

วารสารเกษตร 8(3) : 236-242 (2535)

Journal of Agriculture 8(3) : 236-242 (1992)

อิทธิพลของความชื้นและเวลาต่อการเปลี่ยนแปลงของฟอสเฟตที่ถูกตรึง ในดินชุดสันทราย

สุพจน์ โตตะกู¹, นาวรัตน์ ทพสุวรรณ¹ และ กนกพันธ์ พันธุสมบัติ¹

THE EFFECTS OF MOISTURE AND TIME UPON THE TRANSFORMATION OF FIXED PHOSPHATES IN SAN SAI SOIL SERIES

Suphot Totrakool¹, Nawarat Thepsuwan¹ and Kanokpan Pansombat¹

ABSTRACT : San sai soil series which textural class ranges from sandy loam to sandy clay loam, was formally both limed and fertilized. Clay phosphates and ferric-aluminium phosphates were proved to be the principal sources of phosphates supplied to plant. Calcium phosphates were not a source of phosphates to plant. The result of this experiment also implied that the formation constant of ferric-aluminium phosphates might be greater than that of clay phosphates. The moisture levels have no significant effect on the transformation among phosphate forms but the time does.

บทคัดย่อ : งานวิจัยนี้ทำในดินชุดสันทรายซึ่งมีเนื้อดินอยู่ระหว่าง Sandy loam ถึง Sandy clay loam ผลการทดลองยืนยันว่าแหล่งที่เป็นหลักในการให้ฟอสเฟตกับพืชในดินชุดสันทรายมาจากแคลเซียมฟอสเฟตและเหล็ก-อลูมิเนียมฟอสเฟต ไม่ใช่มาจากแคลเซียมฟอสเฟต นอกจากนี้ปรากฏการณ์จากการทดลองยังชี้ให้เห็นว่าการรวมกันเกิดเป็นเหล็ก-อลูมิเนียมฟอสเฟตค่อนข้างจะมีความแข็งแรงมากกว่าการรวมกันเป็นแคลเซียมฟอสเฟต สำหรับปัจจัยที่ทดสอบพบว่าระดับความชื้นไม่มีผลต่อการเปลี่ยนฟอสเฟตในรูปต่างๆ แต่เวลามีผลทำให้ฟอสเฟตเปลี่ยนรูปไป.

บทนำ

ฟอสฟอรัส เป็นธาตุหนึ่งที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยเฉพาะพืชพวกหัวหรือเมล็ด ดังนั้นจึงมักมีการใส่ปุ๋ยที่ให้ธาตุฟอสฟอรัสแก่พืชเสมอ แต่ในขณะเดียวกันก็เป็นที่น่าทราบดี

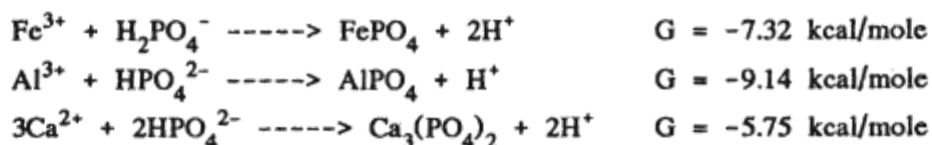
¹ ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษ์ดินศาสตร์, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50002.

¹ Department of Soil Science and Conservation, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50002, Thailand.

ว่าธาตุฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไปในดินนั้นจะถูกตรึงโดยขบวนการต่างๆ ในดิน ทำให้คิดว่าธาตุฟอสฟอรัสที่เติมลงไปในดินนั้นจะเป็นประโยชน์แก่พืชได้น้อย จึงได้มีการหาเทคนิคในการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพื่อที่จะให้ฟอสฟอรัสเป็นประโยชน์แก่พืชมากที่สุด ซึ่งทำให้เราได้ทราบถึงการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในรูปแบบเม็ด พร้อมทั้งการใส่เป็นแถบและการแบ่งใส่หลายๆ ครั้งทั้งนี้ก็ด้วยเหตุผลที่ว่าเพื่อลดการตรึงฟอสฟอรัสของดิน.

