ใบรับรองปัญหาพิเศษปริญญาตรี

สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช

หลักสูตรปฐพีวิทยา

เรื่อง การศึกษา Phosphorus Buffer Coefficient (PBC) ของดินที่ปลูกหน่อไม้ฝรั่ง ในจังหวัดกาญจนบุรีและนครปฐม

Study of Phosphorus Buffer Coefficient (PBC) of Asparagus soils in Kanchanaburi and Nakhonpathom Province

โดย

นายมารุต โสภณ

นางสาวอุมาพร ดาน้ำคำ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

สุกัญญา แย้มประชา

.....

(ดร.สุกัญญา แย้มประชา)

อาจารย์ที่ปรึกษา

วันที่ 17 เดือน ม.ค. พ.ศ. 2555

หลักสูตรรับรองแล้ว

.....

(รศ.ดร.สุมิตรา ภู่โรดม)

ประธานหลักสูตรปฐพีวิทยา

วันที่ 23 เดือน ม.ค. 2555 พ.ศ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง

การศึกษา Phosphorus Buffer Coefficient (PBC) ของดินที่ปลูกหน่อไม้ฝรั่ง ในจังหวัดกาญจนบุรีและนครปฐม

Study of Phosphorus Buffer Coefficient (PBC) of Asparagus soils in Kanchanaburi and Nakhonpathom Province

โดย

นายมารุต โสภณ

นางสาวอุมาพร ดาน้ำคำ

เสนอ

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช

หลักสูตรปฐพีวิทยา

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

พุทธศักราช 2554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อเรื่องภาษาไทย	การศึกษา Phosphorus Buffer Coefficient (PBC) ของดินที่ปลูกหน่อไม้ฝรั่ง ในจังหวัดกาญจนบุรีและนครปฐม
ชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ	Study of Phosphorus Buffer Coefficient (PBC) of Asparagus soils in Kanchanaburi and Nakhonpathom Province
โดย	นายมารุต โสภณ
	นางสาวอุมาพร ดาน้ำคำ
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการผลิตพืช
หลักสูตร	ปฐพีวิทยา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.สุกัญญา แย้มประชา

บทคัดย่อ

Phosphorus Buffer Coefficient (PBC) หมายถึง การเพิ่มขึ้นของฟอสฟอรัสที่สกัดได้ (extractable P) ต่อหนึ่งหน่วยฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไป ซึ่ง PBC เป็นการคาดคะเนความต้องการปุ๋ยฟอสฟอรัส เมื่อวินิจฉัยว่าปริมาณฟอสฟอรัสในดินไม่เพียงพอ การศึกษา Phosphorus Buffer Coefficient (PBC) ของดินที่ปลูกหน่อไม้ฝรั่งในจังหวัดกาญจนบุรีและนครปฐม มีเป้าหมายเพื่อศึกษาค่า PBC ในดินและศึกษาอิทธิพลของสมบัติดินที่มีต่อค่า PBC ในดินที่ปลูกหน่อไม้ฝรั่ง โดยเก็บตัวอย่าง 6 ชุดดิน ศึกษาสมบัติดินเบื้องต้นของชุดดินทั้งหมด การศึกษา Phosphorus Buffer Coefficient โดยการบ่มดินกับ KH_2PO_4 ที่ระดับความเข้มข้น 0 10 20 40 80 mg/kg เป็นเวลา 2 สัปดาห์แล้ววิเคราะห์วิธี PBC โดย Bray II และ Olsen โดยสร้างความชันกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้กับปริมาณฟอสฟอรัสที่เติมลงไปคือ ค่า PBC นำค่า PBC ที่ได้จากน้ำยาสกัดทั้ง 2 ชนิดมาหาสหสัมพันธ์ (correlation) กับสมบัติของดิน เพื่อศึกษาอิทธิพลของสมบัติดินที่มีต่อค่า PBC ของดินที่ปลูกหน่อไม้ฝรั่ง ผลการทดลองพบว่า PBC ที่สกัดด้วยน้ำยาสกัด Bray II ในชุดดินทับกวาง (Tw) มีค่า PBC ที่สูงเกินจริง เนื่องจากการใช้น้ำยาสกัด Bray II ซึ่งเป็นสารละลายที่สกัดฟอสฟอรัสในดินโดยสารละลายมีสภาพเป็นกรด ซึ่งมีส่วนผสมของกรด HCl และ NH_4F จึงสามารถสกัดฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปที่ละลายได้ดีในกรด เช่น Ca-P และบางส่วนของ Fe-P และ Al-P ในขณะเดียวกัน NH_4F สามารถสกัด Fe-P และ Al-P ได้ดีเช่นกัน ในขณะที่ชุดดิน Tw มีค่า pH เท่ากับ 6.57 และมีปริมาณ Ca สูงจึงส่งผลให้ค่า PBC ของชุดดินทับกวาง (Tw) สูงเกินจริง ดังนั้นค่า PBC สำหรับดินที่ปลูกหน่อไม้ฝรั่งที่สกัดด้วย Olsen จึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น่าจะมีความน่าเชื่อถือมากกว่า ค่า PBC ของดินทั้ง 6 ชุดดินที่สกัดด้วยน้ำยาสกัด Olsen พบว่า ค่า PBC ในทุกชุดดินมีการตรึงฟอสฟอรัสของดินอยู่ในระดับสูงโดยมีค่า PBC อยู่ในช่วง 0.1826 - 0.5261 ซึ่งหมายความว่า พืชสามารถนำฟอสฟอรัสไปใช้ประโยชน์ได้น้อย ยกเว้นในชุดดินหินซ้อน(Hs) ซึ่งมีการตรึงฟอสฟอรัสในระดับปานกลาง (0.5261) เมื่อเปรียบเทียบค่า PBC ของชุดดินทั้ง 6 ชุดที่สกัดด้วยน้ำยาสกัด Bray II และ Olsen พบว่าค่า PBC ของชุดดินทั้ง 6 ชุดที่สกัดด้วยน้ำยาสกัด Bray II มีค่า PBC ที่สูงกว่า น้ำยาสกัด Olsen แต่เนื่องจากค่า PBC ของชุดดินทับกวาง (Tw) ที่สกัดด้วย Bray II มีค่า PBC ที่สูงเกินจริง จึงถือได้ว่าน้ำยาสกัด Bray II มีความน่าเชื่อถือน้อยกว่า ดังนั้นเราจึงควรเลือกใช้น้ำยาสกัด Olsen

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของค่า PBC กับสมบัติของดินเบื้องต้นพบว่า ปริมาณอนุภาคดินเหนียวอินทรียวัตถุ และ available P มีแนวโน้มที่จะมีสหสัมพันธ์ในเชิงบวกกับค่า PBC ที่สกัดด้วย Bray II กล่าวคือ ดินที่มีอนุภาคดินเหนียว อินทรียวัตถุ และ available P สูงมีแนวโน้มที่จะมีค่า PBC สูงโดยมีสหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.684 0.628 และ 0.548 ตามลำดับ ส่วน PBC ที่สกัดโดย Olsen มีสหสัมพันธ์ในเชิงลบกับ exchangeable Ca และ extractable Fe โดยมีสหสัมพันธ์เท่ากับ -0.608 และ -0.512 ตามลำดับ แสดงว่าในดินที่มี exchangeable Ca และ extractable Fe จะส่งผลให้ดินตรึงฟอสฟอรัสได้สูง ทำให้ค่า PBC ต่ำ ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจาก exchangeable Ca และ extractable Fe ตกตะกอนอยู่กับฟอสฟอรัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปัญหาพิเศษครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาของ ดร.สุกัญญา แย้มประชา อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ซึ่งได้ให้คำแนะนำ ปรึกษา ชี้แนะแนวทางในการจัดทำ ให้ความช่วยเหลือหลายสิ่งหลายอย่างที่เป็นประโยชน์แก่ผู้จัดทำตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งปัญหาพิเศษเล่มนี้ได้สำเร็จโดยสมบูรณ์ ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและความปรารถนาดีของอาจารย์ที่ปรึกษาท่านนี้เป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยาทุกท่าน ที่ได้ถ่ายทอดความรู้พร้อมทั้งอบรมสั่งสอน ให้คำแนะนำ ให้ข้อคิด ให้กำลังใจตลอดการศึกษาที่ผ่านมา

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาปฐพีวิทยาทุกท่าน ที่อำนวยความสะดวกด้านวัสดุอุปกรณ์และให้คำแนะนำในการทดลองเป็นอย่างดี

ขอบคุณเพื่อนๆ ภาควิชาปฐพีวิทยาที่ได้หยิบยื่นความช่วยเหลือ คอยถามไถ่ด้วยความห่วงใยและเป็นกำลังใจให้กันตลอดมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และญาติพี่น้องทุกท่านที่ให้โอกาสทางการศึกษาและให้กำลังใจที่ดีเสมอมา

นายมารุต โสภณ
นางสาวอุมาพร ดาน้ำคำ
มีนาคม 2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญเรื่อง

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
บทนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ตรวจเอกสาร	2
อุปกรณ์และวิธีการ	8
วิธีการทดลอง	9
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	12
สรุปผลการทดลอง	30
เอกสารอ้างอิง	32
ภาคผนวก	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1 สมบัติบางประการของดินที่ใช้ในการทดลอง 14

2 เปรียบเทียบค่า PBC (Bray II) และ PBC (Olsen) 28

3 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างสมบัติดินและ PBC ที่สกัดด้วย Bray II และ Olsen 29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงค่าการเพิ่มขึ้นของฟอสฟอรัสที่สกัดได้ต่อหนึ่งหน่วยของฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไปในดิน(PBC) ที่สกัดด้วยน้ำยา Bray II ของชุดดินกำแพงแสน (Ks)	16
2	แสดงค่าการเพิ่มขึ้นของฟอสฟอรัสที่สกัดได้ต่อหนึ่งหน่วยของฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไปในดิน (PBC) ที่สกัดด้วยน้ำยา Bray II ของชุดดินทับกวาง (Tw)	18
3	แสดงค่าการเพิ่มขึ้นของฟอสฟอรัสที่สกัดได้ต่อหนึ่งหน่วยของฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไปในดิน (PBC) ที่สกัดด้วยน้ำยา Bray II ของชุดดินหินซ้อน (Hs)	19
4	แสดงค่าการเพิ่มขึ้นของฟอสฟอรัสที่สกัดได้ต่อหนึ่งหน่วยของฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไปในดิน (PBC) ที่สกัดด้วยน้ำยา Bray II ของชุดดินสระบุรี (Sb)	20
5	แสดงค่าการเพิ่มขึ้นของฟอสฟอรัสที่สกัดได้ต่อหนึ่งหน่วยของฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไปในดิน (PBC) ที่สกัดด้วยน้ำยา Bray II ของชุดดินนครปฐม (Np1)	21
6	แสดงค่าการเพิ่มขึ้นของฟอสฟอรัสที่สกัดได้ต่อหนึ่งหน่วยของฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไปในดิน (PBC) ที่สกัดด้วยน้ำยา Bray II ของชุดดินนครปฐม (Np2)	21
7	แสดงค่าการเพิ่มขึ้นของฟอสฟอรัสที่สกัดได้ต่อหนึ่งหน่วยของฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไปในดิน (PBC) ที่สกัดด้วยน้ำยา Olsen ของชุดดินกำแพงแสน (Ks)	22
8	แสดงค่าการเพิ่มขึ้นของฟอสฟอรัสที่สกัดได้ต่อหนึ่งหน่วยของฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไปในดิน (PBC) ที่สกัดด้วยน้ำยา Olsen ของชุดดินทับกวาง (Tw)	23
9	แสดงค่าการเพิ่มขึ้นของฟอสฟอรัสที่สกัดได้ต่อหนึ่งหน่วยของฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไปในดิน (PBC) ที่สกัดด้วยน้ำยา Olsen ของชุดดินหินซ้อน (Hs)	24
10	แสดงค่าการเพิ่มขึ้นของฟอสฟอรัสที่สกัดได้ต่อหนึ่งหน่วยของฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไปในดิน (PBC) ที่สกัดด้วยน้ำยา Olsen ของชุดดินสระบุรี (Sb)	25
11	แสดงค่าการเพิ่มขึ้นของฟอสฟอรัสที่สกัดได้ต่อหนึ่งหน่วยของฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไปในดิน (PBC) ที่สกัดด้วยน้ำยา Olsen ของชุดดินนครปฐม (Np1)	26
12	แสดงค่าการเพิ่มขึ้นของฟอสฟอรัสที่สกัดได้ต่อหนึ่งหน่วยของฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไปในดิน (PBC) ที่สกัดด้วยน้ำยา Olsen งชุดดินนครปฐม (Np2)	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาคผนวก

ตารางผนวกที่		หน้า
1	ระดับความรุนแรงของความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (soil reaction) pH (ดิน : น้ำ = 1:1)	34
2	ระดับอินทรียวัตถุ (organic matter)	34
3	ระดับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช	35
4	ระดับธาตุประจุบวกต่างๆที่สกัดได้ในดิน (วิธีวิเคราะห์ความจุแลกเปลี่ยนไอออนบวก NH_4OAc 1 *N* pH 7.0)	35
5	ระดับความจุแลกเปลี่ยนแคต ไอออน (Cation exchange Capacity)	36
6	ระดับจุลธาตุอาหารพืชรูปที่เป็นประโยชน์ในดิน	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทนำ

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่จัดอยู่ในกลุ่มธาตุอาหารหลักเช่นเดียวกับไนโตรเจนและโพแทสเซียม แต่ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินมีน้อยกว่าไนโตรเจนและโพแทสเซียม โดยมีอยู่ในช่วง 0.02-0.15 เปอร์เซ็นต์ (ชัยฤกษ์, 2536) แต่พืชมีความต้องการฟอสฟอรัสเพียง 0.3-0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง เพื่อให้การเจริญเติบโตเป็นไปตามปกติ หากพืชขาดธาตุฟอสฟอรัสการเจริญเติบโตจะหยุดชะงัก ใบมีสีแดงแซม เนื่องจากพืชมีการสังเคราะห์รงค์วัตถุแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้น จึงทำให้สีของใบกลายเป็นสีม่วงเข้ม โดยเฉพาะเกิดที่ใบแก่ อย่างไรก็ตามในช่วงแรกของการขาดธาตุนี้อาจพบว่าใบมีสีเขียวเข้มเกิดขึ้นก่อน เนื่องจากผลด้านการลดการเจริญของพื้นที่ผิวใบมีมากกว่าการลดอัตราการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ ทำให้ขณะนั้นความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ต่อหน่วยพื้นที่ผิวใบเพิ่มขึ้นเล็กน้อย นอกจากฟอสฟอรัสจะมีบทบาทในการควบคุมการสังเคราะห์ด้วยแสงและเมทาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตแล้ว ยังมีบทบาทต่อสมดุลของฮอร์โมนพืชด้วย เนื่องจากพืชที่ขาดฟอสฟอรัสมักออกดอกช้าและจำนวนดอกน้อยกว่าปกติ ฟอสฟอรัสในพืชสามารถแบ่งออกเป็น 2 รูปใหญ่ๆ คือ อินทรีย์ฟอสฟอรัส (organic phosphorus) ได้แก่ สารประกอบอินทรีย์ กรดนิวคลีอิก (nucleic acid) ฟอสฟอลิปิด (phospholipids) และไฟติน (phytin) พืชสามารถนำเอาสารประกอบเหล่านี้ไปใช้ได้โดยต้องเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของไดไฮโดรเจนฟอสเฟตไอออน ($H_2PO^-_4$) และไฮโดรเจนฟอสเฟตไอออน (HPO^{2-}_4) เสียก่อนและอนินทรีย์ฟอสฟอรัส (inorganic phosphorus) แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ คือ แคลเซียมฟอสเฟต อลูมินัมฟอสเฟต และเหล็กฟอสเฟต การละลายออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืช ในสภาพดินด่างแคลเซียมฟอสเฟตจะละลายออกมาได้ง่ายกว่าอลูมินัมฟอสเฟตและเหล็กฟอสเฟต ในสภาพดินกรดอลูมินัมฟอสเฟตจะละลายออกมาได้ง่ายกว่าแคลเซียมและเหล็กฟอสเฟต ดังนั้นธาตุฟอสฟอรัสจึงเป็นธาตุที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่ในดินไม่อาจมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เพียงพอต่อการดูดไปใช้ของพืชได้ จึงต้องมีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติมลงไปในดิน ฉะนั้นเราจึงใช้การคาดคะเนปริมาณฟอสฟอรัส เมื่อวินิจฉัยว่าปริมาณฟอสฟอรัสไม่เพียงพอ โดยจะอาศัยข้อมูลทางด้านการวิเคราะห์ดิน คือ ค่า Phosphorus Buffer Coefficient (PBC) ค่า PBC หมายถึง การเพิ่มขึ้นของฟอสฟอรัสที่สกัดได้ (extractable P) ต่อหนึ่งหน่วยฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไปในดิน (added P) ในการทดลอง Phosphorus buffer coefficient (PBC) ก็เพื่อเป็นการคาดคะเนปริมาณฟอสฟอรัส ศักยภาพในการดูดซับฟอสฟอรัส เมื่อมีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในดินที่ปลูกหน่อไม้ฝรั่ง เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการคาดคะเนความต้องการปุ๋ยฟอสฟอรัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

