# บทที่ 4

# วิจารณ์ผล

## 1. การเจริญเติบโตและมวลชีวภาพ

### 1.1 ความสูง น้ำหนักต้น และราก

**pH 4.6 ; control**

ในระดับ pH 4.6 มีการเจริญเติบโตของถั่วทั้งสองชนิดต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากความเป็นพิษของอะลูมินัมในดินที่มี pH 4.6 (control) ซึ่งละลายออกมามากเกินไป โดยอะลูมินัมถูกปลดปล่อยออกจาก clay lattices ที่ดินระดับ pH ต่ำกว่า 5.5 มีมากเกินไป (Langland, 1991) อีกทั้งในดินกรดจัดมาก อะลูมินัมจะอยู่ในรูป $Al^{3+}$ และ $AlOH^{2+}$ ซึ่งเป็นรูปที่เป็นพิษต่อพืช เมื่อ pH สูงขึ้น อะลูมินัมจะเปลี่ยนรูปทำให้ความเป็นพิษลดลง (Mengel and Kirkby, 1987) เจริญ และคณะ (2542) รายงานว่า อะลูมินัมในสารละลายดินหากมีความเข้มข้นมากกว่า 5 cmol (+)/kg ทำให้ถั่วมีการเจริญเติบโตลดลง ซึ่งตรงกับใน pH 4.6 ซึ่งมีอะลูมินัมมากกว่า 5 cmol (+)/kg ทำให้มีการเจริญเติบโตของถั่วทั้งสองชนิดน้อย อภิรดี (2536) กล่าวว่า ที่ pH 5.5 ความเข้มข้นของอะลูมินัมในสารละลายดินจะค่อนข้างต่ำ แต่ถ้า pH ลดลงจาก 5.0 เป็น 4.5 ความเข้มข้นของอะลูมินัมในสารละลายดินจะเพิ่มขึ้นอย่างมากจนเป็นพิษต่อพืช ซึ่งสอดคล้องกับการทดลอง คือ ใน pH 4.6 มีค่าอะลูมินัมสูงกว่าใน pH 5.4 ซึ่งอาจมีผลทำให้ถั่วใน pH 4.6 สามารถเจริญเติบโตได้น้อยกว่าใน pH 5.4 และ pH 5.8 ซึ่ง Carvalho และคณะ (1982) รายงานว่าอะลูมินัมทำให้ผลผลิตของข้าวโพดและถั่วเหลืองลดลง โดยอะลูมินัมจะทำลายราก จำกัดพัฒนาการของราก รากจะสั้น อ้วน หรือ บวมงอ มีรากอ่อนออกมาแต่น้อย ซึ่งตรงกับลักษณะการบวม งอ และสั้นอ้วน ใน pH 4.6 ที่สังเกตุพบ ทั้งในถั่วหรั่งและถั่วพร้า

นอกจากนี้ในดินระดับ pH 4.6 ซึ่งเป็นกรดจัดมากทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสที่มีต่อพืชต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากอะลูมินัมที่สะสมในรากจะยับยั้งการดูดใช้และเคลื่อนย้ายฟอสฟอรัสสู่ส่วนยอด ดังนั้นแม้ในดินจะมีฟอสฟอรัสเพียงพอแต่เมื่อมีปริมาณอะลูมินัมสูงจะเกิดการรวมตัวกับฟอสฟอรัสตกตะกอนเป็นอะลูมินัมฟอสเฟต หรือถูกยึดเอาไว้ในดินอย่างแข็งแรง ทำให้พืชมีโอกาสขาดฟอสฟอรัสได้ ส่วนอะลูมินัมอิสระในดินจะไปจับกับกลุ่มของฟอสเฟตในกรดนิวคลีอิค (nucleic acid) ซึ่งไปยับยั้งการแบ่งเซลล์ (สุมาลี, 2536) จากรายงานของออมทรัพย์ (2542)

รายงานว่า ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการมาก พืชมักจะได้รับฟอสฟอรัสไม่เพียงพอ เนื่องจากฟอสฟอรัสมีการละลายไม่ดีทำให้ความเป็นประโยชน์ต่อพืชลดลงในดินมี pH ที่ต่ำหรือสูงเกินไป (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) ซึ่งอาจทำให้ pH 4.6 มีการเจริญเติบโตของถั่วน้อยกว่าตำรับอื่นยกเว้น pH 6.6 ซึ่งมีการเจริญเติบโตน้อยเช่นกัน ความวิกฤตของธาตุอาหารพืชในดินกรดมักเกิดกับธาตุฟอสฟอรัสเนื่องจากเป็นธาตุที่พืชต้องการในปริมาณมากและถูกตรึงในดินกรด (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541 ; Bouldin *et al.*, 1985) และจากผลการวิเคราะห์สมบัติฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์หลังสับกลบเศษซากถั่วความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสที่ pH 4.6 และ pH 6.6 มีค่าต่ำ ซึ่งอาจเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ถั่วทั้งสองชนิดมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตตลอดทั้งมวลชีวภาพน้อย Sanchez (1987) รายงานว่าการขาดธาตุฟอสฟอรัสในดินกรดจัดมากที่มี pH ต่ำกว่า 5.5 เป็นปัญหาที่พบมาก เพราะดินกรดสามารถตรึงฟอสฟอรัสได้ค่อนข้างสูง ปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นที่ผิวคอลลอยด์ดินซึ่งมี Fe และ Al oxides และ hydroxides ซึ่งเป็นประจุบวกอยู่เป็นส่วนใหญ่ ประจุบวกดังกล่าวจะเกิดปฏิกิริยากับ phosphate anions บริเวณขอบ (Broken edges) ของ kaolinite clay และ allophanes โดยการดูดยึดของฟอสฟอรัสไม่ใช่เป็นการดูดยึดด้วยแรงดึงดูดเฉพาะไอออนที่ผิว แต่เป็นการดึงดูดทางไฟฟ้าระหว่างอนุภาค clay และไอออนฟอสเฟต การดูดยึดฟอสฟอรัสเป็นการแบ่งอิเล็คตรอน ทำให้ฟอสเฟตไอออนเป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างของคอลลอยด์ดิน ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสต่ำในดินกรด แต่เมื่อ pH ดินเพิ่มขึ้นจำนวนประจุบวก ( Fe และ Al oxides และ hydroxides) ที่ผิวจะลดลง ทำให้ความสามารถตรึงฟอสฟอรัสลดลง รวมทั้ง Al phosphate มีแนวโน้มว่าจะละลายมากขึ้น(solubilize) จึงทำให้ฟอสฟอรัสถูกปลดปล่อยมากขึ้น (Eduardo, 1989)

**pH 5.4 และ pH 5.8**

สำหรับ pH 5.4 และ pH 5.8 ทั้งถั่วหรั่งและถั่วพร้ามีค่าการเจริญเติบโตสูงสุด ทั้งน้ำหนักสดต้นและรากเฉลี่ย น้ำหนักฝักสดเฉลี่ย มีค่าสูงสุด ทั้งในตำรับที่ใส่ปุ๋ยและไม่ใส่ปุ๋ย เนื่องจากความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสมีความเป็นประโยชน์สูงขึ้นใน pH 5.4 และ pH 5.8 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินหลังสับกลบเป็นเวลา 4 สัปดาห์พบว่า ในดิน pH 5.4, 5.8 มีค่าฟอสฟอรัสมากกว่าตำรับอื่น ในถั่วทั้ง 2 ชนิด ทั้งใส่ปุ๋ยและไม่ใส่ปุ๋ย ซึ่งอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ถั่วสามารถเจริญเติบโตได้ดีและเกิดปมได้ดี ทั้งนี้เนื่องจากฟอสฟอรัสช่วยในการสังเคราะห์โปรตีนและสารอินทรีย์ที่สำคัญในพืช Ragland (2531) กล่าวว่าในสารละลายปลูกพืชที่ระดับ

pH 5.1 ถั่วเขตร้อน (tropical legume) จะเจริญเติบโตและมีน้ำหนักแห้งได้ดีกว่าสารละลายปลูกพืชที่มีระดับ pH 4.1 ทั้งนี้เนื่องจากสารละลายปลูกพืชที่ระดับ pH 4.1 พืชไม่สามารถดูดไนโตรเจนได้ดี และกระบวนการสังเคราะห์แสงลดลงทำให้พืชมีการสะสมไนโตรเจนและมีน้ำหนักแห้งน้อย ซึ่งอาจทำให้เป็นเหตุผลหนึ่งที่ใน pH 5.4, pH 5.8 ถั่วมีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าใน pH 4.6 ซึ่งเป็นกรดจัดมาก โดยสอดคล้องกับรายงานของเมธีและสุรชัย (2528) กล่าวว่าการยกระดับ pH ดินเป็น pH 5.5 จะเป็นระดับ pH ที่มีแคลเซียมเพียงพอกับการเจริญเติบโตของพืชโดยทั่วไป และจากรายงานของเจริญและรสมาลิน (2542) กล่าวว่าการใช้ปูนชนิดต่างๆสามารถยกระดับ pH ดินสูงขึ้นช่วยเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ เพิ่มปริมาณแคลเซียมและสามารถลดปริมาณอะลูมินัมที่เป็นพิษต่อพืช ทำให้ธาตุอาหารต่างๆอยู่ในสภาวะสมดุลเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืช (เกษม, 2530) ดังนั้นการเจริญเติบโตของถั่วทั้งสองชนิดทั้งในการทดลองที่ใส่ปุ๋ยและไม่ใส่ปุ๋ย จึงมีมากที่สุดใน pH 5.4 และ pH 5.8

**pH 6.6**

สำหรับ pH 6.6 มีการเจริญเติบโตและมวลชีวภาพน้อย ทั้งนี้เนื่องจากถั่วทั้งสองชนิดเกิดการตรึงไนโตรเจนได้น้อย อาจเกิดจากการที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่มีต่ำกว่าตำรับอื่น ใน pH 6.6 มีปริมาณแคลเซียมมาก หากมีปริมาณมากเกินไปอาจทำให้ฟอสฟอรัสเกิดการตกตะกอนกลายเป็นสารประกอบฟอสเฟตของแคลเซียมที่ละลายน้ำยาก ทำให้ pH 6.6 มีปริมาณฟอสฟอรัสน้อย การใช้ประโยชน์ฟอสฟอรัสที่ลดลงมีผลทำให้การตรึงไนโตรเจนลดลงด้วย ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณไนโตรเจนที่วิเคราะห์ได้หลังสับกลบซากถั่วลงดินเป็นเวลา 4 สัปดาห์ นอกจากนี้ใน pH 6.6 การใส่ปูนอาจทำให้เกิดการขาดจุลธาตุพวก เหล็ก แมงกานีส และโบรอน ทองแดง ซึ่งเกิดขึ้นได้เมื่อดินมีค่า pH ใกล้ 7 ทำให้พืชใช้ประโยชน์จากธาตุดังกล่าวได้น้อย (Brady,1974) โดยจุลธาตุเหล่านั้นพืชต้องการเพียงเล็กน้อยแต่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตและตรึงไนโตรเจน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา , 2541)

จากการทดลองเมื่อมีการปรับ pH ดินจาก pH 4.6 เป็น pH 5.0, pH 5.4, pH 5.8 พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักต้นและรากสดในถั่วหรั่ง 241%, 285 %, 317 % ตามลำดับ เมื่อมีการใส่ปุ๋ย และเมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ย การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักต้นและรากสดเป็น 149 %, 254 %, 292 % ตามลำดับ (ตารางที่ 36)

ตารางที่ 36 น้ำหนักต้นและรากสดเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น (%) จากระดับ pH ดินเดิมของถั่วหรั่ง เมื่อใส่ปุ๋ยและไม่ใส่ปุ๋ย

| pH | น้ำหนักต้นและรากสดที่เพิ่ม (%) | |
|---|---|---|
| | ใส่ปุ๋ย | ไม่ใส่ปุ๋ย |
| 4.6 | - | - |
| 5.0 | 241 | 149 |
| 5.4 | 285 | 254 |
| 5.8 | 317 | 292 |
| 6.2 | 169 | 75 |
| 6.4 | -9 | -9 |

และจากการทดลองเมื่อมีการปรับ pH ดินจาก pH 4.6 เป็น pH 5.0, pH 5.4, pH 5.8 พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักต้นและรากสดในถั่วพร้า 18 % , 100 % และ 95 % ตามลำดับ เมื่อมีการใส่ปุ๋ย และเมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ย การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักต้นและรากสดเป็น 23%, 89 %, 47 % ตามลำดับ (ตารางที่ 37)

ตารางที่ 37 น้ำหนักต้นและรากสดเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น (%) จากระดับ pH ดินเดิม ของถั่วพร้าเมื่อใส่ปุ๋ยและไม่ใส่ปุ๋ย

| pH | น้ำหนักต้นและรากสดที่เพิ่ม (%) | |
|---|---|---|
| | ใส่ปุ๋ย | ไม่ใส่ปุ๋ย |
| 4.6 | - | - |
| 5.0 | 18 | 23 |
| 5.4 | 100 | 89 |
| 5.8 | 95 | 47 |
| 6.2 | 35 | 17 |
| 6.4 | -11 | -29 |

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า การยกระดับ pH ดิน เป็น pH 5.8 เป็นระดับ pH ที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของถั่วหรั่ง และ pH 5.4 เป็นระดับที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของถั่วพร้า และสามารถเพิ่มมวลชีวภาพและธาตุไนโตรเจนให้แก่ดินได้อย่างเหมาะสม โดยที่เกษตรกรไม่ต้องใช้ปูนเพิ่มมากเกินไป ซึ่งทำให้เสียค่าใช้จ่ายและเวลามากขึ้น ซึ่งเป็นการลดต้นทุนการผลิตได้

## 1.2 น้ำหนักปม

**pH 4.6 ; control**

ใน pH 4.6 มีน้ำหนักปมต่ำสุด ทั้งนี้เนื่องจากใน pH 4.6 มี pH ดินต่ำ ดินเป็นกรดจัดมาก ทำให้มีความเป็นพิษของอะลูมินัมสูง และฟอสฟอรัสที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้น้อย นอกจากนี้จุลินทรีย์ดิน ตลอดจนไรโซเบียมที่ตรึงไนโตรเจนเจริญเติบโตและเกิดกิจกรรมได้น้อย จึงทำให้พืชที่ปลูกในดิน pH 4.6 มีปมจำนวนน้อยและปมที่ได้ไม่สมบูรณ์ ในดินกรดมีกิจกรรมของจุลินทรีย์ได้น้อยกว่าในดินที่เป็นกลางถึงกรดอ่อน Stevenson (1986) รายงานว่านอกจากความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช หรือ ความเป็นพิษของอะลูมินัมจะเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชแล้ว pH ของดินยังเกี่ยวข้องกับการทำงานของจุลินทรีย์ในดินด้วย

**pH 5.4 และ pH 5.8**

การใส่ปูนจนถึงระดับ pH ที่เหมาะสม คือ pH 5.4, pH 5.8 ซึ่งเป็นระดับที่อะลูมินัมละลายออกมาไม่มาก (ตารางที่ 19, 30) อีกทั้งเป็นระดับ pH ที่มีการปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ออกมามากขึ้น ซึ่งเป็นผลทำให้ถั่วทั้งสองชนิดมีปมรากจำนวนมากขึ้น และสมบูรณ์ ปมรากมีลักษณะสีชมพู ทั้งนี้เนื่องจากการยกระดับ pH ดิน ใน pH 5.4 และ pH 5.8 ทำให้สิ่งแวดล้อมเหมาะสมกับกิจกรรมของจุลินทรีย์ในการปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ออกมา (เมธี และสุรชัย, 2528 ; สุมาลี, 2536) โดยใน pH 5.4 และ pH 5.8 ถั่วมีน้ำหนักปมได้สูงสุด (ตารางที่ 5, 8) Hossner and Juo (1989) กล่าวว่าการใส่ปูนขาวเพื่อยกระดับ pH ให้สูงขึ้น ทำให้จำนวนการติดปมสูง นอกจากนี้เจริญ (2540) รายงานว่า ใน pH 5.5 ความเข้มข้นของอะลูมินัมในสารละลายดินจะค่อนข้างต่ำ ถ้า pH ลดลงจาก 5.0 เป็น 4.5 ทำให้ความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียม และแมกนีเซียมมีค่าต่ำลง ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตทั้งของถั่วและไรโซเบียม

**pH 6.6**

ใน pH 6.6 ไม่มีการเกิดปม ทำให้ไม่เกิดการตรึงไนโตรเจน จึงทำให้ถั่วทั้งสองชนิดใน pH 6.6 เจริญเติบโตได้น้อย ต้นแคระแกร็น ใบสีเหลืองไม่สมบูรณ์ เนื่องจากไนโตรเจนเป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของโปรตีนประกอบด้วยกรดอะมิโนและเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเอนไซม์ต่างๆ ซึ่งมีหน้าที่ช่วยควบคุมการทำงานของเมตาบอริซึมของพืชให้ดำเนินไปได้ตามปกติ ไนโตรเจนในพืชตระกูลถั่วเกิดขึ้นได้จากการตรึงไนโตรเจน (Brady,1974) โดยการทำงานร่วมกันของไรโซเบียมซึ่งอาศัยอยู่ที่ปมรากถั่ว และถ่ายทอดไนโตรเจนให้ถั่วและบางส่วนถูกถ่ายเทสู่ดินใกล้รากที่ปม โดยการถ่ายเทจากเซลล์ไรโซเบียมหรือการเน่าเปื่อยของปมราก เมื่อพืชและจุลินทรีย์ย่อยสลายทำให้ไนโตรเจนที่ได้จากอากาศสะสมในรูปโปรตีนและnitrogenase compound จะสะสมอยู่ในดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) สำหรับปัจจัยที่ควบคุมการตรึงไนโตรเจนส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับระดับ pH ดิน (Stevenson, 1986) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ในดิน pH 6.6 ไม่มีการสร้างปมรากและการเจริญเติบโตน้อย จากการวิเคราะห์ดินพบว่ามีไนโตรเจนในดินหลังสับกลบ 4 สัปดาห์ในปริมาณน้อย การไม่เกิดปมรากถั่วอาจเนื่องจากการใส่ปูนที่มากเกินไป ทำให้ในดิน pH 6.6 มีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนสูงกว่าตำรับอื่น ซึ่งอาจทำให้แคลเซียมตกตะกอนร่วมกับฟอสฟอรัสทำให้ไม่สามารถละลายน้ำได้ ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสจึงต่ำลง มีผลต่อการตรึงไนโตรเจนของถั่วทั้งสองชนิด เนื่องจากฟอสฟอรัสมีส่วนใน

การสร้างปม และช่วยในการทำงานของเชื้อไรโซเบียม (สมศักดิ์, 2541 ; Stevenson,1986) อีกทั้งการใส่ปูนเป็นการยกระดับแคลเซียมให้สูงขึ้น จึงทำให้พืชมีความต้องการโบรอนสูงตามไปด้วย ความสำคัญของโบรอน คือการสร้าง ribonucleic acid(RNA) เมื่อขาดโบรอนพืชจะไม่สร้างเซลล์ ทำให้ปลายรากและยอดผิดปกติ พืชหยุดการเจริญเติบโต ปมรากไม่สมบูรณ์ ภายในไม่มีท่อน้ำท่ออาหารที่ปราศจากแบคทีรอยด์ซึ่งจำเป็นต่อการตรึงไนโตรเจน(Brady,1974) สำหรับเหล็กทำหน้าที่ในการเป็นองค์ประกอบทางเคมีของสารประกอบไนโตรจีเนส เฟอร์โรด็อกซิน เล็กฮีโมโกลบิน เชื้อไรโซเบียมที่มีอยู่ในปมของพืชตระกูลถั่วจะได้รับเหล็กโดยตรงจากต้นถั่วที่มันอาศัยเท่านั้น หากขาดเหล็กทำให้ไม่เกิดปม (สมศักดิ์, 2541 ; Alexander, 1961) เจริญ (2542) รายงานว่า แมงกานีสในดินละลายน้ำได้ยากขึ้น เมื่อระดับ pH สูงขึ้น การขาดแมงกานีสจะเกิดได้กับดินที่มี pH ประมาณ 6.5-8.0 การขาดแมงกานีสจะทำให้การเจริญเติบโตลดลง ใบถั่วมีสีเหลืองคล้ายขาดธาตุเหล็กทั้งนี้เนื่องจากแมงกานีสมีบทบาทในกระบวนการ Tricarboxylic acid cycle ซึ่งเกิดขึ้นที่ chloroplast ถ้าพืชขาดจะเกิดสีเหลือง (สมศักดิ์, 2541) ซึ่งตรงกับที่ใน pH 6.6 ไม่เกิดปมรากและมีขนาดเล็ก ต้นแคระแกร็น ใบมีสีเหลือง

## 2. สมบัติทางเคมีดินก่อนและหลังการสับกลบถั่วทั้งสองชนิด

### 1) ไนโตรเจนทั้งหมด

นำดินไปวิเคราะห์ก่อนทำการทดลอง พบว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมีค่าต่ำมาก คือ 0.082% (ตารางที่ 9) ไนโตรเจนทั้งหมดที่มีอยู่ในดินเป็นส่วนใหญ่ได้มาจากการปลดปล่อยอินทรียวัตถุ (Stevenson, 1986) อินทรียวัตถุมีความเกี่ยวข้องกับไนโตรเจนที่มีอยู่ในดิน (Plam,1989) และเมื่อทำการสับกลบซากถั่วหรั่งและถั่วพร้าลงดินเป็นเวลา 4 สัปดาห์ แล้วไปวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมด ใน pH 4.6 มีค่าไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในปริมาณต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากใน pH 4.6 มีมวลชีวภาพของถั่วทั้งสองชนิดต่ำมีการเจริญเติบโตของถั่วน้อย เนื่องจากความเป็นพิษของอะลูมินัมใน pH 5.4 และ pH 5.8 มีการเจริญเติบโตของถั่วทั้งสองชนิดดีกว่า pH 4.6 เนื่องจากอะลูมินัมละลายได้น้อยลงทำให้ลดความเป็นพิษ และทำให้ฟอสฟอรัสมีความเป็นประโยชน์มากขึ้น พืชเจริญเติบโตและสามารถตรึงไนโตรเจนได้มากขึ้น ในถั่วทั้งสองชนิดจึงมีมวลชีวภาพสูง และเมื่อนำไปวิเคราะห์หาไนโตรเจนทั้งหมดใน pH 5.4 และ pH 5.8 จึงมีค่าสูงสุด (ในถั่วหรั่งมีปริมาณไนโตรเจน 0.158 %, 0.141% เมื่อมีการใส่ปุ๋ยและไม่ใส่ปุ๋ยตามลำดับ ในดิน pH 5.4 และในระดับ pH 5.8 มีปริมาณไนโตรเจน 0.152 %, 0.159 % เมื่อมีการใส่ปุ๋ยและไม่ใส่ปุ๋ย ตาม

ลำดับ ส่วนถั่วพร้า ที่ pH 5.4 มีปริมาณไนโตรเจน 0.175 %, 0.170 % เมื่อมีการใส่ปุ๋ยและไม่ใส่ปุ๋ย และที่ pH 5.8 มีปริมาณไนโตรเจน 0.182 %, 0.174 % เมื่อมีการใส่ปุ๋ยและไม่ใส่ปุ๋ยตามลำดับ ) สำหรับใน pH 6.6 ถั่วไม่เกิดปมรากจึงทำให้ไม่เกิดการตรึงไนโตรเจน และใบถั่วทั้งสองชนิดมีสีเหลือง จากผลการทดลองหลังสับกลบ พบว่ามีค่าไนโตรเจนทั้งหมดสูงกว่าก่อนการทดลองทุกตำรับการทดลอง

**2) อินทรียวัตถุ**

ก่อนการสับกลบดินชุดวิสัย (Vi) มีค่าอินทรียวัตถุต่ำมาก มีค่าเฉลี่ยวิเคราะห์ก่อนทำการทดลอง 1.31 % (ตารางที่ 9) เมื่อทำการสับกลบซากถั่วลงดินเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าใน pH 4.6 ดินมี pH ต่ำ เกิดความเป็นพิษของอะลูมินัม และพืชใช้ประโยชน์ฟอสฟอรัสได้น้อย และเกิดการตรึงฟอสฟอรัสในดิน โดยออกไซด์ของอะลูมินัม เป็นผลทำให้ถั่วทั้งสองชนิดมีมวลชีวภาพต่ำ ใน pH 4.6 แต่เมื่อใส่ปูนเพื่อยกระดับ pH ดิน เป็น pH 5.4 และ pH 5.8 พืชมีการเจริญได้ดีและมีมวลชีวภาพสูงขึ้น จึงทำให้ถั่วทั้งสองชนิดมีอินทรียวัตถุมากที่สุด อินทรียวัตถุมีความสัมพันธ์กับผลผลิต (Murumoto, 1977) เนื่องจากอินทรียวัตถุมีอิทธิพลโดยทางบวกกับสมบัติของดิน ทั้งทางเคมีและกายภาพ ทำให้การอุ้มน้ำจับตัวเป็นก้อน และทำให้มีเสถียรภาพทางอุณหภูมิดีขึ้น โดยเฉพาะ cation-exchange capacity (CEC) เนื่องจากมีการดูดยึดของอินทรีย์ หรืออนินทรีย์ anions ที่ผิวหน้า colloid ทำให้มีค่า CEC ในดินเพิ่มขึ้น (Palm, 1989) อินทรียวัตถุจะให้ธาตุไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส, กำมะถัน Stevenson (1986) รายงานว่า กระบวนการย่อยสลายอินทรียสารสามารถเกิดขึ้นได้ดีขึ้น เมื่อมีการยกระดับ pH ขึ้นเป็น 5.0 และอรพินท์ (2541) รายงานว่าการใช้พืชตระกูลถั่วเป็นพืชปุ๋ยสด ช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุของดินให้สูงกว่าเริ่มการทดลอง จากรายงานของสมศักดิ์ (2541) รายงานว่าพืชตระกูลถั่วที่ใช้เป็นพืชปุ๋ยสดเมื่อเจริญเติบโตจนถึงขั้นออกดอก แล้วถูกไถกลบลงในดินจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในดินภายในเวลา 2-3 สัปดาห์ ปุ๋ยพืชสดหลังจาก 2- 3 สัปดาห์แล้ว จะมีผลดีต่อสมบัติของดินในด้านต่างๆ ทั้งในด้านความอุดมสมบูรณ์สมบัติทางเคมี และชีวภาพ จำนวนจุลินทรีย์ ทั้งแบคทีเรีย รา และแอคทิโนมัยซิท จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว สำหรับใน pH 6.6 มีการตรึงไนโตรเจนได้น้อย เนื่องจากใน pH 6.6 ไม่มีปมรากเกิดขึ้นเลย (ตารางที่ 5, 8) จึงทำให้ถั่วทั้งสองชนิดมีการเจิญเติบโตและมวลชีวภาพน้อย และจากผลการทดลองหลังสับกลบ พบว่าอินทรียวัตถุมีค่าสูงกว่าก่อนการทดลองทุกตำรับ

**3) pH ดิน**

ในดินชุดวิสัย ดินเป็นกรดจัดมาก (pH 4.6) เมื่อสับกลบซากถั่วทั้ง 2 ชนิดลงดิน ใน pH 4.6 มีค่า pH เป็นกรดจัดมาก ดินจะอิ่มตัวไปด้วยไฮโดรเจนไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ จึงทำให้ใน pH 4.6 มีค่า pH ต่ำ ใน pH 5.0, 5.4, 5.8, 6.2, 6.6 มีระดับ pH สูงขึ้นเป็นลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลการใส่ปูนขาวที่เพิ่มขึ้นเพื่อยกระดับ pH ดิน อีกทั้งใน pH 5.4 และ pH 5.8 ถั่วทั้งสองชนิดสามารถเจริญเติบโต และมีมวลชีวภาพสูงกว่าใน pH 4.6 ทำให้อินทรียวัตถุช่วยดูดซับไฮโดรเจนไอออนทำให้ความเป็นกรดลดลง ดินมี pH สูงขึ้น

**4) ฟอสฟอรัส**

ฟอสฟอรัสในดินชุดวิสัยก่อนทำการทดลองพบว่ามีค่าต่ำมาก (2.5 mg/kg) เมื่อมีการสับกลบซากถั่วลงดินเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าใน pH 4.6 ของถั่วหรั่งมีค่าฟอสฟอรัสต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากดินก่อนสับกลบเป็นกรดจัดมาก ดินมีการตรึงฟอสฟอรัส ทำให้ฟอสฟอรัสมีความเป็นประโยชน์ต่อพืชต่ำ รวมถึงฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารชนิดหนึ่งซึ่งได้จากการปลดปล่อยจากซากพืช และใน pH 4.6 ดินเป็นกรดจัดมาก ทำให้ฟอสฟอรัสถูกตรึงและมีมวลชีวภาพที่ได้จากซากถั่วต่ำกว่าตำรับอื่น จึงทำให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีค่าต่ำ แต่เมื่อยกระดับเป็น pH 5.4 และ pH 5.8 ฟอสฟอรัสมีค่าสูงขึ้นทั้งในถั่วหรั่งและถั่วพร้า เนื่องจากฟอสฟอรัสถูกตรึงน้อยลงเมื่อ pH สูงขึ้น อีกทั้งมีมวลชีวภาพสูงกว่าในสภาพดินกรดจัดมาก ส่วนใน pH 6.6 เป็นระดับที่ทั้งถั่วหรั่งและถั่วพร้าไม่เกิดปม จึงไม่มีการตรึงไนโตรเจน จึงทำให้ถั่วทั้งสองชนิดใน pH 6.6 มีมวลชีวภาพน้อย การตกตะกอนของฟอสฟอรัสกับแคลเซียมจากปูนใน pH 6.6 ทำให้ฟอสฟอรัสมีค่าต่ำ ทำให้การปลดปล่อยฟอสฟอรัสจากเศษซากถั่วได้น้อยเช่นกัน และในทุกตำรับเมื่อมีการสับกลบซากอินทรียวัตถุมีฟอสฟอรัสสูงขึ้นทุกตำรับการทดลอง ทั้งนี้เนื่องจากฟอสฟอรัสส่วนหนึ่งได้จากการย่อยซากอินทรีย์ ซึ่งตรงกับรายงานของประพิศ (2538) รายงานว่า เมื่อคลุกแหนแดงในดินที่ปลูกข้าวจะปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกมา และทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในทุกชุดดินสูงขึ้น และอรพินท์ (2541) รายงานว่าเมื่อมีการย่อยสลายอินทรียวัตถุจะมีฟอสฟอรัสออกมาด้วย เนื่องจากฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในถั่วถูกปลดปล่อยออกมาเมื่อมีการย่อยสลายอินทรียวัตถุทำให้มีฟอสฟอรัสสูงกว่าก่อนสับกลบพืชปุ๋ยสดซึ่งตรงกับผลการทดลองหลังสับกลบซึ่งมีมากกว่าก่อนการทดลอง

### 5) แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

ดินก่อนทำการทดลองมีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำ (0.25 cmol(+)/kg) (ตารางที่ 9)ทั้งนี้เนื่องจากในดินกรดจัดมากปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่พื้นผิวคอลลอยด์มีน้อย เพราะในดินจะอิ่มตัวไปด้วยไฮโดรเจนไอออน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541 ; Stevenson, 1986) เมื่อมีการใส่ปูนเพื่อยกระดับ pH ของดิน ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินจะสูงขึ้น เป็นปฏิภาคโดยตรงกับปริมาณปูนที่ใส่ ทั้งนี้เนื่องจากปูนขาว ($Ca(OH)_2$) จะแตกตัวให้ $Ca^{2+}$ ในสารละลายดินโดยตรง (Brady,1974)

โดยทั่วไปดินที่เหมาะสมแก่การปลูกพืชควรมี แคลเซียม : แมกนีเซียม : โพแทสเซียม ประมาณ10:3:1 ระดับความเป็นประโยชน์ของแคลเซียมมักไม่คำนึงถึงความเข้มข้นของแคลเซียมที่สูงหรือต่ำเกินไป แต่คำนึงถึงสมดุลของธาตุอาหารที่พืชดูดไปใช้ ขณะเดียวกันความเข้มข้นของธาตุอาหารชนิดอื่นก็มีผลต่อการดูดแคลเซียมของพืชด้วย เช่น ดินที่มีแมกนีเซียม โพแทสเซียม โซเดียม แอมโมเนียมต่ำ พืชจะดูดแคลเซียมมากขึ้น แต่ในดินที่มีแมกนีเซียม โพแทสเซียม โซเดียม แอมโนเนียมไอออนสูงจะทำให้พืชดูดแคลเซียมได้น้อยลง (Brady, 1974)

### 6) แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

แมกนีเซียมก่อนทำการทดลองมีค่าต่ำ (0.11 cmol(+)/kg) (ตารางที่ 9) หลังจากสับกลบซากถั่วทั้งสองชนิดลงดิน ใน pH 4.6 มีค่าต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากใน pH 4.6 มีไฮโดรเจนไอออนอยู่ในสารละลายมากทำให้มีค่าแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในสารละลายดินต่ำ

ใน pH 5.4 และ pH 5.8 มีค่าแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงสุด ทั้งนี้อาจเนื่องจากปริมาณไฮโดรเจนไอออนในสารละลายดินมีปริมาณลดลง ทำให้แมกนีเซียมไอออนที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าสูงขึ้น (สุมาลี, 2536) อีกทั้งใน pH 5.8 และ pH 5.4 ดินมีอินทรียวัตถุสูงสุด ทำให้แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงขึ้น ใน pH 6.6 มีค่าแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้น้อย เนื่องจากการใส่ปูนขาว ($Ca(OH)_2$) ในระดับสูง จะก่อให้เกิดความไม่สมดุลระหว่าง Ca : Mg ผลที่ตามมาจะทำให้มีแมกนีเซียมได้น้อย สอดคล้องกับรายงานของสุมาลี (2536) กล่าวว่าระยะแรกระดับความเป็นประโยชน์ของแมกนีเซียมจะเพิ่มขึ้นตาม pH แต่เมื่อเพิ่ม pH ของดินให้สูงจน pH

เป็นด่าง ความเป็นประโยชน์ของแมกนีเซียมจะลดลง (Brady, 1974) และจากผลการทดลองหลังสับกลบพบว่าแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าสูงกว่าก่อนการทดลองทุกตำรับ

### 7) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

หลังจากสับกลบซากถั่วทั้งสองชนิดลงดินพบว่าใน pH 4.6 มีค่าโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากดินที่เป็นกรดมีการตรึงโพแทสเซียมได้น้อย เพราะดินกรดมีอะลูมินัมไปจับในสภาพแลกเปลี่ยนได้กับจุดแลกเปลี่ยนด้วยแรงที่แข็งแรงกว่า จึงทำให้โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ไม่สามารถถูกตรึงได้ ทำให้พืชไม่สามารถดึงดูดโพแทสเซียมไปใช้ประโยชน์ได้ เมื่อยกระดับ pH ดิน ให้สูงขึ้น ใน pH 5.4 และ pH 5.8 มีค่าโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงสุด ทั้งนี้เนื่องจาก ใน pH 5.4 และ pH 5.8 มีมวลชีวภาพของเศษซากพืชที่สับกลบลงดินสูงกว่าตำรับอื่นๆ จึงทำให้โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในสารละลายดินมีประโยชน์มากขึ้นเพราะประจุบวกโพแทสเซียมถูกอินทรียวัตถุในดินดูดยึดไว้ตามพื้นผิวนอก ซึ่งสามารถแลกเปลี่ยนกับประจุบวกอื่นๆได้ โดยประจุบวกโพแทสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้เหล่านี้เป็นแหล่งหลักของโพแทสเซียมให้พืชใช้ได้ (ถวิล, 2540) ใน pH 6.6 มีค่าโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำสุด ทั้งนี้เนื่องจากแคลเซียมไอออนจะแข่งขันกับโพแทสเซียมไอออน การใส่ปูนขาว($Ca(OH)_2$) ในระดับสูงจะทำให้พืชดึงดูดโพแทสเซียมได้ลดลง หากมีการใส่ปูนมากเกินไปอาจทำให้โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินลดลง โดย $Ca^{2+}$, $Mg^{2+}$ จะไปไล่ที่ $K^{+}$ ที่แลกเปลี่ยนได้ด้วย (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541 ; สุมาลี, 2536 ) ซึ่งผลการวิเคราะห์ดินหลังสับกลบซากพืช พบว่าโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ตารางที่ 16) เมื่อยกระดับจนดินมี pH 6.6 มีโพแทสเซียมลดลง จึงอาจมีผลทำให้การเจริญเติบโตและเกิดปมของถั่วทั้ง 2 ชนิดมีต่ำกว่าในตำรับอื่น ทั้งเมื่อมีการใส่ปุ๋ยและไม่ใส่ปุ๋ยตามลำดับ

### 8) โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้

ก่อนการทดลองโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้มีปริมาณต่ำเนื่องจากดินชุดวิสัยเป็นดินกรดจัดมาก ทำให้มีปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในสารละลายต่ำ เนื่องจากในสภาพดินกรดจะมีปริมาณไฮโดรเจนไอออนในสารละลายสูง หลังจากสับกลบเศษซากถั่วทั้งสองชนิดลงดิน ทั้งใส่ปุ๋ยและไม่ใส่ปุ๋ย พบว่าใน pH 4.6 มีค่าโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้น้อย เนื่องจากในสภาพที่ดินมี pH ต่ำ (เป็นกรด) จะมีค่าโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในสารละลายต่ำ (สุมาลี, 2536) เมื่อยก

ระดับ pH ให้สูงขึ้น ใน pH 5.4 และ pH 5.8 พบว่ามีค่าสูงสุด ใน pH 6.6 มีค่าโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำสุดทั้งนี้เนื่องจากแคลเซียมไอออนจะแข่งขันกับโซเดียมไอออน(เช่นเดียวกับโพแทสเซียมไอออน) การใส่ปูนขาวในระดับสูงจะทำให้มีการดึงดูดโซเดียมไอออนได้ลดลง (สุมาลี, 2536 ; Bouldin, 1985) และจากผลการทดลองหลังสับกลบพบว่าโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าสูงกว่าก่อนการทดลองทุกตำรับ

**9) อะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้**

ในดินชุดวิสัยเป็นดินกรดจัดมี pH ต่ำ ดินมีอะลูมินัมในสารละลายสูงมาก (จากตารางที่ 9) ซึ่งเป็นระดับที่เป็นพิษกับพืชสูงมาก เนื่องจากใน pH ต่ำกว่า 5.0 อะลูมินัมจะอยู่ในรูปที่เป็นพิษ ซึ่งมีความเข้มข้นสูงเมื่อดิน pH ต่ำ เมื่อปรับระดับ pH ให้สูงขึ้นใน pH 5.4, pH 5.8 อะลูมินัมจะเปลี่ยนไปเป็นรูปซึ่งไม่เป็นพิษต่อพืช

นอกจากนี้ระดับอะลูมินัมในสารละลายดินยังขึ้นอยู่กับอินทรียวัตถุ อะลูมินัมในสารละลายดินจะลดลงเมื่ออินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น เนื่องจากอินทรียวัตถุทำปฏิกิริยาเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับกับอะลูมินัมในสารละลายดิน จึงทำให้ใน pH 5.4 และ pH 5.8 มีปริมาณอะลูมินัมที่สกัดได้ต่ำกว่า pH 4.6 และ pH 6.6 เนื่องจากใน pH 5.4 และ pH 5.8 มีมวลชีวภาพของถั่วทั้งสองชนิดสูงโดยอินทรียวัตถุทำปฏิกิริยาเกิดสารประกอบเชิงซ้อน (Stevenson, 1986) และจากผลการทดลองหลังสับกลบพบว่าอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าต่ำกว่าก่อนการทดลองทุกตำรับ

**10) ไฮโดรเจนไอออน**

ในดินชุดวิสัยเป็นดินกรดจัดที่มี pH ต่ำ ดินจึงมีไฮโดรเจนไอออนอยู่ในสารละลายดินสูงมาก (2.90 cmol(+)/kg) (จากตารางที่ 9) ซึ่งเป็นระดับที่สูงทำให้เกิดการแข่งกันกับไอออนบวกที่เป็นด่าง เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ดินมี โพแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำ หลังจากสับกลบซากถั่วทั้งสองชนิดลงดินเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าใน pH 4.6 มีค่าไฮโดรเจนไอออนในสารละลายดินสูง เนื่องจากใน pH 4.6 มี pH ต่ำ จึงมีการปลดปล่อยไฮโดรเจนไอออนออกมา และใน pH ที่ต่ำกว่า 5.5 ทั้งอะลูมินัมไอออนและไฮโดรเจนไอออนจะแตกตัวออกมา (สุมาลี, 2536) ใน pH 5.4 มีค่าไฮโดรเจนไอออนลดลง เนื่องจากอินทรียวัตถุใน pH 5.4 และ pH 5.8 ที่มากขึ้น ทำให้ค่าไฮโดรเจนไอออนละลายออกมาน้อยลง และเมื่อใส่ปูนขาว ($Ca(OH)_2$) ลงไปในดิน $OH^-$ ไปจับกับไฮโดรเจนไอออนทำให้ไฮโดรเจนไอออนในสาร

ละลายลดลง ส่วนใน pH 6.6 มีค่าต่ำสุด เนื่องจากใน pH 6.6 มี $OH^-$ จากปูนไปจับตัวกับไฮโดรเจนไอออน

**11) กำมะถันที่สกัดได้**

ในดินก่อนการทดลองมีกำมะถันที่สกัดได้ 2.32 mg/kg (ตารางที่ 9) ซึ่งจัดว่ามีระดับต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากดินเดิมเป็นกรดจัดมาก ซึ่งเป็นดินที่มีความสามารถในการดูดซับกำมะถันที่สกัดได้ในปริมาณต่ำ และเมื่อสับกลบซากถั่วลงดินเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ใน pH 4.6 พบว่ามีค่าต่ำ เนื่องจากส่วนหนึ่งของกำมะถันที่สกัดได้ ได้จากซากอินทรียวัตถุที่ปลดปล่อยออกมา ใน pH 5.4 และ pH 5.8 ซึ่งมีค่ามวลชีวภาพสูง การใส่ซากอินทรียลงไปในดินจะก่อให้เกิดการปลดปล่อยกำมะถันเช่นเดียวกับไนโตรเจน ซึ่งเกี่ยวข้องกับกิจกรรมของจุลินทรีย์ เมื่ออินทรียวัตถุถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายจะได้กำมะถันในรูปซัลเฟตที่ดูดไปใช้ได้ทันที แหล่งหลักของกำมะถันที่สำคัญสำหรับพืช คือ อินทรียวัตถุในดิน (ถวิล, 2540) ใน pH 5.4, 5.8 มีการปลดปล่อยกำมะถันที่สกัดได้ออกมาได้สูงกว่าใน pH 4.6(control) และ pH 6.6 เนื่องจากมีการย่อยสลายซากพืชซึ่งมีมวลชีวภาพสูงและ pH เหมาะสมสำหรับการย่อยสลายของจุลินทรีย์ดิน (Brady, 1974) และโดยรวมแล้วหลังการสับกลบเศษซากถั่วลงดินทำให้สมบัติของดินขึ้น ดินมีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้นทั้งทางด้านกายภาพและชีวภาพ ซึ่งเป็นผลทำให้ผลผลิตของพืชหลังสับกลบสูงขึ้น ซึ่งตรงกับรายงานของ Dayegamiye (2002)

**3. การปลดปล่อยไนโตรเจน (N-mineralization)**

จากการบ่มดินด้วยซากถั่วหรั่งและถั่วพร้า ในวันที่ 4, 14, 28, 42, 56, 70, 84 หลังสับกลบนำไปวัดค่า $NH_4^+$ และ $NO_3^-$ โดยวิธีการกลั่น ใช้ KCl เป็นตัวสกัด เมื่อมีการใส่ปุ๋ย (ตารางที่ 32) พบว่าไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ที่วัดได้หลังจากการบ่มดิน ในวันที่ 4 ใน pH 5.4 และ pH 5.8 มีค่าไม่แตกต่างทางสถิติและมีค่าสูงสุด และ ใน pH 4.6 เกิดการปลดปล่อยไนโตรเจน ได้น้อย เนื่องมาจากมีมวลชีวภาพของถั่วทั้ง 2 ชนิดน้อย เพราะถั่วมีการเจริญเติบโตน้อย เนื่องจาก ใน pH 4.6 ดินเป็นกรดจัดมาก ทำให้เกิดความเป็นพิษของอะลูมินัม และฟอสฟอรัสถูกตรึงมาก ทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสลดลง ความเป็นประโยชน์ของแคลเซียม โพแทสเซียม โซเดียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำ เนื่องจากในดินมีปริมาณไฮโดรเจน

ไอออนที่ดูดซับที่อนุภาคดินมาก ทำให้ไอออนที่เป็นด่างมีค่าต่ำลง เป็นผลทำให้พืชมีการเจริญเติบโตและการตรึงไนโตรเจนน้อย

การที่มีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์น้อยใน pH 4.6 (ดินกรด) โดยเฉพาะฟอสฟอรัสและความเป็นพิษของอะลูมินัม จึงทำให้มีมวลชีวภาพน้อย เมื่อมีการย่อยสลายซากพืช จึงทำให้มีการปลดปล่อย $NH^{+}_{4}$ และ $NO_3^-$ ออกมาน้อย นอกจากนี้การทำงานของจุลินทรีย์เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ใน pH 4.6 จะถูกจำกัด Alexander(1961) กล่าวว่า จุลินทรีย์ทำหน้าที่ปลดปล่อยไนโตรเจนจะเจริญเติบโตได้น้อยใน pH ที่เป็นกรดจัดมาก Klemmedson และคณะ (1989) รายงานว่าในดินที่มีตำรับการทดลองโดยใส่ปุ๋ยพืชสดและดินมี pH เป็นกรดอ่อน-กลาง ทำให้เกิดการปลดปล่อยไนโตรเจนได้ดี

การปลดปล่อยไนโตรเจนในรูป $NH^{+}_{4}$ และ $NO_3^-$ ใน pH 5.4 และ pH 5.8 เกิดขึ้นได้มากที่สุด (ตารางที่ 32, 33, 34, 35 ) ทั้งนี้เนื่องจากการมีมวลชีวภาพมาก เมื่อมีการยกระดับดินมากกว่า pH 5.0 ทำให้ความเป็นพิษของอะลูมินัมลดลง และมีความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสมากขึ้น และธาตุอาหารแคลเซียม โซเดียม โพแทสเซียม แมกนีเซียม ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น(Langland,1991) และมวลชีวภาพของปุ๋ยพืชสดมีผลทำให้เกิดการปลดปล่อยไนโตรเจนได้มากขึ้น (Dayegamiye , 2002) Peter และ Calvert (1982) กล่าวว่า หากมีไนโตรเจนในเศษซากพืชมากก็จะมีอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนออกมามาก และถั่วทั้งสองชนิดมีปริมาณปมรากมากขึ้นใน pH 5.4 และ pH 5.8 ซึ่งแสดงว่าใน pH 5.4 และ pH 5.8 ถั่วทั้งสองชนิดสามารถตรึงไนโตรเจนได้มากขึ้นทั้งนี้เนื่องจากเชื้อไรโซเบียมสามารถเจริญเติบโตและเกิดกิจกรรมได้มากกว่าในดินกรดจัดมาก (สมศักดิ์, 2541) นอกจากนี้ใน pH 5.4 และ pH 5.8 จุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่ย่อยสลายซากพืชสามารถทำงานได้ดีขึ้น มีแต่เชื้อราเท่านั้นที่สามารถทำงานได้ในสภาพดินกรดจัดมาก (Stevenson,1986) Alexander(1961) กล่าวว่า จุลินทรีย์ซึ่งทำหน้าที่ปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนจะเกิดได้น้อยใน pH ที่เป็นกรดจัดมาก ดังนั้นเมื่อใส่ปูนลงไปในดินที่เป็นกรดจึงมีผลให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินมีประโยชน์ขึ้น มีการเน่าเปื่อยผุพังของอินทรียวัตถุและปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาในดิน ทำให้จุลินทรีย์ดินย่อยสลายซากอินทรีย์ ใน pH 5.4 และ pH 5.8 มากกว่าตำรับอื่น

ใน pH 6.6 มีการปลดปล่อยไนโตรเจนใน รูป $NH_4^+$ และ $NO_3^-$ ออกมาน้อยมาก ทั้งในถั่วหรั่งและถั่วพร้า ทั้งนี้เนื่องจากมวลชีวภาพของถั่วทั้งสองชนิดมีน้อย อีกทั้งใน pH 6.6 ไม่มีปมที่รากของถั่วทั้งสองชนิดจึงไม่เกิดการตรึงไนโตรเจนของถั่วทั้งสองชนิดใน pH 6.6 ขึ้นได้

ในถั่วพร้ามีการปลดปล่อย $NH_4^+$ และ $NO_3^-$ ได้มากกว่าถั่วหรั่ง เพราะว่าถั่วพร้ามีมวลชีวภาพสูงกว่าถั่วหรั่ง อีกทั้งการสับกลบซากถั่วพร้าในช่วงที่ออกดอกซึ่งเป็นช่วงที่มีไนโตรเจนสะสมมากที่สุด (กรมพัฒนาที่ดิน, ไม่ระบุ พ.ศ.) ส่วนถั่วหรั่งสับกลบเมื่อเลยระยะออกดอกไปแล้ว มีไนโตรเจนที่สะสมในซากถั่วน้อยลง เมื่อนำตัวอย่างดินไปวิเคราะห์จึงทำให้มีไนโตรเจนที่ปลดปล่อยน้อยกว่า อีกทั้งไม่มีปมใน pH 6.6 ไม่เกิดการตรึงไนโตรเจน ทำให้มีการสะสมไนโตรเจนในต้นถั่วทั้งสองชนิดน้อยทั้งในตำรับที่ใส่ปุ๋ยและไม่ใส่ปุ๋ย จึงทำให้มีการปลดปล่อย $NH_4^+$ และ $NO_3^-$ ออกมาได้ต่ำ

กระบวนการ nitrification จะเกิดได้ดีในดินที่มี pH มากกว่า 5.5 (เกษมศรี, 2541) จึงอาจทำให้การปลดปล่อยไนโตรเจนในถั่วพร้าในระดับ pH 5.8 ซึ่งมีมวลชีวภาพน้อยกว่า pH 5.4 มีการปลดปล่อยไนโตรเจนได้ดีกว่าระดับ pH 5.4 ซึ่งมวลชีวภาพมากกว่า

อัตราการปลดปล่อยไนโตรเจน ระยะแรกมีการปลดปล่อยไนโตรเจนเกิดขึ้นน้อย และสูงขึ้นในวันที่ 14 ของการสับกลบ และสูงสุดในวันที่ 28-42 ของการสับกลบ ในถั่วหรั่ง และในวันที่ 28-56 ของการสับกลบ ในถั่วพร้า โดยในการทดลองที่ใส่ปุ๋ยมีการปลดปล่อยไนโตรเจนสูงกว่าการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ย ทั้งนี้เนื่องจากการทดลองที่ใส่ปุ๋ยมีมวลชีวภาพที่สูงกว่า ในระยะแรกของการย่อยสลายจะเป็นการย่อยสลายของพวกย่อยสลายง่าย ต่อมาก็จะเป็นพวกย่อยสลายยาก (Stevenson, 1986) ซึ่งทำให้ได้ค่า $NH_4^+$ และ $NO_3^-$ ต่ำ จากรายงานของ ปรัชญา(2540) กล่าวว่า องค์ประกอบทางเคมีของวัสดุที่ย่อยสลายมีองค์ประกอบ 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ คาร์โบไฮเดรท ที่ย่อยสลายง่าย และย่อยสลายยาก (น้ำตาล , แป้ง, เซลลูโลส, เฮมิเซลลูโลส และ เพคตินลิกนิน) และสารประกอบไนโตรเจน (กรดอะมิโน โปรตีน และสารอนินทรีย์ไนโตรเจน) โดยพวกน้ำตาล แป้ง เพคติน กรดอะมิโน โปรตีน และสารอนินทรีย์ไนโตรเจน เป็นองค์ประกอบที่ถูกย่อยสลายได้ง่าย ส่วนเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสจะถูกย่อยอันดับต่อมา สำหรับลิกนินทนทานต่อการย่อยสลาย ในพืชที่ย่อยสลายยากมี C:N สูง แต่ในพืชตระกูลถั่วซึ่งมีไนโตรเจนสูง มี C:N ลดลง Alexander(1961) รายงานว่าสารประกอบคาร์บอนและไนโตรเจนเป็นสารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์โดยเชื้อจุลินทรีย์จะย่อยสลายอินทรีย์คาร์บอนจนกระทั่งได้โมเลกุลเล็กและนำเข้าในเซลล์เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงาน และส่วนประกอบของเซลล์ Cotrufo และคณะ(1995) รายงานว่า การใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ที่มี C:N ต่ำ เช่น พืชตระกูลถั่วจะมีผลทำให้อัตราการย่อยสลายเกิดอย่างรวดเร็วและใช้ระยะเวลาการย่อยสลายสั้นกว่าวัสดุที่มีปริมาณไนโตรเจนต่ำ การย่อยสลายเศษซากพืชจะมีผลทำให้การปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในรูป $NH_4^+$ และ $NO_3^-$ เพิ่มขึ้นด้วย (Stevenson, 1986) ความเป็นประโยชน์ของ

ไนโตรเจนจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิด ปริมาณ และองค์ประกอบของคาร์บอนและไนโตรเจนของอินทรียวัตถุ pH ดิน จุลินทรีย์ดินนอกจากจะทำหน้าที่ในการย่อยสลายอินทรียในดินแล้ว ยังเป็นแหล่งให้ไนโตรเจนแก่ดิน ซึ่งเห็นได้ว่าการเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดิน ทำให้ปลดปล่อยไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น (ประไพ, 2536) และจากผลการทดลองเมื่อปรับระดับ pH ดิน จาก pH 4.6 เป็น pH 5.0 , pH 5.4 , pH 5.8 เมื่อมีการใส่ปุ๋ย ทำให้เกิดการปลดปล่อยไนโตรเจนเพิ่มขึ้นจากระดับดินเดิม ในถั่วหรั่ง 29 % , 216 %, 248 % ตามลำดับ และหากใส่ปูนเพื่อปรับระดับ pH อย่างเดียวโดยไม่ใส่ปุ๋ยมีการปลดปล่อยไนโตรเจนเพิ่มขึ้น 29 %, 161%, 163 % ตามลำดับ (ตารางที่ 38 ) และในถั่วพร้า เมื่อปรับระดับ pH 4.6 เป็น pH 5.0, pH 5.4, pH 5.8 มีการปลดปล่อยไนโตรเจนเพิ่มขึ้นจากระดับเดิมเป็น 1%, 71 %, 84 % เมื่อมีการใส่ปุ๋ย และเมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ย มีการปลดปล่อยไนโตรเจนเพิ่มขึ้นจากระดับ pH ดินเดิมเป็น 8 %, 85 %, 109 % (ตารางที่39) ซึ่งทำให้ได้ปุ๋ยไนโตรเจนจากปุ๋ยพืชสดเพิ่มขึ้นเป็นการลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนลงได้

ตารางที่ 38 การปลดปล่อยไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น (%) จากระดับ pH ดินเดิม ในถั่วหรั่งที่ระดับ pH ต่างๆ ในวันที่ 42 ของการสับกลบ

| pH | $NH_4^+$ และ $NO_3^-$ (mg/100 g soil) | | $NH_4^+$ และ $NO_3^-$ ที่เพิ่มขึ้น (%) | |
|---|---|---|---|---|
| | ใส่ปุ๋ย | ไม่ใส่ปุ๋ย | ใส่ปุ๋ย | ไม่ใส่ปุ๋ย |
| 4.6 | 1.92 | 1.74 | - | - |
| 5.0 | 2.49 | 2.26 | 29 | 29 |
| 5.4 | 6.07 | 4.55 | 216 | 161 |
| 5.8 | 6.70 | 4.58 | 248 | 163 |
| 6.2 | 2.29 | 1.92 | 19 | 10 |
| 6.6 | 0.97 | 0.74 | -49 | -57 |

ตารางที่ 39 การปลดปล่อยไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น (%) จากระดับ pH ดินเดิม ในถั่วพร้าที่ระดับ pH ต่างๆ ในวันที่ 42 ของการสับกลบ

| pH | $NH_4^+$และ $NO_3^-$(mg/100 g soil) | | $NH_4^+$และ $NO_3^-$ ที่เพิ่มขึ้น (%) | |
|---|---|---|---|---|
| | ใส่ปุ๋ย | ไม่ใส่ปุ๋ย | ใส่ปุ๋ย | ไม่ใส่ปุ๋ย |
| 4.6 | 6.85 | 5.54 | - | - |
| 5.0 | 6.97 | 6.02 | 1 | 8 |
| 5.4 | 11.72 | 10.29 | 71 | 85 |
| 5.8 | 12.66 | 11.63 | 84 | 109 |
| 6.2 | 5.64 | 4.81 | -17 | -13 |
| 6.6 | 4.52 | 4.58 | -34 | -17 |

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าการใส่ปูนเพื่อยกระดับเป็น pH 5.4 และ pH 5.8 เป็นระดับ pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของถั่วหรั่งและถั่วพร้า เนื่องจากสามารถเพิ่มมวลชีวภาพได้มากที่สุด และมีความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชสูงขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มต้นทุนเพียงเล็กน้อย โดยการใส่ปูนแม้ว่าเกษตรกรจะไม่ใส่ปุ๋ยก็ตาม แต่หากมีการใส่ปูนมวลชีวภาพของถั่วก็จะเพิ่มมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม การใส่ปูนมากเกินไป นอกจากจะไปเพิ่มต้นทุนการผลิตในส่วนของปูนและแรงงานที่สูงขึ้นแล้ว มวลชีวภาพของถั่วที่ได้รับก็ยังลดลงด้วย ซึ่งเป็นผลทำให้แร่ธาตุอาหารที่ได้รับจากมวลชีวภาพของพืชโดยตรง เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส กำมะถัน ลดลงแล้ว ยังทำให้การปลดปล่อยไนโตรเจนลดลงด้วย เนื่องจากกิจกรรมดังกล่าวมีความสัมพันธ์โดยตรงกับมวลชีวภาพของพืชและระดับ pH ดิน