การตรวจเอกสาร

ความสัมพันธ์ของธาตุอาหารฟอสฟอรัสกับการผลิตพืช

ธาตุอาหารฟอสฟอรัส มีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมการเจริญเติบโต ความแข็งแรง และการให้ผลผลิตของพืช ในกรณีที่พืชได้รับธาตุอาหารฟอสฟอรัสไม่เพียงพอกับความต้องการ จะทำให้พืชมีการเจริญเติบโตที่ผิดปกติ กล่าวคือ พืชจะมีการเจริญเติบโตลดลง ต้นแคระแกร็น ใบมีขนาดเล็กผิดปกติ ใบล่างจะมีสีม่วง การออกดอกของพืชจะช้ากว่าปกติ และให้ผลผลิตจะต่ำ (Thompson and Trooh, 1975) ปริมาณความต้องการฟอสฟอรัสของพืชแต่ละชนิดจะแตกต่างกันไป สำหรับการผลิตข้าวโพดที่ให้ผลผลิต 600 กก./ไร่ จะมีการดูดใช้ฟอสฟอรัส 2.24 กก.P ต่อไร่ (กรมวิชาการเกษตร, 2524) Karlen et al.(1987) ทำการศึกษาปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสในข้าวโพด พบว่า การผลิตข้าวโพดเพื่อให้ได้ผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 10.9 ถึง 13.4 ตันต่อเฮกตาร์ พืชจะมีการดูดใช้ฟอสฟอรัสถึง 37 ถึง 58 กก.P ต่อเฮกตาร์ การปลูกข้าวโพดในดินร่วนเหนียวปนทรายจะได้ผลผลิตสูงสุดเมื่อใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตรา 20 กก.P ต่อเฮกตาร์ (Hooker et al., 1983) ในขณะที่ Casanova (1982) ทำการทดลองในเวเนซุเอลาพบว่า การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตโดยวิธีหว่านในอัตรา 60 กก.P_2O_5 ต่อเฮกตาร์ จะให้ผลผลิตข้าวโพดสูงสุดถึง 5933 กก.ต่อเฮกตาร์

ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสที่มีต่อพืชจะสูงเมื่อดินมีปฏิกริยาเป็นกรดอ่อนถึงกรดปานกลาง Chen and Barber(1990) ได้ทำการทดลองในดิน Typic Haplaquolls โดยการปลูกข้าวโพดในกระถาง พบว่าปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสในข้าวโพดขณะอายุ 125 วัน มีปริมาณ 200 ถึง 270 ไมโครโมล ต่อกระถาง เมื่อดินมีค่า pH 4.7 ถึง 6.5 ในขณะที่ปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสจะลดลงเหลือเท่ากับ 42 , 36 และ 26 ไมโครโมล ต่อ กระถางเมื่อดินมีค่า pH 3.8, 7.6 และ 8.3 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และได้กล่าวอธิบายว่าเนื่องจากในสภาพที่เป็นกรด ฟอสฟอรัสจะอยู่ในรูป H_2PO_4 เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งพืชจะสามารถดูดใช้ประโยชน์ได้ง่ายและเร็วกว่าฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูป HPO_4 ซึ่งจะปรากฏอยู่มากในสภาวะที่เป็นเบส Loneragan and Asher (1967) ทำการศึกษาถึงการตอบสนองของพืชชนิดต่าง ๆที่ปลูกในสารละลายต่อปริมาณฟอสฟอรัส พบว่า พืชจะแสดงอาการขาดธาตุฟอสฟอรัสเมื่อมีอัตราการดูดใช้ฟอสฟอรัสน้อยกว่า 1 μg-atom/น้ำหนักราก 1 กรัม/วัน หรือมีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในพืชน้อยกว่า 0.2 เปอร์เซ็นต์ ระดับความชื้นในดินมีอิทธิพลต่อปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสของพืช ซึ่งเป็นผลมาจากการเจริญเติบโตของรากพืชและอัตราการดูดฟอสฟอรัสของราก Mackay and Barber (1985) ทำการทดลองในดิน Typic Haplaquolls โดยปลูกข้าวโพดในกระถางที่ดินมีระดับความชื้นต่าง ๆ กัน พบว่า เมื่อระดับความชื้นในดินเพิ่มขึ้นจาก 22 เป็น 27 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสในพืชจะเพิ่มขึ้นประมาณ 55 ถึง 70 เปอร์เซ็นต์ และความยาวของรากเพิ่มขึ้น 41 ถึง 52 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ ความเป็นประโยชน์ของปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ใส่ในดิน ยังขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวสัมผัสของรากพืชกับปุ๋ย Eghball and Sander(1989) ทำการศึกษาโดยการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสแก่ข้าวโพดที่ระยะห่างจากต้นพืชต่าง ๆ กัน พบว่า ในระยะแรกของการเจริญเติบโต ข้าวโพดจะใช้ประโยชน์จากปุ๋ยฟอสเฟตได้มากที่สุดเมื่อทำการใส่ปุ๋ยห่างจากต้นไม่เกิน 16 ซม. และในการเจริญเติบโตในระยะเวลาต่อมา ความเป็นประโยชน์ของปุ๋ยที่มีต่อข้าวโพดจะเพิ่มขึ้นตามปริมาตรของดินที่ได้รับอิทธิพลจากปุ๋ย (surface area of effected soil)

ความเป็นประโยชน์ของปุ๋ยฟอสเฟตที่มีต่อพืชจะผันแปรไปตามความสามารถในการดูดตรึงฟอสฟอรัสของดิน Kuo(1990) ได้ศึกษาเปรียบเทียบถึงปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสในข้าวโพดที่ปลูกในดินที่มีความสามารถในการดูดตรึงฟอสฟอรัสในระดับต่างกัน ซึ่งพบว่า ค่าฟอสฟอรัสดังกล่าวจะลดลงเมื่อดินมีการดูดตรึงฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า ค่าสัดส่วนของฟอสฟอรัสที่ถูกดูดตรึงในดินต่อความสามารถในการดูดตรึงฟอสฟอรัสทั้งหมดของดิน มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับความเข้มข้นและปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสของข้าวโพดอีกด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ฟอสฟอรัสจะมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต และการเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีระของพืชหลายรูปแบบ ผลการทดลองของ Zhang and Barber (1992) พบว่าปริมาณความหนาแน่นของรากข้าวโพดในบริเวณที่ได้รับปุ๋ยฟอสเฟตจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณที่ไม่ได้รับปุ๋ยฟอสเฟตเลย Back (1988) ทำการทดลองโดยใช้ Douglass fir (Pseudotsvga menziesii) เป็นพืชทดสอบ พบว่าปริมาณการดูดใช้คาร์บอนไดออกไซด์และอัตราการสังเคราะห์แสงของพืชจะลดลงเมื่อพืชได้รับฟอสฟอรัสไม่เพียงพอ โดยที่ปริมาณการดูดใช้คาร์บอนไดออกไซด์ และอัตราการสังเคราะห์แสงของพืชดังกล่าวจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบพืช

ปัจจัยที่มีผลต่อความเป็นประโยชน์ของหินฟอสเฟต

หินฟอสเฟตได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตพืชมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1856 (Pierre and Norman, 1953) หลังจากนั้นก็ได้มีการศึกษาค้นคว้าถึงวิธีการปรับปรุงคุณภาพของหินฟอสเฟต เพื่อให้มีประสิทธิภาพต่อพืชสูงขึ้นตลอดมา

โดยธรรมชาติแล้วหินฟอสเฟตจากแหล่งต่าง ๆ กัน จะมีความสามารถในการปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ในอัตรา และปริมาณที่ต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของหินฟอสเฟต และลักษณะของดินที่มีการใช้ปุ๋ยหินฟอสเฟต (Anderson et al., 1985; Chien et al., 1980)

ก. **คุณสมบัติของหินฟอสเฟต**

คุณสมบัติของหินฟอสเฟตจะมีอิทธิพลต่อการละลายของหินฟอสเฟตเป็นอย่างมาก จากทดลองของ Anderson et al. (1985) พบว่าการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจากหินฟอสเฟตมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับปริมาณการแทนที่ของอนุมูลคาร์บอเนตในหินฟอสเฟต นอกจากนี้ Chien (1977) ได้รายงานโดยใช้ข้อมูลทางเทอร์โมไดนามิคส์ ยืนยันว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การแทนที่แบบไอโซมอร์ฟิค (Isomorphic substitution) ของอนุมูลฟอสเฟต โดยอนุมูลคาร์บอเนตในหินฟอสเฟตที่อยู่ในรูปของคาร์บอเนตอะปาไทต์(carbonate apatite) และการแทนที่แบบไอโซมอร์ฟิคของอนุมูลฟอสเฟตโดยอนุมูลไฮดรอกซิลในหินฟอสเฟตที่อยู่ในรูปของไฮดรอกซีอะปาไทต์ (Hydroxy apatite) จะเพิ่มความว่องไวต่อปฏิกริยา กล่าวคือ ค่าพลังงานที่จะใช้ในปฏิกริยาสะเทินจะลดลง 5.1 กิโลแคลลอรี่ และ 14.8 กิโลแคลลอรี่ ทุก ๆ การแทนที่ของอนุมูลคาร์บอเนต และไฮดรอกซิล 1 โมลตามลำดับ

ชนิดของหินฟอสเฟตก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ชี้ให้เห็นถึงความสามารถในการละลายของหินฟอสเฟต Lindsay and Moreno (1960) รายงานถึงค่าคงที่ในการแตกตัว (pK) ของฟลูออออะปาไทต์ (Fluorapatite) มีค่าเท่ากับ 118.4 ในขณะที่ไฮดรอกซี-อะปาไทต์มีค่า pK เท่ากับ 113.7 ซึ่งแสดงว่า ความสามารถในการละลายของฟลูออ-อะปาไทต์มีน้อยกว่า ไฮดรอกซีอะปาไทต์ ส่วนแร่ฟอสเฟตพวกวาริสไซต์และสเตรนไจต์ ซึ่งละลายได้ดีกว่าจะมีค่า pK ประมาณ 30-35

เนื่องจากการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจากหินฟอสเฟตส่วนใหญ่ เกิดจากการทำปฏิกริยาบริเวณพื้นผิวของหินฟอสเฟต ดังนั้นขนาดของอนุภาคหินฟอสเฟตจึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืช จากผลการทดลองของ Wilson and Ellis (1984) พบว่าการละลายได้ของหินฟอสเฟตจะเพิ่มขึ้นตามพื้นที่ผิวที่เพิ่มขึ้น Hammond et al.(1989) รายงานว่าหินฟอสเฟตจะเป็นประโยชน์ต่อพืชเพิ่มขึ้นเมื่อหินฟอสเฟตมีขนาดเล็กลง และได้แนะนำขนาดของหินฟอสเฟตบดที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นปุ๋ยสำหรับพืชโดยตรงว่าควรมีขนาดไม่ใหญ่กว่า 100 เมช

ข. คุณสมบัติของดินที่มีอิทธิพลต่อความเป็นประโยชน์ของหินฟอสเฟต

ปฏิกริยาดิน (pH) หินฟอสเฟตจะละลายได้ดีในดินที่มีสภาพเป็นกรด ทั้งนี้เพราะ $Ca_3(PO_4)_2$ ในสินแร่หินฟอสเฟตทำปฏิกริยากับกรดคาร์บอนิค (H_2CO_3) และเกิดเป็นโมโนแคลเซียมฟอสเฟต[$Ca(H_2PO_4)_2$] ซึ่งเป็นรูปของฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ง่าย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดังสมการเคมีที่ 1

$$Ca_3(PO_4)_2 + 2\ H_2CO_3 \text{ -------> } Ca(H_2PO_4)_2 + 2\ CaCO_3 \quad .....(1)$$

ในกรณีที่หินฟอสเฟตเป็นพวกไฮดรอกซี่อะปาไทต์ หินฟอสเฟตก็จะทำปฏิกริยากับไฮโดรเจนอิออน ดังสมการเคมีที่ 2

$$Ca_{10}(OH)_2(PO_4)_6 + 20\ H^+ \text{ ----> } 10\ Ca^{2+} + 2\ H_2O + 6\ H_3PO_4 \quad ...(2)$$

Ellis et al.(1955) ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของหินฟอสเฟตภายใต้สภาพของดินที่มี pH ต่าง ๆ โดยใช้ข้าวโอ๊ตเป็นพืชทดสอบ พบว่า ข้าวโอ๊ตที่ปลูกในดินที่มี pH 5.5 จะมีปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสจากหินฟอสเฟตได้ถึง 9.21 มก. P ต่อกระถาง และปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสจะลดลงเหลือ 4.70 มก. P ต่อกระถาง เมื่อ pH ของดินเพิ่มขึ้นเป็น 7.4 ในทำนองเดียวกันผลการทดลองของ Yost et al. (1982) ซึ่งรายงานว่าการใส่ปูนเพื่อปรับ pH ของดินจาก 4.3 เป็น 5.4 จะทำให้ผลผลิตพืชตระกูลหญ้าที่ได้รับหินฟอสเฟตในปริมาณที่เท่ากันจะลดลงจากร้อยละ 93 เป็นร้อยละ 66 ของผลผลิตพืชที่ได้รับปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต

ความสามารถในการดูดตรึงฟอสฟอรัสของดิน เป็นสาเหตุอีกประการหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจากหินฟอสเฟต ในดินที่มีความสามารถดูดตรึงฟอสฟอรัสสูงจะมีปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายอยู่ในสารละลายดินค่อนข้างต่ำ ดังนั้นการใส่หินฟอสเฟตลงไปในดินประเภทนี้จะมีผลทำให้ปลดปล่อยฟอสฟอรัสได้ดี เนื่องจากกลไกการปรับสมดุลระหว่างฟอสฟอรัสในสารละลายดินกับฟอสฟอรัสที่ถูกดูดตรึงไว้ อย่างไรก็ตามในดินที่มีลักษณะดังกล่าวนี้ความเป็นประโยชน์ต่อพืชของฟอสฟอรัสที่ปลดปล่อยออกมาจากหินฟอสเฟตอาจมีข้อจำกัดได้ เนื่องจากอัตราการปลดปล่อยค่อนข้างช้า ฟอสฟอรัสอาจถูกดูดตรึงไว้ใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดินก่อนที่พืชจะดูดใช้ประโยชน์ได้ Chien et al. (1980) รายงานว่าเมื่อใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในดินที่มีอำนาจในการดูดตรึงฟอสฟอรัส (P sorption capacity) สูง จะทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในปุ๋ยฟอสเฟตลดลง ทั้งนี้เพราะฟอสฟอรัสที่ถูกปลดปล่อยออกมาจะทำปฏิกริยากับเหล็ก และอะลูมินั่ม เกิดเป็นสารประกอบเหล็กฟอสเฟต และอะลูมินั่มฟอสเฟตซึ่งละลายน้ำได้ยาก แต่เมื่อเปรียบเทียบผลการใช้หินฟอสเฟตกับปุ๋ยซูเปอร์-ฟอสเฟตแล้ว พบว่าในดินที่มีความสามาถในการดูดตรึงฟอสฟอรัสสูงขึ้น สัดส่วนของฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ (relative available P) จากหินฟอสเฟตจะมีค่าสูงกว่า Syers and Mackay (1986) พบว่า สัดส่วนของฟอสฟอรัสที่ปลดปล่อยออกมาจากหินฟอสเฟตที่ใส่ลงในดินที่มีความสามารถในการดูดตรึงฟอสฟอรัสได้สูงจะมีปริมาณเพิ่มขึ้น ในขณะที่การใส่ปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟตกลับมีสัดส่วนการละลายออกมาของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ลดลง ในทางตรงกันข้าม Hammond et al. (1986) ได้ทำการทดสอบหินฟอสเฟตในดินร่วนปนซิลท์ที่มีปฏิกริยาเป็นกรด(acid silt loam) และมีความสามารถในการดูดตรึงฟอสฟอรัสในระดับต่าง ๆ กัน พบว่า ความเป็นประโยชน์ของหินฟอสเฟตในดินที่มีการดูดตรึงฟอสฟอรัสสูง จะลดลงมากกว่าเมื่อใช้ปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต Smyth and Sanchez (1982) ก็ได้รายงานว่าการละลายของหินฟอสเฟตในดินที่มีอะลูมินั่ม และเหล็กอยู่สูงจะลดลงอย่างเห็นได้ชัด

ปริมาณแคลเซี่ยมและฟอสฟอรัสในดิน Mackay et al. (1986) ได้ศึกษาอิทธิพลของปริมาณแคลเซี่ยม และโมโนฟอสเฟต($H_2PO_4^{-1}$) ในดิน เปรียบเทียบกับอิทธิพลของความสามารถในการตรึงฟอสฟอรัสของดิน ที่มีผลต่อความสามารถในการละลายของหินฟอสเฟต ซึ่งพบว่าปริมาณแคลเซี่ยมที่แลกเปลี่ยนได้(exchangeable Ca) และเปอร์เซ็นต์การอิ่มตัวของแคลเซี่ยมในดิน (Percent Ca saturation) มีสหสัมพันธ์กับค่าคงที่ในการละลาย(Solubility constant) ของหินฟอสเฟตสูงกว่าค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการดูดตรึงฟอสฟอรัสในดินและ pH ของดิน กับค่าคงที่ในการละลายของหินฟอสเฟต นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณแคลเซี่ยมในดินมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ละลายของหินฟอสเฟตแบบผกผัน และความสามารถในการดูดตรึงฟอสฟอรัสในดินจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณแคลเซี่ยมที่มีอยู่ในดิน สำหรับอัตราการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจากหินฟอสเฟตจะขึ้นอยู่กับปริมาณการใส่หินฟอสเฟตในดิน Anderson et al. (1985) ทำการทดลองใส่หินฟอสเฟตอัตรา 50 มก. ต่อน้ำหนักดิน 1 กก.ลงในดิน Dystric Haplohumox พบว่าหินฟอสเฟตปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกมากถึงร้อยละ 42.6 ของปริมาณที่ใส่ทั้งหมด แต่เมื่อเพิ่มการใส่หินฟอสเฟตเป็น 500 มก. ต่อน้ำหนักดิน 1 กก. ปริมาณการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจะเหลือเพียงร้อยละ 14.2 ของปริมาณที่ใส่ทั้งหมด ส่วนผลการทดลองในดิน Alfic Haplorthod พบว่าการเพิ่มปริมาณหินฟอสเฟตจาก 50 เป็น 500 มก. ต่อ น้ำหนักดิน 1 กก. ทำให้การละลายของหินฟอสเฟตลดลงจากร้อยละ 23.9 เป็นร้อยละ 6.6 ของปริมาณฟอสฟอรัสที่ใส่ทั้งหมด และเมื่อทดลองใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (mathermatical model) ในการประเมินการละลายของหินฟอสเฟตในดินโดยใช้ตัวแปรต่างๆ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์การแทนที่อนุมูลฟอสเฟตในหินฟอสเฟตโดยอนุมูลคาร์บอเนต ขนาดอนุภาคของหินฟอสเฟต pH ของดิน Hydrogen buffer power, Phosphate buffer power และความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและแคลเซี่ยมในสารละลายดิน ตลอดจนคุณสมบัติด้านความสามารถในการเก็บกักความชื้นของดินมาพิจารณา ปรากฏว่าค่าการละลายของหินฟอสเฟตที่คำนวณได้ จะใกล้เคียงกับปริมาณการละลายของหินฟอสเฟตที่วัดได้จากการทดลองมาก ในกรณีที่ไม่ได้นำเอาค่าตัวแปรตัวใดตัวหนึ่งมาพิจารณาก็จะทำให้ได้ค่าไม่ถูกต้องนัก Hanafi et al. (1992) ทำการศึกษาการละลายของหินฟอสเฟต ในสภาพที่ปัจจัยที่ควบคุมการละลายของหินฟอสเฟต มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา พบว่าการละลายของหินฟอสเฟตในสภาพดังกล่าวจะเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นในสภาพไร่นาซึ่งปริมาณฟอสฟอรัสและแคลเซี่ยมในสารละลายดินที่ลดลงเนื่องจากการดูดใช้โดยพืชและการชะพาโดยน้ำ จึงเป็นสาเหตุอีกประการหนึ่งที่ทำให้หินฟอสเฟตปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกมาในสารละลายดินมากขึ้น

ในปัจจุบันมีแนวทางการใช้ประโยชน์หินฟอสเฟต 3 รูปแบบ คือ

1. การใช้ฟอสเฟตบดโดยตรง
2. การนำไปผลิตเป็นปุ๋ยฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ง่ายโดยการทำปฏิกริยากับกรด
3. การใช้หินฟอสเฟตที่ผ่านการอบด้วยความร้อน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การใช้หินฟอสเฟตบดในการปลูกพืช

ได้มีการใช้หินฟอสเฟตบดโดยตรงในการปลูกพืชกันอย่างกว้างขวาง ทั้งในประเทศและต่างประเทศ พร้อมทั้งได้มีการศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของหินฟอสเฟตที่ใช้โดยนักวิจัยหลายคณะ ซึ่งผลการศึกษาพบว่าการใช้หินฟอสเฟตสามารถเพิ่มผลผลิตพืชได้ในระดับหนึ่ง สาคร (2526) ได้ศึกษาการใช้หินฟอสเฟตในดินนาที่มีปฏิกริยาเป็นกรด พบว่าแคลเซี่ยมที่ปลดปล่อยออกมาจากหินฟอสเฟตมีผลทำให้ดินมีความเป็นกรดลดลง หินฟอสเฟตจากจังหวัดลำพูนมีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตข้าวที่ปลูกในดินชุดสรรพยาน้อยกว่าปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต หรือปุ๋ยฟอสเฟตในรูปของเหล็กฟอสเฟต แต่ประสิทธิภาพของหินฟอสเฟตดังกล่าวจะใกล้เคียงกับการใช้ปุ๋ยอะลูมินั่มฟอสเฟต พบว่าน้ำหนักแห้งและความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในต้นข้าวมีการตอบสนองต่ออัตราการใส่ปุ๋ยหินฟอสเฟตจากจังหวัดลำพูน ทั้งนี้เพราะการใส่หินฟอสเฟตในสภาพดินขังน้ำจะช่วยลดความเป็นกรดของดิน และยังช่วยเพิ่มปริมาณธาตุฟอสฟอรัส แคลเซี่ยม คลอรีน และฟลูออรีน ซึ่งเป็นองค์ประกอบของแร่อะปาไทต์เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น (เกษมศรี และคณะ, 2519) สัญชัยและคณะ (2522) รายงานผลการทดลองในดินชุดรังสิตที่เป็นกรดจัดว่า อัตราการใส่หินฟอสเฟตที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวได้แก่ 24 กก.P_2O_5 ต่อไร่ การใส่ปุ๋ยอาจใส่ครั้งเดียวในปีแรกหรือแบ่งใส่ครั้งละ 12 กก.P_2O_5 ต่อไร่ ในปีแรกและปีที่ 2 ซึ่งการใส่ปุ๋ยหินฟอสเฟตในอัตรานี้สามารถมีผลตกค้างของฟอสฟอรัสจนถึงปีที่ 8

ส่วนในดินนาภาคเหนือนั้น พบว่าผลผลิตของข้าวไม่ตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยฟอสเฟตเลย (วิโรจน์, 2532) แต่ต้นข้าวที่ได้รับ หินฟอสเฟตอัตรา 200 กก. ต่อไร่หรือมากกว่านี้ มีผลทำให้ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในเมล็ดข้าวและปริมาณฟอสฟอรัสที่สะสมในข้าวสูงกว่าพืชที่ได้รับปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟตอัตรา 6 กก.P_2O_5 ต่อไร่ การใช้หินฟอสเฟตในการเพิ่มผลผลิตพืชไร่ในระบบการปลูกข้าว-ถั่วเหลือง ในดินนาภาคเหนือในอัตรา 200 กก.ต่อไร่ ซึ่งใส่ในระยะก่อนปักดำข้าว จะไม่มีผลในการเพิ่มผลผลิตข้าวเลย แต่ก็สามารถเพิ่มผลผลิตถั่วเหลืองที่ปลูกตามหลังข้าวได้อย่างเห็นได้ชัด และจะมีผล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตกค้างต่อถั่วเหลืองได้นานถึง 4 ปี ส่วนการใช้หินฟอสเฟตในอัตรา 100 กก. ต่อไร่ สามารถเพิ่มผลผลิตถั่วเหลืองได้ทัดเทียมกับการใช้หินฟอสเฟตในอัตรา 200 กก.ต่อไร่ในปีแรก แต่ผลผลิตถั่วเหลืองจะลดลงในปีถัดไป ดังนั้นจึงต้องใส่ปุ๋ยหินฟอสเฟตเพิ่มอีกปีละ 50 กก.ต่อไร่ Pradit et al. (1985) รายงานว่าการใช้หินฟอสเฟต 100 กก.ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเทศบาลจะสามารถเพิ่มผลผลิตข้าวฟ่างได้สูงสุด ส่วนการปลูกข้าวโพดในดินชุดปากช่อง พบว่าอัตราการใส่ปุ๋ยหินฟอสเฟตที่เหมาะสมคือ 27 กก.ต่อไร่ ซึ่งจะให้ผลผลิตข้าวโพดทัดเทียมกับปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟตอัตรา 18 กก.ต่อไร่ นอกจากนี้ยังพบว่าหินฟอสเฟตมีผลตกค้างสามารถเพิ่มผลผลิตข้าวโพดได้ดีกว่าปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต (ประดิษฐ์ และคณะ, 2521) ผลการศึกษาของ Kucey and Bole (1984) พบว่าเมื่อมีการใส่หินฟอสเฟตให้แก่ข้าวสาลีที่ปลูกในดิน Chernozem ซึ่งมีปฏิกริยาเป็นกรดเล็กน้อยในอัตราที่มากกว่าปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต 10 เท่า จะมีประสิทธิภาพในการเพิ่มการเจริญเติบโตของข้าวสาลีประมาณ 88 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต Mahmud and Lau (2532) ได้ศึกษาการตอบสนองของต้นกล้ายางพาราที่มีต่อการใช้หินฟอสเฟตภายใต้สภาพเรือนเพาะชำ และการใช้หินฟอสเฟตรองก้นหลุมขณะทำการปลูก พบว่าการใส่หินฟอสเฟตที่มาจาก Christmas Island และ North Carolina มีผลทำให้อัตราการการเจริญเติบโตของต้นกล้ายางพาราเพิ่มขึ้นทัดเทียมกับการใช้ปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟตเมื่อใส่ปุ๋ยให้แก่ต้นกล้ายางพาราที่เพาะชำในดิน Typic Paleudults ส่วนการใส่หินฟอสเฟตรองก้นหลุมขณะปลูกยางพาราในดินชนิดเดียวกันนั้น พบว่าหินฟอสเฟตจาก North Carolina และจาก Morrocco มีประสิทธิภาพในการเพิ่มเจริญเติบโตของยางพาราในระยะ 7 เดือนได้ดีกว่าปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต

การใช้หินฟอสเฟตโดยตรงนอกจากจะปลดปล่อยธาตุอาหารฟอสฟอรัสแก่พืชแล้ว พืชก็ยังได้รับธาตุแคลเซียมที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากหินฟอสเฟตอีกด้วย นอกจากนี้ การใช้หินฟอสเฟตยังช่วยยกระดับ pH ของดินที่มีปฏิกริยาเป็นกรดให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช หินฟอสเฟตที่มาจากแหล่งต่างกัน จะมีประสิทธิภาพในการปลดปล่อยแคลเซียมออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ต่างกันไป โดยจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ละลายของหินฟอสเฟตนั้นๆ Hellums et al.(1989) ทำการทดลองเปรียบเทียบผลของหินฟอสเฟตจากแหล่งต่าง ๆ ในแง่ของการเพิ่มธาตุแคลเซี่ยมในดิน Typic Albaquults ที่มี pH 4.5 โดยใช้ข้าวโพดเป็นพืชทดสอบ และมีการให้ปุ๋ยฟอสเฟตแก่ข้าวโพดอย่างเพียงพอ ผลปรากฏว่าประสิทธิภาพของหินฟอสเฟตในการเพิ่มการเจริญเติบโตของข้าวโพดอยู่ระหว่าง 28-88 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้แคลเซี่ยมคาร์บอเนต และทำให้พืชมีการดูดใช้ธาตุแคลเซียมเพิ่มขึ้น 8-58 เปอร์เซ็นต์

การปรับปรุงคุณภาพของหินฟอสเฟต

หินฟอสเฟตนอกจากจะนำมาใช้เป็นปุ๋ยโดยตรงแล้ว ยังมีการศึกษาหาวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพของหินฟอสเฟตโดยวิธีการทางฟิสิกส์ และทางเคมี เพื่อที่จะทำให้หินฟอสเฟตเป็นประโยชน์ต่อพืชมากขึ้น และสามารถเพิ่มผลผลิตพืชได้ทัดเทียมกับปุ๋ยฟอสเฟตชนิดที่ละลายได้ดี วิธีการปรับปรุงคุณภาพของหินฟอสเฟตที่ปฏิบัติกันมีดังนี้ :-

1. การปรับปรุงคุณภาพของหินฟอสเฟตโดยใช้ความร้อน

การเผาหินฟอสเฟตเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถเพิ่มการละลายของหินฟอสเฟตได้ โดยทั่วไปแล้ววิธีการเผาหินฟอสเฟตมี 3 ลักษณะคือ

ก) การเผาหินฟอสเฟตให้ถึงจุดหลอมเหลาในสภาพที่มีไอน้ำอยู่ด้วย อุณหภูมิที่ใช้ประมาณ 1375-1425°C ซึ่งจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของหินฟอสเฟตดังนี้

$$[Ca_3(PO_4)_2]_3.CaF_2 + H_2O \text{ ------> } [Ca_3(PO_4)_2]_3.CaO + 2HF$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ช) การเผาโดยใช้อุณหภูมิต่ำกว่าจุดหลอมเหลว โดยผสมหินฟอสเฟตกับโซดาแอช และทราย ปุ๋ยที่ได้เรียกว่า Rhenania phosphate อุณหภูมิที่ใช้ในการเผา ประมาณ 1000°C การเปลี่ยนแปลงของหินฟอสเฟตเกิดขึ้นดังนี้

$$2[Ca_{10}(PO_4)_6F_2]+6Na_2CO_3+5SiO_2 \rightarrow 12CaNaPO_4+4Ca_2SiO_4+2SiF_4+6CO_2$$

ปุ๋ย Rhenania phosphate เหมาะสำหรับใช้กับดินที่มีการตรึงฟอสฟอรัสสูง เพราะนอกจากจะสามารถเพิ่ม pH ของดินได้แล้ว ซิลิก้าในปุ๋ยยังช่วยลดการตรึงฟอสฟอรัสของดินได้ โดยที่ซิลิก้าจะรวมตัวกับอนุมูลเหล็กและอะลูมินั่มที่มีอยู่ในสารละลายดินได้เร็วกว่าอนุมูลฟอสเฟต จึงทำให้ฟอสฟอรัสในดินถูกดูดตรึงโดยอนุมูลเหล่านั้นน้อยลง จากการทดลองของ Chien(1978) ซึ่งได้ทำการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตชนิดต่างๆ ลงในดินที่มี pH 4.5 ในอัตรา 400 ppmP แล้วทำการสกัดหาปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำจากดินที่ได้รับปุ๋ยฟอสเฟตเป็นเวลา 1-6 สัปดาห์ พบว่าดินที่ใส่ปุ๋ย Rhenania phosphate จะมีปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ มากกว่าการใช้ปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต ส่วนการใส่ปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟตผสมกับโซเดียมซิลิเกต [Na_2SiO_3] จะปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกมามากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบการใช้โซเดียมซิลิเกตร่วมกับปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต และการใช้ปูนขาว [$Ca(OH)_2$] ร่วมกับปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต พบว่าการใช้ปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟตร่วมกับ โซเดียมซิลิเกต สามารถเพิ่ม pH ของดินได้ทัดเทียมกับปูนขาว แต่มีผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำได้ในดินสูงกว่าการใช้ปูนขาว

ค) การเผาหินฟอสเฟตโดยใช้อุณหภูมิต่ำ เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและเพิ่มการละลายของหินฟอสเฟต

