ห้องสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

14938

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง

การศึกษาปัญหาการขาดธาตุเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง ที่เป็นปัจจัยจำกัดผลผลิตของถั่วเหลืองที่ปลูกในชุดดินตาคลีและแนวทางแก้ไข

A Study on Deficiency of Iron Manganese Zinc and Copper Limiting Soybean Yield in the Takli Soil Series and their Remedial

T099680

โดย

นายไชยณรงค์ กาญจนะคช
นางสาวเบญจวรรณ์ จิรเชฐพัฒนา

เสนอ

ภาควิชาปฐพีวิทยา
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
พ.ศ. 2539

ปพ.
ย8617ก
2540
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....99680
วัน.เดือน.ปี.....

สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1586

ใบรับรองปัญหาพิเศษ
ภาควิชาปฐพีวิทยา

เรื่อง

การศึกษาปัญหาการขาดธาตุเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง ที่เป็นปัจจัยจำกัดผลผลิตของถั่วเหลืองที่ปลูกในชุดดินตาคลีและแนวทางแก้ไข

A Study on Deficiency of Iron Manganese Zinc and Copper Limiting Soybean Yield in the Takli Soil Series and their Remedial

โดย

นายไชยณรงค์ กาญจนะคช
นางสาวเบญจวรรณ์ จิรเชฐพัฒนา

.....

(อาจารย์ อนันต์ วิสัยเกษม)
อาจารย์ที่ปรึกษา

ภาควิชารับรองแล้ว

.....

(รศ.ดร. สุมิตรา ภู่วโรดม)
หัวหน้าภาควิชาปฐพีวิทยา
วันที่ 26 เดือน พ.ค. พ.ศ. 40

ปพ.
ช 8611 ก
2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ อาจารย์อนันต์ วิสัยเกษม อาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำจนปัญหาพิเศษเรื่องนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอบพระคุณ คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่กรุณาให้คำแนะนำในการทดลองครั้งนี้

ขอบคุณ คุณนุจรี บุญแปลง ที่ให้คำแนะนำด้านการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ รวมทั้งป้าสำราญ ช้างน้อย และพี่ทองม้วน สุนทรา ที่ได้อำนวยความสะดวกทางด้านเครื่องมือการทดลองทางวิทยาศาสตร์

ขอบคุณเพื่อนๆ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตรทุกคนที่ช่วยในการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ และช่วยให้กำลังใจในการทำปัญหาพิเศษเสมอมา

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้กำลังใจและกำลังทรัพย์สนับสนุนในการศึกษาจึงทำให้การทำปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ไชยณรงค์ กาญจนะคช
เบญจวรรณ์ จิรเชฐพัฒนา
พฤษภาคม 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

การทดลองปลูกพืชในกระถางเพื่อศึกษาปัญหาจุลธาตุอาหาร (เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง) ที่เป็นปัจจัยจำกัดผลผลิตของถั่วเหลืองที่ปลูกในชุดดินตาคลี และแนวทางแก้ไข โดยทำการทดลองในช่วงเดือน ตุลาคม 2539 ถึง เมษายน 2540 ทำการปลูกถั่วเหลืองพันธุ์นครสวรรค์ 1 และวางแผนการทดลองแบบสุ่มตัวอย่างสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ ซึ่งแบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