การตรึงฟอสฟอรัสในดิน

ฟอสฟอรัสเมื่ออยู่ในสารละลายดินจะอยู่ในรูปอนุมูลฟอสเฟต เนื่องจากโดยทั่วไปแล้วอนุภาคดินจะมีประจุลบสุทธิ ดังนั้นจึงมีโอกาสน้อยมากที่อนุมูลฟอสเฟตจะถูกอนุภาคดินยึดไว้ในทางตรงกันข้ามอนุมูลฟอสเฟตน่าจะมีโอกาสถูกชะล้างสูญเสียไปจากชั้นดินเช่นเดียวกับอนุมูลคลอไรด์ แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากสารประกอบฟอสเฟตมีกละลายน้ำได้น้อยดังนั้น อนุมูลฟอสเฟตจึงสามารถเกิดปฏิกิริยากับประจุบวกต่างๆ ในดินเกิดเป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำ (Bolt and Bruggenwert, 1978; Hsu, 1965; Kelly and Midgley, 1943; Kittrick and Jackson, 1955).



สารประกอบเหล็ก-ออลูมิเนียมฟอสเฟตเมื่อมีอายุมากขึ้น และมีสภาพแวดล้อม (ความชื้น) เหมาะสมก็จะเปลี่ยนแปลงเป็นแร่สเตรนจ์ไท์ ($\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) และวารีสไท์ ($\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ซึ่งการละลายน้ำยิ่งลดลง (Kardos, 1964) นั่นก็หมายความว่าอนุมูลฟอสเฟตจะถูกตรึงสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น นอกจากนี้แล้วอนุมูลฟอสเฟตที่อาจถูกดูดซับโดยประจุไฟฟ้าตรงกันข้ามไว้บนผิวเคลย์ ซึ่งในระยะเวลาอันเข้าก็จะกลายเป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งของโครงสร้างของเคลย์ โดยการอยู่แทนตำแหน่งกลุ่มไฮดรอกซิลหรือกลุ่มซิลิเกตของโครงสร้างของเคลย์ ผลสุดท้ายอนุมูลฟอสเฟตที่ถูกดูดซับไว้บนผิวเคลย์ก็จะถูกตรึงไว้โดยปริยายนั่นเอง จากปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเหล่านี้จึงสันนิษฐานว่าอนุมูลฟอสเฟตในดินนั้นถึงจะมีอยู่ ก็ยากต่อการที่พืชจะนำไปใช้ได้ แต่การเปลี่ยนแปลงสมดุลย์ไดนามิกในดินนั้นจะมีผลทำให้อนุมูลฟอสเฟตที่ถูกตรึงไว้นี้ปลดปล่อยฟอสเฟตออกมาให้แก่พืชได้.

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองได้ใช้ดินชุดสันทรายในแปลงทดลองของโครงการศูนย์วิจัยเพิ่มผลผลิตทางเกษตร โดยการทดลองวางแผนแบบ Randomized Complete Block Design กระทำ 3 ซ้ำ

แบ่งการควบคุมระดับความชื้นในแปลงออกเป็น 4 ระดับ คือ ระดับ Field capacity, 80% ของ FC, 60% ของ FC และ 40% ของ FC ปลุกข้าวโพดหวานบนแปลง เก็บตัวอย่างดินและพืช ทุก 30 วัน.

