

การดูดตรึงฟอสเฟตสูงสุดของดินชนิดต่าง ๆ

ประพิศ แสงทอง นิลประไพ จันทนภาพ และ วิศิษฐ์ ไชลิตกุล¹

บทคัดย่อ

การศึกษาการดูดตรึงฟอสเฟตของดินชนิดต่าง ๆ ที่มีคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์แตกต่างกัน 5 ชนิด คือ ดิน Brackish Water Alluvial soils (Acid Sulfate Soil, ASS), Fresh Water Alluvial soils (FWA), Reddish Brown Lateritic soils (RBL), Grumusols และ Noncalciic Brown soils (NCB) โดยศึกษาการดูดตรึงฟอสเฟตจากสารละลายฟอสเฟตที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน 12 ระดับ และอยู่ในช่วง pH ระหว่าง 3-9 ผลการศึกษาพบว่าดิน BWA (ASS) มีปริมาณอะลูมิเนียมอิสระและอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้สูง ดังนั้น การดูดตรึงฟอสเฟตสูงสุดจะพบที่ pH ประมาณ 5 และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของฟอสเฟตมากขึ้น การดูดตรึงฟอสเฟตยิ่งเกิดสูงตามไปด้วย สำหรับดิน Grumusols เป็นดินที่มีปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตสูง ดังนั้น ฟอสเฟตที่ใส่ให้ดินจึงตกตะกอนอยู่ในรูปของแคลเซียมฟอสเฟต และการตกตะกอนจะเพิ่มสูงตามการเพิ่มความเข้มข้นของฟอสเฟต ดิน FWA จะดูดตรึงฟอสเฟตลดลงเมื่อ pH ของดินเพิ่มขึ้น และการดูดตรึงฟอสเฟตจะสูงสุดที่ pH ประมาณ 4 ส่วนอีก 2 ชนิด คือ RBL และ NCB ดูดตรึงฟอสเฟตได้ดีโดยพบว่ามี การดูดตรึงสูงสุดที่ pH ประมาณ 4

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารพืชที่สำคัญที่สุดธาตุหนึ่ง พืชทุกชนิดต้องการฟอสฟอรัสเพื่อการเจริญเติบโต เพราะธาตุนี้มีความสำคัญต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาในพืช และเป็นส่วนประกอบของสารประกอบในกระบวนการ metabolism ในพืชด้วย นอกจากนี้ ฟอสฟอรัวยังมีบทบาทต่อกระบวนการต่าง ๆ ในดินอีกด้วย เช่น nitrogen metabolism และการตรึงไนโตรเจนในดิน เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตาม ดินทั่วไปมักจะขาดธาตุฟอสฟอรัส โดยเฉพาะดินในแถบร้อน ทั้งนี้เพราะฟอสฟอรัสมักจะถูกตรึงได้ง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งปุ๋ยฟอสเฟตที่ใส่ลงไป ในดินจะถูกตรึง (fixation) โดยดิน ทำให้ฟอสฟอรัสไม่สามารถเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ ซึ่งกระบวนการดูดตรึงฟอสฟอรัสที่สำคัญในดินมีอยู่ 2 กระบวนการก็คือ การตกตะกอน (precipitation) และการดูดซับ (adsorption)

การตกตะกอนของฟอสเฟตในดินจะเกิดขึ้นโดยที่ฟอสเฟตจะทำปฏิกิริยากับธาตุต่าง ๆ ในดิน เช่น อะลูมิเนียม เหล็ก และแคลเซียม เป็นต้น ทำให้เกิดเป็นสารประกอบของฟอสเฟตที่ละลายเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ยากขึ้น ส่วนการดูดซับฟอสเฟตจะเกิดขึ้นที่ผิวของอนุภาคดิน ซึ่งการดูดซับของดินจะขึ้นกับ

ธรรมชาติของดินนั้น ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแร่ดินเหนียวที่เป็นส่วนประกอบของดิน pH ของดิน ปริมาณเหล็ก อะลูมิเนียม แคลเซียม แร่ดินเหนียว และ Specific surface ของดิน Olsen and Watanabe (1957) ได้ศึกษาการดูดตรึงฟอสเฟตโดยใช้ทฤษฎีของ Langmuir พบว่าค่าการดูดตรึงฟอสเฟตสูงสุดของดินจะมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับ Specific surface ของดิน และยังพบว่าดินกรดจะสามารถดูดตรึงฟอสเฟตได้สูง และด้วยแรงยึดที่สูงกว่าดินต่าง ทั้งนี้เพราะดินกรดมีการสลายตัว ผุพังดีกว่า และยังมีสารหรือธาตุต่าง ๆ ที่เป็นผลจากการสลายตัวของดินหลายชนิด เช่น เหล็กไฮดรอกไซด์และอะลูมิเนียมออกไซด์ ซึ่งสารประกอบทั้ง 2 ชนิดมีความสามารถในการดูดตรึงฟอสเฟตเป็นอย่างดี Udo and Uzu (1972) พบว่า ดินกรดในเขตร้อนจะดูดตรึงฟอสเฟตสูงตามปริมาณฟอสเฟตที่ใส่ลงไป และการดูดตรึงจะเพิ่มถ้า pH ของดินลดลง ซึ่งเป็นผลเนื่องจากอิทธิพลของ pH ดินต่อปริมาณของอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ นอกจากนี้ Shapiro and Fried (1959) ได้รายงานว่าการดูดตรึงฟอสเฟตจะเกิดที่ผิวของอนุภาคดิน ผิวของเหล็กและอะลูมิเนียมออกไซด์ หรือไฮดรอกไซด์ และโดยแคลเซียมคาร์บอเนต

