ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง

ผลของการใช้กำมะถันอัตราต่างๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นถั่วเหลืองในดินแคลคาเรียส

The Effect of Different Rates of Elemental Sulfur on the Soybean Growth in a Calcareous Soil.

โดย

นางสาวขนัดยา ลลิตจรูญ
นางสาวพุทธิธร แสงรุ่งเรือง

เสนอ

ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

พ.ศ. 2540

ใบรับรองปัญหาพิเศษปริญญาตรี
ภาควิชาปฐพีวิทยา

เรื่อง

ผลของการใช้กำมะถันอัตราต่างๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นถั่วเหลืองในดินแคลคาเรียส

The Effect of Different Rates of Elemental Sulfur on the Soybean Growth in a Calcareous Soil.

โดย

นางสาวขนัตยา ลลิตจรูญ
นางสาวพุทธิธร แสงรุ่งเรือง

....
(ดร.เทียนชัย สุวรรณเวช)
อาจารย์ที่ปรึกษา

ภาควิชารับรองแล้ว

....
(รศ.ดร.สุมิตรา ภู่วโรดม)
หัวหน้าภาควิชาปฐพีวิทยา

วันที่...13...เดือน...พ.ค....พ.ศ...41...

คำนิยม

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ดร.เทียนชัย สุวรรณเวช อาจารย์ที่ปรึกษา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำ จนปัญหาพิเศษนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ อาจารย์นุกูล ถวิลถึง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำการวิเคราะห์ทางเคมี

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ธีรวัฒน์ กษิรวัฒน์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่กรุณาให้เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ คุณนุจรี บุญแปลง เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยาที่ให้ความสะดวกในเรื่องอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้

ขอขอบคุณเพื่อนๆภาควิชาปฐพีวิทยาที่คอยช่วยเหลือ และภาควิชาอื่นๆที่ให้กำลังใจในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ที่ช่วยให้การสนับสนุนในการศึกษาและช่วยให้กำลังใจมาโดยตลอด ทำให้ปัญหาพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายขอขอบพระคุณพี่หงษ์ และน้องป้อม ที่ให้ความสะดวกในเรื่องอุปกรณ์ในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้

บทคัดย่อ

การทดลองนี้เป็นการศึกษาผลของการใช้กำมะถัน ในอัตราต่างๆกัน ปรับปรุงดินที่มีปูนมากที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการดึงดูดธาตุอาหารต่างๆของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เมื่อปลูกในชุดดินตาคลี ในกระถางทดลอง โดยวางแผนการทดลองแบบ Split plot design จำนวน 3 ซ้ำ ทำการบ่มดินเป็นเวลา 2 เดือน และ 3 เดือน ตำรับการทดลองประกอบไปด้วย ใส่กำมะถัน 0, 500, 1,000, 1,500 และ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ทำการวัดการเจริญเติบโตของถั่วเหลือง แล้วเก็บตัวอย่างพืชและตัวอย่างดินทดลองไปทำการวิเคราะห์ทางเคมีในห้องปฏิบัติการ

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลตัวเลขในทางสถิติปรากฏว่า การใส่กำมะถันลงไปในดินแล้วบ่มดินเป็นเวลา 2 และ 3 เดือน ไม่ทำให้ค่า pH ของดินก่อนปลูกพืช และค่า pH หลังเก็บเกี่ยว ปริมาณอินทรียวัตถุ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันในดิน ความสูงของต้นถั่วเหลือง เมื่ออายุ 1 เดือน และก่อนทำการเก็บเกี่ยว กับน้ำหนักแห้งของต้นถั่วเหลือง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ อาจเป็นผลมาจากกำมะถันที่ถูกออกซิไดซ์โดยจุลินทรีย์ในดินมีปริมาณไม่แตกต่างกัน

นอกจากนี้ความเข้มข้นและปริมาณทั้งหมดของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันในต้นถั่วเหลือง ไม่มีความแตกต่างกันในระหว่างการบ่มดินกับกำมะถันเป็นเวลา 2 และ 3 เดือน เช่นเดียวกัน

ส่วนการใส่กำมะถันที่อัตราต่าง ๆ กัน ทำให้ค่า pH ของดินหลังจากบ่มดินก่อนปลูกพืช และค่า pH ของดินหลังเก็บเกี่ยวพืช มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดย pH มีแนวโน้มลดลง เมื่ออัตรากำมะถันสูงขึ้น สำหรับปริมาณอินทรียวัตถุ เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน ปริมาณความเข้มข้นฟอสฟอรัส และปริมาณความเข้มข้นของโพแทสเซียมในดิน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันที่ตำรับการทดลองต่างๆ ส่วนปริมาณแคลเซียมในดิน มีความแตกต่างกันระหว่างตำรับการทดลองต่างๆ สำหรับความเข้มข้นของแมกนีเซียมในดิน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนกำมะถันในดิน มีปริมาณแตกต่างกันในระหว่างตำรับการทดลอง แต่เมื่อใส่กำมะถันอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ขึ้นไป ปริมาณกำมะถันในดินไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการวิเคราะห์ปริมาณกำมะถันจะอยู่ในรูป SO_4^{2-} ไม่สามารถบอกปริมาณกำมะถันรูปอื่นในดินได้ ส่วนความสูงของต้นถั่วเหลืองที่อายุ 1 เดือน และก่อนทำการเก็บเกี่ยว พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แม้จะใส่กำมะถันในอัตราที่สูงขึ้น แต่น้ำหนักแห้งของต้นถั่วเหลืองเมื่อทำการใส่กำมะถันในอัตราต่าง ๆ พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับตำรับที่ไม่ใส่กำมะถัน

สำหรับการดึงดูดธาตุอาหารของพืชพบว่า เมื่อทำการใส่กำมะถันในอัตราต่าง ๆ กัน ทำให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนมีความแตกต่างกัน ส่วนความเข้มข้นของฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมกนีเซียมไม่มีความแตกต่างกัน สำหรับความเข้มข้นของแคลเซียมและกำมะถัน มีความแตกต่างกันในระหว่างตำรับการทดลอง แต่เมื่อใส่กำมะถันตั้งแต่ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ขึ้นไป ไม่ทำให้เกิดความแตกต่างกัน แต่ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในพืช พบว่าเมื่อใส่กำมะถันตั้งแต่อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ขึ้นไปจะไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนปริมาณฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งหมดในถั่วเหลืองนั้นเฉพาะตำรับไม่ใส่กำมะถันมีความแตกต่างจากตำรับที่ใส่กำมะถัน ปริมาณแคลเซียมทั้งหมดในถั่วเหลืองมีความแตกต่างกันที่ตำรับการทดลองต่างๆ สำหรับปริมาณแมกนีเซียม และกำมะถันทั้งหมดในพืช พบว่าเมื่อใส่กำมะถันอัตรา 1,000 กิโลกรัมขึ้นไปไม่มีความแตกต่างกัน

สารบัญ

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่		หน้า

ตารางที่ **หน้า**

ภาคผนวก

ตารางที่ **หน้า**

คำนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพการเพาะปลูก โดยเฉพาะการปลูกพืชชนิดต่างๆ ได้แก่ ข้าว พืชไร่ และพืชสวน ประกอบไปด้วยธัญพืช พืชเส้นใย พืชน้ำมัน พืชหัว พืชผัก และผลไม้ต่างๆ ตลอดจนพืชอาหารสัตว์หลายชนิด ถั่วเหลืองเป็นพืชไร่และพืชน้ำมันชนิดหนึ่ง ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศ ทั้งนี้เพราะถั่วเหลืองเป็นพืชตระกูลถั่วที่มีคุณค่าทางโภชนาการ และทางอุตสาหกรรม ประโยชน์โดยตรงสำหรับการบริโภค คือ เป็นแหล่งโปรตีนและน้ำมันที่สำคัญชนิดหนึ่ง (สุมินทร์,2526) โปรตีนจากถั่วเหลืองจัดว่ามีคุณภาพดีมาก เพราะประกอบไปด้วยกรดอะมิโนที่สำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดธัญพืชอื่นๆ โปรตีนถั่วเหลืองมี lysine และ tryptophan สูงกว่า กรดอะมิโนสองชนิดนี้มีความสำคัญยิ่งต่อการเจริญเติบโตของคนและสัตว์ในวัยเจริญเติบโต (พีระศักดิ์,2525) ถั่วเหลืองยังอุดมสมบูรณ์ไปด้วยแร่ธาตุ พวกแคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก โพแทสเซียม และวิตามิน เอ บี 1 บี 2 และดี นอกจากนี้ต้นถั่วเหลืองยังเพิ่มความอุดมสมบูรณ์แก่ดินเพราะสามารถตรึงก๊าซไนโตรเจนจากอากาศได้เองอีกด้วย (สมชาย,2523) ส่วนประโยชน์ในด้านอื่นยังใช้เป็นวัตถุดิบในด้านโรงงานอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันพืช (สุมินทร์,2526) ในช่วงปี 2539-2540 ประเทศไทยสามารถผลิตถั่วเหลืองได้ 359,094 ตัน คิดเป็นมูลค่าประมาณ 3,093 ล้านบาท โดยคิดเป็นพื้นที่เพาะปลูก 1,695,938 ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร,2539) ปัจจุบันประเทศไทยมีความต้องการเมล็ดถั่วเหลืองเป็นจำนวนมาก เพื่อป้อนให้กับโรงงานผลิตน้ำมันถั่วเหลือง (พงษ์ศักดิ์,2530) พื้นที่ๆมีการเพาะปลูกถั่วเหลืองกันมากได้แก่ บริเวณภาคกลางตอนบนและภาคเหนือตอนล่างกับพื้นที่บางส่วนของจังหวัดสุโขทัย โดยเฉพาะในบริเวณที่มีลักษณะดินเหมาะสมต่อการปลูกพืชไร่ ดินมีการถ่ายเทอากาศดี (ถวิล,2531) ส่วนดินที่มีความเหมาะสมสำหรับถั่วเหลืองได้แก่ดินร่วนเหนียว หรือดินร่วนที่มีการระบายน้ำดี ซึ่งเป็นดินที่เหมาะสมสำหรับพืชไร่ทั่วๆไป แต่บางแห่งดินอาจจะมีสภาพที่ไม่เหมาะสมต่อการปลูกพืชไร่ ในดินที่เป็นกรดธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชจะละลายออกมาไม่เหมาะสมกับความต้องการของพืช การใส่ปูนขาวเพื่อปรับระดับ pH ให้เหมาะสมจะช่วยแก้ปัญหาดินกรดได้ หรือในบริเวณที่มีการปลูกพืชไร่ติดต่อกันเป็นเวลานาน ดินจะเสื่อมความอุดมสมบูรณ์อย่างรวดเร็ว ก็อาจแก้ไขโดยการใส่ปุ๋ย นอกจากนี้ยังมีปัญหาของดินคือ ดินมีความเป็นด่างหรือดินที่มีปูนในปริมาณสูงหรือเป็นดินแคลคาเรียส (Calcareous soils) ซึ่งจะพบในบางแห่งของจังหวัดลพบุรี สระบุรี และนครสวรรค์ ดินแคลคาเรียสเป็นดินที่มีค่า pH สูงกว่า 7.0 ถ้าทำให้ความเป็นด่างลดลง ก็จะมีสภาพเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช

จากการทดลองที่ผ่านมา มีผู้ทดลองใช้กำมะถันผงทำให้ค่าความเป็นด่างของดินลดลง ครรชิตและคณะ (2511) ทดลองปลูกถั่วลิสงในชุดดินตาคลีในกระถางพบว่า การใช้กรดซัลฟูริคเข้มข้นใส่ลงไปในดินทำให้ pH ของดินลดลงจาก 8.0 มาเป็น 4.0 ทำให้ถั่วลิสงเจริญเติบโตได้เป็นปกติ แต่ยังไม่มีการแนะนำให้ใช้ในสภาพไร่นา บุญน้อมและจรัสพร (2531) รายงานว่าเมื่อให้ธาตุเหล็กทางใบแก่ถั่วเขียวที่ปลูกในดินชุดตาคลี ซึ่งเป็นดินแคลคาเรียสปรากฏว่า การฉีดพ่นสารละลายของธาตุเหล็กให้แก่ถั่วเขียว สามารถแก้ไขอาการใบเหลืองของพืชได้ แต่ถ้าใช้สารละลายที่มีธาตุแมงกานีสและธาตุสังกะสีร่วมกับธาตุเหล็ก จะให้ผลดีกว่าการใช้สารละลายที่มีธาตุเหล็กเพียงอย่างเดียว

แต่ข้อมูลการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการลดความเป็นด่างของดินแคลคาเรียส ยังไม่สามารถสรุปได้ว่าจะต้องใช้กำมะถันในปริมาณเท่าใด จึงจะสามารถลดระดับ pH ของดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลือง ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาเพื่อหาปริมาณการใช้กำมะถันในการลดระดับ pH ให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองในดินแคลคาเรียส เพื่อใช้แนะนำเกษตรกรผู้ปลูกถั่วเหลืองในดินประเภทนี้ต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการใช้กำมะถันในระยะเวลาทำปฏิกิริยากับดิน และอัตราที่เหมาะสม เพื่อลดระดับ pH ของดินชุดตาคลีสำหรับปลูกถั่วเหลือง
2. เพื่อศึกษาถึงอิทธิพล pH ของดินแคลคาเรียสกับการเจริญเติบโตของต้นถั่วเหลือง
3. เพื่อศึกษาผลของการใส่กำมะถันในอัตราต่างๆที่มีต่อการดึงดูดธาตุอาหารของต้นถั่วเหลืองที่ปลูกในดินที่มีปูนมาก

การตรวจเอกสาร

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองจัดอยู่ใน Family Faboideae (พีระศักดิ์,2525) ซึ่งแต่เดิมถั่วเหลืองจัดอยู่ใน Family Leguminosae และ sub family Papilionoideae มีชื่อวิทยาศาสตร์ที่ใช้เป็นทางการในปัจจุบันคือ Glycine max (L.) Merrill ส่วนชื่อสามัญก็เรียกต่างๆกันไปเช่น Soja bean, Chinese pea, Manchurian bean และ Soybean ซึ่งชื่อ Soybean เป็นที่ยอมรับกันมากที่สุด (กองเกษตรสัมพันธ์,2524) ถั่วเหลืองเป็นพืชวันสั้น ตอบสนองต่อช่วงแสง (อภิพรรณ,2524) ถั่วเหลืองมีการเจริญเติบโต 2 แบบ คือ indeterminate และ determinate ถั่วเหลืองพวก indeterminate เมื่อเริ่มออกดอกมีความสูงประมาณ 40 - 50 %ของความสูงเมื่อโตเต็มที่และหลังจากออกดอกแล้ว ยังมีความสูงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ช่วงเวลาของการออกดอกจะยาว ช่อดอกจะเริ่มเกิดขึ้นที่ประมาณมุมใบที่ 4 หรือ 5 ขึ้นไปจนถึงปลายยอด พุ่มใบตรงส่วนกลางของลำต้นจะมีใบย่อยใหญ่และก้านใบยาว เมื่อแก่จะพบฝักเกิดเป็นกลุ่ม ส่วนพวก determinate นั้นในระยะเริ่มออกดอก มีความสูงประมาณ 80 % ของความสูงเมื่อโตเต็มที่ หลังจากออกดอกแล้วความสูงจะเพิ่มอีกเพียงเล็กน้อย ช่วงเวลาของการออกดอกสั้น ช่อดอกจะเริ่มเกิดขึ้นที่ประมาณมุมใบที่ 8 ต่อมาจะมีช่อดอกเกิดขึ้นทางปลายยอด และลงมายังส่วนโคนของลำต้น เมื่อแก่จะพบฝักเกิดเป็นกลุ่มและมีจำนวนฝักเท่าๆกันทุกส่วนของลำต้น (กองเกษตรสัมพันธ์,2524) ถั่วเหลืองมีระบบรากแบบรากแก้ว ลำต้นส่วนมากตั้งตรงเป็นพุ่ม ใบถั่วเหลืองเป็นใบประกอบ ดอกเป็นช่อ ช่อดอกเป็นแบบ raceme เกิดตรงมุมใบจากตาที่เรียกกันว่า axillary bud ฝักเกิดจากดอกที่ได้รับการผสมแล้วเป็นกลุ่ม มีลักษณะตรงหรือโค้งเล็กน้อย เมื่อแก่จะมีสีน้ำตาล โดยปกติฝักหนึ่งจะมีเมล็ด 3 เมล็ด อายุเก็บเกี่ยวโดยทั่วไปของถั่วเหลืองประมาณ 90 - 120 วัน ขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาพแวดล้อม (เอ็จ,2527)

