

คำนำ

ในสภาพดินกรดมักมีปริมาณของอะลูมิเนียมอยู่สูง ค่า pH ของดินต่ำ และปัญหานี้มักจะพบในดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งมากกว่า 50% เป็นดินกรดที่มีค่า pH ต่ำกว่า 5.6 และส่วนใหญ่เป็นดินที่ผ่านการชะล้างพังทลายสูง เนื้อดินส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นดินทราย ดินมีอินทรีย์วัตถุต่ำ ดินส่วนใหญ่ในภูมิภาคนี้มีปริมาณของธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับที่ต่ำ เมื่อเทียบกับดินในภูมิภาคอื่นของประเทศไทย (Suwanarit, 1985) ถึงแม้จะมีการใส่ปุ๋ยเคมีกันมากขึ้นก็ตาม แต่เนื่องจากปัจจุบันปุ๋ยเคมีมีราคาแพงจึงมีการใช้ปุ๋ยเคมีกันในอัตราที่ต่ำ และเป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปแล้วว่า การใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวติดต่อกันเป็นเวลานานๆนั้น จะทำให้โครงสร้างของดินเสื่อมโทรมลง และยังมีผลทำให้ดินเป็นกรดเพิ่มขึ้น เช่น เมื่อมีการใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมฟอสเฟตในดินเป็นต้น (สุรศักดิ์, 2527) ดังนั้นการใช้ปุ๋ยคอกซึ่งสามารถหาได้ไม่ยากในท้องถิ่น ก็อาจเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินได้ เนื่องจากปุ๋ยคอกนอกจากจะช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดินแล้ว ยังช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางเคมีอีกหลายประการ เช่น เป็นแหล่งที่จะให้ธาตุฟอสฟอรัสแก่ดินได้โดยตรง และยังมีส่วนในการลดปริมาณของอะลูมิเนียมและเหล็กในดิน โดยพวกกรดอินทรีย์ต่างๆที่ได้จากการสลายตัวของปุ๋ยคอกนั้นสามารถทำปฏิกิริยารวมกับอะลูมิเนียมและเหล็กเป็นสาร hydroxyl-Al-Fe organic acid complex ซึ่งจะมีผลทำให้ฟอสฟอรัสจะถูกดูดซับโดยพวกอะลูมิเนียมและเหล็กให้เป็นสารประกอบที่ละลายน้ำยากในดินมีปริมาณลดลง (FAO, 1978) และปุ๋ยคอกยังมีผลทำให้ pH ของดินมีค่าสูงขึ้น (Vityakon, Seripong, and Kongchum, 1988) ซึ่งจะมีผลทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินมีเพิ่มขึ้นด้วย (Jones, 1982)

ดินชุดโคราชเป็นดินกรดและมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ การปลูกถั่วเหลืองจึงมักมีการตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสฟอรัส (Suwanarit, et al., 1978) ทำให้เข้าใจว่าดินนี้มีธาตุฟอสฟอรัสไม่เพียงพอกับความต้องการของถั่วเหลือง แม้ว่าถั่วเหลืองมีการตอบสนองต่อฟอสฟอรัสอย่างชัดเจนในบางแห่ง แต่ก็อาจพบได้ว่าผลผลิตของถั่วเหลืองยังอยู่ในเกณฑ์ต่ำ ฉะนั้นจึงได้มีการหาแนวทางปรับปรุงคุณสมบัติบางประการของดิน เพื่อเพิ่ม

การเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเหลืองโดยการใส่ปุ๋ยคอกและฟอสฟอรัส การทดลอง
ครั้งนี้วัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้คือ

1. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติบางประการของดินชุดโคราช เมื่อมีการใส่
ปุ๋ยคอกและฟอสฟอรัส
2. เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเหลืองที่ปลูกในดินชุดโคราช เมื่อ
มีการใส่ปุ๋ยคอกและฟอสฟอรัส
3. เพื่อศึกษาอัตราปุ๋ยคอกและฟอสฟอรัสที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และผล
ผลิตของถั่วเหลือง

การตรวจเอกสาร

I. ความต้องการธาตุอาหารของถั่วเหลือง

1. ธาตุไนโตรเจน (N)