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าฟอสเฟตในดินนั้นมีข้อจำกัดในการที่จะเป็นประโยชน์ต่อพืชมากมาย จนถือได้ว่าฟอสฟอรัสเป็นปัจจัยหนึ่งในการจำกัดการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตพืช ฉะนั้น

¹นักวิชาการเกษตร กลุ่มงานวิจัยเคมีและความอุดมสมบูรณ์ของดิน กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร บางเขน กทม. 10900

จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาถึงพฤติกรรมของการดูดซับฟอสเฟอรัสในดินโดยอาศัยทฤษฎีของ Langmuir ในการที่จะประเมินค่าการดูดซับและพฤติกรรมของฟอสเฟอรัสในดิน ทั้งนี้เพื่อที่จะใช้ข้อมูลจากการศึกษานี้มาเป็นประโยชน์ในการที่จะจัดการดิน และการใช้ปุ๋ยฟอสเฟอรัสกับดินอย่างมีประสิทธิภาพ

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ดินนา 5 ซุด คือ Brackish Water Alluvial soils (Acid Sulfate soils) Fresh Water Alluvial soils, Reddish Brown Lateritic soils, Grumusols Noncalcie Brown soils ดินเหล่านี้จะตากแห้งและบดผ่านตะแกรงร่อนขนาด 2 มม. ในตารางที่ 1 เป็นคุณสมบัติบางประการของดินทั้ง 5 ซุด

เตรียมสารละลายที่มีฟอสเฟอรัสเข้มข้นระหว่าง 1 ถึง 20 ส่วนในล้านส่วนของฟอสเฟอรัส เพื่อใช้เติมให้กับดิน 3 ซุด คือ Fresh Water Alluvial (FWA), Reddish Brown Lateritic (RBL) และ Noncalcie Brown (NCB) สำหรับอีก 2 ซุด คือ Brackish Water Alluvial หรือ Acid Sulfate soils (ASS) และ Grumusols จะใช้สารละลายฟอสเฟอรัสเข้มข้นระหว่าง 1 ถึง 150 ส่วนในล้านส่วนของฟอสเฟอรัส ซึ่งสารละลายฟอสเฟอรัสที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ นี้จะมีผลผสมของ 0.01 M NaNO₃ และปรับให้มี pH ของสารละลายเป็น 7 ด้วย 1 N หรือ 0.1 N NaOH

การศึกษานี้จะใช้ดิน 2 กรัมใส่ในหลอดพลาสติก (Centrifuge tube) ขนาด 50 มล. แล้วเติมสารละลายฟอสเฟอรัสที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กันหลอดละ 40 มล. จากนั้นจะเติม 0.1 N

HCl หรือ 0.1 N NaOH เพื่อที่จะปรับให้แต่ละหลอดมี pH ของสารละลายดิน (Soil suspension) อยู่ในช่วงที่ต้องการ คือ ให้มี pH อยู่ระหว่าง 3 ถึง 9 ปริมาณของ 0.1 N HCl และ 0.1 N NaOH ที่จะต้องเติมให้แต่ละดินจะหาได้โดยใช้ Automatic titrator ซึ่งจะ titrate ดินในสารละลายของ 0.1 N NaNO₃ หลอดพลาสติกที่บรรจุดินและสารละลายฟอสเฟอรัสที่เติมกรดและต่างตามปริมาณที่ต้องการแล้วนี้จะเขย่า 24 ชั่วโมง จากนั้นจะวัดค่าของ equilibrium pH ของสารละลายดิน แล้วหาปริมาณฟอสเฟอรัสที่เหลือใน supernatant ใช้ Langmuir equation คำนวณค่าการดูดซับฟอสเฟอรัสสูงสุด (adsorption maximum) ของดินแต่ละซุด

ผลการทดลองและวิจารณ์

การทำ titration curve ของดิน (ภาพที่ 1) ซึ่งจาก curve นี้สามารถบอกถึง buffer ของดินในช่วง pH ต่าง ๆ กัน โดยจะแสดงในรูปของ Buffer intensity curve (ภาพที่ 2) Inoue et al. (1982) ได้รายงานว่า ในแต่ละช่วง pH buffer ของดินจะถูกควบคุมโดยปัจจัยหลายชนิด เช่น ชนิดของแร่ดินเหนียว (Clay mineral) ปริมาณของคาร์บอนตออิสระ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ การอิมมิตัวด้วยเบส และ neutralizable Al species เป็นต้น จากภาพที่ 2 พบว่าดิน ASS มีค่า buffer สูงสุดที่ pH ประมาณ 5 ทั้งนี้เพราะในช่วง pH นี้จะมีปริมาณของอะลูมิเนียมอิสระและอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงที่สุด และเมื่อเพิ่มปริมาณ 0.1 N NaOH ลงไปมาก ๆ เพื่อเพิ่ม pH ให้สูงขึ้นจะทำให้อะลูมิเนียมเกิดการ hydrolyse ซึ่งจะเพิ่มประจุบวกให้กับดิน ฉะนั้น

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางเคมีบางอย่างของดินทั้ง 5 ซุด

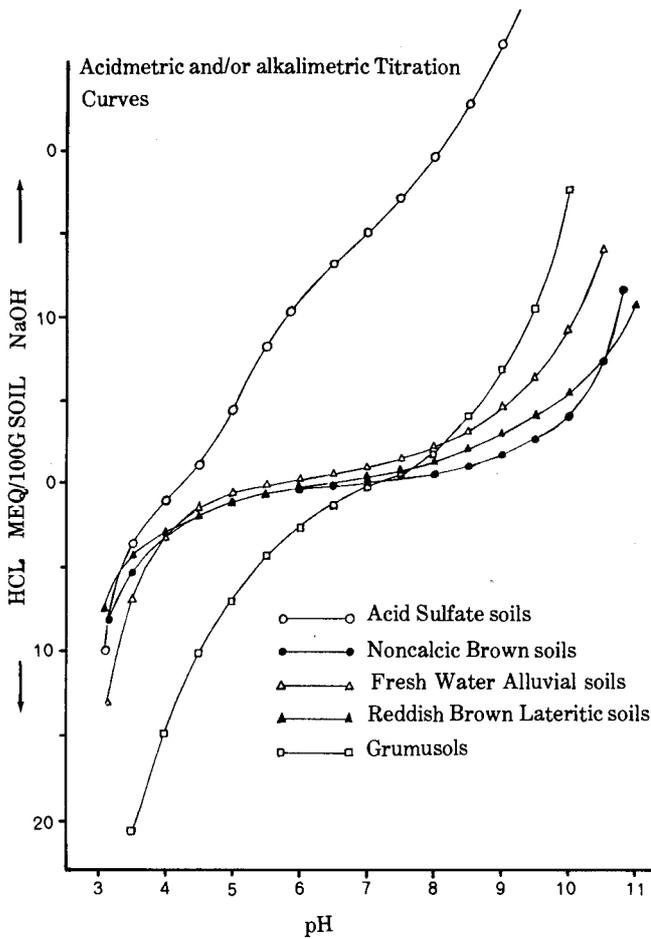
ซุดดิน	pH		Clay minierology ¹	CEC me/100 gm	BS %	OM %
	H ₂ O	KCl				
ASS	4.3	3.7	Mixed (Ill, Kt., Mt.)	28	32	2.9
NCBS	7.7	6.5	Kt. Mica	8	62	-
RBLS	6.7	5.5	Kt.	16	82	-
Grumusols	8.1	7.4	Mt.	50	170	1.8
FWAS	7.0	5.8	Mixed (Ill., Kt., Vt.)	20	90	1.1

¹Ill. = Illite

Kt. = Kaolinite

Mt. = Montmorillonite

Vt. = Vermiculite



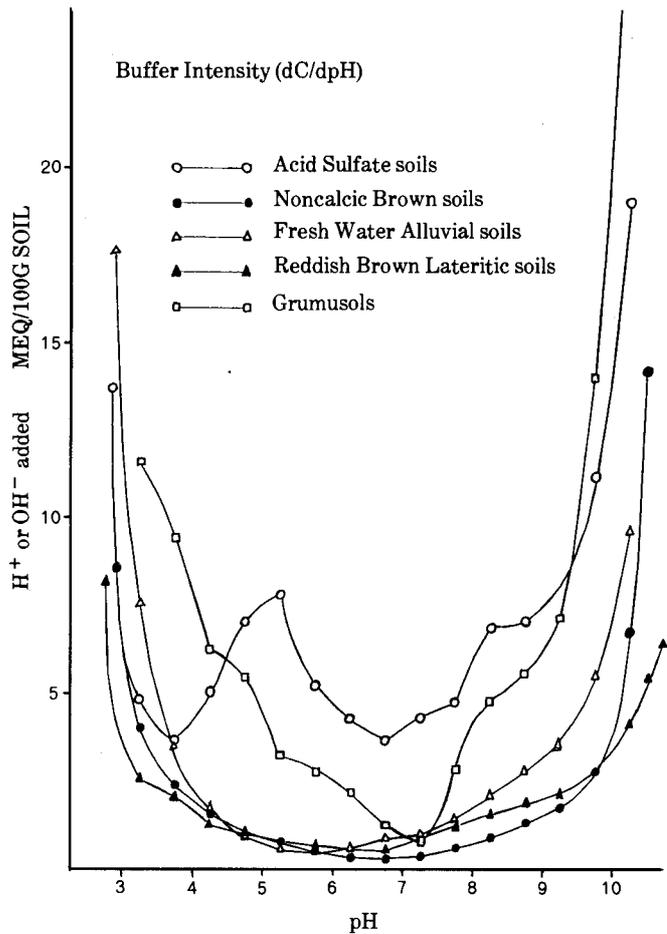
ภาพที่ 1 Titration Curve ของดินทั้ง 5 ชุด

ปริมาณของ OH^- ที่เพิ่มให้กับดินจึงรวมตัวกับ H^+ ที่ปลดปล่อยออกมาทำให้ pH ของดินไม่เปลี่ยนแปลง

สำหรับดิน Grumusols จะมี buffer ของดินสูงอยู่ 2 ช่วง คือ pH ต่ำและ pH สูง ทั้งนี้เพราะดิน Grumusols มีปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตสูง ฉะนั้น ถ้า pH ของดินต่ำ H^+ จะรวมตัวกับ CO_3^{2-} เกิดเป็น H_2CO_3 ถ้า pH สูงขึ้น OH^- จะรวมตัวกับ Ca^{++} เกิดเป็น $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ส่วนดิน FWA มีค่า buffer เฉพาะช่วง pH ดินต่ำ ดินนี้ประกอบด้วยแร่ดินเหนียวหลายชนิด คือ *illite*, *kaolinite* และ *montmorillonite* โครงสร้างของดินจึงเปราะ แตกง่ายเมื่อ pH ของดินเป็นกรด สำหรับดินอีก 2 ชุด คือ RBL และ NCB มีลักษณะดินคล้ายคลึงกันและไม่แสดงคุณสมบัติพิเศษที่มีต่อ buffer intensity