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองจัดเป็นพืชวันสั้น ช่วงแสงจะมีผลต่อลักษณะทางกายภาพและการพัฒนาทางสรีรวิทยาตลอดระยะการเจริญเติบโต (อภิพรรณ,2524) ในประเทศไทยถ้าปลูกถั่วเหลืองในฤดูฝนจะทำให้การออกดอกของถั่วเหลืองล่าช้าออกไป มีการเจริญเติบโตทางลำต้นได้เต็มที่ก่อนการออกดอก ทำให้ลำต้นมีขนาดใหญ่ขึ้นพื้นที่ใบเพิ่มขึ้น จำนวนข้อเพิ่มขึ้น และผลผลิตสูงขึ้น ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิขณะที่ต้นถั่วเหลืองกำลังเจริญเติบโตเป็นสิ่งสำคัญ ถ้าฝนตกหนักขณะกำลังออกดอกจะทำให้ติดฝักน้อย ถ้าฝนตกในระยะเก็บเกี่ยวเมล็ดถั่วเหลืองจะบวมเมื่อนำไปผึ่งแดดเปลือกเมล็ดจะเหี่ยวย่นและอาจขึ้นราได้ ดังนั้นจึงนิยมปลูกถั่วเหลืองในปลายฤดูฝนหรือฤดูแล้ง ถั่วเหลืองเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 20 - 35 $^{\circ}C$ การเปลี่ยนแปลงของช่วงแสงจะ

เปลี่ยนแปลงอายุการเก็บเกี่ยวของถั่วเหลืองด้วย ถั่วเหลืองต้องการดินที่มีหน้าดินลึก ระบายน้ำและอุ้มน้ำได้ดี แต่ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพดินทรายหรือดินที่มีหน้าดินตื้นบนชั้นดินดาน ส่วนดินนาที่เหมาะสมในการปลูกถั่วเหลือง คือ ดินนาที่ระบายน้ำได้ดี มีค่า pH ระหว่าง 5.5 - 6.5

ปริมาณความต้องการธาตุอาหารของถั่วเหลือง

น้อย (2523) ได้รายงานว่า ถั่วเหลืองเป็นพืชที่มีความต้องการไนโตรเจนสูง แหล่งที่ได้มาของไนโตรเจนมีอยู่สองทางคือ ได้จากดินโดยตรง และได้จากการตรึงไนโตรเจนจากอากาศของเชื้อแบคทีเรียไรโซเบียม ซึ่งอาศัยอยู่ที่รากของถั่วเหลือง ในระยะแรกของการเจริญเติบโตเชื้อแบคทีเรียอาจยังไม่สามารถตรึงไนโตรเจนได้มากเพียงพอกับความต้องการ ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและไม่เคยปลูกถั่วเหลืองมาก่อนจึงควรใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ในอัตรา 3 กิโลกรัมต่อไร่

ถั่วเหลืองต้องการฟอสฟอรัสในปริมาณน้อย แหล่งที่มาของฟอสฟอรัสได้มาจากดิน ดินบางแห่งมีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำ การใส่ปุ๋ยเพื่อเพิ่มธาตุฟอสฟอรัสจึงจำเป็น ต้นถั่วเหลืองที่ได้รับธาตุฟอสฟอรัสไม่เพียงพอจะทำให้ลำต้นมีสีเขียวเข้ม แคระแกร็นและให้ผลผลิตต่ำ ถ้าในดินมีฟอสฟอรัสสูงกว่า 8 ppm ไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ย ถ้ามีฟอสฟอรัสอยู่ระหว่าง 5 - 8 ppm ควรใส่ฟอสเฟต (P_2O_5) ในอัตรา 9 - 12 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ในบริเวณที่เคยใส่ปุ๋ยฟอสเฟตมาก่อน เช่น การใส่ปุ๋ยสูตร 16 - 20 - 0 กับข้าวแล้วปลูกถั่วเหลืองตามก็ไม่มีความจำเป็นจะต้องใส่ปุ๋ยฟอสเฟตมาเพิ่มแต่อย่างใด เพราะมีผลตกค้างของปุ๋ยชนิดนี้อยู่ในดิน

ส่วนความต้องการโพแทสเซียมของถั่วเหลืองซึ่งจากผลการทดลองมักไม่พบว่า ถั่วเหลืองมีผลตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยชนิดนี้ นอกจากดินที่เป็นทรายจัดมีปริมาณโพแทสเซียมต่ำกว่า 50 ppm เพื่อความสมดุลของธาตุอาหาร สำหรับดินเหนียวหรือดินที่มีค่าวิเคราะห์โพแทสเซียมสูงกว่า 50 ppm ไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยชนิดนี้ (กรมวิชาการเกษตร,2523) โดยทั่วไปแล้วดินในประเทศไทยมีโพแทสเซียมอยู่ในปริมาณที่มากพอสมควร จากผลการทดลองที่ผ่านมาไม่พบว่าถั่วเหลืองมีการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียม (น้อย,2522)

ดินที่เหมาะสมสำหรับปลูกถั่วเหลือง

ผลผลิตของถั่วเหลืองจะมีความแปรปรวนได้มาก เมื่อปลูกในสภาพของดินที่มีเนื้อดิน (texture) แตกต่างกัน ดินที่นับว่าเหมาะสมสำหรับถั่วเหลืองควรเป็นดินเหนียวหรือดินร่วนเหนียวมีการระบายน้ำได้ดี ปฏิกิริยาของดินหรือความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) ควรจะเป็นกลางหรือเป็นกรดอย่างอ่อนมี pH ระหว่าง 6.5 - 7.0 ดินที่เป็นดินทรายและไม่มีการชลประทานได้นั้นมีปัญหาหลายอย่างเช่น มักจะมีความชื้นไม่เพียงพอตลอดฤดูการปลูก การเจริญของแบคทีเรียที่

ปมรากไม่ดีเท่าที่ควร และธาตุรองอีกหลายชนิดมีไม่เพียงพอต่อความต้องการ (กรมวิชาการเกษตร,2523)

สำหรับพื้นที่ๆ มีการปลูกพืชไร่กันมากส่วนใหญ่อยู่ในจังหวัดภาคกลาง และบางส่วนของจังหวัดทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากสภาพดินโดยทั่วไปมีความเหมาะสมสำหรับปลูกพืชไร่ แต่ก็ยังมีพื้นที่บางแห่งพบว่าดินมีสภาพไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชเท่าใดนัก เนื่องจากดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เพราะทำการปลูกพืชติดต่อกันมาเป็นเวลานาน ดินบางแห่งก็มีสภาพเป็นกรดหรือเป็นด่างมากเกินไป ทำให้สัดส่วนของธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชจะอยู่ในสภาพที่ไม่สมดุล ธาตุอาหารบางชนิดอาจจะขาดแคลน และบางชนิดอาจจะละลายออกมามากเกินความต้องการ จนมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชได้ การใส่วัสดุปรับปรุงดินเพื่อปรับปฏิกิริยาของดินให้เหมาะสมจะช่วยในการรักษาสมดุลของธาตุอาหารหลายชนิด สำหรับดินที่ใช้ปลูกพืชไร่มีอยู่เป็นจำนวนเนื้อที่ไม่น้อยซึ่งพบว่าดินมีสภาพเป็นด่าง และเป็นปัญหาสำหรับกสิกรผู้ปลูกพืช ส่วนใหญ่แล้วเป็นดินที่มีปูนอยู่ในปริมาณสูง จัดว่าเป็นพวกดินแคลคาเรียส (Calcareous soils) (ไพบูลย์,2528)

ดินด่างหรือดินแคลคาเรียส คือดินใดๆก็ตามที่มีค่า pH สูงกว่า 7.0 การที่ดินเป็นด่างได้นั้นก็เพราะไฮโดรเจนไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ในดินถูกแทนที่หมดด้วยไอออนบวกที่เป็นด่าง เช่น แคลเซียม , แมกนีเซียม , โซเดียม และโพแทสเซียม นอกจากนั้นสภาพแวดล้อมที่เอื้ออำนวยให้เกิดการแทนที่ไฮโดรเจนได้ ดินเป็นด่างที่มีค่า pH ประมาณ 7.5 ในบางแห่งมีอาการขาดจุลธาตุบางชนิดโดยเฉพาะธาตุเหล็ก แนวทางแก้ไขโดยลดความเป็นด่างลงมาด้วยสารซึ่งก่อให้เกิดกรดได้ในดิน ดินที่มีปัญหาเพราะความเป็นด่างนี้ได้แก่ดินแคลคาเรียส ดินแคลคาเรียสในประเทศไทยพบได้เป็นพื้นที่ครอบคลุมจังหวัดลพบุรี บางส่วนของจังหวัดสระบุรีและจังหวัดนครสวรรค์

ดินแคลคาเรียส เป็นดินที่มีปูนสะสมอยู่ในโปรไฟล์ดิน ปูนอาจสะสมอยู่ในชั้นดินบางชั้นหรือปรากฏอยู่ทั้งโปรไฟล์ของดินก็ได้ ดินแคลคาเรียสเป็นดินที่มีแคลเซียมและแมกนีเซียมคาร์บอเนตอยู่สูงถึง 60 - 70 % ของน้ำหนักดิน (Seatz and Peterson , 1964 ; Briones , 1973) เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวหรือดินเหนียว มีสีคล้ำ มีการยืดและหดตัวสูงมากแต่การระบายน้ำดี และเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างสูง pH ของดินมีค่าอยู่ระหว่าง 7.0-8.5 ดินแคลคาเรียสมักพบในเขตแห้งแล้งซึ่งมีน้ำน้อย แคลเซียมและแมกนีเซียมคาร์บอเนตจะสะสมอยู่ในดินที่ไม่ถูกชะล้างออกไปจากโปรไฟล์ของดิน อย่างไรก็ตามบริเวณที่ไม่ใช่แถบแห้งแล้งแต่มีระดับน้ำใต้ดินและน้ำใต้ดินมีแคลเซียมไบคาร์บอเนตละลายอยู่มาก แคลเซียมไบคาร์บอเนตอาจถูกเคลื่อนย้ายขึ้นมาสะสมในดินบนด้วยแรง Capillary และเมื่อทำปฏิกิริยากับคาร์บอนไดออกไซด์จะตกตะกอน

เป็นแคลเซียมคาร์บอเนตสะสมในดินเกิดเป็นดินแคลคาเรียส เช่น ดินในบริเวณที่ราบสูงภาคกลาง และบางส่วนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย (ไพบูลย์,2528)

วิธีการปรับปรุงแก้ไขดินที่มีปูนมาก

วิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ไขปัญหาการปลูกพืชในดินด่าง ก็คือการเลือกใช้พันธุ์พืชที่เหมาะสมและปรับตัวได้ดีในสภาพเป็นด่าง

สุวพันธ์ และคณะ (2529) รายงานว่า ถั่วลิสงสายพันธุ์ Virginia จะปรับตัวได้ดีกว่าสายพันธุ์ Valencia หรือ Spanish ในบรรดาพันธุ์ที่แนะนำ พันธุ์ สข. 38 มีแนวโน้มที่จะปรับตัวได้ดีและให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ไทนาน 9 และพันธุ์ลำปาง

บุญน้อม และจรัสพร (2531) รายงานว่าเมื่อให้ธาตุเหล็กทางใบแก่ถั่วเขียวที่ปลูกบนชุดดินตาคลีซึ่งเป็นดินแคลคาเรียส ปรากฏว่าการฉีดพ่นสารละลายของธาตุเหล็กให้แก่ถั่วเขียวสามารถแก้ไขอาการใบเหลืองของพืชได้ แต่ถ้าใช้สารละลายที่มีธาตุแมงกานีสและธาตุสังกะสีร่วมกับธาตุเหล็กจะให้ผลดีกว่าการใช้สารละลายที่มีธาตุเหล็กแต่เพียงอย่างเดียว

ชัยฤกษ์ และคณะ (2526) ได้ศึกษาปัญหาและแนวทางแก้ไขอาการขาดธาตุจุลธาตุอาหารของถั่วลิสงที่ปลูกบนชุดดินตาคลี โดยใช้สารประกอบอินทรีย์และใช้กำมะถัน ปรากฏว่าการใช้กำมะถันใส่ลงไปในดินอัตรา 3.87 และ 7.74 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลทำให้ pH ของดินลดลงเพียงเล็กน้อย

สุวพันธ์ และคณะ (2530) ได้ศึกษาวิจัยในลักษณะเดียวกัน โดยมีการใช้กำมะถันในอัตรา 60 กิโลกรัมต่อไร่ เพื่อลดความเป็นด่างของดินในชุดดินตาคลี ปรากฏว่าการใส่กำมะถันลงไปสามารถแก้ไขอาการขาดธาตุเหล็กได้บางส่วน เนื่องจากถั่วลิสงให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น

ประดิษฐ์ และคณะ (2532) ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยกำมะถันในระบบพืชหมุนเวียน ข้าวโพด - ถั่วเขียว โดยทำการปลูกพืชหมุนเวียนต่อเนื่องและทำการใส่กำมะถัน พบว่าปริมาณธาตุกำมะถันในดินก่อนปลูกพืชในปีที่ 2 มีปริมาณที่น้อยกว่าที่มีอยู่เดิมก่อนการทดลองในปีแรก ทั้งนี้เกิดจากการดูดใช้และการถูกชะล้างโดยปัจจัยต่างๆ

ธนชัย (2539) ได้ศึกษาการปรับปรุงดินที่มีปูนมากโดยใช้กำมะถันสำหรับถั่วเหลือง ปรากฏว่าการใส่กำมะถันลงไปในดิน ทำให้ค่า pH ของดินลดลงตามปริมาณกำมะถันที่เพิ่มขึ้น แต่ปฏิกิริยาของดินไม่ได้เปลี่ยนแปลงไปจนถึงระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช การใส่กำมะถันในอัตรา 900 กิโลกรัมต่อไร่ทำให้ pH ของดินลดลงเหลือประมาณ 7.74 จาก pH เดิม 8.27

Beverly and Auderson (1987) ได้ศึกษาพบว่า การใช้ปุ๋ยกำมะถันโดยคิดเฉพาะปริมาณธาตุกำมะถันในอัตรา 2,240 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ แล้วบ่มดินเป็นเวลาอย่างน้อย 6 เดือน โดย 60 วันแรกให้ความชื้นแก่ดิน และ 146 วันหลังไม่ให้ความชื้นแก่ดินพบว่า pH ของดิน Mollisols ลดลงจาก pH 8.2 เหลือเพียง pH 6.5 เท่านั้น

Frank and Fehr (1983) and Ryan et.al. (1975) รายงานว่าการใส่กรดซัลฟูริคเข้มข้นลงไปในดินแคลคาเรียสมีผลทำให้ถั่วเหลืองและหญ้าเบอร์มิงด้า ซึ่งปลูกในไร่เจริญเติบโตได้ตามปกติ

Procopiou et.al. (1976) รายงานว่าการใส่กำมะถันผง 1 % (คิดเทียบจากปริมาณธาตุกำมะถัน) ลงไปในดินแคลคาเรียสทำให้ pH ของดินลดลง จาก 7.4 เหลือเพียง 6.0

Reddy and Patil (1980) รายงานว่าเมื่อเพิ่มผงกำมะถัน 100 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ มีผลทำให้ผลผลิตของถั่วลิสงเพิ่มขึ้นเป็น 2.62 ตันต่อเฮกตาร์จากที่ไม่ได้ใส่กำมะถันเลย 1.52 ตันต่อเฮกตาร์

Hital and Elfattah (1987) รายงานว่าเมื่อใส่กำมะถันในอัตรา 1,040 กิโลกรัมต่อไร่ลงไปในดินด่างแล้วบ่มดินเป็นเวลา 2 เดือน จะทำให้ pH ของดินลดลงเป็น 7.38 จาก pH เดิม 7.95

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองนี้เป็นการทดลองปลูกพืชในกระถาง โดยใช้แผนการทดลองแบบ Split plot design จำนวน 3 ซ้ำ ตำรับการทดลองมีดังต่อไปนี้

Main plot ประกอบด้วย

1. การบ่มดินระยะเวลา 2 เดือน
2. การบ่มดินระยะเวลา 3 เดือน

Sub plot ประกอบด้วย อัตราการใส่กำมะถันผง โดยแบ่งเป็น 5 ระดับ ดังนี้

1. ใส่กำมะถัน 0 กิโลกรัมต่อไร่
2. ใส่กำมะถัน 500 กิโลกรัมต่อไร่
3. ใส่กำมะถัน 1,000 กิโลกรัมต่อไร่
4. ใส่กำมะถัน 1,500 กิโลกรัมต่อไร่
5. ใส่กำมะถัน 2,000 กิโลกรั มต่อไร่