หินฟอสเฟตประเภทอะลูมินั่มฟอสเฟตที่มาจากแหล่งจังหวัดร้อยเอ็ด ซึ่งมีแร่แวลิไซต์ ($AlPO_4.2H_2O$) และแร่แคนทาไลท์ [$CaAl_3(PO_4)_2(OH)_5.H_2O$] เป็นองค์ประกอบ เมื่อถูกเผาที่อุณหภูมิ 700°C จะมีการสูญเสียน้ำในโครงสร้างผลึก และมีการเปลี่ยนโครงสร้างจากรูปผลึก (Crystalline) ไปเป็นโครงสร้างอสัณฐาน (Amorphous) ทำให้หินฟอสเฟตมีพื้นที่ผิวสัมผัสสูงขึ้น และสามารถปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกมาเป็นประโยชน์ได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นอกจากวิธีการเผาหินฟอสเฟตดังกล่าวข้างต้นแล้ว ยังมีรายงานการทดลองเผาหินฟอสเฟตโดยวิธีอื่นๆซึ่งสามารถเพิ่มการละลายของหินฟอสเฟตได้ Ivanov et al. (1973) ได้ทดลองเผาหินฟอสเฟตร่วมกับทรายโดยใช้เปลวไฟจากแก๊สโดยตรง พบว่าการเผาหินฟอสเฟตประเภทฟลูออออะปาไทต์ (Fluorapatite) ซึ่งมีสูตรเคมีเป็น $[Ca_{10}(PO_4)_6F_2]$ จะทำให้หินฟอสเฟตดังกล่าวก็จะเปลี่ยนเป็นไฮดรอกซี่อะปาไทต์ (Hydroxy apatite) ซึ่งมีสูตรเคมี $[Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2]$ การใส่ทราย (SiO_2) ลงไปในขณะที่เผา จะทำให้ไฮดรอกซี่อะปาไทต์ทำปฏิกริยากับทราย เกิดผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในรูปของ $Ca_3(PO_4)_2$ ซึ่งสามารถละลายในสารละลายกรดซิตริค (Citric acid) ได้ถึง 80-85 เปอร์เซ็นต์ Ansari (1973) ได้ทำการเผาหินฟอสเฟตร่วมกับ Na_2CO_3 หรือเกลือจากทะเล ซึ่งประกอบด้วย NaCl, $MgCl_2$, และ $MgSO_4$ โดยใช้เปลวไฟจากแก๊สซึ่งมีอุณหภูมิสูงถึง 900°C นาน 5-7 นาที ปรากฏว่าสารผสมที่มีอัตราส่วนของหินฟอสเฟตร้อยละ 30 ต่อเกลือจากทะเลร้อยละ 70 จะให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้มากกว่า 99 เปอร์เซ็นต์ ของฟอสฟอรัสทั้งหมดในหินฟอสเฟต ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะอยู่ในรูปของ $(Ca, Mg)_3(PO_4)_2$

2. <u>การปรับปรุงคุณภาพของหินฟอสเฟตโดยการทำปฏิกริยากับกรด</u>

<u>(Partially acidulated phosphate rock, PAPR)</u>

PAPR เป็นการใช้กรดทำปฏิกริยากับหินฟอสเฟตแบบไม่สมบูรณ์ กล่าวคือ จะใช้กรดในปริมาณที่น้อยกว่าปริมาณที่ต้องการเปลี่ยนหินฟอสเฟตทั้งหมดให้เป็นปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต กรดที่นิยมใช้ ได้แก่ กรดซัลฟูริค และกรดฟอสฟอริค ซึ่งปฏิกริยาระหว่างกรดกับหินฟอสเฟตที่เกิดขึ้นมีดังนี้

$$[Ca_3(PO_4)_2]_3.CaF_2+7H_2SO_4+3H_2O \longrightarrow 3CaH_4(PO_4)_2.H_2O+2HF+7CaSO_4$$

$$[Ca_3(PO_4)_2]_3.Ca(OH)_2+7H_2SO_4+3H_2O \longrightarrow 3CaH_4(PO_4)_2.H_2O+7CaSO_4+2H_2O$$