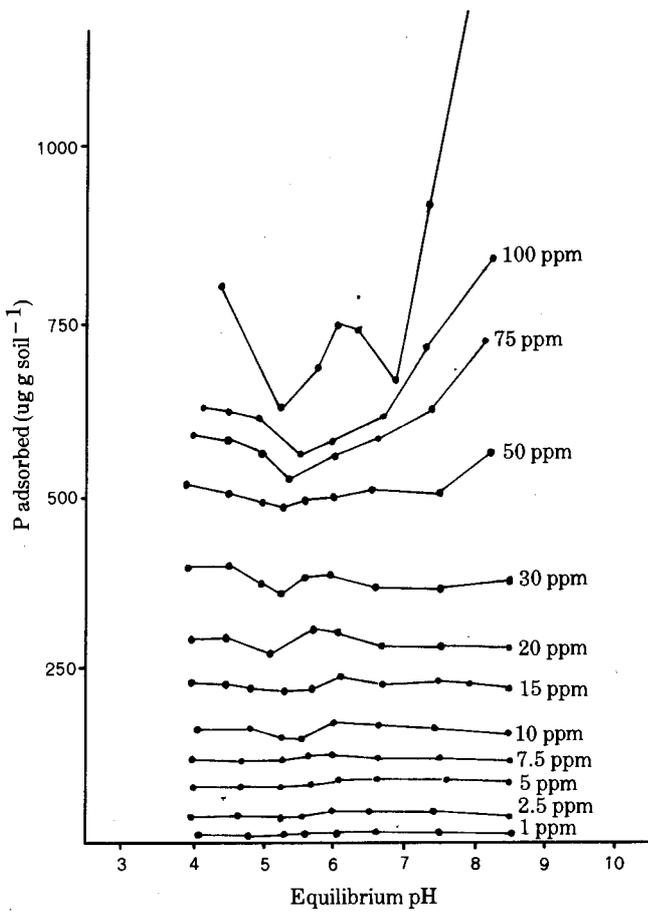
การดูดตรึงฟอสเฟตของดินชุดต่าง ๆ

ผลของ equilibrium pH ของดินต่อการดูดตรึงฟอสเฟตของดิน Grumusols (ภาพที่ 3) ซึ่งจะเห็นได้ว่า pH ของสาร



ภาพที่ 2 Buffer Intensity Curve ของดินทั้ง 5 ชุด

ละลายดินไม่มีผลต่อการดูดตรึงฟอสเฟตของดิน เมื่อความเข้มข้นของสารละลายฟอสเฟตอยู่ในระดับปานกลาง คือ ต่ำกว่า 30 ส่วนในล้านส่วน แต่อย่างไรก็ตาม พบว่าช่วง pH เหมาะสมที่จะมีการดูดตรึงฟอสเฟต คือ pH ประมาณ 6 ส่วนในช่วง pH สูงกว่า 6 หรือ 7 นั้น การดูดตรึงฟอสเฟตลดลงทั้งนี้เนื่องจากเกิดแรงผลักรันของประจุชนิดเดียวกัน (electrostatic repulsion) เพราะดิน Grumusols จะมีประจุในดินเป็นศูนย์ที่ pH ประมาณ 7 หรือสูงกว่า 7 เล็กน้อย ซึ่งถ้า pH สูงกว่านี้ดินจะมีประจุลบมากกว่า ประจุลบจึงไม่สามารถจะดูดตรึงฟอสเฟตซึ่งก็มีประจุลบเหมือนกัน อย่างไรก็ตาม ถ้าเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายฟอสเฟตให้สูงขึ้นจนถึง 75 ส่วนในล้าน จะพบว่าการดูดตรึงฟอสเฟตจะสูงขึ้นเมื่อ pH ของสารละลายดินสูงกว่า 6 ขึ้นไป และจากการที่ดิน Grumusols มีปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตสูง (ภาพที่ 2) ดังนั้น การที่ฟอสเฟตถูกดูดตรึงไว้สูงมากขึ้น จึงเป็นผลเนื่องมาจากการที่ฟอสเฟตตกตะกอนกับแคลเซียมคาร์บอเนตเกิดเป็นสารประกอบพวกแคลเซียมฟอสเฟต



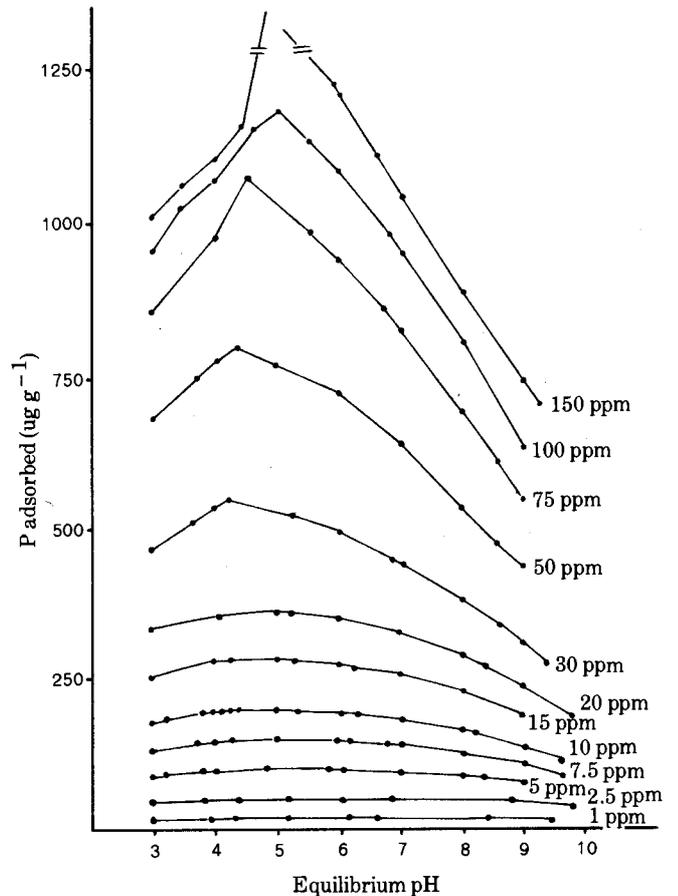
ภาพที่ 3 การดูดซับฟอสเฟตของดิน Grumusols ที่ pH และความเข้มข้นของฟอสเฟตต่าง ๆ กัน