ถั่วเหลืองเป็นพืชที่มีความต้องการไนโตรเจนมาก โดยแหล่งของไนโตรเจนได้จากปุ๋ยไนโตรเจน ดิน และได้มาจากเชื้อไรโซเบียมที่ช่วยตรึงไนโตรเจนจากอากาศอีกด้วย (อภิพรณ, 2523) ระยะเวลาก่อนถั่วเหลืองออกดอกถั่วเหลืองต้องการไนโตรเจนในปริมาณสูง ซึ่ง Nennylov และ Slabko (1967) ได้อธิบายว่า ไนโตรเจนที่พืชได้รับก่อนออกดอกช่วยการเจริญเติบโต โดยเพิ่มการแตกของใบ การขยายตัวของลำต้น เพิ่มพื้นที่ใบ และสร้างดอกให้มากขึ้นอีกด้วย จำนวนฝักที่สร้างขึ้นนั้นจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณของไนโตรเจนที่ได้รับในระยษนี้ด้วย Iwata และ Utada (1967) [อ้างโดยอภิพรณ(2523)] พบว่า หากถั่วเหลืองขาดไนโตรเจนในระยะ 2-3 สัปดาห์ก่อนออกดอกจะทำให้ผลผลิตลดลงอย่างมาก

Hinson (1975) ได้ศึกษาทดลองใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแก่ถั่วเหลืองที่ปลูกในกระถางเมื่ออายุได้ 17 วัน พบว่าน้ำหนักบมสดเมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในระดับต่ำจะสูงกว่าที่ใส่ในระดับสูง เพราะการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจำนวนเล็กน้อยอาจจะมีผลช่วยส่งเสริมการเกิดบมและการตรึงไนโตรเจน ดังรายงานของ Halfield และคณะ (1974) ที่พบว่าปุ๋ยไนโตรเจนมีผลต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองในช่วง 2 สัปดาห์แรกหลังจากงอกเมล็ด เพราะขบวนการตรึงไนโตรเจนยังไม่เกิดขึ้น ดังนั้นถ้ามีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแก่ถั่วเหลืองในระยะนี้จะทำให้การเจริญเติบโตของต้นอ่อนดีขึ้น และยังช่วยเพิ่มจำนวน ขนาด และน้ำหนักของบม น้อย(2519) ได้วิเคราะห์ส่วนต่างๆของพืชเพื่อหาปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารของถั่วเหลือง พบว่าในฤดูปลูกหนึ่งถ้าจะให้ได้ผลผลิตของถั่วเหลือง 300 กก./ไร่ ถั่วเหลืองจะดูดใช้(uptake)ไนโตรเจนประมาณ 20 กก.N/ไร่

2. ฟอสฟอรัสและโปแตสเซียม

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุองค์ประกอบที่สำคัญของสารประกอบฟอสเฟต ทำหน้าที่รับส่ง และถ่ายทอดพลังงานระหว่างสารต่างๆ และมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของท่อน้ำเลี้ยง และใต้ดิน ตลอดจนมีผลต่อการออกดอกของพืช (ถวิล, 2523) ในทางหนึ่งเดียวกัน โปแตสเซียมก็มีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการสร้าง ขนส่งน้ำตาล แป้ง ตลอดจนกระบวนการสังเคราะห์แสงและหายใจ รวมทั้งปริมาณและคุณภาพของผลผลิตพืช (อำนาจ, 2523)

การใส่ฟอสฟอรัสร่วมกับโปแตสเซียม ทำให้มีการสร้างปม น้ำหนักรวม และการตรึงไนโตรเจนของถั่วเหลือง ดังรายงานของ DeMooy และ Pesek (1966) พบว่าการใส่ฟอสฟอรัสจะทำให้เพิ่มจำนวนและน้ำหนักรวม รวมทั้ง leghaemoglobin ของถั่วเหลืองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับที่ไม่ได้ใส่ และการเกิดปมจะสูงสุดเมื่อมีการใส่ฟอสฟอรัสร่วมกับโปแตสเซียมในระดับสูง แต่ Jones, Lutz, และ Smith (1977) พบว่า โปแตสเซียมจะช่วยเพิ่มจำนวนปม น้ำหนักรวม และจำนวนหลักต่อต้น มากกว่าฟอสฟอรัส แต่ผลผลิตจะสูงสุดเมื่อใส่ฟอสฟอรัสร่วมกับโปแตสเซียม Bhangoo และ Albritton (1972) รายงานว่า ผลผลิตของถั่วเหลืองที่ปลูกในดิน silt loam ทางตอนใต้ของรัฐ Arkansas จะเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและโปแตสเซียม โดยที่ผลผลิตที่เพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากธาตุโปแตสเซียมถึง 9-19%