$$[Ca_3(PO_{4)2}]_3.CaF_2+14H_3PO_4+10H_2O \longrightarrow 10CaH_4(PO_4)_2.H_2O+2HF$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การใช้ PAPR จะมีผลดีกว่าการใช้หินฟอสเฟตโดยตรง เพราะใน PAPR จะประกอบด้วยฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำได้ทันทีอยู่ส่วนหนึ่ง ส่วนหินฟอสเฟตที่ยังไม่ได้ทำปฏิกริยากับกรด ก็จะปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกมาอย่างช้า ๆ ให้พืชใช้ประโยชน์ได้ภายหลัง ดังนั้นการใช้ PAPR ในดินที่มีการดูดตรึงฟอสฟอรัสสูง จึงมีประสิทธิภาพเหนือกว่าปุ๋ยฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ดี ทั้งนี้เป็นเพราะฟอสฟอรัสที่ถูกปลดปล่อยจากปุ๋ยที่ละลายน้ำได้ดีจะถูกดูดตรึงเอาไว้ในปริมาณที่มากกว่า นอกจากนี้แล้วการผลิต PAPR ยังสิ้นเปลืองกรดน้อยกว่าการผลิตปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต หรือปุ๋ยฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ง่ายชนิดอื่นๆ Logan and McLean (1977) ได้ศึกษาผลการใช้ PAPR โดยใช้ P^{32} ในการติดตามการเคลื่อนที่ของฟอสฟอรัสในดิน Aeric Fragiaqualfs ซึ่งมีคุณสมบัติในการตรึงฟอสฟอรัสสูง พบว่าการแพร่กระจายของฟอสฟอรัสในดินที่ใส่ปุ๋ย 20%PAPR จะมากกว่าเมื่อใส่ปุ๋ย 100% PAPR และการเติมหินฟอสเฟตลงไปจะมีผลทำให้การแพร่กระจายของฟอสฟอรัสในดินที่เคยได้รับปุ๋ย PAPR เพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหินฟอสเฟตในส่วนที่ยังไม่ทำปฏิกริยากับกรด มีบทบาทสำคัญต่อปริมาณและการแพร่กระจายของฟอสฟอรัสในดิน Mokwunye and Chien(1980) ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบความเป็นประโยชน์ของหินฟอสเฟต ที่ทำปฏิกริยากับกรดฟอส-ฟอริคในปริมาณ 20% ของปริมาณกรดที่ต้องใช้ในการทำปฏิกริยาสมบูรณ์ (20% PAPR) กับ Concentrated Superphosphate (CSP) และ CSP ผสมกับหินฟอสเฟต พบว่าปุ๋ย PAPR จะให้ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำได้สูงสุด ในขณะที่ปุ๋ย CSP ผสมกับหินฟอสเฟตให้ฟอส-ฟอรัสที่ละลายในน้ำปริมาณมากกว่าการใส่ปุ๋ย CSP แต่เพียงอย่างเดียว ในดินที่มีการตรึงฟอสฟอรัสสูง พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำได้ในกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ย PAPR จะสูงกว่าการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตชนิดอื่น ๆ อย่างเด่นชัด ทั้งนี้เพราะหินฟอสเฟตในรูป PAPR จะถูกสะเทินด้วยกรดที่เกิดจากการ hydrolysis ของ monocalcium phosphate ทำให้ฟอสฟอรัสถูกปลดปล่อยออกมาได้อีกส่วนหนึ่ง ในขณะเดียวกันเมื่อกรดถูกสะเทินแล้วย่อมทำให้ปริมาณอะลูมินั่ม และเหล็กในสารละลายดินมีลดลง ดังนั้นการดูดตรึงฟอสฟอรัสในรูปสารประกอบเหล็กและอะลูมินั่มฟอสเฟต จึงเกิดขึ้นได้น้อย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับประสิทธิภาพของ PAPR ที่มีต่อพืชนั้น จะแตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของดินและพืชที่ปลูก พืชจะตอบสนองต่อการใช้ PAPR ได้ดีที่สุดเมื่อมีการใช้ PAPR ในอัตราที่เหมาะสม Hammond et al. (1980) รายงานว่า การดูดใช้ฟอสฟอรัสของข้าวโพดจากปุ๋ย PAPR ที่ใส่ให้ จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณของกรดที่ใช้ในการผลิต PAPR ซึ่งประสิทธิภาพของปุ๋ย PAPR จะเพิ่มขึ้นจาก 3 เปอร์เซ็นต์ เป็น 33, 47 และ 52 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใส่ปุ๋ยPAPR ที่ใช้กรดซัลฟูริคในปริมาณ 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณที่ต้องการใช้ในการผลิตปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต ตามลำดับ พบว่าการใช้ PAPR ที่ผลิตจากการใช้กรดฟอสฟอริคในปริมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ของกรดที่ต้องใช้ในการผลิตปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟตนั้น มีประสิทธิภาพต่อข้าวโพดที่ปลูกในปีแรกประมาณ 53 ถึง 70 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต และมีผลตกค้างของ PAPR ต่อข้าวโพดที่ปลูกต่อมาอีก 3 ฤดู ซึ่งมีประสิทธิภาพถึง 79 ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ จากรายงานผลการทดลองของ Lutz (1971) ซึ่งทำการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพของปุ๋ย PAPR ซึ่งมีปริมาณกรดฟอสฟอริค 20 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณกรดทั้งหมดที่ต้องใช้ในการผลิตปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟตกับปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟตในดิน Typic Paleudults โดยใช้ข้าวโพดเป็นพืชทดสอบ พบว่าข้าวโพดที่ได้รับปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์-ฟอสเฟตในอัตรา 10 กก.P ต่อเฮกตาร์ หรือเมื่อได้รับปุ๋ย PAPR อัตรา 30 กก.P ต่อเฮกตาร์ จะมีผลผลิตสูงสุด ปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟตจะมีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตข้าวโพดได้ดีกว่า ปุ๋ย PAPR เมื่อมีการใส่ปุ๋ยในอัตราที่ต่ำกว่านี้ Garbouchev (1981)ทำการทดลองในสภาพไร่นา โดยใช้ข้าวโพด และข้าวสาลีเป็นพืชทดสอบโดยใช้ปุ๋ยในอัตรา 134 กก.Total P ต่อเฮกตาร์ พบว่า ปุ๋ย PAPR ที่มีสัดส่วนของ monocalcium phosphate ต่อหินฟอสเฟต เท่ากับ 60 ต่อ 40 มีประสิทธิภาพทัดเทียมกับปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต ซึ่งปุ๋ย PAPR ดังกล่าวจะใช้กรดฟอสฟอริคในปริมาณที่น้อยกว่าปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต 64 ถึง 70 เปอร์เซ็นต์ จากรายงานผลการทดลองของ McLean et al. (1965) พบว่าอัลฟาฟ่า และเยอรมันมิลเลท (German millet) ที่ปลูกในกระถางบนดินที่มีการตรึงฟอสฟอรัสสูงจะให้ผลผลิตสูงที่สุดเมื่อได้รับปุ๋ย 20% PAPR

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในอัตรา 33 ppmP ส่วนผลผลิตของพืชที่ปลูกในดินที่มีการตรึงฟอสฟอรัสต่ำ จะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการใส่ปุ๋ย PAPR ในอัตราที่มากกว่านี้ ส่วนการทดลองในสภาพไร่นา พบว่าการใช้ 20 % PAPR สามารถเพิ่มผลผลิตข้าวโพดได้มากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจาก PAPR มีปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำได้ง่ายอยู่น้อย และเมื่อทำปฏิกริยากับน้ำจึงเกิดสภาพเป็นกรดได้น้อย ดังนั้นการตรึงฟอสฟอรัสโดยเหล็ก และอะลูมินั่มจึงเกิดขึ้นน้อย McLean and Wheller (1964) ได้ทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพของปุ๋ย PAPR ที่ใช้กรดในการผลิตปริมาณต่างๆ กันในดินที่มีอะลูมินั่มและเหล็กอยู่สูงโดยใช้อัลฟาฟ่า และเยอรมันมิลเลทเป็นพืชทดสอบ และมีการใช้ปุ๋ย PAPR ในอัตรา 45 ppmP พบว่า ผลผลิตพืชที่ได้รับ 10% PAPR จะเท่ากับผลผลิตพืชที่ได้รับ 100 % PAPR ในขณะที่ Lutz (1973) รายงานว่า 20 % PAPR มีประสิทธิภาพทัดเทียมกับปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟตในการเพิ่มผลผลิตอัลฟาฟ่า และ Orchardgrass (Dactylis glomerala) นอกจากนี้ความเป็นประโยชน์ต่อพืชของปุ๋ย PAPR ยังขึ้นอยู่กับปริมาณของแคลเซี่ยมในดินอีกด้วย McLean and Balam (1967) รายงานว่า ในกรณีที่ดินมีแคลเซี่ยมน้อยกว่า 1/3 ของปริมาณแคลเซี่ยมที่อิ่มตัวของดิน (Ca Saturation) ปุ๋ย PAPR ที่ใช้กรดฟอสฟอริค 10 % ของปริมาณที่ต้องใช้ในการผลิตปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต จะมีประสิทธิภาพในการเพิ่มการเจริญเติบโตของข้าวโพด ได้ทัดเทียมกับการใช้ปุ๋ย PAPR ที่ใช้กรดมากกว่า 50 % ในดินที่มีแคลเซี่ยมมากกว่า 1/3 ถึง 3/4 ของปริมาณแคลเซี่ยมที่อิ่มตัวในดิน แสดงว่าดินที่มีแคลเซี่ยมอยู่สูงการใช้ปุ๋ยฟอสเฟตควรใช้ในรูปที่มีฟอสฟอรัสที่ละลายได้ง่ายอยู่มากจึงจะได้ผลดี จากการศึกษาครั้งนี้ยังพบว่าในกรณีที่ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตที่มีฟอสฟอรัสที่ละลายได้ง่าย (Availble P) ปริมาณเท่ากันปุ๋ยฟอสเฟตที่มีฟอสฟอรัสในรูปที่ละลายได้ช้า (Insoluble P) เป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าปุ๋ยที่ไม่มี Insoluble P เป็นองค์ประกอบประมาณ 1.3 ถึง 1.5 เท่า ผลการศึกษาอิทธิพลของการใช้ปุ๋ย PAPR ในประเทศไทย โดยครรชิต และสุวพันธุ์ (2526) ซึ่งทำการทดลองในสภาพไร่นาในดินชุดต่างๆ โดยใช้ข้าวโพดและถั่วเหลืองเป็นพืชทดสอบ พบว่าปุ๋ยที่ได้จากการใช้หินฟอสเฟตผสมกับกรดกำมะถัน ซึ่งมีฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำได้ 12 % P_2O_5 และมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด 25 % P_2O_5 มีผลดีทัดเทียม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กับปุ๋ยดับเบิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟตหรือทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต ส่วนในดินที่มีสภาพเป็นกรดจัดนั้น พบว่าการใช้ปุ๋ย PAPR จะได้ผลดีกว่าปุ๋ยดับเบิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟตหรือทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต และมีผลตกค้างสูง และยาวนานกว่า นอกจากนี้การใช้ปุ๋ย PAPR ยังสามารถช่วยแก้ปัญหาการขาดสารซัลเฟอร์ของถั่วเหลืองที่ปลูกในดินชุดร้อยเอ็ดที่มีซัลเฟอร์ในดินต่ำได้อีกด้วย