ซึ่งอธิบายได้โดยการเทียบค่าผลคูณของการละลายตัว ($P_s = \text{solubility product}$) ของสารประกอบแคลเซียมฟอสเฟตจริง ๆ กับค่าผลคูณระหว่างความเข้มข้นของแคลเซียม $[Ca]$ ในดินกับความเข้มข้นของสารละลายฟอสเฟต $[P]$ ที่เติมให้กับดิน ซึ่งเมื่อเทียบแล้วถ้าผลคูณของ $[Ca]$ กับ $[P]$ มากกว่าค่า P_s แสดงว่าฟอสเฟตตกตะกอนกับแคลเซียมในดิน และจากการทดลองครั้งนี้ได้ผลตามทฤษฎีจึงเป็นข้อยืนยันว่าฟอสเฟตที่ใส่ลงไปดิน Grumusols จะตกตะกอนกับแคลเซียมคาร์บอเนต โดยจะเกิดขึ้นเมื่อความเข้มข้นของฟอสเฟตที่ใช้สูงกว่า 50 ส่วนในล้านส่วน และถ้า pH ของดินสูงกว่า 6 จะตกตะกอนในรูปของ dicalcium phosphate dihydrate (DCPD) หรือ Octacalcium phosphate (OCP) จากผลของการเกิดสารประกอบเหล่านี้ทำให้การดูดซับฟอสเฟตเกิดขึ้นสูงมาก ในช่วง pH ของดินเป็นต่าง

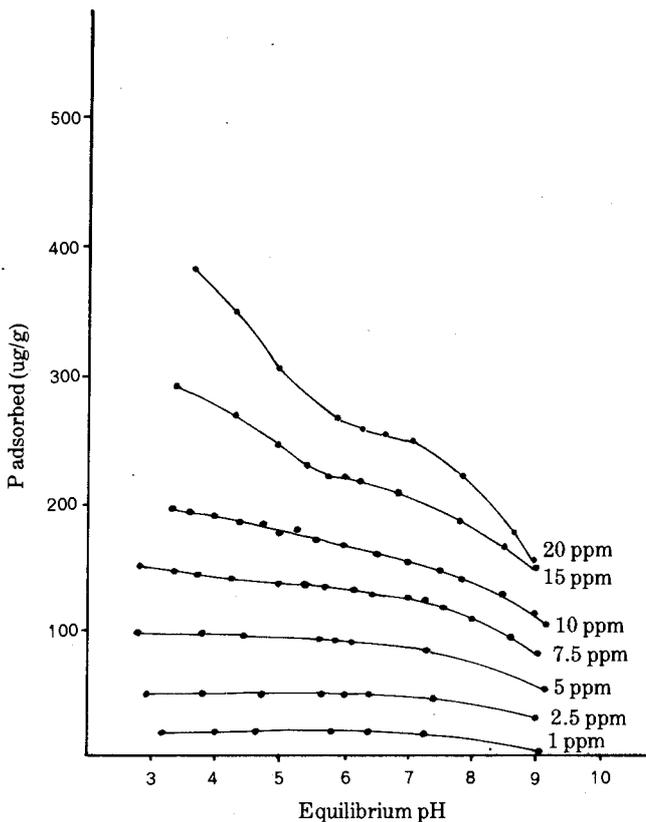
อย่างไรก็ตาม การดูดซับฟอสเฟตในดิน Grumusols ในช่วง pH ดินเป็นกรดก็จะเกิดขึ้นเช่นกัน คือ เมื่อความเข้มข้น

ของฟอสเฟตสูงกว่า 50 ส่วนในล้านส่วน การดูดซับฟอสเฟตจะพบที่ pH ต่ำกว่า 5 ทั้งนี้เพราะในช่วง pH เป็นกรด ปริมาณของแคลเซียมในดินจะเพิ่มขึ้น เนื่องจาก Calcite สามารถละลายได้ดี ดังนั้น ฟอสเฟตจึงสามารถตกตะกอนกับแคลเซียมได้ สารประกอบพวกแคลเซียมฟอสเฟตในช่วง pH ดินต่ำกว่า 5

สำหรับดิน Brackish Water Alluvial soils พบว่าเกิดการดูดซับฟอสเฟตสูงสุดที่ pH ประมาณ 5 (ภาพที่ 4) ทั้งนี้เนื่องจากที่ pH ประมาณ 5 นี้ ดิน ASS จะมีปริมาณอะลูมิเนียมอิสระและอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงที่สุด ดังนั้น ฟอสเฟตที่ใส่ลงไปดินจึงทำปฏิกิริยากับอะลูมิเนียมในดินตกตะกอนเป็นสารประกอบของอะลูมิเนียมฟอสเฟตขึ้น จึงทำให้เกิดการดูดซับฟอสเฟตสูงที่สุดในช่วง pH นี้ และเมื่อ pH ของดินสูงขึ้น การดูดซับจะลดลงเนื่องจากปริมาณของอะลูมิเนียมในดินลดลง Lindsay et al (1959) ได้รายงานไว้ว่า เมื่อใส่ปุ๋ยฟอสเฟตลงไปในดิน หลังจากนั้นจะเกิดสารประกอบ (reaction product) ขึ้นทันที และสารประกอบที่เกิดขึ้นในระยะ 18 เดือนหลังจากการใส่ปุ๋ย



ภาพที่ 4 การดูดซับฟอสเฟตของดิน ASS ที่ pH และความเข้มข้นของฟอสเฟตต่าง ๆ กัน



ภาพที่ 5 การดูดซับฟอสเฟตของดิน FWS ที่ pH และความเข้มข้นของฟอสเฟตต่าง ๆ กัน

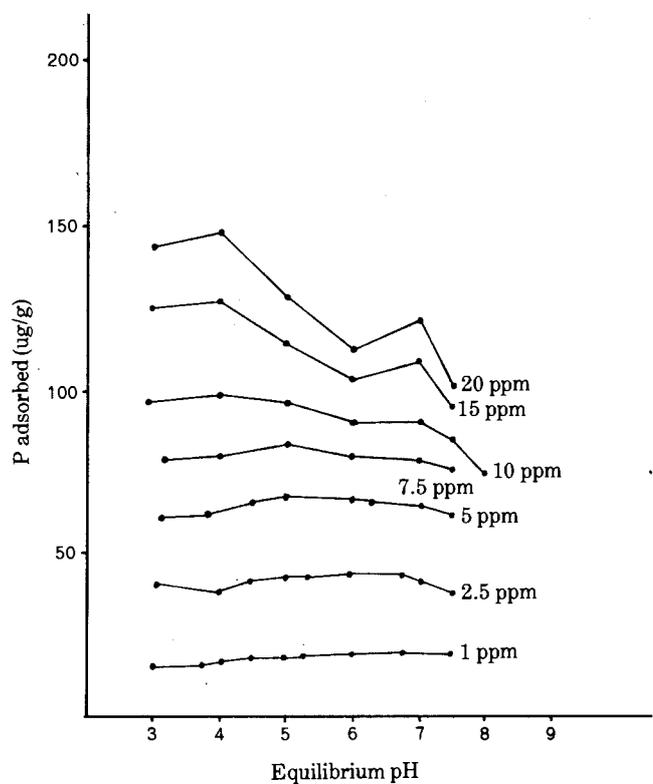
ฟอสเฟตจะสามารถละลายได้ง่ายกว่า variscite ประมาณ 10 ถึง 30 เท่า แต่ถ้าระยะเวลาเกินกว่า 18 เดือนขึ้นไป ความสามารถในการละลายจะลดลงจนมีค่าใกล้เคียงกับค่าการละลายของ variscite ซึ่งจากเหตุผลนี้พอจะสรุปได้ว่า เมื่อใส่ปุ๋ยฟอสเฟตลงไปในดิน จะเกิดสารประกอบพวก amorphous aluminum phosphate ขึ้นก่อน แล้วจึงจะค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นสารประกอบที่ค่อนข้างจะคงรูปตามช่วงระยะเวลา เช่น variscite จากผลการศึกษาครั้งนี้จึงอาจจะคาดคะเนได้ว่า ฟอสเฟตที่ใส่ให้กับดิน ASS จะถูกดูดซับที่ผิวของดินก่อน แล้วจึงรวมตัวกับอะลูมิเนียมในดินถ้า pH ดินประมาณ 5 แต่การดูดซับนี้จะลดลงอย่างเด่นชัด เมื่อ pH ของดินสูงกว่า 5 ตามเหตุผลที่กล่าวมาแล้วนี้ จึงมีข้อเสนอแนะว่าปุ๋ยหินฟอสเฟตที่มีปริมาณแคลเซียมสูง ๆ จึงเป็นปุ๋ยฟอสเฟตที่เหมาะสมสำหรับที่จะใช้กับดินเปรี้ยว

การดูดซับฟอสเฟตของดิน FWA (ภาพที่ 5) จะเห็นว่า การดูดซับฟอสเฟตจะลดลงเป็นลำดับเมื่อ pH ของสารละลายดินสูงขึ้น ซึ่งลักษณะการดูดซับแบบนี้เหมือนกับการถูกดูดซับของสารประกอบพวก polybasic acid เช่น phosphate หรือพวก carbonate ที่เกิดกับผิวดิน และลักษณะการดูดซับ

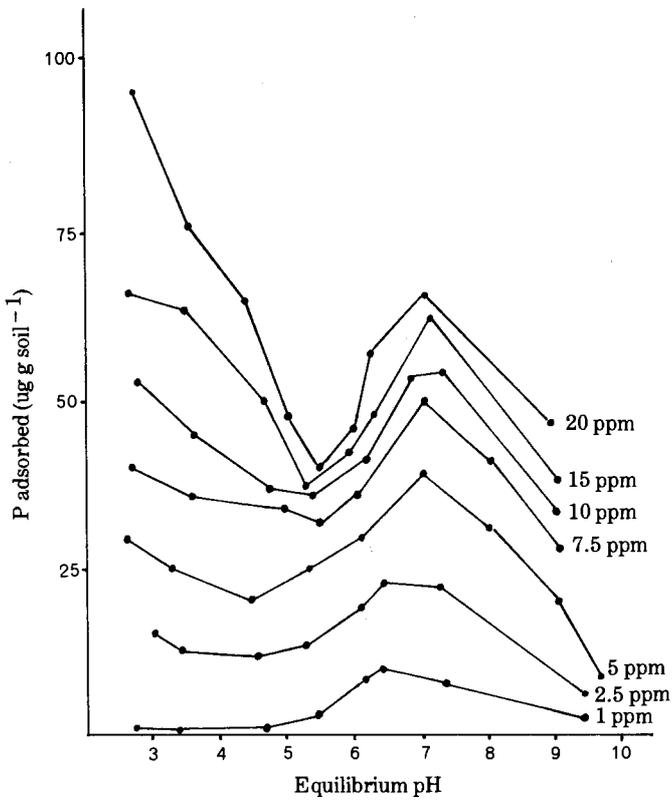
แบบนี้จะยิ่งเห็นอย่างเด่นชัด ถ้าสารประกอบเหล่านั้นเกิดการดูดซับกับสารประกอบพวก amorphous เช่น allophane หรือ Synthetic gel (Hingston et al., 1972) เพราะตามปกติแล้วถ้า pH ของดินสูงขึ้น ดินจะมีประจุลบมากกว่าประจุบวก ดังนั้น ประจุบวกจะต้องลดลงตามการเพิ่มขึ้นของ pH จึงเป็นผลให้ผิวดินมีประจุลบมากตามไปด้วย การดูดซับฟอสเฟตของดินจึงลดลง