ก่อนเริ่มการทดลองเก็บตัวอย่างดินทำการวิเคราะห์หา พีเอช โดยใช้หีเอชมิเตอร์โดยใช้อัตรา ส่วนของดินต่อน้ำ = 1 : 1, อินทรีย์วัตถุ โดยวิธีของ Walkley-Black, ฟอสฟอรัสโดยวิธีการด ฟอสโฟโมลิบดิกด้วยใช้สารละลาย Bray#2 เป็นสารสกัด, โปแตสเซียมโดยวิธี Flame Emission Spectrophotometry โดยใช้สารละลายแอมโมเนียมอะซิเตท 1 นอร์มอลเป็นสารสกัด เนื่องจากดิน มีความเป็นกรด-ด่างอยู่ในขั้นพอดี กล่าวคือประมาณ 6.5 ดังนั้นจึงมิได้มีการปรับพีเอชของดิน แต่อย่างใด นอกจากนั้นแล้วดินยังมีฟอสฟอรัสและโปแตสเซียมที่สกัดได้โดยเฉลี่ยประมาณ 84 และ 106 ppm. ตามลำดับ ซึ่งถือว่าระดับธาตุอาหารทั้งสองเพียงพอต่อการเติบโตของพืชอยู่แล้วจึง ไม่ต้องเติมปุ๋ยเพื่อให้ธาตุทั้งสองลงไปอีก เพียงแต่ให้ธาตุไนโตรเจนแก่พืชในอัตรา 1.28 กก.ต่อไร่.

ปริมาณของเหล็ก-อลูมิเนียมฟอสเฟตหาโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 โมลาร์, แคลเซียมฟอสเฟตหาโดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.1 โมลาร์แคล์ฟอสเฟตหาโดยใช้ ผลต่างของการสกัดระหว่างสารละลายกรดซัลฟูริก 0.1 โมลาร์ กับกรดไฮโดรคลอริก 0.1 โมลาร์ สำหรับโมโนแคลเซียมฟอสเฟตโดยสารละลายโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต 0.1 โมลาร์ (โคตระกุล, 2526).

ผลการทดลองและวิจารณ์

เหล็ก-อลูมิเนียมฟอสเฟต : การควบคุมระดับความชื้นไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง รูปของเหล็ก-อลูมิเนียมฟอสเฟตแต่อย่างใด แต่เวลานั้นจะมีผลอย่างชัดเจนต่อการเปลี่ยนแปลงของ ฟอสเฟตรูปนี้ โดยที่ปริมาณของฟอสเฟตชนิดนี้จะเพิ่มขึ้นในระยะ 30 วันแรก และหลังจากนั้นก็ จะลดลงเรื่อยๆ จนเมื่อระยะเก็บเกี่ยวข้าวโพด (90 วันหลังจากปลูก) ปริมาณฟอสเฟตชนิดนี้จะ ลดลงต่ำกว่าระดับแรกเริ่ม ซึ่งปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้นเช่นเดียวกันทุกๆระดับความชื้น ไม่ปรากฏ ว่ามีผลตอบสนองร่วมที่เด่นชัดระหว่างระดับความชื้นกับเวลาแต่อย่างใด ดังแสดงไว้ในรูปที่ 1.

แคลเซียมฟอสเฟต : ระดับความชื้นไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของฟอสเฟตนี้อย่าง มีนัยสำคัญแต่อย่างใด สำหรับเวลานั้นมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อเฉพาะโมโนแคลเซียมฟอสเฟตแต่กลับ ปรากฏว่าไม่มีผลอย่างใดต่อรูปรวมของแคลเซียมฟอสเฟต ซึ่งน่าจะเป็นไปได้ว่าเป็นเพียงการเปลี่ยน แปลงไปมาระหว่างรูปของแคลเซียมฟอสเฟตทั้งสามรูปเท่านั้น ดังนั้นถึงแม้ว่าโมโนแคลเซียม ฟอสเฟตจะเป็นรูปที่ละลายน้ำได้ค่อนข้างดีก็ตาม แต่เมื่อปริมาณรวมของแคลเซียมฟอสเฟตไม่ได้ลด ลงแล้ว การเปลี่ยนแปลงปริมาณโมโนแคลเซียมฟอสเฟตนั้นจึงไม่อาจใช้เป็นดัชนีแสดงถึงปริมาณ ศักยภาพสำรองฟอสเฟตของดินแก่พืชได้ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2 และ 3 ตามลำดับ.