Suwanarit และคณะ (1978) ได้ทำการศึกษาน้ำจืดของดินซึ่งเป็นตัวจำกัดการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเหลืองที่ปลูกในดินชุดโคราชและชุดร้อยเอ็ด พบว่าดินที่มีฟอสฟอรัส 4.2 ppm (Bray II) และโปแตสเซียม 17.0 ppm (NH_4OAc extractable) จะตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโปแตสเซียม ในขณะที่ดินที่มีฟอสฟอรัส 11.3 ppm และโปแตสเซียม 36.8 ppm ไม่พบว่ามีปมตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยดังกล่าว Young, Wu และ Juang (1982) พบว่า การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโปแตสเซียมร่วมกับการคลุมเชื้อโรโซเบียมจะช่วยเพิ่มผลผลิตของถั่วเหลืองอย่างมีนัยสำคัญ โดยผลผลิตเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นจากการคลุมเชื้อโรโซเบียมประมาณ 9% แต่เมื่อมีการคลุมเชื้อร่วมกับใส่ปุ๋ยทั้ง 2 ชนิด จะช่วยเพิ่มผลผลิตถึง 21%

II. อิทธิพลของปุ๋ยคอกและฟอสฟอรัสที่มีผลต่อคุณสมบัติทางประการของดิน

1. ฟอสฟอรัส (P)

Haas, Grunes และ Reichman (1961) รายงานว่า การใส่ปุ๋ยคอกทำให้ปริมาณของฟอสฟอรัสทั้งหมด (total P) รวมทั้งอินทรีย์ฟอสฟอรัส (inorganic P) ในดินมีเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับดินที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยคอก เขาได้ให้เหตุผลว่า ในปุ๋ยคอกมีองค์ประกอบของธาตุฟอสฟอรัสที่จะให้แก่ดินได้โดยตรง ซึ่งจะสอดคล้องกับงานของ Sharphy และคณะ (1984) ที่พบว่า การใส่ปุ๋ยคอกจะทำให้อินทรีย์ฟอสฟอรัส (inorganic P) อินทรีย์ฟอสฟอรัส และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) ในดินมีเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ Kuo และ Baker (1982) รายงานว่า การเพิ่มปุ๋ยคอกให้แก่ดินจะทำให้ปริมาณของฟอสฟอรัสในดินมีเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในระดับความลึกของดินในชั้นไทรพรวน (0-30 ซม.) และเป็นดินที่มีการระบายน้ำเลว โดยที่ฟอสฟอรัสที่สะสมอยู่ในส่วนของอินทรีย์วัตถุ (organic matter) จะอยู่ในรูปของอินทรีย์ฟอสฟอรัส (organic P) ในขณะที่ Oniani, Chater และ Matingey (1973) พบว่าการใส่ปุ๋ยคอกและซูเปอร์ฟอสเฟต ทำให้ปริมาณอินทรีย์ฟอสฟอรัส (organic P) ในดินมีเพิ่มขึ้น เพราะทั้งปุ๋ยคอกและซูเปอร์ฟอสเฟตมีส่วนทำให้ inositol pentaphosphate และ inositol hexaphosphate มีเพิ่มขึ้น

Meck, Graham, และ Donovan (1982) รายงานว่า เมื่อใส่ปุ๋ยคอกให้แก่ดินจะมีผลทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัส (available P) ในดินมีเพิ่ม โดยเฉพาะในช่วงฤดูกาลปลูกพืชในปีแรก และการใส่ปุ๋ยคอกยังทำให้การเคลื่อนที่ของธาตุฟอสฟอรัสในดินมีเพิ่มขึ้น ซึ่งจะส่งผลต่อความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินมีเพิ่มขึ้น (Abbott and Tucker, 1973 and Hannapel et al., 1964)

Vitosh, Davis และ Knezevic (1973) รายงานว่า การใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยเคมีทำให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และการดูดใช้ฟอสฟอรัส (P-uptake) ของพืชมีปริมาณที่สูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับ control treatment ที่ได้รับเฉพาะปุ๋ยเคมีอย่างเดียว ทั้งนี้คาดว่าปุ๋ยคอกเพิ่มปริมาณของฟอสฟอรัสให้แก่พืช ซึ่งฟอสฟอรัสในปุ๋ยคอกมีความเข้มข้นถึง 0.15 เปอร์เซ็นต์

Laverdire และ Kimpe (1984) ได้ศึกษาทดลองใส่ปุ๋ยคอกในดิน Saint-Marc (grayish white soil) หลังจากที่มีการปลูกพืชแล้วนำดินมาวิเคราะห์ พบว่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีปริมาณเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับดินในแปลงที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยคอกเลย ซึ่งจะสอดคล้องกับงานทดลองของ Mnkeni และ Mackenzie (1988) พบว่า การใส่ปุ๋ยคอกทำให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมีปริมาณเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับที่ไม่ได้ใส่ โดยดูจากการดูดใช้ (uptake) ฟอสฟอรัสของพืช

เกรียงไกร และคณะ (2524) ได้ศึกษาทดลองการใส่ปุ๋ยคอกในดินชุดโคราช ในอัตรา 5 ตัน/ไร่ ทำให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีเพิ่มขึ้น ซึ่งจากการวิเคราะห์ดินพบว่า แปลงที่ใส่ปุ๋ยคอกมีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นจากแปลงที่ไม่ได้ใส่ อะไรเลยถึง 7.20 ppm P

2. pH ของดิน

วนิชย์ และคณะ (2523) รายงานว่า หลังจากการใส่ปุ๋ยคอกในอัตรา 5 ตัน/ไร่ ในดินชุดโคราชร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 อัตรา 50 กก./ไร่ ทำให้ค่า pH ของดินสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับเมื่อไม่ใส่ปุ๋ยคอก ซึ่งให้ผลในทางตรงกันกับ Vityakorn, Seripong, และ Kongchum (1988) พบว่า การใส่ปุ๋ยคอกในดินชุดร้อยเอ็ดในอัตราที่เพิ่มขึ้น จะทำให้ค่า pH ของดินสูงขึ้น โดยให้เหตุผลว่า เมื่อใส่ปุ๋ยคอกแล้ว pH ของดินสูงขึ้นเนื่องจากวิเคราะห์ปุ๋ยคอกพบว่ามี pH เท่ากับ 8.80 และมีปริมาณของ exchangeable base อยู่สูง นอกจากนี้ Vitosh, Davis, และ Knezek (1973) พบว่า การใส่ปุ๋ยคอกในอัตราที่สูงขึ้นร่วมกับปุ๋ยเคมี ทำให้ค่า pH ของดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับที่ใส่เฉพาะปุ๋ยเคมีอย่างเดียว อาจเป็นสาเหตุเนื่องมาจากปริมาณธาตุประจุบวกที่เป็นด่าง (basic cation) ในปุ๋ยคอกที่เพิ่มให้แก่ดิน ซึ่งจากการวิเคราะห์ดินพบว่า ธาตุประจุบวกที่เป็นด่างในดินที่ใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยเคมี มีปริมาณสูงกว่าในดินที่ใส่เฉพาะปุ๋ยเคมีอย่างเดียว และแตกต่างกันในทางสถิติ

สุรศักดิ์ และ บัทยา (2532) ได้ศึกษาทดลองการใส่วัสดุอินทรีย์ชนิดต่างๆ (ใบยูคาลิปตัส ใบกระถินณรงค์ ใบถั่วลิสง มูลวัว มูลไก่) และปุ๋ยเคมี ในดินชุดยโสธร พบว่า วัสดุอินทรีย์ทำให้ pH ของดินสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับที่ไม่ได้

ใส่วัสดุอินทรีย์ (control และปุ๋ยเคมี) คาดว่าการที่ pH ของดินสูงขึ้นนั้นอาจมีสาเหตุเนื่องจากวัสดุอินทรีย์ต่างๆ เหล่านี้มีปริมาณของ exchangeable base อยู่สูง และค่า pH ของวัสดุอินทรีย์ต่างก็มีค่าสูง

