยโพแทสเซียม



ภาพที่ 3 ปริมาณโพแทสเซียมที่ปลดปล่อยระยะเวลา 150 วัน ที่สกัดปริมาณโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin สำหรับกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวสเมกไทต์เด่น

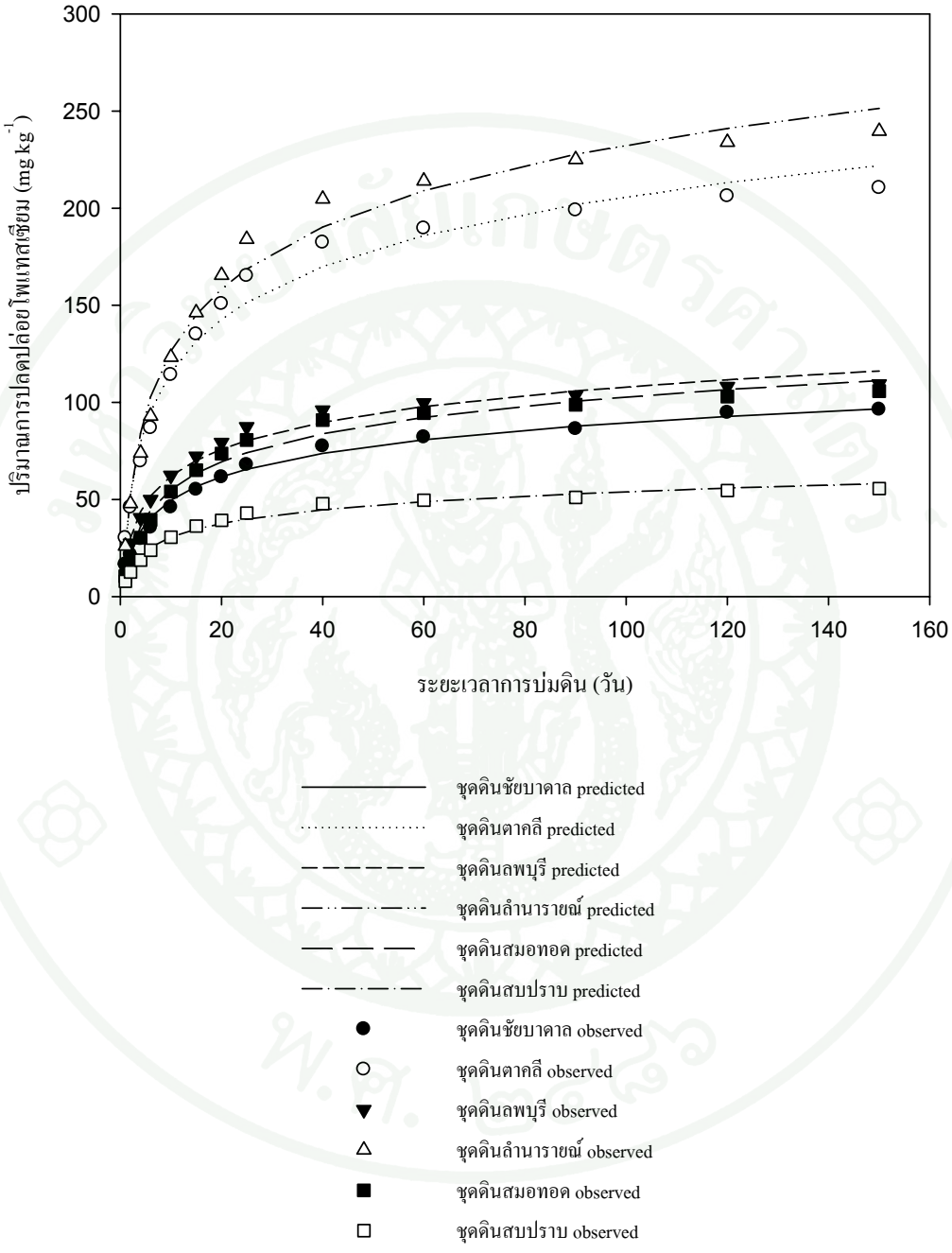


ภาพที่ 4 ปริมาณโพแทสเซียมที่ปลดปล่อยระยะเวลา 150 วัน ที่สกัดปริมาณโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin สำหรับกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เด่น

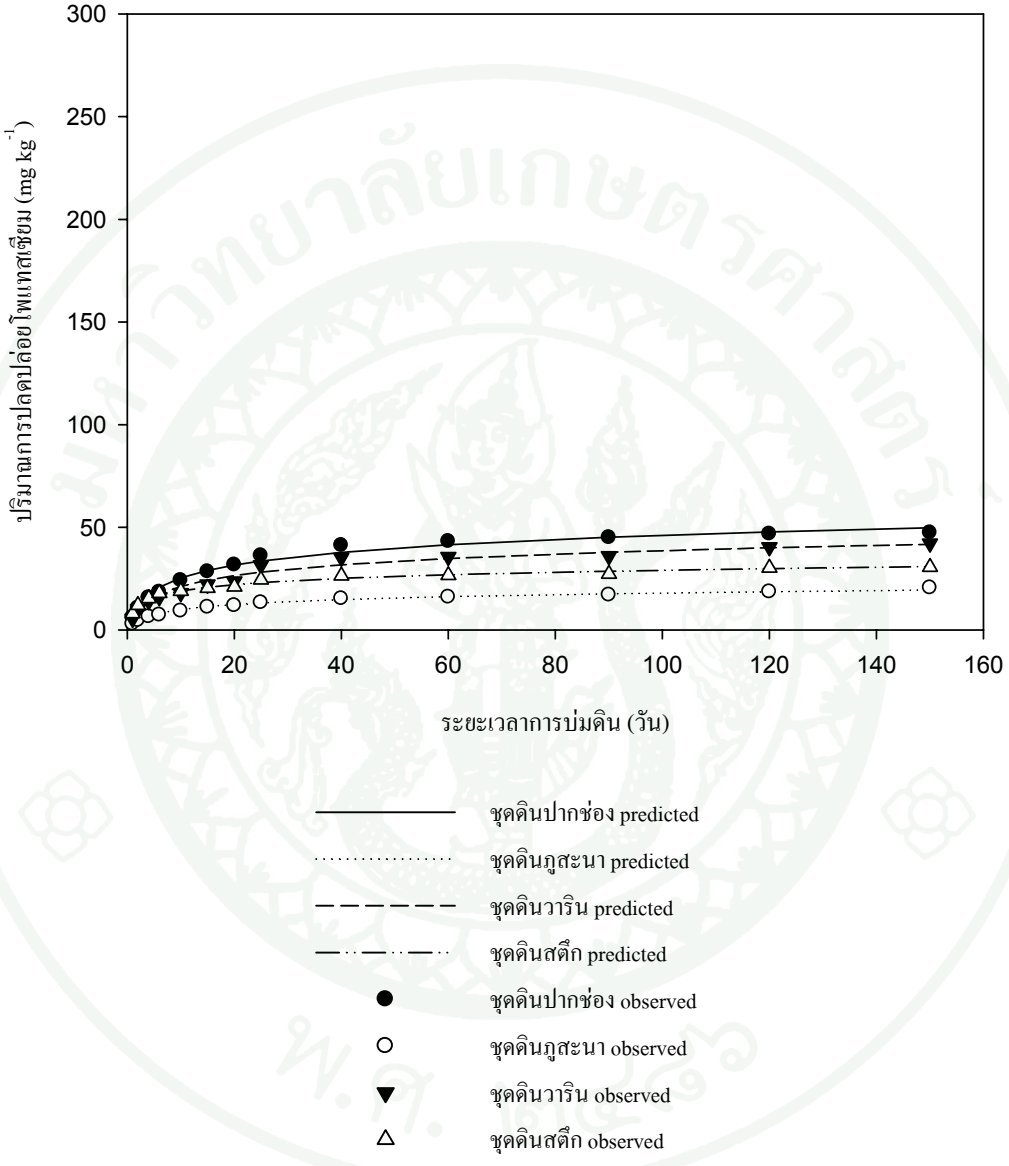
จากการใช้สมการในการทำนายค่าการปลดปล่อยโพแทสเซียม พบว่า ค่าการคาดคะเนปริมาณโพแทสเซียมที่ได้จาก Elovich equation มีค่าใกล้เคียงกับปริมาณโพแทสเซียมที่ได้จากการวิเคราะห์โดยวิธี Ca resin ที่ระยะเวลาต่าง ๆ มากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาการปลดปล่อยโพแทสเซียมของ Lopez-Pineiro and Garcia Navarro (1997) ในการศึกษาการปลดปล่อยโพแทสเซียมในดินอันดับ Vertisols และยังพบว่าปริมาณการปลดปล่อยโพแทสเซียมจาก Elovich equation มีความสัมพันธ์กับปริมาณธาตุโพแทสเซียมที่ดูดใช้ในพืช (Mengel and Uhlenbecker, 1993; Rahmatullah and Mengel, 2000) และเมื่อเปรียบเทียบกับอีก 3 สมการ ซึ่งได้แก่ power function equation, linear parabolic diffusion equation และ linear first order equation พบว่า Elovich equation มีค่า Root Mean Square Error (RMSE) ที่ต่ำซึ่งแสดงว่าค่าจาก Elovich equation (predicted) มีค่าใกล้เคียงมากกับค่าจริงที่ได้จากการทดลอง (observed) (ภาพที่ 5 และ 6) และ ค่า R^2 ที่สูงกว่าอีก 3 สมการ ดังแสดงใน ตารางที่ 3 แต่ก็มีการศึกษาการปลดปล่อยโพแทสเซียมที่พบว่า linear parabolic diffusion equation สามารถคาดคะเนค่าการปลดปล่อยโพแทสเซียมใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการทดลองของดินในอันดับ Alfisols, Vertisols, Inceptisols และ Entisols (Dhillon and Dhillon, 1992) จากค่า RMSE ของทุกชุดดิน จะเห็นว่า ชุดดินชัยบาดาล ตาคลี ลพบุรี ลำนารายณ์

สมอทอด มีค่า RMSE สูงกว่าชุดดินอื่น ๆ ซึ่งหมายความว่าทั้ง 5 ชุดดินมีความแปรปรวนของการปลดปล่อยโพแทสเซียมสูงกว่าชุดดินอื่น ๆ อาจเนื่องจากสมบัติต่าง ๆ ของดินทั้งห้า ดังเช่น ปริมาณดินเหนียว ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน Exchangeable K เป็นต้น ที่ทำให้การปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาจากดินใกล้เคียงการคาดคะเนจากสมการน้อยกว่าชุดดินอื่น ๆ ซึ่งค่า RMSE แสดงถึงความแปรปรวนของค่าโพแทสเซียมที่คาดคะเนจากสมการกับค่าที่ปลดปล่อยจริงจากการบ่มดินในห้องปฏิบัติการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 5 ค่าที่ได้จริง (Observed) และค่าที่ได้จากการคาดคะเนโดย Elovich equation (Predicted) ของปริมาณโพแทสเซียมที่ปลดปล่อยระยะเวลา 150 วัน ที่สกัดปริมาณโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin สำหรับกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวสเมกไทต์เด่น



ภาพที่ 6 ค่าที่ได้จริง (Observed) และค่าที่ได้จากการคาดคะเนโดย Elovich equation (Predicted) ของปริมาณโพแทสเซียมที่ปลดปล่อยระยะเวลา 150 วัน ที่สกัดปริมาณโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin สำหรับกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เด่น

ตารางที่ 3 ค่า coefficient of determination (R^2) และ root mean square error (RMSE) ของสมการการปลดปล่อยโพแทสเซียม

ชุดดิน	Power function		Elovich		parabolic diffusion		first order	
	R^2	RMSE	R^2	RMSE	R^2	RMSE	R^2	RMSE
ชัยบาดาล	0.9685	9.0820	0.9854	4.0939	0.9077	10.2812	0.973	906.6402
ตาคลี	0.9226	32.4887	0.9818	10.3530	0.8355	31.1260	0.9758	5818.8273
ลพบุรี	0.8697	17.2328	0.9843	4.8805	0.8234	16.3746	0.9685	2243.7392
ลำนารายณ์	0.9135	40.9275	0.9849	11.0587	0.8472	35.1620	0.9719	7311.4323
สมอทอด	0.9087	19.8289	0.9817	5.4841	0.8402	16.1967	0.9718	1869.0245
สบปราบ	0.9171	8.3565	0.9846	2.4580	0.8368	8.0162	0.9478	608.7130
ปากช่อง	0.9299	6.9596	0.9846	2.1743	0.8602	6.5599	0.9321	737.0065
ภูสะนา	0.9638	1.6657	0.9879	0.7468	0.9275	1.8303	0.9648	69.5867
วาริน	0.9434	4.7294	0.9679	2.6597	0.8913	4.8979	0.9469	313.1518
สตึก	0.9288	2.3175	0.9836	1.0880	0.8539	3.2461	0.8760	159.9886

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2.2 การศึกษารูปแบบการปลดปล่อยโพแทสเซียม ของดินที่ปลูกข้าวโพด 10 ชุดดิน โดยสกัดโพแทสเซียมด้วยวิธี Ca resin

การปลดปล่อยโพแทสเซียมของดิน 10 ชุดดินที่ใช้ในการศึกษา พบว่า ปริมาณการปลดปล่อยโพแทสเซียมมีค่าสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงระยะแรก หลังการบ่มดินในห้องปฏิบัติการจนถึง 40 วันหลังการบ่มดิน หลังจากนั้นปริมาณการปลดปล่อยโพแทสเซียมจะสูงขึ้นอย่างช้า ๆ ในกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวสเมกไทต์เด่น และมีแนวโน้มเกือบคงที่ในกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เด่น จากการศึกษาครั้งนี้สามารถแบ่งดินออกเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวสเมกไทต์เด่น ได้แก่ ชุดดินชัยบาดาล ตาคลี ลพบุรี ลำนารายณ์ สบปราบ สมอทอด 2) กลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เด่น ได้แก่ ชุดดิน ปากช่อง ภูสะนา สตึก วาริน ซึ่งอัตราการปลดปล่อยโพแทสเซียมของทั้งสองกลุ่มดิน (ภาพที่ 3 และ 4) ในช่วงแรกที่มีอัตราการปลดปล่อยโพแทสเซียมอย่างรวดเร็ว เกิดจากโพแทสเซียมบริเวณพื้นผิวอนุภาคแร่ดินเหนียว (surface sites) ในขณะที่ช่วงหลังเกิดการปลดปล่อยโพแทสเซียมอย่างช้า ๆ จากโพแทสเซียมบริเวณขอบแร่ดินเหนียว (peripheral edge sites) และ ช่องระหว่างหลืบของแร่ดินเหนียว (interlayer sites) (Dhillon and Dhillon, 1989; Ghosh and Singh, 2001; Jalali, 2005; Jalali, 2008) การเปลี่ยนแปลงอัตราการปลดปล่อยโพแทสเซียมที่เป็น 2 สถานะนี้เกี่ยวข้องกับลักษณะการปลดปล่อยโดยการแพร่ (diffusion-controlled process) ซึ่งมีการศึกษากระบวนการนี้จาก NH_4^+ ซึ่งไอออนนี้มีลักษณะคล้ายกับโพแทสเซียม (Feigenbaum *et al*., 1981; Martin and Sparks, 1983; Steffens and Sparks, 1997) การปลดปล่อยโพแทสเซียมหลังจากการบ่มดิน 150 วันทั้ง 10 ชุดดิน สามารถอธิบายโดย Elovich equation $y = a + b\ln t$ จากผลการศึกษาดังกล่าว สามารถนำไปใช้คาดคะเนการปลดปล่อยโพแทสเซียมที่ระยะเวลาต่าง ๆ ในชุดดินอื่น ๆ ได้ ซึ่งค่า a และ ค่า b ที่ได้จากสมการ (ตารางที่ 4) เป็นค่าที่บอกถึงปริมาณการปลดปล่อยโพแทสเซียมเริ่มแรกในดินนั้น ๆ และ อัตราการปลดปล่อยโพแทสเซียมในดินนั้น ๆ ตามลำดับ จากการคาดคะเนการปลดปล่อยโพแทสเซียม พบว่า Elovich equation มีความเหมาะสมดังที่ได้กล่าวมาแล้ว โดยสามารถคาดคะเนการปลดปล่อยโพแทสเซียมได้แม่นยำ ซึ่งสามารถนำข้อมูลที่ได้นี้ไปใช้ในการจัดการปุ๋ยโพแทสเซียมเบื้องต้นได้

โดย Elovich equation ของการปลดปล่อยโพแทสเซียม สามารถคาดคะเนได้จากสมบัติดิน โดยใช้สมการ regression ในการอธิบายความผันแปรของ a และ b จาก

สมการ Elovich ได้ตัวแบบทางสถิติที่ใช้ในการคาดคะเนค่า a และ b จากสมการ Elovich ได้สมการดังนี้

$$a\ Elovich = 16.124 - 0.091Clay + 0.658CEC + 0.117Exchangeable\ K \quad Adj\ R^2 = 0.9058^{**}$$

$$b\ Elovich = 2.064 + 0.174\ Exchangeable\ K \qquad Adj\ R^2 = 0.9762^{**}$$

จากตัวแบบทางสถิติที่ใช้ในการคาดคะเนค่า a และ b จาก Elovich equation แสดงให้เห็นตัวแปร ปริมาณ Clay , CEC และ Exchangeable K มีผลต่อค่า a Elovich และสามารถอธิบายความผันแปรได้ 90.58 % จากความผันแปรทั้งหมด ส่วน Exchangeable K มีผลต่อค่า b Elovich โดยพบว่า Exchangeable K สามารถอธิบายความผันแปรของ b Elovich ได้ 97.62 % จากความผันแปรทั้งหมด

ตารางที่ 4 ค่า parameter (a และ b) ของสมการการปลดปล่อยโพแทสเซียม

ชุดดิน	Power function		Elovich		Parabolic diffusion		Linear first order	
	a	b	a	b	a	b	a	b
	mg kg^{-1}	mg kg^{-1} day^{-1}	mg kg^{-1}	mg kg^{-1} day^{-1}	mg kg^{-1}	mg kg^{-1} $day^{-1/2}$	mg kg^{-1}	mg kg^{-1} day^{-1}
ชัยบาดาล	2.918	0.361	9.603	17.378	20.954	7.109	4.255	-0.029
ตาคลี	3.696	0.379	24.874	39.323	53.934	15.459	4.934	-0.031
ลพบุรี	3.113	0.366	15.953	19.992	31.088	7.792	4.190	-0.030
ลำนารายณ์	3.663	0.417	20.035	46.162	53.620	18.246	5.132	-0.032
สมอทอด	2.762	0.438	7.210	20.761	22.425	8.185	4.256	-0.028
สบปราบ	2.386	0.372	7.089	10.182	14.628	4.002	3.510	-0.026
ปากช่อง	2.143	0.391	4.627	9.006	11.029	3.587	3.387	-0.028
ภูสะนา	1.297	0.365	1.887	3.494	4.096	1.443	2.622	-0.017
วาริน	2.016	0.376	3.787	7.560	8.728	3.091	3.346	-0.022
สตึก	2.326	0.238	9.016	4.357	12.142	1.730	2.720	-0.022

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2.3 การศึกษาอัตราการปลดปล่อยโพแทสเซียม ของดินที่ปลูกข้าวโพด 10 ชุดดิน โดยสกัดโพแทสเซียมด้วยวิธี Ca resin

เป็นที่น่าสังเกตจากการศึกษาครั้งนี้ว่า อัตราของปริมาณโพแทสเซียมที่ปลดปล่อยออกมา ซึ่งได้จากการคาดคะเนจาก Elovich equation (ค่า b) มีความสัมพันธ์กับ Exchangeable K, ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) และ ปริมาณดินเหนียว (Clay) ซึ่งสามารถอธิบายโดยค่าสหสัมพันธ์ของ Pearson (ตารางที่ 5) ซึ่งทราบมาแล้วว่าค่า b จาก Elovich equation นี้มีความสัมพันธ์กับปริมาณโพแทสเซียมที่พืชดูดกิน (Mengel and Uhlenbecker, 1993; Rahmatullah and Mengel, 2000) ซึ่งโพแทสเซียมที่พืชดูดกินนี้สัมพันธ์กับโพแทสเซียมในรูป Exchangeable K กล่าวคือเป็นโพแทสเซียมที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันที (Spark, 1987) ซึ่งการที่โพแทสเซียมในรูปนี้มีมากในดิน ส่งผลให้พืชสามารถดูดใช้โพแทสเซียมได้ง่ายขึ้นจึงมีผลทำให้อัตราการปลดปล่อยโพแทสเซียมให้พืชดูดกินได้มาก อีกทั้งการปลดปล่อยโพแทสเซียมให้แก่พืชจากรูป non-exchangeable K ยังขึ้นอยู่กับ ปริมาณและชนิดของแร่ดินเหนียวในดิน (Bhonsle *et al*.,1992 ; Srinivasa Rao *et al*., 2001) โดยปริมาณดินเหนียวในดินส่งผลต่ออัตราการปลดปล่อยโพแทสเซียม หากมีปริมาณดินเหนียวในดินมากก็ทำให้อัตราการปลดปล่อยโพแทสเซียมให้พืชดูดกินมากด้วย อีกทั้งชนิดและปริมาณของแร่ดินเหนียวในดินเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ดินนั้น ๆ มีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนแตกต่างกันด้วย การที่มีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูงทำให้ดินนั้น ๆ มีความสามารถในการตรึงโพแทสเซียมได้มากด้วย (Sparks and Liebhardt, 1981; Evangelou and Karathanasis, 1986) จึงเป็นเหตุให้มีอัตราการปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาให้พืชดูดกินอีกด้วยเช่นกัน ด้วยเหตุต่าง ๆ เหล่านี้อัตราการปลดปล่อยโพแทสเซียมจาก Elovich equation จึงมีความน่าเชื่อถือสามารถนำไปใช้ทำนายค่าการปลดปล่อยโพแทสเซียม

ตารางที่ 5 ค่า pearson correlation coefficients ระหว่าง ค่า b จากสมการ Elovich กับ ค่าสมบัติของดินที่ใช้ในการศึกษา

Soil properties	Pearson Correlation Coefficient	P value
Exchange K	0.9894	< 0.0001
CEC	0.7355	0.0153
Clay	0.8265	0.0032

2. การศึกษาการปลดปล่อยโพแทสเซียมเมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราต่าง ๆ ของดินที่ปลูกข้าวโพด 10 ชุดดิน โดยสกัดโพแทสเซียมด้วยวิธี Ca resin และ mixed nitric-perchloric acid

2.1 การศึกษาการปลดปล่อยโพแทสเซียมเมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราต่าง ๆ ของดินที่ปลูกข้าวโพด 10 ชุดดิน โดยสกัดโพแทสเซียมด้วยวิธี Ca resin

การปลดปล่อยโพแทสเซียมของดิน 10 ชุดดินเมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ความเข้มข้นโพแทสเซียม 0, 200, 400, 800 และ 1,600 มิลลิกรัมโพแทสเซียมต่อกิโลกรัมดิน และ ปล่อยให้ดินเปียกสลับแห้ง 3 ครั้ง จากการบ่มดินที่ระยะเวลา 1, 2, 4, 6, 10, 15, 20, 25, 40 และ 60 วัน การปลดปล่อยโพแทสเซียมจากการวัดโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin มีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่ใส่ลงในดินทั้ง 10 ชุดดิน เห็นได้ว่า เมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ที่ 0, 200, 400, 800 และ 1,600 มิลลิกรัมโพแทสเซียมต่อกิโลกรัมดิน ปริมาณการปลดปล่อยโพแทสเซียมในแต่ละชุดดินไม่เท่ากับปริมาณปุ๋ยที่ใส่ลงไป และปริมาณการปลดปล่อยโพแทสเซียมมีปริมาณที่ไม่เท่ากันในแต่ละชุดดินที่ทำการทดลอง เมื่อใส่ปุ๋ยในอัตราที่เท่ากัน หากทราบถึงสมบัติดินที่ทำให้เกิดการปลดปล่อยโพแทสเซียมได้มากและเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ จึงเป็นที่น่าสนใจในการที่จะใช้ความรู้นั้นในการปรับปรุงดินที่ปลดปล่อยโพแทสเซียมได้ต่ำให้มีความสามารถปลดปล่อยโพแทสเซียมได้สูง และใช้ดินแต่ละชนิดที่มีความสามารถในการปลดปล่อยโพแทสเซียมแตกต่างกันให้เกิดประโยชน์สูงสุด อีกทั้งยังเป็นแนวทางในการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมอย่างแม่นยำ ซึ่งจะช่วยในการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าอีกด้วย

จากการศึกษานี้ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้โดยวิธี Ca resin มีค่าแตกต่างกันออกไปในแต่ละดิน โดยในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ ที่มีการสกัดโพแทสเซียม พบว่าปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินที่ปลูกข้าวโพดทั้ง 10 ชุดดิน มีค่าเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่ใส่ลงไปในดิน (ภาพที่ 7-16) สอดคล้องกับผลการศึกษาที่พบว่าหากดินนั้นมีความเข้มข้นโพแทสเซียมมากขึ้นทำให้สกัดปริมาณโพแทสเซียมออกมาในปริมาณที่มากขึ้นตามความเข้มข้นโพแทสเซียมที่มากขึ้นในดินเช่นกัน (Assimakopoulos *et al*., 1994; Askegaard *et al.,* 2004) สำหรับปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้โดยวิธี Ca resin โดยไม่ได้ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมลงในดินนั้น มีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในช่วงแรกที่ระยะเวลา 1 วัน มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 2.72 mg kg^{-1} ถึง 31.61 mg kg^{-1} โดยค่าปริมาณโพแทสเซียมสูง คือ 31.61 mg kg^{-1} สกัดได้ในชุดดินตาคลี อยู่ในกลุ่ม

ชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวสเมกไทต์เด่น (ภาพที่ 8) ส่วนค่าปริมาณโพแทสเซียมต่ำ คือ 2.72 mg kg^{-1} สกัดได้ในชุดดินภูสะนา (ภาพที่ 14) อยู่ในกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เด่น

ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้โดยวิธี Ca resin ที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม ที่ระยะเวลา 60 วัน มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 36.66 mg kg^{-1}ถึง 282.59 mg kg^{-1} โดยค่าปริมาณโพแทสเซียมสูง คือ 282.59 mg kg^{-1} สกัดได้ในชุดดินลำนารายณ์ (ภาพที่ 10) ซึ่งอยู่ในกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวสเมกไทต์เด่น ส่วนค่าปริมาณโพแทสเซียมต่ำ คือ 36.66 mg kg^{-1} สกัดได้ในชุดดินภูสะนา (ภาพที่ 14) ซึ่งอยู่ในกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เด่น จากการทดลองนี้จะเห็นได้ว่า เมื่อไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมลงไปในดิน ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้นั้นมาจากโพแทสเซียมที่มีอยู่ในดินนั่นเอง ซึ่งหมายรวมถึงโพแทสเซียมที่อยู่ในแร่ที่เป็นองค์ประกอบของวัตถุต้นกำเนิดดินนั้น ๆ และปริมาณดินเหนียวในดินด้วย ซึ่งเห็นได้จาก การสกัดโพแทสเซียมในดินที่ปลูกข้าวโพดทั้ง 10 ชุดดิน ในดินที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม เมื่อครบระยะเวลา 60 วัน ซึ่งมีการเปียกสลับแห้ง 3 ครั้ง โดยวิธี Ca resin (ตารางภาคผนวกที่ 2) มีค่าโพแทสเซียมที่สกัดได้มากกว่าที่สกัดโพแทสเซียมโดยวิธี NH_4OAc (exchangeable K ตารางที่ 2) เนื่องจากวิธี NH_4OAc นี้ เป็นการสกัดโพแทสเซียมที่ในรูป exchangeable K และ soluble K ดังนั้นปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้โดยวิธี Ca resin เมื่อครบระยะเวลา 60 วัน นั้นมีค่ามากกว่าปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดโดยวิธี NH_4OAc แสดงถึงโพแทสเซียมที่เกินมานั้นได้มาจากโพแทสเซียมในรูป non-exchangeable K ซึ่งโพแทสเซียมใน 2 รูปที่ได้กล่าวมานี้ต้องใช้ระยะเวลาในการปลดปล่อยในระยะเวลาหนึ่ง ดังจะเห็นได้จากเมื่อครบระยะเวลา 1 วัน ค่าปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้โดยวิธี Ca resin (ตารางภาคผนวกที่ 2) มีค่าน้อยกว่าโพแทสเซียมที่สกัดโดยวิธี NH_4OAc (exchangeable K ตารางที่ 2) แสดงถึงโพแทสเซียมในรูป non-exchangeble K ยังไม่ปลดปล่อยออกมาเพื่อเป็นประโยชน์แก่พืช เพราะมีโพแทสเซียมจากแหล่ง exchangeable K และ soluble K เพียงพอสำหรับเป็นประโยชน์แก่พืช แต่เมื่อครบระยะเวลา 60 วัน ค่าปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้โดยวิธี Ca resin (ตารางภาคผนวกที่ 2) มีค่ามากกว่าโพแทสเซียมที่สกัดได้โดยวิธี NH_4OAc (exchangeable K ตารางที่ 2) แสดงถึงระยะเวลา 60 วัน ดินนั้นสามารถปลดปล่อยโพแทสเซียมในรูป non-exchangeable K ออกมา

เมื่อกล่าวถึงสัดส่วนของปริมาณโพแทสเซียมในรูป exchangeable K เมื่อไม่ได้ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมในรูป exchangeable K ของดินนั้น ๆ จะถูกปลดปล่อยออกมาในช่วงเวลา 18-42 วัน สำหรับกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวสเมกไทต์เด่น (ภาพที่ 7-12) และช่วงเวลา 4-9 วันสำหรับกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เด่น (ภาพที่ 13-16) ซึ่งแสดงให้เห็น

ว่ากลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เด่นมีความสามารถในการปลดปล่อยโพแทสเซียมในรูป exchangeable K ในช่วงเวลาที่รวดเร็วกว่ากลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวสเมกไทต์ เด่น (Nilawonk *et al.,* 2008) ส่วนโพแทสเซียมในรูป non-exchangeable K จำเป็นต้องมีปัจจัยที่สามารถทำให้โพแทสเซียมในรูปนี้ปลดปล่อยออกมาเพื่อเป็นประโยชน์แก่พืช ซึ่งความเข้มข้นและปริมาณปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใส่ลงในดินนับเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการปลดปล่อยโพแทสเซียมในรูป non-exchangeable K (Simosson *et al.,* 2007) นอกจากนี้การเปียกสลับแห้งของดินก็เป็นอีกปัจจัยที่มีผลต่อการปลดปล่อยโพแทสเซียมอีกด้วย (Attoe, 1946; Dowdy and Hutcheson, 1963a ; Dowdy and Hutcheson, 1963b)

เมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม 200, 400, 800 และ 1,600 mgK.kg^{-1} และ ปล่อยให้ดินเปียกสลับแห้ง 3 ครั้ง จากการบ่มดินที่ระยะเวลา 1, 2, 4, 6, 10, 15, 20, 25, 40 และ 60 วัน กลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวสเมกไทต์เด่น สามารถตรึงโพแทสเซียมได้มากขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใส่ลงไปในดิน และสามารถตรึงโพแทสเซียมได้มากกว่า กลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เด่น สังเกตได้จาก การปลดปล่อยโพแทสเซียมของกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เด่นมีค่าการปลดปล่อยโพแทสเซียมเริ่มแรกสูง และสูงขึ้นต่อเนื่องอย่างรวดเร็วในช่วงระยะแรกของการปลดปล่อย (10 วัน) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวสเมกไทต์เด่นซึ่งมีค่าการปลดปล่อยโพแทสเซียมเริ่มแรกต่ำกว่า และมีการปลดปล่อยโพแทสเซียมสูงขึ้นอย่างช้า ๆ ในช่วงระยะเวลา 20 วัน ซึ่งสอดคล้องกับการที่กลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวสเมกไทต์เด่นที่มี CEC และปริมาณ Clay มากซึ่งทำให้ตรึงโพแทสเซียมได้สูง (Sparks and Liebhardt, 1981; Evangelou and Karathanasis, 1986) และยังมีค่า pH ที่สูง แสดงถึง H^+ ถูกดูดยึดที่คอลลอยด์น้อย ทำให้สามารถตรึงโพแทสเซียมได้ (อำนาจ, 2524) จากการทดลองจะเห็นได้อีกว่า ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใส่ลงไปในดินที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ไม่สามารถสกัดออกจากดินได้ทั้งหมดเมื่อครบระยะเวลา 60 วัน ทั้งในกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวสเมกไทต์เด่น และกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เด่น แสดงถึงดินนั้นมีความสามารถในการตรึงโพแทสเซียม แต่ความมากน้อยของการตรึงโพแทสเซียมขึ้นอยู่กับสมบัติของดินที่ต่างกัน

จากตารางที่ 6 เป็นการหาค่าปริมาณโพแทสเซียมที่ถูกดูดยึดไว้ในดิน (Havlin and Westfall, 1985) ซึ่งหาจาก

$$K_{fix} = K_{removed} - (K_{ex\ before} - K_{ex\ after})$$

โดยที่ K_{fix} = ปริมาณโพแทสเซียมถูกดูดยึดไว้ในดิน (mg kg^{-1})

$K_{removed}$ = ปริมาณโพแทสเซียมที่ถูกเคลื่อนย้ายออกจากดิน ในการศึกษานี้เท่ากับ 0 เนื่องจากไม่มีการเคลื่อนย้ายโพแทสเซียมออกจากดิน

$K_{ex\ before}$ = ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่สกัดได้ในดินเริ่มต้น โดยใช้ NH_4OAc และปริมาณความเข้มข้นปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใส่ลงดิน (mg kg^{-1})

$K_{ex\ after}$ = โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่สกัดได้ในดินหลังสิ้นสุดการทดลอง ใช้วิธี Ca resin (mg kg^{-1})

สำหรับดินไม่ได้ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม

$$K_{fix} = K_{ex\ after} - K_{ex\ before}$$

สำหรับดินที่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราต่าง ๆ

ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม 200 mgK kg^{-1}

$$K_{fix} = K_{ex\ after} - K_{ex\ before} - 200$$

ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม 400 mgK kg^{-1}

$$K_{fix} = K_{ex\ after} - K_{ex\ before} - 400$$

ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม 800 mgK kg^{-1}

$$K_{fix} = K_{ex\ after} - K_{ex\ before} - 800$$

ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม 1600 mgK kg^{-1}

$$K_{fix} = K_{ex\ after} - K_{ex\ before} - 1600$$

ผลการศึกษา ค่าปริมาณโพแทสเซียมที่ถูกดูดยึดไว้ในดิน (ตารางที่ 6) พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมที่ถูกดูดยึดไว้ในดิน สำหรับดินที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม มีค่ามากกว่าดินที่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม และเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราต่าง ๆ ทำให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของปุ๋ยโพแทสเซียมทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่ถูกดูดยึดไว้ในดินน้อยลงตามอัตราที่เพิ่มของปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใส่ เช่นเดียวกับการทดลองในดิน order Inceptisol โดยปลูกพืช wheat และ pearl millet พบว่า การไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมลงในดิน 90 % ของโพแทสเซียมที่พืชนำไปใช้มาจาก non-exchangeable K แต่เมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมลงในดินการปลดปล่อยโพแทสเซียมในรูป non-exchangeable K น้อยลง ตามความเข้มข้นของปุ๋ยโพแทสเซียมที่เพิ่มมากขึ้น (Krshnakumari *et al.,* 1984) แสดงถึงโพแทสเซียมที่ถูกดูดยึดไว้ในดินนี้อาจเปลี่ยนแปลงไปเป็นโพแทสเซียมในรูป non-exchangeable K

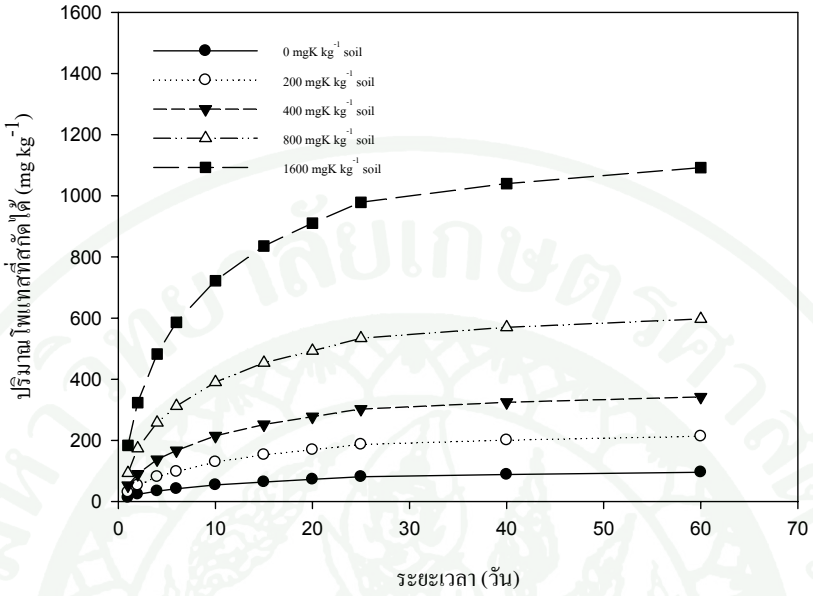
เป็นที่น่าสังเกต จากการศึกษาครั้งนี้ว่า เมื่อมีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กันลงในดิน การสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin นี้ ไม่สามารถสกัดโพแทสเซียมออกมาได้เท่ากับปุ๋ยที่ใส่ลงไปในดิน อาจเนื่องจาก เมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมลงไปในดินแล้ว ทำให้ ดินนั้นมีปริมาณโพแทสเซียมที่มากเกินพอสำหรับเป็นประโยชน์ต่อพืช จึงส่งผลทำให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่มากในดินซึ่งมาจากปุ๋ยโพแทสเซียมถูกตรึงอยู่ในดินก็เป็นได้ ดังเช่นการศึกษาของ Dowdy and Hutcheson (1963a) ที่ได้เลือกดินที่มี exchangeable K ต่ำ และสูงมาใช้ในการศึกษา พบว่า หากค่า exchangeable K ในดินมีค่าเกินกว่า 175$\pm$39 mg K kg^{-1} จะส่งผลทำให้ดินนั้นเกิดการตรึงโพแทสเซียม และหาก exchangeable K ในดินมีค่าต่ำกว่าค่านี้ จะส่งผลทำให้เกิดการปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมา ในการศึกษาครั้งนี้เริ่มจากความเข้มข้นของปุ๋ยโพแทสเซียมที่ 200 mg K kg^{-1} ขึ้นไป ส่งผลให้เกิดการตรึงโพแทสเซียมในดิน ซึ่งการศึกษาครั้งนี้โดยวิธี Ca resin สามารถสกัดโพแทสเซียมได้ต่ำกว่าปริมาณปุ๋ยที่ใส่ลงไป แสดงว่าปุ๋ยที่ใส่ลงไปถูกตรึงอยู่ในดิน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่ได้กล่าวมาแล้ว

จากการศึกษาที่ได้กล่าวมาแล้วจากการสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin นั้นมีความน่าเชื่อถือ สำหรับประเมินความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมต่อพืช เห็นได้ว่า การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมมากในดินไม่ได้ แสดงว่าพืชใช้ได้หมด แต่ขึ้นอยู่กับดินและสมบัติต่าง ๆ ของดิน ซึ่งย่อมมีความแตกต่างกันไป ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าหากใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมมากเกินความจำเป็น พืชไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้สูงสุดทำให้เกิดการสิ้นเปลืองทั้งทรัพยากร และต้นทุนการผลิตพืชอีกด้วย

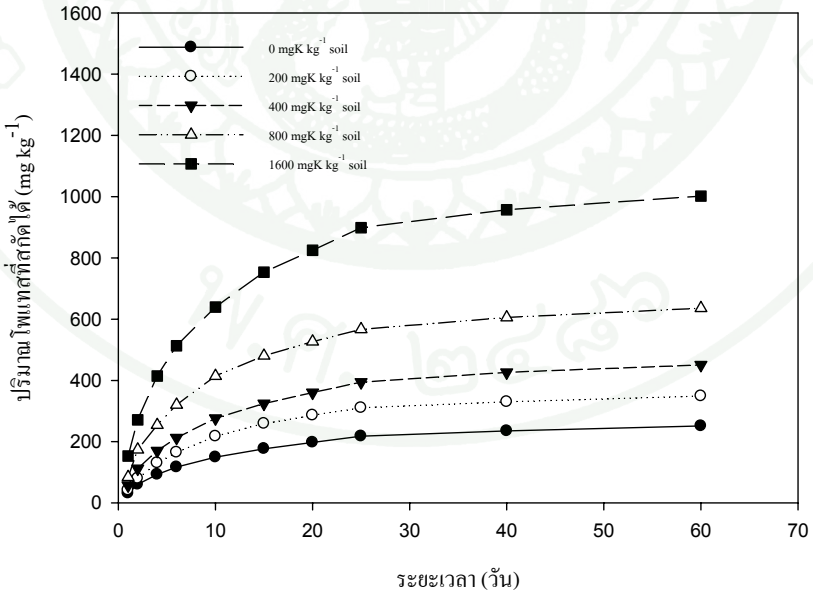
ตารางที่ 6 ปริมาณโพแทสเซียมที่ถูกดูดยึดไว้ในดิน เมื่อมีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ระดับต่าง ๆ

ชุดดิน	Exchangeable K (mg kg^{-1})	ปริมาณโพแทสเซียมที่ถูกดูดยึด ที่เวลา 60 วัน (mg kg^{-1})			
		ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม			
		200 mg K kg^{-1}	400 mg K kg^{-1}	800 mg K kg^{-1}	1600 mg K kg^{-1}
ชัยบาดาล	84	70.45	141.70	286.65	591.85
ตาคลี	188	39.07	137.75	352.43	786.25
ลพบุรี	117	60.25	153.90	351.89	673.23
ลำนารายณ์	264	32.11	162.33	292.18	621.95
สมอทอด	116	124.19	256.31	519.89	1026.19
สบปราบ	46	75.42	187.96	369.72	688.62
ปากช่อง	38	102.27	145.92	297.61	597.34
ภูสะนา	12	60.13	142.08	264.99	438.48
วาริน	19	33.23	116.36	218.31	399.85
สตึก	22	27.92	93.30	167.57	485.51

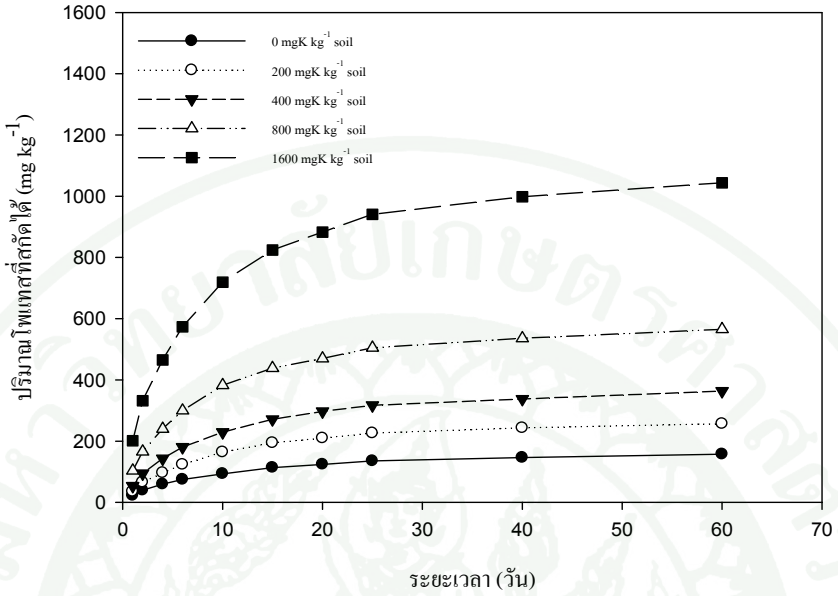
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



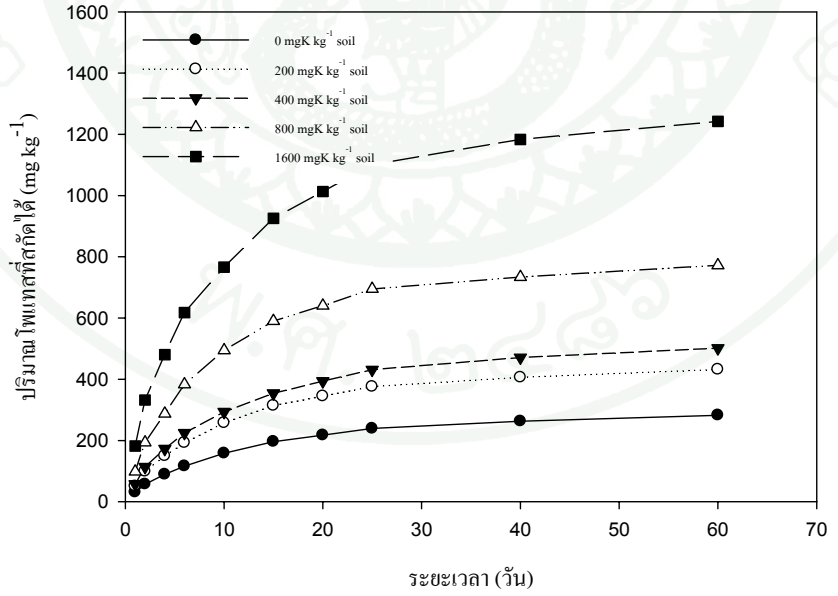
ภาพที่ 7 กราฟแสดงการปลดปล่อยโพแทสเซียมของชุดดินชัยบาดาล เมื่อใส่โพแทสเซียมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ลงไปในดิน โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin



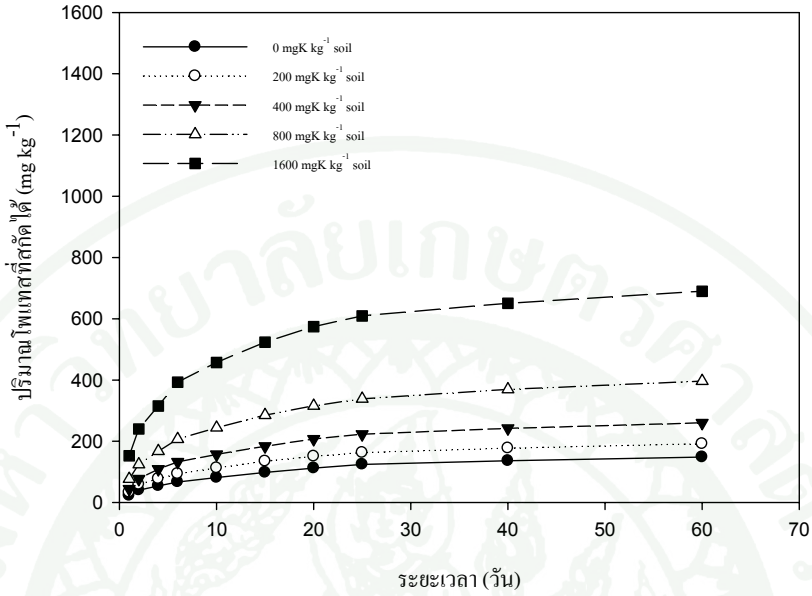
ภาพที่ 8 กราฟแสดงการปลดปล่อยโพแทสเซียมของชุดดินตาคลี เมื่อใส่โพแทสเซียมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ลงไปในดิน โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin



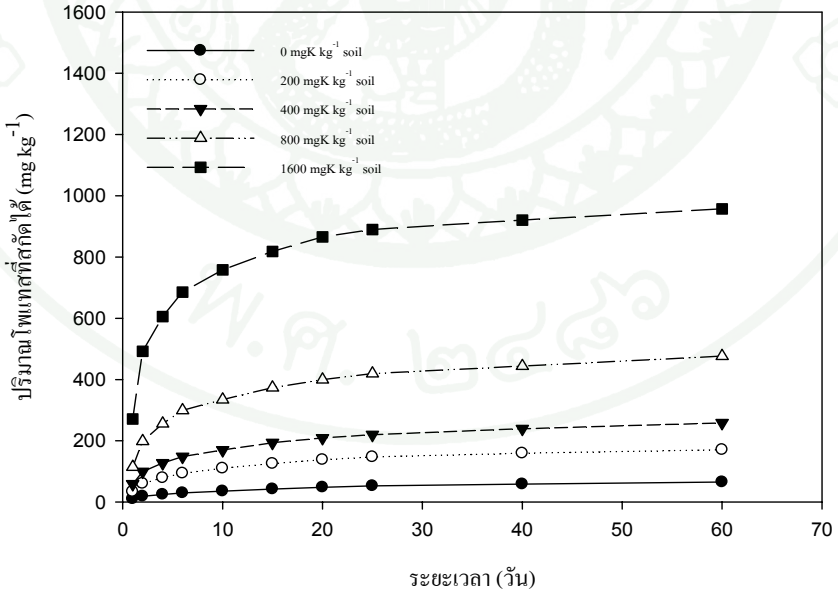
ภาพที่ 9 กราฟแสดงการปลดปล่อยโพแทสเซียมของชุดดินลพบุรี เมื่อใส่โพแทสเซียมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ลงไปในดิน โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin



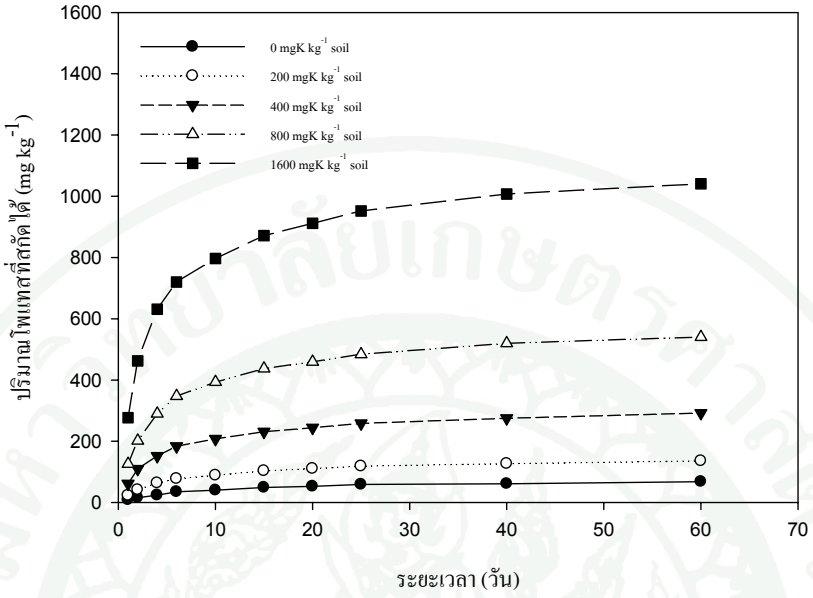
ภาพที่ 10 กราฟแสดงการปลดปล่อยโพแทสเซียมของชุดดินลำนารายณ์ เมื่อใส่โพแทสเซียมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ลงไปในดิน โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin



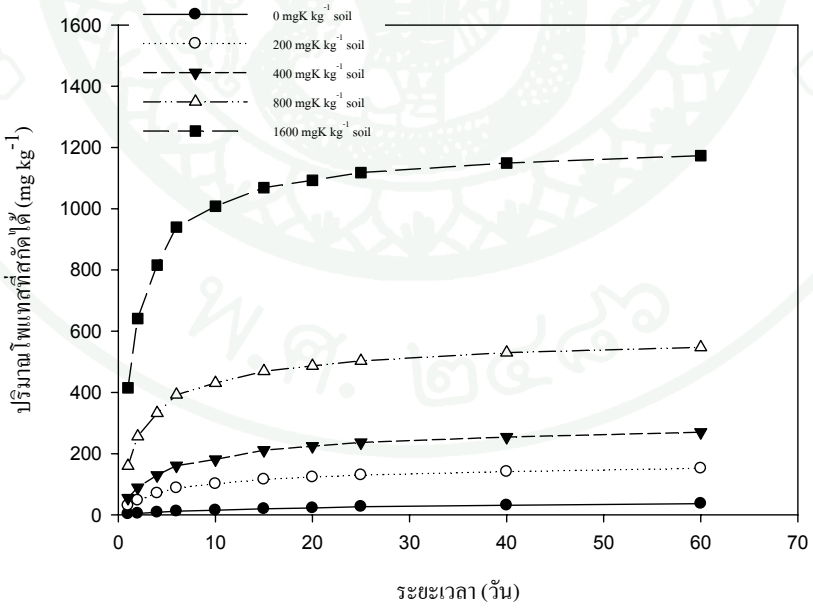
ภาพที่ 11 กราฟแสดงการปลดปล่อยโพแทสเซียมของชุดดินสมอทอด เมื่อใส่โพแทสเซียมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ลงไปในดิน โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin



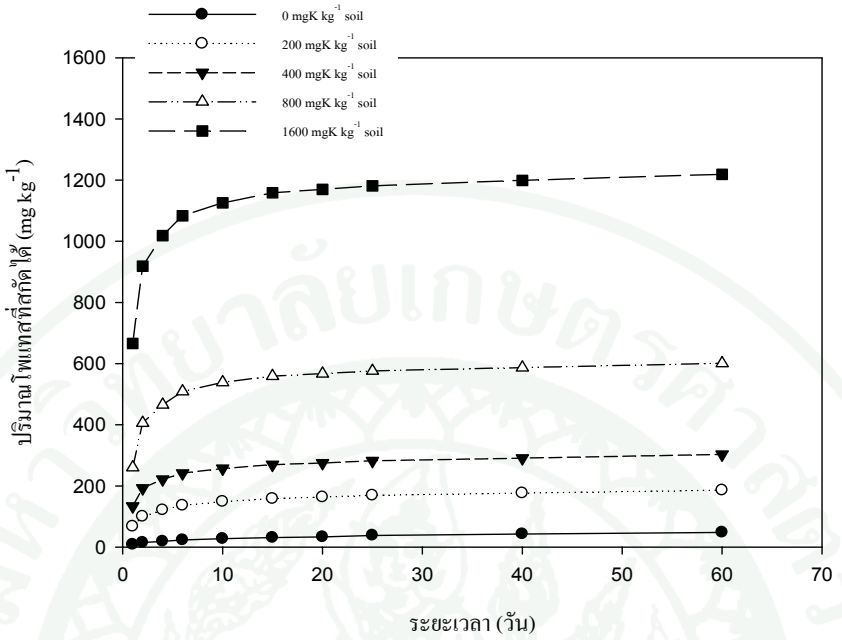
ภาพที่ 12 กราฟแสดงการปลดปล่อยโพแทสเซียมของชุดดินสบปราบ เมื่อใส่โพแทสเซียมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ลงไปในดิน โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin



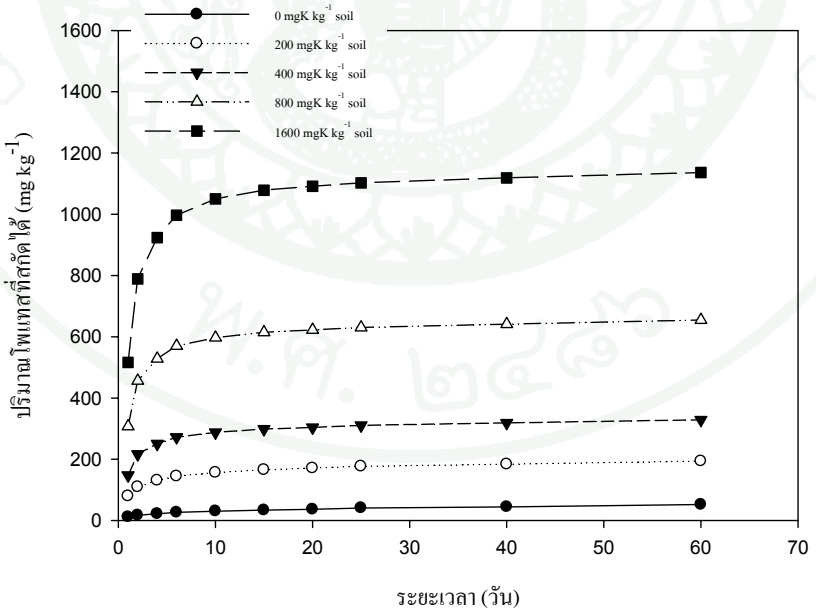
ภาพที่ 13 กราฟแสดงการปลดปล่อยโพแทสเซียมของชุดดินปากช่อง เมื่อใส่โพแทสเซียมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ลงไปในดิน โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin



ภาพที่ 14 กราฟแสดงการปลดปล่อยโพแทสเซียมของชุดดินภูสะนา เมื่อใส่โพแทสเซียมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ลงไปในดิน โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin



ภาพที่ 15 กราฟแสดงการปลดปล่อยโพแทสเซียมของชุดดินวาริน เมื่อใส่โพแทสเซียมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ลงไปในดิน โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin



ภาพที่ 16 กราฟแสดงการปลดปล่อยโพแทสเซียมของชุดดินสตึก เมื่อใส่โพแทสเซียมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ลงไปในดิน โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin

2.2 การศึกษาการปลดปล่อยโพแทสเซียมเมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราต่าง ๆ ของดินที่ปลูกข้าวโพด 10 ชุดดิน โดยสกัดโพแทสเซียมด้วยวิธี mixed nitric-perchloric acid

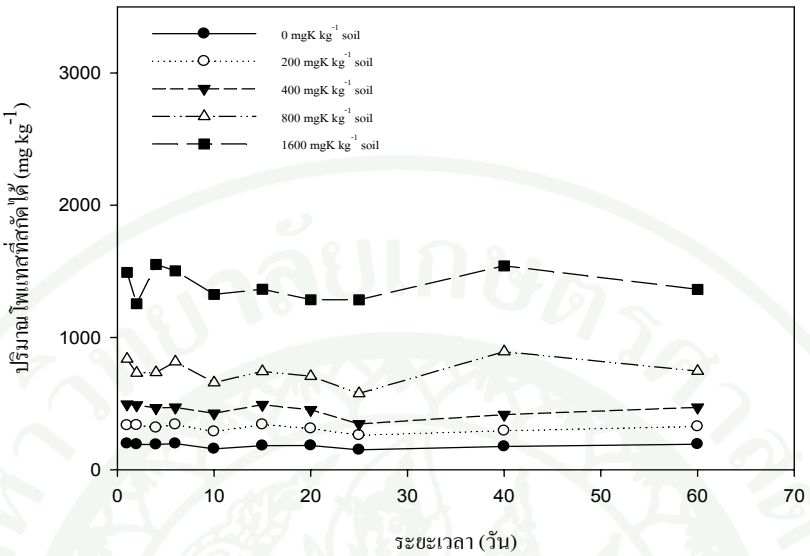
การปลดปล่อยโพแทสเซียมของดิน 10 ชุดดินเมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ความเข้มข้นโพแทสเซียม 0, 200, 400, 800 และ 1,600 มิลลิกรัมโพแทสเซียมต่อกิโลกรัมดิน และปล่อยให้ดินเปียกสลับแห้ง 3 ครั้ง จากการบ่มดินที่ระยะเวลา 1, 2, 4, 6, 10, 15, 20, 25, 40 และ 60 วัน การปลดปล่อยโพแทสเซียมที่วัดโพแทสเซียมโดยวิธี mixed nitric-perchloric acid มีค่าโพแทสเซียมที่สกัดได้เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่ใส่ลงในดินทั้ง 10 ชุดดิน จากการศึกษาจะเห็นได้ว่า เมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ที่ 0, 200, 400, 800 และ 1,600 มิลลิกรัมโพแทสเซียมต่อกิโลกรัมดิน ปริมาณการปลดปล่อยโพแทสเซียมในแต่ละชุดดินไม่เท่ากับปริมาณปุ๋ยที่ใส่ลงไป และปริมาณการปลดปล่อยโพแทสเซียมมีปริมาณที่ไม่เท่ากันในแต่ละชุดดินที่ทำการศึกษา (ภาคผนวกที่ 3) เมื่อใส่ปุ๋ยในอัตราที่เท่ากัน ซึ่งเหมือนกันกับการสกัดโพแทสเซียมในดินโดยวิธี Ca resin แต่ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดโดยวิธี mixed nitric-perchloric acid นี้ มีปริมาณมากกว่าปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใส่ลงไปในดิน

จากการศึกษานี้ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้โดยวิธี mixed nitric-perchloric acid มีค่าแตกต่างกันไปในแต่ละดิน ในทุกช่วงระยะเวลาต่าง ๆ ที่มีการสกัดโพแทสเซียม พบว่าปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินที่ปลูกข้าวโพดทั้ง 10 ชุดดิน มีค่าเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่ใส่ลงไปในดิน สำหรับปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้โดยวิธี mixed nitric-perchloric acid โดยไม่ได้ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมลงในดินนั้น มีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในช่วงแรกที่ระยะเวลา 1 วันมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 137.70 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน ถึง 720.30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน โดยค่าปริมาณโพแทสเซียมต่ำ คือ 137.70 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สกัดได้ในชุดดินสตึก (ภาพที่ 14) อยู่ในกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เด่น ส่วนค่าปริมาณโพแทสเซียมสูง คือ 720.30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สกัดได้ในชุดดินลำนารายณ์ อยู่ในกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวสเมกไทต์เด่น (ภาพที่ 15)

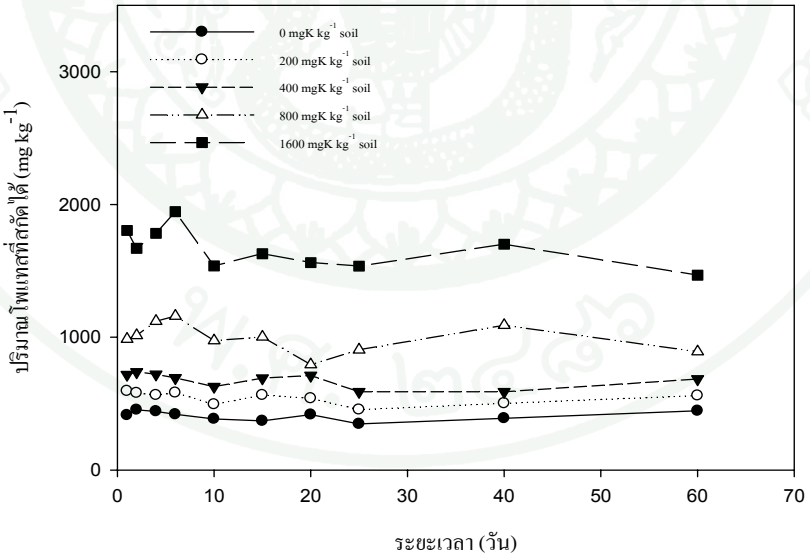
ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้โดยวิธี mixed nitric-perchloric acid โดยไม่ได้ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมลงในดินนั้น ที่ระยะเวลา 60 วัน มีค่าอยู่ในช่วง 128.85 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ถึง 731.80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยค่าปริมาณโพแทสเซียมต่ำ คือ 128.85 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สกัดได้ในชุดดินสตึก (ภาพที่ 16) อยู่ในกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เด่น ส่วนค่าปริมาณ

โพแทสเซียมสูง คือ 731.80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สกัดได้ในชุดดินลำนารายณ์ อยู่ในกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวสเมกไทต์เด่น (ภาพที่ 17) จากการศึกษานี้จะเห็นได้ว่า เมื่อไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมลงไปในดิน ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้นั้นมาจากโพแทสเซียมที่มีอยู่ในดินนั่นเองซึ่งหมายรวมถึงโพแทสเซียมที่อยู่ในแร่ที่เป็นองค์ประกอบของวัตถุต้นกำเนิดดินนั้น ๆ ด้วย ซึ่งเห็นได้จาก การสกัดโพแทสเซียมในดินที่ปลูกข้าวโพดทั้ง 10 ชุดดิน ที่ระยะเวลา 60 วัน ซึ่งมีการเปียกสลับแห้ง 3 ครั้ง โดยวิธี mixed nitric-perchloric acid มีค่าโพแทสเซียมที่สกัดได้มากกว่าที่สกัดโพแทสเซียมโดยวิธี NH_4OAc (ตารางที่ 2 และ ตารางภาคผนวกที่ 3) เนื่องจากวิธี NH_4OAc นี้เป็นวิธีสกัดโพแทสเซียมในรูป exchangeable K และ soluble K ดังนั้นปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้โดยวิธี mixed nitric-perchloric acid ที่มีค่ามากกว่าปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดโดยวิธี NH_4OAc แสดงถึงโพแทสเซียมที่เกินมานั้นได้มาจากโพแทสเซียมในรูป mineral K และ non-exchangeable K เช่นเดียวกับวิธี Ca resin

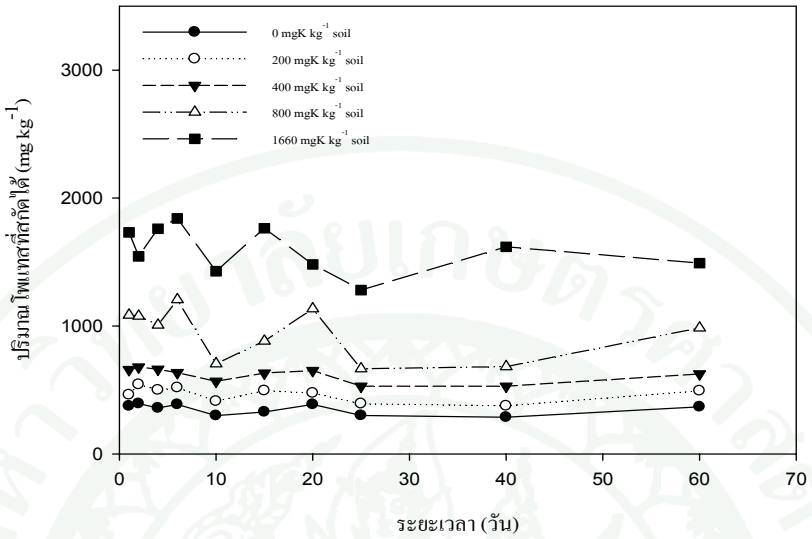
เมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม 200, 400, 800 และ 1,600 มิลลิกรัมโพแทสเซียมต่อกิโลกรัมดิน และปล่อยให้ดินเปียกสลับแห้ง 3 ครั้ง จากการบ่มดินที่ระยะเวลา 1, 2, 4, 6, 10, 15, 20, 25, 40 และ 60 วัน จะเห็นได้ว่าวิธี mixed nitric-perchloric acid สามารถสกัดโพแทสเซียมออกมามีแนวโน้มที่มากกว่า ปริมาณปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใส่ลงไปในดิน ในทุกระยะเวลาการบ่มดิน แสดงถึงวิธี mixed nitric-perchloric acid นี้ สามารถสกัดโพแทสเซียมในส่วนที่สามารถตรึงอยู่ในดินได้ ซึ่งพืชไม่สามารถใช้ประโยชน์ของโพแทสเซียมในส่วนนี้ได้ทันที (Sparks, 1987) วิธี mixed nitric-perchloric acid จึงไม่เหมาะสมในการประเมินความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมสำหรับพืช



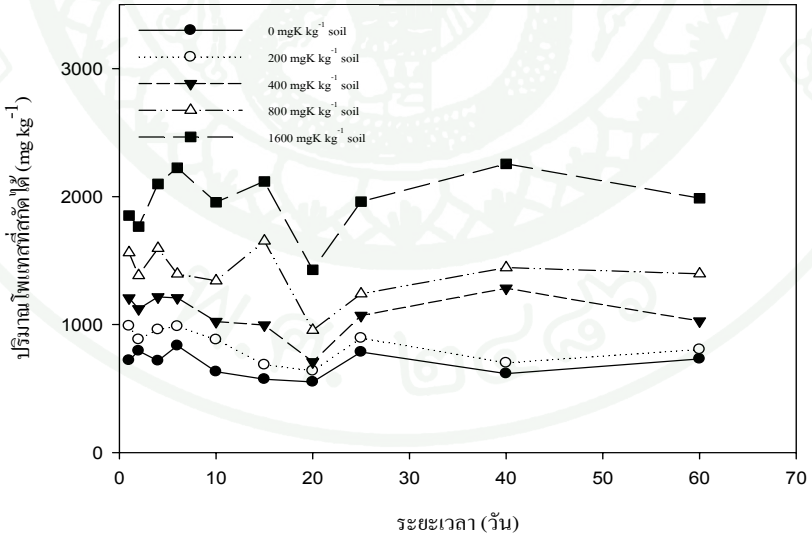
ภาพที่ 17 กราฟแสดงการปลดปล่อยโพแทสเซียมของชุดดินชัยบาดาล เมื่อใส่โพแทสเซียมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ลงไปในดิน โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี mixed nitric-perchloric acid



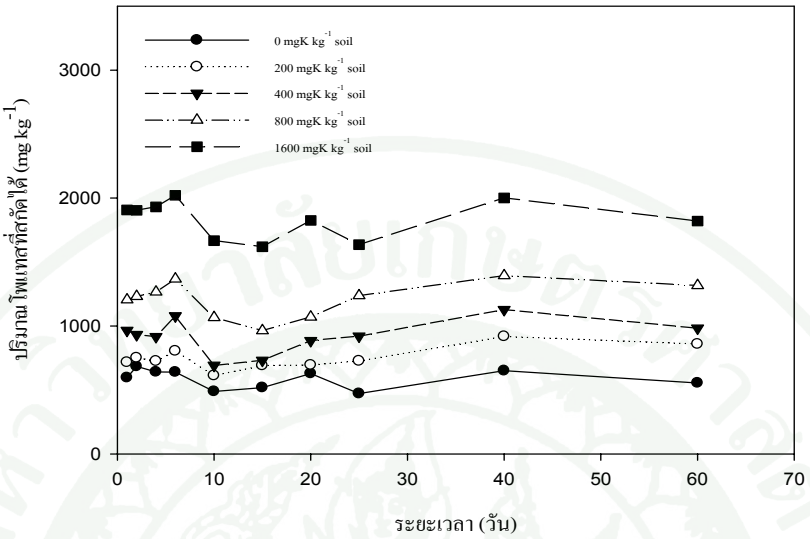
ภาพที่ 18 กราฟแสดงการปลดปล่อยโพแทสเซียมของชุดดินตาคลี เมื่อใส่โพแทสเซียมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ลงไปในดิน โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี mixed nitric-perchloric acid



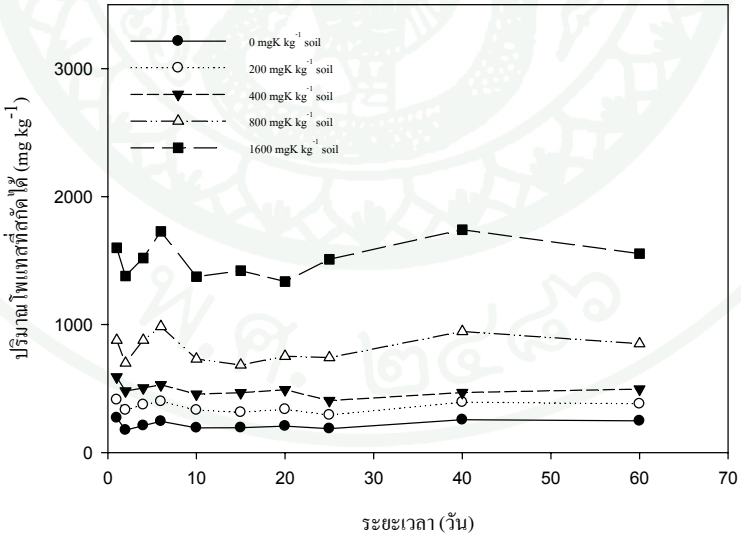
ภาพที่ 19 กราฟแสดงการปลดปล่อยโพแทสเซียมของชุดดินลพบุรี เมื่อใส่โพแทสเซียมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ลงไปในดิน โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี mixed nitric-perchloric acid



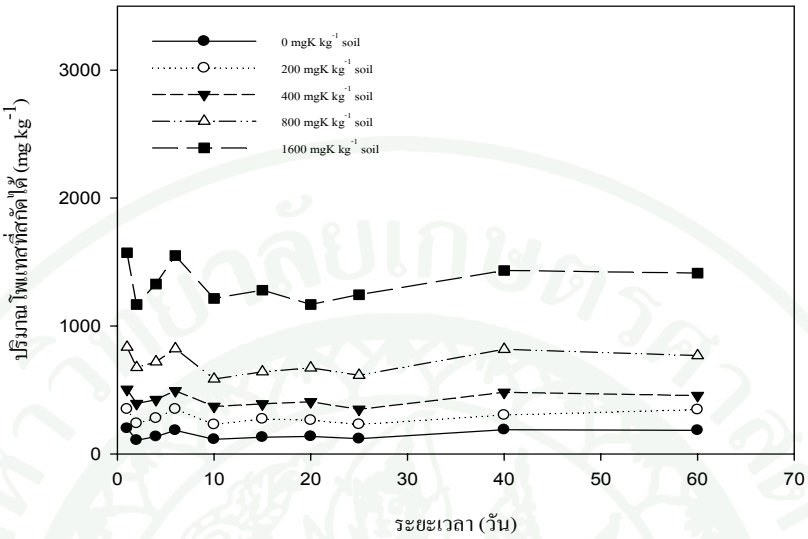
ภาพที่ 20 กราฟแสดงการปลดปล่อยโพแทสเซียมของชุดดินลำนารายณ์ เมื่อใส่โพแทสเซียมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ลงไปในดิน โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี mixed nitric-perchloric acid



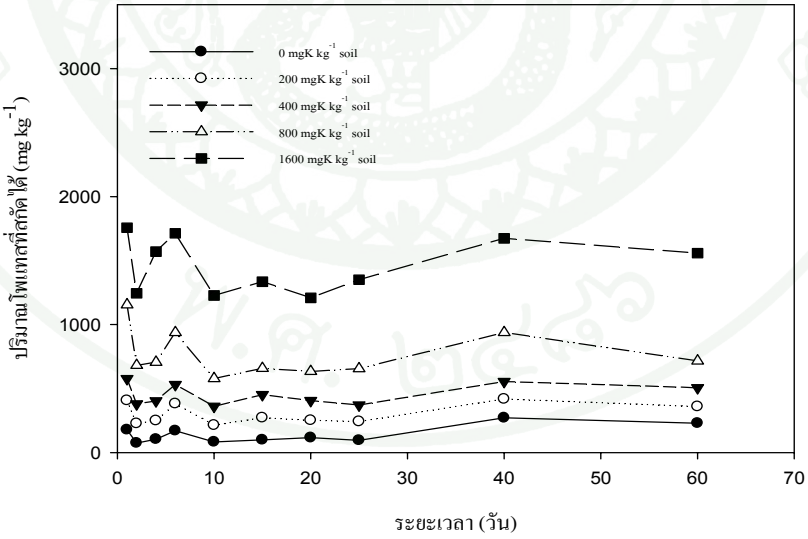
ภาพที่ 21 กราฟแสดงการปลดปล่อยโพแทสเซียมของชุดดินสมอทอด เมื่อใส่โพแทสเซียมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ลงไปในดิน โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี mixed nitric-perchloric acid



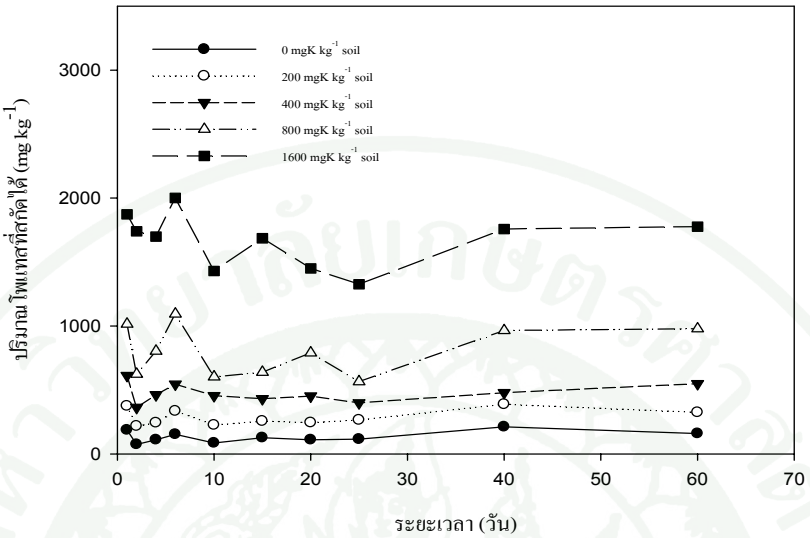
ภาพที่ 22 กราฟแสดงการปลดปล่อยโพแทสเซียมของชุดดินสบปราบ เมื่อใส่โพแทสเซียมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ลงไปในดิน โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี mixed nitric-perchloric acid



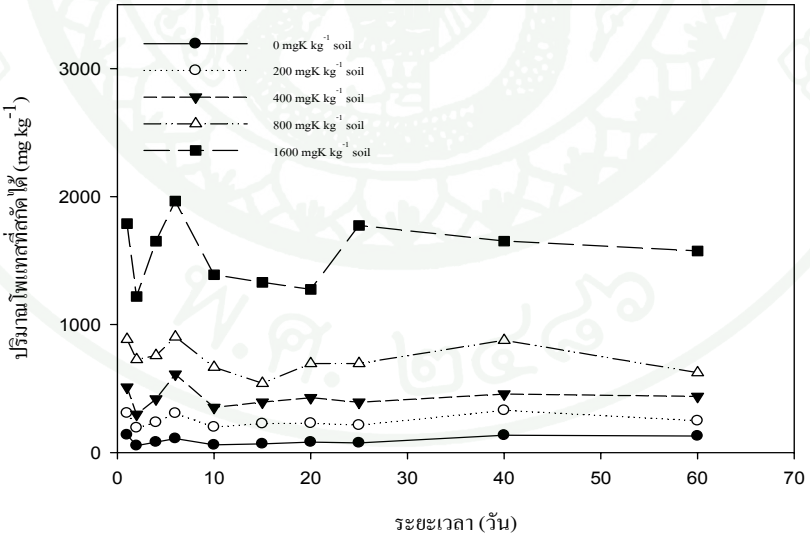
ภาพที่ 23 กราฟแสดงการปลดปล่อยโพแทสเซียมของชุดดินปากช่อง เมื่อใส่โพแทสเซียมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ลงไปในดิน โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี mixed nitric-perchloric acid