การปลูก

ทำการทดลองปลูกถั่วเหลืองในกระถางโดยใช้ดินซึ่งเป็นชุดดินตาคลี จากศูนย์วิจัยพืชไร่จังหวัดนครสวรรค์ หลังจากนำตัวอย่างดินทั้งหมดมาผสมคลุกเคล้าเข้ากันจึงเก็บตัวอย่างดินไว้ 2 ตัวอย่าง แล้วชั่งดินบรรจุลงในกระถางๆละ 8 กิโลกรัม (คิดจากน้ำหนักดินอบแห้ง) กระถางที่ใช้เป็นพลาสติกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 นิ้ว แล้วใส่กำมะถันผงในอัตราตามตำรับการทดลองที่กำหนดไว้ คลุกเคล้าให้เข้ากัน รดน้ำให้ดินมีความชื้นในระดับที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืช บ่มดินให้ทำปฏิกิริยากับกำมะถันเป็นเวลา 2 เดือน และ 3 เดือน ตามลำดับ โดยเริ่มบ่มดินวันที่ 5 สิงหาคม 2540 (ที่ระยะเวลาบ่มดิน 3 เดือน) และวันที่ 5 กันยายน 2540 (ที่ระยะเวลาบ่มดิน 2 เดือน) ทำการปลูกถั่วเหลืองพร้อมกัน ในวันที่ 6 พฤศจิกายน 2540 งอกในวันที่ 13 พฤศจิกายน 2540 และทำการถอนแยกเหลือเพียง 3 ต้นต่อ 1 กระถางในวันที่ 20 พฤศจิกายน 2540 เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ใช้เป็นพันธุ์เชียงใหม่ 60

การปฏิบัติดูแลรักษา

มีการใส่ปุ๋ยและป้องกันกำจัดศัตรูพืช โดยใส่ปุ๋ย N - P - K โดยใส่ในรูป Urea , Tripple Superphosphate และ Potassium chloride ในอัตรา 2 , 3 และ 2 กรัมต่อกระถางตามลำดับ เพื่อป้องกันไม่ให้พืชขาดธาตุอาหารหลักที่จำเป็น โดยทำการใส่ปุ๋ยในวันที่ 10 ธันวาคม 2540

พร้อมกันทั้ง 2 การทดลอง และมีการรดน้ำให้ดินมีความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลือง

การป้องกันกำจัดศัตรูพืช โดยใส่ฟูราดานในวันที่ 6 พฤศจิกายน 2540 และวันที่ 6 ธันวาคม 2540 โรยรอบๆต้นถั่วเหลืองประมาณ 1/2 ช้อนชาต่อกระถาง เพื่อป้องกันกำจัดแมลงที่จะมาทำลายต้นถั่วเหลือง

ส่วนการป้องกันกำจัดโรคพืชได้ทำการฉีดพ่นเบนเลท 1 ครั้ง ในวันที่ 7 ธันวาคม 2540 โดยละลายเบนเลท 0.5 กรัม ด้วยน้ำ 500 มิลลิลิตร

การบันทึกรวบรวมข้อมูล

เมื่อต้นถั่วเหลืองอายุ 1 เดือน ทำการวัดความสูงครั้งที่ 1 เมื่อวันที่ 7 ธันวาคม 2540 และวัดความสูงครั้งที่ 2 ก่อนทำการเก็บเกี่ยวในวันที่ 14 มกราคม 2541 หลังจากนั้นทำการเก็บเกี่ยวโดยตัดต้นถั่วเหลืองใส่ในถุงกระดาษ แล้วนำไปชั่งหาน้ำหนักสดของต้นถั่วเหลืองทั้งหมดในแต่ละกระถาง แล้วนำไปอบแห้งในตู้อบพืชที่อุณหภูมิ 70 °C จนน้ำหนักแห้งคงที่ ใช้เวลาประมาณ 2 วัน นำตัวอย่างพืชที่อบแห้งไปชั่งน้ำหนัก จดบันทึก แล้วนำตัวอย่างพืชไปบดด้วยเครื่องบดพืช Thomas - Wiley จากนั้นเก็บตัวอย่างพืชไว้เพื่อนำไปวิเคราะห์ทางเคมีต่อไป

การเก็บเกี่ยว

เก็บเกี่ยวเมื่อพิจารณาเห็นว่าต้นถั่วเหลืองมีการเจริญเติบโตทางลำต้น กิ่งก้าน และใบอย่างเต็มที่ โดยเฉพาะต้นที่พืชเริ่มมีดอกหรือบางส่วนเริ่มติดฝัก จึงได้ทำการเก็บเกี่ยวในวันที่ 16 มกราคม 2541 โดยใช้กรรไกรตัดลำต้นส่วนที่อยู่เหนือดินมาทั้งหมดในแต่ละกระถางใส่ในถุงกระดาษ ชั่งน้ำหนักสดต้นถั่วเหลืองทั้งหมดในแต่ละกระถาง แล้วนำไปอบแห้งในตู้อบพืชที่อุณหภูมิ 70 °C จนน้ำหนักแห้งคงที่ ซึ่งใช้เวลาประมาณ 2 วัน นำตัวอย่างพืชที่อบแห้งไปชั่งน้ำหนัก จดบันทึก แล้วนำตัวอย่างพืชไปบดด้วยเครื่องบดพืช Thomas - Wiley จากนั้นเก็บตัวอย่างพืชไว้เพื่อนำไปวิเคราะห์ทางเคมีต่อไป

การวิเคราะห์ตัวอย่างดิน

ทำการเก็บตัวอย่างดินหลังจากเก็บเกี่ยวพืชในวันที่ 18 มกราคม 2541 นำดินมาบดแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 และ 2 มิลลิเมตร นำตัวอย่างดินที่ได้ไปวิเคราะห์ทางเคมีเช่นเดียวกัน

การวัดค่า pH ของดิน

วัด pH ของดินในแต่ละกระถางโดยใช้ pH meter (อัตราส่วนของดินต่อน้ำ 1:1)

การหาปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

ใช้วิธี Walkley and Black 1934 โดยใช้ $K_2Cr_2O_7$ และกรด H_2SO_4 เข้มข้นใส่ในตัวอย่างดิน เขย่า 1 นาที ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที มี O - phenanthroline เป็น Indicator จากนั้นนำไปไทเทรตกับ $FeSO_4$ จนสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวอมน้ำเงินเป็นสีแดง ทำ Blank เปรียบเทียบ บันทึกปริมาตร $FeSO_4$ ที่ใช้และนำไปคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุในดิน

การหาความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดิน

(cation exchange capacity ; CEC)

โดยใช้ 1 NH_4OAc pH 7.0 ชะล้างประจุบวกที่ถูกดูดซับอยู่กับอนุภาคดิน แล้วแทนที่ NH_4^+ ด้วย acidified NaCl 10% แล้วกลั่นหา NH_4^+ ที่ถูกแทนที่ออกมา แล้วนำไปคำนวณหาจำนวนสมมูลย์เพื่อหาค่า CEC ต่อไป

การหาปริมาณไนโตรเจนในดิน

โดยวิธีคำนวณจากปริมาณอินทรียวัตถุในดิน คือ อินทรียวัตถุมีไนโตรเจน อยู่ประมาณ 5% (ถวิล,2530 ; สุพจน์,2537)

การหาปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน

สกัดฟอสฟอรัสในดินโดยวิธี Bray II จากนั้นทำการ Develop สี aliquot ด้วยวิธี Molybdenum blue แล้ววัดค่าเปอร์เซ็นต์ Transmittance จากเครื่อง Spectrophotometer ที่ Wave length 882 nm นำค่าที่ได้ไปเทียบกราฟการดูดกลืนแสงของฟอสฟอรัสในความเข้มข้นต่างๆ คำนวณหาปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน

การหาปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ แคลเซียม และแมกนีเซียมในดิน

โดยนำดินไปสกัดด้วย NH_4OAc แล้วนำสารละลายที่สกัดได้ไปปรับปริมาตร โดยสารละลายโพแทสเซียมใช้ 1 ml ต่อปริมาตรน้ำ 10 ml ส่วนสารละลายแคลเซียมและสารละลายแมกนีเซียมที่สกัดได้ใช้ปริมาตร 0.1 ml ต่อปริมาตรน้ำ 15 ml แล้วนำสารละลายที่เจือจางไปหาความเข้มข้นของโพแทสเซียม , แคลเซียม และแมกนีเซียม ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

การหาปริมาณกำมะถันในดิน

โดยใช้สารสกัด acetate - acetic solution แล้วทำการเจือจางสารละลายที่สกัดได้โดยใช้ปริมาตร aliquot 1 ml ปรับปริมาตรให้ได้ 50 ml และนำสารละลายที่ได้ไปหากำมะถันด้วยวิธี turbidimetric method โดยใช้ $BaCl_2$ ทำให้เกิดความขุ่น แล้ววัดค่าเปอร์เซ็นต์ Transmittance จากเครื่อง Spectrophotometer ที่ Wave length 450 nm

การวิเคราะห์ตัวอย่างพืช

นำตัวอย่างพืชที่บดแล้วมาทำการ Digest ด้วยวิธี Sulphuric - peroxide โดยใช้สารละลาย H_2SO_4 - H_2O_2 - Li_2SO_4 - Se เป็นตัว Digest ที่อุณหภูมิ 350 °C จนสารละลายใส จากนั้นนำ aliquot ไปวิเคราะห์ต่อไป

การหาปริมาณไนโตรเจนในพืช

โดยนำ aliquot ที่ได้จากการ Digest มาทำการกลั่นโดยใช้สารละลาย NaOH และมีกรด Boric เป็นตัวจับไนโตรเจนที่ได้ จากนั้นนำมาไทเทรตด้วยสารละลาย H_2SO_4 จนสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีชมพู ทำ Blank เปรียบเทียบ บันทึกปริมาตรกรดที่ใช้ และนำไปคำนวณปริมาณไนโตรเจน

การหาปริมาณฟอสฟอรัสในพืช

วิเคราะห์ฟอสฟอรัสโดยใช้สารประกอบ Molybdate - vanadate เป็นตัวทำให้เกิดสีน้ำเงิน แล้ววัดค่าเปอร์เซ็นต์ Transmittance จากเครื่อง Spectrophotometer ที่ Wave length 420 nm นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณฟอสฟอรัส

การหาปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในพืช

นำสารละลายโพแทสเซียมที่สกัดได้ปรับปริมาตร โดยใช้ aliquot ปริมาตร 1 ml ปรับปริมาตรเป็น 10 ml ส่วนสารละลายแคลเซียมและแมกนีเซียมที่สกัดได้ทำการเจือจางโดยใช้ aliquot ปริมาตร 0.2 ml ต่อปริมาตรน้ำ 15 ml แล้วใส่ Lanthanum 5 % ปริมาตร 6 ml นำสารละลายที่เจือจางได้ ไปวัดค่าความเข้มข้นโดยใช้เครื่อง AAS แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาความเข้มข้น

การหาปริมาณกำมะถันในพืช

นำสารละลายที่สกัดได้ทำการเจือจางโดยใช้ aliquot ปริมาตร 1 ml ปรับปริมาตรเป็น 50 ml ทำการหาปริมาณกำมะถันในพืชโดยวิธี turbidimetric method โดยใช้ Spectrophotometer ที่ Wave length 450 nm หาค่าเปอร์เซ็นต์ Transmittance แล้วคำนวณหาปริมาณกำมะถันต่อไป

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม IRRISTAT วิเคราะห์ข้อมูลตัวเลขตามวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance)

สถานที่ทำการทดลอง

บริเวณแปลงทดลองของภาควิชาพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร และห้องปฏิบัติการภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ระยะเวลาที่ทำการทดลอง

เริ่มทำการทดลองตั้งแต่เดือน สิงหาคม 2540 สิ้นสุดในเดือน กุมภาพันธ์ 2541

ผลการทดลองและวิจารณ์

ค่า pH ของดินหลังจากบ่มดินก่อนทำการปลูกพืช

จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ เมื่อใส่กำมะถันผงและทำการบ่มดินเป็นระยะเวลา 2 และ 3 เดือน ปรากฏว่าค่า pH ของดินระหว่างทั้ง 2 ระยะเวลาการบ่มดิน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 1)

ส่วนการใส่กำมะถันในอัตราต่าง ๆ ทำให้ pH ของดินมีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 2) โดยตำรับการทดลองที่ไม่ใส่กำมะถันมีค่า pH สูงสุดเท่ากับ 7.93 และที่ตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่า pH ต่ำสุดเท่ากับ 7.66 โดยตำรับการทดลองที่ไม่ใส่กำมะถันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับตำรับที่ใส่กำมะถันอัตรา 500 , 1,000 ,1,500 และ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันอัตรา 500 , 1,000 , 1,500 และ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

การที่ pH ของดินไม่ได้ลดลงจนมีความแตกต่างกันระหว่างการบ่มดินด้วยกำมะถันเป็นเวลา 2 เดือนกับ 3 เดือนนั้น อาจจะเป็นเพราะว่า ความแตกต่างของระยะเวลาสั้นเกินไปที่จะทำให้กำมะถันถูกออกซิไดซ์ในดิน จนไม่มีปริมาณแตกต่างกัน การสะเทินความเป็นด่างของดินจึงไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนการใส่กำมะถันในอัตราต่างๆ ไม่ทำให้ pH ของดินแตกต่างกันนั้น อาจเป็นเพราะว่า ถึงแม้จะใส่กำมะถันลงไปในดินในปริมาณที่แตกต่างกัน แต่ก็ถูกออกซิไดซ์ได้ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน อาจเป็นเพราะจุลินทรีย์ดินที่เกี่ยวข้องมีอยู่ในดินในปริมาณจำกัดก็เป็นได้

ค่า pH ของดินหลังการเก็บเกี่ยว

จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติหลังจากใส่กำมะถันในอัตราต่างๆ แล้วทำการบ่มดินเป็นระยะเวลา 2 และ 3 เดือน ปรากฏว่า pH ของดินหลังการเก็บเกี่ยวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างระยะเวลาบ่มดินทั้งสองระยะ (ตารางที่ 3)

การใส่กำมะถันในอัตราต่างๆตามตำรับการทดลอง พบว่าทำให้ pH ของดินหลังเก็บเกี่ยวมีความแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 4) โดยตำรับการทดลองที่ไม่ใส่กำมะถันมีค่า pH สูงสุดเท่ากับ 7.76 และตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่า pH ต่ำสุดเท่ากับ 7.48 โดยที่ตำรับการทดลองไม่ใส่กำมะถัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับตำรับที่ใส่กำมะถันในอัตรา 500 , 1,000 , 1,500 และ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนตำรับที่ใส่กำมะถันอัตรา 500 , 1,000 , 1,500 และ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

อย่างไรก็ตาม มีปฏิกิริยาร่วม (interaction) ระหว่างอัตราการใส่กำมะถันกับระยะเวลาการบ่มดิน (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 1 ค่า pH **ของดินในกระถางหลังจากบ่มดินก่อนปลูกถั่วเหลืองตาม**

ตำรับการทดลองต่างๆ

ตำรับการทดลอง (กำมะถัน - กิโลกรัมต่อไร่)	ระยะบ่มดิน	
	2 เดือน	3 เดือน
0	7.83 a	8.04 a
500	7.66 b	7.73 b
1,000	7.72 b	7.74 b
1,500	7.65 b	7.00 b
2,000	7.66 b	7.66 b
ค่าเฉลี่ย pH	7.70	7.77

CV = 0.7 %　　LSD (5%) = 0.09

LSD (1%) = 0.13

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย pH **ของดินหลังทำการบ่มดินก่อนปลูกถั่วเหลือง**

อัตรากำมะถัน (กิโลกรัมต่อไร่)	pH
0	7.93 a
500	7.69 b
1,000	7.73 b
1,500	7.67 b
2,000	7.66 b

CV = 0.7 %　　LSD (5%) = 0.09

LSD (1%) = 0.13

ตารางที่ 3 ค่า pH ของดินหลังจากทำการเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองตามตำรับการทดลองต่างๆ

ตำรับการทดลอง (กำมะถัน - กิโลกรัมต่อไร่)	ระยะบ่มดิน	
	2 เดือน	3 เดือน
0	7.51 a	8.02 a
500	7.41 ab	7.69 b
1,000	7.34 b	7.65 bc
1,500	7.41 ab	7.56 c
2,000	7.43 ab	7.53 c
ค่าเฉลี่ย pH	7.42	7.69

CV = 0.9 % LSD (5%) = 0.12

LSD (1%) = 0.17

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย pH ของดินหลังจากทำการใส่กำมะถันในอัตราต่างๆ