Lund และ Doss (1980) รายงานว่า การใส่ปุ๋ยคอก (dairy manure) ทำให้ค่า pH ของดินสูงขึ้น ซึ่งการเพิ่มขึ้นของค่า pH ของดินจะสัมพันธ์กับความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัส (Laverdire and De Kimpe, 1984) ทั้งนี้คาดว่าปุ๋ยคอกเป็นปัจจัยที่ทำให้ฟอสฟอรัสในดินมีปริมาณเพิ่มขึ้น และค่า pH ของดินที่เพิ่มขึ้นอาจเป็นปัจจัยโดยทางอ้อมที่จะมีผลให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินมีเพิ่มขึ้น ซึ่งจะสอดคล้องกับรายงานของ Jones (1982) ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH ของดินกรดกับความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดิน พบว่าในช่วงที่ค่า pH ของดินต่ำกว่า 3 นั้น ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินอยู่ในระดับต่ำ และเมื่อค่า pH ของดินมีค่าสูงขึ้นอยู่ในช่วง pH 3-5 ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินอยู่ในระดับปานกลาง และในช่วง pH 5-7 ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินสูงขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มค่า pH ของดินกรดให้สูงขึ้นถึงจุดที่ค่า pH ของดินประมาณ 6-7 จะมีผลทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินมีปริมาณเพิ่มขึ้น

3. ปริมาณอลูมิเนียมในดิน

การเพิ่มอินทรีย์วัตถุโดยการใส่ปุ๋ยคอกนั้น เป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยลดความเป็นพิษของอลูมิเนียมในดินกรด เนื่องจาก active group เช่น carboxylic group ซึ่งได้จากการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุหรือปุ๋ยคอก จะรวมตัวกับพวกเหล็กและอลูมิเนียมเกิดเป็นสารประกอบคีเลต แล้วปริมาณของเหล็กและอลูมิเนียมในสารละลายดินมีปริมาณลดลง ซึ่งจะมีผลทำให้การดูดซับธาตุฟอสฟอรัสโดยพวกเหล็กและอลูมิเนียมลดลง (Kamprath, 1970 and Olsen, Hensler and Attone, 1970)

Mnkeni และ Mackenzie (1985) รายงานว่า การใส่ปุ๋ยคอก (dairy farmyard manure) ในอัตรา 20 กรัมต่อกระถาง ให้แก่ดินจะมีผลทำให้ปริมาณของ exchangeable Al ในดินลดลงจากเดิม คือ 1.53 me/100 g ให้เหลือเพียง 0.35 me/100 g อาจเนื่องมาจากอลูมิเนียมในสารละลายดินทำปฏิกิริยากับกรดอินทรีย์ต่างๆ

ที่สลายตัวออกมาจากปุ๋ยคอก กลายเป็นสารประกอบ Al-organic acid complex (Hue, Graddock, and Adams, 1986)

4. ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (CEC)

อิทธิพลของปุ๋ยคอกและฟอสฟอรัสที่มีผลต่อความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน โดยปุ๋ยคอกซึ่งถูกจุลินทรีย์ในดินย่อยสลายแล้วปลดปล่อยธาตุอาหารต่าง ๆ ออกมาในรูปของสารอินทรีย์ แล้วคงเหลือสารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างสลับซับซ้อน และมีลักษณะคงทน เรียกว่า ฮิวมัส เป็นคอลลอยด์ที่มีบทบาทสำคัญมากที่จะทำให้ประจุลบปรากฏในดินมากขึ้น มีผลทำให้ค่า CEC ของดินเพิ่มขึ้น (บงบุญทด, 2528)

Kanuar และ Prihar (1962) รายงานว่า การใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 10 ตัน/เฮกตาร์/ปี เป็นเวลา 10 ปี ในดินร่วนปนสีด และดินร่วนทราย มีผลทำให้อินทรีย์คาร์บอนในดินและความจุในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกของดินเพิ่มขึ้น เนื่องจากการใส่ปุ๋ยคอกทำให้ค่า pH ของดินสูงขึ้น ซึ่ง Adams (1981) ได้ให้เหตุผลที่ pH ของดินเพิ่มขึ้นแล้วทำให้ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินเพิ่มขึ้นมาจากสาเหตุ 2 ประการ คือ 1) ไฮโดรเจนไอออนจาก organic ligands ซึ่งได้แก่ อนุมูล คาร์บอกซิล (COOH^-) จะแตกตัวเพิ่มขึ้นเมื่อ pH เพิ่มขึ้น จึงมีผลทำให้ประจุลบของดินเพิ่มขึ้น และ 2) ประจุบวกของอลูมิเนียมและเหล็กไฮดรอกไซด์ ($\text{Al} \& \text{Fe hydroxide}$) ลดลงเมื่อ pH ของดินเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงทำให้ประจุลบที่ผิวของแร่ดินเหนียวเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ Smyth และ Sanchez (1980) และ Helyar และ Anderson (1974) ก็ได้ให้เหตุผลในลักษณะคล้ายกัน คือ ดินที่มีประจุอยู่ในรูปแปรเปลี่ยน (pH-dependent charge) เมื่อ pH ของดินเพิ่มขึ้น ทำให้ประจุบวกของดินลดลงจากการรวมตัวของอลูมิเนียมและเหล็กกับอนุมูลไฮดรอกไซด์ และในขณะเดียวกันประจุลบของดินก็จะเพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะที่วัดจากผลรวมของประจุบวก (Effective C.E.C.)