ภาพที่ 24 กราฟแสดงการปลดปล่อยโพแทสเซียมของชุดดินภูสะนา เมื่อใส่โพแทสเซียมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ลงไปในดิน โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี mixed nitric-perchloric acid



ภาพที่ 25 กราฟแสดงการปลดปล่อยโพแทสเซียมของชุดดินวาริน เมื่อใส่โพแทสเซียมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ลงไปในดิน โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี mixed nitric-perchloric acid



ภาพที่ 26 กราฟแสดงการปลดปล่อยโพแทสเซียมของชุดดินสตึก เมื่อใส่โพแทสเซียมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ลงไปในดิน โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี mixed nitric-perchloric acid

3. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง Buffer Coefficient for Potassium (BC_K) ของดินที่ปลูกข้าวโพด 10 ชุดดิน โดยสกัดโพแทสเซียมด้วยวิธี NH_4OAc, Mehlich 1, mixed nitric-perchloric acid และ Ca resin

3.1 การศึกษา Buffer Coeficient for Potassium (BC_K) ของดินที่ปลูกข้าวโพด 10 ชุดดิน โดยสกัดโพแทสเซียมด้วยวิธี NH_4OAc, Mehlich 1, mixed nitric-perchloric acid และ Ca resin

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพแทสเซียม (KH_2PO_4) ที่เติมลงไปในดินอัตรา 0 40 80 120 160 มิลลิกรัมโพแทสเซียมต่อกิโลกรัมดิน สำหรับชุดดินชัยบาดาล ตาคลี ลพบุรี ลำนารายณ์ สมอทอด และสบปราบ อัตรา 0 20 40 60 80 มิลลิกรัมโพแทสเซียมต่อกิโลกรัมดิน สำหรับชุดดินปากช่อง ภูสะนา วาริน และสตึก กับปริมาณโพแทสเซียมที่วิเคราะห์ได้โดยวิธี NH_4OAc, Mehlich 1, mixed nitric-perchloric acid และ Ca resin หลังบ่มดินเป็นเวลา 2 สัปดาห์ในสภาพความชื้นที่ความจุสนาม พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ทั้ง 4 วิธีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอัตราความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่เติมลงไป และมีความสัมพันธ์กันในเชิงบวก ความชันของสมการถดถอยเชิงเส้นตรง ระหว่างปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้กับปริมาณโพแทสเซียมที่เติมลงไป คือ ค่า BC_K สรุปไว้ดังตารางที่ 7

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า BC_K มีค่าแตกต่างกันไปในแต่ละชุดดิน (ตารางที่ 7) และแตกต่างกันตามวิธีที่ใช้ในการสกัดโพแทสเซียม ค่า BC_K สูง (ค่าใกล้เคียง 1) หมายถึง ดินมีการปลดปล่อยโพแทสเซียมสูง หรือ ดินนี้มีความสามารถในการตรึงโพแทสเซียมต่ำ แสดงถึงโพแทสเซียมสามารถเป็นประโยชน์แก่พืชมาก หรืออาจปลดปล่อยมากเกินไปทำให้เกิดการสูญเสียโพแทสเซียม กรณีใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมลงไปในดิน จะมีการปรับสมดุลของโพแทสเซียมในดินใหม่โดย ทำให้โพแทสเซียมบางส่วนในรูปที่แลกเปลี่ยนได้เปลี่ยนแปลงไปอยู่ในรูปที่แลกเปลี่ยนไม่ได้ (อำนาจ, 2524)

ตารางที่ 7 ค่า BC_K ของดินที่ใช้ในการศึกษา ที่สกัดโพแทสเซียมโดยวิธี NH_4OAc, Mehlich 1 mixed nitric-perchloric acid และ Ca resin

ชุดดิน	Buffer coefficient for potassium			
	NH_4OAc	Mehlich 1	mixed nitric-perchloric acid	Ca resin
ชัยบาดาล	0.6253	0.2938	0.4362	0.2599
ตาคลี	0.5231	0.2465	0.4566	0.2985
ลพบุรี	0.5603	0.2335	0.3995	0.4037
ลำนารายณ์	0.2659	0.2375	0.5285	0.3223
สมอทอด	0.5302	0.4994	0.4758	0.3464
สบปราบ	0.3119	0.447	0.5182	0.4051
ปากช่อง	0.6959	0.5392	0.6638	0.6836
ภูสะนา	0.762	0.6251	0.6108	0.6852
วาริน	0.6824	0.6389	0.7867	0.9177
สตึก	0.7915	0.6079	0.7719	0.9962

จากการใช้ NH_4OAc ในการสกัดโพแทสเซียมในดิน พบว่า ได้ค่า BC_K สูงกว่าการสกัดด้วยวิธี Mehlich 1 เนื่องจาก วิธีสกัดโพแทสเซียมด้วย NH_4OAc เป็นวิธีที่ใช้ NH_4^+ แลกเปลี่ยนกับ K^+ ที่อยู่บริเวณขอบและพื้นผิวของแร่ดินเหนียว (Richards and Bates, 1989) เนื่องจาก NH_4^+ มี replacing power สูงกว่า K^+(Havlin *et al.,* 2004) และ NH_4^+ ไปไล่ที่ K^+ ได้มาก ส่วนค่า BC_K Mehlich 1 และ BC_K Ca resin มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน และ BC_K ที่สกัดโดยน้ำยาสกัด Mehlich 1 นั้นมีค่าต่ำกว่า BC_K NH_4OAc เนื่องจากน้ำยาสกัด Mehlich 1 ประกอบด้วยกรดที่เจือจาง ทำให้ H^+ ไล่ที่ K^+ ได้น้อยกว่า NH_4^+ ใน NH_4OAc ส่วนวิธี Ca resin นับเป็นวิธีการเลียนแบบรากพืช (Askegaard *et al.,* 2004) เป็นการแลกเปลี่ยน K^+ ในดิน กับ Ca^{2+} ใน resin ส่วนค่า BC_K ที่ได้จากวิธีสกัดโพแทสเซียมโดย mixed nitric-perchloric acid ประกอบด้วยกรดซึ่งมีความเข้มข้นมาก และ HNO_3 เป็นกรดที่สามารถทำลายโครงสร้างแร่ (Feigenbaum, *et al.,* 1981) ซึ่งสามารถสกัดโพแทสเซียมในส่วนที่อยู่ในแร่ในดิน ทำให้ค่า BC_K ที่สกัดโพแทสเซียมโดยวิธีนี้มีค่าสูง และเมื่อนำดินมาวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียม 4 วิธี พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมในดินเหล่านี้ที่สกัดโดย mixed nitric-perchloric acid มีค่าสูงที่สุด (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ค่าโพแทสเซียมที่สกัดได้โดยวิธี NH_4OAc, Mehlich 1, mixed nitric-perchloric acid และ Ca resin

ชุดดิน	โพแทสเซียมที่สกัดได้ (mg kg^{-1})			
	NH_4OAc	Mehlich 1	mixed nitric perchloric acid	Ca resin
ชัยบาดาล	84	26	127	32
ตาคลี	188	58	292	79
ลพบุรี	117	31	280	37
ลำนารายณ์	264	58	546	92
สมอทอด	116	96	381	54
สบปราบ	46	32	165	30
ปากช่อง	38	21	143	27
ภูสะนา	12	8	218	12
วาริน	19	16	146	23
สตึก	22	23	110	27

ค่า BC_K ที่ได้จากน้ำยาสกัด NH_4OAc ในเกือบทุกชุดดินมีค่าสูง แสดงถึงโพแทสเซียมถูกตรึงหรือถูกตรึงอยู่ในดินน้อย แต่จะเห็นว่า BC_K ที่สกัดด้วย Mehlich 1 และ Ca resin ของชุดดินชัยบาดาล ตาคลี ลพบุรี ลำนารายณ์ สมอทอด และสบปราบ มีค่าต่ำกว่าชุดดินอื่นซึ่งทั้ง 6 ชุดดินนี้ประกอบด้วย แร่ดินเหนียวสเมกไทต์เด่น ดินกลุ่มนี้ มีค่า CEC และ %Clay สูง (ตารางที่ 2) จึงสามารถตรึงโพแทสเซียมได้มาก (Sparks and Liebhardt, 1981; Evangelou and Karathanasis, 1986) และมีการแลกเปลี่ยนไอออนเมื่อเกิดการยึดและหดตัวของผลึกแร่ดินเหนียว (Elick *et al.,* 1990) ทำให้โพแทสเซียมที่ได้รับจากปุ๋ยเข้าไปอยู่ในช่องระหว่างหลืบของแร่ดินเหนียวหรือถูกตรึงอยู่ในดิน เมื่อบ่มดินเป็นเวลา 2 สัปดาห์จึงสกัดโพแทสเซียมออกมาได้น้อย ทำให้ค่า BC_K ต่ำกว่าชุดดินอื่น ๆ ในทางตรงกันข้ามชุดดิน ปากช่อง ภูสะนา วาริน และสตึก เป็นกลุ่มดินที่มีแร่เคโอลิไนต์เด่นมีค่า BC_K สูง เนื่องจาก มีทั้ง ค่า CEC และ %Clay ที่ต่ำ (ตารางที่ 2) จึงมีความสามารถตรึงโพแทสเซียมได้น้อย

3.2 การศึกษาสหสัมพันธ์ระหว่างค่า BC_K กับค่าวิเคราะห์สมบัติดิน

ได้ศึกษาสหสัมพันธ์ระหว่างค่า BC_K กับค่าวิเคราะห์สมบัติดิน (ตารางที่ 2) ของแต่ละชุดดิน โดยการใช้โปรแกรม SAS ในการวิเคราะห์การถดถอยพหุแบบขั้นตอน (stepwise multiple regression) และเลือกตัวแบบทางสถิติที่เหมาะสมที่สุดในการอธิบายความผันแปรของ BC_K โดยวิธีนำตัวแปรอิสระเข้าสู่สมการถดถอย และได้ตัวแบบทางสถิติที่ใช้ในการคาดคะเน BC_K (ตารางที่ 8)

จากตัวแบบทางสถิติของ BC_K ที่ได้จากการสกัด K โดยวิธี NH_4OAc, Mehlich 1, mixed nitric-perchloric acid และ Ca resin (ตารางที่ 9) แสดงให้เห็นถึงตัวแปรอิสระต่าง ๆ ที่มีผลต่อค่า BC_K ซึ่งความแตกต่างของตัวแปรอิสระทั้งหมดนี้เป็นผลมาจากวิธีที่ใช้ในการสกัด K โดยพบว่า Mg สามารถอธิบายความผันแปรของ BC_K NH_4OAc ได้ 54.6 % จากความผันแปรทั้งหมด ในขณะที่ BC_K Mehlich 1, BC_K mixed nitric-perchloric acid และ BC_K Ca resin ผันแปรกับ pH โดยผันแปร 86.4% 73.1 % และ 81.2 % ตามลำดับจากความผันแปรทั้งหมด จะเห็นว่า BC_K ของตัวแบบทั้ง Mehlich 1 และ Ca resin ให้ค่า $AdjR^2$ ที่สูงกว่าวิธีอื่น แสดงว่าทำนายค่า BC_K จากตัวแบบสมการได้ดีกว่าวิธีอื่น

ตัวแปรอิสระใน ตารางที่ 9 ซึ่งได้แก่ Mg และ pH มีอิทธิพลเชิงลบกับค่า BC_K เนื่องจาก Mg มีมากในดินที่มีแร่สเมกไทต์ (เอิบ, 2542) ซึ่งในแร่สเมกไทต์นี้มี Mg อยู่ทั้งบริเวณแผ่น Octahedron และระหว่างหลืบของแร่ อีกทั้งเมื่อเกิดการแทนที่ของ Al^{3+} ด้วย Mg^{2+} ทำให้เกิดประจุลบในแผ่น Octahedron ประจุลบในโครงสร้างนี้มีโอกาสตรึง K ได้ (ไพบูลย์, 2546) ส่วน pH มีอิทธิพลเชิงลบกับ BC_K Mehlich 1, BC_K mixed nitric-perchloric acid และ BC_K Ca resin ค่า pH ที่ต่ำ ทำให้ BC_K มีค่าสูง เนื่องจากการที่ดินมี pH ต่ำ แสดงถึง การตรึงโพแทสเซียมได้น้อย และปลดปล่อยโพแทสเซียมได้ง่าย เพราะ H^+ ถูกดูดยึดโดยคอลลอยด์ด้วยแรงเหนียวแน่นกว่าโพแทสเซียมและแคตไอออนอื่น ๆ (อำนาจ, 2524) และการเพิ่มของ pH มีผลทำให้โพแทสเซียมถูกตรึงมากขึ้น (Volk, 1934)

ตารางที่ 9 ตัวแบบที่ใช้ในการคาดคะเน BC_K ที่สกัดโพแทสเซียมโดยวิธี NH_4OAc, Mehlich 1, mixed nitric-perchloric acid และ Ca resin ของดินที่ปลูกข้าวโพด 10 ชุดดิน

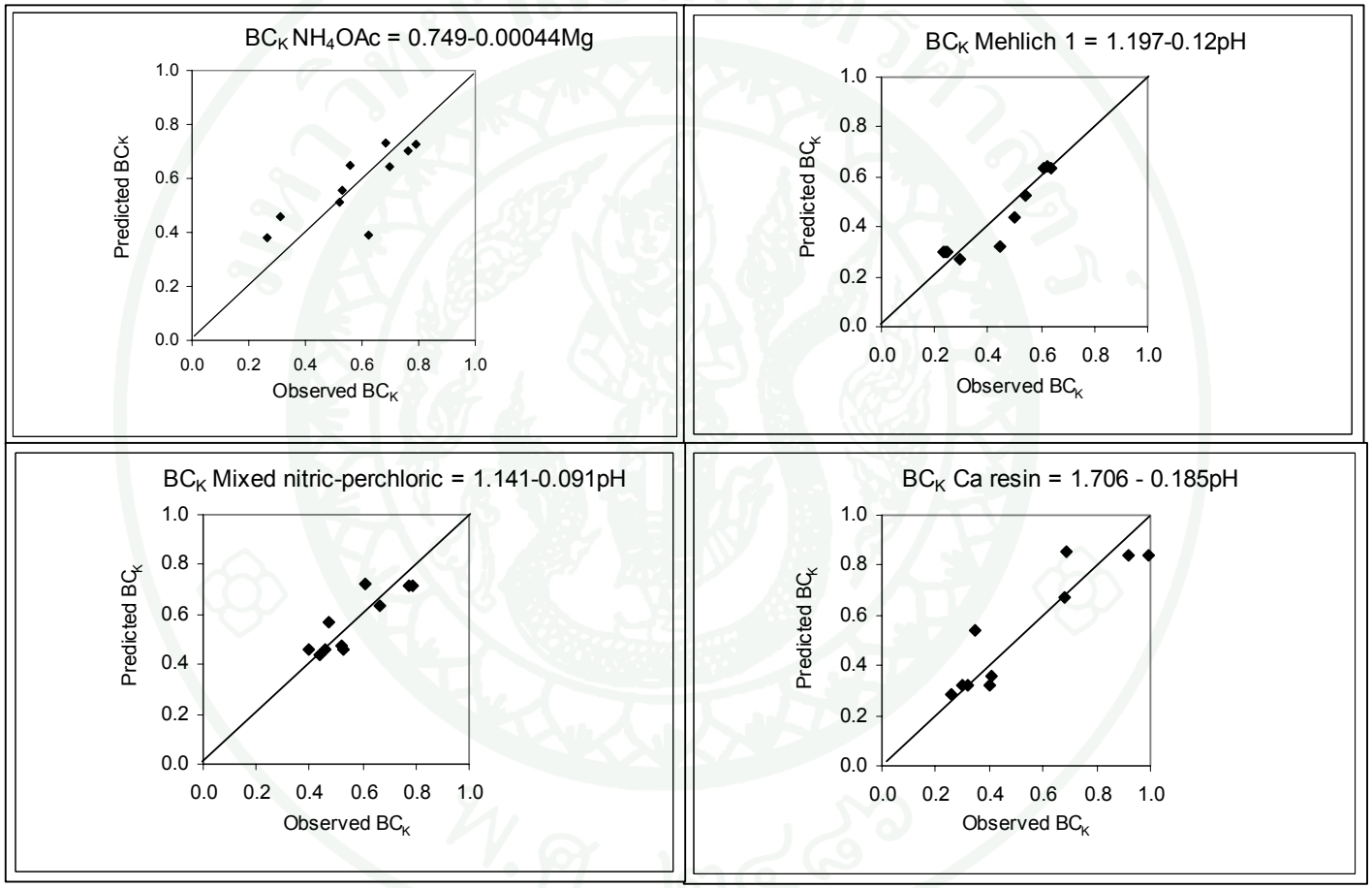
ตัวแบบทางสถิติ	สัมประสิทธิ์การกำหนดที่ปรับค่า ($AdjR^2$)
BC_K NH_4OAc = 0.749 – 0.00044Mg	0.546**
BC_K Mehlich 1 = 1.197 – 0.12pH	0.864**
BC_K mixed nitric-perchloric acid = 1.0088-0.075pH	0.731**
BC_K Ca resin = 0.882-0.099pH	0.812**

**มีความแตกต่างที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

3.3 การคาดคะเนค่า BC_K จากสมบัติของดิน โดยใช้ตัวแบบ NH_4OAc Mehlich 1 mixed nitric-perchloric acid และ Ca resin

เมื่อนำค่าวิเคราะห์สมบัติดิน (ตารางที่ 2) แทนค่าลงไปในตัวแบบ BC_K ทั้ง 4 สมการในตารางที่ 9 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง BC_K ที่ได้จากการคาดคะเนโดยตัวแบบ (predicted BC_K) กับ BC_K ที่ได้จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (observed BC_K) โดย 1:1 relationship (ภาพที่ 25) ซึ่งเป็นการพลอตกราฟระหว่าง observed BC_K (แกน x) กับ predicted BC_K (แกน Y)

ผลการศึกษา BC_K ที่ได้จากการสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี Mehlich 1, NH_4OAc, mixed nitric-perchloric acid และ Ca resin พบว่าทุกตัวแบบที่ได้จากการการวิเคราะห์การถดถอยพหุสามารถใช้ในการคาดคะเน BC_K ได้ เนื่องจากทุกจุดกระจายอยู่ใกล้เส้น 1:1 line แสดงว่า predicted BC_K มีค่าใกล้เคียงกับ observed BC_K แต่ในกรณี BC_K ที่ได้จากการสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี Mehlich 1 และ Ca resin สามารถใช้ในการคาดคะเน BC_K ได้ ดีกว่าอีก 2 วิธี เนื่องจาก predicted BC_K มีค่าใกล้เคียงกับ observed BC_K มากกว่าวิธีอื่น ๆ แสดงให้ว่า Mehlich 1 และ Ca resin เป็นวิธีการที่ใช้คาดคะเน predicted BC_K ได้ดีกว่าวิธีอื่น ๆ ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้



ภาพที่ 27 ความสัมพันธ์ระหว่าง observed BC_K กับ predicted BC_K โดยใช้ 1:1 relationship เส้นตรง คือ เส้น 1:1 line

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. การคำนวณ และเปรียบเทียบปริมาณความต้องการปุ๋ยโพแทสเซียมจากสมการคาดคะเนเมื่อใช้วิธีการสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี NH_4OAc, Mehlich 1, mixed nitric-perchloric acid และ Ca resin

ได้ทำการคำนวณโดยแทนค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลอง ลงในสมการคาดคะเนความต้องการโพแทสเซียม และเปรียบเทียบความต้องการปุ๋ยโพแทสเซียม เมื่อใช้วิธีการสกัดโพแทสเซียมที่แตกต่างกัน โดยใช้สมการความต้องการปุ๋ยโพแทสเซียมที่เสนอโดย Yost and Attanandana (2006)

$$K_{req}\ (kg\ K\ ha^{-1}) = (K_{critical} - K_{soil})/BC_K \times B.D. \times (Application\ depth/10 \times placement\ factor) + (Biomass\ removed \times K_{percentage}/100) \quad (1)$$

โดยที่

$K_{critical}$ = ค่าวิกฤติของโพแทสเซียมในดิน โดยใช้น้ำยาสกัดเดียวกันกับปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้จากดิน และชนิดเดียวกับที่ใช้หาค่า BC_K (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) (ตารางที่ 10)

K_{soil} = ปริมาณโพแทสเซียมดั้งเดิมในดิน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) (ตารางที่ 11)

BC_K = Buffer Coefficient for Potassium ในแต่ละวิธี

B.D. = ความหนาแน่นดิน กลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวสเมกไทต์เด่น ในที่นี้ให้มีค่า เท่ากับ 1.2 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร กลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เด่น เท่ากับ 1.5 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

Biomass removed = ปริมาณน้ำหนักแห้งของผลผลิตพืชในส่วนเหนือดิน ในกรณีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์คิดเฉพาะเมล็ดข้าวโพด เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่ไถกลบตอซังลงไปในดิน ในกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวสเมกไทต์เด่นในที่นี้ให้มีค่า= 6000 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ในกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เด่น ให้มีค่า = 4554 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ นำข้อมูลมาจากงานวิจัยโครงการ “การจัดการปุ๋ยเฉพาะพื้นที่สำหรับข้าวโพด”(ทัศนีย์ และสันติ, 2548)

$K_{percentage}$ = ปริมาณของโพแทสเซียมในส่วนของตัวแปร biomass removed ดังนั้นสมการที่ใช้คำนวณครั้งนี้จะนำเอา %K ในเมล็ดมาคำนวณเท่านั้น ค่าเฉลี่ยของ %K ในเมล็ดมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย และมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.5 %

Placement factor = วิธีการใส่ปุ๋ย ในกรณีของการใส่แบบเป็นแถวคำนวณจากอัตราส่วนของระยะทางระหว่างปุ๋ยที่ใส่ทั้ง 2 ด้านของพืชกับความกว้างของแถวที่ปลูกพืช ให้เท่ากับ 0.133

Application depth = ความลึกของปุ๋ยที่ใส่ลงไปในดินที่ระดับ 10 เซนติเมตร

ในการคาดคะเนคำแนะนำปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับดินที่ปลูกข้าวโพด โดยสมการความต้องการปุ๋ยโพแทสเซียม (1) กำหนดค่าตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้

4.1 ค่าวิกฤตของโพแทสเซียม (K *critical level*)

ค่าวิกฤตโพแทสเซียม คือ ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในดินระดับหนึ่งที่พืชไม่ตอบสนองต่อปุ๋ยที่ใส่ หมายความว่า ถ้าในดินมีโพแทสเซียมต่ำกว่าระดับนี้ การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นจะทำให้พืชให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ในการศึกษาค่าวิกฤตโพแทสเซียม ทำได้โดยใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมลงไปในดินอัตราต่าง ๆ วิเคราะห์ความเข้มข้นโพแทสเซียมเริ่มต้นในดิน ปลูกพืชและเก็บเกี่ยวผลผลิต นำค่าวิเคราะห์โพแทสเซียมในดินเริ่มต้นก่อนปลูกพืช มาศึกษาความสัมพันธ์กับผลผลิตที่ได้ โดยทั่วไปแล้วค่าวิกฤตโพแทสเซียมที่วิเคราะห์ได้จากแต่ละวิธีจะมีค่าแตกต่างกัน โดยในที่นี้ได้เลือกทำการวิเคราะห์โพแทสเซียมในดินโดยวิธี NH_4OAc ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในห้องปฏิบัติการดินและพืช ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิธี Mehlich 1 ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ทั่วไปตามห้องปฏิบัติการทั้งในประเทศและต่างประเทศ และวิธี Ca resin ซึ่งเป็นวิธีที่จำลองกลไกการดูดโพแทสเซียมของรากพืชโดย Askegaard *et al.* (2004)

เนื่องจากการเก็บตัวอย่างดินหลังใส่ปุ๋ยทันทีจะทำให้ได้ตัวอย่างดินที่ไม่สม่ำเสมอและขาดข้อมูลเกี่ยวกับเวลาที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูก ในการหาค่าวิกฤตโพแทสเซียมจึงใช้การเก็บตัวอย่างดินหลังเก็บเกี่ยว วิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมในดินแล้วใช้สมการของ ทัศนีย์และคณะ (2547) เพื่อคาดคะเนความเข้มข้นของโพแทสเซียมเริ่มต้น สมการที่ใช้มีดังนี้

$$ExtK_{before} = ExtK_{after} + K_{added} - K_{removed} \qquad (2)$$

$ExtK_{before}$ = ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินเริ่มต้นก่อนปลูกพืช (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

$ExtK_{after}$ = ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินที่หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิต (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

K_{added} = ปริมาณของปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใส่ลงไปในดิน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

$K_{removed}$ = ปริมาณของโพแทสเซียมที่หายออกไปจากดิน ในกรณีสมมุติว่าเกษตรกรนำเอาเมล็ดออกไปจากดินเท่านั้น โดยเหลือตอซังไว้ไถกลบลงไปในดิน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

Yost and Attanandana (2006) ได้ทำการปลูกข้าวโพดโดยมีตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในปริมาณต่าง ๆ กัน เพื่อศึกษาการตอบสนองของข้าวโพดต่อโพแทสเซียม และค่าวิกฤตของโพแทสเซียม ตำรับการทดลองของการตอบสนองของข้าวโพดต่อโพแทสเซียม และการศึกษาค่าวิกฤติของโพแทสเซียมมีดังนี้ กลุ่มดินที่มีแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เด่น มีค่าวิกฤติของโพแทสเซียมที่สกัดดินด้วยน้ำยา Mehlich 1 เท่ากับ 27 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 56 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับกลุ่มดินที่มีแร่ดินเหนียวสเมกไทต์เด่น (Yost and Attanandana , 2006)

เนื่องจากค่าวิกฤติของโพแทสเซียมที่ได้ทำการทดลองแล้วมีไม่ครบทุกน้ำยาสกัด จึงต้องใช้ความสัมพันธ์ของการสกัดโพแทสเซียม แต่ละวิธีสกัด เพื่อหาค่าวิกฤตโพแทสเซียมที่สกัดโดยน้ำยาสกัดอื่น ๆ

Mehlich 1 = -1.000 + 0.79NH_4OAc Adj R^2 = 0.9900**

Mehlich 1 = 8.290 + 1.681Ca resin Adj R^2 = 0.8734**

ตารางที่ 10 ค่าวิกฤติของโพแทสเซียมในดิน ในหน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ชุดดิน	NH_4OAc	Mehlich 1	Ca resin
ชัยบาดาล	72	56	27
ตาคลี	72	56	27
ลพบุรี	72	56	27
ลำนารายณ์	72	56	27
สมอทอด	72	56	27
สบปราบ	72	56	27
ปากช่อง	35	27	35
ภูสะนา	35	27	35
วาริน	35	27	35
สตึก	35	27	35

4.2 ปริมาณโพแทสเซียมดั้งเดิมในดิน (K*soil*)

ปริมาณโพแทสเซียมดั้งเดิมในดินสกัดโดย วิธีสกัดโพแทสเซียมทั้ง 3 วิธี NH_4OAc, Mehlich 1 และ Ca resin

ตารางที่ 11 ปริมาณโพแทสเซียมดั้งเดิมในดิน ที่สกัดโพแทสเซียมโดยวิธี NH_4OAc, Mehlich 1, และ Ca resin (60 วัน)

ชุดดิน	โพแทสเซียมที่สกัดได้ (mg kg^{-1})		
	NH_4OAc	Mehlich 1	Ca resin
ชัยบาดาล	84	26	32
ตาคลี	188	58	79
ลพบุรี	117	31	37
ลำนารายณ์	264	58	92
สมอทอด	116	96	54
สบปราบ	46	32	30
ปากช่อง	38	21	27
ภูสะนา	12	8	12
วาริน	19	16	23
สตึก	22	23	27

4.3 ค่า Buffer Coefficient for Potassium (BC_K) ของดินที่ใช้ปลูกข้าวโพดทั้ง 10 ชุดดิน

ค่า Buffer Coefficient for Potassium (BC_K) ได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการโดยการบ่มดินแต่ละดินที่ความเข้มข้นของโพแทสเซียมระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 2 สัปดาห์ โดยในการคาดคะเนค่าความต้องการปุ๋ยโพแทสเซียมนี้ ใช้ค่า BC_K จากตารางที่ 6

ตารางที่ 12 ผลการคาดคะเนความต้องการโพแทสเซียมที่ได้จากการสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี NH_4OAc

ชุดดิน	B.D. ($Mg\ m^{-3}$)	Kcritical ($mg\ kg^{-1}$)	Ksoil ($mg\ kg^{-1}$)	BC_K	เมล็ด ($kg\ ha^{-1}$)	คำแนะนำปุ๋ยที่ได้จากการคาดคะเน ($kg\ ha^{-1}$)	($kg\ rai^{-1}$)
ชัยบาดาล	1.2	72	84	0.6253	6000	27.0	4.3
ตาคลี	1.2	72	188	0.5231	6000	0	0
ลพบุรี	1.2	72	117	0.5603	6000	17.3	2.8
ลำนารายณ์	1.2	72	264	0.2659	6000	0	0
สมอทอด	1.2	72	116	0.5302	6000	16.8	2.7
สบปราบ	1.2	72	46	0.3119	6000	43.3	6.9
ปากช่อง	1.5	35	38	0.6959	4554	21.9	3.5
ภูสะนา	1.5	35	12	0.762	4554	28.8	4.6
วาริน	1.5	35	19	0.6824	4554	27.4	4.4
สตึก	1.5	35	22	0.7915	4554	26.0	4.2

จากตารางที่ 12 พบว่า ผลการคาดคะเนคำแนะนำปุ๋ยโพแทสเซียมของวิธี NH_4OAc ของแต่ละชุดดินแตกต่างกันไปตามปริมาณโพแทสเซียมดั้งเดิมในดิน ในกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวสเมกไทต์เด่น ดินที่มีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้โดยวิธี NH_4OAc น้อยกว่า 117 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เป็นต้นไป ได้แก่ชุดดินชัยบาดาล ลพบุรีและสบปราบ แสดงความต้องการปุ๋ยโพแทสเซียมเท่ากับ 4.3, 2.8 และ 6.9 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนดินที่มีปริมาณโพแทสเซียมมากกว่า 188 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เป็นต้นไป ได้แก่ชุดดินตาคลี และลำนารายณ์ ไม่ต้องการปุ๋ยโพแทสเซียม ดังนั้นปริมาณโพแทสเซียมดั้งเดิมในดินที่อยู่ในช่วง 188-264 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม นี้จึงคาดว่าน่าจะเพียงพอแก่การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เพื่อให้ได้ผลผลิต 6000 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวสเมกไทต์เด่น ส่วนกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เด่น ปริมาณโพแทสเซียมดั้งเดิมในดินเท่ากับ 38 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมไม่เพียงพอ เห็นได้จากชุดดินปากช่อง ภูสะนา วาริน สตึก มีความต้องการปุ๋ยโพแทสเซียมในดิน เท่ากับ 3.5, 4.6, 4.4 และ 4.2 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ เพื่อให้ได้ผลผลิตประมาณ 4554 กิโลกรัมต่อไร่ อย่างไรก็ตาม ผลคำแนะนำปุ๋ยโพแทสเซียมที่ได้จากการคาดคะเนนี้ต้องมีการทดสอบในภาคสนาม

ตารางที่ 13 ผลการคาดคะเนความต้องการโพแทสเซียมที่ได้จากการสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี Mehlich 1

ชุดดิน	B.D. ($Mg\ m^{-3}$)	Kcritical ($mg\ kg^{-1}$)	Ksoil ($mg\ kg^{-1}$)	BC_K	เมล็ด ($kg\ ha^{-1}$)	คำแนะนำปุ๋ยที่ได้จากการคาดคะเน ($kg\ ha^{-1}$)	($kg\ rai^{-1}$)
ชัยบาดาล	1.2	56	26	0.2938	6000	46.4	7.4
ตาคลี	1.2	56	58	0.2465	6000	28.9	4.6
ลพบุรี	1.2	56	31	0.2335	6000	47.4	7.6
ลำนารายณ์	1.2	56	58	0.2375	6000	28.8	4.6
สมอทอด	1.2	56	96	0.4994	6000	17.4	2.8
สบปราบ	1.2	56	32	0.447	6000	38.7	6.2
ปากช่อง	1.5	27	21	0.5392	4554	25.0	4.0
ภูสะนา	1.5	27	9	0.6251	4554	28.5	4.6
วาริน	1.5	27	16	0.6389	4554	26.2	4.2
สตึก	1.5	27	23	0.6079	4554	24.0	3.8

จากตารางที่ 13 ผลการคาดคะเนคำแนะนำปุ๋ยโพแทสเซียมที่ได้จากการวิเคราะห์โพแทสเซียมโดยวิธี Mehlich 1 ซึ่งแตกต่างจากวิธี NH_4OAc (ตารางที่ 12) โดยพบว่า ดินส่วนใหญ่แสดงความต้องการปุ๋ยโพแทสเซียมเนื่องจากปริมาณโพแทสเซียมดั้งเดิมในดินที่ได้จากการวิเคราะห์โดยวิธี Mehlich 1 ของดินเหล่านี้มีค่าค่อนข้างต่ำ โดยพบว่า ทั้งกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวสเมกไทต์เด่น และกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เด่นต้องการปุ๋ยโพแทสเซียมเพิ่มเติมในการให้ผลผลิต 6000 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ และ 4554 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ แต่เมื่อเปรียบเทียบผลการคาดคะเนคำแนะนำปุ๋ยโพแทสเซียมของชุดดินชัยบาดาลซึ่งอยู่ในกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียว สเมกไทต์เด่น และชุดดินสตึกในกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เด่น พบว่าดินทั้งสองชุดดินมีปริมาณโพแทสเซียมดั้งเดิมใกล้เคียงกันมาก คือ 26 และ 23 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ แต่คำแนะนำปุ๋ยโพแทสเซียมของทั้งสองกลับแตกต่างกันมาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่านอกเหนือจากปริมาณโพแทสเซียมดั้งเดิมในดิน และ ค่าวิกฤตโพแทสเซียมในดินแล้ว ค่า BC_K ยังมีความสำคัญมากต่อการคาดคะเนคำแนะนำปุ๋ยโพแทสเซียม ดินที่มีค่า BC_K สูงกว่า ต้องการปุ๋ยต่ำกว่า เนื่องจากดินมีความสามารถในการปลดปล่อยโพแทสเซียมสูงกว่า

ตารางที่ 14 ผลการคาดคะเนความต้องการโพแทสเซียมที่ได้จากการสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin (60 วัน)

ชุดดิน	B.D.	Kcritical	Ksoil	BC_K	เมล็ด	คำแนะนำปุ๋ยที่ได้จากการคาดคะเน	
	($Mg\ m^{-3}$)	($mg\ kg^{-1}$)	($mg\ kg^{-1}$)		($kg\ ha^{-1}$)	($kg\ ha^{-1}$)	($kg\ rai^{-1}$)
ชัยบาดาล	1.2	27	32	0.2599	6000	26.9	4.3
ตาคลี	1.2	27	79	0.2985	6000	2.2	0.4
ลพบุรี	1.2	27	37	0.4037	6000	26.0	4.2
ลำนารายณ์	1.2	27	92	0.3223	6000	0	0
สมอทอด	1.2	27	54	0.3464	6000	17.6	2.8
สบปราบ	1.2	27	30	0.4051	6000	28.8	4.6
ปากช่อง	1.5	35	27	0.6836	4554	25.1	4.0
ภูสะนา	1.5	35	12	0.6852	4554	29.5	4.7
วาริน	1.5	35	23	0.9177	4554	25.4	4.1
สตึก	1.5	35	27	0.9962	4554	24.4	3.9

จากตารางที่ 14 ผลการคาดคะเนคำแนะนำปุ๋ยโพแทสเซียมที่ได้จากการวิเคราะห์โพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin (60 วัน) พบว่า ผลการคาดคะเนของกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวสเมกไทต์เด่น แสดงความต้องการปุ๋ยโพแทสเซียมอย่างน้อย 4.6 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งน้อยกว่าน้ำยาสกัด NH_4OAc และ Mehlich 1 เพื่อให้ได้ผลผลิต 6000 $kg\ rai^{-1}$ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองในภาคสนามเมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราที่แตกต่างกันคือ 0, 2.5, 5, 10 และ 15 $kg\ rai^{-1}$ ในชุดดินลพบุรี, ตาคลี และลำนารายณ์ ปรากฏว่าไม่มีความแตกต่างของผลผลิตข้าวโพดเมื่อมีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเพิ่มมากขึ้น (ประดิษฐ์ และคณะ, 2542) แสดงถึงดินกลุ่มแร่ดินเหนียวสเมกไทต์เด่นนี้ไม่ตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทสเซียม ส่วนผลการคาดคะเนความต้องการปุ๋ยโพแทสเซียมของกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียว เคโอลิไนต์เด่น มีค่าความต้องการปุ๋ยโพแทสเซียมใกล้เคียงกับวิธีการสกัดโพแทสเซียม โดยวิธี Mehlich 1 โดยแตกต่างกันไม่เกิน 0.1 $kg\ rai^{-1}$ ซึ่งวิธี Mehlich 1 นี้เป็นวิธีที่ใช้ในการคาดคะเนโพแทสเซียมโดยสมการ K algorithm ในปัจจุบัน แสดงให้เห็นว่า วิธี Ca resin อาจเป็นทางเลือกหนึ่งในการปรับปรุงวิธีสกัดโพแทสเซียมในดินกลุ่มที่มีแร่ดินเหนียวสเมกไทต์เด่น จากการศึกษานี้จะเห็นได้ว่าวิธี Ca resin เป็นวิธีที่น่าสนใจในการใช้คาดคะเนคำแนะนำปุ๋ยโพแทสเซียม อย่างไรก็ตามผลคำแนะนำปุ๋ยโพแทสเซียมที่ได้จากการคาดคะเนโดยใช้น้ำยาสกัดต่าง ๆ นั้นควรมีการทดสอบในภาคสนามก่อนนำไปใช้จริง

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่ปลดปล่อยออกมาเมื่อครบระยะเวลา 150 วัน ในกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวสเมกไทต์เด่น (ชุดดินชัยบาดาล ตาคลี ลพบุรี ลำนารายณ์ สมอทอด และสบปราบ) มีค่ามากกว่าในกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เด่น (ชุดดินปากช่อง ภูสะนา วาริน และสตึก) โดยมีค่า 55.6–239.5 mg kg^{-1} และ 20.5-47.3 mg kg^{-1} ตามลำดับ เมื่อสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin ซึ่งแบบแผนการปลดปล่อยโพแทสเซียมสามารถอธิบายได้ดีโดย Elovich equation

2. เมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมลงในดินที่ความเข้มข้นต่าง ๆ การปลดปล่อยโพแทสเซียมของกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เด่นมีค่าการปลดปล่อยโพแทสเซียมเริ่มแรกสูง และสูงขึ้นต่อเนื่องอย่างรวดเร็วในช่วงระยะแรกของการปลดปล่อย (10 วัน) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวสเมกไทต์เด่นซึ่งมีค่าการปลดปล่อยโพแทสเซียมเริ่มแรกต่ำกว่า และมีการปลดปล่อยโพแทสเซียมสูงขึ้นอย่างช้า ๆ ในช่วงระยะเวลา 20 วัน แสดงถึงกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เด่นสามารถตรึงโพแทสเซียมได้น้อยกว่ากลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวสเมกไทต์เด่น เนื่องจากกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เด่นมี CEC ปริมาณ Clay และ pH ที่ต่ำกว่า จึงตรึงโพแทสเซียมได้น้อยกว่า เมื่อสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin ส่วนวิธี mixed nitric-perchloric acid ไม่เหมาะสมที่จะใช้ในการศึกษาการปลดปล่อยโพแทสเซียม

3. Buffer coefficient for K (BC_K) ของดินที่ปลูกข้าวโพดในประเทศไทย ที่วิเคราะห์โพแทสเซียมโดยวิธี NH_4OAc, Mehlich 1, mixed nitric perchloric acid และ Ca resin มีค่าแตกต่างกันขึ้นกับสมบัติดิน พบว่า BC_K ที่ได้ในแต่ละวิธีสกัดโพแทสเซียมมีค่าแตกต่างกัน โดย BC_K ที่สกัดด้วย Mehlich 1 และ Ca resin ของชุดดินในกลุ่มที่มีแร่สเมกไทต์เด่นมีค่า BC_K ต่ำ ส่วนดินที่มีกลุ่มแร่เคโอลิไนต์เด่นมีค่า BC_K สูง และจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง BC_K กับสมบัติของดินโดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุ พบว่า BC_K โดย NH_4OAc สัมพันธ์กับ Mg ($AdjR^2$ = 0.546**) ส่วน BC_K โดย Mehlich 1, BC_K โดย mixed nitric-perchloric acid และ BC_K โดย Ca resin มีความสัมพันธ์กับ pH ($AdjR^2$ = 0.864**, 0.731** และ 0.812** ตามลำดับ) เมื่อนำค่า observed BC_K และ predicted BC_K จากตัวแบบมาหาความสัมพันธ์กันโดยใช้ ความสัมพันธ์ 1:1 line พบว่า predicted BC_K และ observed BC_K ที่ได้จากการใช้น้ำยาสกัด Mehlich 1 และ Ca resin มีค่าใกล้เคียง

กันมาก แต่การใช้น้ำยาสกัด Mehlich 1 ทำได้ง่าย และมีราคาถูกกว่า การใช้ Ca resin สกัด ดังนั้นวิธี Mehlich 1 จึงเป็นวิธีที่ดีที่สุดในการคาดคะเนค่า BC_K จากสมบัติของดิน

4. ความต้องการโพแทสเซียมของดินที่ปลูกข้าวโพด 10 ชุดดิน ที่ได้จากการคาดคะเนโดยสมการความต้องการโพแทสเซียม เมื่อวิเคราะห์โพแทสเซียมในดินโดยวิธี NH_4OAc, Mehlich 1 และ Ca resin จะเห็นได้ว่าเมื่อใช้ Ca resin คาดคะเนคำแนะนำปุ๋ยโพแทสเซียมในกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เด่น มีค่าใกล้เคียงกับวิธี Mehlich 1 แต่คำแนะนำมีค่าแตกต่างกันในกลุ่มดินสเมกไทต์ระหว่างวิธี Mehlich 1 และ Ca resin คำแนะนำที่ใช้วิธี Ca resin มีแนวโน้มที่ดีน่าเชื่อถือมากกว่าเมื่อใช้คาดคะเนสำหรับกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวสเมกไทต์เด่น จากการศึกษาทำให้เห็นถึง วิธี Ca resin เป็นวิธีที่เหมาะสมในการใช้ปรับปรุงสมการคาดคะเนคำแนะนำปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวสเมกไทต์เด่น แต่อย่างไรก็ตามควรทดสอบคำแนะนำที่คาดคะเนได้ในภาคสนาม เพื่อนำไปใช้ต่อไป

ข้อเสนอแนะ

เกณฑ์ที่ใช้ในการเลือกชุดดินมาศึกษาครั้งนี้ ได้เลือกดินปลูกข้าวโพดที่ครอบคลุมพื้นที่ปลูกข้าวโพดส่วนใหญ่ในประเทศไทย เพื่อเป็นตัวแทนที่เหมาะสมในการศึกษาผลการวิจัย พบว่า Mehlich 1 เป็นน้ำยาสกัดที่เหมาะสมในการศึกษาการคาดคะเนคำแนะนำปุ๋ยโพแทสเซียมในกลุ่มชุดดินที่มีแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เด่น แต่ในกรณีของกลุ่มชุดดินที่มีแร่สเมกไทต์เด่น วิธี Ca resin น่าจะเหมาะสมกว่า แต่การใช้ Ca resin ปฏิบัติได้ยากกว่า แต่สามารถทำได้ง่ายโดยใช้การหาค่า Exchangeable K (NH_4OAc) จากนั้นแทนค่าลงในสมการ K (Ca resin 60 วัน) = 13.148 + 0.305Exchangeable K (Adj R^2 = 0.9201**) เพื่อสามารถหาค่าโพแทสเซียมที่สกัดโดยวิธี Ca resin ที่ 60 วันได้

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2544. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น.** ครั้งที่ 9. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, ทวีศักดิ์ เวียรศิลป์, กู้เกียรติ สร้อยทอง และ อรุณี เจริญศักดิ์ศิริ. 2547. **โครงการระบบสนับสนุนการใช้ปุ๋ยเคมีสำหรับการผลิตข้าวโพด : ระยะที่ 3.**

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ และ สันติ ธีราภรณ์. 2548. **รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการ "การจัดการปุ๋ยเฉพาะพื้นที่สำหรับข้าวโพด โดยใช้โปรแกรมสนับสนุนการตัดสินใจและการวิเคราะห์ดิน".**

ไพบูลย์ วิวัฒน์วงศ์วนา. 2546. **เคมีดิน**. ห้างหุ้นส่วนจำกัดเชียงใหม่พิมพ์สวย., เชียงใหม่.

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2544. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน.** ครั้งที่ 1. โอ.เอส.พริ้นติ้ง เฮ้าส์, กรุงเทพฯ.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2546. **ธาตุอาหารพืช.** ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สมพร คนยงค์. 2551. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน** http://courseware.rmutl.ac.th/courses/53/unit000.htm. แหล่งที่มา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี, 18 กันยายน 2551.

_____. 2550. **ผลพยากรณ์รายสินค้า.** สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/mis/Forecast/page3_th.htm, 1 กรกฎาคม 2551.

_____. 2548ก. **ลักษณะและสมบัติของชุดดินในภาคเหนือและที่สูงตอนกลางของประเทศไทย**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 53/03/48. กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

_____. 2548ข. **ลักษณะและสมบัติของชุดดินในภาคกลางของประเทศไทย**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 54/03/48. กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

_____. 2548ค. **ลักษณะและสมบัติของชุดดินในภาคออกตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 55/03/48. กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

เอิบ เขียวรื่นรมณ์. 2542. **การสำรวจดิน.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

อำนาจ สุวรรณฤทธิ์. 2524. **ธาตุพอตัสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน กับความอุดมสมบูรณ์ของดิน.** โครงการวิจัยและแนะนำทางเทคโนโลยีของดินและปุ๋ย ใน เอกสารวิชาการฉบับที่ 8, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Askegaard, M., H.C.B. Hansen and J.K. Schjoerring. 2004. A cation exchange resin method for measuring long-term potassium release rates from soil. **Plant and Soil** 271: 63-74.

Assimakopoulos, J.H., N.J. Yassoglou. and C.P. Bovis. 1994. Effect of incubation at different water contents, air-drying and K-additions on potassium availability of a vertisol sample. **Geoderma** 62: 223-236.

Attanandana, T., R. Yost, T. Vearsilp, K. Soitong, and C. Sangchayosawat. 2004. Final Report, FAO Project TCP/THA/2901, Sustainable Maize Production through the Use of a Location Specific Nutrient Management Decision Support System (TCP/THA/2901A).

Attoe. O.J. 1946. Potassium fixation and release in soils occurring under moist and drying conditions. **Soil Sci. Soc. Proc.** 11: 145-149.

Benipal, D.S., N.S. Pasricha and R. Singh. 2006. Potassium release to proton saturated resin and its diffusion characteristics in some alluvial soils. **Geoderma** 132: 464-470.

Bhonsle, N.S., S.K. Pal and G.S. Sekhon. 1992. Relationship of K forms and release characteristics with clay mineralogy. **Geoderma** 54: 285-293.

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

Bolton, H.C. 1882. Application of organic acids to the examination of minerals. **Proceedings of American Association of Advanced Science** 31: 3-7.

Cassman, K.G., D.C. Bryant and B.A. Roberts. 1990. Comparison of soil test methods for predicting cotton response to soil and fertilizer potassium on potassium fixing soils. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.** 21: 1727-1743.

Ching, P.C. and S.A. Barbers. 1979. Evaluation of temperature effects on K uptake by corn. **Agron. J.** 71: 1040-1044.

Conti, M. E., A. M. De La Horra, D. Effron, and D. Zourarakis. 2001. Factors affecting potassium fixation in Argentine agricultural soils. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.** 32: 2679–2690.

Dhillon, S.K. and K.S. Dhillon. 1989. Kinetics of release of non-exchangeable potassium by cation-saturated resins from red (Alfisols), black (Vertisols) and alluvial (Inceptisols) Soils of India. **Geoderma** 47: 283-300.

Dhillon, S.K. and K.S. Dhillon. 1992. Kinetics of release of potassium by sodium tetraphenylboron from some top soil samples of red (Alfisols), black (Vertisols) and alluvial (Inceptisols and Entisols) soils of Indian. **Fertil. Res.** 32 : 135-138.

Dowdy, R.H. and T.B. Hutcheson. 1963a. Effect of exchangeable potassium level and drying on release and fixation of potassium by soils as related to clay mineralogy. **Soil Sci. Soc. Proc. 27: 31-34.**

Dowdy, R.H. and T.B. Hutcheson. 1963b. Effect of exchangeable potassium level and drying upon availability of potassium to plants. **Soil Sci. Soc. Proc.** 27: 521-523.

Eckert, D.J. and M.E. Watson. 1996. Integrating the Mehlich extractant into existing soil test interpretation schemes. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.** 27: 1237-1249.

Eick, M.J., B.T. Asher, D.L. Sparks and S. Feigenbaum. 1990. Analyses of adsorption kinetics using a stirred-flow chamber: II. Potassium-calcium exchange on clay minerals. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 54: 1278-1282.

Evangelou, V.P. and A.D. Karathanasis. 1986. Evaluation of potassium Quantity-Intensity relationships by a computer model employing the gapon equation. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 50: 58-62.

Feigenbaum, S., R. Edelstein and I. Shainberg. 1981. Release rate of potassium and structural cations from micas to ion exchangers in dilute solutions. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 45: 501-506.

Gee, G.W. and J.W. Bauder. 1986. Particle-size analysis, pp. 383-411. In A. Klute (ed.), **Methods of Soil Analysis, Part I. Physical and Mineralogical Methods.** Agronomy, No. 9. Amer. Soc. Agron. Inc., Madison, WI.

Ghosh, B.N. and R.D. Singh. 2001. Potassium release characteristics of some soils of Utter Predesh hills varying in altitude and their relationship with forms of soil K and clay mineralogy. **Geoderma** 104: 135-144.

Haby, V.A., M.P. Russelle, and E.O. Skogley. 1990. Testing soils for potassium, calcium, and magnesium. pp. 181-228. In R.L. Westerman (ed.), **Soil Testing and Plant Analysis.** Soil Science Society of America, Madison, WI.

Havlin, J.L., and D.G. Westfall. 1985. Potassium release kinetics and plant response in calcareous soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 49: 366-370.

Havlin, J. L., S. L. Tisdale, J. D. Beaton and W. L. Nelson. 2005. **Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management.** 7 ed. Pearson Prentice Hall Inc., New Jersey.

Hoagland, D.R. and J.C. Martin. 1933. Absorption of plants in relation to replaceable, non-replaceable and soil solution potassium. **Soil Sci.** 36: 1-33.

Huang, W.H. and D.A. Keller. 1970. Dissolution of rock forming minerals in organic acids. **American Minerals** 55: 2076-2094.

Hundal, L.S. and N.S. Pasricha. 1997. Adsorption-desorption kinetics of potassium as influenced by temperature and background anions. **Geoderma** 83: 215-225.

Jackson, B.L.J. 1985. A modified sodium tetraphenylboron method for the routine determination of reserve-potassium status of soil. **N.Z.J. Exp. Agric.** 13: 253-262.

Jackson, M.L. 1965. **Soil Chemical Analysis-Advanced Course.** Department of Soil Science, University of Wisconsin.

Jackson, M.L. 1975. **Soil Chemical Analysis.** Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J., U.S.A.

Jalali, M. 2005. Release kinetics of non-exchangeable potassium in calcareous soils. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.** 36: 1903-1917.