อย่างไรก็ตาม ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสใน PAPR จะถูกจำกัดด้วยปริมาณเหล็กออกไซด์ และอะลูมินั่มออกไซด์ที่มีอยู่ในหินฟอสเฟต Bationo et al. (1990) รายงานผลการทดลองในดิน sandy Paleustalfs โดยเปรียบเทียบอิทธิพลของการใช้ปุ๋ยฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ง่ายชนิดต่างๆ กับปุ๋ย PAPR ที่ผลิตโดยการผสมหินฟอสเฟตกับกรดกำมะถันในปริมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ของกรดที่ต้องใช้ในการทำปฏิกริยาอย่างสมบูรณ์กับหินฟอสเฟตทั้งหมด ผลปรากฏว่า ผลิตภัณฑ์ PAPR ที่ได้จะมีเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์แตกต่างกันไป PAPR ที่ผลิตจากหินฟอสเฟตที่มีเหล็กออกไซด์ และอะลูมินั่มออกไซด์เป็นองค์ประกอบอยู่สูง จะมีเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชน้อยกว่า PAPR ที่ผลิตจากหินฟอสเฟตที่มีเหล็กออกไซด์ และอะลูมินั่มออกไซด์ในปริมาณที่ต่ำกว่า ผลการทดสอบประสิทธิภาพของ PAPR ที่มีต่อการเพิ่มผลผลิตของ millet ยืนยันว่า PAPR ที่ผลิตจากหินฟอสเฟตที่มีเหล็กและอะลูมินั่มอยู่สูง ผลผลิตพืชที่ได้รับปุ๋ย PAPR จะต่ำกว่าเมื่อได้รับปุ๋ยหินฟอสเฟตที่ไม่ผ่านการทำปฏิกริยากับกรด สาเหตุที่ทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสใน PAPR ถูกจำกัด อาจเนื่องมาจาก PAPR มีความเป็นกรดสูงมาก ดังนั้นเมื่อใส่ปุ๋ยดังกล่าวก็จะทำให้ดินบริเวณรอบๆปุ๋ยมีเหล็ก และอะลูมินั่มละลายออกมามาก ซึ่งจะทำให้ฟอสฟอรัสที่ปลดปล่อยออกมาจากปุ๋ย PAPR เกิดการรวมตัวกับธาตุดังกล่าว เกิดเป็นเหล็กฟอสเฟต และอะลูมินั่มฟอสเฟต ซึ่งเป็นสารประกอบฟอสเฟตที่มีความเป็นประโยชน์ต่อพืชน้อย มานัส (2528) ทำการทดลองในดินชุดสันทราย พบว่าผลผลิตของข้าวสาลีที่ได้รับปุ๋ย PAPR (ที่ผลิตจากหินฟอสเฟตผสมกับกรดกำมะถันอัตราส่วนหินฟอสเฟตต่อกรดเท่ากับ 2.9:1) จะต่ำกว่าพืชที่ได้รับหินฟอสเฟตแต่เพียงอย่างเดียว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. การปรับปรุงคุณภาพของหินฟอสเฟตโดยการใช้ร่วมกับปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต

การใช้หินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ง่าย ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของหินฟอสเฟตได้ Chien et al.(1987) ได้ศึกษาการใช้ปุ๋ยผสมที่ประกอบด้วยหินฟอสเฟตกับปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟตในสัดส่วนต่าง ๆ กัน กับข้าวโพดที่ปลูกในกระถางบนดิน Typic Paleudults ซึ่งมี pH 6.2 พบว่าการใช้ปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟตในสัดส่วนอย่างน้อยร้อยละ 50 ของปริมาณปุ๋ยฟอสเฟตที่ใช้ทั้งหมดจะสามารถเพิ่มผลผลิตข้าวโพดได้ทัดเทียมกับการใช้ปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต แต่เพียงอย่างเดียว รายงานผลการทดสอบในข้าวสาลี และถั่วแดง โดย Murdock and Seay (1955) พบว่าการใช้หินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต ในสัดส่วนที่มีปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟตอยู่น้อย (RP:SSP = 4:1) สามารถเพิ่มผลผลิตและปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสในพืชได้ดี ส่วนปุ๋ยผสมที่ประกอบด้วยหินฟอสเฟตกับปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟตในสัดส่วนที่เท่ากัน (RP:SSP =1:1) กลับมีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตพืชได้น้อยกว่า จากผลการทดลองของ Menon et al. (1991) พบว่าการปรับปรุงคุณภาพของหินฟอสเฟตที่มีคุณสมบัติดังกล่าว โดยการผสมหินฟอสเฟตที่มีเหล็ก และอะลูมินั่มเป็นองค์ประกอบอยู่สูงกับปุ๋ยทริปเปิ้ล-ซูเปอร์ฟอสเฟต โดยมีปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำได้ร้อยละ 50 จะสามารถเพิ่มผลผลิตข้าวไร่และถั่วแดงได้มากกว่าปุ๋ย PARR ที่ผลิตจากหินฟอสเฟตชนิดเดียวกัน ส่วนในหินฟอสเฟตที่มีเหล็กและอะลูมินั่มเป็นองค์ประกอบอยู่น้อย การใช้ปุ๋ย PAPR หรือการใช้หินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต สามารถเพิ่มผลผลิตพืชได้ทัดเทียมกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved