ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

ภาควิชาปฐพีวิทยา

เรื่อง

การแจกกระจายของฟอสฟอรัสในดินท้องน้ำ

Phosphorus Fractionation of Bed Load

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

โดย

นายเกียรติศักดิ์ มัชบัญดิษฐ์

.....

(อาจารย์ไพรัตน์ พิมพ์ศิริกุล)

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....

(รศ.ดร.อภิศักดิ์ โพธิ์ปั้น)

หัวหน้าภาควิชาปฐพีวิทยา

วันที่ 1 เดือน ธ.ค. พ.ศ. 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

ภาควิชาปฐพีวิทยา

เรื่อง

การแจกกระจายของฟอสฟอรัสในดินท้องน้ำ

Phosphorus Fractionation of Bed Load

โดย

นายเกียรติศักดิ์ มัชฌิมบัญดิษฐ์

ไพรัตน์ พิมพ์ศิริกุล

(อาจารย์ไพรัตน์ พิมพ์ศิริกุล)

อาจารย์ที่ปรึกษา

อภิศักดิ์ โพธิ์ปั้น

(รศ.ดร.อภิศักดิ์ โพธิ์ปั้น)

หัวหน้าภาควิชาปฐพีวิทยา

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20829

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

T099830

เรื่อง

การแจกกระจายของฟอสฟอรัสในดินท้องน้ำ

Phosphorus Fractionation of Bed Load

โดย

นายเกียรติศักดิ์ มัชบัญดิษฐ์

ปลด.
กร55ก
2547
ฉ.1

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....99230
วัน,เดือน,ปี.....

เสนอ

ภาควิชาปฐพีวิทยา

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

พ.ศ.2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแจกกระจายของฟอสฟอรัสในดินท้องน้ำ
Phosphorus Fractionation of Bed Load

บทคัดย่อ

นำตัวอย่างดินเลน จากแม่น้ำท่าจีน ในเขตอำเภอสองพี่น้อง จังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 10 ตัวอย่าง มาศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีบางประการ (ปฏิกิริยาดิน , การนำไฟฟ้า , อินทรีย์คาร์บอน , ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และฟอสฟอรัสทั้ง) และปริมาณการแจกกระจายของฟอสฟอรัสในรูปต่าง ๆ พบว่า ดินเลนทั้ง 10 ตัวอย่าง มีค่าปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดถึงกรดปานกลาง มีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วงที่ไม่มีความเค็ม มีปริมาณอินทรียวัตถุสูง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูง และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดสูง

สำหรับปริมาณการแจกกระจายของฟอสฟอรัสในรูปต่างๆ ของดินเลนทั้ง 10 ตัวอย่าง พบว่า มีปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้อยู่ในรูปของอนินทรีย์ฟอสเฟต (extractable P_i) 66.8-93.0% ของ extractable P โดยปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ทั้ง extractable P_i และ extractable P_o ส่วนใหญ่ อยู่ในรูปของ Fe-P_i มากที่สุด รองลงมาคือ Al- P_i และ Ca-P_i ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ไพรัตน์ พิมพ์ศิริกุล อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่คอยช่วยเหลือให้คำปรึกษาในด้านการทำงาน ให้ความกรุณาและการดูแลอย่างใกล้ชิด รวมทั้งการอบรมสั่งสอนมาโดยตลอด

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่มอบวิชา และการอบรมสั่งสอนที่ดีแก่ข้าพเจ้ามาโดยตลอด

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อกับคุณแม่ ที่ให้กำเนิดและดูแลเป็นอย่างดี พร้อมกับมอบโอกาสทางการศึกษาให้แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณ คุณนุจรี บุญแปลง และน้าจิตร ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำงานในห้องวิเคราะห์มาโดยตลอด

เกียรติศักดิ์ มัชบัญดิษฐ์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญเรื่อง

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	I
คำนิยม	II
สารบัญเรื่อง	III
สารบัญภาพ	IV
สารบัญตาราง	V
สารบ่ญตารางผนวก	VI
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ตรวจเอกสาร	3
วิธีการศึกษา	6
ผลการทดลอง	8
วิจารณ์ผลการทดลอง	16
สรุปผลการทดลอง	17
เอกสารอ้างอิง	18
ภาคผนวก	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1. ผลค่าวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ของดินเลนทั้ง 10 ตัวอย่าง	8
2. ปริมาณฟอสฟอรัสในรูปต่าง ๆ (Fractionation Phosphorus) ที่สกัดได้ โดยดัดแปลงวิธีของ Sekiya	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ตาราง หน้า

1. อัตราส่วนของฟอสฟอรัสในรูปต่าง ๆ (Fractionation Phosphorus) 12
2. สหสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Bray II -P) กับ อนินทรีย์ฟอสเฟต (sum extractable P_i) 13
3. สหสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Bray II -P) กับ แคลเซียมฟอสเฟต (Ca- P_i) 14
4. สหสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Bray II -P) กับ อะลูมินั่มฟอสเฟต (Al- P_i) 15
5. สหสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Bray II -P) กับ เหล็กฟอสเฟต (Fe- P_i) 16
6. สหสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Bray II -P) ฟอสฟอรัสทั้งหมด (total P) 17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางผนวก

ตาราง	หน้า
1 ค่าปฏิกิริยาดินและค่าการนำไฟฟ้า ของดินเลนจำนวน 10 ตัวอย่าง	20
2. ปริมาณอินทรียวัตถุในดินของดินเลนจำนวน 10 ตัวอย่าง	21
3. ค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์(Bray II-P) และฟอสฟอรัสทั้งหมด total P ของดินเลนทั้ง 10 ตัวอย่าง	22
4. ค่าฟอสฟอรัสในรูปต่างๆ (Frationation Phosphorus) ของดินเลนทั้ง 10 ตัวอย่าง	23
5. ค่าฟอสฟอรัสในรูปต่างๆ (Frationation Phosphorus) ของดินเลนทั้ง 10 ตัวอย่าง(ต่อ)	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ในการทำการเกษตรกรรม ฟอสฟอรัสจัดเป็นธาตุอาหารที่มีบทบาทสำคัญต่อพืชทั้งในด้านการเจริญเติบโตและในด้านผลผลิต ดินในประเทศไทยส่วนใหญ่มีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสน้อยหรืออยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ ทำให้เกษตรกรในปัจจุบันมีการใส่ปุ๋ยเพื่อเพิ่มปริมาณธาตุฟอสฟอรัสให้แก่ดินเพื่อที่พืชจะนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเพียงพอ บางครั้งปุ๋ยเหล่านี้เกิดการชะล้างปะปนมากับน้ำและไหลลงสู่แหล่งน้ำ ซึ่งอาจอยู่ในรูปตะกอนแขวนลอยอยู่ในน้ำ และเกิดตกตะกอนในลำน้ำ ทำให้ดินเลนในท้องลำน้ำนั้นอาจมีปริมาณธาตุอาหารต่างๆ สะสมอยู่เป็นจำนวนมาก ธาตุฟอสฟอรัสเป็นธาตุหนึ่งที่น่าจะมีการสะสมอยู่ในดินเลน ดังนั้นจึงทำให้มีการศึกษาถึงปริมาณฟอสฟอรัสที่สะสมอยู่ในดินเลนว่า มีการแจกกระจายอยู่ในรูปต่างๆ ทั้งอินทรีย์ฟอสฟอรัสและอนินทรีย์ฟอสฟอรัส ในรูปใดบ้าง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีบางประการของดินเลน
2. เพื่อศึกษารูปและการแจกกระจายของฟอสฟอรัสในดินเลนในลำน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจเอกสาร

สารประกอบฟอสฟอรัสในดิน

ฟอสฟอรัสจัดเป็นธาตุอาหารหลักที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชเช่นเดียวกับไนโตรเจน และโพแทสเซียม เนื่องจากฟอสฟอรัสเกี่ยวข้อง โดยตรงต่อขบวนการเมตาบอลิซึมในพืช ฟอสฟอรัสในดินเกือบทั้งหมดปรากฏอยู่ในรูปของพวก ออร์โทฟอสเฟต (orthophosphate) หรือพวกที่แปลงมาจากกรดออร์โทฟอสฟอริค (H_3PO_4) ซึ่งอาจแบ่งรูปของฟอสฟอรัสในดินได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. อินทรีย์ฟอสเฟต ในดินประกอบด้วยประกอบด้วยสารประกอบหลายชนิด โดยเฉลี่ยแล้วพบว่ามี nucleic acid 2% , phospholipid 1%, และ inositol phosphate 35% ส่วนอีก 68% ของอินทรีย์ฟอสเฟต ยังไม่สามารถจำแนกชนิดว่าเป็นสารประกอบใด (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