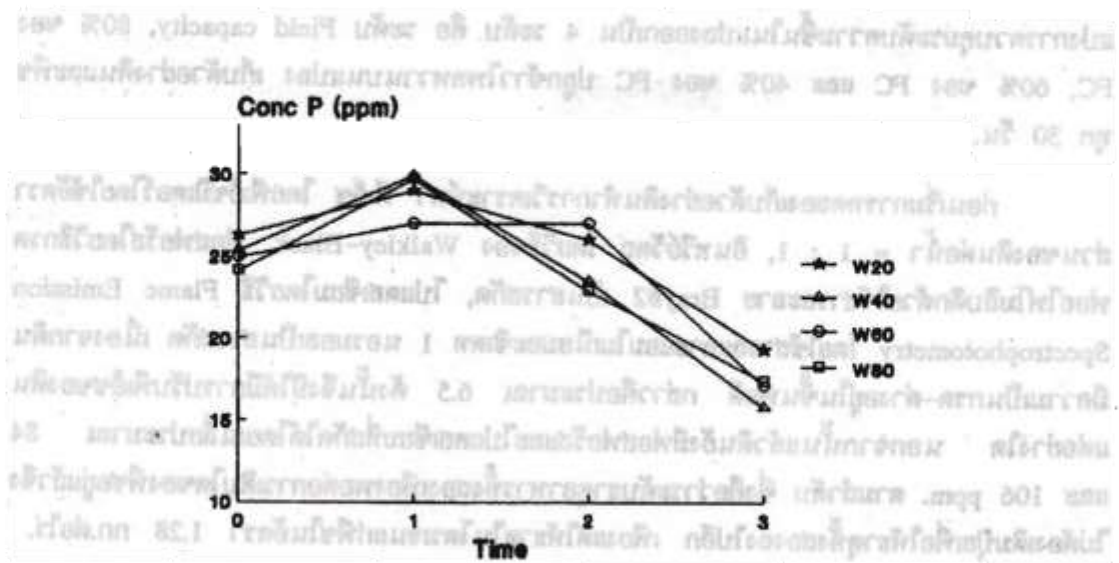


Figure 1. The relationship between ferrie-alminium phosphates and time.

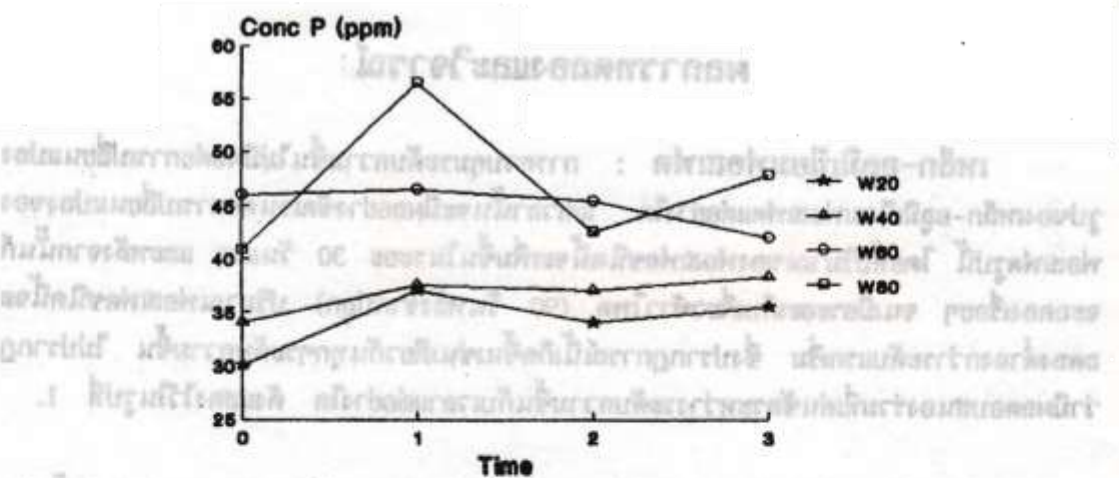


Figure 2. The relationship between calcium phosphates and time.

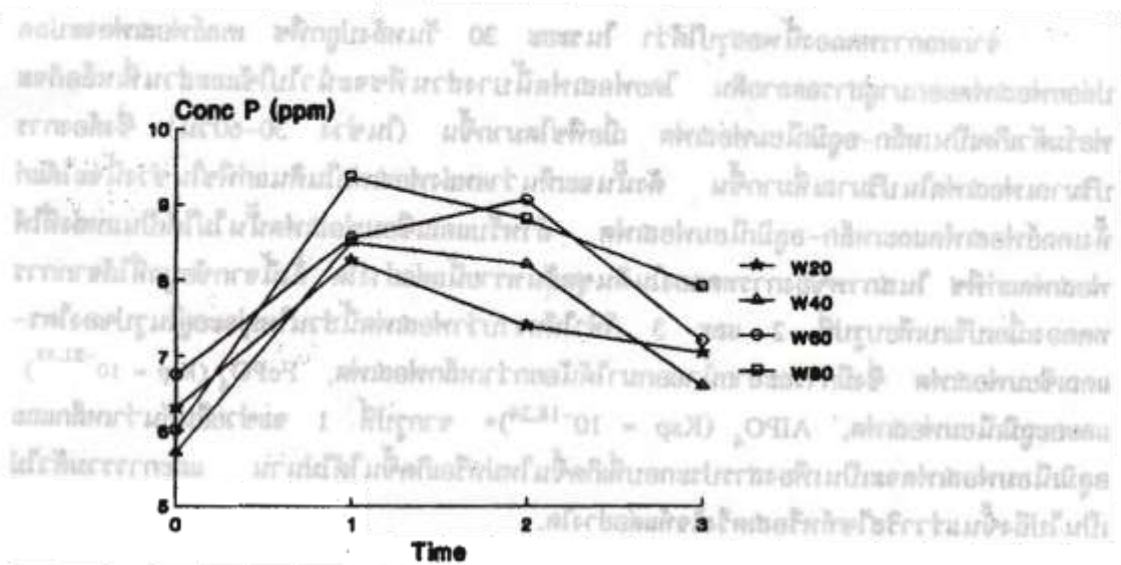


Figure 3. The relationship between monocalcium phosphates and time.

เคลย์ฟอสเฟต : ระดับความชื้นไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปของฟอสเฟตนี้ แต่เวลา มีผลอย่างมีนัยสำคัญยิ่งต่อการเปลี่ยนแปลงรูปของฟอสเฟตนี้ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.

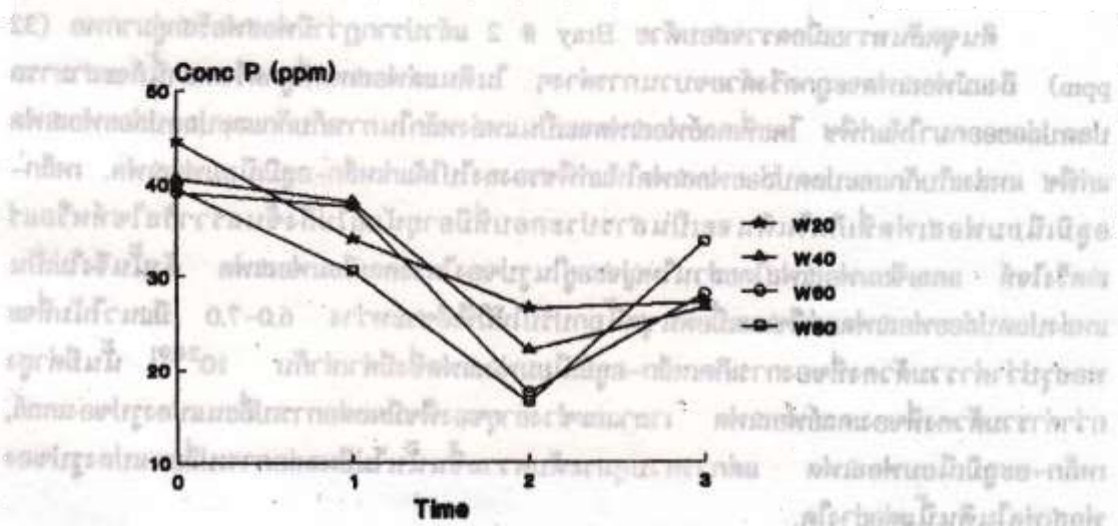


Figure 4. The relationship between clay phosphates and time.

จะเห็นว่าปริมาณเคลย์ฟอสเฟตจะเริ่มลดลงเรื่อยๆ และลดลงจนถึงจุดต่ำสุดที่ 60 วันหลังปลูก หลังจากนั้นปริมาณจึงเพิ่มสูงขึ้น.

จากผลการทดลองนี้พอสรุปได้ว่า ในระยะ 30 วันหลังปลูกพืช เคลย์ฟอสเฟตจะปลดปล่อยฟอสเฟตออกมาสู่สารละลายดิน โดยฟอสเฟตนี้บางส่วนพืชจะนำไปใช้และส่วนที่เหลือก็จะพอร์มตัวเกิดเป็นเหล็ก-อลูมิเนียมฟอสเฟต เมื่อพืชโตมากขึ้น (ในช่วง 30-60 วัน) ซึ่งต้องการปริมาณฟอสเฟตในปริมาณที่มากขึ้น ดังนั้นจะเห็นว่าแหล่งฟอสเฟตในดินแก่พืชในช่วงนี้จะได้แก่ทั้งเคลย์ฟอสเฟตและเหล็ก-อลูมิเนียมฟอสเฟต สำหรับแคลเซียมฟอสเฟตนั้นไม่ได้เป็นแหล่งที่ให้ฟอสเฟตแก่พืช ในสภาพของการทดลองในดินชุดสันทรายนี้แต่อย่างใด ทั้งนี้จากข้อมูลที่ได้จากการทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับรูปที่ 2 และ 3 ก็ทำให้ทราบว่าฟอสเฟตนี้ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของไตรแคลเซียมฟอสเฟต ซึ่งมีการละลายน้ำออกมาได้น้อยกว่าเหล็กฟอสเฟต, FePO_4 ($K_{sp} = 10^{-21.89}$) และอะลูมิเนียมฟอสเฟต, AlPO_4 ($K_{sp} = 10^{-18.24}$)* จากรูปที่ 1 จะช่วยยืนยันว่าเหล็กและอลูมิเนียมฟอสเฟตจะเป็นเพียงสารประกอบที่เกิดขึ้นใหม่หรือเกิดขึ้นได้ไม่นาน และการรวมตัวไม่เป็นไปถึงขั้นแร่วาไรไซต์หรือสเตร็งไจท์แต่อย่างใด.

แหล่งปลดปล่อยฟอสเฟตหลักของดินชุดสันทรายซึ่งมีเนื้อ Sandy loam-Sandy clay loam นี้ น่าจะมาจากฟอสเฟตที่แทนที่กลุ่มไฮดรอกซิลมากกว่ากลุ่มซิลิเกตบนผิวเคลย์ทั้งนี้เนื่องจากง่ายต่อการปลดปล่อยได้มากกว่า.