อัตรากำมะถัน (กิโลกรัมต่อไร่)	pH
0	7.76 a
500	7.55 b
1,000	7.50 b
1,500	7.49 b
2,000	7.48 b

CV = 0.9 % LSD (5%) = 0.12

LSD (1%) = 0.17

สำหรับ pH ของดินไม่มีความแตกต่างกัน ในระหว่างตำรับการทดลองที่มีการบ่มดิน 2 ระยะเวลา และ pH ของดินเฉพาะที่มีการใส่กำมะถันตามตำรับการทดลองต่างๆนั้น ค่า pH ไม่มีความแตกต่างกัน เหตุผลก็เป็นไปในทำนองเดียวกันกับค่า pH ของดินก่อนปลูก อย่างไรก็ดีแม้ว่าการใส่กำมะถันจะทำให้ค่า pH ลดลงเมื่อเทียบกับที่ไม่ใส่เลย แต่ pH ของดินก็ไม่ลดลงถึงระดับที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองและของพืชโดยทั่วไป

เปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุในดิน

จากผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ หลังจากใส่กำมะถันในอัตราต่างๆ แล้วทำการบ่มดินเป็นระยะเวลา 2 และ 3 เดือน ปรากฏว่าเปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุในดิน ไม่มีความแตกต่างกันที่ระยะเวลาบ่มดิน 2 เดือนและ 3 เดือน (ตารางที่ 5)

ผลของการใส่กำมะถันในอัตราต่างๆกันนั้น ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่6) โดยตำรับการทดลองที่ไม่ใส่กำมะถัน มีค่าสูงสุดเท่ากับ 1.77 % และตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1.63 %

จากผลการทดลองพบว่า การใส่กำมะถันลงไปในดินในอัตราต่างๆกัน ไม่ทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุเปลี่ยนแปลงมากนัก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะกำมะถันที่ใส่ลงไปในดินไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพทางเคมีและชีวภาพ จนมีผลกระทบต่อกิจกรรมการย่อยสลายอินทรียวัตถุโดยจุลินทรีย์ดิน

เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในดิน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล หลังจากทำการใส่กำมะถันลงไปในดิน แล้วทำการบ่มดินเป็นเวลา 2 และ 3 เดือน แสดงให้เห็นว่า เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในดินไม่มีความแตกต่างระหว่างการบ่มดินที่ระยะเวลา 2 เดือนกับ 3 เดือน (ตารางที่ 7)

การใส่กำมะถันในอัตราต่างๆกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 8) โดยตำรับการทดลองที่ไม่ใส่กำมะถันมีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนสูงสุดเท่ากับ 0.089 % สำหรับตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณไนโตรเจนต่ำสุดเท่ากับ 0.081 %

จากผลการทดลองพบว่า การใส่กำมะถันลงไปในดินในอัตราต่างๆกัน ไม่ทำให้เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนเปลี่ยนแปลงไปมากนัก เหตุผลอาจอธิบายได้เช่นเดียวกันกับเปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุในดิน

ตารางที่ 5 ปริมาณอินทรียวัตถุของดินในกระถางตามตำรับการทดลองต่างๆ

ตำรับการทดลอง (กำมะถัน - กิโลกรัมต่อไร่)	ระยะบ่มดิน 2 เดือน	ระยะบ่มดิน 3 เดือน
0	1.73	1.81
500	1.63	1.68
1,000	1.69	1.56
1,500	1.50	1.89
2,000	1.50	1.86
อินทรียวัตถุเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)	1.61	1.76

CV = 13.8 %

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณอินทรียวัตถุของดินหลังจากใส่กำมะถันใน ในอัตราต่างๆ

อัตรากำมะถัน (กิโลกรัมต่อไร่)	อินทรียวัตถุ (เปอร์เซ็นต์)
0	1.77
500	1.66
1,000	1.63
1,500	1.70
2,000	1.68

CV = 13.8 %

ตารางที่ 7 แสดงเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในดินหลังจากใส่กำมะถันตามตำรับการทดลองต่างๆ

ตำรับการทดลอง (กำมะถัน - กิโลกรัมต่อไร่)	ระยะบ่มดิน	
	2 เดือน	3 เดือน
0	0.087	0.090
500	0.082	0.084
1,000	0.084	0.078
1,500	0.075	0.095
2,000	0.075	0.093
เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนเฉลี่ย	0.081	0.088

CV = 13.8 %

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในดินหลังจากใส่กำมะถันในอัตราต่างๆ

อัตรากำมะถัน (กิโลกรัมต่อไร่)	ไนโตรเจนในดิน (เปอร์เซ็นต์)
0	0.089
500	0.083
1,000	0.081
1,500	0.085
2,000	0.084

CV = 13.8 %

ปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในดิน

จากการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัส หลังจากใส่กำมะถันผง แล้วทำการบ่มดินเป็นเวลา 2 เดือน และ 3 เดือน ปรากฏว่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของทั้ง 2 ระยะเวลาการบ่มดิน (ตารางที่ 9)

การใส่กำมะถันในอัตราตามตำรับการทดลองต่างๆ ไม่ทำให้ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันอัตรา 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีความเข้มข้นฟอสฟอรัสสูงสุดเท่ากับ 67.62 ppm และตำรับการทดลองที่ไม่ใส่กำมะถัน มีค่าความเข้มข้นฟอสฟอรัสต่ำสุดเท่ากับ 48.81 ppm (ตารางที่ 10)

อย่างไรก็ตาม เมื่อใส่กำมะถันที่อัตราต่าง ๆ ที่ระยะการบ่มดิน 2 และ 3 เดือน พบว่ามีปฏิกิริยาร่วม (interaction) ระหว่างระยะการบ่มดินทั้ง 2 ระยะ (ตารางที่ 9)

สำหรับความเข้มข้นฟอสฟอรัสในดิน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อมีการใส่กำมะถันลงไปในดินในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะกำมะถันที่ใส่ลงไปในดินทำให้ความเป็นกรดของดินเพิ่มขึ้นจึงทำให้ฟอสฟอรัสละลายออกมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์มากขึ้น

ปริมาณความเข้มข้นของโพแทสเซียมในดิน

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ หลังจากใส่กำมะถัน พร้อมทำการบ่มดินเป็นเวลา 2 เดือน และ 3 เดือน ปรากฏว่าปริมาณความเข้มข้นของโพแทสเซียมทั้ง 2 ระยะการบ่มดิน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 11)

การใส่กำมะถันในอัตราต่างๆ ทำให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 12) โดยตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันอัตรา 1,500 กิโลกรัมต่อไร่มีค่าสูงสุดเท่ากับ 597.37 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 493.22 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

อย่างไรก็ตาม เมื่อใส่กำมะถันที่อัตราต่าง ๆ ที่ระยะการบ่มดิน 2 และ 3 เดือน พบว่ามีปฏิกิริยาร่วม (interaction) ระหว่างระยะการบ่มดินทั้ง 2 ระยะ (ตารางที่ 11)

สำหรับการใส่กำมะถันในอัตราต่าง ๆ ลงไปในดิน ไม่มีผลทำให้ปริมาณความเข้มข้นของโพแทสเซียมในดินเปลี่ยนแปลงไป ทั้งนี้เนื่องจากว่าการใส่กำมะถันในอัตราต่าง ๆ ไม่ทำให้ pH ของดินเปลี่ยนแปลงไปมากมายแต่อย่างใด (ดูตารางที่ 4)

ตารางที่ 9 ปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัส (ppm) ของดินในกระถางตามตำรับการทดลองต่างๆ

ตำรับการทดลอง (กำมะถัน - กิโลกรัมต่อไร่)	ระยะบ่มดิน	
	2 เดือน	3 เดือน
0	78.44	19.18
500	83.09	29.68
1,000	82.82	39.59
1,500	80.23	55.01
2,000	79.48	35.24
ความเข้มข้นฟอสฟอรัสเฉลี่ย (ppm)	80.81	35.74

CV = 20.3 %

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสฟอรัสในดินหลังจากใส่กำมะถันในอัตราต่างๆ

อัตรากำมะถัน (กิโลกรัมต่อไร่)	ฟอสฟอรัสในดิน (ppm)
0	48.81
500	56.39
1,000	61.21
1,500	67.62
2,000	57.36

CV = 20.3 %

ตารางที่ 11 ปริมาณความเข้มข้นของโพแทสเซียม (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ของดินในกระถางตามตำรับการทดลองต่างๆ

ตำรับการทดลอง (กำมะถัน - กิโลกรัมต่อไร่)	ระยะบ่มดิน	
	2 เดือน	3 เดือน
0	641.3	446.27 b
500	647.53	508.57 b
1,000	509.03	477.40 b
1,500	471.3	723.43 a
2,000	539.37	507.83 b
ปริมาณโพแทสเซียมเฉลี่ย (มิลลิกรัม/กรัม)	561.71	532.70

CV = 18.7 %

LSD (5%) = 176.65 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

LSD (1%) = 243.38 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

ตารางที่ 12 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณโพแทสเซียมในดินหลังจากใส่กำมะถันอัตราต่าง ๆ

อัตรากำมะถัน (กิโลกรัมต่อไร่)	ปริมาณโพแทสเซียม (มิลลิกรัม/กรัม)
0	543.78
500	578.05
1,000	493.22
1,500	597.37
2,000	523.60

CV = 18.7 %

LSD (5%) = 176.65 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

LSD (1%) = 243.38 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

ปริมาณแคลเซียมในดิน

จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ หลังจากใส่กำมะถันผงแล้วทำการบ่มดินเป็นเวลา 2 เดือน และ 3 เดือน ปรากฏว่าปริมาณความเข้มข้นของแคลเซียมทั้ง 2 ระยะเวลาการบ่มดินไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 13)

ส่วนการใส่กำมะถันในอัตราต่าง ๆ กัน ปริมาณแคลเซียมมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ โดยตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันในอัตรา 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าสูงสุดเท่ากับ 21.398 กรัมต่อกิโลกรัม และตำรับการทดลองที่ไม่ใส่กำมะถันมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 10.220 กรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 14) โดยตำรับการทดลองที่ไม่ใส่กำมะถัน กับตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันอัตรา 500 , 1,000 , 1,500 และ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีความแตกต่างกันทางสถิติ และตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีความแตกต่างกับตำรับที่ใส่กำมะถันในอัตรา 1,500 และ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันอัตรา 1,500 และ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

อย่างไรก็ตาม การใส่กำมะถันในอัตราต่าง ๆ ลงไปในดิน แล้วทำการบ่มดินเป็นเวลา 2 เดือน และ 3 เดือน พบว่ามีปฏิกิริยาร่วม (interacction) ระหว่างอัตราการใส่กำมะถันและที่ระยะเวลาบ่มดิน (ตารางที่ 13)

การใส่กำมะถันในอัตราต่าง ๆ ลงไปในดิน มีผลทำให้ปริมาณแคลเซียมเพิ่มขึ้น เพราะกำมะถันที่ใส่ลงไปในดินมีส่วนทำให้ดินเป็นกรดเพิ่มขึ้น และอาจทำให้แคลเซียมอยู่ในรูปที่ละลายได้

ปริมาณความเข้มข้นของแมกนีเซียมในดิน

จากการใส่กำมะถันผง แล้วทำการบ่มดินเป็นเวลา 2 เดือน และ 3 เดือน พบว่าปริมาณความเข้มข้นของแมกนีเซียมในดินไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 15)

การใส่กำมะถันในอัตราต่าง ๆ กัน ปรากฏว่าความเข้มข้นของแมกนีเซียมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 16) โดยตำรับการทดลองที่ไม่ใส่กำมะถันจะมีปริมาณความเข้มข้นของแมกนีเซียมสูงสุดเท่ากับ 231.53 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าความเข้มข้นของแมกนีเซียมต่ำสุดเท่ากับ 156.03 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

จากค่าวิเคราะห์ทางสถิติ (ตารางที่ 15) เมื่อใส่กำมะถันที่อัตราต่าง ๆ กัน แล้วบ่มดินที่ระยะเวลา 2 เดือน และ 3 เดือน พบว่ามีปฏิกิริยาร่วม (interaction) ระหว่างอัตราการใส่กำมะถันกับระยะเวลาบ่มดิน

ตารางที่ 13 ปริมาณความเข้มข้นของแคลเซียม (กรัม/กิโลกรัม) ของดินในกระถางตามตำรับการทดลองต่าง ๆ

ตำรับการทดลอง (กำมะถัน - กิโลกรัมต่อไร่)	ระยะบ่มดิน	
	2 เดือน	3 เดือน
0	9.56 d	10.88 d
500	14.84 c	14.95 c
1,000	18.08 bc	17.36 bc
1,500	21.26 ab	21.53 a
2,000	22.72 a	19.27 ab
ความเข้มข้นแคลเซียมเฉลี่ย (กรัม/กิโลกรัม)	17.29	16.80

CV = 13.4 % LSD (5%) = 4.00 กรัม/กิโลกรัม

LSD (1%) = 5.45 กรัม/กิโลกรัม

ตารางที่ 14 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณแคลเซียมในดินหลังจากใส่กำมะถันในอัตราต่างๆ

อัตรากำมะถัน (กิโลกรัมต่อไร่)	ปริมาณแคลเซียมในดิน (กรัม/กิโลกรัม)
0	10.22 d
500	14.89 c
1,000	17.72 b
1,500	21.40 a
2,000	21.00 a

CV = 13.4 % LSD (5%) = 2.80 กรัม/กิโลกรัม

LSD (1%) = 3.85 กรัม/กิโลกรัม

ตารางที่ 15 ปริมาณความเข้มข้นของแมกนีเซียม (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ของดินในกระถางตามตำรับการทดลองต่างๆ

ตำรับการทดลอง (กำมะถัน - กิโลกรัมต่อไร่)	ระยะบ่มดิน	
	2 เดือน	3 เดือน
0	156.03	307.03 a
500	156.03	156.03 bc
1,000	246.63	140.93 bc
1,500	186.23	251.67 ab
2,000	256.7	125.83 c
ปริมาณแมกนีเซียมเฉลี่ย (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	200.33	196.30

CV = 32.2 % LSD (5%) = 110.48 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

LSD (1%) = 152.21 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

ตารางที่ 16 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณแมกนีเซียมในดินหลังจากใส่กำมะถันในอัตราต่างๆ

อัตรากำมะถัน (กิโลกรัมต่อไร่)	ปริมาณแมกนีเซียมในดิน (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)
0	231.53
500	156.03
1,000	193.78
1,500	218.95
2,000	191.27

CV = 32.2 % LSD (5%) = 110.48 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

LSD (1%) = 152.21 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

อย่างไรก็ตาม การใส่กำมะถันลงไปในดินแล้วบ่มดินเป็นเวลาต่าง ๆ กัน และใส่กำมะถันในปริมาณแตกต่างกัน ไม่มีผลทำให้แมกนีเซียมในดินเปลี่ยนแปลงไป

ปริมาณความเข้มข้นของกำมะถันในดิน

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าหลังจากใส่กำมะถันในอัตราต่าง ๆ กัน และทำการบ่มดินเป็นระยะเวลา 2 เดือน และ 3 เดือน ปริมาณความเข้มข้นของกำมะถันในดินไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 17)

การใส่กำมะถันในอัตราต่าง ๆ กัน ทำให้ปริมาณความเข้มข้นของกำมะถันในดินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 18) โดยตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันอัตรา 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าความเข้มข้นของกำมะถันสูงสุดเท่ากับ 2,968.92 ppm และตำรับการทดลองที่ไม่ใส่กำมะถันมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 154.41 ppm โดยตำรับการทดลองที่ไม่ใส่กำมะถันมีความแตกต่างทางสถิติกับตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันอัตรา 500 , 1,000 , 1,500 และ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถัน 500 กิโลกรัมต่อไร่ มีความแตกต่างกันกับตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันอัตรา 1,000 , 1,500 และ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันอัตรา 1,000 , 1,500 และ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ค่าวิเคราะห์ทางสถิติเมื่อใส่กำมะถันในอัตราต่าง ๆ กัน และทำการบ่มดินที่ระยะเวลา 2 เดือน และ 3 เดือน พบว่ามีปฏิกิริยาร่วม (interaction) ระหว่างอัตราการใส่กำมะถันกับระยะเวลาบ่มดิน (ตารางที่ 17)

จากการทดลองพบว่า ปริมาณความเข้มข้นของกำมะถันในดินมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อมีการใส่กำมะถันในปริมาณที่เพิ่มขึ้นตามตำรับการทดลอง แต่เมื่อใส่กำมะถันในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ พบว่าปริมาณกำมะถันในดินไม่มีความแตกต่างกันกับตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถัน 1,500 และ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการวิเคราะห์ปริมาณกำมะถันจะอยู่ในรูป SO_4^{2-} ไม่สามารถบอกปริมาณกำมะถันรูปอื่นในดินได้ ดังนั้นเมื่อใส่กำมะถันในอัตราที่สูงขึ้น ก็ไม่ได้ทำให้กำมะถันเปลี่ยนไปอยู่ในรูปซัลเฟตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ หรืออาจมีสาเหตุจากจำนวนจุลินทรีย์อยู่ในดินมีปริมาณจำกัด ถึงแม้จะทำการเพิ่มกำมะถันในปริมาณที่มากขึ้น ก็ไม่สามารถออกซิไดซ์กำมะถันให้เป็นสารประกอบซัลเฟตเพิ่มขึ้นได้

ตารางที่ 17 ปริมาณความเข้มข้นของกำมะถันของดินในกระถางตามตำรับการทดลองต่างๆ

ตำรับการทดลอง (กำมะถัน - กิโลกรัมต่อไร่)	ระยะบ่มดิน	
	2 เดือน	3 เดือน
0	237.97 d	70.84 c
500	1,986.57 c	2,208.33 b
1,000	2,805.58 b	2,697.92 a
1,500	3,116.25 ab	2,821.58 a
2,000	3,242.27 a	2,691.68 a
ความเข้มข้นกำมะถันเฉลี่ย (ppm)	2,277.73	2,098.07

CV = 10.3 %　　LSD (5%) = 388.49 ppm

LSD (1%) = 535.24 ppm

ตารางที่ 18 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณกำมะถันในดินหลังจากใส่กำมะถันในอัตราต่างๆตามตำรับการทดลอง

อัตรากำมะถัน (กิโลกรัมต่อไร่)	ปริมาณกำมะถันในดิน (ppm)
0	154.41 c
500	2,097.45 b
1,000	2,751.75 a
1,500	2,968.92 a
2,000	2,966.98 a

CV = 10.3 %　　LSD (5%) = 274.71 ppm

LSD (1%) = 378.47 ppm

ความสูงต้นถั่วเหลืองเมื่ออายุ 1 เดือน

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ หลังจากใส่กำมะถันผงแล้วทำการบ่มดินเป็นระยะเวลา 2 เดือน และ 3 เดือน พบว่าความสูงของต้นถั่วเหลืองที่อายุ 1 เดือน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 19)

การใส่กำมะถันอัตราต่าง ๆ ทำให้ความสูงของต้นถั่วเหลืองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 20) โดยตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าสูงสุดเท่ากับ 33.59 เซ็นติเมตร และตำรับการทดลองที่ไม่ใส่กำมะถันมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 28.43 เซ็นติเมตร

อย่างไรก็ตามจากผลการทดลอง เมื่อใส่กำมะถันอัตราต่าง ๆ ลงไปในดิน ความสูงของต้นถั่วเหลืองมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อใส่กำมะถันในอัตราที่เพิ่มขึ้นแต่ก็เพิ่มไม่มากนักทั้งนี้อาจเป็นเพราะปริมาณกำมะถันที่ใส่ ยังไม่สามารถปรับปรุงสภาพทางเคมีของดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลือง

ความสูงของต้นถั่วเหลืองก่อนเก็บเกี่ยว

การใส่กำมะถันในอัตราต่างๆกันแล้วทำการบ่มดินเป็นเวลา 2 เดือน และ 3 เดือนเมื่อทำการวัดความสูงของต้นถั่วเหลืองหลังเก็บเกี่ยวพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 21)

เมื่อทำการใส่กำมะถันตามตำรับการทดลองต่าง ๆ พบว่า ความสูงของต้นถั่วเหลืองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 22) โดยตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าสูงสุดเท่ากับ 36.92 เซ็นติเมตร และตำรับการทดลองที่ไม่ใส่กำมะถันมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 30.72 เซ็นติเมตร

การใส่กำมะถันในอัตราต่าง ๆ แล้วทำการบ่มดิน พบว่าความสูงของต้นถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นแต่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ หรืออาจเป็นเพราะปลูกถั่วเหลืองในฤดูที่ไม่เหมาะสม จึงทำให้การเจริญเติบโตของต้นถั่วเหลืองไม่ดีเท่าที่ควร แต่ที่สำคัญการใส่กำมะถันในอัตราต่าง ๆ ไม่ทำให้ pH ของดินลดลงอย่างมีนัยสำคัญ จนมีผลทำให้สภาพทางเคมีของดินแตกต่างไปจากเดิมจนเห็นได้ชัด (ดูตารางที่ 4)

น้ำหนักแห้งของต้นถั่วเหลือง

หลังจากใส่กำมะถันผงแล้วทำการบ่มดินเป็นระยะเวลา 2 เดือน และ 3 เดือน ปรากฏว่าน้ำหนักแห้งของทั้ง 2 ระยะเวลาการบ่มดินไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 23)

การใส่กำมะถันในอัตราต่างๆ ทำให้น้ำหนักแห้งของต้นถั่วเหลืองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันในอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าสูงสุดเท่ากับ

ตารางที่ 19 ความสูงเฉลี่ยเป็นเซ็นติเมตรของต้นถั่วเหลืองเมื่ออายุ 1 เดือน ตามตำรับการทดลองต่างๆ

ตำรับการทดลอง (กำมะถัน - กิโลกรัมต่อไร่)	ระยะบ่มดิน	
	2 เดือน	3 เดือน
0	23.36	33.50
500	25.62	33.16
1,000	25.30	35.50
1,500	25.78	35.33
2,000	31.96	35.22
ความสูงเฉลี่ย (เซ็นติเมตร)	26.40	34.54

CV = 14.6 %

ตารางที่ 20 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสูงของต้นถั่วเหลืองเมื่ออายุ 1 เดือน

อัตรากำมะถัน (กิโลกรัมต่อไร่)	ความสูงของต้นถั่วเหลือง (เซ็นติเมตร)
0	28.43
500	29.39
1,000	30.40
1,500	30.56
2,000	33.59

CV = 14.6 %

ตารางที่ 21 ความสูงเฉลี่ยเป็นเซ็นติเมตรของต้นถั่วเหลืองก่อนทำการเก็บเกี่ยวตามตำรับการทดลองต่างๆ

ตำรับการทดลอง (กำมะถัน - กิโลกรัมต่อไร่)	ระยะบ่มดิน	
	2 เดือน	3 เดือน
0	23.50	37.94
500	29.27	35.45
1,000	26.58	36.94
1,500	32.67	37.00
2,000	37.06	36.78
ความสูงเฉลี่ย (เซ็นติเมตร)	29.81	36.82

CV = 15.8 %

ตารางที่ 22 เปรียบเทียบค่าความสูงเฉลี่ยเป็นเซ็นติเมตรของต้นถั่วเหลืองก่อนเก็บเกี่ยว

อัตรากำมะถัน (กิโลกรัมต่อไร่)	ความสูงของต้นถั่วเหลือง (เซ็นติเมตร)
0	30.72
500	32.36
1,000	31.76
1,500	34.83
2,000	36.92

CV = 15.8 %

ตารางที่ 23 แสดงน้ำหนักแห้งของต้นถั่วเหลืองเป็นกรัมต่อกระถางเมื่อใส่กำมะถันในอัตราต่างๆตามตำรับการทดลอง

ตำรับการทดลอง (กำมะถัน - กิโลกรัมต่อไร่)	ระยะบ่มดิน 2 เดือน	ระยะบ่มดิน 3 เดือน
0	3.19 c	10.69
500	7.44 b	11.84
1,000	9.86 b	12.10
1,500	9.62 b	11.62
2,000	13.42 a	11.22
น้ำหนักแห้งเฉลี่ย (กรัม)	8.71	11.49

CV = 17.3 % LSD (5%) = 3.02 กรัม

LSD (1%) = 4.17 กรัม

ตารางที่ 24 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของต้นถั่วเหลืองเป็นกรัมต่อกระถางอัตราเมื่อใส่กำมะถันในอัตราต่างๆตามตำรับการทดลอง

อัตรากำมะถัน (กิโลกรัมต่อไร่)	น้ำหนักแห้ง (กรัม/กระถาง)
0	6.94 b
500	9.64 a
1,000	10.98 a
1,500	10.62 a
2,000	12.32 a

CV = 17.3 % LSD (5%) = 3.02 กรัม

LSD (1%) = 4.17 กรัม

12.32 กรัม และตำรับการทดลองที่ไม่ใส่กำมะถันมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 6.94 กรัม (ตารางที่ 24) โดยตำรับการทดลองที่ไม่ใส่กำมะถัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับตำรับที่ใส่กำมะถันอัตรา 500 , 1,000 , 1,500 และ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ และตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันในอัตรา 500 , 1,000 , 1,500 และ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ค่าวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า มีปฏิกิริยาร่วม (interaction) ระหว่างอัตราการใส่กำมะถันกับระยะเวลาที่ใช้บ่มดิน (ตารางที่ 23)

การที่น้ำหนักแห้งของต้นถั่วเหลืองไม่แตกต่างกัน เมื่อบ่มดินแตกต่างกัน 2 ระยะ และการใส่กำมะถันในอัตราต่าง ๆ ไม่ทำให้น้ำหนักแห้งของต้นถั่วเหลืองแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด เหตุผลก็เป็นไปในทำนองเดียวกันกับความสูงของต้นถั่วเหลืองดังที่กล่าวมาแล้ว

เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนและปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในต้นถั่วเหลือง

การวิเคราะห์ค่าทางสถิติ หลังทำการใส่กำมะถันในอัตราต่าง ๆ และทำการบ่มดินเป็นระยะเวลา 2 เดือน และ 3 เดือน ปรากฏว่าเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในถั่วเหลืองและปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในพืชไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 25 และ 27)

เมื่อใส่กำมะถันในอัตราต่าง ๆ กันพบว่า เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในต้นถั่วเหลืองมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 26) โดยตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าสูงสุดเท่ากับ 2.18 % และที่ตำรับการทดลองที่ไม่ใส่กำมะถันมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1.50 % โดยตำรับการทดลองที่ไม่ใส่กำมะถันไม่มีความแตกต่างกันกับตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันอัตรา 500 และ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ แต่มีความแตกต่างกับตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันอัตรา 1,000 และ 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ ตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ มีความแตกต่างกับอัตรา 1,000 และ 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ไม่มีความแตกต่างกับอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ไม่มีความแตกต่างกับอัตรา 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ แต่แตกต่างกับอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ และอัตรา 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีความแตกต่างกับอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่

สำหรับปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในพืช พบว่า การใส่กำมะถันอัตราต่าง ๆ ปรากฏว่ามีความแตกต่างทางสถิติ โดยตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถัน 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในพืชสูงสุดเท่ากับ 228.23 มิลลิกรัมต่อกระถาง และที่ตำรับไม่ใส่กำมะถันมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 96.58 มิลลิกรัมต่อกระถาง (ตารางที่ 28) โดยตำรับที่ไม่ใส่กำมะถัน มีความแตกต่างกันกับตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันทุกตำรับการทดลอง และตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถัน

ตารางที่ 25 แสดงเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในต้นถั่วเหลืองตามตำรับการทดลองต่างๆ

ตำรับการทดลอง (กำมะถัน - กิโลกรัมต่อไร่)	ระยะบ่มดิน	
	2 เดือน	3 เดือน
0	1.67 c	1.32
500	2.36 b	0.91
1,000	3.14 a	1.22
1,500	2.41 b	1.05
2,000	2.30 b	1.07
เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)	2.36	1.11

CV = 16.1 % LSD (5%) = 0.49 %

LSD (1%) = 0.67 %

ตารางที่ 26 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในต้นถั่วเหลืองเมื่อใส่กำมะถันในอัตราต่างๆตามตำรับการทดลอง

อัตรากำมะถัน (กิโลกรัมต่อไร่)	ไนโตรเจนในพืช (เปอร์เซ็นต์)
0	1.50 b
500	1.64 b
1,000	2.18 a
1,500	1.73 a
2,000	1.98 b

CV =16.1 % LSD (5%) = 0.49 %

LSD (1%) = 0.67 %

ตารางที่ 27 แสดงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (มิลลิกรัม/กระถาง) ในต้นถั่วเหลือง ตามตำรับการทดลองต่างๆ

ตำรับการทดลอง (กำมะถัน - กิโลกรัมต่อไร่)	ระยะบ่มดิน 2 เดือน	ระยะบ่มดิน 3 เดือน
0	53.10 c	140.05
500	178.19 b	109.76
1,000	309.63 a	146.82
1,500	229.54 b	118.11
2,000	309.42 a	120.44
ปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ย (มิลลิกรัม/กระถาง)	215.98	127.04

CV = 21.0 % LSD (5%) = 62.40 มิลลิกรัม/กระถาง

LSD (1%) = 85.98 มิลลิกรัม/กระถาง

ตารางที่ 28 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยไนโตรเจนทั้งหมดในต้นถั่วเหลืองเมื่อใส่กำมะถันใน ในอัตราต่างๆตามตำรับการทดลอง

อัตรากำมะถัน (กิโลกรัมต่อไร่)	ปริมาณไนโตรเจน (มิลลิกรัม/กระถาง)
0	96.58 c
500	143.98 b
1,000	228.23 a
1,500	173.82 a
2,000	214.93 a

CV = 21.0 % LSD (5%) = 62.40 มิลลิกรัม/กระถาง

LSD (1%) = 85.98 มิลลิกรัม/กระถาง

อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ มีความแตกต่างกับที่อัตรา 1,000 , 1,500 และ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ที่อัตรา 1,000 , 1,500 และ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

นอกจากนี้ยังมีปฏิกิริยาร่วม (interaction) ระหว่างการใส่กำมะถันอัตราต่าง ๆ กับระยะเวลาการบ่มดิน (ตารางที่ 27)

แม้ว่าการดึงดูดธาตุอาหารไนโตรเจนทั้งหมดของต้นถั่วเหลืองในแต่ละตำรับการทดลองจะมีความแตกต่างกันในทางสถิติ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักแห้งของต้นถั่วเหลืองแล้ว (ตารางที่ 24) การใส่กำมะถันไม่น่าจะมีผลต่อการดึงดูดไนโตรเจนของต้นถั่วเหลือง

ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในต้นถั่วเหลือง

หลังจากใส่กำมะถันในอัตราต่าง ๆ แล้วทำการบ่มดินเป็นเวลา 2 เดือน และ 3 เดือน ปรากฏว่าความเข้มข้นฟอสฟอรัสในต้นพืชและปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในต้นถั่วเหลือง ไม่มีความแตกต่างทางสถิต (ตารางที่ 29 และ 31)

ค่าวิเคราะห์ทางสถิติ เมื่อใส่กำมะถันอัตราต่าง ๆ พบว่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในพืชไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าสูงสุดเท่ากับ 3.68 กรัมต่อกิโลกรัม และตำรับการทดลองที่ไม่ใส่กำมะถันมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 3.41 กรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 30)

ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในต้นถั่วเหลืองพบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 32) โดยตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าสูงสุดเท่ากับ 45.35 มิลลิกรัมต่อกระถาง ส่วนตำรับที่ไม่ใส่กำมะถันจะมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 24.05 มิลลิกรัมต่อกระถาง โดยตำรับการทดลองที่ไม่ใส่กำมะถันมีความแตกต่างทางสถิติกับตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันอัตรา 500 , 1,000 , 1,500 และ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันในอัตรา 500 , 1,000 , 1,500 และ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในต้นถั่วเหลือง มีปฏิกิริยาร่วม (interaction) ระหว่างอัตราการใส่กำมะถันและระยะเวลาที่ทำการบ่มดิน (ตารางที่ 31)

จากผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่า การใส่กำมะถันลงไปในดินช่วยให้ ฟอสฟอรัสในดินเป็นประโยชน์มากขึ้น แต่การใส่กำมะถันในอัตรามากน้อยแตกต่างกัน ไม่ทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสแตกต่างกัน เนื่องจากไม่ได้ทำให้ pH ของดินเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัด (ดูตารางที่ 4)

ตารางที่ 29 แสดงความเข้มข้นของฟอสฟอรัส (กรัม/กิโลกรัม) ในต้นถั่วเหลืองตามตำรับการทดลองต่างๆ

ตำรับการทดลอง (กำมะถัน - กิโลกรัมต่อไร่)	ระยะบ่มดิน	
	2 เดือน	3 เดือน
0	3.29	3.52
500	3.70	3.59
1,000	3.33	3.98
1,500	3.16	4.06
2,000	3.69	3.67
ปริมาณฟอสฟอรัสเฉลี่ย (กรัม/กิโลกรัม)	3.44	3.77