Jalali, M. 2006. Kinetics of nonexchangeable potassium release and availability in some calcareous soils of western Iran. **Geoderma** 135: 63-71.

Jalali, M. 2008. Effect of sodium and magnesium on kinetics of potassium release in some calcareous soils of western Iran. **Geoderma** 145 : 207-215.

Jones, J.B. 2001. **Labolatory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis.** CRC Press, Boca Raton.

Krishnakumari, M., M.S. Khera and A.B. Ghosh. 1984. Studies on potassium release in an Inceptisol soil (Holambi Series) at the minimum level fo exchangeable potassium. **Plant and Soil** 79: 3-10.

Lopez-Pineiro, A. and Garcia Navarro, A., 1997. Potassium release kinetics and availability in unfertilized Vertisols of south western Spain. **Soil Sci.** 162 : 912-918.

Martin, J., C.R. Overstreet and D.R. Hoagland. 1946. Potassium fixation in soils in replaceable and nonreplaceable forms in relation to chemical reaction in the soil. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.** 10: 94-101.

Martin, H.W. and D.L. Spark. 1983. Kinetic of non-exchangeable potassium release from two coastal plain soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 47: 883-887.

Mclean, E.O. 1976. Exchangeable K levels for maximum crop yields on yields on soils of different cation exchange capacities. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.** 7: 823-838.

Mengel, K and K. Uhlenbecker. 1993. Determination of available interlayer potassium and its uptake by ryegrass. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 57: 761-766.

Mortland, M.M. 1958. Kinetics of potassium release from biotite. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.** 22: 503-508.

Mylavarapu, R.S., J.F. Sanchez, J.H. Nguyen and J.M. Bartos. 2002. Evaluation of Mehlich-1 and Mehlich-3 extraction procedures for plant nutrient in acid mineral soils of florida. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.** 33: 807-820.

Nilawonk, W., T. Attanandana, A. Phonphoem, R. Yost and X. Shuai. 2008. Potassium release in representative maize-producing soil of thailand. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 72: 791-797.

Nilawonk, W. n.d. **Plant-available potassium determination using different extraction methods.** Department of Soil Science, Kasetsart University, Bangkok. (Unpublished manuscript)

Nilawonk, W. 2009. Estimating Potassium Supplying Power of Selected Maize Soils of Thailand. **Ph.D. thesis**. Kasetsart University, Bangkok. Thailand.

Pratt, P.F. 1951. Potassium removed from Iowa soils by greenhouse and laboratory procedures. **Soil Sci.** 72: 107-117.

Peech, M., L.T. Alexander, L.A. Dean and J.F. Reed. 1947. **Method of Soil Analysis for Soil Fertility Investigations.** US Dept. Agr. Circ.

Portela, E. A.C. 1993. Potassium supplying capacity of northeastern Portugese soils. **Plant and Soil** 154: 13-20.

Rahmatullah and K. Mengel. 2000. Potassium release from mineral structures by H^+ ion resin. **Geoderma** 96: 291-305.

Rasmussen, K. 1972. Potash in feldspars. **Proceedings of Colloquium of International Potash Institute.** 9: 57-60.

Rausell-Colom, J.A., T.R. Sweetman, L.B. Wells and K. Norrish. 1965. Studies in the artificial weathering of micas, pp. 40-70. *In* E.G. Hallsworth and D.V. Crawford, (eds.), **Experimental Pedology.** Butterworths, London, UK.

Rehm, G. and M. Schmitt. 2002. **Potassium for crop production.** www.extension.umn.edu/distribution/cropsystems/DC6794. Available Source: University of Minnesota, June 26, 2007.

Richards, J.E. and T.E. Bate. 1988. Studies on the potassium-supplying capacities of southern Ontario soils : II. Nitric acid extraction of nonexchangeable K and its availability to crops. **Can. J. Soil Sci.** 68: 199-208.

Richards, J.E. and T.E. Bates. 1989. Studies on the potassium-supplying capacities of southern Ontario soils: III. Measurement of available K. **Can. J. Soil Sci.** 69: 596-610.

Sardi, K., and G. Csitari. 1998. Potassium fixation of different soil types and nutrient levels. Commun. **Soil Sci. Plant. Anal.** 29: 1843–1850.

Sawhney, B.L. and G.K. Voight. 1969. Chemical and biological weathering in vermiculite from Transvaal. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.** 33: 625-629.

Schmitz, G.W. and P.F. Pratt. 1953. Exchangeable and non-exchangeable potassium as indexes to yield increases and potassium absorption by corn in the greenhouse. **Soil Sci.** 76: 345-353.

Schulte, E.E. and R.B. Corey. 1965. Extraction of potassium from soils with sodium tetraphenyl boron. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.** 29: 33-35.

Simonsson, M., S. Andersson, Y. Andrist-Rangel, S. Hillier, L. Mattsson and I. Oborn. 2007. Potassium release and fixation as a function of fertilizer application rate and soil parent material. **Geoderma** 140: 188-198.

Smith, S.J. and A.D. Scott. 1966. Extractable potassium in grundite illite: Method of extraction. **Soil Sci.** 102: 115-122.

Sparks, D.L. and W.C. Liebhardt. 1981. Effect of long-term lime and potassium application on quantity-intensity (Q/I) relationships in sandy soil. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 45:786-790.

Sparks, D.L. and P.M. Huang. 1985. Physical chemistry of soil potassium, pp. 201-276. *In* Robert D. Munson, (ed.), **Potassium in Agriculture.** American Society of Agronomy, U.S.A.

Sparks, D.L. 1987. Potassium dynamics in soils. **Adv. Soil Sci.** 6: 1-63.

Srinivasa Rao, C., T.R. Rupa, A. Subba Rao and S.K. Bansal. 2001. Subsoil potassium availability in twenty-two benchmark soil series of India. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.** 32 : 863-876.

Steffens, D. and D.L. Sparks. 1997. Kinetics of nonexchangeable ammonium release from soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 61: 455-462.

Thomas, G.M. 1996. **Methods of Soil Analysis, Part 3 Chemical Method.** Soil Science Society of America, Inc, Madison, Wisconsin, USA.

Volk, N.J. 1934. The fixation of potash in difficulty available forms in soils. **Soil Sci.** 37: 267-287.

Walkley, A. and C.A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic titration method. **Soil Sci.** 37: 29-38.

Weed, S.B., C.B. Davey and M.G. Cook. 1969. Weathering of mica by fungi. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.** 33:702-706.

Yost, R. and T. Attanandana. 2006. Predicting and testing site-specific potassium fertilization of maize in soils of the tropics-an example from Thailand. **Soil Sci.** 171: 968-980.

Yuen, S.H. and A.G. Pollard. 1952. The determination of nitrogen in agriculture materials by the Nessler reagent. I, preparation of the reagent. **J. Sci. Food and Agr .** 3: 441-447.

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 ปริมาณการปลดปล่อยโพแทสเซียมในดินที่นำมาศึกษา 10 ชุดดิน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin

ชุดดิน	ระยะเวลาการบ่มดิน (วัน)												
	1	2	4	6	10	15	20	25	40	60	90	120	150
ชัยบาดาล	16.55	21.63	29.66	35.53	46.05	55.11	61.55	67.91	77.44	82.13	86.35	94.69	96.32
ตาคลี	30.18	45.91	69.62	86.86	114.22	135.12	150.75	165.12	182.36	189.61	198.90	206.21	210.46
ลพบุรี	14.82	27.41	40.55	49.92	62.36	72.18	79.30	87.37	95.89	99.67	103.61	108.12	109.47
ลำนารายณ์	25.99	47.86	73.88	92.90	123.23	146.19	165.43	183.99	204.66	214.05	225.04	233.89	239.55
สมอทอด	10.47	19.04	30.32	39.48	54.04	65.06	73.64	80.66	90.89	94.46	98.75	103.01	105.78
สบปราบ	7.84	12.61	18.77	23.86	30.55	36.32	39.24	43.01	47.77	49.57	51.00	54.57	55.60
ปากช่อง	6.02	10.75	15.73	18.54	24.15	28.39	31.71	36.19	41.16	43.17	45.03	46.78	47.34
ภูสะนา	2.89	4.62	6.45	7.30	9.28	11.12	11.90	13.33	15.32	16.02	17.10	18.60	20.52
วาริน	5.48	10.20	14.00	16.08	17.96	22.12	23.70	31.54	35.15	35.58	35.98	40.37	42.13
สตึก	8.00	12.10	15.41	17.91	18.96	20.39	21.04	24.41	26.42	26.60	27.21	30.16	30.57

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 ปริมาณการปลดปล่อยโพแทสเซียมในดินที่นำมาศึกษา 10 ชุดดิน ในหน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin

	1 วัน									
ความเข้มข้น mg K .kg^{-1} soil	ชัยบาดาล	ตาคลี	ลพบุรี	ลำนารายณ์	สมอทอด	สบปราบ	ปากช่อง	ภูสะนา	วาริน	สตึก
0	12.97	31.61	22.48	31.07	22.85	10.27	8.80	2.72	8.58	11.56
200	30.58	41.80	35.30	50.93	33.28	33.45	22.89	30.61	67.67	79.54
400	52.70	57.21	53.34	57.06	43.81	58.48	61.21	54.97	133.30	147.50
800	92.81	83.93	103.20	98.44	76.72	114.14	125.61	159.58	260.23	306.88
1600	183.44	153.00	201.31	181.85	152.19	271.19	277.14	415.01	665.88	516.55

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 ปริมาณการปลดปล่อยโพแทสเซียมในดินที่นำมาศึกษา 10 ชุดดิน ในหน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin (ต่อ)

	2 วัน									
ความเข้มข้น mg K .kg^{-1} soil	ชัยบาดาล	ตาคลี	ลพบุรี	ลำนารายณ์	สมอทอด	สบปราบ	ปากช่อง	ภูสะนา	วาริน	สตึก
0	23.79	60.13	39.54	57.17	40.45	18.72	15.63	4.90	14.66	17.12
200	53.10	79.93	65.63	99.06	58.71	60.47	41.36	47.48	99.81	109.38
400	89.68	111.78	94.11	113.38	76.96	99.32	109.68	89.07	192.57	216.35
800	173.83	173.75	165.31	193.01	124.26	198.49	201.78	255.70	405.73	456.10
1600	323.60	270.97	331.83	332.15	239.98	491.89	462.15	641.49	918.84	789.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 ปริมาณการปลดปล่อยโพแทสเซียมในดินที่นำมาศึกษา 10 ชุดดิน ในหน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin (ต่อ)

	4 วัน									
ความเข้มข้น mg K .kg^{-1} soil	ชัยบาดาล	ตาคลี	ลพบุรี	ลำนารายณ์	สมอทอด	สบปราบ	ปากช่อง	ภูสะนา	วาริน	สตึก
0	34.27	92.78	59.25	89.14	54.22	24.52	23.83	8.39	18.71	22.08
200	80.94	130.18	96.47	149.83	77.49	78.96	63.35	70.73	121.36	130.82
400	137.40	170.05	142.74	172.69	108.58	127.24	151.73	129.29	221.39	250.44
800	258.31	254.20	240.04	287.58	167.49	255.78	289.67	332.37	465.16	528.36
1600	482.51	414.14	465.22	480.06	315.20	605.17	630.93	815.80	1018.51	923.94

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 ปริมาณการปลดปล่อยโพแทสเซียมในดินที่นำมาศึกษา 10 ชุดดิน ในหน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin (ต่อ)

	6 วัน									
ความเข้มข้น mg K .kg^{-1} soil	ชัยบาดาล	ตาคลี	ลพบุรี	ลำนารายณ์	สมอทอด	สบปราบ	ปากช่อง	ภูสะนา	วาริน	สตึก
0	41.71	116.63	74.76	116.19	67.18	29.60	34.83	11.85	23.24	26.64
200	97.86	165.08	123.31	192.67	93.82	93.71	77.34	87.73	136.12	144.88
400	166.94	212.48	180.35	224.87	131.90	148.05	183.44	160.46	241.23	271.88
800	312.29	319.73	299.82	383.34	206.70	299.09	347.71	392.15	508.67	569.77
1600	586.34	513.28	573.31	618.13	392.66	685.33	720.26	940.09	1083.41	996.89

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 ปริมาณการปลดปล่อยโพแทสเซียมในดินที่นำมาศึกษา 10 ชุดดิน ในหน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin (ต่อ)

	10 วัน									
ความเข้มข้น mg K .kg^{-1} soil	ชัยบาดาล	ตาคลี	ลพบุรี	ลำนารายณ์	สมอทอด	สบปราบ	ปากช่อง	ภูสะนา	วาริน	สตึก
0	54.27	149.05	93.11	158.31	81.41	35.39	40.15	14.91	27.39	30.63
200	129.46	217.42	164.10	257.81	112.46	109.92	88.71	101.30	148.73	156.38
400	214.96	276.13	229.32	293.28	156.74	169.56	207.62	180.97	256.93	287.27
800	390.38	414.42	382.05	494.22	243.96	334.45	393.33	430.58	538.36	596.96
1600	722.44	639.83	719.31	766.06	457.26	757.80	796.76	1008.32	1125.70	1050.12

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 ปริมาณการปลดปล่อยโพแทสเซียมในดินที่นำมาศึกษา 10 ชุดดิน ในหน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin (ต่อ)

	15 วัน									
ความเข้มข้น mg K .kg^{-1} soil	ชัยบาดาล	ตาคลี	ลพบุรี	ลำนารายณ์	สมอทอด	สบปราบ	ปากช่อง	ภูสะนา	วาริน	สตึก
0	64.04	176.93	113.67	196.02	98.41	42.34	48.83	19.72	30.78	33.83
200	152.77	258.85	194.32	313.89	134.69	125.40	103.35	115.65	158.26	165.37
400	251.96	323.84	271.32	353.98	183.57	193.43	230.90	211.30	269.27	298.07
800	453.58	480.20	438.47	589.89	285.33	373.40	436.82	469.09	559.04	614.24
1600	835.51	753.61	824.41	925.72	523.58	817.98	871.17	1068.52	1158.54	1078.69

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 ปริมาณการปลดปล่อยโพแทสเซียมในดินที่นำมาศึกษา 10 ชุดดิน ในหน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin (ต่อ)

	20 วัน									
ความเข้มข้น mg K .kg^{-1} soil	ชัยบาดาล	ตาคลี	ลพบุรี	ลำนารายณ์	สมอทอด	สบปราบ	ปากช่อง	ภูสะนา	วาริน	สตึก
0	72.41	197.68	123.89	217.40	112.25	48.16	52.76	22.54	33.28	36.56
200	169.08	286.12	209.77	344.89	150.41	137.81	110.42	123.28	163.30	170.83
400	277.69	360.29	296.90	393.71	207.05	209.02	244.22	224.42	274.88	303.78
800	492.94	526.30	470.08	640.16	315.66	399.48	459.10	486.78	567.05	622.02
1600	910.65	824.62	882.61	1012.97	574.16	866.01	911.57	1092.99	1169.85	1091.34

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 ปริมาณการปลดปล่อยโพแทสเซียมในดินที่นำมาศึกษา 10 ชุดดิน ในหน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin (ต่อ)

	25 วัน									
ความเข้มข้น mg K .kg^{-1} soil	ชัยบาดาล	ตาคลี	ลพบุรี	ลำนารายณ์	สมอทอด	สบปราบ	ปากช่อง	ภูสะนา	วาริน	สตึก
0	81.27	217.89	135.09	239.14	124.26	52.61	59.05	26.87	38.15	40.77
200	186.68	310.50	226.13	376.02	162.63	147.04	118.66	129.97	168.97	176.91
400	302.55	393.85	316.94	431.20	222.82	219.81	258.17	236.63	282.00	310.34
800	533.92	566.54	504.70	694.65	338.39	419.17	483.76	502.76	575.80	630.00
1600	978.71	898.57	941.09	1101.21	609.62	889.95	951.56	1117.78	1181.01	1102.64

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 ปริมาณการปลดปล่อยโพแทสเซียมในดินที่นำมาศึกษา 10 ชุดดิน ในหน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin (ต่อ)

	40 วัน									
ความเข้มข้น mg K .kg^{-1} soil	ชัยบาดาล	ตาคลี	ลพบุรี	ลำนารายณ์	สมอทอด	สบปราบ	ปากช่อง	ภูสะนา	วาริน	สตึก
0	88.46	235.22	146.20	263.00	136.27	58.44	61.16	31.37	42.82	44.58
200	200.87	329.71	243.16	406.15	177.41	159.34	126.50	141.16	176.26	183.48
400	324.45	425.97	337.75	470.77	241.84	238.91	274.92	254.18	290.74	318.46
800	569.85	605.20	535.94	733.84	369.25	443.69	519.36	529.89	586.64	641.09
1600	1039.70	956.99	998.07	1183.39	650.34	920.46	1007.34	1149.21	1199.02	1118.76

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 ปริมาณการปลดปล่อยโพแทสเซียมในดินที่นำมาศึกษา 10 ชุดดิน ในหน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี Ca resin (ต่อ)

	60 วัน									
ความเข้มข้น mg K .kg^{-1} soil	ชัยบาดาล	ตาคลี	ลพบุรี	ลำนารายณ์	สมอทอด	สบปราบ	ปากช่อง	ภูสะนา	วาริน	สตึก
0	95.79	251.34	157.56	282.59	148.28	65.08	67.89	36.66	48.24	52.31
200	213.55	348.93	256.75	431.89	191.81	170.58	135.73	151.87	185.77	194.08
400	342.30	450.25	363.10	501.67	259.69	258.04	292.08	269.92	302.64	328.70
800	597.35	635.57	565.11	771.82	396.11	476.28	540.39	547.01	600.69	654.43
1600	1092.15	1001.75	1043.77	1242.05	689.81	957.38	1040.66	1173.52	1219.15	1136.49

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 ปริมาณการปลดปล่อยโพแทสเซียมในดินที่นำมาศึกษา 10 ชุดดิน ในหน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัมเมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี mixed nitric-perchloric acid

	1 วัน									
ความเข้มข้น mg K .kg^{-1} soil	ชัยบาดาล	ตาคลี	ลพบุรี	ลำนารายณ์	สมอทอด	สบปราบ	ปากช่อง	ภูสะนา	วาริน	สตึก
0	198.00	413.11	374.41	720.30	596.12	271.02	199.75	177.95	186.96	137.70
200	336.50	595.67	461.60	989.63	715.47	412.59	349.94	406.63	374.72	307.39
400	495.12	668.95	658.66	1207.25	966.03	589.86	504.05	577.07	613.30	510.05
800	837.63	986.28	1085.33	1562.65	1204.95	877.38	833.88	1154.58	1015.05	884.33
1600	1492.30	1804.20	1732.30	1852.20	1906.80	1599.83	1572.25	1757.20	1872.35	1788.93

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 ปริมาณการปลดปล่อยโพแทสเซียมในดินที่นำมาศึกษา 10 ชุดดิน ในหน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัมเมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี mixed nitric-perchloric acid (ต่อ)

2 วัน										
ความเข้มข้น mg K .kg^{-1} soil	ชัยบาดาล	ตาคลี	ลพบุรี	ลำนารายณ์	สมอทอด	สบปราบ	ปากช่อง	ภูสะนา	วาริน	สตึก
0	192.33	453.70	394.06	794.25	683.69	175.22	106.69	75.06	74.57	54.09
200	337.47	580.24	542.73	883.18	751.10	332.59	238.97	226.82	217.93	192.68
400	488.93	720.78	678.68	1122.23	932.13	480.96	393.26	379.72	362.58	298.84
800	731.56	1014.40	1077.65	1383.25	1231.13	699.00	674.88	681.23	623.75	726.15
1600	1255.03	1669.93	1544.80	1765.35	1904.00	1379.78	1168.55	1243.78	1740.23	1219.88

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 ปริมาณการปลดปล่อยโพแทสเซียมในดินที่นำมาศึกษา 10 ชุดดิน ในหน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัมเมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี mixed nitric-perchloric acid (ต่อ)

	4 วัน									
ความเข้มข้น mg K .kg^{-1} soil	ชัยบาดาล	ตาคลี	ลพบุรี	ลำนารายณ์	สมอทอด	สบปราบ	ปากช่อง	ภูสะนา	วาริน	สตึก
0	191.11	442.29	359.58	716.62	640.52	211.24	135.60	104.15	111.06	81.96
200	318.89	564.41	499.66	960.23	725.42	374.19	279.47	249.92	243.95	235.18
400	466.50	694.64	661.10	1215.93	916.70	503.83	423.91	403.23	462.27	418.44
800	735.84	1120.53	1006.70	1595.65	1265.93	877.83	719.22	705.48	803.33	757.93
1600	1552.55	1782.50	1760.10	2098.63	1931.18	1519.93	1327.93	1569.93	1698.60	1651.60

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 ปริมาณการปลดปล่อยโพแทสเซียมในดินที่นำมาศึกษา 10 ชุดดิน ในหน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัมเมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี mixed nitric-perchloric acid (ต่อ)

	6 วัน									
ความเข้มข้น mg K .kg^{-1} soil	ชัยบาดาล	ตาคลี	ลพบุรี	ลำนารายณ์	สมอทอด	สบปราบ	ปากช่อง	ภูสะนา	วาริน	สตึก
0	198.32	419.17	386.74	834.98	639.73	244.62	184.01	170.02	153.81	109.20
200	342.57	582.35	518.36	986.45	804.80	399.64	349.72	381.50	335.46	306.92
400	471.81	696.32	634.46	1208.78	1078.43	528.96	493.86	530.78	545.13	611.60
800	816.70	1158.78	1205.28	1395.63	1367.55	984.03	822.45	937.60	1093.83	903.58
1600	1503.88	1945.95	1840.48	2225.13	2021.70	1728.45	1550.15	1713.35	2000.65	1965.28

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 ปริมาณการปลดปล่อยโพแทสเซียมในดินที่นำมาศึกษา 10 ชุดดิน ในหน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัมเมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี mixed nitric-perchloric acid (ต่อ)

	10 วัน									
ความเข้มข้น mg K .kg^{-1} soil	ชัยบาดาล	ตาคลี	ลพบุรี	ลำนารายณ์	สมอทอด	สบปราบ	ปากช่อง	ภูสะนา	วาริน	สตึก
0	158.72	384.29	299.35	631.57	488.75	192.79	113.72	83.82	85.47	59.99
200	289.10	494.62	412.54	881.88	612.13	331.58	229.54	214.06	225.68	199.33
400	426.19	602.24	567.69	1023.30	691.74	455.49	371.02	361.07	455.18	352.34
800	658.55	974.70	704.51	1342.08	1065.95	730.40	585.00	578.50	602.55	666.38
1600	1324.74	1537.63	1428.05	1955.50	1666.65	1374.60	1215.88	1227.08	1430.18	1389.25

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 ปริมาณการปลดปล่อยโพแทสเซียมในดินที่นำมาศึกษา 10 ชุดดิน ในหน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัมเมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี mixed nitric-perchloric acid (ต่อ)

	15 วัน									
ความเข้มข้น mg K .kg^{-1} soil	ชัยบาดาล	ตาคลี	ลพบุรี	ลำนารายณ์	สมอทอด	สบปราบ	ปากช่อง	ภูสะนา	วาริน	สตึก
0	182.30	369.59	328.46	573.83	517.94	194.55	130.84	99.59	126.83	67.23
200	342.70	564.98	494.87	685.90	691.18	314.90	272.68	271.69	256.30	226.13
400	491.00	711.28	632.23	996.08	731.18	466.56	391.16	452.35	431.06	393.84
800	743.05	1001.90	881.70	1653.05	963.95	684.30	641.93	657.78	638.48	540.43
1600	1364.80	1629.30	1763.93	2118.43	1619.95	1421.18	1279.80	1335.03	1685.40	1330.38

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 ปริมาณการปลดปล่อยโพแทสเซียมในดินที่นำมาศึกษา 10 ชุดดิน ในหน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัมเมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี mixed nitric-perchloric acid (ต่อ)

	20 วัน									
ความเข้มข้น mg K .kg^{-1} soil	ชัยบาดาล	ตาคลี	ลพบุรี	ลำนารายณ์	สมอทอด	สบปราบ	ปากช่อง	ภูสะนา	วาริน	สตึก
0	183.67	417.37	387.04	551.93	628.83	206.87	136.37	115.95	111.15	81.46
200	311.72	539.75	475.89	638.43	695.08	337.09	263.06	251.59	244.37	228.86
400	452.90	686.57	651.41	707.45	885.83	490.00	407.59	405.36	451.67	427.84
800	706.93	793.53	1134.50	955.35	1070.10	752.15	672.43	633.45	790.18	695.25
1600	1285.43	1562.00	1480.90	1427.85	1824.90	1335.68	1168.03	1208.55	1449.43	1274.83

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 ปริมาณการปลดปล่อยโพแทสเซียมในดินที่นำมาศึกษา 10 ชุดดิน ในหน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัมเมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี mixed nitric-perchloric acid (ต่อ)

	25 วัน									
ความเข้มข้น mg K .kg^{-1} soil	ชัยบาดาล	ตาคลี	ลพบุรี	ลำนารายณ์	สมอทอด	สบปราบ	ปากช่อง	ภูสะนา	วาริน	สตึก
0	150.22	347.26	300.81	785.65	471.49	186.89	119.15	95.51	115.03	75.18
200	261.11	455.14	392.78	894.60	726.58	293.03	230.83	242.08	264.87	213.67
400	346.69	555.63	529.01	1070.55	919.80	405.92	348.43	371.42	398.79	392.56
800	576.51	905.33	665.08	1240.33	1237.38	741.00	615.35	655.50	564.22	696.27
1600	1284.80	1535.63	1280.70	1960.75	1635.08	1510.40	1244.08	1350.73	1326.00	1775.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 ปริมาณการปลดปล่อยโพแทสเซียมในดินที่นำมาศึกษา 10 ชุดดิน ในหน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัมเมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี mixed nitric-perchloric acid (ต่อ)

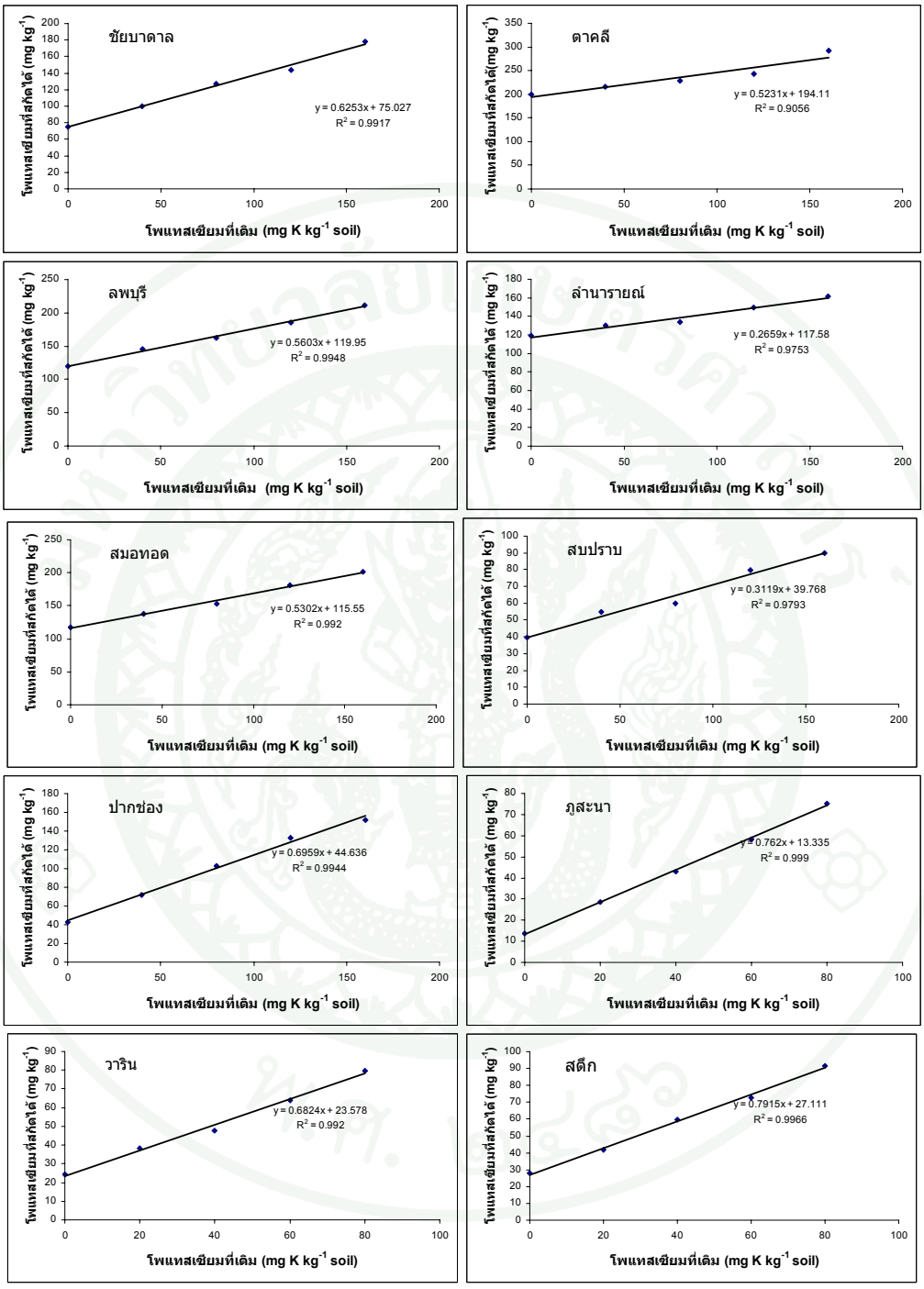
	40 วัน									
ความเข้มข้น mg K .kg^{-1} soil	ชัยบาดาล	ตาคลี	ลพบุรี	ลำนารายณ์	สมอทอด	สบปราบ	ปากช่อง	ภูสะนา	วาริน	สตึก
0	176.34	390.17	286.64	617.33	650.73	256.65	189.66	271.15	211.43	134.51
200	294.69	502.46	375.75	700.68	917.75	393.97	303.83	418.62	387.63	329.18
400	416.85	625.30	529.36	1283.27	1127.98	468.55	481.26	554.47	478.29	457.23
800	892.65	1090.15	682.02	1445.15	1393.75	946.03	816.98	937.58	964.45	876.63
1600	1541.13	1700.55	1618.13	2255.69	2000.75	1741.05	1434.05	1674.25	1757.73	1652.30

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

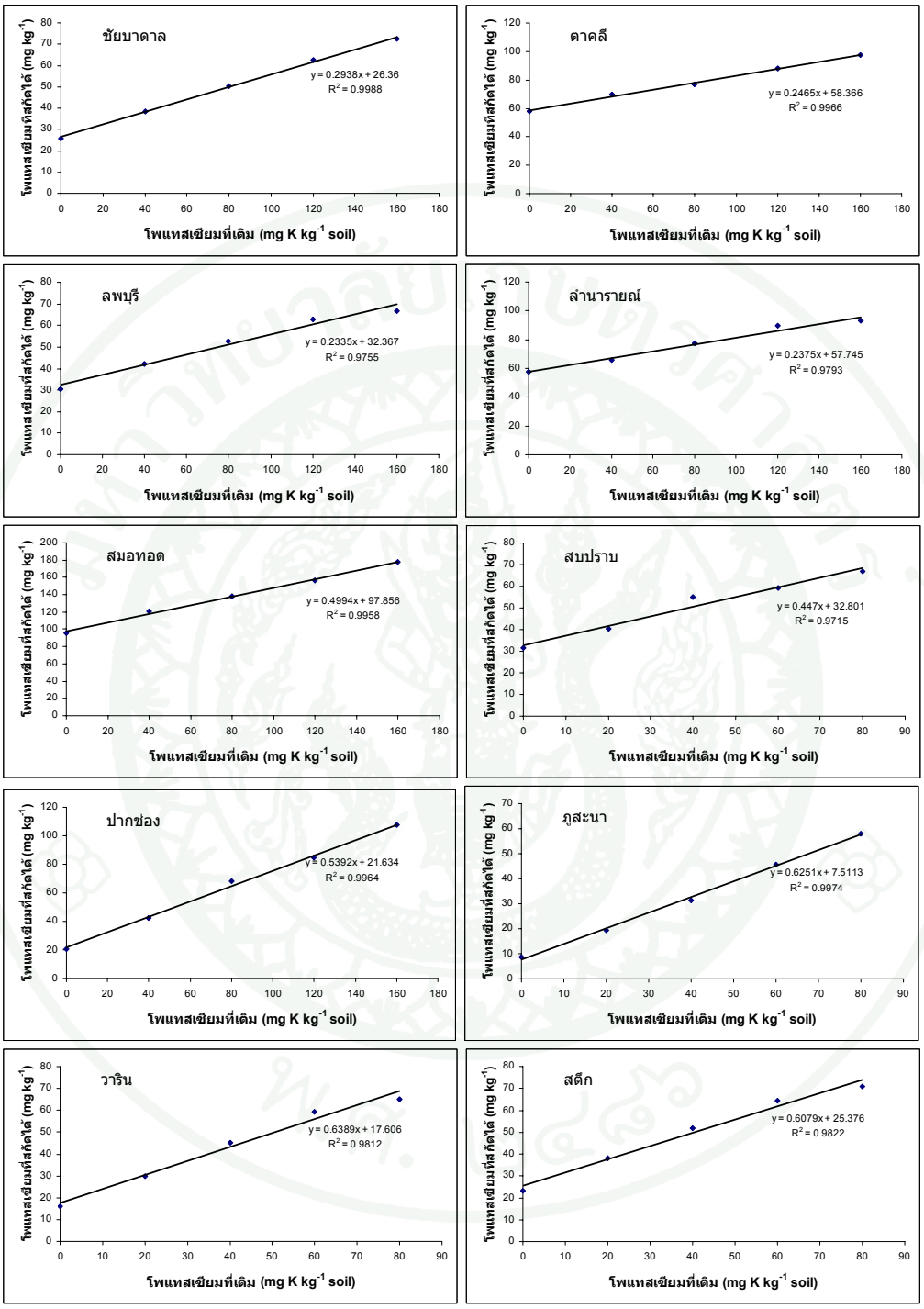
ตารางผนวกที่ 3 ปริมาณการปลดปล่อยโพแทสเซียมในดินที่นำมาศึกษา 10 ชุดดิน ในหน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัมเมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยสกัดโพแทสเซียมโดยวิธี mixed nitric-perchloric acid (ต่อ)

	60 วัน									
ความเข้มข้น mg K .kg^{-1} soil	ชัยบาดาล	ตาคลี	ลพบุรี	ลำนารายณ์	สมอทอด	สบปราบ	ปากช่อง	ภูสะนา	วาริน	สตึก
0	193.41	445.54	367.51	731.80	554.74	247.08	184.28	230.06	159.25	128.85
200	327.71	561.10	493.70	805.43	858.48	380.56	346.50	359.36	324.64	248.56
400	471.41	659.26	625.01	1026.53	982.00	495.56	455.94	506.72	548.71	437.75
800	745.73	891.88	984.42	1395.93	1315.95	850.05	767.95	715.65	978.40	623.95
1600	1363.50	1467.94	1491.18	1986.73	1819.90	1554.13	1412.65	1557.95	1776.45	1574.83

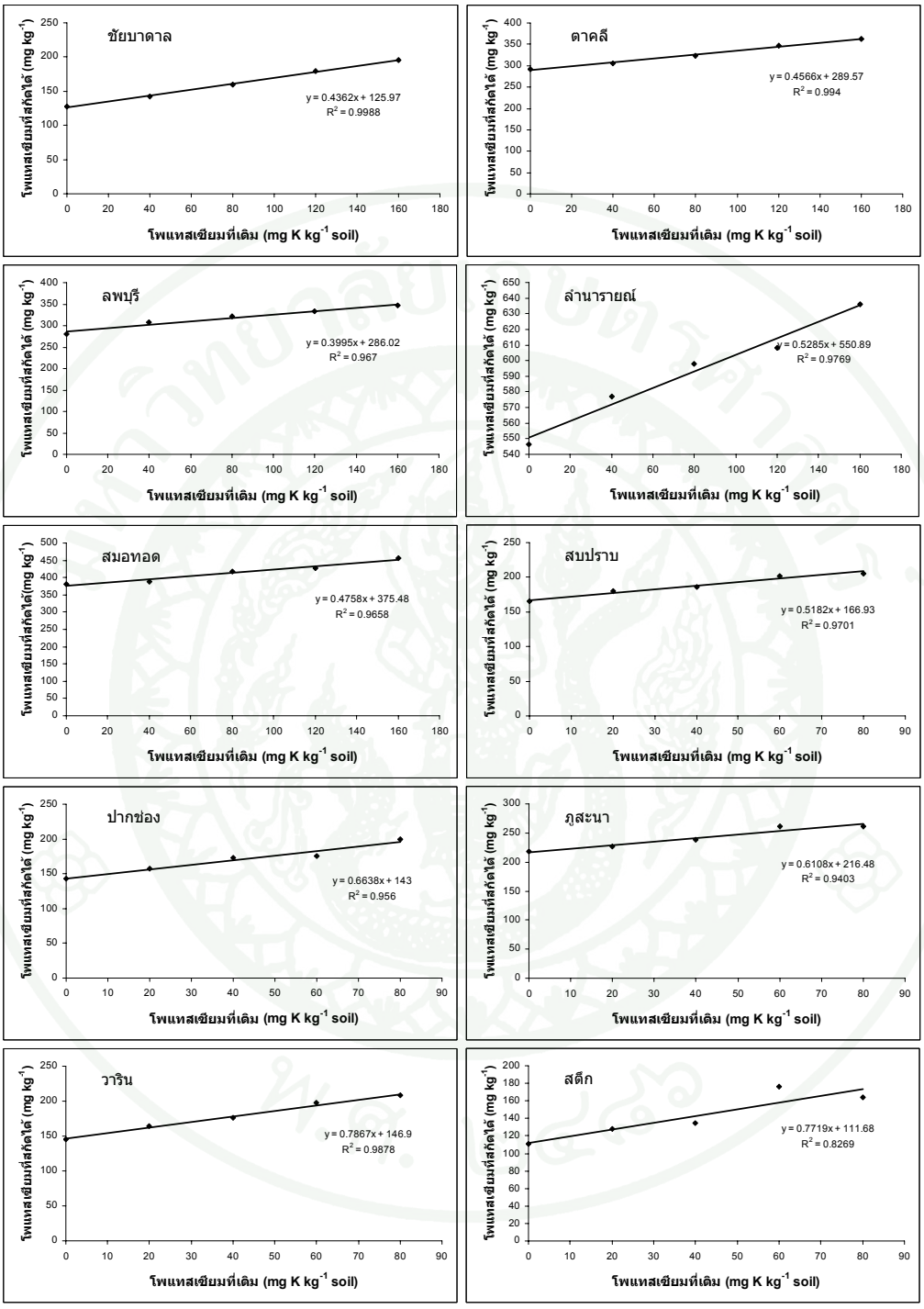
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



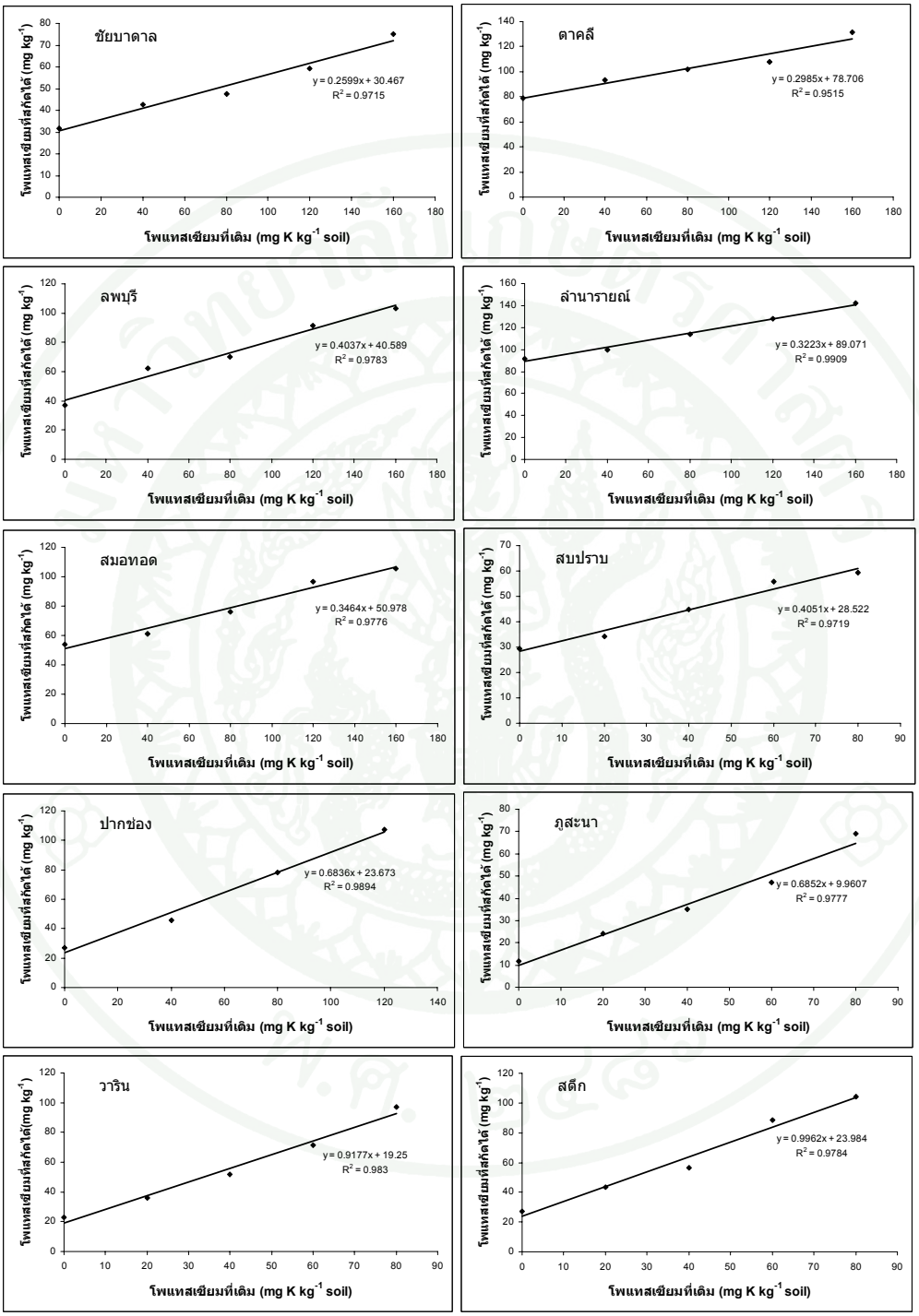
ภาพผนวกที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพแทสเซียมที่เติมลงไปในดิน กับปริมาณโพแทสเซียมที่วิเคราะห์โดยวิธี NH_4OAc ของดินที่ปลูกข้าวโพด 10 ชุดดิน



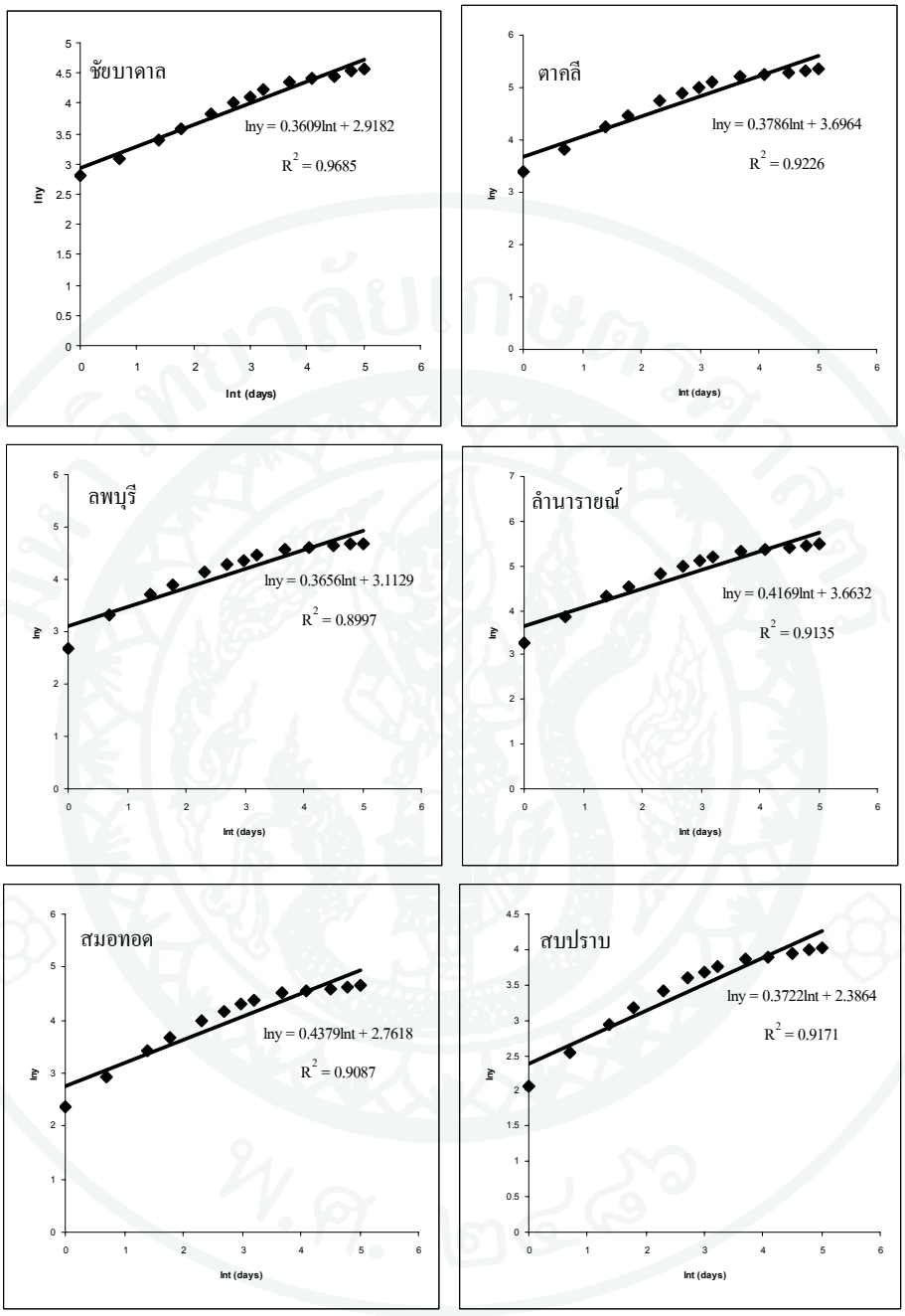
ภาพผนวกที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพแทสเซียมที่เติมลงไปในดินกับปริมาณโพแทสเซียมที่วิเคราะห์โดยวิธี Mehlich 1 ของดินที่ปลูกข้าวโพด 10 ชุดดิน



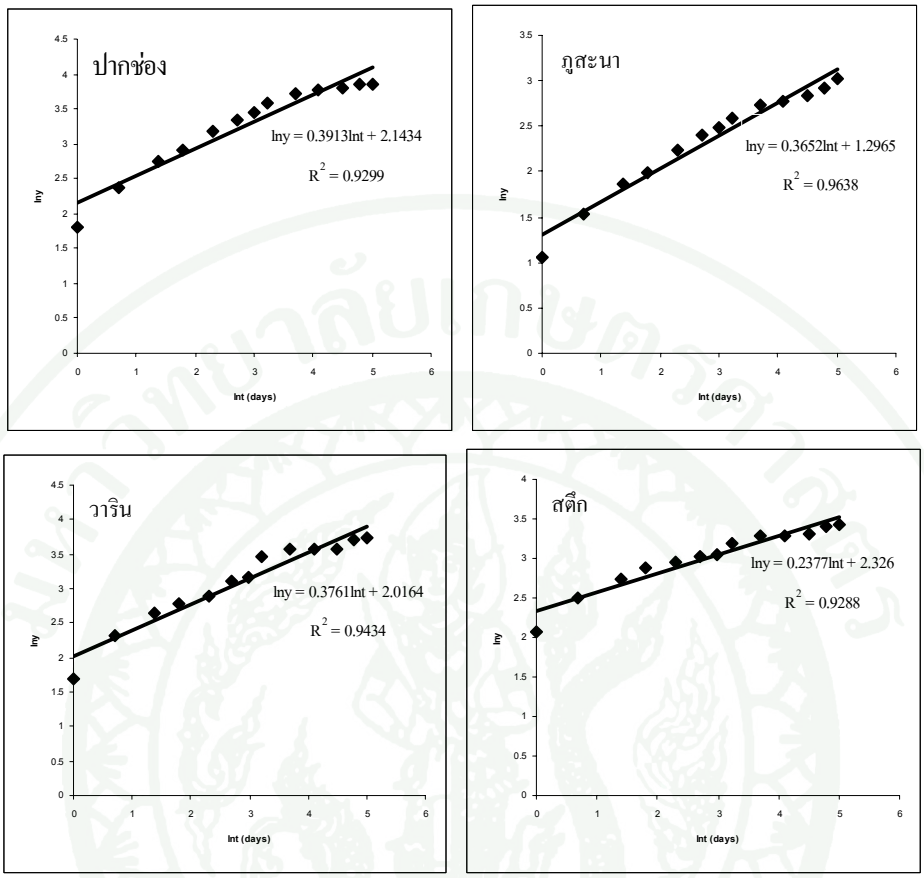
ภาพผนวกที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพแทสเซียมที่เติมลงไปในดินกับปริมาณโพแทสเซียมที่วิเคราะห์โดยวิธี mixed nitric-perchloric acid ของดินที่ปลูกข้าวโพด 10 ชุดดิน



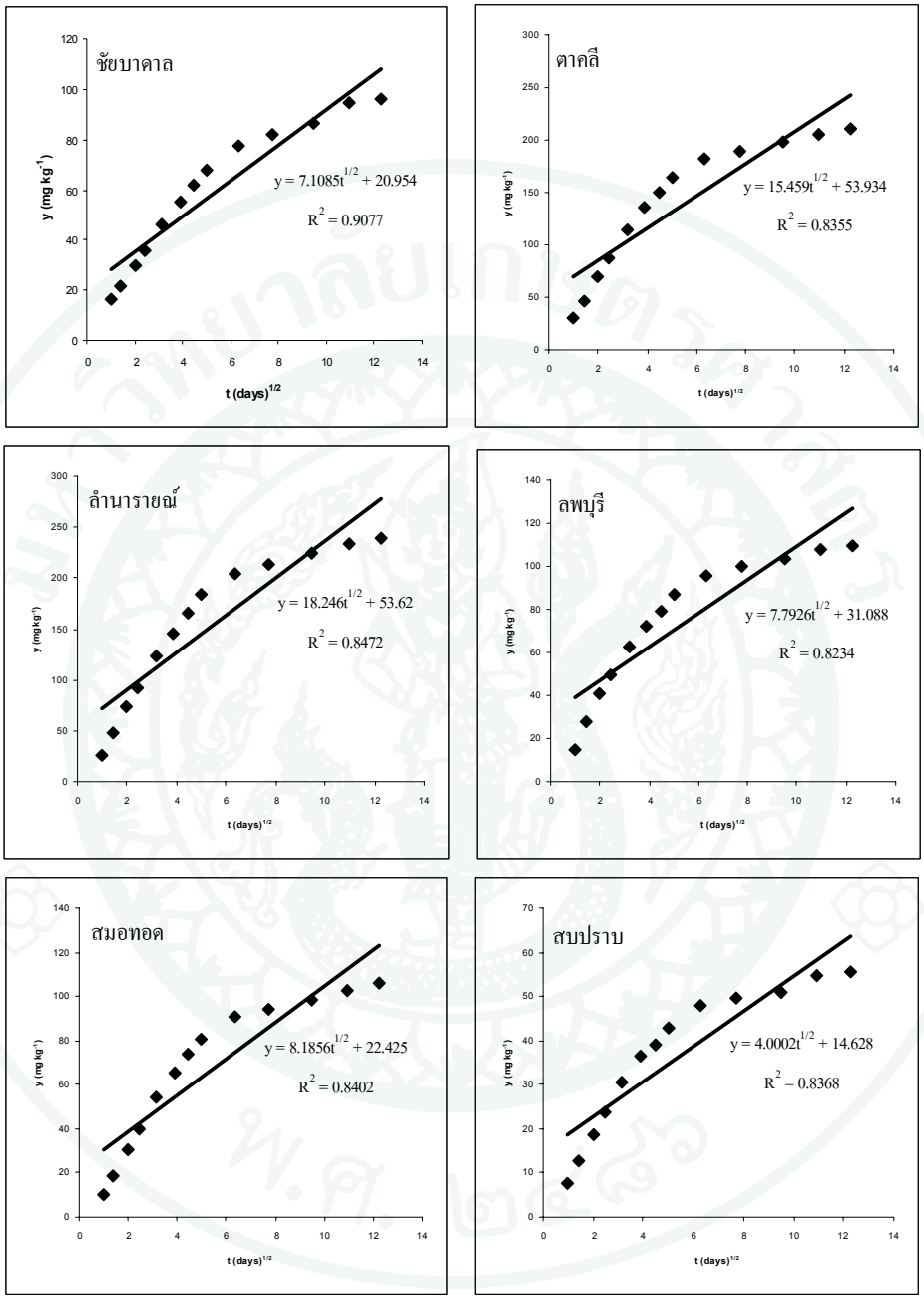
ภาพผนวกที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพแทสเซียมที่เติมลงไปในดินกับปริมาณโพแทสเซียมที่วิเคราะห์โดยวิธี Ca resin ของดินที่ปลูกข้าวโพด 10 ชุดดิน



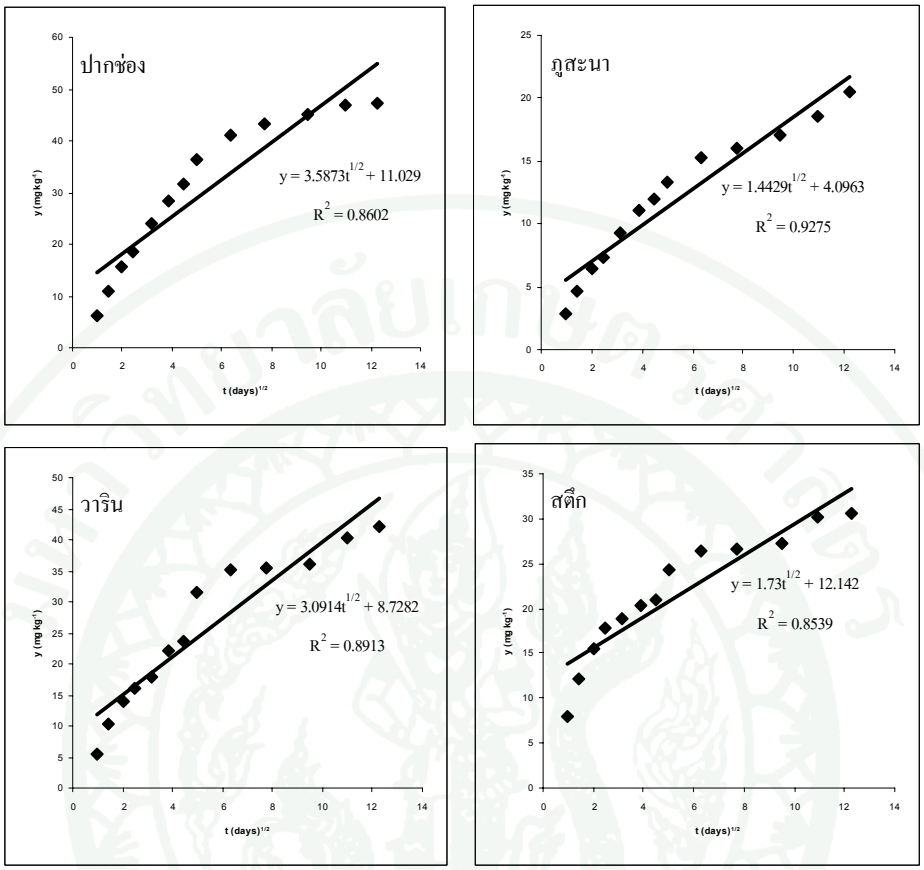
ภาพผนวกที่ 5 กราฟการหาค่าความชันโดยใช้ Power function equation



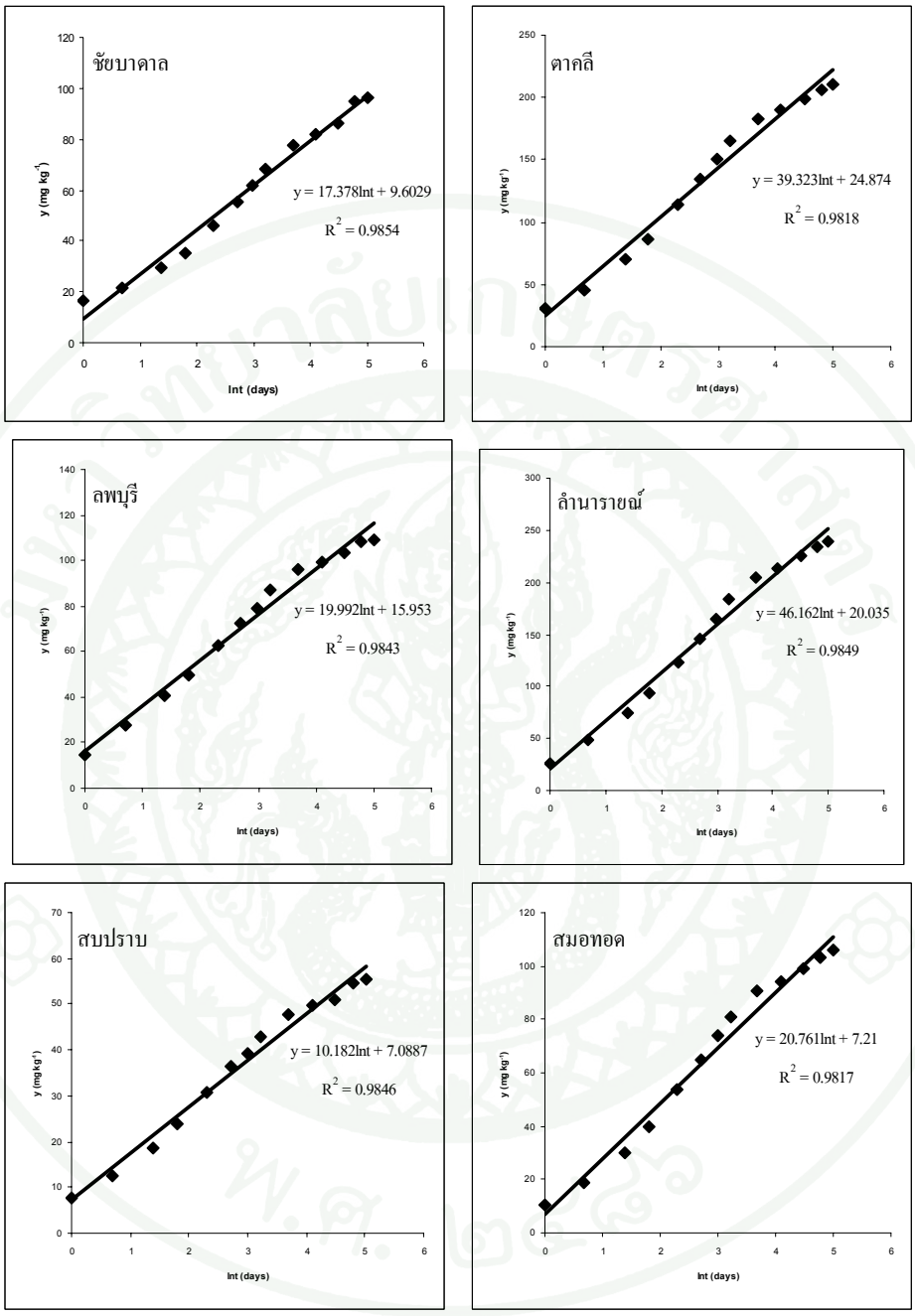
ภาพผนวกที่ 5 กราฟการหาค่าความชันโดยใช้ Power function equation (ต่อ)



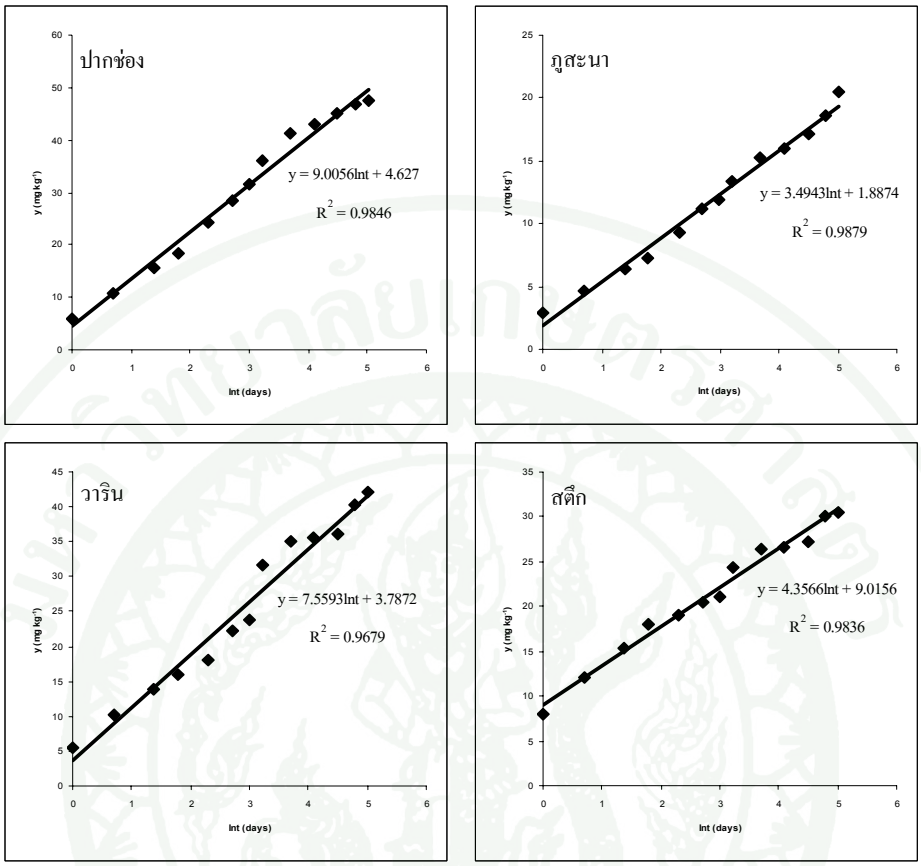
ภาพผนวกที่ 6 กราฟการหาค่าความชันโดยใช้ Linear parabolic diffusion equation



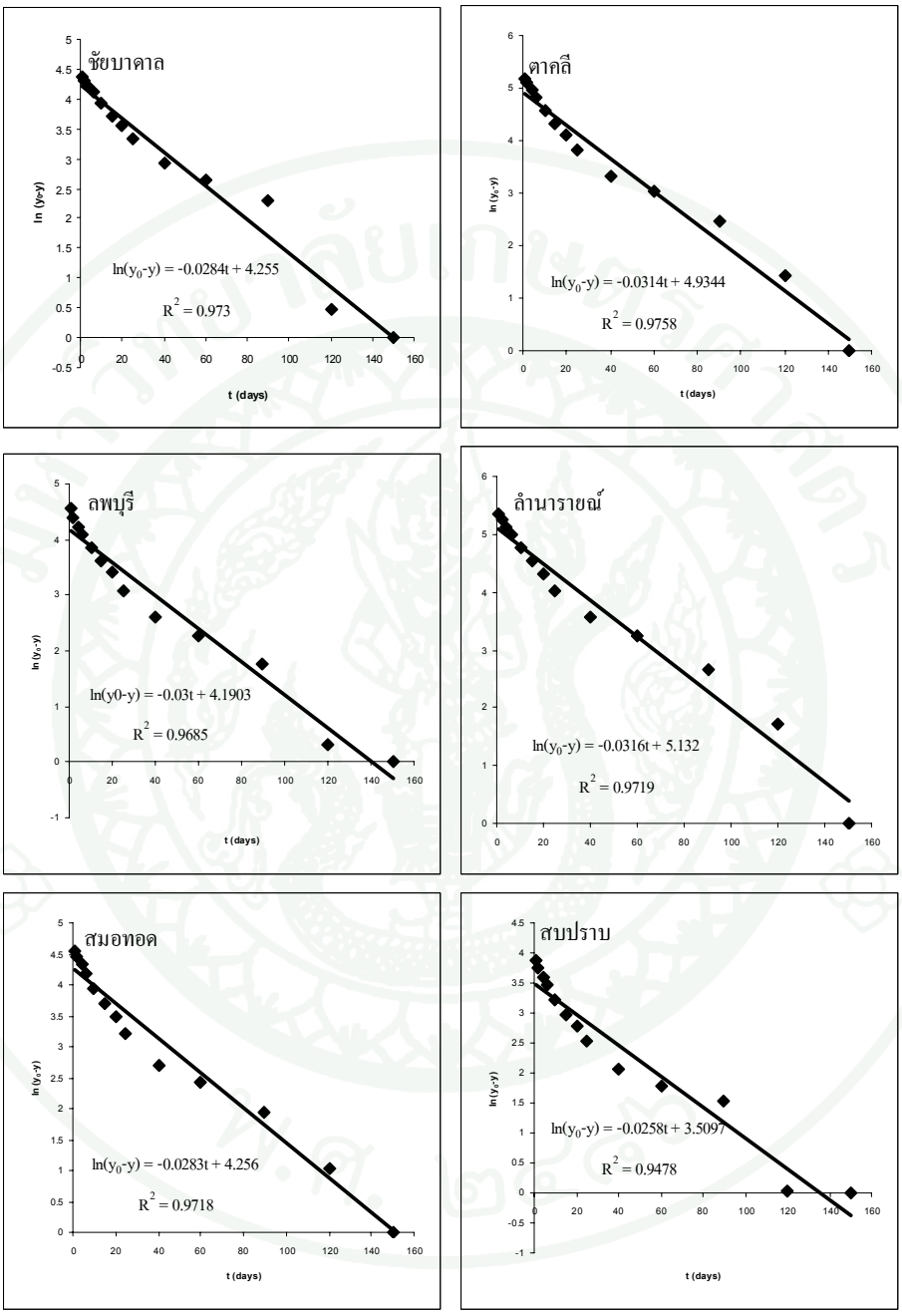
ภาพผนวกที่ 6 กราฟการหาค่าความชันโดยใช้ Linear parabolic diffusion equation (ต่อ)



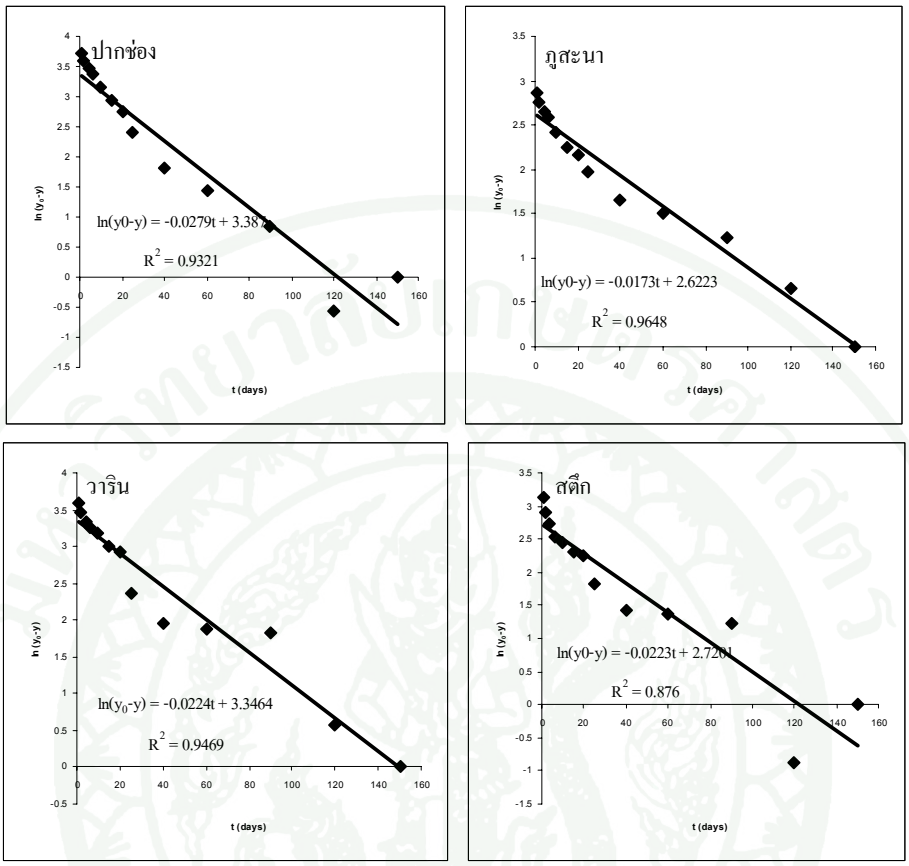
ภาพผนวกที่ 7 กราฟการหาค่าความชันโดยใช้ Elovich equation



ภาพผนวกที่ 7 กราฟการหาค่าความชันโดยใช้ Elovich equation (ต่อ)



ภาพผนวกที่ 8 กราฟการหาค่าความชันโดยใช้ Linear first order equation



ภาพผนวกที่ 8 กราฟการหาค่าความชันโดยใช้ Linear first order equation (ต่อ)

ลักษณะของดินที่ใช้ในการทดลอง

จากรายงานของสำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2548ก 2548 ข และ 2548 ค) ได้อธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับชุดดินที่ใช้ในการทดลอง ดังนี้

ชุดดินชัยบาดาล (Chai Badan series: Cd)

ลักษณะและสมบัติดิน เป็นดินลึกปานกลาง พบชั้นหินผุที่ระดับความลึก 50-100 ซม. ดินบนเป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายแป้ง สีเทาเข้มมากหรือสีน้ำตาลปนเทาเข้มมาก ดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นด่างปานกลาง (pH 6.5-8.0) ดินล่างเป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายแป้ง สีน้ำตาลปนเทาเข้ม สีน้ำตาลเข้มหรือสีน้ำตาล ดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นด่างปานกลาง (pH 6.5-8.0) ดินชั้นล่างจะพบรอยไถลเป็นมัน เมื่อดินเปียกและแห้งสลับกัน ดินล่างบางบริเวณอาจพบเม็ดปูนสะสม โดยปกติเมื่อดินแห้ง หน้าดินจะแตกระแหงเป็นร่องลึก

ชุดดินตาคลี (Takhli series: Tk)

ลักษณะและสมบัติดิน เป็นดินตื้นถึงชั้นปูนมาร์ลที่พบภายใน 50 ซม.จากผิวดิน ดินบนเป็นดินร่วนปนดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายแป้ง สีดำ สีเทาเข้มมาก สีน้ำตาลปนเทาเข้มมาก หรือสีน้ำตาลเข้มมาก ดินเป็นกลางถึงเป็นด่างปานกลาง (pH 7.0-8.0) ดินล่างเป็นดินร่วนปนดินเหนียวหรือดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง และมีเม็ดปูนปน สีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลเข้ม และมีสีขาวของผงปูนทุติยภูมิหรือปูนมาร์ล ดินเป็นด่างปานกลาง (pH 8.0) ใต้ชั้นดินลงไปเป็นชั้นปูนมาร์ลสีขาวทั้งที่เป็นเม็ดและที่เชื่อมต่อกันหนาแน่น

ชุดดินลพบุรี (Lop Buri Series: Lb)

ลักษณะและสมบัติของดิน เป็นดินลึก ดินบนเป็นดินเหนียว สีดำหรือสีเทาเข้ม ดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงด่างปานกลาง (pH 6.5-8.0) ดินบนตอนล่างเป็นดินเหนียว สีดำหรือสีเทาเข้มมาก พบชั้นปูนมาร์ลในระดับลึก 80 ซม. ลงไป ในฤดูแล้งจะแตกระแหงเป็นร่อง กว้างกว่า 1 ซม. หรือมากกว่าที่ความลึก 50 ซม. และรอยแตกนี้จะคงอยู่นาน จะพบรอยไถลและหน้าตัดดินมีมวลก้อนกลมปูน

สะสมอยู่ทั่วไป ดินเป็นด่างปานกลางถึงด่างจัด (pH 8.0-9.0) ดินล่างตอนล่างเป็นดินเหนียว สีดำหรือสีน้ำตาลปนเทา ดินเป็นด่างปานกลาง (pH 8.0)

ชุดดินลำนารายณ์ (Lam Narai series: Ln)

ลักษณะและสมบัติดิน เป็นดินลึกปานกลาง พบชั้นหินผุและก้อนปูนทุติยภูมิที่ระดับความลึก 50-100 ซม. ดินบนเป็นดินร่วนปนดินเหนียวหรือดินเหนียว สีน้ำตาลเข้มหรือสีน้ำตาลปนแดงเข้ม ดินเป็นกลางถึงเป็นด่างปานกลาง (pH 7.0-8.0) ดินล่างเป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายแป้ง และพบก้อนปูนทุติยภูมิปะปนในดินล่างๆ และเศษหินผุ สีน้ำตาลปนแดงหรือสีแดง ดินเป็นด่างปานกลาง (pH 8.0) เมื่อดินแห้ง อาจแตกระแหงเป็นร่องลึก ดินชั้นล่างจะพบรอยถูไถเป็นมัน

ชุดดินสมอทอด (Samo Thod series: Sat)

ลักษณะและสมบัติดิน เป็นดินลึกมาก ดินบนเป็นดินร่วนปนดินเหนียว ดินเหนียวปนทรายแป้ง หรือดินเหนียว สีน้ำตาลเข้มหรือสีน้ำตาลปนแดงเข้ม ดินเป็นกลางถึงเป็นด่างปานกลาง (pH 7.0-8.0) ดินล่างตอนบนเป็นดินเหนียว สีน้ำตาลเข้มหรือสีน้ำตาล มีจุดประสีน้ำตาลปนแดงหรือสีแดง ดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดจัด (pH 5.0-5.5) ดินล่างตอนล่างเป็นดินเหนียว สีน้ำตาลปนเหลืองหรือสีน้ำตาลปนเทา มีจุดประสีน้ำตาล สีแดง และสีเทา พบรอยถูไถเป็นมัน ดินเป็นด่างปานกลาง (pH 8.0) มักพบก้อนปูนทุติยภูมิปะปนกับเศษหินผุในชั้นลึก ๆ

ชุดดินสบปราบ (Sop Prap series: So)

ลักษณะและสมบัติดิน เป็นดินตื้นหรือตื้นมากถึงชั้นหินพื้นภายใน 50 ซม. จากผิวดิน ดินบนเป็นดินร่วนปนดินเหนียวถึงดินเหนียว สีน้ำตาลปนเทาเข้มมากหรือสีน้ำตาลเข้มมาก ดินเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกลาง (pH 6.0-7.0) ดินล่างเป็นดินเหนียว สีน้ำตาลปนเทาเข้มมากหรือสีน้ำตาลเข้ม ดินเป็นกรดปานกลางถึงเป็นด่างเล็กน้อย (pH 6.0-7.5)

ชุดดินปากช่อง (Pak Chong series: Pc)

ลักษณะและสมบัติดิน เป็นดินลึกมาก ดินบนเป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายแป้ง สีน้ำตาลปนแดงเข้ม ดินล่างเป็นดินเหนียว สีน้ำตาลปนแดงเข้ม สีแดง อาจพบก้อนเหล็กและแมงกานีสสะสมใน ดินล่าง ดินเป็นกรดอ่อนถึงเป็นกลาง (pH 6.0-7.0) ในดินบนและเป็นกรดจัดมากถึงเป็น กรดจัด (pH 4.5-5.5) ในดินล่าง

ชุดดินภูสะนา (Phu Sana series: Ps)

ลักษณะและสมบัติดิน เป็นดินตื้นหรือตื้นมากถึงชั้นกรวดเหลี่ยมของแร่ควอตซ์หนาแน่นมากภายในความลึก 50 ซม. จากผิวดิน ปริมาณและขนาดของควอตซ์เหลี่ยมจะเพิ่มมากขึ้นตามความลึก ดินบนเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินทรายปนดินร่วน สีน้ำตาลเข้มหรือสีน้ำตาลปนเทาเข้มมาก ดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นกลาง (pH 6.0-7.0) ดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายปนกรวดเหลี่ยมมาก สีน้ำตาลแก่หรือสีแดงปนเหลือง ดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดจัด (pH 5.0-5.5) ชั้นหินที่กำลังผุพังสลายตัวมีสีแดง สีขาว และสีเหลืองปะปนกัน

ชุดดินวาริน (Warin series: Wn)

ลักษณะและสมบัติดิน เป็นดินลึก ดินบนเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินทรายปนดินร่วน สีน้ำตาลเข้มหรือน้ำตาลปนเทา ดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายสีแดงปนเหลืองหรือสีเหลืองปนแดง ดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดเล็กน้อย (pH 5.0-6.5) ในดินบนและเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดเล็กน้อย (pH 4.5-6.5) ในดินล่าง

ชุดดินสตึก (Satuk series: Suk)

ลักษณะและสมบัติดิน เป็นดินลึกมาก ดินบนเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินทรายปนดินร่วนสีน้ำตาล ปนเทาเข้มหรือสีน้ำตาลเข้ม ดินล่างเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินร่วนเหนียวปนทราย สีน้ำตาลแก่ สี น้ำตาลปนเหลืองหรือสีเหลืองปนแดง ดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดเล็กน้อย (pH 5.5-6.5) ในดินบนและเป็นกรดจัดมาก (pH 4.5-5.0) ในดินล่าง

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ	นางสาวสาริศา ศิริชมจันทร์
เกิดวันที่	9 กุมภาพันธ์ 2528
สถานที่เกิด	อำเภอท่ามะกา จังหวัดกาญจนบุรี
ประวัติการศึกษา	วท.บ.(เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เกียรตินิยมอันดับ 2
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	นักสำรวจดิน
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	กรมพัฒนาที่ดิน
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์