2. อนินทรีย์ฟอสฟอรัส ในดินมีทั้งพวกไอออนฟอสเฟตในสารละลายดิน และพวกที่เป็นสารประกอบหรือแร่ที่เป็นของแข็งอยู่ในดิน ฟอสฟอรัสในรูปสารประกอบฟอสเฟตต่างๆ เช่น แคลเซียมฟอสเฟต (Ca-P), เหล็กฟอสเฟต (Fe-P), และอะลูมินั่มฟอสเฟต (Al-P) ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อรูปของอนินทรีย์ฟอสฟอรัสในดิน ได้แก่ ปฏิกิริยาดิน (pH) โดยที่ถ้าดินเป็นด่างรูปที่เด่นของฟอสฟอรัส คือ แคลเซียมฟอสเฟต ในขณะที่เหล็กฟอสเฟตและอะลูมินั่มฟอสเฟตจะพบมากในดินที่เป็นกรด

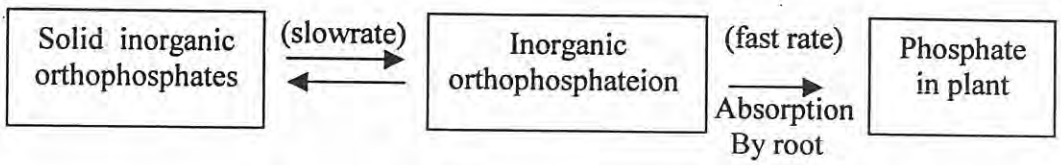
ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดิน

รูปของฟอสฟอรัสที่พืชดูดใช้ โดยทั่วไปพืชดูดกินฟอสฟอรัสในรูปของไอออนฟอสเฟต ซึ่งส่วนใหญ่ควรจะเป็น monobasic orthophosphate ($H_2PO_4^-$) และ dibasic orthophosphate (HPO_4^{2-}) ส่วน tribasic orthophosphate (PO_4^{3-}) พืชอาจดูดใช้ได้ แต่ไม่มีโอกาส เพราะมักมีอยู่น้อยมากในสารละลายเมื่อเทียบกับพวก mono และ dibasic orthophosphate พืชสามารถดูดกินฟอสฟอรัสในรูปของอินทรีย์ฟอสเฟตในรูปของ phytin ได้โดยไม่ต้อง mineralized เสียก่อนก็ตาม แต่ในสภาพดินตามธรรมชาติคงเป็นไปได้ในปริมาณที่น้อยมาก

ความเป็นประโยชน์ได้ของอินทรีย์ฟอสเฟต ในเนื้อเยื่อของพืชมีฟอสฟอรัสประมาณ 1/3 ถึง 2/3 ของฟอสฟอรัสในพืชที่ยังคงเป็นไอออนฟอสเฟตส่วนที่เหลือนั้นเป็นสารอินทรีย์ฟอสเฟต สารอินทรีย์ฟอสเฟตไม่ว่าจะเป็นสารในเนื้อเยื่อสดของพืช หรือสารในอินทรียวัตถุที่สลายตัวจนเป็นฮิวมัส จะต้องถูกจุลินทรีย์เข้าย่อยสลายผุพังเปลี่ยนมาเป็นไอออนฟอสเฟตเสียก่อน พืชจึงจะสามารถใช้ได้

ความเป็นประโยชน์ได้ของอนินทรีย์ฟอสเฟตในดินต่อพืช ความเข้มข้นของไอออนฟอสเฟตในสารละลายดิน ของดินทั่วไปต่ำมาก คือประมาณน้อยกว่า 0.1 ppmP เมื่อคำนวณจากปริมาณที่เข้าไปอยู่ในพืชร่วนกับปริมาณน้ำที่พืชใช้ตลอดอายุพืช พบว่าปริมาณที่อยู่ในพืช มีมากเกินกว่าที่จะมาจากเฉพาะพวกที่อยู่ในสารละลายดินตามความเข้มข้นที่ปรากฏ นั่นคือปริมาณที่มากเกินกว่าที่มาจากปริมาณที่มีอยู่ในสารละลายดินต้องมาจากการปลดปล่อยออกมาจากสารฟอสเฟตต่างๆ ในดิน เพื่อทดแทนส่วนที่ถูกพืชดูดกินเข้าไป ซึ่งพออธิบายได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



อัตราเร็วของขบวนการที่พืชดูดกินไอออนฟอสเฟตนั้น รวดเร็วมากเมื่อเทียบกับอัตราเร็วของขบวนการปลดปล่อยไอออนฟอสเฟตออกมาจากสารฟอสเฟตที่เป็นของแข็งให้มาอยู่ในสารละลายดิน อย่างไรก็ตามอัตราเร็วของการปลดปล่อยไอออนฟอสเฟตของสารฟอสเฟต ออกสู่สารละลายดินย่อมเร็วมากจึงทำให้พืชทั่วไปเจริญเติบโตเป็นปกติ

ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสในดินมีหลายประการ ดังนี้

1. วัตถุต้นกำเนิดดิน วัตถุต้นกำเนิดดินที่แตกต่างกัน จะทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสแตกต่างกันด้วย

2. อนุภาคดินเหนียว ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด มีการแจกกระจายตามความลึกในรูปแบบเดียวกับปริมาณอนุภาคดินเหนียว ทำให้สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างพัฒนาการของหน้าตัดดินกับปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดได้ กล่าวคือ เมื่อดินมีพัฒนาการมากขึ้น (เกิดชั้นBt) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดก็เพิ่มตามความลึกด้วย ปริมาณของฟอสฟอรัสทั้งหมดในดิน จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณขนาดของอนุภาคดินเหนียวในเชิงบวก และไม่มีความสัมพันธ์กับค่าปฏิกิริยาดินและอนุภาคดินทราย (Longanathan and Sutton, 1987)

3. พัฒนาการหน้าตัดดิน มีผลต่อรูปของฟอสฟอรัสในสารละลายดิน กล่าวคือ ในดินที่มีพัฒนาการต่ำ รูปของฟอสฟอรัสในดินส่วนใหญ่อยู่ในรูปแคลเซียมฟอสเฟต ในขณะที่ดินที่มีพัฒนาการสูง รูปของฟอสฟอรัสในดินคือ เหล็กฟอสเฟต และอะลูมินั่มฟอสเฟต (Brady and Weil,1996)

4. ปฏิกิริยาดิน ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน มีความสำคัญต่อชนิดหรือรูปของไอออนออร์โทฟอสเฟตด้วย เช่น ในสารละลายของกรด H_3PO_4 จะมีฟอร์มของสิ่งต่างๆ ดังนี้คือ H_3PO_4 , $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-},PO_4^{3-} ในกรณีที่สารละลายนี้เป็นกรดจัด หรือ pH ต่ำกว่า 5 ส่วนใหญ่จะเป็น $H_2PO_4^-$, H_3PO_4 และในกรณีที่สารละลายนี้เป็นด่างมาก หรือ pH มากกว่า 9 ส่วนใหญ่จะเป็น HPO_4^{2-},PO_4^{3-} แต่ถ้าช่วง pH 5-9 จะไม่ค่อยมี H_3PO_4 และ PO_4^{3-} คือมีแต่ $H_2PO_4^-$ กับ HPO_4^{2-}

นอกจากปฏิกิริยาดินจะมีผลต่อรูปของฟอสฟอรัสในสารละลายดินแล้ว ยังมีผลต่อการตรึงฟอสฟอรัสในดินด้วย กล่าวคือ สารละลายดินจะมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในปริมาณมากที่สุดเมื่อดินมีค่าปฏิกิริยาอยู่ระหว่าง 6-7 ถ้าดินมีค่าปฏิกิริยาดินเป็นกรด ก็จะมีการตรึงฟอสฟอรัสเกิดขึ้น เนื่องจากว่ามีเหล็ก อะลูมินั่ม หรือแมงกานีสรวมทั้งมีออกไซด์ และ ไฮดรัสออกไซด์ของเหล็กและอะลูมินั่ม อยู่ในสารละลายดินเป็นจำนวนมาก ทำให้ฟอสฟอรัสถูกตรึงให้อยู่ในรูปของสารประกอบของเหล็กฟอสเฟต และอลูมินั่มฟอสเฟต ส่วนดินที่มีค่าปฏิกิริยาเป็นด่างฟอสฟอรัสจะถูกตรึงให้อยู่ในรูปของสารประกอบแคลเซียมฟอสเฟต และค่าปฏิกิริยาเป็นกลาง การดูดซับฟอสฟอรัสที่ขอบของแร่คาโอลิไนต์จะมีบทบาทสำคัญ (Brady and Weil, 1996)

5. อินทรียวัตถุ ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน มีผลต่ออินทรีย์ฟอสฟอรัสในดิน คือ ดินที่มีอินทรียวัตถุสูงจะมีอินทรีย์ฟอสฟอรัสสูงตามไปด้วย โดยทั่วไปตะกอนที่พัดพามากับน้ำจะมีอินทรียวัตถุปริมาณมาก นอกจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินทรียวัตถุจะมีผลต่ออินทรีย์ฟอสฟอรัสแล้ว ยังมีผลต่อ ปริมาณของฟอสฟอรัสทั้งหมดในดิน คือ เมื่อปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินก็จะเพิ่มตามไปด้วย