CV = 13.3 %

ตารางที่ 30 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในต้นถั่วเหลืองหลังใส่กำมะถันในอัตราต่างๆตามตำรับการทดลอง

อัตรากำมะถัน (กิโลกรัมต่อไร่)	ปริมาณฟอสฟอรัส (กรัม/กิโลกรัม)
0	3.41
500	3.65
1,000	3.66
1,500	3.61
2,000	3.68

CV = 13.3 %

ตารางที่ 31 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (มิลลิกรัม/กระถาง) ในต้นถั่วเหลืองตามตำรับการทดลองต่างๆ

ตำรับการทดลอง (กำมะถัน - กิโลกรัมต่อไร่)	ระยะบ่มดิน	
	2 เดือน	3 เดือน
0	10.49 c	37.61
500	27.62 b	42.31
1,000	32.77 b	47.76
1,500	30.43 b	46.75
2,000	49.57 a	41.14
ปริมาณฟอสฟอรัสเฉลี่ย (มิลลิกรัม/กระถาง)	30.18	43.11

CV = 18.0 %　　LSD(5%) = 11.40 มิลลิกรัม/กระถาง

LSD(1%) = 15.71 มิลลิกรัม/กระถาง

ตารางที่ 32 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในต้นถั่วเหลืองเมื่อใส่กำมะถันในอัตราต่างๆตามตำรับการทดลอง

อัตรากำมะถัน (กิโลกรัมต่อไร่)	ปริมาณฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม/กระถาง)
0	24.05 b
500	34.96 a
1,000	40.27 a
1,500	38.59 a
2,000	45.35 a

CV = 18.0 %　　LSD (5%) = 11.40 มิลลิกรัม/กระถาง

LSD (1%) = 15.71 มิลลิกรัม/กระถาง

ความเข้มข้นของโพแทสเซียมและโพแทสเซียมทั้งหมดในต้นถั่วเหลือง

ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่า ตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันอัตราต่าง ๆ แล้วทำการบ่มดินเป็นเวลา 2 เดือน และ 3 เดือน ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในพืช และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในถั่วเหลือง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 33 และ 35)

เมื่อใส่กำมะถันอัตราต่าง ๆ เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในพืช ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าสูงสุดเท่ากับ 15.94 % และตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 15.50 % (ตารางที่ 34)

ส่วนปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในต้นถั่วเหลือง มีความแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 36) โดยตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าสูงสุดเท่ากับ 196.65 มิลลิกรัมต่อกระถาง โดยตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันอัตรา 0 และ 500 กิโลกรัมต่อไร่ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่แตกต่างกับตำรับการทดลองอัตรา 1,000 , 1,500 และ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ อย่างไรก็ตามตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันอัตรา 500 , 1,000 , 1,500 และ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ

จากค่าวิเคราะห์ของปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในต้นถั่วเหลืองพบว่ามีปฏิกิริยาร่วม (interaction) ระหว่างอัตราการใส่กำมะถันกับระยะเวลาการบ่มดิน (ตารางที่ 35)

การใส่กำมะถันลงไปในดิน มีผลเพียงเล็กน้อยกับการดึงดูดธาตุโพแทสเซียมของต้นถั่วเหลือง

ความเข้มข้นของแคลเซียมและปริมาณแคลเซียมทั้งหมดในต้นถั่วเหลือง

หลังจากใส่กำมะถันในอัตราต่าง ๆ แล้วทำการบ่มดินเป็นเวลา 2 เดือน และ 3 เดือน พบว่าความเข้มข้นของแคลเซียมในพืช และปริมาณแคลเซียมทั้งหมดในต้นถั่วเหลืองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 37 และ 39)

ค่าวิเคราะห์ทางสถิติ เมื่อใส่กำมะถันอัตราต่าง ๆ พบว่าความเข้มข้นของแคลเซียมในพืชมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ โดยตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าสูงสุดเท่ากับ 45.71 กรัมต่อกิโลกรัม และที่ตำรับการทดลองที่ไม่ใส่กำมะถันมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 29.27 กรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 38) ตำรับที่ใส่กำมะถันอัตรา 0 และ 500 กิโลกรัมต่อไร่ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกับอัตรา 1,000 , 1,500 และ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับตำรับที่ใส่กำมะถันในอัตรา 1,000 , 1,500 และ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันอัตรา 1,000 , 1,500 และ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ไม่มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 33 แสดงเปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในต้นถั่วเหลืองตามตำรับการทดลองต่าง ๆ

ตำรับการทดลอง (กำมะถัน - กิโลกรัมต่อไร่)	ระยะบ่มดิน 2 เดือน	ระยะบ่มดิน 3 เดือน
0	16.53	15.3
500	16.53	15.36
1,000	16.20	14.79
1,500	16.65	15.20
2,000	16.49	15.28
ปริมาณโพแทสเซียมเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)	16.48	15.19

CV = 4.8 %

ตารางที่ 34 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในต้นถั่วเหลืองเมื่อใส่กำมะถันในอัตราต่างๆตามตำรับการทดลอง

อัตรากำมะถัน (กิโลกรัมต่อไร่)	ปริมาณโพแทสเซียม (เปอร์เซ็นต์)
0	15.92
500	15.94
1,000	15.50
1,500	15.93
2,000	15.89

CV = 4.8 %

ตารางที่ 35 แสดงปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในต้นถั่วเหลืองตามตำรับการทดลองต่างๆ

ตำรับการทดลอง (กำมะถัน - กิโลกรัมต่อไร่)	ระยะบ่มดิน	
	2 เดือน	3 เดือน
0	52.61 c	163.8
500	124.41 b	182.11
1,000	159.67 b	178.99
1,500	159.59 b	176.23
2,000	221.54 a	171.77
ปริมาณโพแทสเซียมเฉลี่ย (กรัม/กระถาง)	142.96	174.58

CV = 18.4 % LSD (5%) = 50.70 กรัม/กระถาง

LSD (1%) = 69.85 กรัม/กระถาง

ตารางที่ 36 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโพแทสเซียมทั้งหมดในต้นถั่วเหลืองหลังใส่กำมะถันในอัตราต่างๆตามตำรับการทดลอง

อัตรากำมะถัน (กิโลกรัมต่อไร่)	ปริมาณโพแทสเซียม (มิลลิกรัม/กระถาง)
0	108.2 b
500	151.76 ab
1,000	169.33 a
1,500	167.91 a
2,000	196.65 a

CV = 18.4 % LSD (5%) = 50.70 กรัม/กระถาง

LSD (1%) = 69.85 กรัม/กระถาง

ตารางที่ 37 แสดงความเข้มข้นแคลเซียม (กรัม/กิโลกรัม) ในต้นถั่วเหลืองตามตำรับการทดลองต่างๆ

ตำรับการทดลอง (กำมะถัน - กิโลกรัมต่อไร่)	ระยะบ่มดิน	
	2 เดือน	3 เดือน
0	30.72	27.81 c
500	32.39	30.10 bc
1,000	42.06	49.36 a
1,500	41.06	41.67 ab
2,000	39.34	50.63 a
ปริมาณแคลเซียมเฉลี่ย (กรัม/กิโลกรัม)	37.11	39.915

CV = 18.9 % LSD (5%) = 12.58 กรัม/กิโลกรัม

LSD (1%) = 17.34 กรัม/กิโลกรัม

ตารางที่ 38 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแคลเซียมในต้นถั่วเหลืองเมื่อใส่กำมะถันในอัตราต่างๆตามตำรับการทดลอง

อัตรากำมะถัน (กิโลกรัมต่อไร่)	ปริมาณแคลเซียม (กรัม/กิโลกรัม)
0	29.27 b
500	31.25 b
1,000	45.71 a
1,500	41.36 a
2,000	44.99 a

CV = 18.9 % LSD (5%) = 8.90 กรัม/กิโลกรัม

LSD (1%) = 12.26 กรัม/กิโลกรัม

ตารางที่ 39 แสดงปริมาณแคลเซียมทั้งหมด (มิลลิกรัม/กระถาง) ในต้นถั่วเหลือง ตามตำรับการทดลองต่างๆ

ตำรับการทดลอง (กำมะถัน - กิโลกรัมต่อไร่)	ระยะบ่มดิน 2 เดือน	ระยะบ่มดิน 3 เดือน
0	98.49 d	296.76 c
500	237.72 c	341.91 c
1,000	414.69 b	598.14 a
1,500	395.49 b	476.11 b
2,000	529.69 a	563.33 ab
ปริมาณแคลเซียมเฉลี่ย (กรัม/กระถาง)	335.22	455.25

CV = 16.8 %　　LSD (5%) = 114.64 กรัม/กระถาง

LSD (1%) = 157.94 กรัม/กระถาง

ตารางที่ 40 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณแคลเซียมทั้งหมดในต้นถั่วเหลืองหลังใส่กำมะถันในอัตราต่างๆตามตำรับการทดลอง

อัตรากำมะถัน (กิโลกรัมต่อไร่)	ปริมาณแคลเซียม (มิลลิกรัม/กระถาง)
0	197.63 d
500	289.81 c
1,000	506.42 ab
1,500	435.80 b
2,000	546.51 a

CV = 16.8 %　　LSD (5%) = 81.06 กรัม/กระถาง

LSD (1%) = 111.68 กรัม/กระถาง

สำหรับปริมาณแคลเซียมทั้งหมดในต้นถั่วเหลือง พบว่ามีความแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 40) โดยที่ตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถัน 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณสูงสุดเท่ากับ 546.51 มิลลิกรัมต่อกระถาง และตำรับที่ไม่ใส่กำมะถันมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 197.63 มิลลิกรัมต่อกระถาง ที่ตำรับการทดลองที่ไม่ใส่กำมะถันพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับตำรับที่ใส่กำมะถันอัตรา 500 , 1,000 , 1,500 และ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับตำรับที่ใส่กำมะถันอัตรา 1,000 , 1,500 และ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ที่ตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันอัตรา 1,000 ไม่มีความแตกต่างกับอัตรา 1,500 และ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถัน 1,500 และ 2,000 กิโลกรัม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

จากค่าวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมในพืชและปริมาณแคลเซียมทั้งหมด พบว่ามีปฏิกิริยาร่วม(interaction) ระหว่างอัตราการใส่กำมะถันและที่ระยะเวลาการบ่มดิน (ตารางที่ 37 และ 39)

จากการทดลองพบว่าปริมาณแคลเซียมที่พืชดึงดูดได้มีปริมาณเพิ่มขึ้นไม่มากนัก แต่เมื่อใส่กำมะถันในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ขึ้นไป การดึงดูดธาตุแคลเซียมในต้นถั่วเหลืองไม่ได้เพิ่มมากขึ้นอีกต่อไป

ความเข้มข้นของแมกนีเซียมและปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมดในต้นถั่วเหลือง

ค่าวิเคราะห์ทางสถิติหลังจากใส่กำมะถันในอัตราต่าง ๆ และบ่มดินเป็นเวลา 2 เดือน และ 3 เดือน พบว่าปริมาณแมกนีเซียมในพืชและปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมดในถั่วเหลือง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 41 และ 43)

เมื่อทำการใส่กำมะถันในอัตราต่างๆ พบว่า ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในพืชไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยที่ตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่มีค่าสูงสุดเท่ากับ 4.94 กรัมต่อกิโลกรัม และที่ตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 3.87 กรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 42)

ปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมดในต้นถั่วเหลืองที่ตำรับการทดลองต่างๆ มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 44) โดยที่ตำรับการทดลองที่ไม่ใส่กำมะถันกับที่ใส่กำมะถันอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ไม่มีความแตกต่างกัน แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันอัตรา 1,000 , 1,500 และ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ตำรับที่ใส่กำมะถันอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ มีความแตกต่างกันทางสถิติกับตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันอัตรา 1,000 , 1,500 และ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนตำรับการทดลองอัตรา 1,000 , 1,500 และ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ไม่มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 41 แสดงความเข้มข้นของแมกนีเซียม (กรัม/กิโลกรัม) ในต้นถั่วเหลือง ตามตำรับการทดลองต่างๆ

ตำรับการทดลอง (กำมะถัน - กิโลกรัมต่อไร่)	ระยะบ่มดิน	
	2 เดือน	3 เดือน
0	4.78	4.70 ab
500	4.98	3.92 bc
1,000	4.22	5.65 a
1,500	4.85	3.91 bc
2,000	5.35	2.38 c
ปริมาณแมกนีเซียมเฉลี่ย (กรัม/กิโลกรัม)	4.84	4.11

CV = 19.2 % LSD (5%) = 1.49 กรัม/กิโลกรัม

LSD (1%) = 2.05 กรัม/กิโลกรัม

ตารางที่ 42 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแมกนีเซียมในต้นถั่วเหลืองเมื่อใส่กำมะถันในอัตราต่างๆตามตำรับการทดลอง

อัตรากำมะถัน (กิโลกรัมต่อไร่)	ปริมาณแมกนีเซียม (กรัม/กิโลกรัม)
0	4.74
500	4.45
1,000	4.94
1,500	4.38
2,000	3.87

CV = 19.2 % LSD (5%) = 1.49 กรัม/กิโลกรัม

LSD (1%) = 2.05 กรัม/กิโลกรัม

ตารางที่ 43 แสดงปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมด (มิลลิกรัม/กระถาง) ในต้นถั่วเหลือง ตามตำรับการทดลองต่างๆ

ตำรับการทดลอง (กำมะถัน - กิโลกรัมต่อไร่)	ระยะบ่มดิน 2 เดือน	ระยะบ่มดิน 3 เดือน
0	15.25 c	49.97 b
500	36.96 b	44.34 b
1,000	41.54 b	68.33 a
1,500	46.74 b	44.22 b
2,000	71.79 a	25.17 c
ปริมาณแมกนีเซียมเฉลี่ย (มิลลิกรัม/กระถาง)	42.46	46.41

CV = 18.3 %　　LSD (5%) = 14.07 มิลลิกรัม/กระถาง

LSD (1%) = 19.39 มิลลิกรัม/กระถาง

ตารางที่ 44 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมดในถั่วเหลืองหลังใส่กำมะถันในอัตราต่างๆตามตำรับการทดลอง

อัตรากำมะถัน (กิโลกรัมต่อไร่)	ปริมาณแมกนีเซียม (มิลลิกรัม/กระถาง)
0	32.61 b
500	40.65 b
1,000	54.93 a
1,500	45.48 a
2,000	48.48 a

CV = 18.3 %　　LSD (5%) = 14.07 มิลลิกรัม/กระถาง

LSD (1%) = 19.39 มิลลิกรัม/กระถาง

จากค่าวิเคราะห์ปริมาณแมกนีเซียมในพืชและแมกนีเซียมทั้งหมดในต้นถั่วเหลือง พบว่ามีปฏิกิริยาร่วม (interaction) ระหว่างอัตราการใส่กำมะถันและที่ระยะเวลาบ่มดิน (ตารางที่ 41 และ 43)

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า การดึงดูดธาตุแมกนีเซียมของต้นถั่วเหลือง เมื่อใส่กำมะถันลงไป มีลักษณะคล้ายคลึงกันกับการดึงดูดธาตุแคลเซียม

ความเข้มข้นของกำมะถันในพืชและปริมาณกำมะถันทั้งหมดในต้นถั่วเหลือง

หลังจากใส่กำมะถันในอัตราต่าง ๆ และทำการบ่มดินเป็นเวลา 2 เดือน และ 3 เดือน ปรากฏว่าปริมาณกำมะถันในพืชและปริมาณกำมะถันทั้งหมดในต้นถั่วเหลืองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ 2 ระยะเวลาการบ่มดิน (ตารางที่ 45 และ 47)

จากผลวิเคราะห์ที่ได้ เมื่อทำการใส่กำมะถันในอัตราต่าง ๆ พบว่า ความเข้มข้นของกำมะถันในพืช และปริมาณกำมะถันทั้งหมดในถั่วเหลืองมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ โดยปริมาณกำมะถันในพืช ตำรับการทดลองใส่กำมะถันอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าสูงสุดเท่ากับ 775.23 กรัมต่อกิโลกรัม และตำรับการทดลองที่ไม่ใส่กำมะถันมีค่าต่ำสุด เท่ากับ 170.75 กรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 46) โดยตำรับการทดลองที่ไม่ใส่กำมะถันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับตำรับที่ใส่กำมะถันอัตรา 500 , 1,000 , 1,500 และ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ตำรับการทดลองใส่กำมะถันอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ก็มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับตำรับอัตรา 1,000 , 1,500 และ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันอัตรา 1,000 , 1,500 และ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