จากการศึกษาการดูดซับฟอสเฟตของดินชนิดนี้ พบว่า ถ้าความเข้มข้นของฟอสเฟตสูง (มากกว่า 15 ส่วนในล้านส่วน) การดูดซับฟอสเฟตจะสูงขึ้นถ้า pH ของดินลดลง และตามที่ได้กล่าวมาแล้ว เนื่องจากดิน FWA เป็นดินที่มีลักษณะโครงสร้างและส่วนประกอบที่ไม่แน่นอน ประกอบด้วยแร่ดินเหนียวหลายชนิด จึงทำให้แตกตัวได้ง่ายโดยเฉพาะเมื่อ pH เป็นกรด ทำให้อณูภาคดินมี broken edge ซึ่งฟอสเฟตสามารถที่จะทำปฏิกิริยาได้ ลักษณะเช่นนี้จะทำให้ฟอสเฟตดูดซับได้มากขึ้น

การดูดซับฟอสเฟตของดิน RBL (ภาพที่ 6) ซึ่งพบว่า สามารถดูดซับฟอสเฟตได้น้อยกว่าดิน ASS และ Grumusols มาก นอกจากนี้ pH ของสารละลายดินยังไม่ส่งผลต่อการดูดซับฟอสเฟตของดินเลย จาก titration curve ที่แสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 6 การดูดซับฟอสเฟตของดิน RBL ที่ pH และความเข้มข้นของฟอสเฟตต่าง ๆ กัน



ภาพที่ 7 การดูดซับฟอสเฟตของดิน NCB ที่ pH และความเข้มข้นของฟอสเฟตต่าง ๆ กัน

แสดงให้เห็นว่าโครงสร้างของดิน RBL จะจับตัวกันดีและคงทนไม่แตกตัวง่ายเหมือนดิน FWA และถึงแม้ว่าดิน RBL จะประกอบด้วยเหล็กประมาณ 8% แต่เหล็กในดินนี้ไม่มีอิทธิพลต่อการดูดซับฟอสเฟต ซึ่ง Syers et al. (1971) ศึกษาดินของประเทศบราซิลและพบว่า การดูดซับฟอสเฟตของดินมีสหสัมพันธ์กับปริมาณอะลูมิเนียมในดินดีกว่าปริมาณเหล็ก นอกจากนี้ Udo and Uzu (1972) ศึกษาดินเขตร้อนและรายงานผลเช่นเดียวคือ อะลูมิเนียมในดินมีความสำคัญต่อการดูดซับฟอสเฟตของดินดีกว่าเหล็ก อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาที่พบว่าถ้าความเข้มข้นของฟอสเฟตที่ใส่ให้กับดินสูงมาก ๆ จะพบว่า การดูดซับฟอสเฟตสูงสุดที่ช่วง pH ประมาณ 4 ซึ่งทั้งนี้อาจเกิดจากเหล็กจะรวมตัวกับฟอสเฟตเป็นสารประกอบเหล็กฟอสเฟตขึ้น ผลของการศึกษาพอจะสรุปว่า การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสให้กับดินนี้จะไม่เกิดปัญหาในเรื่องการดูดซับฟอสฟอรัส

ดิน NCB จะพบช่วง pH ที่เหมาะแก่การดูดซับฟอสเฟตประมาณ 7 (ภาพที่ 7) ทั้งนี้อาจเกิดจากฟอสเฟตจะรวมตัวกับแคลเซียมได้สารประกอบของแคลเซียมฟอสเฟต เช่น พวก brushite แต่ในช่วง pH ต่ำ จะพบการดูดซับฟอสเฟตสูงขึ้น

ตารางที่ 2 ค่าการดูดซับฟอสเฟตสูงสุดของดินทั้ง 5 ชุด ที่ pH ของสารละลายดินต่าง ๆ กัน (ส่วนในล้านส่วน)

pH ของสารละลายดิน	Grumusols	ASS	FWAS	RBLS	NCBS
	ppm				
3		1077.5			
3.5					
4.0		1157.0	501.5	186.5	166.7
4.5	707.0				
5	757.5	1567.5	420.0	141.0	72.5
5.5					46.9
6	647.5	1220.5	342.5	116.5	51.6
6.5					
7	795.5	1051.0	308.5	128.3	72.6
7.5	838.0			115.0	
8	1012.5	955.5	292.5		68.2
8.5					
9		822.5			61.9

อย่างไรก็ตาม การดูดซับฟอสเฟตของดินนี้เกิดน้อยพอ ๆ กับดิน RBL ฉะนั้นจะไม่เกิดปัญหาในการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสสำหรับดินนี้เช่นกัน

ค่าการดูดซับฟอสเฟตสูงสุด (Phosphate adsorption maximum)

ค่าการดูดซับฟอสเฟตสูงสุดของแต่ละดินคำนวณโดยใช้ทฤษฎีของ Langmuir (ตารางที่ 2) ซึ่งจะพบว่าดิน ASS มีความสามารถในการดูดซับฟอสเฟตสูงที่สุด รองลงมา คือดิน Grumusols, FWA, RBL และ NCB ตามลำดับ และการดูดซับฟอสเฟตสูงสุดของดิน ASS พบที่ pH ของดินประมาณ 5 ดิน grumusols เกิดที่ pH ประมาณ 8 ส่วนอีก 3 ชุดจะเกิดที่ pH ประมาณ 4 แต่อย่างไรก็ตาม ในดิน RBL และ NCB นั้น ค่าการดูดซับฟอสเฟตสูงสุดค่อนข้างต่ำ จึงเป็นดินที่ไม่เกิดปัญหาในการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสดังกล่าวมาแล้ว

สรุปผลการทดลอง

การศึกษากการดูดซับฟอสเฟตในดินชุดต่าง ๆ นี้พบว่า การดูดซับฟอสเฟตจะเพิ่มตามค่า pH ของดิน ซึ่งเป็นช่วงที่ดิน

มีค่า buffer intensity สูงที่สุด ดังนั้น การดูดตรึงฟอสเฟต จึงขึ้นกับส่วนประกอบต่าง ๆ ของดินที่มีผลต่อการปลดปล่อย ประจุบวกและลบให้กับดินนั้น ๆ ในดิน Grumusols การดูดตรึง ฟอสเฟตสูงเนื่องจากฟอสเฟตตกตะกอนกับแคลเซียมในดิน ซึ่งการตกตะกอนจะเกิดที่ pH สูงกว่า 6 และความเข้มข้นของ ฟอสเฟตสูงกว่า 75 ส่วนในล้านส่วน สำหรับดิน ASS เกิดการ ดูดตรึงฟอสเฟตสูงสุดที่ pH ประมาณ 5 เนื่องจากฟอสเฟต จะทำปฏิกิริยากับพวก hydroxy-aluminum การใส่ปุ๋ยฟอสเฟต สำหรับดินนี้จึงควรใช้ rock phosphate ที่มีปริมาณแคลเซียม สูง ๆ ส่วนดิน FWA การดูดตรึงฟอสเฟตเกิดที่ pH ดินต่ำ เนื่องจากดินนี้จะเกิดการแตกตัวในสภาพเป็นกรด สำหรับอีก 2 ชุดดิน คือ RBL และ FWA นั้น ดูดตรึงฟอสเฟตน้อยมาก และแม้แต่เหล็กในดิน RBL ก็ไม่มีอิทธิพลต่อการดูดตรึงฟอสเฟต เลย ดังนั้น ทั้งสองชุดดินนี้จึงไม่มีปัญหาต่อการใส่ปุ๋ยฟอสเฟต

เอกสารอ้างอิง

- Hingston, F.J., A.M. Posner and J.P. Quirle. 1972. Anion adsorption by goethite and gibbsite. I The role of the proton in determining adsorption envelopes. *J. Soil Sci.* 23 : 177-192.
- Inoue, T., P. Chongpraditnant., P. Morakul., S. Phetchawee and W. Cholitkul 1982. Potentiometric titration of some upland soils in Thailand. *JARQ* 15 No. 4 : 186-290.
- Linsay, W.L., J.R. Lehr and H.F. Stephenson. 1959. Nature of the reactions of mono calcium phosphate monohydrate in soils. III Studies with metastable triple-point solution. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 23 : 342-345.
- Olsen, S.R. and F.B. Watanabe. 1957. A method to determine a phosphorus adsorption maximum of soils as measured by the Langmuir isotherm. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 21 : 144-149.
- Shapiro, R.E. and M. Fried. 1959. Relative release and retentiveness of soil phosphate. *Soil Sci. Soc. Proc.* 23 : 195-199.
- Syers, J.K., T.D. Evans., J.D.H. William and J.T. Murdock. 1971. Phosphate sorption parameters of representative soil from Rio Grande Do Sul, Brazil. *Soil Sci.* 122 : 267-275.
- Udo, E.J. and F.O. Uzu. 1972. Characteristics of phosphorus adsorption by some Nigerian soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 36 : 877-883.

Phosphate Adsorption Characteristics in Five Major Soils Groups

By

Prapit Sangtong, Nilprapai Chuntanaparb and Wisit Cholitkul

Division of Soil Science, Department of Agriculture, Bangkokhen, Bangkok, Thailand 10900

ABSTRACT

Phosphate adsorption was investigated over the pH range 3-9 and at various equilibrium phosphate concentrations in five major soils groups; Brackish Water Alluvial soils (BWA) (Acid Sulphate), Fresh Water Alluvial soils (FWA), Reddish Brown Lateritic soil (RBL), Grumusols and, Noncalcic Brown soils (NCB).

Phosphate adsorption in the BWA reached a maximum at about pH 5 and was associated with the formation of a surface chelating compound with hydroxy-aluminium, with increased phosphate concentration there was a marked increase in adsorption. In the Grumusols which have a high level of calcium carbonate, the phosphate precipitated out as calcium phosphate; increased phosphate levels resulted in an increased level of precipitation. In the FWA soil group phosphate adsorption was at a maximum at about pH 4 and decreased with increasing pH. In the remaining two soils groups, RBL and NCB, the level of phosphate adsorption was generally low and reached a maximum at about pH 4.