6.ชนิดของสารฟอสเฟต ชนิดของสารอนินทรีย์ฟอสเฟต มีความสามารถในการละลายหรือการปลดปล่อยไอออนฟอสเฟตออกสู่สารละลายดินได้ต่างกัน ซึ่งพอแบ่งได้เป็น 3 พวกคือ

1). พวกสารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ช้ามาก คือสารที่ละลายได้น้อยมาก ได้แก่ พวกแร่ apatite ชนิดต่างๆ สารเชิงซ้อนที่มีอายุมากของพวกเหล็กฟอสเฟต แมงกานีสฟอสเฟต และอะลูมินัมฟอสเฟต

2). พวกสารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ช้า คือสารที่ละลายได้น้อย ได้แก่พวกสารประกอบที่เกิดใหม่ ๆ พวก เหล็กฟอสเฟต แมงกานีสฟอสเฟต อะลูมินั่มฟอสเฟต และ octa calcium phosphate

3). พวกสารที่พร้อมที่จะเป็นประโยชน์ต่อพืช คือสารที่ละลายได้ดี ได้แก่ $Ca(H_2PO_4)_2$ และ $CaPHO_4$

ส่วนพวกอินทรีย์ฟอสเฟตละลายในน้ำแยกตัวให้ไอออนฟอสเฟตได้น้อยมาก แทบจะเรียกได้ว่าไม่มีการแยกตัวเลย

7. ปริมาณของไอออนบวกต่างๆ และสารประกอบต่างๆ ที่ชอบทำปฏิกิริยากับไอออนฟอสเฟต

1). ไอออนเหล็กและอะลูมินั่มที่ละลายอยู่ในดิน ไอออนฟอสเฟตในสารละลายดิน ทำปฏิกิริยาได้ง่ายและรวดเร็วมากกับ Fe^{+2},Fe^{+3} และ Al^{+3} สารประกอบที่เกิดขึ้นส่วนมาก มักจะละลายน้ำได้ยากและมีผลทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสเฟตในดินลดต่ำลง สารประกอบต่างๆ ของเหล็กอะลูมินั่มที่สะสมอยู่ในดิน จะละลายให้ประจุบวก Fe^{+2},Fe^{+3} และ Al^{+3} มากขึ้น เมื่อดินเป็นกรดจัดขึ้น pH ของดินสูงขึ้น

2). hydrous oxide ของเหล็ก อะลูมินั่ม แมงกานีส มีอยู่ในดินทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแถบร้อนและชุ่มชื้น hydrous oxide ของเหล็ก อะลูมินัมและแมงกานีสสามารถจะดูดซับเอาไอออนฟอสเฟตให้อยู่ที่ผิวของมันด้วยแรงจำนวนหนึ่ง และยังอาจจะทำปฏิกิริยากับไอออนฟอสเฟตเกิดเป็นสารละลายได้ยากอีกด้วย

3). Silicate clay silicate clay mineral พวก kaolinite, montmorillonite และ illite สามารถจะตรึงฟอสเฟตได้โดยที่ silicate mineral ทำปฏิกิริยากับไอออนฟอสเฟตโดยขบวนการ surfaction คือไอออนฟอสเฟตเข้าแทนที่ hydroxyl group ที่อยู่รอบ ๆ ผิวผลึกของ silicate mineral จึงกลายเป็นองค์ประกอบของ clay mineral

4). Carbonnates of calcium and magnesium ดินที่มี pH สูงมักจะมี $CaCO_3$ หรือ $MgCO_3$ สะสมอยู่ และมีอยู่ และมี Ca^{+2} และ Mg^{+2} มากด้วย ไอออนฟอสเฟตทำปฏิกิริยาได้ดีและรวดเร็วกับ Ca^{+2} และ Mg^{+2} และบางกรณีอาจทำปฏิกิริยาได้กับ $CaCO_3$ แล้วเกิดเป็นสารแคลเซียมหรือแมกนีเซียมฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ยาก และพืชไม่อาจนำไปใช้ประโยชน์ได้ดังสมการ

$$3Ca^{+2} + 2H_2PO_4^- \longleftrightarrow Ca_3(PO_4)_2 + 4H^+$$
(soluble) (insoluble)

$$3CaCO_3 + 2H_2PO_4^- \longleftrightarrow Ca_3(PO_4)_2 + 3HCO_3^- + H^+$$
(soluble) (insoluble)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการศึกษา

1. นำตัวอย่างดินเลนลำน้ำจากแม่น้ำท่าจีน ในเขตอำเภอสองพี่น้อง จังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 10 ตัวอย่าง มาทำการวิเคราะห์หารูปต่างๆของฟอสฟอรัสและสมบัติทางเคมีของดิน โดยนำดินเลนที่ได้มาผึ่งให้แห้งในร่ม แล้วทำการร่อนดินผ่านตระแกงขนาด 2 mm.

2. ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางเคมีบางประการของดินเลน

1.) วิเคราะห์ค่าปฏิกิริยาดิน(pH) โดยใช้อัตราต่อน้ำ 1:2 แล้ววัด pH ด้วยเครื่องวัดปฏิกิริยาดิน (McLean,1982)

2.) วิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้าของดิน(EC) โดยใช้อัตราส่วนระหว่างดินต่อน้ำ 1:5 แล้ววัดค่าEC โดย EC meter (Rhodes, 1982)

3.) การวิเคราะห์หาปริมาณอินทรียวัตถุในดิน โดยวิธี Wet Oxidation ของ Walkley and Black ซึ่งจะใช้ $K_2Cr_2O_7$ ไปออกซิไดซ์อินทรีย์คาร์บอน ในอินทรียวัตถุแล้วคำนวณหาปริมาณ $K_2Cr_2O_7$ ที่ถูกใช้ไป (Walkley and Black, 1934)

4.) วิเคราะห์หาฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) โดยวิธี Bray II (Bray and Kurtz, 1945)แล้วนำไปทำให้เกิดสีโดยวิธี Molybdenum blue (Murphy and Riley, 1962)

5.) วิเคราะห์หาฟอสฟอรัสทั้งหมด(total P) โดยดินมา digest ด้วยกรดผสม NHO_3 - $HClO_4$ แล้วนำไปทำให้เกิดสีโดยวิธี Molybdenum blue (Murphy and Riley, 1962)

3. ทำการวิเคราะห์หารูปต่างๆ ของฟอสฟอรัส(Fractionation Phosphortus)ในดินเลน โดยดัดแปลงวิธีของ Sekiya (Sekiya, 1983) เป็นการสกัดดินตามลำดับดังนี้

- สกัดดิน 0.3 g ด้วยสารละลาย 2.5% (v/v)acetic acid จำนวน 30 ml โดยนำไปเขย่า (แบบ end-over-end) นาน 2 ชม. จากนั้นนำไปเข้าเครื่องเหวี่ยง (centrifuge)เพื่อให้ตกตะกอน แล้วแยกสารเอาส่วนของสารละลายใสที่ได้เก็บไว้ จากนั้นทำการล้างดินด้วย 1M NH_4Cl จำนวน 15 ml (ทำ 2 ครั้ง) แล้วนำสารไปเทรวมกัน แล้วเก็บสารละลายดังกล่าวไว้สำหรับ วิเคราะห์หาฟอสฟอรัสในรูป solubilized Ca-P
- นำตัวอย่างดินสกัดต่อด้วย 1N NH_4F pH7 จำนวน 30 ml แล้วนำไปเขย่า 1 ชม. จากนั้นนำไปเข้าเครื่องเหวี่ยง (centrifuge) เพื่อแยกตะกอน แล้วนำสารละลายที่ได้เก็บเพื่อวิเคราะห์หาฟอสฟอรัสในรูป solubilized Al-P
- จากนั้นล้างตัวอย่างดินด้วย sat NaCl จำนวน 15 ml(ทำ 2 ครั้ง) แล้วเทสารละลายทิ้งไป
- นำตัวอย่างดินสกัดด้วย 0.1M NaOH จำนวน 30 ml แล้วนำไปเขย่า 17 ชม. จากนั้นนำสารละลายไปเข้าเครื่องเหวี่ยง (centrifuge)เพื่อแยกตะกอน แล้วเก็บสารละลายใสที่แยกได้สำหรับนำไปวิเคราะห์หาฟอสฟอรัสในรูป solubilized Fe-P
- นำสารละลายที่สกัดได้ในแต่ละส่วน ไปวิเคราะห์หาปริมาณ orthophosphate โดยตรงซึ่งจะเป็นฟอสฟอรัสในส่วนของ extracted inorganic P (ext P_i) และวิเคราะห์หา orthophosphate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในสารละลายภายหลังจากนำไปย่อยสลายด้วยกรดผสม $HNO_3 - H_2SO_4$ ซึ่งจะเป็นฟอสฟอรัสที่ได้จะเป็นฟอสฟอรัสส่วน total-extracted P (ext P_t) และทำการคำนวณหาปริมาณ extracted organic P (ext P_o) จากผลต่างระหว่าง ext P_t และ ext P_i