สำหรับปริมาณกำมะถันทั้งหมดในถั่วเหลืองพบว่าที่ตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันในอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าสูงสุดเท่ากับ 9.58 กรัมต่อกระถาง และตำรับการทดลองที่ไม่ใส่กำมะถันมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1.43 กรัมต่อกระถาง (ตารางที่ 48) ตำรับการทดลองที่ไม่ใส่กำมะถันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับตำรับที่ใส่กำมะถันอัตรา 500 , 1,000 , 1,500 และ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ และตำรับการทดลองที่ใส่กำมะถันอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ก็มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับตำรับที่ใส่กำมะถันอัตรา 1,000 , 1,500 และ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ที่ตำรับการทดลองใส่กำมะถันอัตรา 1,000 , 1,500 และ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากตารางวิเคราะห์สถิติปริมาณกำมะถันทั้งหมดในต้นถั่วเหลือง พบว่ามีปฏิกิริยาร่วม (interaction) ระหว่างอัตราการใส่กำมะถันและที่ระยะเวลาการบ่มดิน (ตารางที่ 47)

ตารางที่ 45 แสดงความเข้มข้นของกำมะถัน (กรัม/กิโลกรัม) ในต้นถั่วเหลืองตามตำรับการทดลองต่างๆ

ตำรับการทดลอง (กำมะถัน - กิโลกรัมต่อไร่)	ระยะบ่มดิน	
	2 เดือน	3 เดือน
0	106.14 c	235.35 c
500	526.34 b	551.47 b
1,000	735.55 a	731.67 a
1,500	735.21 a	767.72 a
2,000	791.12 a	759.33 a
ปริมาณกำมะถันเฉลี่ย (กรัม/กิโลกรัม)	578.87	609.11

CV = 11.8 %　　LSD(5%) = 120.87 กรัม/กิโลกรัม

LSD (1%) = 166.53 กรัม/กิโลกรัม

ตารางที่ 46 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของกำมะถันในต้นถั่วเหลืองเมื่อใส่กำมะถันอัตราต่างๆตามตำรับการทดลอง

อัตรากำมะถัน (กิโลกรัมต่อไร่)	ปริมาณกำมะถัน (กรัม/กิโลกรัม)
0	170.75 c
500	538.90 b
1,000	733.61 a
1,500	751.46 a
2,000	775.23 a

CV = 11.8 %　　LSD(5%) = 85.47 กรัม/กิโลกรัม

LSD(1%) = 117.75 กรัม/กิโลกรัม

ตารางที่ 47 แสดงปริมาณกำมะถันทั้งหมด (กรัม/กระถาง) ในต้นถั่วเหลืองตามตำรับการทดลองต่างๆ

ตำรับการทดลอง (กำมะถัน - กิโลกรัมต่อไร่)	ระยะบ่มดิน 2 เดือน	ระยะบ่มดิน 3 เดือน
0	0.34 d	2.52 c
500	3.91 c	6.43 b
1,000	7.28 b	8.80 a
1,500	6.98 b	8.89 a
2,000	10.64 a	8.52 a
ปริมาณกำมะถันเฉลี่ย (กรัม/กระถาง)	5.83	7.03

CV = 16.7 % LSD(5%) = 1.86 กรัม/กระถาง

LSD(1%) = 2.57 กรัม/กระถาง

ตารางที่ 48 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณกำมะถันทั้งหมดในต้นถั่วเหลืองหลังใส่กำมะถันในอัตราต่างๆตามตำรับการทดลอง

อัตรากำมะถัน (กิโลกรัมต่อไร่)	ปริมาณกำมะถัน (กรัม/กระถาง)
0	1.43 c
500	5.17 b
1,000	8.04 a
1,500	7.94 a
2,000	9.58 a

CV = 16.7 % LSD(5%) = 1.86 กรัม/กระถาง

LSD(1%) = 2.57 กรัม/กระถาง

จากผลการทดลองแสดงว่า การใส่กำมะถันลงไปในดินแคลคาเรียส ทำให้ต้นถั่วเหลืองดึงดูดกำมะถันในดินไปใช้ประโยชน์ได้เพิ่มขึ้น แต่เมื่อใส่กำมะถันลงไปในปริมาณมากขึ้น การดึงดูดธาตุกำมะถันยังคงไม่เปลี่ยนแปลง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะกำมะถันที่ใส่ลงไปในดินถูกออกซิไดซ์ให้กลายเป็นซัลเฟตได้ระดับหนึ่งเท่านั้น

สรุปผลการทดลอง

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลตัวเลขในทางสถิติพบว่า การใส่กำมะถันลงไปในดินแล้วบ่มดินเป็นเวลา 2 และ 3 เดือน ไม่ทำให้ค่า pH ของดินก่อนปลูกพืช และค่า pH หลังเก็บเกี่ยว มีความแตกต่างกันทางสถิติ อาจเป็นเพราะความแตกต่างของระยะเวลาสั้นเกินไปที่จะทำให้กำมะถันถูกออกซิไดซ์ในดินไม่มีปริมาณแตกต่างกัน นอกจากนี้ปริมาณอินทรียวัตถุ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันในดิน ตลอดจนความสูงของต้นถั่วเหลืองเมื่ออายุ 1 เดือน และก่อนทำการเก็บเกี่ยว กับน้ำหนักแห้งของต้นถั่วเหลือง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระยะเวลาการบ่มดิน 2 ระยะ

การใส่กำมะถันในอัตราต่างๆ พบว่าความเข้มข้นและปริมาณทั้งหมดในต้นถั่วเหลืองของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

การใส่กำมะถันที่อัตราต่าง ๆ กัน ทำให้ค่า pH ของดินหลังจากบ่มดินก่อนปลูกพืช และค่า pH ของดินหลังเก็บเกี่ยวพืช มีความแตกต่างกัน โดย pH มีแนวโน้มลดลง อาจเป็นเพราะกำมะถันที่ใส่ลงไปในดินถูกออกซิไดซ์ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน แม้ว่าปริมาณของกำมะถันที่ใส่ลงไปจะมีความแตกต่างกันมาก สำหรับปริมาณอินทรียวัตถุ เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน ปริมาณฟอสฟอรัส และปริมาณของโพแทสเซียมในดิน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันที่ตำรับการทดลองต่าง ๆ ส่วนปริมาณแคลเซียมในดิน มีความแตกต่างกันที่ตำรับการทดลองต่าง ๆ โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เพราะกำมะถันที่ใส่ลงไปในดินทำให้ดินเป็นกรดเพิ่มขึ้น ทำให้แคลเซียมละลายออกมาได้ สำหรับความเข้มข้นของแมกนีเซียมในดิน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนกำมะถันในดิน ที่ตำรับการทดลองใส่กำมะถันอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ขึ้นไป ปริมาณกำมะถันในดินไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการวิเคราะห์ปริมาณกำมะถันจะอยู่ในรูป SO_4^{2-} ไม่สามารถบอกปริมาณกำมะถันรูปอื่นในดินได้ ส่วนความสูงของต้นถั่วเหลืองที่อายุ 1 เดือน และก่อนทำการเก็บเกี่ยว พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แม้จะเพิ่มกำมะถันในอัตราที่สูงขึ้นก็ตาม ส่วนน้ำหนักแห้งของต้นถั่วเหลืองเมื่อทำการใส่กำมะถันในอัตราต่าง ๆ พบว่าน้ำหนักแห้งของต้นถั่วเหลืองมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับการที่ไม่ใส่กำมะถัน

สำหรับการดึงดูดธาตุอาหารของถั่วเหลือง เมื่อทำการใส่กำมะถันในอัตราต่างๆ กันพบว่าความเข้มข้นของไนโตรเจนมีความแตกต่างกัน ส่วนความเข้มข้นของฟอสฟอรัส โพแทสเซียมและแมกนีเซียมไม่มีความแตกต่างกัน สำหรับความเข้มข้นของแคลเซียมและกำมะถัน พบว่าที่อัตราการใส่กำมะถัน 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ขึ้นไป ไม่มีความแตกต่างกัน เช่นเดียวกับปริมาณไนโตรเจน

ทั้งหมดในพืชซึ่งพบว่าที่อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ขึ้นไปไม่มีความแตกต่างกัน ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมทั้งหมดในถั่วเหลือง ในตำรับการทดลองไม่ใส่กำมะถันมีความแตกต่างจากตำรับที่ใส่กำมะถัน ปริมาณแคลเซียมทั้งหมดในถั่วเหลืองมีความแตกต่างกันที่ตำรับการทดลองต่างๆ สำหรับปริมาณแมกนีเซียม และกำมะถันทั้งหมดในพืชนั้น เมื่อใส่กำมะถันอัตรา 1,000 กิโลกรัมขึ้นไปไม่มีความแตกต่างกัน

จากผลการทดลองพอสรุปได้ว่า การใส่กำมะถันให้กับดินที่มีปูนมากในอัตราที่สูงแล้วบ่มดินเป็นเวลา 2 และ 3 เดือน ไม่ทำให้ระดับ pH ของดินแตกต่างกันนั้น อาจเป็นเพราะว่า ความแตกต่างของระยะเวลาสั้นเกินไป ที่จะทำให้กำมะถันถูกออกซิไดซ์ในดินมีปริมาณไม่แตกต่างกัน หรืออาจเป็นเพราะจุลินทรีย์ดินที่เกี่ยวข้องกับการออกซิไดซ์มีอยู่ในปริมาณที่จำกัดก็เป็นไปได้ ส่วนการใส่กำมะถันลงไปในอัตราต่างๆกัน ไม่ทำให้ปริมาณธาตุอาหารบางชนิดซึ่งอยู่ในดิน และที่ถูกดึงดูดไปใช้ในต้นถั่วเหลืองแตกต่างกัน อาจมีผลมาจากสาเหตุอย่างเดียวกัน

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. ถั่วเหลือง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 86 หน้า.

ครรชิต กูรมะโรหิต พูนสิน เสริมสวัสดิ์ศรี และพวงเล็ก ฐานุตตมวงศ์. 2510. การขาดธาตุอาหารเหล็กของถั่วลิสงที่ปลูกบนดินสีดำและวิธีการแก้ไข. รายงานการประชุมทางวิชาการเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 6. สาขาพืชและชีววิทยา สาขาสัตว์ สาขาเศรษฐศาสตร์เกษตร, 30 มกราคม - 2 กุมภาพันธ์ 2510. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. หน้า 195 - 212.

ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์. 2526. การศึกษาปัญหาของจุลธาตุอาหารที่เป็นปัจจัยจำกัดผลผลิตของถั่วลิสงในดินชุดตาลีและแนวทางแก้ไข. รายงานสัมมนาถั่วลิสง ครั้งที่ 4. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. หน้า 144 - 148.

ถวิล ครุฑกุล. 2531. ดิน - ปุ๋ย เพื่อการเพาะปลูก. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. หน้า 88 - 90.

ธนชัย ปิติปัญญากุล. 2539. ปัญหาพิเศษเรื่องการปรับปรุงดินที่มีปูนมากโดยใช้กำมะถันสำหรับถั่วเหลือง. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ. 85 หน้า.

น้อย เธียรนันท์. 2522. คำแนะนำการใช้ดินและการใช้ปุ๋ยสำหรับถั่วเหลือง. วารสารดินและปุ๋ย. 1(3):296 - 299.

น้อย เธียรนันท์ สุทิน คล้ายมนต์ และเสถียร พิมสาร. 2523. เอกสารวิชาการเรื่องถั่วเหลือง. กรมส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพฯ. 53 หน้า.

บุญน้อม อุนเกษม และจรัสพร ถาวรสุข. 2531. การขาดธาตุอาหารของถั่วเขียวในดินชุดตาคลี. รายงานการสัมมนาถั่วเขียว. ครั้งที่ 3, 21 - 23 พฤศจิกายน 2531. ศูนย์ส่งเสริมยุวเกษตรกรแห่งชาติ, กาญจนบุรี. หน้า 207 - 210.

เป้าหมายการผลิตสินค้าเกษตรกรรมที่สำคัญปี 2538/39. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 242 หน้า.

พงษ์ศักดิ์ มณีนพผล. 2530 ถั่วเหลืองพืชเศรษฐกิจที่น่าสนใจ. วารสารเกษตรก้าวหน้า. หน้า 2(4) : 48 - 52.

พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์. 2527. พืชเศรษฐกิจ เล่ม 1. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 71 หน้า.

ไพบูลย์ ประพฤติธรรม. 2528. เคมีของดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 497 หน้า.

สมชาย ประภาวัติ. 2523. คุณภาพและการใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองและถั่วเขียว. รายงานวิจัยประจำปี 2523 โครงการวิจัยและพัฒนาพืชโปรตีนสูง. มหาวิทยาลัยเกษตร-ศาสตร์, กรุงเทพฯ. หน้า 41 - 44.

สุมินทร์ สมุทคุปติ์ และจินดา จันทร์อ่อน. 2526. ถั่วเหลืองการพัฒนาเพื่อเพิ่มผลผลิตในภาคเหนือ โครงการเกษตรหลวงและสมาคมวิทยาศาสตร์การเกษตรแห่งประเทศไทยในพระ-บรมราชูปถัมภ์. 153 หน้า.

สุวพันธ์ รัตนรัต ชลวุฒิ ละเอียด เฉลียว ดิษฐสันเทียะ และสุภาพร รัตนรัต. 2529. การแก้ไขอาการขาดธาตุเหล็กของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเหนียวสีดำชุดตาคลี. รายงานการสัมมนาถั่วลิสง ครั้งที่ 6, 18 - 20 มีนาคม 2530. คณะทรัพยากรธรรมชาติมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา และอุทยานแห่งชาติทะเลบัน, สตูล. หน้า 478 - 482.

ศูนย์สถิติการเกษตร. 2524. สถิติการเกษตรของประเทศไทยฉบับย่อ ปีการเพาะปลูก 2523/24. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 10 หน้า.

อภิพรรณ พุกภักดี. 2524. สรีรวิทยาของการผลิตพืชตระกูลถั่ว ภาควิชาพืชสวนไร่นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 145 หน้า.

เอ็จ สโรบล. 2527. ถั่วเหลือง. พฤกศาสตร์พืชเศรษฐกิจ ภาควิชาพืชสวนไร่นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. หน้า 65 - 74.

Abd - Elfattah , A. and M.H. Hital. 1987. Effect of $CaCO_3$ and clay content of Alkaline Soils on Their Response to Added Sulphur. Sulphur in Agriculture. 11 : 15 - 19.

Anderson , D.L. 1985. Crop Soil fertility recommendation of the Everglades Soil Testing Laboratory. EREC Mimeo Report EV - 1985 - 10, University of Florida , Belle Glade, Florida.

Beverly , R.B. 1986. An empirical model to compare pH response of various soils to acid application. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 17 : 775 - 788.

Frank , S.L. and W.R. Fehr. 1983. Band application of sulfuric acid or element sulfur for control of Fe - deficiency chlorosis of soybeans. Agron. J. 75 : 450 - 454.

Procopiou , J.; A. Wallace and G.V. Alexander. 1976. Micro element composition of plants grown with low to high levels of sulphur applied to Calcareous soil in a glasshouse. Plant and Soil. 44: 359 - 365.

Seatz. L.F. and H.B. Peterson. 1964. Acid Alkaline, saline and sodic soil. *In*. F.E. Bear (ed). Chemistry of Soil. 2nd ed. Reinhold Publishing Corperation. New York, New York.