สรุป

ดินชุดสันทรายเมื่อตรวจสอบด้วย Bray # 2 แล้วปรากฏว่ามีฟอสฟอรัสอยู่มากพอ (32 ppm) ถึงแม้ฟอสเฟตจะถูกตรึงด้วยขบวนการต่างๆ ในดินแต่ฟอสเฟตที่ถูกตรึงเหล่านี้ก็จะสามารถปลดปล่อยออกมาให้แก่พืช โดยที่เคลย์ฟอสเฟตจะเป็นแหล่งหลักในการเก็บกักและปลดปล่อยฟอสเฟตแก่พืช แหล่งเก็บกักและปลดปล่อยฟอสเฟตให้แก่พืชรองลงไปได้แก่เหล็ก-อลูมิเนียมฟอสเฟต. เหล็ก-อลูมิเนียมฟอสเฟตที่เกิดขึ้นในดิน จะเป็นสารประกอบที่มีอายุน้อยไม่ถึงขั้นแร่วาไรไซต์หรือแร่สเตร็งไจท์ แคลเซียมฟอสเฟตโดยส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของไตรแคลเซียมฟอสเฟต ดังนั้นจึงไม่เป็นแหล่งปลดปล่อยฟอสเฟตแก่พืชเลยเมื่อดินชุดนี้ถูกปรับให้มีพีเอชระหว่าง 6.0-7.0 มีแนวโน้มที่จะพอสรุปว่าค่ารวมตัวคงที่ของการเกิดเหล็ก-อลูมิเนียมฟอสเฟตซึ่งมีค่าเท่ากับ $10^{24.91}$ นั้นมีค่าสูงกว่าค่ารวมตัวคงที่ของเคลย์ฟอสเฟต เวลาและช่วงอายุของพืชมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปของเคลย์, เหล็ก-อะลูมิเนียมฟอสเฟต แต่การควบคุมระดับความชื้นนั้น ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปของฟอสเฟตในดินนี้แต่อย่างใด.

* ไตรแคลเซียมฟอสเฟตมีค่า $K_{sp} = 10^{-28.7}$ วาไรไซต์ $\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ มีค่า $K_{sp} = 10^{-30.5}$ และสเตร็งไจท์ $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ มีค่า $K_{sp} = 10^{-34.9}$ (Bolt and Bruggenwert, 1978).

เอกสารอ้างอิง

- โคตรมฤต, สุพรรณ. (2526). หลักการของปฐพีเคมีควาห์. สำนักพิมพ์โอเดียน กรุงเทพฯ.
- Bolt, G.H. and Bruggenwert, M.G.M. (1978). Soil Chemistry. A Basic Elements. 2nd Ed. Elsevier Scientific Publishing Com. Amsterdam.
- Ghani, M.O. and Islam, M.A. (1946). Phosphate Fixation in Acid Soils and Its Machanism. Soil Science. 62:293-306.
- Hsu, P.H. (1965). Fixation of Phosphate by Aluminium and Iron in Acidic Soils. Soil Science. 99:398-402.
- Kardos, L.T. (1964). Soil Fixation of Plant Nutrients. Chapter 9 in Chemistry of the Soil. Edited by F.E. Bear. Van Nostrand Reinhold Com. New York.
- Kelly, J.B. and Midgley, A.R. (1943). Phosphate Fixation : An Exchange of Phosphate and Hydroxyl Ions. Soil Science 55:167-176.
- Kittrick, J.A. and Jackson, M.L. (1955). Rate of Phosphate Reaction with Soil Minerals and Electron Microscope Observations on the Reaction Mechanism. SSSAP. 19, 292-295.
- Lindsay, W.L. (1979). Chemical Equilibrium in Soils. A Wiley-Inter science Publication.
- Swenson, R.M., Cole, C.V. and Sieling, D.H. (1949). Fixation of Phosphate by Iron and Aluminum and Replacement by Organic and Inorganic Ions, Soil Science 67:3-22.