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

ปฏิกิริยาดิน จากผลการวิเคราะห์ดินเลนทั้ง 10 ตัวอย่าง พบว่ามีค่าปฏิกิริยาดินอยู่ในช่วงเป็น เป็นกรดจัดมาก ถึง กรดปานกลาง มี pH ระหว่าง 3.11-5.26 โดยดินเลนในตัวอย่างที่ 4 พบว่ามีความเป็นกรดมากที่สุดคือมี pH เท่ากับ 3.11 ในขณะที่ดินเลนตัวอย่างที่ 1 พบว่ามีความเป็นกรดน้อยที่สุดโดยมีค่า pH 5.26 ส่วนตัวอย่างดินเลนอื่นๆ พบว่า มีค่าปฏิกิริยาใกล้เคียงกัน คืออยู่ในช่วง pH 3.36-4.91 (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 แสดงผลค่าวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ของดินเลนทั้ง 10 ตัวอย่าง

ดินเลน	pH (1:2)	EC (1:5) (mS/cm)	%OC (%)	total P ($\mu g\ P_2O_5\ g^{-1}$)	Bray II-P ($\mu g\ P_2O_5\ g^{-1}$)
1	5.26	0.60	7.28	4886	384
2	4.70	1.00	7.52	6023	445
3	4.91	0.95	7.62	2539	223
4	3.11	2.40	7.75	1396	153
5	4.68	0.50	2.95	5486	352
6	4.85	0.50	5.69	3024	294
7	3.36	2.00	6.72	2381	233
8	4.68	0.75	6.65	3112	328
9	4.82	0.95	6.13	5241	290
10	3.64	2.45	9.24	4381	301

ค่าความนำไฟฟ้า ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ดินเลนทั้ง 10 ตัวอย่าง มีค่าการนำไฟฟ้าที่ต่ำกว่าระดับความเค็มใน saturation extract ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยตัวอย่างดินเลนที่มีค่าความนำไฟฟ้าสูงสุดคือ ดินเลนตัวอย่างที่ 10 โดยมีค่าความนำไฟฟ้า 2.45 mS/cm ในขณะที่ดินเลนตัวอย่างที่ 5 และ 6 พบว่ามีค่าความเค็มน้อยสุดคือ 0.50 mS/cm ส่วนตัวอย่างอื่น ๆ พบว่ามีค่าความนำไฟฟ้าระหว่าง 0.60 ถึง 2.40(ตารางที่ 1)

ปริมาณอินทรียวัตถุ ในดินเลนทั้ง 10 ตัวอย่าง พบว่า มีค่าวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุที่สูง โดยที่ดินเลนตัวอย่างที่ 10 มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงที่สุด คือ 9.24% รองลงมาคือตัวอย่างที่ 1 ,2 ,3 และ 4 โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 7.28 -

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.75% และ ตัวอย่างที่ 6, 7, 8, และ 9 ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 5.69-6.72% ในขณะที่ดินเลนตัวอย่างที่ 5 พบว่ามีปริมาณอินทรียวัตถุน้อยที่สุดคือ มีค่า 2.95% (ตารางที่ 1)

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (BrayII-P) จากผลการวิเคราะห์ของดินเลนทั้ง 10 ตัวอย่าง พบว่าทุกตัวอย่างมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินในปริมาณสูง โดยดินเลนตัวอย่างที่ 2 มีค่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงที่สุด คือ 445 $\mu g\ P_2O_5\ g^{-1}$ รองลงมาคือตัวอย่างที่ 1 และตัวอย่างที่ 5 โดยมีค่า 348 และ 352 μg-$P_2O_5\ g^{-1}$ ตามลำดับ ส่วนตัวอย่างอื่นๆ พบว่ามีค่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในช่วงระหว่าง 153-328 $\mu g\ P_2O_5\ g^{-1}$ (ตารางที่ 1)

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด จากผลการวิเคราะห์ดินเลนทั้ง 10 ตัวอย่างพบว่า ดินตัวอย่างที่2 มีค่าปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงสุดคือ 6023 $\mu g\ P_2O_5\ g^{-1}$ รองลงมาคือตัวอย่างที่ 5 และ 9 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันคือ 5486 และ 5241 $\mu g\ P_2O_5\ g^{-1}$ ตามลำดับ ในขณะที่ตัวอย่างที่ 4 พบว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดน้อยที่สุดคือ 1396 μg-$P_2O_5\ g^{-1}$ ..วนตัวอย่างอื่น ๆ พบว่า มีค่าปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด แปรผันค่อนข้างมากโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 2381 - 4886 $\mu g\ P_2O_5\ g^{-1}$ (ตารางที่ 1)

Fractionation Phosphorus จากผลการวิเคราะห์ดินเลนทั้ง 10 ตัวอย่าง (ตารางที่ 2) พบว่าในตัวอย่างดินที่ 1, 2, 9 และ 10 สามารถสกัดextractable P ออกมาได้มากที่สุดโดยมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 4200-4344 $\mu g\ P_2O_5\ g^{-1}$ รองลงมาคือตัวอย่างดินที่ 3, 6, 7, และ 8 ซึ่งมีค่า extractable P อยู่ในช่วงระหว่าง 2177-2923 $\mu g\ P_2O_5\ g^{-1}$ ส่วนตัวอย่างที่ 4 กับ 5 นั้นสามารถสกัดปริมาณ extractable P ออกมาได้น้อยที่สุดโดยมีค่า 1318 และ 1479 $\mu g\ P_2O_5\ g^{-1}$ ตามลำดับ

สำหรับปริมาณ extractable P ที่สกัดได้ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของอนินทรีย์ฟอสเฟต โดยดินเลนตัวอย่างที่2 มีปริมาณอนินทรีย์ฟอสเฟต สูงสุดคือ 3908 $\mu g\ P_2O_5\ g^{-1}$ (93 % ของ extractable P) รองลงมาคือตัวอย่างที่ 1, 9 และ 10 มีค่าในช่วง 3250-3474 $\mu g\ P_2O_5\ g^{-1}$ ส่วนดินเลนตัวอย่างอื่นๆ นั้นพบว่ามีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 1170-2591 $\mu g\ P_2O_5\ g^{-1}$ ในขณะที่ดินตัวอย่างที่ 4 มีปริมาณอนินทรีย์ฟอสเฟตน้อยสุด โดยมีค่า 1000 $\mu g\ P_2O_5\ g^{-1}$ สำหรับปริมาณของ extractable P ที่สกัดได้ในรูปอินทรีย์ฟอสเฟต ของดินเลนที่ทำการวิเคราะห์นั้น พบว่ามีค่ามากที่สุดในตัวอย่างดินที่ 10 โดยมีค่า 1072 $\mu g\ P_2O_5\ g^{-1}$ (24.6 % ของ extractable P)รองลงมาคือตัวอย่างที่ 1 และ 9 ซึ่งมีค่า 818 และ 1084 $\mu g\ P_2O_5\ g^{-1}$ ตามลำดับ ส่วนในดินเลนตัวอย่างอื่น ๆ นั้นพบว่าสามารถสกัดปริมาณฟอสฟอรัสในส่วนอินทรีย์ฟอสเฟต ได้ในช่วงระหว่าง 292-390 $\mu g\ P_2O_5\ g^{-1}$ (ตารางที่ 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ปริมาณฟอสฟอรัสในรูปต่าง ๆ (Fractionation Phosphorus) ที่สกัดได้โดยดัดแปลงวิธีของSekiya

ดินเลน	extractable P_i ($\mu g\ P_2O_5\ g^{-1}$)				extractable P_o ($\mu g\ P_2O_5\ g^{-1}$)				extractable P	residual P
	Ca- P_i	Al- P_i	Fe- P_i	sum ext P_i	Ca- P_o	Al- P_o	Fe- P_o	sum ext P_o	($\mu g\ P_2O_5\ g^{-1}$)	($\mu g\ P_2O_5\ g^{-1}$)
1	134(2.7)	1363(27.8)	1977(40.4)	3747(71.1)	32(0.6	390(7.9)	396(8.1)	818(16.7)	4292(87.8)	593(12.1)
2	175(2.9)	1374(22.8)	2359(39.1)	3908(64.8)	15(0.2)	90(1.4)	187(3.1)	292(4.8)	4200(69.7)	1823(30.2)
3	81(3.1)	741 (29.1)	1050(41.3)	1872(73.7)	43(1.6)	79(3.1)	183(7.2)	305(12.0)	2177(85.7)	362(14.2)
4	10(0.7)	351(25.1)	639(45.7)	1000(71.6)	19(1.3)	121(8.6)	178(12.7)	318(22.7)	1318(94.3)	78(5.6)
5	78(1.4)	548(9.9)	544(9.9)	1170(21.3)	82(1.4)	39(0.7)	188(3.4)	309(5.6)	1479(26.9)	4006(73.0)
6	108(3.5)	1376(45.5)	1000(33.0)	2484(82.1)	52(1.7)	43(1.4)	236(7.8)	331(10.9)	2815(93.0)	208(6.9)
7	31(1.3)	767(32.2)	1020(42.8)	1818(76.3)	259(10)	10(0.4)	121(5.0)	390(16.3)	2208(92.7)	172(7.2)
8	108(3.4)	1297(41.6)	1186(38.1)	2591(83.2)	15(0.4)	91(2.9)	226(7.2)	332(10.6)	2923(93.9)	189(6.0)
9	69(1.3)	1225(23.3)	1956(37.3)	3250(62.0)	73(1.3)	528(10.0)	483(9.2)	1084(20.6)	4334(92.6)	906(17.3)
10	55(1.2)	1332(30.4)	1885(43.0)	3272(74.6)	200(0.4)	717(16.0)	335(7.6)	1072(24.4)	4344(99.1)	36(0.8)

20829

เมื่อพิจารณาผลวิเคราะห์รูปต่างๆ ของปริมาณอนินทรีย์ฟอสเฟต ในดินเลนทั้ง 10 ตัวอย่าง พบว่าปริมาณอนินทรีย์ฟอสเฟตที่สกัดได้ส่วนใหญ่อยู่ในรูป Fe-P_i รองลงมาคือรูป Al-P_i และ Ca-P_i ตามลำดับ โดยดินเลนตัวอย่างที่ 2 พบว่ามีฟอสฟอรัสในรูปของ Fe-P_i อยู่มากที่สุดคือ มีค่า 2359 μg P_2O_5 g^{-1} (60.0 % ของ sum extractable P_i) รองลงมาคือตัวอย่างที่ 1 ,9 และ10 ซึ่งมีค่า extractable Fe-P_i ที่สกัดได้อยู่ในช่วงระหว่าง 1885-1977 μg P_2O_5 g^{-1} ส่วนดินเลนตัวอย่างอื่น ๆ พบว่ามีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 639-1186 μg P_2O_5 g^{-1} ในขณะที่ดินเลนตัวอย่างที่ 5 พบว่ามีปริมาณอนินทรีย์ฟอสเฟตที่สกัดได้น้อยที่สุด คือมีค่า 544 μg P_2O_5 g^{-1} (46.4%ของ sum extractable P_i) สำหรับฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในรูปของ Al-P_i ของดินทั้ง 10 ตัวอย่างนั้นพบว่าดินเลนส่วนใหญ่มีค่าปริมาณ extractable Al-P_i ที่สกัดได้อยู่ระหว่าง 1225-1376 μg P_2O_5 g^{-1} ในขณะที่ตัวอย่างที่ 3. 5 และ 7 พบว่ามีปริมาณ Al-P_i อยู่ในช่วงระหว่าง 548 -767 μg P_2O_5 g^{-1} ส่วนดินเลนตัวอย่างที่ 4 นั้นพบว่ามีปริมาณ Al-P_i ที่สกัดได้น้อยที่สุด คือมีค่า 351 μg P_2O_5 g^{-1} ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในรูปของ Ca-P_i ในดินเลนตัวอย่างที่ 2 นั้นพบว่ามีค่าสูงสุดคือ 175 μg P_2O_5 g^{-1} (4.4% ของ sum extractable P_i) ในขณะที่ดินเลนตัวอย่างที่ 4 สามารถสกัดฟอสฟอรัสในรูปของ Ca-P_i ออกมาได้น้อยที่สุดคือมีค่า 10 μg P_2O_5 g^{-1} ส่วนปริมาณ Ca-P_i ที่สกัดได้ในตัวอย่างอื่น ๆ มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 31-134 μg P_2O_5 g^{-1} (ตารางที่ 2)

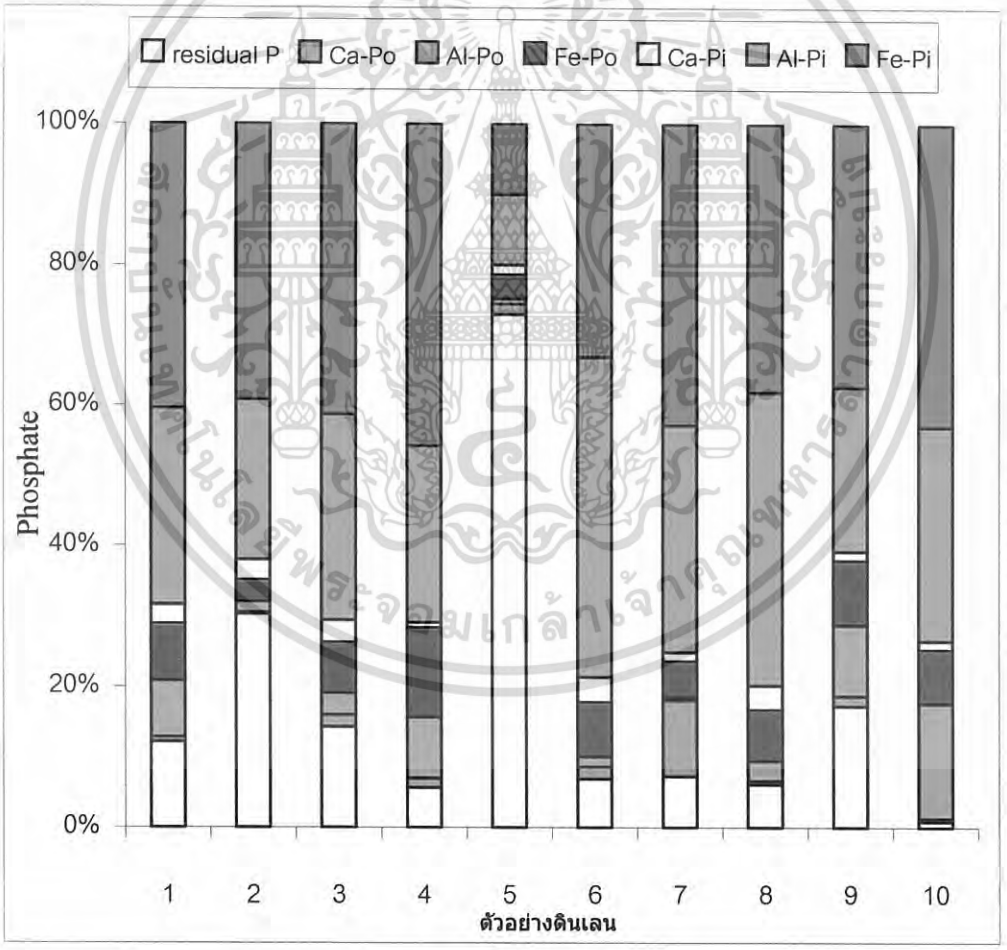
เมื่อพิจารณาผลวิเคราะห์รูปต่างๆ ของปริมาณอินทรีย์ฟอสเฟตของดินเลนทั้ง 10 ตัวอย่าง พบว่าปริมาณอินทรีย์ฟอสเฟตส่วนใหญ่อยู่ในรูป Fe-P_o รองลงมาคือ Al-P_oและ Ca- P_o ตามลำดับ โดยดินเลนตัวอย่างที่ 9 พบว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในรูปของ Fe- P_o อยู่มากที่สุด คือ มีค่า 438 μg P_2O_5 g^{-1} (40.0% sum extractable P_o) รองลงมาคือดินเลนตัวอย่างที่ 1 กับ 10 ซึ่งสามารถสกัดฟอสเฟตในรูปของ extractable Fe-P_o ได้เท่ากับ 396 และ 335 μg- P_2O_5 g^{-1} ตามลำดับ ส่วนในตัวอย่างอื่นๆ พบว่าปริมาณ extractable Fe- P_o ที่สกัดได้มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 178-236 μg P_2O_5 g^{-1} ส่วนดินเลนตัวอย่างที่ 7 นั้นพบว่ามีปริมาณ Fe- P_o ที่สกัดได้น้อยที่สุด คือมีค่า 121 μg P_2O_5 g^{-1} (31.0% sum extractable P_o) สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในรูปของ Al- P_o ของดินเลนที่ทำการวิเคราะห์พบว่าในดินเลนตัวอย่างที่ 10 มีค่ามากที่สุดคือ 717 μg P_2O_5 g^{-1} (66.8% sum extractable P_o) รองลงมาในตัวอย่างดินเลนที่ 9 และ1 ซึ่งสามารถสกัดฟอสฟอรัสในส่วน Al- P_o ออกได้ 528 และ 390 μg P_2O_5 g^{-1} ตามลำดับ ในขณะที่ดินเลนตัวอย่างที่ 7 นั้นพบว่าสามารถสกัด Al- P_o ออกมาได้น้อยที่สุดคือ 10 μg- P_2O_5 g^{-1} (2.5% ของ sum extractable P_o) ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในรูปของ Ca- P_o นั้นพบว่าดินเลนตัวอย่างที่ 7 สามารถสกัดปริมาณ Ca-P_o ออกมาได้มากที่สุดคือ 259 μg- P_2O_5 g^{-1} รองลงมาคือตัวอย่างที่ 10 ซึ่งสามารถสกัด Ca- P_o ได้ 200 μg- P_2O_5 g^{-1} ในขณะที่ดินเลนตัวอย่างอื่นๆ สามารถสกัดฟอสฟอรัสในส่วนของ Ca- P_o ออกมาได้ในช่วงระหว่าง 15-82 μg- P_2O_5 g^{-1} (ตารางที่ 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ธาดกรุงเทพ

จากการสกัดดินเพื่อหารูปต่างๆ ของฟอสฟอรัส (Fractionation Phosphous) ของดินทั้ง 10 ตัวอย่าง (ภาพที่ 1) พบว่า ส่วนใหญ่สามารถสกัด ฟอสฟอรัสในส่วน extractable P ได้อยู่ในช่วง 69.7-99.1%ของ total P ยกเว้นดินเลนในตัวอย่างที่ 5 ที่สามารถสกัดได้เพียง 26.9 %ของ total P ซึ่ง extractable P ที่สกัดได้ส่วนใหญ่แล้วจะอยู่ในรูปของ extractable P_i โดยมีค่าระหว่าง 62-83.2%ของ total P ยกเว้นเพียงตัวอย่างที่ 5 เท่านั้นที่มีค่า 21.31%ของ total P ส่วนในรูปของ extractable P_o นั้น มีค่าอยู่ระหว่าง 4.8-24.4%ของ total P

เมื่อพิจารณา extractable P_i ของดินเลนทั้ง 10 ตัวอย่าง พบว่า ส่วนใหญ่จะพบฟอสฟอรัสในรูปของ Fe-P_i โดยมีค่า 33-45.7%ของ total P รองลงมาคือในรูปของ Al-Pi มีค่า 22.8-45.5%ของ total P และรูปที่พบน้อยที่สุดคือ Ca-P_i มีค่า 0.7- 3.5%ของ total P และในส่วนของ extractable P_o พบว่าตัวอย่างดินเลนส่วนใหญ่ มีฟอสฟอรัสอยู่ในรูปของ Fe-Po โดยมีค่า 3.1-12.7 %ของ total P รองลงมาคือรูปของ Al-P_o มีค่า 0.4-16%ของ total P และที่พบน้อยที่สุดคือรูป Ca-P_o มีค่า 0.2-10%ของ total P (ภาพที่ 1)

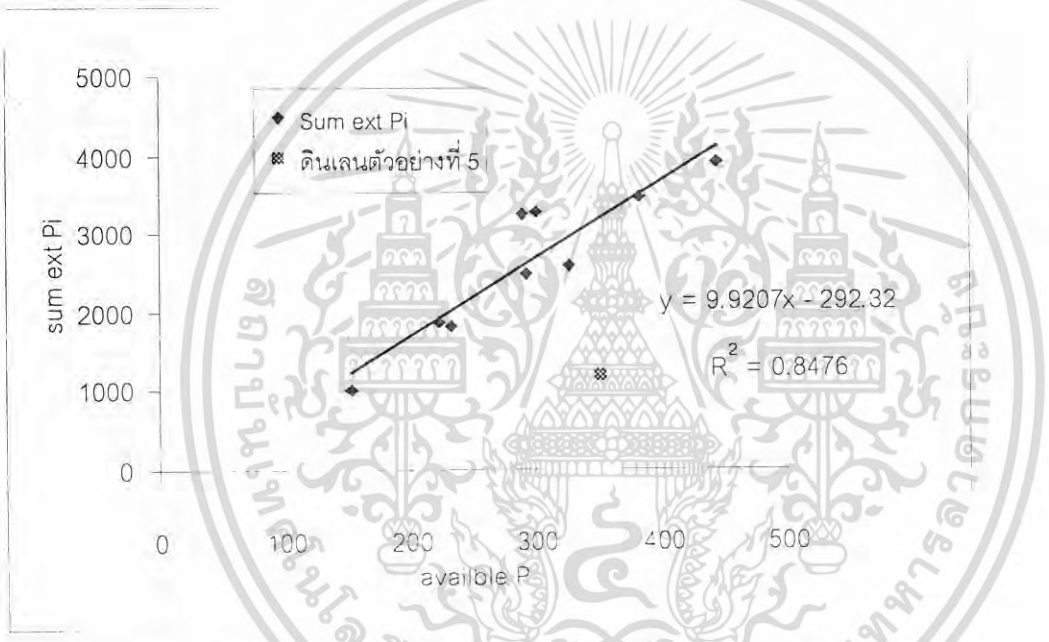


ภาพที่ 1 อัตราส่วนของฟอสฟอรัสในรูปต่างๆ(Fractionation Phosphous) ที่สกัดได้โดยวิธี Sekiya

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

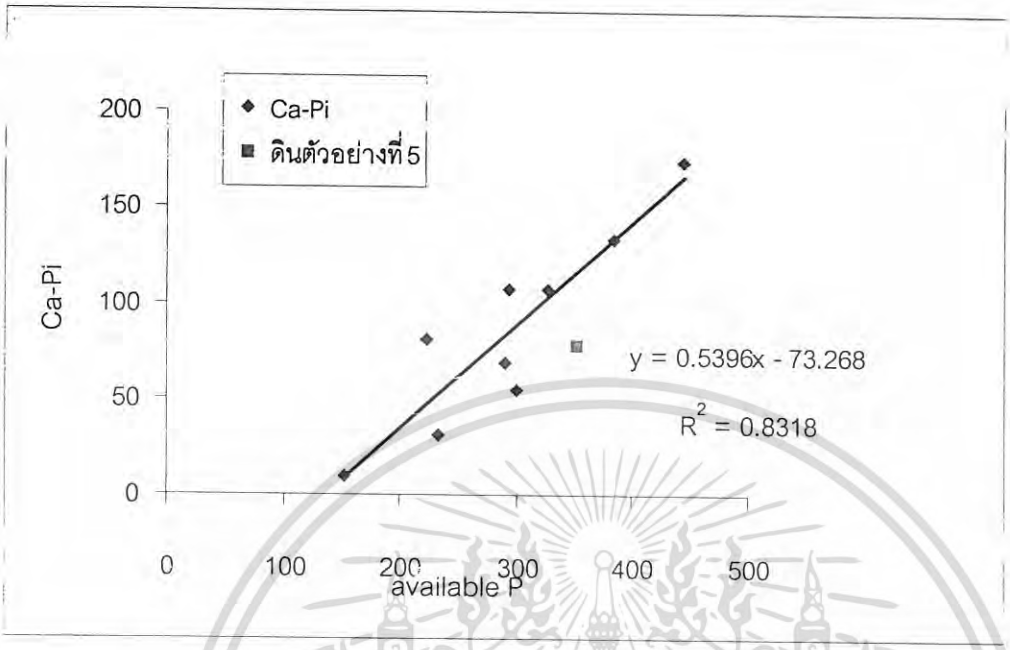
เมื่อพิจารณาค่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Bray II-P) และปริมาณอนินทรีย์ฟอสเฟตที่สกัดได้ (sum extractable P_i) ของดินเลนตัวอย่างเกือบทั้งหมด (ยกเว้นดินเลนในตัวอย่างที่5) พบว่าค่าทั้ง 2 มีสหสัมพันธ์กัน โดยมีค่า $r^2 = 0.847$ (ภาพที่ 2) และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Bray II-P) ยังมีสหสัมพันธ์กับปริมาณอนินทรีย์ฟอสเฟตที่สกัดได้รูปต่างๆ ทั้งในรูป Ca-P_i , Al- P_i และ Fe- P_i โดยค่า $r^2 = 0.831$, 0.733 และ 0.698 ตามลำดับ (ภาพที่ 3, 4 และ 5)

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (total P) และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Bray II-P) ของดินเลนทั้ง 10 ตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์พบว่าค่าทั้ง 2 มี สหสัมพันธ์กันโดยมีค่า $r^2 = 0.756$ (ภาพที่ 6)

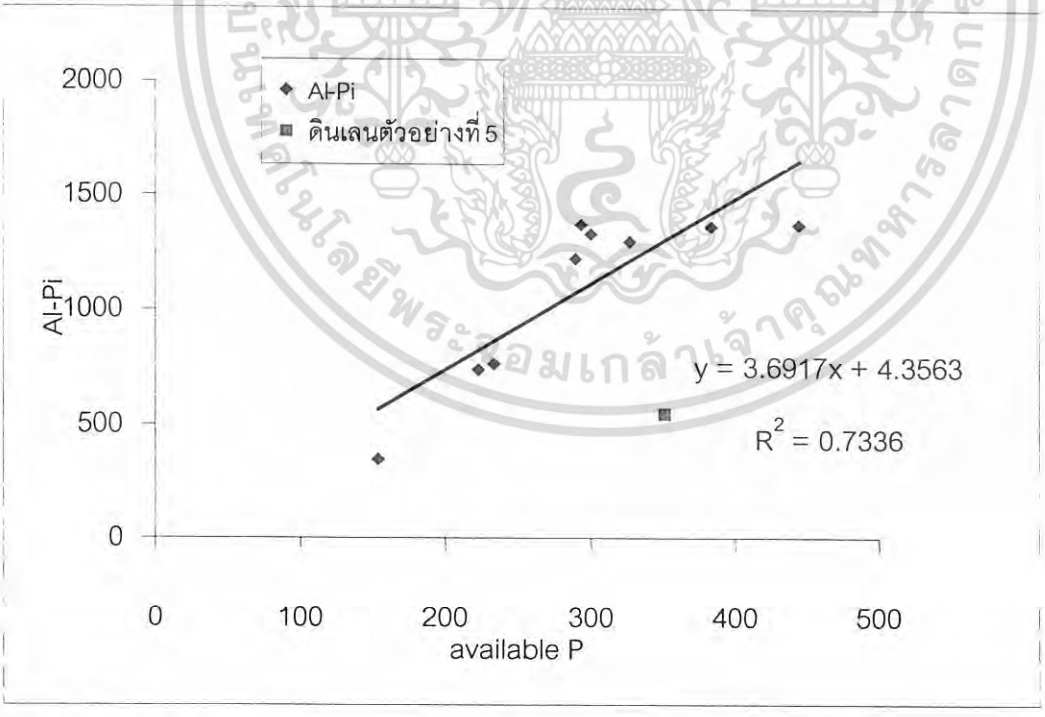


ภาพที่ 2 สหสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Bray II-P) กับอนินทรีย์ฟอสเฟต (sum extractable P_i)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

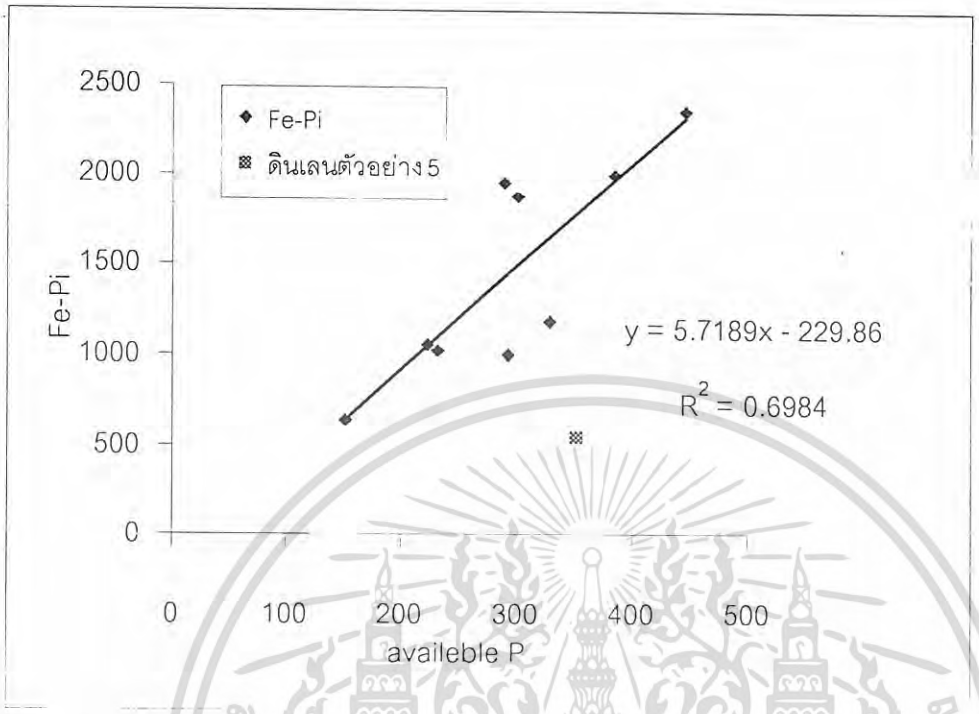


ภาพที่ 3 สหสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Bray II-P) กับ แคลเซียมฟอสเฟต ($Ca\text{-}P_i$)

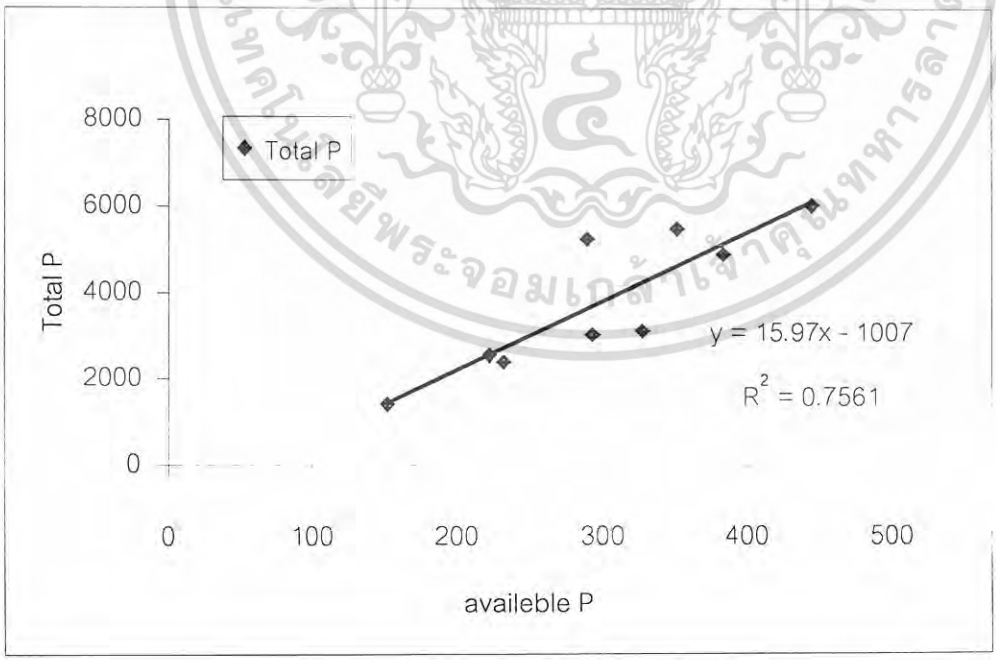


ภาพที่ 4 สหสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Bray II-P) กับ อะลูมินั่มฟอสเฟต ($Al\text{-}P_i$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5 แสดงสหสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Bray II-P) กับ เหล็กฟอสเฟต ($Fe\text{-}P_i$)



ภาพที่ 6 แสดงสหสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์(Bray II-P) กับ ฟอสฟอรัสทั้งหมด (total-P)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิจารณ์ผลการทดลอง

ดินเลนมีปริมาณอินทรียวัตถุสูง มีผลเนื่องมาจากน้ำชะล้างผิวหน้าดิน ซึ่งผิวน่าดินส่วนใหญ่เป็นส่วนที่มีปริมาณอินทรียวัตถุสูง ทำให้อินทรียวัตถุถูกชะละลายมากับน้ำและไหลลงสู่แหล่งน้ำ แล้วก็ตกตะกอนลงในท้องน้ำ และดินเลนที่อยู่ในท้องน้ำนั้น มีสภาพที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ทำให้ดินมีการย่อยสลายเป็นไปอย่างช้าๆ ทำให้อัตราการสะสมของอินทรียวัตถุสูงกว่าการย่อยสลาย (Yong, 1990)

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (total P) ในดินเลน อันเป็นผลเนื่องมาจากดินเลนมีปริมาณอินทรียวัตถุสูง ทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (total P) นั้นสูงตามขึ้นด้วย และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์(Bray II-P)ก็สูงตามปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ดังเช่นในผลการทดลองจะเห็นว่าตัวอย่างดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดสูง ดินนั้นจะมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงตาม ตัวอย่างไหนที่มีฟอสฟอรัสทั้งหมดน้อย ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ก็จะมีปริมาณน้อยตาม

จากการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสในรูปต่างๆ นั้น พบว่า ดินเลนมีปริมาณอนินทรีย์ฟอสเฟตสูง นั้นอาจเนื่องมาจากการชะล้างปุ๋ยเคมี และแร่ธาตุต่างๆ ลงสู่แหล่งน้ำและตกตะกอนลงสู่ท้องน้ำ และสะสมอยู่ในดินเลน อนินทรีย์ฟอสเฟตส่วนใหญ่อยู่ในรูปของ Fe-P_i รองลงมาคือ Al- P_i และ Ca- P_i น้อยที่สุดนั้น อันเป็นผลเนื่องจากดินเขตร้อนนั้น มีสารประกอบจำพวกเหล็กและอะลูมินั่มมาก การชะล้างปุ๋ยจากการทำเกษตรทำให้ปุ๋ยนั้นสะสมอยู่ในดินเลนและไปจับตัวกับอนุภาคของเหล็กและอะลูมินั่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์ดินเลนทั้ง 10 ตัวอย่าง เพื่อหาสมบัติทางเคมีและปริมาณการแจกกระจายของฟอสฟอรัสในรูปต่างๆ พบว่าดินเลนทั้งหมดมีค่าปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดถึงปานกลาง มีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วงที่ไม่มีความเค็ม มีปริมารอินทรียวัตถุสูง ปริมารฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์(Bray II-P)สูง และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P)สูง

สำหรับปริมาณการแจกกระกายของฟอสฟอรัสในรูปต่างๆ ของดินเลนที่นำมาวิเคราะห์ พบว่า ดินเลนส่วนใหญ่สามารถสกัดปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดทั้งในรูปอินทรีย์ และ อนินทรีย์ฟอสเฟต (extractable P) ได้ ตั้งแต่ 69.7-99.1% ของปริมาณ total P ยกเว้นดินเลน ตัวอย่างที่ 5 ซึ่งสามรถสกัดฟอสฟอรัสออกมาได้เพียง 26.9% ของ total P โดยรูของฟอสฟอรัสที่สกัดออกมาได้นั้นส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของอนินทรีย์ฟอสเฟต (extractable Pi) มากถึง 66.8-93.0% ของ extractable P และเมื่อพิจารณาปริมาณ extractable P_i ที่สกัดได้ พบว่าส่วนใหญ่อยู่ในรูปของ Fe-P_i มากที่สุด รองลงมาคือ Al-P_i และ Ca-P_i ตามลำดับ เช่นเดียวกับปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในรูปของ อินทรีย์ฟอสเฟต (extractable P_o) พบว่าส่วนใหญ่อยู่ในรูปของ Fe-P_o มากที่สุด รองลงมาคือ Al-P_oและ Ca-P_o ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

99230

เอกสารอ้างอิง

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 547 น.

Brady, N.C. and R.R. Weil. 1996. The Nature Properties of Soil. 11st ed. Prentic-Hall Internation, Inc., New Jercy, USA. 740 p.

Bray, R.H., and L.T. Kurtz. 1945. Determination of Total, Organic, and Available Forms of Phosphorus in Soil. Soil Sci. 59:39-45.

Logannathan, P. and P.M. Sutton. 1987. Phosphorus Fractions and Availability in Soil Formd on Different Geological in The Nigfr Delta Area of Nigeria. Soil Sci. 143(1):16-25.

McLean, E.O. 1982. Soil pH and Lime Requirement. p.149-165. *In* A.L. Page.(eds.). Methods of Soil Analsis, Part 2 , 1st ed. Agronomy Monograph No.9, Am. Soc. of Agron. Madison, Wis.

Murphy, J. and Riley, J.P. 1962. A Modified Single Solution Method for Determination of Phosphorus in Natural Waters. Anal. Chem. Acta 27:31- 36.

Phimsirikul, P. and T. Matoh . 2003. The Status of Phosphorus in Thai Soil and P Evaluation Using EDTA-NaF Extraction Method. Songklanakarin J. Sci. Technol., 25(4) : 423-434.

Rhodes, J.D. 1982. Soluble salts. p. 167-179. *In* Methods of Soil Analysis, Part 2 , 2nd ed. A.L. Page.(eds.). Agoromony No.9 ASA, Madison, Wis.

Sekiya, K. 1987. Phosphorus. In Method of Soil Analysis, 11th ed. Ministry of Agriculture, Tokyo. (in Japaness) *cited by* Otani, T. and Ae, N. 1997. The Status or Inorganic and Organic Phosphoruss in Some Soil in Relation to Plant Availabibity. Soil Sci. Plant Nutri., 42(2): 419-429.

Walkley, A., and I.A. Black. 1934. An Exmination of the Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter and A Proposed Modification of The Chromic Acid Titration Method. Soil Sci. 37:29-38.

Yong, A. 1990. Agroforestry for Soil Conservation. CAB International, Wallingford 365 p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวก 1 ค่าปฏิกิริยาดินและค่าการนำไฟฟ้า ของดินเลนจำนวน 10 ตัวอย่าง

ดินเลน	pH			EC(mS/cm)		
	R1	R2	เฉลี่ย	R1	R2	เฉลี่ย
1	5.26	5.26	5.26	0.60	0.60	0.60
2	4.70	4.70	4.70	1.00	1.00	1.00
3	4.92	4.91	4.91	0.90	1.00	0.95
4	3.12	3.11	3.11	2.40	2.40	2.40
5	4.68	4.69	4.68	0.50	0.50	0.50
6	4.85	4.86	4.85	0.50	0.50	0.50
7	3.34	3.38	3.36	2.00	2.00	2.00
8	4.69	4.70	4.68	0.70	0.80	0.75
9	4.81	4.83	4.82	0.90	1.00	0.95
10	3.64	3.64	3.64	2.40	2.50	2.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวก 2 ค่า%organic matter ของดินเลนจำนวน 10 ตัวอย่าง

ดินเลน	%organic matter			
	R1	R2	R3	เฉลี่ย
1	7.21	7.12	7.42	7.28
2	7.01	8.13	7.41	7.52
3	7.54	7.81	7.41	7.62
4	8.12	7.12	7.91	7.75
5	2.93	3.11	2.82	2.95
6	5.73	5.13	5.33	5.69
7	6.82	6.72	6.91	6.72
8	6.45	6.81	6.60	6.65
9	6.42	5.81	6.30	6.13
10	8.80	9.72	9.12	9.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวก 3 ค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์(Bray II-P) และฟอสฟอรัสทั้งหมด (total P) ของดินเลนทั้ง 10 ตัวอย่าง

ดินเลน	Bray II-P($\mu g\ P_2O_5\ g^{-1}$)				Total-P($\mu g\ P_2O_5\ g^{-1}$)			
	R1	R2	R3	เฉลี่ย	R1	R2	R3	เฉลี่ย
1	393	380	380	384	4831	4878	4946	4885
2	459	445	432	445	5931	5952	6186	6023
3	233	233	203	223	2514	2548	2554	2539
4	146	156	156	153	1392	1393	1402	1396
5	344	344	368	352	5559	5448	5450	5485
6	298	298	287	294	2999	3029	3042	3023
7	233	244	223	233	2420	2410	2311	2380
8	332	332	320	328	3091	3112	3133	3112
9	287	298	287	290	5183	5236	5302	5240
10	298	309	298	301	4424	4399	4317	4380

ตารางผนวก 4 ค่าฟอสฟอรัสในรูปต่างๆ (Frationation Phosphprus) ของดินเลนทั้ง 10 ตัวอย่าง

ดินเลน	ซ้ำ	digested extractable P			extractable P_i			extractable P_o		
		Ca-P	Al-P	Fe-P	Ca- P_i	Al- P_i	Fe- P_i	Ca- P_o	Al- P_o	Fe- P_o
1	1-1	165	1780	2370	132	1336	1918	32	444	452
	1-2	170	1728	2377	136	1390	2037	33	337	340
2	2-1	202	1491	2587	181	1400	2414	21	91	173
	2-2	179	1439	2508	169	1349	2306	10	90	202
3	3-1	125	825	1140	89	757	1027	35	68	113
	3-2	125	816	1328	73	726	1074	52	90	254
4	4-1	29	433	826	8	337	599	21	96	227
	4-2	30	514	810	13	366	680	17	148	130
5	5-1	170	574	756	71	545	554	99	29	202
	5-2	152	602	710	86	552	535	66	50	175

ตารางผนวก 5 ค่าฟอสฟอรัสในรูปต่างๆ (Frationation Phosphprus) ของดินเลนทั้ง 10 ตัวอย่าง(ต่อ)

ดินเลน	ซ้ำ	digested extractable P			extractable P_i			extractable P_o		
		Ca-P	Al-P	Fe-P	Ca- P_i	Al- P_i	Fe- P_i	Ca- P_o	Al- P_o	Fe- P_o
6	6-1	152	1368	1189	113	1366	1004	39	2	184
	6-2	169	1471	1285	103	1387	996	66	85	288
7	7-1	292	798	1122	39	786	1036	252	13	86
	7-2	291	757	1161	23	749	1004	267	8	157
8	8-1	125	1375	1375	112	1307	1195	13	68	180
	8-2	123	1403	1451	105	1289	1178	18	114	273
9	9-1	151	1696	2466	69	1221	1941	81	474	525
	9-2	136	1813	2414	70	1229	1973	66	584	441
10	10-1	74	1929	2227	54	1292	1808	20	638	419
	10-2	78	2170	2216	57	1373	1964	21	797	253