ภาคผนวก

ตารางที่ 49 ผลการวิเคราะห์ดินชุดตาคลี (ดินก่อนปลูก)

pH	8.06
CEC	36.14 meq/100 g
อินทรียวัตถุ	1.18 %
ไนโตรเจน	0.05 %
ฟอสฟอรัส	11.30 ppm
โพแทสเซียม	171.6 mg/kg
แคลเซียม	8.94 g/kg
แมกนีเซียม	98.15 mg/kg
กำมะถัน	0.06 ppm

ตารางที่ 50 แสดงค่า pH ของดินในกระถางหลังจากบ่มดินก่อนทำการปลูกถั่วเหลืองตามตำรับการทดลองต่างๆ

ตำรับการทดลอง		การทดลองซ้ำ		
ระยะบ่มดิน	อัตรากำมะถัน (ก.ก./ไร่)	I	II	III
2 เดือน	0	7.89	7.66	7.93
	500	7.63	7.62	7.73
	1,000	7.77	7.64	7.74
	1,500	7.63	7.67	7.66
	2,000	7.69	7.58	7.72
3 เดือน	0	8.06	8.06	7.99
	500	7.69	7.77	7.72
	1,000	7.77	7.7	7.74
	1,500	7.65	7.77	7.68
	2,000	7.62	7.71	7.65

ตารางที่ 51 แสดงค่า pH ของดินในกระถางหลังจากทำการเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองตามตำรับการทดลองต่างๆ

ตำรับการทดลอง		การทดลองซ้ำ		
ระยะบ่มดิน	อัตรากำมะถัน (ก.ก./ไร่)	I	II	III
2 เดือน	0	7.71	7.37	7.45
	500	7.46	7.39	7.37
	1,000	7.40	7.25	7.38
	1,500	7.37	7.44	7.43
	2,000	7.38	7.47	7.45
3 เดือน	0	8.02	8.06	7.97
	500	7.68	7.72	7.68
	1,000	7.59	7.66	7.70
	1,500	7.58	7.55	7.55
	2,000	7.50	7.56	7.53

ตารางที่ 52 แสดงความสูง (ซ.ม.) ของต้นถั่วเหลืองอายุ 1 เดือน ตามตำรับการทดลองต่างๆ

ตำรับการทดลอง		การทดลองซ้ำ		
ระยะบ่มดิน	อัตรากำมะถัน (ก.ก./ไร่)	I	II	III
2 เดือน	0	21.17	26.10	22.80
	500	23.90	27.93	25.03
	1,000	29.13	21.16	25.60
	1,500	30.23	25.16	21.96
	2,000	29.15	35.90	30.83
3 เดือน	0	25.50	32.33	42.66
	500	27.83	39.66	32.00
	1,000	35.33	35.00	36.16
	1,500	37.16	37.66	31.16
	2,000	32.00	40.50	33.16

ตารางที่ 53 แสดงความสูง (ซ.ม.) ของต้นถั่วเหลืองก่อนการเก็บเกี่ยว

ตำรับการทดลอง		การทดลองซ้ำ		
ระยะบ่มดิน	อัตรากำมะถัน (ก.ก./ไร่)	I	II	III
2 เดือน	0	21.17	26.50	22.83
	500	25.47	29.33	33.00
	1,000	29.34	22.06	28.33
	1,500	39.50	32.67	25.83
	2,000	33.00	43.67	34.50
3 เดือน	0	35.16	33.66	45.00
	500	29.67	43.00	33.67
	1,000	36.83	36.50	37.50
	1,500	40.33	38.50	32.16
	2,000	33.50	42.50	34.33

ตารางที่ 54 แสดงน้ำหนักแห้ง (กรัม) ของต้นถั่วเหลือง

ตำรับการทดลอง		การทดลองซ้ำ		
ระยะบ่มดิน	อัตรากำมะถัน (ก.ก./ไร่)	I	II	III
2 เดือน	0	3.21	3.06	3.30
	500	5.82	8.22	8.28
	1,000	10.35	9.51	9.72
	1,500	10.11	10.56	8.19
	2,000	14.19	13.08	12.99
3 เดือน	0	8.16	11.43	12.48
	500	7.71	15.66	12.15
	1,000	11.94	10.67	13.68
	1,500	13.02	10.86	10.99
	2,000	10.95	12.09	10.62

ตารางที่ 55 แสดงเปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุในดินหลังจากเก็บเกี่ยวถั่วเหลือง

ตำรับการทดลอง		การทดลองซ้ำ		
ระยะบ่มดิน	อัตรากำมะถัน (ก.ก./ไร่)	I	II	III
2 เดือน	0	1.74	1.82	1.64
	500	1.92	1.07	1.90
	1,000	1.60	1.70	1.76
	1,500	1.66	1.41	1.44
	2,000	1.59	1.22	1.68
3 เดือน	0	1.91	1.74	1.77
	500	1.91	1.33	1.80
	1,000	1.22	1.75	1.72
	1,500	1.85	1.93	1.90
	2,000	1.94	1.94	1.70

ตารางที่ 56 แสดงเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในดินหลังจากเก็บเกี่ยวถั่วเหลือง

ตำรับการทดลอง		การทดลองซ้ำ		
ระยะบ่มดิน	อัตรากำมะถัน (ก.ก./ไร่)	I	II	III
2 เดือน	0	0.09	0.09	0.08
	500	0.10	0.05	0.10
	1,000	0.08	0.09	0.09
	1,500	0.08	0.07	0.07
	2,000	0.08	0.06	0.08
3 เดือน	0	0.10	0.09	0.09
	500	0.10	0.07	0.09
	1,000	0.06	0.09	0.09
	1,500	0.09	0.10	0.10
	2,000	0.10	0.10	0.09

ตารางที่ 57 แสดงปริมาณฟอสฟอรัส (ppm) ในดินหลังจากเก็บเกี่ยวถั่วเหลือง

ตำรับการทดลอง		การทดลองซ้ำ		
ระยะบ่มดิน	อัตรากำมะถัน (ก.ก./ไร่)	I	II	III
2 เดือน	0	81.11	75.65	78.56
	500	84.25	91.40	73.63
	1,000	78.09	87.02	83.36
	1,500	63.34	92.21	85.13
	2,000	76.01	77.30	85.13
3 เดือน	0	24.77	12.41	20.37
	500	20.67	47.74	20.62
	1,000	49.06	37.33	32.38
	1,500	33.91	52.14	78.97
	2,000	32.33	40.51	32.87

ตารางที่ 58 แสดงปริมาณโพแทสเซียม (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ในดินหลังจากเก็บเกี่ยวถั่วเหลือง

ตำรับการทดลอง		การทดลองซ้ำ		
ระยะบ่มดิน	อัตรากำมะถัน (ก.ก./ไร่)	I	II	III
2 เดือน	0	528.00	708.40	687.50
	500	706.20	639.10	597.30
	1,000	451.00	517.30	558.80
	1,500	548.90	411.80	453.20
	2,000	456.50	474.10	687.50
3 เดือน	0	497.20	388.40	453.20
	500	255.20	675.40	595.10
	1,000	435.60	414.70	581.90
	1,500	584.10	748.00	838.20
	2,000	330.00	541.20	652.30

ตารางที่ 59 แสดงปริมาณแคลเซียม (กรัม/กิโลกรัม) ในดินหลังจากเก็บเกี่ยวถั่วเหลือง

ตำรับการทดลอง		การทดลองซ้ำ		
ระยะบ่มดิน	อัตรา (ก.ก./ไร่)	I	II	III
2 เดือน	0	10.57	8.35	9.76
	500	16.75	12.96	14.80
	1,000	17.53	19.43	17.26
	1,500	26.67	17.14	19.98
	2,000	28.01	19.31	20.84
3 เดือน	0	13.23	6.13	13.29
	500	14.60	14.60	15.64
	1,000	16.37	17.21	18.51
	1,500	18.78	20.22	25.60
	2,000	19.19	17.08	21.55

ตารางที่ 60 แสดงปริมาณแมกนีเซียม (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ในดินหลังจากเก็บเกี่ยวถั่วเหลือง

ตำรับการทดลอง		การทดลองซ้ำ		
ระยะบ่มดิน	อัตรากำมะถัน (ก.ก./ไร่)	I	II	III
2 เดือน	0	196.30	135.90	135.90
	500	181.20	105.70	181.20
	1,000	211.40	302.00	226.50
	1,500	241.60	181.20	135.90
	2,000	196.30	211.40	362.40
3 เดือน	0	347.50	302.00	241.60
	500	105.70	226.50	135.90
	1,000	105.70	120.80	196.30
	1,500	166.10	271.80	317.10
	2,000	60.40	135.90	181.20

ตารางที่ 61 แสดงปริมาณกำมะถัน (ppm) หลังจากเก็บเกี่ยวถั่วเหลือง

ตำรับการทดลอง		การทดลองซ้ำ		
ระยะบ่มดิน	อัตรากำมะถัน (ก.ก./ไร่)	I	II	III
2 เดือน	0	184.73	310.43	218.75
	500	1,890.50	2,072.86	1,996.35
	1,000	2,555.42	2,736.32	3,125.00
	1,500	3,119.52	3,114.62	3,114.62
	2,000	3,281.25	3,537.15	2,908.42
3 เดือน	0	62.50	62.50	87.52
	500	1,906.25	2,562.50	2,156.25
	1,000	2,843.75	2,750.00	2,500.00
	1,500	2,843.75	3,218.75	2,402.24
	2,000	2,500.00	2,731.79	2,843.25

ตารางที่ 62 แสดงเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในต้นถั่วเหลือง

ตำรับการทดลอง		การทดลองซ้ำ		
ระยะบ่มดิน	อัตรากำมะถัน (ก.ก./ไร่)	I	II	III
2 เดือน	0	1.58	1.78	1.64
	500	2.21	2.30	2.56
	1,000	2.93	2.93	3.57
	1,500	2.13	2.38	2.71
	2,000	2.51	2.04	2.35
3 เดือน	0	1.42	1.33	1.22
	500	0.92	1.06	0.76
	1,000	1.23	1.29	1.14
	1,500	0.51	0.86	1.77
	2,000	0.81	1.28	1.11

ตารางที่ 63 แสดงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (มิลลิกรัม/กระถาง) ในต้นถั่วเหลือง

ตำรับการทดลอง		การทดลองซ้ำ		
ระยะบ่มดิน	อัตรากำมะถัน (ก.ก./ไร่)	I	II	III
2 เดือน	0	50.72	54.47	54.12
	500	128.62	193.99	211.97
	1,000	303.26	278.64	347.00
	1,500	215.34	251.33	221.95
	2,000	356.17	266.83	305.27
3 เดือน	0	115.87	152.02	152.26
	500	70.93	166.00	92.34
	1,000	146.86	137.64	155.95
	1,500	66.40	93.40	194.52
	2,000	88.70	154.75	117.88

ตารางที่ 64 แสดงปริมาณฟอสฟอรัส (กรัม/กิโลกรัม) ในต้นถั่วเหลือง

ตำรับการทดลอง		การทดลองซ้ำ		
ระยะบ่มดิน	อัตรากำมะถัน (ก.ก./ไร่)	I	II	III
2 เดือน	0	3.33	3.50	3.05
	500	3.62	3.84	3.65
	1,000	3.17	3.71	3.11
	1,500	3.12	3.20	3.17
	2,000	3.72	3.37	3.99
3 เดือน	0	3.53	3.52	3.51
	500	3.60	3.40	3.78
	1,000	3.77	4.53	3.65
	1,500	3.41	3.29	5.47
	2,000	3.91	3.47	3.64

ตารางที่ 65 แสดงปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (มิลลิกรัม/กระถาง) ในต้นถั่วเหลือง

ตำรับการทดลอง		การทดลองซ้ำ		
ระยะบ่มดิน	อัตรากำมะถัน (ก.ก./ไร่)	I	II	III
2 เดือน	0	10.69	10.71	10.07
	500	21.07	31.56	30.22
	1,000	32.81	35.28	30.23
	1,500	31.54	33.79	25.96
	2,000	52.79	44.08	51.83
3 เดือน	0	28.80	40.23	43.80
	500	27.76	53.24	45.93
	1,000	45.01	48.34	49.93
	1,500	44.40	35.73	60.12
	2,000	42.81	41.95	38.66

ตารางที่ 66 แสดงปริมาณโพแทสเซียม (กรัม/กิโลกรัม) ในต้นถั่วเหลือง

ตำรับการทดลอง		การทดลองซ้ำ		
ระยะบ่มดิน	อัตรากำมะถัน (ก.ก./ไร่)	I	II	III
2 เดือน	0	17.14	16.62	15.84
	500	18.52	15.91	15.16
	1,000	16.00	16.38	16.23
	1,500	16.97	15.83	17.14
	2,000	16.76	16.08	16.63
3 เดือน	0	15.36	14.22	16.33
	500	15.20	15.27	15.60
	1,000	14.60	14.52	15.24
	1,500	16.14	14.23	15.24
	2,000	15.78	15.40	14.66

ตารางที่ 67 แสดงปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (มิลลิกรัม/กระถาง) ในต้นถั่วเหลือง

ตำรับการทดลอง		การทดลองซ้ำ		
ระยะบ่มดิน	อัตรากำมะถัน (ก.ก./ไร่)	I	II	III
2 เดือน	0	54.89	50.80	52.14
	500	107.67	130.70	125.86
	1,000	165.60	155.96	157.46
	1,500	171.87	166.85	140.05
	2,000	238.39	210.59	215.63
3 เดือน	0	125.66	162.31	203.42
	500	117.19	239.60	189.54
	1,000	174.32	154.72	207.94
	1,500	209.62	154.21	164.85
	2,000	173.01	186.19	156.11

ตารางที่ 68 แสดงปริมาณแคลเซียม (กรัม/กิโลกรัม) ในต้นถั่วเหลือง

ตำรับการทดลอง		การทดลองซ้ำ		
ระยะบ่มดิน	อัตรากำมะถัน (ก.ก./ไร่)	I	II	III
2 เดือน	0	31.02	24.31	36.82
	500	36.51	25.34	35.31
	1,000	41.93	41.91	42.34
	1,500	34.56	46.99	41.62
	2,000	44.03	36.42	37.56
3 เดือน	0	27.55	30.51	25.38
	500	36.80	26.17	27.34
	1,000	42.65	52.15	53.27
	1,500	29.38	39.69	55.94
	2,000	42.94	42.62	66.34

ตารางที่ 69 แสดงปริมาณแคลเซียมทั้งหมด (มิลลิกรัม/กระถาง) ในต้นถั่วเหลือง

ตำรับการทดลอง		การทดลองซ้ำ		
ระยะบ่มดิน	อัตรากำมะถัน (ก.ก./ไร่)	I	II	III
2 เดือน	0	99.57	74.39	121.51
	500	212.49	208.29	292.37
	1,000	433.98	398.56	411.54
	1,500	349.40	496.21	340.87
	2,000	624.79	476.37	487.90
3 เดือน	0	224.81	348.73	316.74
	500	283.73	409.82	332.18
	1,000	509.24	556.44	728.73
	1,500	382.53	431.03	614.78
	2,000	470.19	515.28	704.53

ตารางที่ 70 แสดงปริมาณแมกนีเซียม (กรัม/กิโลกรัม) ในต้นถั่วเหลือง

ตำรับการทดลอง		การทดลองซ้ำ		
ระยะบ่มดิน	อัตรากำมะถัน (ก.ก./ไร่)	I	II	III
2 เดือน	0	5.43	4.40	4.50
	500	5.11	4.35	5.48
	1,000	4.08	4.77	3.81
	1,500	5.19	4.72	4.63
	2,000	5.23	6.78	4.04
3 เดือน	0	4.84	4.78	4.47
	500	4.44	2.81	4.51
	1,000	5.20	5.96	5.80
	1,500	2.05	3.95	5.74
	2,000	2.16	2.17	2.82

ตารางที่ 71 แสดงปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมด (มิลลิกรัม/กระถาง) ในต้นถั่วเหลือง

ตำรับการทดลอง		การทดลองซ้ำ		
ระยะบ่มดิน	อัตรากำมะถัน (ก.ก./ไร่)	I	II	III
2 เดือน	0	17.43	13.46	14.85
	500	29.74	35.76	45.37
	1,000	42.23	45.36	37.03
	1,500	52.47	49.84	37.92
	2,000	74.21	88.68	52.48
3 เดือน	0	39.49	54.64	55.79
	500	34.23	44.00	54.80
	1,000	62.09	63.55	79.34
	1,500	26.69	42.90	63.08
	2,000	23.65	21.90	29.95

ตารางที่ 72 แสดงปริมาณกำมะถัน (กรัม/กิโลกรัม) ในต้นถั่วเหลือง

ตำรับการทดลอง		การทดลองซ้ำ		
ระยะบ่มดิน	อัตรากำมะถัน (ก.ก./ไร่)	I	II	III
2 เดือน	0	106.29	106.33	105.81
	500	525.02	530.02	523.98
	1,000	838.36	742.03	626.25
	1,500	754.63	605.25	845.74
	2,000	852.52	727.63	793.22
3 เดือน	0	209.66	318.44	177.96
	500	628.35	562.40	463.65
	1,000	835.00	723.62	636.40
	1,500	716.30	814.63	772.23
	2,000	808.76	740.82	728.42

ตารางที่ 73 แสดงปริมาณกำมะถันทั้งหมด (กรัม/กระถาง)ในต้นถั่วเหลือง

ตำรับการทดลอง		การทดลองซ้ำ		
ระยะบ่มดิน	อัตรากำมะถัน (ก.ก./ไร่)	I	II	III
2 เดือน	0	0.34	0.33	0.35
	500	3.06	4.33	4.34
	1,000	8.68	7.06	6.09
	1,500	7.62	6.39	6.93
	2,000	12.10	9.52	10.30
3 เดือน	0	1.71	3.64	2.22
	500	4.85	8.81	5.63
	1,000	9.97	7.72	8.71
	1,500	9.33	8.85	8.49
	2,000	8.86	8.96	7.74