Sawhney (1974) รายงานว่า เมื่อใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสให้แก่ดินทำให้ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเพิ่มขึ้น เนื่องจากอนุมูลฟอสเฟตเข้าไปดูดแบบจำเพาะ (specific adsorption) กับไฮดรอกไซด์ของอลูมิเนียมและเหล็ก ซึ่งเคลือบอยู่ที่ผิว

ของแร่ดินเหนียวโดยการแลกเปลี่ยนแบบไลแกนด์ (ligand) กับไฮดรอกซิลไอออน (OH-group) ทำให้ประจุลบเพิ่มขึ้น และทำให้อนุมูลไฮดรอกซิลในสารละลายเพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกัน pH ของดินก็เพิ่มขึ้น และชักนำให้ฟอสเฟตมีประจุลบมากขึ้น ดังนั้นฟอสเฟตที่อยู่บริเวณผิวของแร่ดินเหนียวหรือ sesquioxide ก็ทำหน้าที่เป็นบริเวณที่แลกเปลี่ยนประจุบวก ส่วน Haynes และ Ludecks (1981) พบว่า การใส่ฟอสเฟตในดิน แล้วทำให้ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินสูงขึ้น เนื่องมาจากการดูดซับ (adsorb) ฟอสเฟตทำให้ฟอสเฟตไปคั่งประจุบวกของดิน ฟอสเฟตซึ่งมีประจุลบจะทำให้ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินเพิ่มขึ้น และถ้า pH ของดินเพิ่มขึ้นฟอสเฟตก็จะมีประจุลบเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ Mekara และ Uehara (1972) ได้อธิบายว่า อนุสรณ์ประจุลบ สามารถดูดซับบนผิวของออกไซด์ใน 2 ลักษณะ คือ 1) อนุสรณ์ลบสามารถเกาะยึดที่ผิวของออกไซด์ได้เมื่อมีประจุสุทธิที่ผิวของออกไซด์มีค่าเป็นบวก 2) อนุสรณ์ประจุลบเข้าไปแทนที่อนุสรณ์ประจุลบอื่นในโครงสร้างของออกไซด์ที่เป็นโลหะ การแทนที่ของฟอสเฟตเกิดในลักษณะที่อนุสรณ์ประจุลบเข้าไปแทนที่อนุสรณ์ประจุลบอื่นในโครงสร้าง มีผลทำให้ประจุลบของออกไซด์มีค่าเพิ่มขึ้น และในขณะเดียวกันความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินเพิ่มขึ้น และพบว่า การดูดซับฟอสเฟต 1 mM (millimole) ทำให้ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินเพิ่มขึ้น 0.8 meq/100 (milli equivalent) และถ้าหากว่าใส่ฟอสเฟตเมื่อ pH ของดินมีค่าสูง ทำให้ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินเพิ่มขึ้น ด้วย ซึ่ง Gillman และ Fox (1980) ได้ทำการทดลองกับดินที่ Hawaii พบว่าที่ pH ของดินเท่ากับ 5.0 ต้องใช้ฟอสเฟตหนัก 80 mg ทำให้ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินเพิ่มขึ้น 1 mg/100 g ของดิน แต่ถ้า pH ของดินเท่ากับ 7.5 จะใช้ฟอสเฟตเพียง 40 mg ก็พอที่จะทำให้ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินเพิ่มขึ้น 1 meq/100 g ของดิน ทานองเดียวกันกับที่ Wann และ Uehara (1978) ได้ทำการทดลองพบว่า เมื่อใส่ฟอสฟอรัสในดิน Oxisol เมื่อ pH ของดินมีค่าสูงขึ้น ทำให้ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินเพิ่มขึ้นด้วย

5. Water-stability aggregation

Guttay, Cook, และ Erickson (1956) รายงานว่า การใส่ปุ๋ยคอกให้แกดินทำให้ขนาดของ water-stable aggregates เพิ่มขึ้น และ Hafez(1974) ได้ทดลองใส่ปุ๋ยคอกชนิดต่างๆในดินร่วนปนทราย พบว่า water-stable aggregates ของดินที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5-0.25 มม. มีเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ Tiarks, Mazurak และ Chesnin (1974) ยังพบว่าเมื่อใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 90, 180 และ 360 ตันต่อเอเคอร์ต่อปี แล้วไถกลบ นอกจากจะทำให้ความหนาแน่นรวม (bulk density) ลดลงแล้ว ยังทำให้เส้นผ่าศูนย์กลางสมมูลย์ของ water-stable aggregate เพิ่มขึ้นจาก 80 um เป็น 800 um

Sommerfieldt และ Chang (1985) ได้ศึกษาทดลองใส่ปุ๋ยคอกให้แกดินที่ระดับความลึก 15-30 ซม. พบว่าเม็ดดิน (soil aggregate) ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางสมมูลย์เล็กกว่า 1 มม. มีจำนวนลดลง และเม็ดดิน (soil aggregate) ที่มีขนาดใหญ่กว่า 1 มม. มีปริมาณเพิ่มขึ้น และ Pagliai และคณะ (1981) พบว่าปุ๋ยคอกมีส่วนช่วยให้ water-stable aggregate ของดินเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับ sewage sludge

Mazurak, Chesnin, และ Thijsel (1977) รายงานว่า เมื่อใส่ปุ๋ยคอกในอัตราที่เพิ่มขึ้นให้แกดิน ทำให้เปอร์เซ็นต์ water-stable aggregate ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 18.5 um เพิ่มขึ้น ในขณะที่เดียวกันกับที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเม็ดดินเฉลี่ย (Geometric mean diameter) เพิ่มขึ้น เนื่องจากการให้ปุ๋ยคอกลงไปในดินจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในดิน ซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์ซึ่งจะทำหน้าที่คล้ายกับเป็นสารเชื่อม (cementing agent) เชื่อมยึดอนุภาคดินให้เกิดเป็นเม็ดดินเพิ่มขึ้น

6. Water holding capacity

Salter, Berry, และ Williams (1967) รายงานผลการทดลองใส่ปุ๋ยคอก (Farmyard manure) ในอัตรา 8 ตันต่อไร่ ติดต่อกันเป็นเวลา 6 ปี พบว่าดินมีความชื้นที่เป็นประโยชน์ (available water) สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับดินบริเวณที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยคอก นอกจากนี้ Hafez(1974) ยังรายงานว่าการใส่ปุ๋ยคอก (farmyard

manure) ทำให้ water holding capacity ของดินเพิ่มขึ้น โดยได้ทำการทดลองกับ ดินเหนียวและดินทรายที่ระดับเปอร์เซ็นต์ความชื้น 1/3 บาร์

Sanchez(1976) รายงานว่า การใส่ปุ๋ยคอกให้แก่ดินนอกจากทำให้ water-stable aggregate เพิ่มขึ้นแล้ว ยังเพิ่มความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินอีกด้วย ทานองเดียวกันกับ John และ Mathers (1985) พบว่าการใส่ปุ๋ยคอกทำให้ water-holding capacity และการซึมซับของน้ำ(permeability)ของดินเพิ่มขึ้น ปุ๋ยคอก ยังช่วยลดความเค็มของดินลงได้ด้วย

เกรียงไกร และคณะ (2524) ได้แสดงให้เห็นว่า หลังจากการใส่ปุ๋ยคอกใน ดินชุดโคราช พบว่าคุณสมบัติทางฟิสิกส์บางประการของดินเพิ่มขึ้น ได้แก่ ขนาดของเม็ดดิน (aggregate size) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ และความชื้นของดิน

III. อิทธิพลของปุ๋ยคอกและฟอสฟอรัสที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช

Campell และคณะ (1986) ได้ทำการทดลองใส่ปุ๋ยคอกให้แก่ดินในอัตราที่เพิ่มขึ้น พบว่าความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสต่อพืชมีเพิ่มขึ้น Sampet(1978) รายงานว่า เมื่อ ใส่ฟอสฟอรัสมากถึง 50 กก./เฮกตาร์ ในทุกระดับของไนโตรเจน มีผลทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น ได้แก่ อัตราการเจริญเติบโต การเกิดปม น้ำหนักปม น้ำหนักแห้งของส่วนต้น น้ำหนักแห้งของราก และยังมีผลทำให้ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในส่วนต้นเพิ่มขึ้นด้วย นอกจากนี้ Barkert และ Barder (1985) รายงานว่า เมื่อใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นทำให้น้ำหนักแห้งของส่วนรากเพิ่มขึ้น และยังทำให้ ความยาวราก การกระจายของรากเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวของรากเพื่อเพิ่ม การดูดธาตุฟอสฟอรัสโดยที่ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในส่วนรากเพิ่มขึ้น

Hanway และ Weber (1971) ได้ทำการทดลองใส่ฟอสฟอรัส โบแทสซีเยม และไนโตรเจน ในดินที่ปลูกถั่วเหลืองหลังจากเมล็ดงอก 45 วัน พบว่าน้ำหนักของพืชเพิ่มขึ้น และ 79% ของการสะสมธาตุทั้งสามนี้เกิดขึ้นในช่วงนี้ และยังพบว่าประมาณครึ่งหนึ่งของฟอสฟอรัส โบแทสซีเยม และไนโตรเจน จะสะสมในเมล็ดซึ่งเคลื่อนย้ายจากส่วนต่างๆ ของพืชไปสะสม นอกจากนี้ Karlen, Hunt, และ Matheny (1982) พบว่าการสะสม

และการกระจายของฟอสฟอรัสในแก้วเหลืองจะเพิ่มขึ้นหลังจาก 45 วันหลังปลูก และเริ่มลดลงในช่วงที่พืชมีอายุ 120 วันหลังปลูก

Cassman Whitney และ Stockinger (1980) ได้ศึกษาทดลองการใส่ฟอสฟอรัสอัตราที่เพิ่มขึ้น คือ 0.005, 0.020, 0.050, 0.200 และ 2.00 ug P/ml ในสารละลายที่ปลูกแก้วเหลือง พบว่าน้ำหนักแห้งของบม น้ำหนักแห้งของส่วนราก และน้ำหนักแห้งของส่วนต้น เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ De Mooy, Young และ Kaap (1973) พบว่าการใส่ฟอสฟอรัสในอัตราที่สูงขึ้น คือ 0, 29 และ 58 กก.P/เฮกตาร์ ทำให้ผลผลิตของแก้วเหลืองเพิ่มสูงขึ้น และ Chesney (1973) พบว่าการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสมีผลทำให้ระดับของฟอสฟอรัสในดินเพิ่มขึ้น และยังพบว่าทำให้ผลผลิตของแก้วเหลืองเพิ่มสูงขึ้นเมื่อใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสถึง 58 กก.P/เฮกตาร์ ในฤดูปลูกแรก และฤดูต่อไปผลผลิตแก้วเหลืองจะเพิ่มเพียงเล็กน้อย

Smyth และ Sanchez (1982) ได้ทำการทดลองปลูกแก้วเหลืองในดิน Typic Acustox (Cerrado oxisols) พบว่าเมื่อใส่ซูเปอร์ฟอสเฟตธรรมดา (ordinary superphosphate) 352 กก.P/เฮกตาร์ ทำให้ผลผลิตแก้วเหลืองเพิ่มสูงสุดเมื่อเทียบกับอัตราอื่น นอกจากนี้ Cassman, Whitney และ Fox (1982) รายงานว่า การปลูกแก้วเหลืองในดินที่มีการตรึงฟอสฟอรัสสูง พบว่าแก้วเหลืองที่ตรึงไนโตรเจนได้ต้องการฟอสฟอรัสถึง 750 กก.P/เฮกตาร์ เพื่อให้ได้ผลผลิตสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นถึง 90 เปอร์เซ็นต์

De Mooy และ Pesek (1969) ได้ทดสอบผลของฟอสฟอรัสกับแก้วเหลือง พบว่าเมื่อใส่ฟอสฟอรัสอัตรา 100, 200, 300 และ 400 ppm จาก $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_3$ และอัตรา 75, 150, 225 และ 300 ppm จาก 20%P ซูเปอร์ฟอสเฟต แก้วเหลืองจะตอบสนองต่อฟอสฟอรัสในอัตรา 450 และ 500 กก.P/เฮกตาร์ (72, 80 กก.P/ไร่) โดยไม่มีผลทำให้การเกิดบมและผลผลิตของส่วนต้นเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ Jones และ Lutz (1971) พบว่าผลผลิตของแก้วเหลืองจะเพิ่มขึ้นเมื่อใส่ฟอสฟอรัสในอัตราที่เพิ่มขึ้น คือ 12.2, 24.4 และ 48.8 กก.P/เฮกตาร์ ตามลำดับ