เนื่องจากคำแนะนำปุ๋ยฟอสฟอรัสสำหรับหน่อไม้ฝรั่ง ได้ใช้คำแนะนำอย่างกว้างๆเพียงค่าเดียวในการใส่ปุ๋ยให้แก่หน่อไม้ฝรั่งทุกพื้นที่ การศึกษาข้อมูลพื้นฐานอย่างเช่น ค่า PBC จึงมีความสำคัญที่ใช้เป็นพื้นฐานในการคำนวณอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัส สำหรับหน่อไม้ฝรั่งเฉพาะพื้นที่ การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. ศึกษา PBC ในดินที่ปลูกหน่อไม้ฝรั่ง
2. ศึกษาอิทธิพลของสมบัติดินที่มีต่อ PBC ในดินที่ปลูกหน่อไม้ฝรั่ง

1. ตรวจเอกสาร

1.1 หน่อไม้ฝรั่ง

หน่อไม้ฝรั่ง (Asparagus) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Asparagusoffcinalis L.* (สัมฤทธิ์, 2538) จัดเป็นพืชผักประเภทใบเลี้ยงเดี่ยวที่มีอายุหลายปี ปลูกเพื่อใช้ประโยชน์จากหน่อสีขาวหรือหน่อสีเขียว หน่อของหน่อไม้ฝรั่งนี้เราเรียกว่า "สเปียร์ (Spear)" ซึ่งเป็นส่วนของลำต้น (วรรณา, 2546) หน่อไม้ฝรั่งมีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ดังนี้ (ศรานนท์, ไม่ระบุปีที่พิมพ์)

1) ลำต้น ส่วนของลำต้นในดิน (root stock หรือ rhizome หรือ crown) ติดอยู่กับส่วนราก ส่วนของลำต้นเหนือดินจะเจริญมาจากตาข้างของลำต้นใต้ดิน เมื่อเจริญขึ้นมาเป็นยอดแล้วเรียกว่า "ตายอด (bud shoot)" หรือ "สเปียร์" หรือ "หน่อ" ปลายของหน่อจะปกคลุมด้วยใบแท้

2) ใบ ใบแท้เป็นเกล็ดบางๆอยู่บริเวณข้อลำต้นเหนือดิน จะมีความสูงประมาณ 90-120 เซนติเมตร มีลักษณะคล้ายเฟิร์น

3) ดอก ดอกตัวผู้จะมีลักษณะเป็นรูประฆัง มีสีเขียวแกมเหลือง มีขนาดดอกใหญ่และยาวกว่าดอกตัวเมีย อยู่ตามข้อเป็นกลุ่มๆ ละ 2-3 ดอก ส่วนดอกตัวเมียจะมีขนาดเล็กประกอบไปด้วยเกสรตัวผู้ที่ไม่สมบูรณ์ 6 อัน รังไข่ 3 พู และก้านเกสรตัวเมียขนาดสั้น

4) ผล มีขนาดกลมเล็ก เมื่ออ่อนจะมีสีเขียวเมื่อแก่จะมีสีแดง

5) เมล็ด เมล็ดมีสีดำรูปร่างกึ่งกลมกึ่งเหลี่ยม มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1/8 นิ้ว

6) พันธุ์ของหน่อไม้ฝรั่ง (วรรณา, 2546)

- แมรี่วอชิงตัน เป็นพันธุ์แรกที่มีการนำเข้ามาปลูกในประเทศไทย ให้ผลผลิตที่ดีพอสมควรเหมาะที่จะปลูกทั้งแบบหน่อขาวและหน่อเขียว แต่ปัจจุบันไม่ค่อยนิยมกันเพราะให้ผลผลิตต่ำกว่าพันธุ์อื่น

- แคลิฟอร์เนีย 500 ให้ผลผลิตใกล้เคียงกับพันธุ์แมรี่วอชิงตัน สามารถปลูกได้ทั้งแบบหน่อขาวและหน่อเขียว เก็บเกี่ยวผลผลิตได้เร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แคลิฟอร์เนีย 309 เป็นพันธุ์ที่แข็งแรงมีแนวโน้มในการให้ผลผลิตดีกว่าและขนาดของหน่อใหญ่กว่า 2 พันธุ์แรกเล็กน้อย สามารถปลูกได้ทั้งแบบหน่อขาวและหน่อเขียว

- ไฮบริดอิมพีเรียล เป็นพันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 2 ให้ผลผลิตค่อนข้างสูงกว่า 3 พันธุ์ที่กล่าวมา สามารถปลูกได้ทั้งแบบหน่อขาวและหน่อเขียว

- บร็อคอิมพรู๊ฟ เป็นพันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 1 ซึ่งให้ผลผลิตสูงกว่า 4 สายพันธุ์ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เป็นที่นิยมปลูกมากจึงส่งผลให้เมล็ดพันธุ์มีราคาแพงมากตามไปด้วย ที่นิยมปลูกกันก็เนื่องมาจากพันธุ์นี้มีรูปร่างและขนาดที่ใหญ่ ได้คุณภาพตามมาตรฐานและให้ผลผลิตสูง ผู้ปลูกสามารถขายได้ทุนคืนในปีแรก พันธุ์นี้ปลูกได้ทั้งแบบหน่อขาวและหน่อเขียวเช่นกัน

1.2 ความสำคัญของฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุมหัพภาค (Macronutrient) ที่พบในพืชส่วนใหญ่ในปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับไนโตรเจนและโพแทสเซียม (Tisdale and Nelson, 1975) แต่ธาตุฟอสฟอรัสก็มีความสำคัญและจำเป็นต่อพืชเป็นอันดับที่สองรองจากธาตุไนโตรเจน (Brady, 1974) เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบของอินทรีย์สารที่สำคัญมากมาย เช่น กรดนิวคลีอิก ฟอสโฟลิพิดATP และโคเอนไซม์ ซึ่งเกี่ยวข้องในกระบวนการเมทาบอลิซึมของพืช โดยที่พืชมีความต้องการฟอสฟอรัสเท่ากับ 0.3-0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง เพื่อให้การเจริญเติบโตในระยะวัฒนภาค (vegetative stage) เป็นไปตามปกติ (ยงยุทธ, 2546) เมื่อพืชขาดธาตุฟอสฟอรัส สีเขียวของพืชจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวเข้ม สีเขียวเข้มแกมน้ำเงิน ในข้าวโพดและหญ้าชนิดอื่นๆมักพบว่าใบเปลี่ยนเป็นสีม่วง เนื่องจากการสะสมน้ำตาลซึ่งเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน (Havlin *et al.*, 2005)

1.3 การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสในดิน

การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสในดินส่วนใหญ่มักใช้น้ำยาสกัดที่เป็นสารเคมีต่างๆ เพื่อสกัดฟอสฟอรัสในดิน แม้จะเป็นวิธีที่สะดวกและง่ายต่อการปฏิบัติ แต่การใช้น้ำยาสกัดต่างๆ ยังมีข้อจำกัดเกี่ยวกับชนิดของดินที่ใช้ เนื่องจากน้ำยาสกัดแต่ละชนิดถูกออกแบบมาเพื่อให้เหมาะสมต่อการสกัดฟอสฟอรัสในดินรูปต่างๆ เช่น ในดินกรดมักพบฟอสฟอรัสในรูป Al-P หรือ Fe-P ส่วนในดินด่างหรือดินเนื้อปูนมักพบฟอสฟอรัสในรูป Ca-P สรสิทธิ์ และพจนีย์ (2507) กล่าวว่าค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ในวิธีต่างๆ นั้น ค่าเหล่านี้โดยตัวของมันเองแล้วจะไม่มีความหมายแต่อย่างใด เว้นเสียแต่ว่าจะนำค่าเหล่านี้มาหาสหสัมพันธ์กับผลผลิตพืชในสภาพการทดลองจริงในไร่นา ค่าของการวิเคราะห์ดินวิธีใดที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่สูงกว่าย่อมต้องเป็นวิธีที่ดีและเหมาะสมกว่าในการนำมาใช้เพื่อการประเมินระดับของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ รวมถึงการแนะนำการใช้ปุ๋ยสำหรับการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสในประเทศไทย อนนท์ (2547) ได้รายงานว่า ดินเขตร้อนชื้นอย่างประเทศไทยนั้น จากผลการวิจัยในหลายๆ ประเทศให้ความเห็นว่า วิธีการวิเคราะห์ปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินที่มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชดูดไปใช้ คือ วิธี Olsen ซึ่งเป็นการสกัดฟอสฟอรัสในดินด้วยสารละลายที่เป็นด่าง (pH 8.5) และวิธี Bray II ซึ่งเป็นสารละลายที่สกัดฟอสฟอรัสในดินสำหรับงานบริการวิเคราะห์ทั่วๆ ไป เนื่องจากเป็นวิธีที่ประหยัดและรวดเร็วกว่าวิธีอื่น Vacharotayan *et al.* (1964)ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์ฟอสฟอรัสในดินประเทศไทย 5 วิธี ได้แก่ วิธี Bray I วิธี Bray II วิธี Olsen Trong และ วิธี Mehlich1 ผลการทดลองพบว่า วิธี Bray II ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงที่สุด (r=0.746) (Total P uptake) รองลงมาคือวิธี Olsen (r=0.701)

อย่างไรก็ตามวิธีวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่ไม่เกี่ยวข้องกับการใช้น้ำยาเคมีสกัดได้ถูกคิดค้นขึ้นโดย (Amer *et al.*, 1955) เรียกว่า วิธี Anion exchange resin (AER) ซึ่งเป็นการจำลองการดูดฟอสฟอรัสไปใช้ของรากพืชโดยให้ไอออนประจุลบที่เกาะอยู่บนผิวของ resin เช่น Cl^-และ CO_3^{2-} ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนกับไอออนฟอสเฟตที่อยู่ในสารละลายอัตราการดูดซับฟอสเฟตของ resin ขึ้นอยู่กับอัตราการปลดปล่อยฟอสเฟตจากดินเท่านั้น ไม่ขึ้นกับคุณสมบัติของ resin วิชัย (2525)ได้ทดลองนำวิธี AER มาใช้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าวิเคราะห์ฟอสฟอรัสในดินระหว่างวิธี Bray II Olsen และ AER การใช้น้ำยา การใช้ค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในสารละลายดินและค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในสารละลายดินร่วมกับ Phosphorus buffer capacity ในดินไร่ 12 ชุดดินในประเทศไทย พบว่า การใช้ค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในสารละลายดินร่วมกับ Phosphorus buffer capacity ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชดูดใช้สูงที่สุด รองลงมาคือ AER การใช้น้ำยาสกัด Olsen และ Bray II แต่การใช้ค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในสารละลายดินร่วมกับ Phosphorus buffer capacity ค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในสารละลายดินและ AER นั้นมีขั้นตอนการปฏิบัติยุ่งยาก จึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในงานประจำในขณะที่วิธี Olsen และ Bray II ปฏิบัติได้ง่ายกว่าและยังให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่สูงพอที่จะเชื่อถือได้

จากหลักการของ (Amer *et al.*, 1955) ต่อมาได้มีผู้เสนอวิธีวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปที่เป็นประโยชน์ในดินวิธีหนึ่ง เรียกว่า Iron oxide-impregnated filter paper method (Pi-test) ซึ่งเป็นการเลียนแบบกลไกการดึงดูดฟอสฟอรัสไปใช้ของรากพืช เมื่อรากพืชดูดฟอสฟอรัสไปใช้ ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่อยู่ในสารละลายดินจะลดลงจนกระทั่งถึงระบบสมดุล (equilibrium) ของฟอสฟอรัสในดินกับสารละลาย ทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์จากดินออกสู่สารละลายดิน ในทางปฏิบัติ ใช้กระดาษที่เคลือบด้วยเหล็กออกไซด์ (FeO) 1 แผ่น ทำหน้าที่เปรียบเสมือนรากพืช นำไปแช่กับสารละลายดินเป็นเวลา 16 ชั่วโมง แล้วจึงนำกระดาษที่แช่เสร็จแล้วไปล้างน้ำให้สะอาด จากนั้นจึงทำการสกัดฟอสฟอรัสที่ติดอยู่กับกระดาษด้วยกรด H_2SO_4 เป็นเวลา 1 ชั่วโมง สารละลายที่ได้นำไปวิเคราะห์ฟอสฟอรัสโดยวิธี Ascorbic acid method เดิมทีเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้ววิธี Pi-test ถูกคิดขึ้นมาเพื่อใช้วิเคราะห์ฟอสฟอรัสในดินที่มีการใช้หินฟอสเฟตเป็นแหล่งให้ฟอสฟอรัส เนื่องจากการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสในดินดังกล่าว มักประสบปัญหาความเป็นกรดของน้ำยาสกัดที่ใช้ ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้มีค่าสูงกว่าความเป็นจริง อย่างไรก็ตาม วิธีนี้ก็สามารถนำไปใช้ได้กับการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสในดินที่มีการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์ฟอสเฟต เช่น ทริปเปิ้ลซุปเปอร์ฟอสเฟต Menon *et al.* (1989) ได้นำไปทดลองใช้ในการศึกษาการตอบสนองของข้าวโพดต่อฟอสฟอรัสใน 4 ชุดดิน ซึ่งมีค่า pH อยู่ในช่วงระหว่าง 4.5 ถึง 8.2 โดยศึกษาเปรียบเทียบระหว่างวิธี Pi-test วิธี Bray II วิธี mehlich1วิธี Olsen และวิธี Anion exchange resin ผลการทดลองพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้โดยวิธี Pi-test ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงที่สุดคือ 0.87 กับปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่พืชนำไปใช้และผลผลิตน้ำหนักแห้ง (Drymatter yield) จึงเสนอว่าวิธี Pi-test นี้น่าจะเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงในการคาดคะเนความต้องการฟอสฟอรัสในดิน ต่อมา Hosseinpur and Ghanee (2006) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบวิธีที่ใช้ในการประเมินฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของข้าวโพดที่ปลูกในดินที่มีสมบัติทางเคมีและกายภาพแตกต่างกัน 16 ตัวอย่างในกระถางระหว่างวิธี Pi-test วิธี Olsen วิธี Cowell Mehlich1 วิธี0.1 M $CaCl_2$ AB-DTAP และวิธี 0.1 M HCl ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสที่วิเคราะห์โดยวิธี Pi-test สัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชนำไปใช้อย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่วิธีอื่นๆ กลับพบว่า ไม่สัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชนำไปใช้ จึงได้สรุปไว้ว่า วิธี Pi-test เป็นวิธีที่สามารถใช้ในการคาดคะเนความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินไร่ได้ นอกจากวิธี Pi-test จะแสดงให้เห็นถึงความน่าเชื่อถือในการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสในดินไร่แล้ว Shekiffu and Semoka (2007) ได้นำวิธี Pi-test ไปใช้ในการประเมินความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินนา ซึ่งก็พบว่า วิธี Pi-test เป็นวิธีที่เหมาะสมในการประเมินฟอสฟอรัสในดินนา โดยพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างฟอสฟอรัสในดินน้ำขังที่วิเคราะห์โดยวิธี Pi-test กับผลผลิตน้ำหนักแห้งของข้าวมีค่าสูงกว่าการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสโดยวิธีแบบดั้งเดิมในอดีต นอกจากนี้เกษตรกรยังสามารถวิเคราะห์ได้ด้วยตัวเอง โดยนำกระดาษสำเร็จรูปที่เตรียมได้ไปฝังไว้ในแปลงตอนเย็น หลังจากนั้นในเวลารุ่งเช้าของวันถัดมาเมื่อนำกระดาษที่ฝังไว้ไปล้างน้ำเปล่าให้สะอาดแล้วทิ้งไว้ให้แห้ง กระดาษที่ได้สามารถนำไปวิเคราะห์ฟอสฟอรัสในภาคสนามได้ทันทีหรืออาจส่งไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการจากงานวิจัยดังกล่าวข้างต้น และอีกหลายงานวิจัยที่ไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้ แสดงให้เห็นว่า วิธี Pi-test เป็นวิธีที่สะดวกที่สุด สมควรสนับสนุนให้นำไปทดสอบในภาคสนามกับพืชหลายชนิดในประเทศไทย

1.4 ระบบสนับสนุนการตัดสินใจใช้ฟอสฟอรัส (Phosphorus Decision Support System : PDSS)

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจใช้ฟอสฟอรัส (Phosphorus Decision Support System : PDSS) (Yost *et al.*, 1992) เป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่สร้างขึ้นเพื่อช่วยในการวินิจฉัยและแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาการขาดฟอสฟอรัสในดินและพืช โดยคำนึงถึงสภาพแวดล้อมในเขตร้อน PDSS พัฒนาขึ้นโดยกลุ่มงานฟอสฟอรัสของหน่วยงาน Soil Management CRSP ร่วมกับมหาวิทยาลัย Cornell (Shaw Reid) มหาวิทยาลัย North Carolina (Fred Cox และ Jot Smyth) มหาวิทยาลัย Texas A&M (Arthur Onken) มหาวิทยาลัย Hawaii (Russell Yost) โปรแกรม PDSS ประกอบด้วย 4 ส่วนซึ่งแสดงถึงขั้นตอนทั้งหมดที่ใช้ในการคาดคะเน ดังนี้

1.4.1 การวินิจฉัย (Diagnosis)

ทำการวินิจฉัยว่ามีฟอสฟอรัสเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืชหรือไม่ โดยใช้ข้อมูลต่างๆที่น่าเชื่อถือ เช่น ข้อมูลพื้นที่ที่ใช้ทำการเกษตร ประวัติการปลูกพืช ลักษณะอาการของพืชที่สังเกตเห็น การวิเคราะห์ดินและพืช และการปรากฏของพืชบางชนิดที่สามารถบ่งชี้ได้ว่าดินมีความอุดมสมบูรณ์มากน้อยเพียงใด (Department of Tropical Plant and Soil Science, 2003)

1.4.2 การคาดคะเนปริมาณฟอสฟอรัส (P prediction)

คาดคะเนความต้องการปุ๋ยฟอสฟอรัส เมื่อวินิจฉัยว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสในดินไม่เพียงพอโดยในขั้นตอนนี้ต้องอาศัยข้อมูลทางด้านการวิเคราะห์ดินจำนวนมาก ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่

1) ปริมาณฟอสฟอรัสดั้งเดิมในดิน (native extractable P)

2) ค่า Phosphorus buffer coefficient หมายถึง การเพิ่มขึ้นของฟอสฟอรัสที่สกัดได้ (extractable P) ต่อหนึ่งหน่วยฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไปในดิน (added P)

3) ค่าวิกฤติฟอสฟอรัสในดิน หมายถึง ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในดินระดับหนึ่งที่พืชไม่ตอบสนองต่อปุ๋ยที่ใส่ หมายความว่า ถ้าในดินมีฟอสฟอรัสต่ำกว่าระดับนี้การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น จะทำให้พืชให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นข้อมูลทั้งหมดจะถูกนำไปใช้ในการกำหนดปริมาณฟอสฟอรัสที่เหมาะสมที่สามารถให้ผลผลิตสูงสุดและเพื่อให้รักษาระดับฟอสฟอรัสในฤดูปลูกต่อไปมิให้ขาดหรือต่ำกว่าระดับวิกฤติ (Department of Tropical Plant and Soil Science, 2003) ตัวแปรที่สำคัญที่ทำให้การคาดคะเนแม่นยำมากน้อยเพียงใด ได้แก่ ค่า PBC (Chen *et al.*, 1997) เนื่องจากดินมีความแตกต่างกันในเรื่องการดูดซับและการปลดปล่อยฟอสฟอรัส ซึ่งแทนด้วยค่า PBC โดยค่า PBC นี้ได้มาจากการพลอตกราฟระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่เติมลงไปในดิน (แกน X) กับปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ (แกน y) กราฟที่ได้จะมีลักษณะเป็นเส้นตรง ความชันของสมการถดถอยเชิงเส้นตรง คือ ค่า PBC ซึ่งจะนำไปใช้ในสมการเพื่อคาดคะเนปริมาณฟอสฟอรัสที่ต้องใส่ลงไปในดิน ปัจจุบันโปรแกรม PDSS จะทำการคาดคะเน PBC โดยใช้สมการความสัมพันธ์ระหว่างค่า PBC กับปริมาณดินเหนียว (% clay) ตามที่ได้มีการศึกษาโดย Cox (1994) PBC ที่ได้จะแตกต่างกันออกไปตามวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ฟอสฟอรัส เช่น หากวิเคราะห์ฟอสฟอรัสโดยวิธี Mehlich1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมจะทำการคาดคะเนค่า PBC จากสมการ PBC = 0.6665exp (-0.0239*% clay) เป็นต้น (Department of Tropical Plant and Soil Science, 2003)

ในดินที่มีองค์ประกอบทางแร่วิทยาใกล้เคียงกัน สามารถใช้ปริมาณดินเหนียวในการคาดคะเนค่า PBC ได้ อย่างไรก็ตามในดินที่มีองค์ประกอบทางแร่วิทยาแตกต่างกัน แต่มีปริมาณดินเหนียวค่อนข้างสูง การใช้ปริมาณดินเหนียวเพียงอย่างเดียวเพื่อคาดคะเนค่า PBC นั้นยังไม่เหมาะสมเท่าที่ควร Wang *et al.*(2000) จึงได้เสนอให้ใช้ความหนาแน่นบริเวณดูดซับฟอสฟอรัส (Phosphorus sorption site density) และการเกาะตัวกันของเม็ดดิน (Soil aggregation) ในการคาดคะเนค่า PBC เนื่องจากพบว่า ดินที่มีบริเวณดูดซับฟอสฟอรัสต่ำ reactive mass ต่ำ เม็ดดินมีขนาดใหญ่ มีแนวโน้มที่จะมีค่า PBC ต่ำ ซึ่งแสดงว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไปในดินส่วนใหญ่ยังเป็นประโยชน์แก่พืช แต่วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์สมบัติดินตามที่ Wang *et al.* (2000) ได้เสนอนั้นยังไม่เหมาะสมเท่าที่ควร เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์สมบัติดังกล่าวค่อนข้างสูงและไม่เหมาะสมในการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการทั่วไปในประเทศไทย

1.4.3 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Analysis)

ประเมินความเป็นประโยชน์ของการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสตามที่ได้คาดคะเน โดยพิจารณา

1) ผลตกค้างของปุ๋ยฟอสฟอรัส

2) ความแตกต่างของวัสดุที่ใช้เป็นแหล่งของฟอสฟอรัส

3) ข้อจำกัดที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้ปุ๋ยของเกษตรกร เช่น ราคาปุ๋ยในปัจจุบัน ราคาผลผลิตในอนาคต อัตราดอกเบี้ยที่เกษตรกรกู้ยืม (Department of Tropical Plant and Soil Science, 2003)

1.4.4 คำแนะนำการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัส (Recommendation)

แปลผลที่ได้จากขั้นตอนการวินิจฉัย การคาดคะเนปริมาณฟอสฟอรัส และการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ให้อยู่ในแบบฟอร์มเดียวกัน (Department of Tropical Plant and Soil Science, 2003) Attanandana and Yost (2003) ได้นำโปรแกรม PDSS ไปใช้ร่วมกับชุดตรวจสอบ N P K ในดินของภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในการคำนวณความต้องการฟอสฟอรัสของข้าวโพดเพื่อเพิ่มผลผลิตและรายได้ของเกษตรกร โดยเริ่มทำการทดลองในปี 1998 ที่จังหวัดลพบุรี นครสวรรค์ เพชรบูรณ์ และนครราชสีมาในประเทศไทย ปริมาณปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ได้จากการคาดคะเนโดยโปรแกรม PDSS ได้ถูกนำไปทดสอบในภาคสนาม โดยใช้ชุดตรวจสอบ N P K ในดินตรวจสอบปริมาณฟอสฟอรัสดั้งเดิมในดินและใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสตามที่โปรแกรมคาดคะเน ผลการทดลองในแปลงทั้ง 8 แปลง แสดงให้เห็นว่า การคาดคะเนความต้องการฟอสฟอรัสโดยโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PDSS ให้ผลผลิตสูงขึ้น นอกจากนี้เกษตรกรยังใช้ปุ๋ยในปริมาณที่เหมาะสม กำไรเพิ่มขึ้นแม้ว่าราคาปุ๋ยจะสูงขึ้นก็ตาม

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารหลักที่หน่อไม้ฝรั่งมีการใช้เป็นอันดับ 3 รองมาจากธาตุไนโตรเจน และโพแทสเซียมตามลำดับ ธาตุฟอสฟอรัสมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยเป็นองค์ประกอบของสารฟอสเฟตที่ทำหน้าที่ในการรับช่วงถ่ายทอดพลังงานระหว่างสารต่างๆ ในระบบต่างๆ เช่น ระบบการสังเคราะห์แสงระบบหายใจการขนย้ายอาหาร รวมถึงการดูดกินน้ำและธาตุอาหารพืช (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) รูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้คือ $H_2PO^-_4$ และ HPO^{2-}_4 หน่อไม้ฝรั่งมีการใช้ธาตุฟอสฟอรัสในการเจริญเติบโตและแผ่กระจายของรากหน่อไม้ฝรั่งที่ขาดฟอสฟอรัสจะมีการเจริญเติบโตของรากแคระแกรน และส่งผลต่อการให้ผลผลิตได้ลดลงด้วย (Tisdal และ Nelson, 1975; Drost, 2003)

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 ตัวอย่างดินที่ใช้ในการศึกษา

ดินที่เป็นตัวแทนในการศึกษาประกอบด้วย 6 ชุดดิน ดังนี้ คือ

2.1.1 ชุดดินกำแพงแสน (Ks)

เก็บจากแปลงคุณวันดี ต.ท่าไม้ อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี

2.1.2 ชุดดินทับกวาง (Tw)

เก็บจากแปลงคุณบุญชอบ ต.หนองหญ้า อ.เมือง จ.กาญจนบุรี

2.1.3 ชุดดินหินซ้อน (Hs)

เก็บจากแปลงคุณบุญชอบ ต.หนองหญ้า อ.เมือง จ.กาญจนบุรี

2.1.4 ชุดดินสระบุรี (Sb)

เก็บจากแปลงคุณมนัส ต.ห้วยขวาง อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม

2.1.5 ชุดดินนครปฐม (Np)

เก็บจากแปลงคุณบุญปลูก ต.ทับหลวง อ.เมือง จ.นครปฐม

2.1.6 ชุดดินนครปฐม (Np)

เก็บจากแปลงคุณทองดี ต.ห้วยขวาง อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม

โดยเก็บตัวอย่างดินที่ความลึก 0-30 เซนติเมตร ซึ่งเก็บโดย ไชยยศ (2553)

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ดิน

2.2.1 อุปกรณ์

1) อุปกรณ์ที่ใช้ในการบดดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) เครื่องชั่ง

3) เครื่องเขย่า

4) เครื่อง Spectrophotometer

5) กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 และ เบอร์ 5

2.2.2 เครื่องแก้วและอุปกรณ์วิทยาศาสตร์

1) Beaker

2) Cylinder

3) Erlenmeyer flask

4) Volumetric flask

4) Pipet

5) หลอดทดลอง (test tube)

6) ที่วางหลอดทดลอง (test tube rack)

7) แท่งแก้วคนสารละลาย (Stirring rods)

8) กรวยกรอง(funnel)

9) ปากกาเขียนแก้ว (marking pen)

10) กระบอกน้ำกลั่น (wash bottle)

11) ช้อนตักสาร

12) ลูกยาง

13) แปรงล้างหลอดทดลอง (test tube brush)

14) กระดาษทิชชู่

2.2.3 สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

3. วิธีการทดลอง

3.1 การศึกษาสมบัติดินที่สำคัญของดิน 6 ชุดดิน

การศึกษาสมบัติดินที่สำคัญของดิน 6 ชุดดิน ดังนี้

1) วิเคราะห์ Cation Exchange Capacity (CEC)โดยวิธี Leaching โดยใช้ดิน 5 กรัม ด้วย NH_4OAc pH 7.0 แล้วล้างด้วย ethyl alcohol 80% pH 7.0 สุดท้ายชะดินอีกครั้งด้วย acidifiled NaCl 10 % เพื่อไล่ที่ NH_4^+ที่ถูกดูดซับออกมาแล้ววิเคราะห์หาปริมาณ NH_4^+โดยการกลั่น ไปเปตสารละลาย 10 ml ใส่ลงใน distillation flask เติม NaOH 1 *N* จำนวน 2 - 3 ml จับ NH_3 ที่ปลดปล่อยออกมาด้วย H_3BO_3 - indicator solution จำนวน 20 ml จากนั้นนำไปไทเทรตด้วย 0.001 H_2SO_4 (สุมิตรา, 2554)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) วิเคราะห์อินทรียวัตถุ (OM) โดยวิธี Walkley and Black เป็นการวิเคราะห์แบบ wet oxidation โดยจะเป็นการ oxidize คาร์บอนให้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วย $K_2Cr_2O_7$ และ H_2SO_4 แล้ววัดหาปริมาณ Cr_2O_7 ที่เหลือโดยนำไปไทเทรตกับ Ferrous sulfate heptahydrate ที่จุดยุติสารละลายจะเปลี่ยนสีจากสีเขียวอมน้ำเงินไปเป็นสีน้ำตาลแดง (Walkley and Black, 1934)

3) หาปริมาณ Ca Mg K และ Na ที่แลกเปลี่ยนได้วิเคราะห์โดยวิธี Ammonium Acetate Method สกัดด้วย 1*N* NH_4OAc (pH 7.0) ในอัตราส่วน ดิน : น้ำยาสกัด เท่ากับ 1 : 10 แล้วเขย่าเป็นเวลา 30 นาที และวิเคราะห์หาปริมาณ Ca Mg K และ Na โดยใช้ Atomic Absorption Spectrophotometer ในน้ำยาที่สกัดได้ (สุมิตรา, 2554)

4) หาปริมาณ Fe Mn Zn และ Cu ที่สกัดในดิน วิเคราะห์โดยใช้สารละลาย DTPA pH เท่ากับ 7.3 อัตราส่วน ดิน : น้ำยาสกัด เท่ากับ 1 : 2 เขย่าเป็นเวลา 2 ชั่วโมง และวิเคราะห์หาปริมาณ Fe Mn Zn และ Cu โดยใช้ Atomic Absorption Spectrophotometer ในน้ำยาที่สกัดได้ (สุมิตรา, 2554)

5) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดิน ใช้อัตราส่วน ดิน : น้ำ เท่ากับ 1:1 โดยวิธี electrometer (สุมิตรา, 2554)

6) การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสด้วย Bray II ชั่งดิน 2.5 กรัม ใส่หลอดทดลองขนาด 75 มิลลิลิตร เติมน้ำยาสกัด Bray II ในปริมาณ 25 มิลลิลิตร เขย่าทันทีด้วยเครื่อง vortex เป็นเวลา 45 วินาที แล้วกรองทันทีด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไป develop สีด้วยวิธี Ascorbic acid method ทำการวัดค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสด้วยเครื่อง Spectrophotometer ความยาวคลื่นที่ 882 นาโนเมตร นำค่าที่วิเคราะห์ได้ไปคำนวณหาปริมาณฟอสฟอรัส

7) การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสด้วย Olsen โดยชั่งดิน 2 กรัมแล้วเติมน้ำยาสกัด Olsen ปริมาตร 40 มิลลิลิตร นำไปเขย่าเป็นเวลา 30 นาที กรองทันทีด้วยกระดาษกรองเบอร์ 5 จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปปรับ pH โดยใช้ para nitrophenol เป็น indicator และปรับ pH โดยใช้ HCl ให้มี pH เท่ากับ 5.5 develop สีด้วยวิธี Ascorbic acid method (Ammonium paramolybdate, Ascorbic acid) แล้วทำการวัดค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสด้วยเครื่อง Spectrophotometer ความยาวคลื่นที่ 882 นาโนเมตร นำค่าที่วิเคราะห์ได้ไปคำนวณหาปริมาณฟอสฟอรัส

3.2 การศึกษา Phosphorus Buffer Coefficient ที่วิเคราะห์ฟอสฟอรัสโดยวิธี Bray II และ Olsen กับสมบัติดิน

3.2.1 การวิเคราะห์ Phosphorus Buffer Coefficient โดยวิธี Bray II

ชั่งดินจำนวน 50 กรัม ผสมกับ KH_2PO_4 ในอัตรา 0, 10, 20, 40, 80 mg P kg^{-1} เติมน้ำเพื่อให้ดินมีความชื้นที่ field capacity บ่มดินที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 สัปดาห์ วิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์โดยวิธี Bray II ในการทดลองนี้จะชั่งดิน 2.5 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เติมน้ำยาสกัดในปริมาณ25 มิลลิลิตร แล้วนำไปเขย่าด้วย vortex เป็นเวลา 45 วินาที กรองทันทีด้วยกระดาษกรอง Whatman no.1 นำสารละลายที่กรองได้ไปวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสด้วยวิธี Ascorbic acid method ค่า Phosphorus Buffer Coefficient คือ ความชันที่ได้จากสมการเส้นถดถอยระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ (แกน y) กับปริมาณฟอสฟอรัสที่เติมลงไป (แกน x)

3.2.2 การหา Phosphorus Buffer Coefficient โดยวิธี Olsen

ชั่งดินจำนวน 50 กรัมผสมกับ KH_2PO_4ในอัตรา 0, 10, 20, 40, 80 mg P kg^{-1} เติมน้ำเพื่อให้ดินมีความชื้นที่ field capacity บ่มดินที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 สัปดาห์ วิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์โดยวิธี Olsen ในการทดลองนี้จะชั่งดิน 2 กรัม เติมน้ำยาสกัดในปริมาณ 40 มิลลิลิตร แล้วนำไปเขย่าเป็นเวลา 30 นาที กรองทันทีด้วยกระดาษกรอง Whatman no.5 นำสารละลายที่กรองได้ไปวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสด้วยวิธี Ascorbic acid method ค่า Phosphorus Buffer Coefficient คือ ความชันที่ได้จากสมการเส้นถดถอยระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ (แกน y) กับปริมาณฟอสฟอรัสที่เติมลงไป (แกน x)

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้กับปริมาณฟอสฟอรัสที่เติมลงไปโดยใช้สมการเส้นถดถอย (y = ax+b) เพื่อหาสหสัมพันธ์ (correlation) ระหว่างค่า PBC กับสมบัติของดินโดยใช้โปรแกรม Microsoft excel โดยกำหนดให้

y = ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ (mg/kg)

x = ฟอสฟอรัสที่เติมลงในดิน (mg/kg)

a = ค่าความชัน (PBC)

b = ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้เมื่อไม่เติม KH_2PO_4 (mg/kg)

3.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

3.4.1.ทราบค่า PBC ของดินที่ใช้ปลูกหน่อไม้ฝรั่ง

3.4.2.ทราบสมบัติของดินที่มีอิทธิพลต่อค่า PBC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การวิเคราะห์สมบัติของดิน

ดินที่ใช้ในการทดลองมีจำนวน 6 ชุดดิน ได้แก่ ชุดดินกำแพงแสน (Ks) ชุดดินทับกวาง (Tw) ชุดดินหินซ้อน (Hs) ชุดดินสระบุรี (Sb) และ ชุดดินนครปฐม 1(Np1) ชุดดินนครปฐม 2 (Np2) แต่ละชุดดินมีจำนวน 1 ตัวอย่างโดยจะเลือกเก็บจากพื้นที่ที่มีการปลูกหน่อไม้ฝรั่งในอำเภอท่ามะกา และอำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี จำนวน 3 แปลง อำเภอเมืองและอำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม อีกจำนวน 3 แปลงจากการวิเคราะห์สมบัติของดินบางประการสามารถอธิบายได้ดังนี้

1.1 ชุดดินกำแพงแสน (Ks)

ชุดดินกำแพงแสน (Ks) เก็บจากแปลงคุณวันดี ต.ท่าไม้ อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี มีปริมาณดินเหนียว 20.92 % และปฏิกิริยาดินซึ่งวัดด้วยน้ำด้วยอัตราส่วน ดิน : น้ำ (1: 1) มีค่าเป็น 5.91 (ตารางที่1) ซึ่งถือว่าเป็นดินที่มีความเป็นกรดปานกลาง เมื่อเปรียบเทียบกับระดับปฏิกิริยาดิน ซึ่งกำหนดโดยกองปฐพีวิทยา (2554) อินทรียวัตถุมีปริมาณร้อยละ 1.69 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่สกัดด้วย Bray II มีปริมาณ 278.54 mg P/kg Soil เป็นดินที่มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ปานกลาง ส่วน Exchangeable base จากผลการทดลองพบว่า แคลเซียมมีปริมาณ 1112.57 mg/kg (ตารางที่1) แมกนีเซียมมีปริมาณ 202.48 mg/kg โพแทสเซียมมีปริมาณ 254.29 mg/kg และโซเดียมมีปริมาณ 56.83 mg/kg ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) มีปริมาณ 15.42 cmol kg^{-1} ซึ่งถือว่าเป็นดินที่มีความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกปานกลาง ส่วน Extractable micronutrient ซึ่งประกอบด้วย เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี จากผลการทดลองพบว่า เหล็กมีปริมาณ 47.07 mg/kg แมงกานีสมีปริมาณ 149.22 mg/kg ทองแดงมีปริมาณ 2.09 mg/kg และสังกะสี 5.95 mg/kg ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า มีปริมาณจุลธาตุที่เพียงพอกับความต้องการของพืช

1.2 ชุดดินทับกวาง (Tw)

ชุดดินทับกวาง (Tw) เก็บจากแปลงคุณบุญชอบ ต.หนองหญ้า อ.เมือง จ.กาญจนบุรี มีปริมาณดินเหนียว 55.98 % และปฏิกิริยาดินซึ่งวัดด้วยน้ำด้วยอัตราส่วน ดิน : น้ำ (1: 1) มีค่าเป็น 6.57 (ตารางที่1) ซึ่งถือว่าเป็นดินที่มีความเป็นกรดเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับระดับปฏิกิริยาดินซึ่งกำหนดโดยกองปฐพีวิทยา (2554) อินทรียวัตถุมีปริมาณร้อยละ 3.05 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่สกัดด้วย Bray II มีปริมาณ 56.84 mg P/kg Soil เป็นดินที่มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำ ในส่วนของ Exchangeable base จากผลการทดลองพบว่า แคลเซียมมีปริมาณ 1973.55 mg/kg (ตารางที่1) แมกนีเซียมมีปริมาณ 413.90 mg/kg โพแทสเซียมมีปริมาณ 238.74 mg/kg และโซเดียมมีปริมาณ 53.97 mg/kg ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) มีปริมาณ 30.43 cmol kg^{-1} ซึ่งถือว่าเป็นดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มีความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูงมาก ส่วน Extractable micronutrient ซึ่งประกอบด้วย เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี จากผลการทดลองพบว่า เหล็กมีปริมาณ 25.96mg/kg แมงกานีสมีปริมาณ 74.60 mg/kg ทองแดงมีปริมาณ 2.97 mg/kg และสังกะสี 2.22 mg/kg ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า มีปริมาณจุลธาตุที่เพียงพอกับความต้องการของพืช

1.3 ชุดดินหินซ้อน (Hs)

ชุดดินหินซ้อน (Hs) เก็บจากแปลง คุณบุญชอบ ต.หนองหญ้า อ.เมือง จ.กาญจนบุรี มีปริมาณดินเหนียว 35.98% และปฏิกิริยาดินซึ่งวัดด้วยน้ำด้วยอัตราส่วน ดิน : น้ำ (1: 1) มีค่าเป็น 6.64 (ตารางที่1) ซึ่งถือว่าเป็นดินที่มีความเป็นกลาง เมื่อเปรียบเทียบกับระดับปฏิกิริยาดิน ซึ่งกำหนดโดยกองปฐพีวิทยา (2554) อินทรียวัตถุมีปริมาณร้อยละ 2.33 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่สกัดด้วย Bray II มีปริมาณ 427.07 mg P/kg Soil เป็นดินที่มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ค่อนข้างสูง ในส่วนของ Exchangeable base จากผลการทดลองพบว่า แคลเซียมมีปริมาณ 1360.73 mg/kg (ตารางที่1) แมกนีเซียมมีปริมาณ 320.36 mg/kg โพแทสเซียมมีปริมาณ 404.03mg/kg และโซเดียมมีปริมาณ 41.94 mg/kg ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) มีปริมาณ 20.11 cmol kg^{-1} ซึ่งถือว่าเป็นดินที่มีความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูง ส่วน Extractable micronutrient ซึ่งประกอบด้วย เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี จากผลการทดลองพบว่า เหล็กมีปริมาณ 15.29 mg/kg แมงกานีสมีปริมาณ 69.69 mg/kg องแดงมีปริมาณ 3.09 mg/kg และสังกะสีมีปริมาณ 4.37 mg/kg ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า มีปริมาณจุลธาตุที่เพียงพอกับความต้องการของพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 สมบัติบางประการของดินที่ใช้ในการทดลอง

ชุดดิน	pH	% Clay	% OM	Available P (mg/kg)		Exchangeable base (mg/kg)				CEC (cmol kg^{-1})	%BS	Extractable micronutrient (mg/kg)			
				Bray II	Olsen	Ca	Mg	K	Na			Fe	Mn	Cu	Zn
กำแพงแสน (Ks)	5.91	20.92	1.69	278.54	89.69	1112.57	202.48	254.29	56.83	15.42	52.83	47.07	149.22	2.09	5.95
ทับกวาง (Tw)	6.57	55.98	3.05	56.84	14.33	1973.55	413.90	238.74	53.97	30.43	46.53	25.96	74.60	2.97	2.22
หินซ้อน (Hs)	6.64	35.98	2.33	427.07	94.47	1360.73	320.36	404.03	41.94	20.11	53.15	15.29	69.69	3.09	4.37
สระบุรี (Sb)	6.28	25.98	1.72	291.12	122.81	1932.34	300.37	343.89	125.06	18.16	74.82	61.36	83.00	3.89	3.33
นครปฐม1(Np1)	7.02	19.92	1.05	81.57	29.19	1706.09	238.01	170.36	142.20	12.37	93.51	16.48	34.44	1.22	1.71
นครปฐม2(Np2)	6.95	18.06	1.10	32.22	8.04	792.91	148.20	58.68	285.17	11.79	52.59	28.33	49.00	0.93	1.62

1.4 ชุดดินสระบุรี (Sb)

ชุดดินสระบุรี (Sb) เก็บจากแปลง คุณมนัส ต.ห้วยขวาง อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม มีปริมาณดินเหนียว 25.98 % และปฏิกิริยาดินซึ่งวัดด้วยน้ำด้วยอัตราส่วน ดิน : น้ำ (1 : 1) มีค่าเป็น 6.28 (ตารางที่1) ซึ่งถือว่าเป็นดินที่มีความเป็นกรดเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับระดับปฏิกิริยาดิน ซึ่งกำหนดโดยกองปฐพีวิทยา (2554) อินทรียวัตถุมีปริมาณร้อยละ 1.72 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่สกัดด้วย Bray II มีปริมาณ 291.12mg P/kg Soil เป็นดินที่มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ค่อนข้างสูง ในส่วนของExchangeable base จากผลการทดลอง แคลเซียมมีปริมาณ 1932.34 mg/kg (ตารางที่1) แมกนีเซียมมีปริมาณ 300.37 mg/kg โพแทสเซียมมีปริมาณ 343.89 mg/kg และโซเดียมมีปริมาณ 125.06 mg/kg ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) มีปริมาณ 18.16 cmol kg^{-1} ซึ่งถือว่าเป็นดินที่มีความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกค่อนข้างสูง ส่วน Extractable micronutrient ซึ่งประกอบด้วย เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี จากผลการทดลองพบว่า เหล็กมีปริมาณ 61.36 mg/kg แมงกานีสมีปริมาณ 83.00 mg/kg ทองแดงมีปริมาณ 3.89 mg/kg และสังกะสีมีปริมาณ 3.33 mg/kg ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า มีปริมาณจุลธาตุที่เพียงพอกับความต้องการของพืช

1.5 ชุดดินนครปฐม (Np)

ชุดดินนครปฐม 1 (Np1) เก็บจากแปลงคุณบุญปลูก ต.ทับหลวง อ.เมือง จ.นครปฐม และชุดดินนครปฐม 2 (Np2) เก็บจากแปลงคุณทองดี ต.ห้วยขวาง อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม ในชุดดินนครปฐม 1 (Np1) มีปริมาณดินเหนียว 19.92% ส่วนชุดดินนครปฐม 2 (Np2) มีปริมาณดินเหนียว 18.06 % และปฏิกิริยาดินซึ่งวัดด้วยน้ำด้วยอัตราส่วน ดิน : น้ำ (1 : 1) มีค่าเป็น 7.02 และ 6.95 ตามลำดับ(ตารางที่1) ซึ่งถือว่าเป็นดินที่มีความเป็นกลาง เมื่อเปรียบเทียบกับระดับปฏิกิริยาดิน ซึ่งกำหนดโดยกองปฐพีวิทยา (2554) อินทรียวัตถุมีปริมาณร้อยละ 1.05 และ 1.10 ตามลำดับ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่สกัดด้วย Bray II มีปริมาณ 81.57mg P/kg Soil และ 32.22 mg P/kg Soil ตามลำดับ ในส่วนของ Exchangeable base จากผลการทดลองพบว่า ชุดดินนครปฐม 1 (Np1) มีปริมาณแคลเซียมเท่ากับ 1706.09mg/kg (ตารางที่ 1) มีปริมาณแมกนีเซียมเท่ากับ 238.01 mg/kg มีปริมาณโพแทสเซียมเท่ากับ 170.36 mg/kg และมีปริมาณโซเดียมเท่ากับ 142.20 mg/kg ชุดดินนครปฐม 2 (Np2) มีปริมาณแคลเซียมเท่ากับ 792.91 mg/kg (ตารางที่1) มีปริมาณแมกนีเซียมเท่ากับ 148.20 mg/kg มีปริมาณโพแทสเซียมเท่ากับ 58.68 mg/kg และมีปริมาณโซเดียม เท่ากับ 285.17 mg/kg ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) มีปริมาณ 12.37 cmol kg^{-1} และ 11.79 cmol kg^{-1} ตามลำดับ ซึ่งถือว่าเป็นดินที่มีความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูง ส่วน Extractable micronutrient ซึ่งประกอบด้วย เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี จากผลการทดลองพบว่า ชุดดินนครปฐม 1 (Np1) เหล็กมีปริมาณ 16.78 mg/kg แมงกานีสมีปริมาณ 34.44 mg/kg ทองแดงมีปริมาณ 1.22 mg/kg

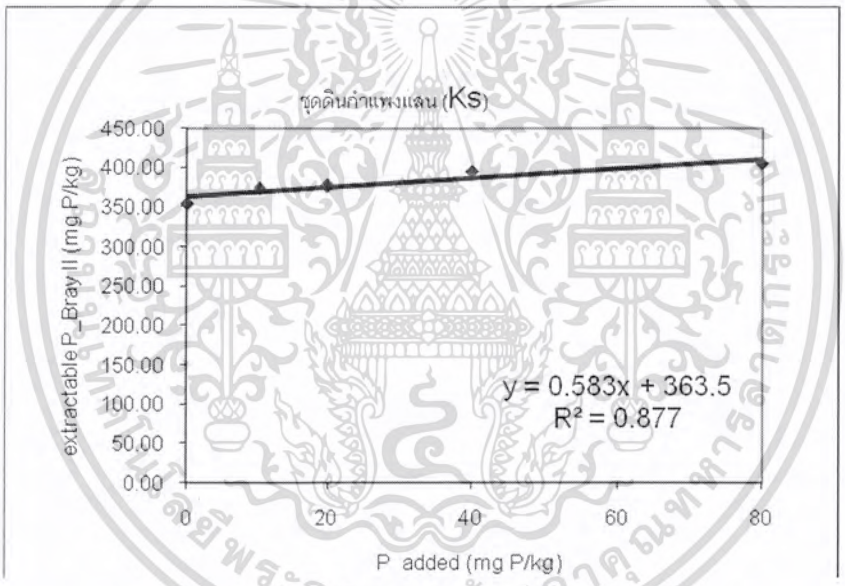
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และสังกะสีมีปริมาณ 1.71 mg/kg และ ชุดดินนครปฐม 2 (Np2) เหล็กมีปริมาณ 28.33mg/kg แมงกานีสมีปริมาณ 49.00 mg/kg ทองแดงมีปริมาณ 0.93 mg/kg และสังกะสี 1.62 mg/kg ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า มีปริมาณจุลธาตุที่เพียงพอกับความต้องการของพืชยกเว้นทองแดงที่ขาด

2. Phosphorus Buffer Coefficient (PBC)

2.1 Phosphorus Buffer Coefficient (PBC) ที่สกัดด้วย Bray II

การบ่มฟอสฟอรัสในชุดดินกำแพงแสน (Ks) เป็นเวลา 2 สัปดาห์พบว่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่สกัดได้ด้วยน้ำยา Bray II ในชุดดิน Ks มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นตามอัตราของฟอสฟอรัสที่ใส่ให้แก่ดิน (ภาพที่ 1) อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของฟอสฟอรัส ในตำรับที่ไม่ได้ใส่ฟอสฟอรัสให้แก่ดินมีฟอสฟอรัสที่สกัดด้วย Bray II สูงถึง 354.75 mg P/kg (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 แสดงค่าการเพิ่มขึ้นของฟอสฟอรัสที่สกัดได้ต่อหนึ่งหน่วยของฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไปในดิน (PBC) ที่สกัดด้วยน้ำยา Bray II

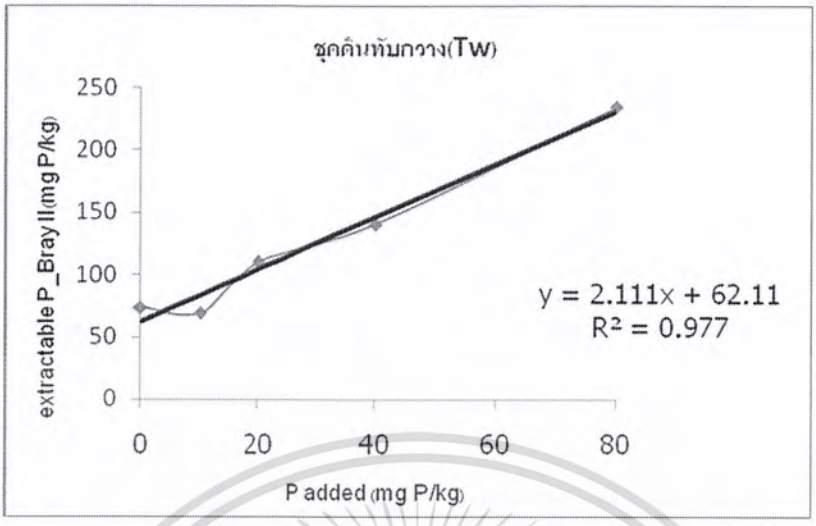
และกราฟความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่สกัดได้และปริมาณของฟอสฟอรัสที่เติมลงไปในดินมีสมการแสดงความสัมพันธ์ ดังนี้ $y = 0.5835x + 363.55$ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ในสมการ (R^2) เท่ากับ 0.87 มีค่าความชันเท่ากับ 0.5835 ซึ่งแสดงว่าชุดดิน Ks มีค่า PBC เท่ากับ 0.5835 หมายความว่า ดินชุดนี้สามารถดูดซับฟอสฟอรัสไว้ได้ปานกลาง เมื่อใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสลงไปในชุดดิน Ks หนึ่งหน่วยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ สกัดด้วยน้ำยา Bray II มีฟอสฟอรัสเพียง 0.5835 หน่วยเท่านั้น ซึ่งถือว่าชุดดิน Ks สามารถตรึงฟอสฟอรัสได้ในระดับปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การที่ชุดดิน Ks สามารถตรึงฟอสฟอรัสได้ปานกลาง อาจเนื่องมาจากชุดดิน Ks มี %Clay กับ CEC ในระดับปานกลาง และอินทรียวัตถุซึ่งอยู่ในระดับต่ำ เนื่องมาจากอนุภาคดินเหนียวและค่า CEC จะส่งเสริมการตรึงฟอสฟอรัสในดินให้สูงขึ้นเพราะ CEC ที่สูงแสดงว่ามีคอลลอยด์ดินปริมาณมากและคอลลอยด์ดินมีทั้งประจุลบและประจุบวก ซึ่งประจุบวกจะช่วยในการตรึงฟอสฟอรัสได้ และนอกจากนี้อนุภาคดินเหนียวอาจช่วยตรึงฟอสฟอรัสได้สูงถ้าเกิดการตรึงแบบ Ca-linkage กับแร่ดินเหนียวประกอบกับชุดดิน Ks มีอินทรียวัตถุที่ต่ำก็จะไม่เกิดการปลดปล่อยกรดอินทรีย์ออกมามากทำให้เหล็กและอลูมินัมละลายออกมาได้น้อยจึงลดการตรึงฟอสฟอรัสลง นี่อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ชุดดิน Ks มีการตรึงฟอสฟอรัสได้ปานกลาง (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ประกอบกับค่า pH อยู่ในระดับเป็นกรดปานกลางและนอกจากนี้ปริมาณ Fe และ Mn ที่ค่อนข้างสูงซึ่งจะส่งผลต่อขบวนการตรึงฟอสเฟตโดยเหล็กและแมงกานีส ที่ละลายน้ำได้มักจะทำปฏิกิริยากับ $H_2PO_4^-$ ซึ่งจะทำให้ฟอสฟอรัสอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำและไม่เป็นประโยชน์กับพืช จึงทำให้ชุดดิน Ks มีโอกาสที่จะตรึงฟอสฟอรัสและพืชสามารถนำฟอสฟอรัสไปใช้ประโยชน์ได้น้อย

ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่สกัดได้ด้วยน้ำยา Bray II ในชุดดินทับกวาง (Tw) มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นตามอัตราของฟอสฟอรัสที่ใส่ให้แก่ดิน (ภาพที่ 2) ซึ่งความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในชุดดิน (Tw) ในตำรับที่ไม่ได้ใส่ฟอสฟอรัสให้แก่ดิน มีฟอสฟอรัสที่สกัดด้วย Bray II เท่ากับ 73.28 mg P/kg (ภาพที่ 2) กราฟความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่สกัดได้และปริมาณของฟอสฟอรัสที่เติมลงไปในดิน มีสมการแสดงความสัมพันธ์ ดังนี้ $y = 2.1118x + 62.113$ มีค่าสัมประสิทธิ์ในสมการ (R^2) เท่ากับ 0.9776 มีค่าความชันเท่ากับ 2.1118 ซึ่งแสดงว่าชุดดิน Tw มีค่า PBC เท่ากับ 2.1118 หมายความว่า ดินชุดนี้ไม่ดูดซับฟอสฟอรัสเมื่อใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสลงไปในชุดดิน Tw1 หน่วย ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ สกัดด้วยน้ำยา Bray II มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น 2.1118 หน่วย ค่า PBC ของชุดดิน Tw เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากชุดดิน Tw มีปริมาณ Ca ค่อนข้างสูง ดังนั้นการใช้น้ำยาสกัด Bray II ซึ่งมีองค์ประกอบมีอนุมูลของ H^+ และอนุมูลฟลูออไรด์ (F^-) อนุมูล H^+ สามารถสกัดฟอสฟอรัสที่ละลายได้ง่ายในกรดในขณะที่ชุดดิน Tw มี Caในปริมาณมาก ดังนั้นฟอสฟอรัสก็จะอยู่ในรูป Ca-P ซึ่งสามารถละลายได้ง่ายในน้ำยาสกัดที่เป็นกรด (Olsen และ Dean, 1965; Bray และ Dickman, 1941) และความเป็นกรดของ Bray II อาจทำให้ละลายฟอสฟอรัสในส่วนของ Ca-P ออกมาได้มากส่งผลให้มีฟอสฟอรัสที่สกัดได้มากเกินความเป็นจริง ทำให้ค่า PBC ที่สกัดได้ไม่ใช่ค่า PBC ที่แท้จริงเพราะค่า PBC ที่ได้แสดงในชุดดิน Tw ไม่ได้ดูดซับฟอสฟอรัสเอาไว้เลยและยังละลายฟอสฟอรัสออกมาเพิ่มอีกด้วย ดังนั้น Bray II อาจไม่เหมาะที่จะใช้สกัดฟอสฟอรัสจากชุดดิน Tw

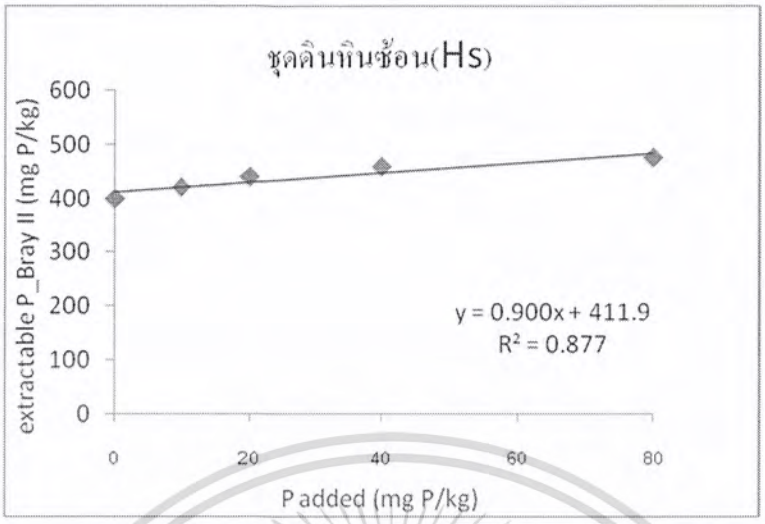
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2 แสดงค่าการเพิ่มขึ้นของฟอสฟอรัสที่สกัดได้ต่อหนึ่งหน่วยของฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไปในดิน (PBC) ที่สกัดด้วยน้ำยา Bray II

โดยความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่สกัดได้ด้วยน้ำยา Bray II ในชุดดินหินซ้อน (Hs) มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นตามอัตราของฟอสฟอรัสที่ใส่ให้แก่ดิน (ภาพที่ 3) อย่างไรก็ตามในตำรับที่ไม่ได้ใส่ฟอสฟอรัสให้แก่ดินมีฟอสฟอรัสสูงถึง 399.22 mg P/kg (ภาพที่ 3) กราฟความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่สกัดได้และปริมาณของฟอสฟอรัสที่เติมลงไปในดิน พบว่ามีสมการแสดงความสัมพันธ์ ดังนี้ $y = 0.9001x + 411.9$ มีค่าสัมประสิทธิ์ในสมการ (R^2) เท่ากับ 0.877 และมีค่าความชันเท่ากับ 0.9001 ซึ่งแสดงว่าชุดดิน Hs มีค่า PBC เท่ากับ 0.9001 หมายความว่าดินชุดนี้สามารถดูดซับฟอสฟอรัสไว้ได้ต่ำมาก เมื่อใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสลงไปในชุดดิน Hs หนึ่งหน่วยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สกัดด้วยน้ำยา Bray II มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ถึง 0.9001 การที่ชุดดินหินซ้อน (Hs) สามารถตรึงฟอสฟอรัสได้ค่อนข้างต่ำ อาจเนื่องมาจากชุดดินหินซ้อน (Hs) มีปริมาณ Ca Mgในปริมาณค่อนข้างสูง และอาจมีสาเหตุเช่นเดียวกับค่า PBC ของชุดดิน Tw

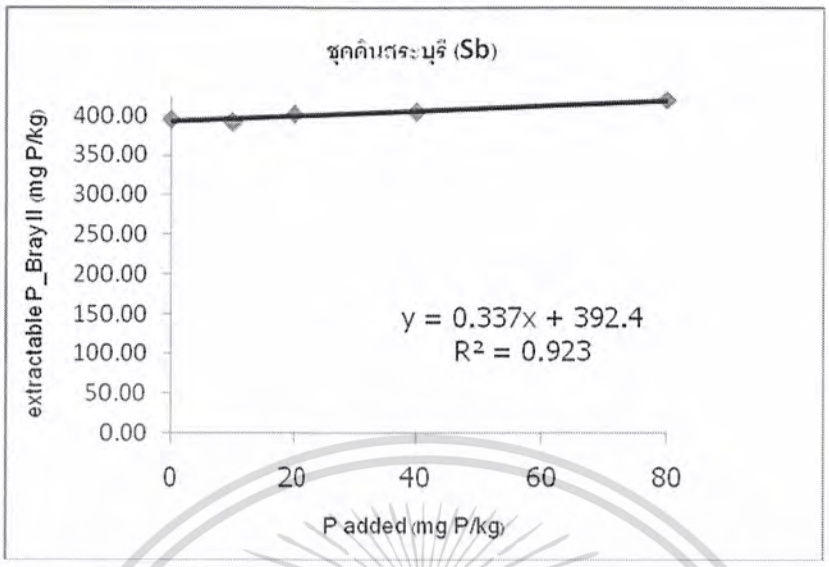
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3 แสดงค่าการเพิ่มขึ้นของฟอสฟอรัสที่สกัดได้ต่อหนึ่งหน่วยของฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไปในดิน (PBC) ที่สกัดด้วยน้ำยา Bray II

ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่สกัดได้ด้วยน้ำยา Bray II ในชุดดินสระบุรี(Sb) มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นตามอัตราของฟอสฟอรัสที่ใส่ให้แก่ดินเช่นเดียวกับชุดดินอื่นๆ (ภาพที่ 4) อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของฟอสฟอรัส ในตำรับที่ไม่ได้ใส่ฟอสฟอรัสให้แก่ดินมีฟอสฟอรัสที่สกัดด้วย Bray II สูงถึง 395.15 mg P/kg (ภาพที่ 4) กราฟความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่สกัดได้และปริมาณของฟอสฟอรัสที่เติมลงไปในดิน พบว่า มีสมการแสดงความสัมพันธ์ ดังนี้ $y = 0.3377x + 392.43$ มีค่าสัมประสิทธิ์ในสมการ (R^2) เท่ากับ 0.9234 มีค่าความชันเท่ากับ 0.3377 ซึ่งแสดงว่าชุดดิน Sb มีค่า PBC เท่ากับ 0.3377 หมายความว่า ดินชุดนี้สามารถดูดซับฟอสฟอรัสไว้ได้ค่อนข้างสูง เมื่อใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสลงไปในชุดดิน Sb หนึ่งหน่วย ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ สกัดด้วยน้ำยา Bray II มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพียง 0.3377 หน่วยเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

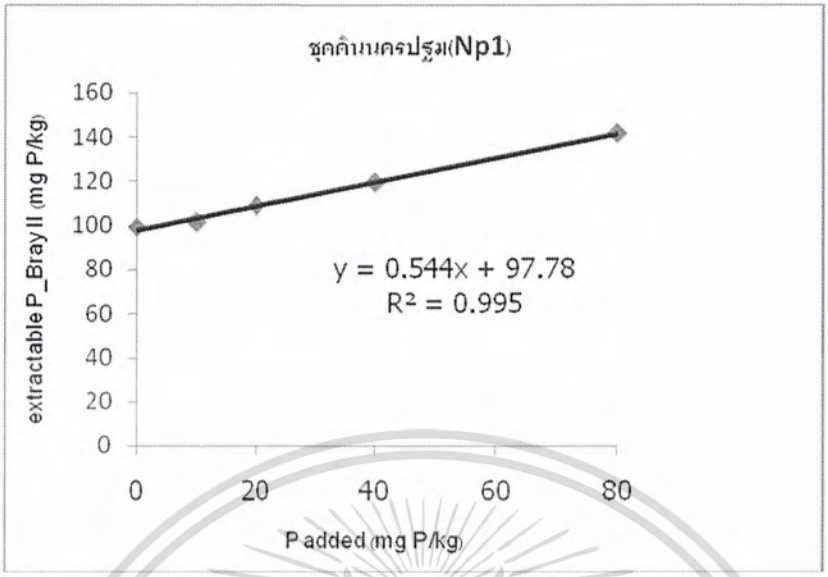


ภาพที่ 4 แสดงค่าการเพิ่มขึ้นของฟอสฟอรัสที่สกัดได้ต่อหนึ่งหน่วยของฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไปในดิน (PBC) ที่สกัดด้วยน้ำยา Bray II

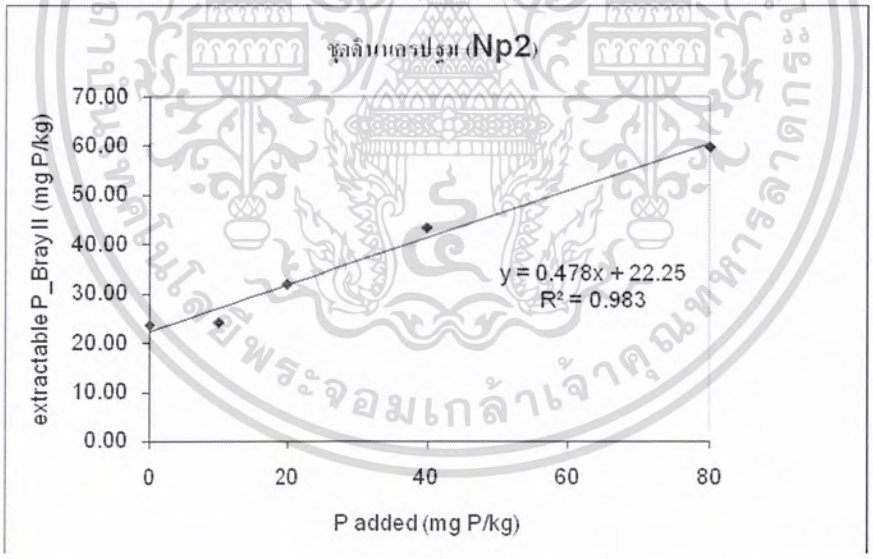
การที่ชุดดิน Sb มีปริมาณ Fe และ Mn ที่ค่อนข้างสูงจึงทำให้ชุดดิน Sb ตรึงฟอสฟอรัสได้สูงมากประกอบกับชุดดิน Sb มี % Clay กับ CEC ในระดับปานกลาง และปริมาณอินทรียวัตถุซึ่งอยู่ในระดับต่ำ ประกอบกับค่า pH อยู่ในระดับเป็นกรดปานกลางซึ่งทำให้ชุดดิน Sb สามารถตรึงฟอสฟอรัสได้สูงเนื่องจากอนุภาคดินเหนียวและค่า CEC จะส่งเสริมการตรึงฟอสฟอรัสในดินให้สูงขึ้น อาจเนื่องด้วย CEC ที่สูงแสดงว่ามีคอลลอยด์ดินอยู่มากและคอลลอยด์ดินมีทั้งประจุลบและประจุบวกอยู่ ซึ่งประจุบวกจะช่วยในการตรึงฟอสฟอรัสได้และอนุภาคดินเหนียวอาจช่วยตรึงฟอสฟอรัสได้สูงถ้าเกิดการตรึงแบบ Ca-linkage กับแร่ดินเหนียว (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ซึ่งจะส่งผลให้ชุดดิน Sb มีการตรึงฟอสฟอรัสไว้กับดินได้มาก

ชุดดินนครปฐม (Np1)ในตำรับที่ไม่ได้ใส่ฟอสฟอรัสให้แก่ดิน ดินจะมีฟอสฟอรัสที่สกัดด้วยวิธี Bray II สูงถึง 99.29 mg P/kg (ภาพที่ 5) กราฟความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่สกัดได้และปริมาณของฟอสฟอรัสที่เติมลงไปในดินมีสมการแสดงความสัมพันธ์ ดังนี้ $y = 0.5441x + 97.784$ มีค่ามีค่าสัมประสิทธิ์ในสมการ (R^2) เท่ากับ0.9952 ชุดดินนครปฐม 1 (Np1) มีค่าความชันเท่ากับ 0.5441 ซึ่งแสดงว่าชุดดิน Np1 มีค่า PBC เท่ากับ 0.5441ชุดดินนครปฐม 2 (Np2) พบว่า มีสมการแสดงความสัมพันธ์ ดังนี้ $y = 0.4787x + 22.261$ มีค่าสัมประสิทธิ์ในสมการ (R^2) เท่ากับ 0.9832 มีค่าความชันเท่ากับ 0.4787 (ภาพที่ 6) ซึ่งมีค่า PBC ใกล้เคียงกับชุดดิน Np1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5 แสดงค่าการเพิ่มขึ้นของฟอสฟอรัสที่สกัดได้ต่อหนึ่งหน่วยของฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไปในดิน (PBC) ที่สกัดด้วยน้ำยา Bray II



ภาพที่ 6 แสดงค่าการเพิ่มขึ้นของฟอสฟอรัสที่สกัดได้ต่อหนึ่งหน่วยของฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไปในดิน (PBC) ที่สกัดด้วยน้ำยา Bray II

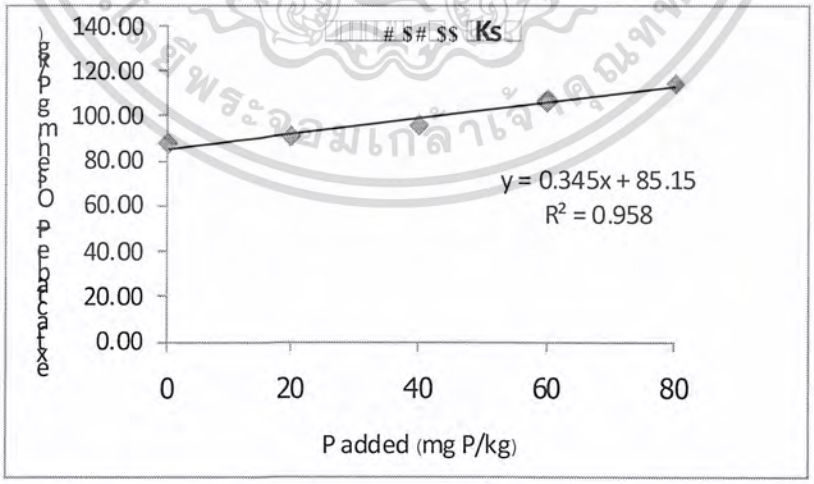
แสดงว่าชุดดิน Np1 สามารถตรึงฟอสฟอรัสได้ปานกลาง อาจเนื่องมาจากชุดดินนครปฐม 1 (Np1) มี % Clay กับ CEC ในระดับปานกลางและปริมาณอินทรียวัตถุซึ่งอยู่ในระดับต่ำ เพราะ % Clay และค่า CEC จะส่งเสริมการตรึงฟอสฟอรัสให้เพิ่มสูงขึ้น และ %Clay อาจตรึงฟอสฟอรัสได้สูงถ้าเกิดการตรึงแบบ Ca-linkage กับแร่ดินเหนียว ค่า CEC สูงแสดงว่ามีคอลลอยด์ดินสูงและคอลลอยด์ดินก็จะ

เอกสารนี้มีไว้เพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีทั้งประจุลบและประจุบวกซึ่งช่วยส่งเสริมการตรึงฟอสฟอรัส แต่ด้วยอินทรียวัตถุที่ต่ำทำให้ไม่เกิดกรดอินทรีย์ออกมาและ pH ก็จะไม่ลดต่ำลง ทำให้ปริมาณเหล็กไม่ละลายออกมามาก จึงทำให้อินทรียวัตถุไม่ส่งเสริมการตรึงฟอสฟอรัส ชุดดิน Np1 จึงตรึงฟอสฟอรัสได้ปานกลาง และประกอบกับค่า pH อยู่ในระดับเป็นกลางซึ่งทำให้ชุดดิน Np1 สามารถตรึงฟอสฟอรัสได้ปานกลาง แต่เมื่อ pH เท่ากับ 7.02 จะทำให้ชุดดินนครปฐม (Np1) เกิดการตรึงฟอสฟอรัสได้น้อยเพราะเป็นช่วงที่เหมาะสมแก่ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัส กล่าวคือในช่วง pH ที่เป็นกลางดินจะมีอำนาจการตรึงฟอสฟอรัสได้ต่ำกว่าในดินที่มี pH เป็นกรด (สรสิทธิ์, 2547) ชุดดิน Np2 สามารถตรึงฟอสฟอรัสได้ปานกลาง อาจเนื่องมาจากชุดดิน Np2 มี %Clay ค่า CEC ค่า pH และอินทรียวัตถุใกล้เคียงกับชุดดิน Np1

2.2 Phosphorus buffer coefficient (PBC) ที่สกัดด้วย Olsen

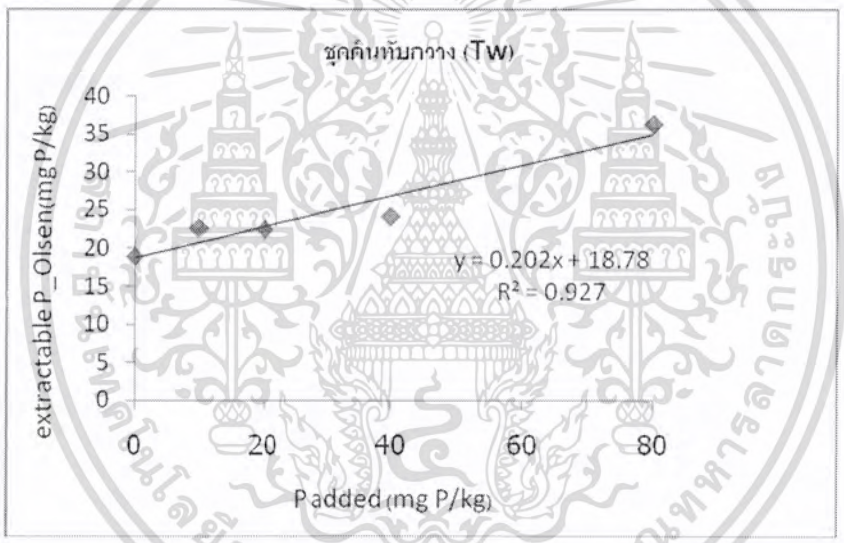
ชุดดินกำแพงแสน (Ks) มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นตามอัตราของฟอสฟอรัสที่ใส่ให้แก่ดิน (ภาพที่ 7) เช่นเดียวกับการสกัดด้วย Bray II สมการความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่สกัดได้และปริมาณของฟอสฟอรัสที่เติมลงไปในดินมีดังนี้ $y = 0.346x + 88.616$ มีค่าสัมประสิทธิ์ในสมการ (R^2) เท่ากับ 0.9588 มีค่าความชันเท่ากับ 0.346 การที่ชุดดิน Ks สามารถตรึงฟอสฟอรัสได้สูงอาจเนื่องมาจากชุดดิน Ks มี % Clay และ CEC ในระดับปานกลางและประกอบกับค่า pH อยู่ในระดับเป็นกรดปานกลางซึ่งทำให้ชุดดินกำแพงแสน (Ks) สามารถตรึงฟอสฟอรัสได้และอธิบายได้เช่นเดียวกับชุดดิน Ks ที่สกัดด้วย Bray II



ภาพที่ 7 แสดงค่าการเพิ่มขึ้นของฟอสฟอรัสที่สกัดได้ต่อหนึ่งหน่วยของฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไปในดิน (PBC) ที่สกัดด้วยน้ำยา Olsen

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่สกัดได้ด้วยน้ำยา Olsen ในชุดดินทับกวาง (Tw) มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นตามอัตราของฟอสฟอรัสที่ใส่ให้แก่ดิน (ภาพที่ 8) ในตำรับที่ไม่ได้ใส่ฟอสฟอรัสให้แก่ดิน ดินจะมีฟอสฟอรัสที่สกัดด้วย Olsen เพียง 18.81 mg P/kg (ภาพที่ 8) กราฟความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่สกัดได้และปริมาณของฟอสฟอรัสที่เติมลงไปในดินมีสมการแสดงความสัมพันธ์ ดังนี้ $y = 0.2029x + 18.786$ มีค่าสัมประสิทธิ์ในสมการ (R^2) เท่ากับ 0.9277 มีค่าความชันเท่ากับ 0.2029 ซึ่งแสดงว่าชุดดินทับกวาง (Tw) มีค่า PBC เท่ากับ 0.2029 หมายความว่าดินชุดนี้สามารถดูดซับฟอสฟอรัสไว้ได้สูง เมื่อใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสลงไปในชุดดินทับกวาง (Tw) หนึ่งหน่วยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ สกัดด้วย Olsen มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพียง 0.2029 หน่วยเท่านั้น



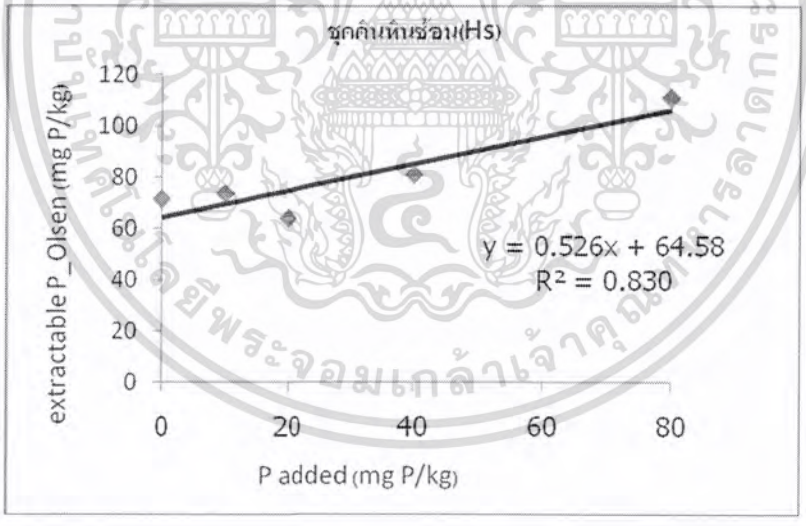
ภาพที่ 8 แสดงค่าการเพิ่มขึ้นของฟอสฟอรัสที่สกัดได้ต่อหนึ่งหน่วยของฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไปในดิน (PBC) ที่สกัดด้วยน้ำยา Olsen

การที่ชุดดินทับกวาง (Tw) สามารถตรึงฟอสฟอรัสได้สูง อาจเนื่องมาจากชุดดินทับกวาง (Tw) มีปริมาณ Ca และ Mg ที่สูง มี% Clay และ CEC ในระดับปานกลางและปริมาณอินทรียวัตถุซึ่งอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูงกว่าชุดดินอื่น ประกอบกับค่า pH อยู่ในระดับเป็นกลางทำให้ชุดดินทับกวาง (Tw) สามารถตรึงฟอสฟอรัสได้สูง เนื่องมาจากเมื่อปริมาณอนุภาคดินเหนียวและค่า CEC อยู่ในระดับปานกลางอนุภาคดินเหนียวและค่า CEC จะส่งเสริมการตรึงฟอสฟอรัสในดินให้สูงขึ้น และอาจเนื่องจากสารละลายสกัด Olsen เหมาะสมกับดินด่าง (อัญธิชา, 2546) โดยทำการศึกษากับดินที่มีค่า pH อยู่ในช่วง 4-9.5 พบว่า ในดินกรดที่มี pH ต่ำกว่า 7 การใช้วิธีสกัด Bray I และ Bray II จะสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟอสฟอรัสจากดินได้มากกว่าวิธี Olsen โดยที่วิธี Bray II จะสามารถสกัดฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ออกมาได้มากกว่าทุกวิธีในทุกระดับ pH ดินโดยเฉพาะในดินที่มี pH เท่ากับ 8 จะวิเคราะห์ได้มากกว่าทั้ง 2 วิธีเป็นอย่างมากซึ่งอาจมากกว่าค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้จริงและสอดคล้องกับค่า PBC ของน้ำยาสกัด Bray II เมื่อเปรียบเทียบกับค่า PBC ของน้ำยาสกัด Olsen จะเห็นได้ว่าในน้ำยาสกัด Bray II นั้นมีค่า PBC ที่สูงมาก ซึ่งแตกต่างจากค่า PBC ของน้ำยาสกัด Olsen และจากการทดลองชุดดิน Tw มี Ca ในปริมาณที่สูงอาจทำให้เชื่อได้ว่า PBC ของชุดดิน Tw ที่สกัดด้วย Olsen น่าจะเป็นค่าที่ถูกต้องและใกล้เคียงความจริงมากกว่าการสกัดด้วย Bray II

ชุดดินหินซ้อน (Hs) ที่สกัดได้ด้วยน้ำยา Olsen มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นตามอัตราของฟอสฟอรัสที่ใส่ให้แก่ดิน (ภาพที่ 9) ในตำรับที่ไม่ได้ใส่ฟอสฟอรัสให้แก่ดิน ดินจะมีฟอสฟอรัสที่สกัดด้วย Olsen สูงถึง 71.54 mg P/kg (ภาพที่ 9) กราฟความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่สกัดได้และปริมาณของฟอสฟอรัสที่เติมลงไปในดินพบว่า มีสมการแสดงความสัมพันธ์ ดังนี้คือ $y = 0.5261x + 64.585$ มีค่าสัมประสิทธิ์ในสมการ (R^2) เท่ากับ 0.8307 มีค่าความชันเท่ากับ 0.5261 ซึ่งแสดงว่าชุดดิน Hs มีค่า PBC เท่ากับ 0.5261



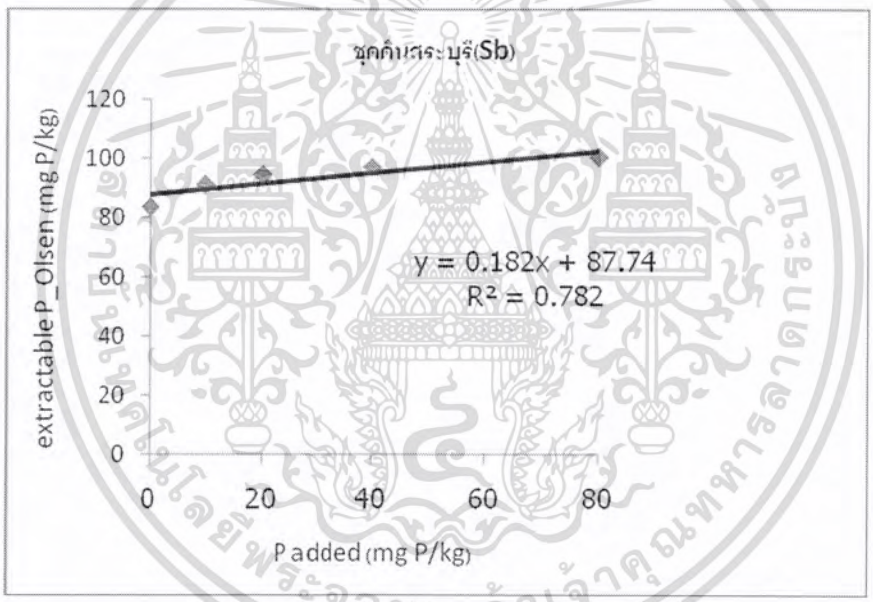
ภาพที่ 9 แสดงค่าการเพิ่มขึ้นของฟอสฟอรัสที่สกัดได้ต่อหนึ่งหน่วยของฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไปในดิน (PBC) ที่สกัดด้วยน้ำยา Olsen

การที่ชุดดิน Hs สามารถตรึงฟอสฟอรัสได้ปานกลางนั้น อาจเนื่องมาจากชุดดินหินซ้อน (Hs) มีปริมาณ Ca และ Mg ในปริมาณค่อนข้างสูง ซึ่งในดินที่เป็นด่างก็จะมีสารประกอบของแคลเซียมและแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบอยู่มากฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์เมื่อทำปฏิกิริยากับ Ca^{2+} และ Mg^{2+} ก็จะกลายเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำได้น้อยลง ในส่วนของสมบัติดินเบื้องต้นคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

% Clay และ CEC ซึ่งจะส่งเสริมให้เกิดการตรึงฟอสฟอรัสได้สูงสามารถอธิบายเหตุผลได้ดังที่กล่าวมาแล้ว

ในชุดดินสระบุรี (Sb) มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นตามอัตราของฟอสฟอรัสที่ใส่ให้แก่ดิน (ภาพที่ 10) กราฟความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่สกัดได้และปริมาณของฟอสฟอรัสที่เติมลงไปในดินมีสมการแสดงความสัมพันธ์ ดังนี้ $y = 0.1826x + 87.749$ มีค่าสัมประสิทธิ์ในสมการ (R^2) เท่ากับ 0.7823 มีค่าความชันเท่ากับ 0.1826 ซึ่งแสดงว่าชุดดิน Sb มีค่า PBC เท่ากับ 0.1826 หมายความว่า ดินชุดนี้สามารถดูดซับฟอสฟอรัสไว้ได้สูงมาก เมื่อใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสลงไปในชุดดิน Sb หนึ่งหน่วยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ สกัดด้วยน้ำยา Olsen มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพียง 0.1826 หน่วยเท่านั้น

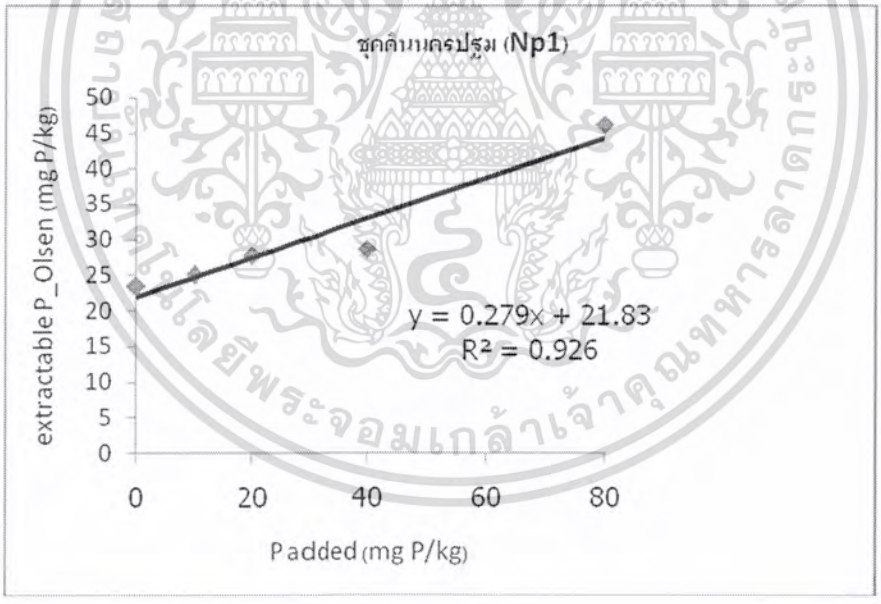


ภาพที่ 10 แสดงค่าการเพิ่มขึ้นของฟอสฟอรัสที่สกัดได้ต่อหนึ่งหน่วยของฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไปในดิน (PBC) ที่สกัดด้วยน้ำยา Olsen

การที่ชุดดิน Sb มีปริมาณ Fe และ Mn Ca และ Mg ที่ค่อนข้างสูงทำให้ชุดดิน Sb สามารถตรึงฟอสฟอรัสได้ค่อนข้างสูงเพราะไอออนของ Fe และ Mn Ca และ Mg โดย $H_2PO_4^-$ และ HPO_4^{2-} ที่ละลายน้ำได้ดีทำปฏิกิริยากับไอออนเหล่านี้ที่อยู่ในสารละลายดินหรือที่ถูกดูดยึดไว้กับอนุภาคดินทำให้กลายเป็นสารฟอสเฟตที่ไม่ละลายน้ำ (สรสิทธิ์, 2547) และอาจเนื่องมาจากชุดดิน Sb มี %Clay และ CEC ซึ่งมีสาเหตุเช่นเดียวกันกับชุดดิน Sb ที่สกัดด้วย Bray II

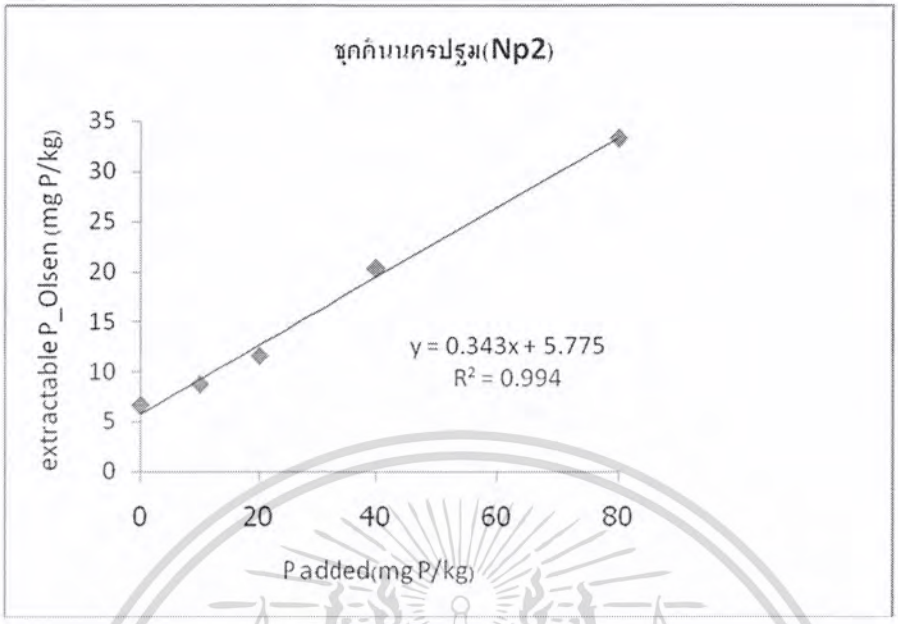
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดดินนครปฐม (Np1) มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นตามอัตราของฟอสฟอรัสที่ใส่ให้แก่ดิน (ภาพที่ 11) กราฟความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่สกัดได้และปริมาณของฟอสฟอรัสที่เติมลงไปในดิน (ภาพที่ 11) พบว่า มีสมการแสดงความสัมพันธ์ ดังนี้ $y = 0.2793x + 21.831$ มีค่าสัมประสิทธิ์ในสมการ (R^2) เท่ากับ 0.9261 มีค่าความชันเท่ากับ 0.2793 ซึ่งแสดงว่าชุดดิน Np1 มีค่า PBC เท่ากับ 0.2793 หมายความว่า ดินชุดนี้สามารถดูดซับฟอสฟอรัสไว้ได้สูง เมื่อใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสลงไปในชุดดินนครปฐม (Np1) หนึ่งหน่วยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สกัดด้วยน้ำยา Olsen มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพียง 0.2793 หน่วยเท่านั้นชุดดินนครปฐม (Np2) มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นตามอัตราของฟอสฟอรัสที่ใส่ให้แก่ดิน (ภาพที่ 12) กราฟความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่สกัดได้และปริมาณของฟอสฟอรัสที่เติมลงไปในดินพบว่า มีสมการแสดงความสัมพันธ์ ดังนี้ $y = 0.3438x + 5.7755$ มีค่าสัมประสิทธิ์ในสมการ (R^2) เท่ากับ 0.9946 มีค่าความชันเท่ากับ 0.3438 การที่ชุดดิน Np2 สามารถตรึงฟอสฟอรัสได้สูง อาจเนื่องมาจากชุดดิน Np2 มี % Clay ค่า CEC ค่า pH และอินทรียวัตถุใกล้เคียงกับชุดดิน Np1



ภาพที่ 11 แสดงค่าการเพิ่มขึ้นของฟอสฟอรัสที่สกัดได้ต่อหนึ่งหน่วยของฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไปในดิน (PBC) ที่สกัดด้วยน้ำยา Olsen

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 12 แสดงค่าการเพิ่มขึ้นของฟอสฟอรัสที่สกัดได้ต่อหนึ่งหน่วยของฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไปในดิน (PBC) ที่สกัดด้วยน้ำยา Olsen

การที่ชุดดิน Np1 และ Np2 สามารถตรึงฟอสฟอรัสได้สูงอาจเนื่องมาจากมี % Clay และค่า CEC ในระดับปานกลางและปริมาณอินทรียวัตถุซึ่งอยู่ในระดับต่ำ ประกอบกับค่า pH อยู่ในระดับเป็นกรดปานกลางทำให้ชุดดิน Np1 สามารถตรึงฟอสฟอรัสได้สูง เนื่องจากเมื่อปริมาณอนุภาคดินเหนียวและค่า CEC อยู่ในระดับปานกลางอนุภาคดินเหนียวและค่า CEC จะส่งเสริมการตรึงฟอสฟอรัสในดินให้สูงขึ้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) อาจเนื่องด้วย CEC ที่สูง แสดงว่ามีคอลลอยด์ดินปริมาณมาก และคอลลอยด์ดินมีทั้งประจุลบและประจุบวก ซึ่งประจุบวกจะช่วยในการตรึงฟอสฟอรัสได้และอนุภาคดินเหนียวอาจช่วยตรึงฟอสฟอรัสได้สูงถ้าเกิดจากการตรึงแบบ Ca-linkage กับแร่ดินเหนียว ซึ่งจะส่งผลให้ชุดดิน Np1 และ Np2 มีการตรึงฟอสฟอรัสไว้กับดินได้มาก ทำให้พืชสามารถนำฟอสฟอรัสไปใช้ประโยชน์ได้น้อย

จากตารางการเปรียบเทียบค่า PBC ของน้ำยาสกัดทั้งสองชนิดพบว่าค่า PBC ของน้ำยาสกัด Bray II ทั้ง 6 ชุดดินให้ค่า PBC ที่สูงกว่าน้ำยาสกัด Olsen ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากน้ำยาสกัด Bray II เป็นส่วนผสมระหว่างกรดเจือจางกับอนุมูลฟลูออไรด์ (F^-) จะสามารถสกัดฟอสเฟตที่ละลายได้ง่ายในกรดซึ่งส่วนใหญ่เป็นแคลเซียมฟอสเฟต นอกจากนี้อนุมูลฟลูออไรด์สามารถทำปฏิกิริยากับอะลูมินัมและเหล็กในดินเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน ทำให้อะลูมินัมฟอสเฟตและเหล็กฟอสเฟตละลายได้เพิ่มขึ้น (Olsen and Dean, 1965) Kurtz *et al.* (1946) ได้เปรียบเทียบความสามารถในการไล่ที่ของอนุมูลต่างๆ กับอนุมูลฟอสเฟตที่ถูกดูดซับในดินปรากฏว่าอนุมูลฟลูออไรด์ไล่อนุมูลฟอสเฟตได้ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นสารละลายสกัดที่มีฟลูออไรด์เป็นองค์ประกอบจะมีแนวโน้มในการสกัดฟอสฟอรัสจากดินได้ในปริมาณสูง ในขณะที่ดินที่ใช้ในการทดลองนี้มี pH อยู่ในช่วง 5.91 - 7.02 และมีปริมาณ Ca และ Mg จึงทำให้น้ำยาสกัด Bray II สกัดฟอสฟอรัสออกมาในปริมาณที่สูงเมื่อนำมาหาค่า PBC จึงมีค่า PBC สูงกว่า PBC ที่สกัดด้วย Olsen ในทุกชุดดิน ทำให้ค่า PBC แตกต่างกันเมื่อสกัดด้วยน้ำยาต่างชนิดกัน อย่างไรก็ตามจะสามารถพิสูจน์ได้ว่าค่า PBC จากการสกัดด้วยน้ำยาสกัดดินชนิดใดถูกต้องจำเป็นต้องมีการทดสอบผลการตอบสนองของพืชต่อไปในอนาคต

2.3 เปรียบเทียบค่า PBCที่สกัดโดย Bray II และOlsen

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบค่า PBC (Bray II) และ PBC (Olsen)

Soil	PBC (Bray II)	R^2	PBC (Olsen)	R^2
ชุดดินที่ 1	0.5835	0.8779	0.346	0.9588
ชุดดินที่ 2	2.1118	0.9776	0.2029	0.9277
ชุดดินที่ 3	0.9001	0.5648	0.5261	0.8307
ชุดดินที่ 4	0.3377	0.9234	0.1826	0.7823
ชุดดินที่ 5	0.5441	0.9952	0.2793	0.9261
ชุดดินที่ 6	0.4787	0.9832	0.3438	0.9946

จากตารางสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ค่า PBC ที่สกัดด้วยน้ำยา Bray II กับสมบัติดินเบื้องต้นพบว่า อนุภาคดินเหนียว อินทรียวัตถุ และ Available P มีแนวโน้มที่จะมีสหสัมพันธ์ในเชิงบวกกับค่า PBC โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.684 0.628 และ 0.543 ตามลำดับ แสดงว่าดินที่มี %Clay อินทรียวัตถุ และ Available P ที่สกัดด้วย Bray II สูง มีแนวโน้มที่จะมีค่า PBC สูง แสดงว่าสามารถดูดซับฟอสฟอรัสได้ต่ำ ส่วนปริมาณ extractable Fe มีแนวโน้มที่จะมีสหสัมพันธ์เชิงลบกับค่า PBC โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ -0.684 แสดงว่าในดินที่มีปริมาณ Fe สูง ค่า PBC ต่ำดินจะดูดซับฟอสฟอรัสไว้ได้มาก อาจเป็นเพราะ Fe ตกตะกอนกับฟอสฟอรัส ส่วนค่า PBC ที่สกัดด้วย Olsen กับสมบัติดินเบื้องต้นพบว่า exchangeable Ca และ extractable Fe มีแนวโน้มที่จะมีสหสัมพันธ์เชิงลบกับค่า PBC โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ -0.608 และ -0.512 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาจเป็นเพราะ Ca และ Fe สามารถตกตะกอนอยู่กับฟอสฟอรัส จึงทำให้ดินที่มี Ca และ Fe สูง มีค่า PBC ต่ำหรือดูดซับฟอสฟอรัสได้สูง

3.สมบัติของดินที่มีผลต่อ PBC

ตารางที่ 3 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างสมบัติดินและ PBC ที่สกัดด้วย Bray II และ Olsen

สมบัติดินเบื้องต้น	PBC	
	PBC(Bray II)	PBC(Olsen)
pH	0.090	0.027
%Clay	0.684	-0.153
CEC	0.442	-0.239
%OM	0.628	-0.029
Available P	0.543	0.152
Exchangeable Ca	-0.246	-0.608
Exchangeable Mg	0.349	-0.237
Exchangeable K	0.426	0.245
Exchangeable Na	-0.541	-0.135
%BS	-0.390	-0.310
Extractable Fe	-0.684	-0.512
ExtractableMn	0.022	0.035
ExtractableCu	0.039	-0.174
ExtractableZn	0.379	0.405

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

1. ค่า Phosphorus Buffer Coefficient (PBC) ที่สกัดด้วยน้ำยาสกัด Bray II ของชุดดินที่ทำการศึกษา

ค่า Phosphorus Buffer Coefficient (PBC) ที่สกัดด้วยน้ำยาสกัด Bray II ทั้งหมด 6 ชุดดิน พบว่า ค่า PBC ในชุดดินกำแพงแสน (Ks) ชุดดินนครปฐม (Np) มีการตรึงฟอสฟอรัสของดินอยู่ในระดับปานกลาง และพืชสามารถนำปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไปใช้ประโยชน์ได้ปานกลาง ส่วนในชุดดินสระบุรี (Sb) มีการตรึงฟอสฟอรัสของดินอยู่ในระดับสูง ซึ่งพืชสามารถนำฟอสฟอรัสไปใช้ประโยชน์ได้น้อย ในชุดดินหินซ้อน (Hs) มีการตรึงฟอสฟอรัสของดินอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งหมายถึงดินมีการดูดซับฟอสฟอรัสได้ต่ำและพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มาก ในชุดดินทับกวาง (Tw) มีค่า PBC ที่สูงเกินจริงเนื่องจากการใช้น้ำยาสกัด Bray II ซึ่งBray II เป็นสารละลายที่สกัดฟอสฟอรัสในดินด้วยสารละลายที่มีสภาพเป็นกรด มีส่วนผสมของกรด HCl และ NH_4F จึงสามารถสกัดฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปที่ละลายง่ายในกรด เช่น Ca-P และบางส่วนของ Fe-P และ Al-P ในขณะเดียวกัน NH_4F สามารถสกัด Fe-P และ Al-P ได้ดีเช่นกัน ในน้ำยาสกัดที่เป็นกรดนั้น F จะรวมกับ Al และ Fe เกิด complexing ion ขึ้น ทำให้ฟอสฟอรัสที่ถูกดูดยึดไว้โดย Al และ Fe ถูกปลดปล่อยออกมา ดังนั้นน้ำยาสกัดนี้จึงสามารถสกัดอินทรีย์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆออกมาได้ดีจึงส่งผลให้ในชุดดินทับกวาง (Tw) มีค่า PBC ที่สูงเกินจริง (กองปฐพีวิทยา, 2554)

2. ค่า Phosphorus Buffer Coefficient (PBC) ที่สกัดด้วยน้ำยาสกัด Olsen ของชุดดินที่ทำการศึกษา

จากค่า Phosphorus Buffer Coefficient (PBC) ที่สกัดด้วยน้ำยาสกัด Olsen ทั้งหมด 6 ชุดดิน พบว่า ค่า PBC ของชุดดินกำแพงแสน (Ks) ชุดดินทับกวาง (Tw) ชุดดินสระบุรี (Sb) และ ชุดดินนครปฐม (Np) มีการตรึงฟอสฟอรัสของดินอยู่ในระดับสูง จึงทำให้พืชสามารถนำฟอสฟอรัสไปใช้ประโยชน์ได้น้อย ส่วนชุดดินหินซ้อน (Hs) ดินมีการตรึงฟอสฟอรัสในระดับปานกลาง กล่าวคือดินมีการดูดซับฟอสฟอรัสในระดับปานกลาง ซึ่งพืชสามารถนำฟอสฟอรัสไปใช้ประโยชน์ได้ในระดับปานกลาง

3. การเปรียบเทียบค่า Phosphorus Buffer Coefficient (PBC) ที่สกัดด้วยน้ำยาสกัด Bray II และ Olsen ของชุดดินที่ทำการศึกษา

เมื่อเปรียบเทียบค่า PBC จาก Bray II และ Olsen ของชุดดินทั้ง 6 พบว่า ในน้ำยาสกัด Bray II มีค่า PBC ที่สูงกว่า น้ำยาสกัด Olsen ทุกชุดดิน แต่เนื่องจากค่า PBC ของชุดดินทับกวาง (Tw) ที่สกัดด้วย Bray II มีค่า PBC ที่สูงเกินจริง จึงถือได้ว่าน้ำยาสกัด Bray II มีความน่าเชื่อถือได้ต่ำ ดังนั้นเราจึงควรเลือกใช้น้ำยาสกัด Olsen

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ความสัมพันธ์ของ PBC กับสมบัติดิน

ความสัมพันธ์ของ PBC กับสมบัติดินเบื้องต้นพบว่า ปริมาณอนุภาคดินเหนียวอินทรียวัตถุ และ available P มีแนวโน้มที่จะมีสหสัมพันธ์ในเชิงบวกกับค่า PBC กล่าวคือ ดินที่มีปริมาณอนุภาคดินเหนียว อินทรียวัตถุ และ available P สูง ฟอสฟอรัสที่สกัดได้มีแนวโน้มที่จะมีค่า PBC สูงตามไปด้วย ส่วนปริมาณ exchangeable Ca และ extractable Fe มีแนวโน้มที่จะมีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่า PBC แสดงว่าในดินที่มี exchangeable Ca และ extractable Fe จะส่งผลให้ดินตรึงฟอสฟอรัสได้สูง ทำให้ค่า PBC ต่ำ ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจาก exchangeable Ca และ extractable Fe ตกตะกอนอยู่กับฟอสฟอรัส (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กองปฐพีวิทยา. 2554. **คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช.** ครั้งที่ 1. กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

ไชยยศ เมืองรมย์. 2553. **การสะสมไนเตรทในชั้นหน้าดินในพื้นที่ปลูกหน่อไม้ฝรั่งของจังหวัดกาญจนบุรีและนครปฐม** ,หลักสูตรปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

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

วิชัย พันธนะหิรัญ. 2525. **ความสัมพันธ์ระหว่างค่าวิเคราะห์ฟอสฟอรัสในดินโดยวิธีเคมีต่างๆ กับการเจริญเติบโตผลผลิตและปริมาณฟอสฟอรัสที่ข้าวโพดดูดจากดินชนิดต่างๆ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สรสิทธิ์ วัชโรธยาน และ พจนีย์ เหล่าไพโรจน์. 2507. **การศึกษาสหสัมพันธ์ระหว่างผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสของดินบางวิธีกับปริมาณฟอสฟอรัสซึ่งพืชดูดดึงขึ้นมาจากดิน**, น.114-116. ในการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 3. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุมิตรา ภู่วโรดม. 2554. **เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาวิเคราะห์ดินและพืช.** หลักสูตรปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

อนนท์ สุขสวัสด์. 2547. **การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินนา.** สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

อัญธิชา พรมเมืองคุก, 2546. **การหาชนิดของสารละลายสกัดที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการหาค่าดัชนีความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินนาและดินไร่บางชุดดินในเขตลุ่มแม่กลองใหญ่.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Amer, F., D.R. Bouldin, C.A. Black and F.R. Duke. 1955. Characterization of soil phosphorus by anion exchange resin adsoption and P^{32}equilibrium. **Plant Soil.** 6 : 391-408.

Attanandana, T. and R.S.Yost. 2003. A site-specific nutrient management approach for maize. **Better Crops International.** 17 : 3-7.

Brady, N.C. 1974. **The Nature and Properties of Soils.** 8th ed. Macmillan Publ. Co. Inc., New York.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chen, G., R.S. Yost, Z.C. Li, X. Wang and F.R.Cox. 1977. Uncertainty analysis for knowledge-based decision aids: application to PDSS (Phosphorus Decision Support System). **Agri. Syst.** 55 : 461-471.

Cox, F.R. 1994. Predicting increase in extractable phosphorus from fertilizing soils of varying clay content. **Soil Sci. Soc.Am. J.** 58 : 1249-1253.

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

Hosseinpur, A.R. and A.H. Ghanee. 2006. Comparison of iron oxide-impregnated paper strips with other extractants in determining available soil phosphorus. **Commu. Soil Sci. Plant Anal.** 37 : 889-897.

Menon, R.G., L.L. Hammond and H.A. Sissingh. 1989. Determination of plant-available phosphorus by iron hydroxide-impregnated filter paper (Pi) soil test. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 52 : 110-115.

Vacharotayan, S.P., S. Laopairoj, S. Chantawat and Y. Vacharacoop. 1964. Preliminary evaluation of different chemical soil testing methods for available phosphorus through correlation with greenhouse test. **Kasetsart J.** 4 : 97-109.

Wang, X., J.M. Jackman, R.S. Yost and B.A. Linquist. 2000. Predicting soil phosphorus buffer coefficient using potential sorption site density and soil aggregation. **Soil Sci. Soc. AM. J.** 64 : 240-246.

Yost, R., A.B. Onken, F. Cox and S. Reid. 1992. The diagnosis of phosphorus deficiency and predicting phosphorus requirement. *In* S. Balas, ed. **Proceeding of the Phosphorus Decision Support System Workshop,** College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii, Hawaii.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่1 ระดับความรุนแรงของความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (soil reaction) pH (ดิน:น้ำ = 1:1)

สภาพความเป็นกรด-ด่าง	ค่า pH
กรดรุนแรงที่สุด (ultra acid)	น้อยกว่า 3.5
กรดรุนแรงมาก (extremely acid)	3.5-4.5
กรดจัดมาก (very strongly acid)	4.6-5.0
กรดจัด (strongly acid)	5.1-5.5
กรดปานกลาง (moderately acid)	5.6-6.0
กรดเล็กน้อย (slightly acid)	6.1-6.5
กลาง (neutral)	6.6-7.3
ด่างเล็กน้อย (slightly alkaline)	7.4-7.8
ด่างปานกลาง (moderately alkaline)	7.9-8.4
ด่างจัด (strongly alkaline)	8.5-9.0
ด่างจัดมาก (very strongly alkaline)	มากกว่า 9.0

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2547)

ตารางภาคผนวกที่ 2 ระดับอินทรียวัตถุ (organic matter)

ระดับ	อินทรียวัตถุ (%)
ต่ำมาก	< 0.5
ต่ำ	0.5-1.0
ต่ำปานกลาง	> 1.0-1.5
ปานกลาง	>1.5-2.5
สูงปานกลาง	>2.5-3.5
สูง	>3.5-4.5
สูงมาก	> 4.5

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 3 ระดับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช

ธาตุอาหารพืช	ระดับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช (mg / kg)				
	ต่ำมาก	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	สูงมาก
ฟอสฟอรัส (P)	<3	3-10	11-15	16-45	>45
โพแทสเซียม (K)	<30	30-60	61-90	91-120	>120
แคลเซียม (Ca)	<400	61-90	1001-2000	2001-4000	>4000
แมกนีเซียม (Mg)	<36	400-1000	121-365	366-975	>975
กำมะถัน (S)	<5	36-120	11-20	21-30	>30

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2547)

ตารางภาคผนวกที่ 4 ระดับธาตุประจุบวกต่างๆที่สกัดได้ในดิน (วิธีวิเคราะห์ความจุแลกเปลี่ยนไอออนบวก NH_4OAc 1 *N* pH 7.0)

ระดับ	Ca^{2+} (mg/kg)	Mg^{2+} (mg/kg)	K^{+} (mg/kg)	Na^{+} (mg/kg)
ต่ำมาก	<2.0	<0.3	<0.08	<0.1
ต่ำ	2.0-5.0	0.3-1.0	0.08-0.15	0.1-0.3
ปานกลาง	5.0-10.0	1.0-3.0	0.15-0.23	0.3-0.7
สูง	10.0-20.0	3.0-8.0	0.23-0.31	0.7-2.0
สูงมาก	>20.0	>8.0	>0.31	>2.0

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 5 ระดับความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (Cation exchange Capacity)

ระดับ	CEC (cmol kg^{-1})
ต่ำมาก	<3.0
ต่ำ	3.0-5.0
ค่อนข้างต่ำ	5.0-10.0
ปานกลาง	10.0-15.0
ค่อนข้างสูง	15.0-20.0
สูง	20.0-30.0
สูงมาก	>30.0

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2547)

ตารางภาคผนวกที่ 6 ระดับจุลธาตุอาหารพืชรูปที่เป็นประโยชน์ในดิน

ระดับความต้องการจุลธาตุอาหารของพืช (mg/kg)			
จุลธาตุอาหาร	ขาด	พอเหมาะ	เกินพอ
แมงกานีส (Mn)	<1.0	-	>1.0
ทองแดง (Cu)	<0.2	-	>0.2
สังกะสี (Zn)	<0.5	0.5-1.0	>1.0
เหล็ก (Fe)	<2.5	2.5-4.5	>4.5

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้