การทดลองที่ 1 การศึกษาหาชนิดของจุลธาตุอาหาร (เหล็ก แมงกานีส สังกะสีและ ทองแดง) โดยมี 10 ตำรับการทดลองดังนี้ คือ ตำรับที่ไม่ใส่จุลธาตุอาหารชนิดใดเลย ตำรับที่ใส่จุลธาตุอาหารที่ต้องการศึกษาลงในดินโดยใช้ ธาตุเหล็กรูปเฟอรัสซัลเฟต อัตรา 700 มิลลิกรัมต่อกระถาง ธาตุแมงกานีสในรูปแมงกานีสซัลเฟต อัตรา 320 มิลลิกรัมต่อกระถาง ธาตุสังกะสีในรูปสังกะสีซัลเฟตอัตรา 320 มิลลิกรัมต่อกระถาง และธาตุทองแดงในรูปทองแดงซัลเฟตอัตรา 530 มิลลิกรัมต่อกระถาง ซึ่งจุลธาตุอาหารทุกชนิดดังกล่าวจะใส่ลงในดินเดี่ยวๆ และใส่รวมกันในแต่ละตำรับการทดลอง และจากการทดลองปลูกถั่วเหลือง จำนวน 3 ซ้ำ บนชุดดินตาคลี พบว่า ถั่วเหลืองที่ได้รับธาตุเหล็กจะไม่แสดงอาการคลอโรซีสและสามารถให้ผลผลิตของเมล็ดสูงสุด (6.63 กรัมต่อกระถาง) เมื่อเปรียบเทียบกับถั่วเหลืองที่ได้รับธาตุแมงกานีส ธาตุสังกะสี ธาตุทองแดงและถั่วเหลืองที่ไม่ได้รับจุลธาตุอาหารชนิดใดเลย (5.59, 5.51, 5.98 และ 3.34 กรัมต่อกระถาง ตามลำดับ) จากผลการทดลองพบว่าถั่วเหลืองที่ได้รับธาตุเหล็กทั้งตำรับที่ใส่ธาตุเหล็กเพียงธาตุเดียวและตำรับที่ใส่ธาตุเหล็กร่วมกับจุลธาตุอาหารชนิดอื่นมีผลทำให้การดึงดูดธาตุเหล็กขึ้นมาสะสมในตอซังและเมล็ดสูงกว่าตำรับที่ไม่ได้ใส่ธาตุเหล็ก แสดงว่าชุดดินตาคลีมีปัญหาเกี่ยวกับการขาดธาตุเหล็กเมื่อปลูกถั่วเหลือง ส่วนธาตุแมงกานีส ธาตุสังกะสี และธาตุทองแดงไม่พบว่ามีปัญหาการขาดในดินชุดนี้

การทดลองที่ 2 การศึกษาแนวทางแก้ไขการขาดธาตุเหล็ก แมงกานีส สังกะสีและทองแดง โดยมี 10 ตำรับการทดลองดังนี้ คือ ตำรับที่ไม่ใส่สารประกอบใดเลย กลุ่มของตำรับที่ใส่สารประกอบเคมีบางชนิดลงในดิน คือ กำมะถันผง 2 อัตราคือ 50 และ 150 มิลลิกรัมต่อกระถาง กลุ่มของตำรับที่ใส่สารประกอบอินทรีย์ฮิวมัส pH 2 2 อัตราคือ 25 และ 50 กรัมต่อกระถาง ตำรับที่ใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 30 กรัมต่อกระถาง ตำรับที่ใส่เฟอรัสซัลเฟตอัตรา 700 มิลลิกรัมต่อกระถางร่วมกับปุ๋ยคอกอัตรา 30 กรัมต่อกระถาง ตำรับที่ใส่แมงกานีสซัลเฟต อัตรา 320 มิลลิกรัมต่อกระถาง สังกะสีซัลเฟต อัตรา 320 มิลลิกรัมต่อกระถาง และทองแดงซัลเฟต อัตรา 530 มิลลิกรัมต่อกระถางร่วมกับปุ๋ยคอก และตำรับที่ใส่ปุ๋ยอามิเมทชนิดเปียก 2 อัตราคือ 20 และ 40 กรัมต่อกระถาง จากการทดลองปลูกถั่วเหลืองจำนวน 3 ซ้ำ บนชุดดินตาคลี พบว่า การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใส่สารประกอบต่างๆลงไปในดินมีแนวโน้มจะส่งผลดีต่อปริมาณผลผลิตของถั่วเหลือง โดยตำรับที่ให้ผลดี ได้แก่ ตำรับที่ใส่ปุ๋ยคอก ตำรับที่ใส่ปุ๋ยอามิเมท อัตรา 40 กรัมต่อกระถาง ตำรับที่ใส่เฟอรัสซัลเฟตร่วมกับปุ๋ยคอก ตำรับที่ใส่สารประกอบอินทรีย์ฮิวมัส pH 2 อัตรา 50 กรัมต่อกระถาง และตำรับที่ใส่กำมะถันผง อัตรา 150 มิลลิกรัมต่อกระถาง (6.69, 6.51, 6.65, 7.62 และ 5.62 กรัมต่อกระถาง) เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับที่ไม่มีการใส่สารประกอบใดเลย (3.04 กรัมต่อกระถาง) นอกจากนั้นถั่วเหลืองที่ได้รับสารประกอบต่างๆตามตำรับที่กล่าวมาแล้วนี้ ยังมีผลทำให้การดึงดูดธาตุเหล็กขึ้นมาสะสมในตอซังและเมล็ดสูง (731.95, 1218.60, 681.24, 694.70 และ 650.78 ppm Fe) เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับที่ไม่มีการใส่สารประกอบ (615.59 ppm Fe) ดังนั้นจึงสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้ คือ การใส่ปุ๋ยคอกและการใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับเฟอรัสซัลเฟตจะให้ผลดีใกล้เคียงกัน ส่วนการใส่ปุ๋ยอามิเมท สารประกอบอินทรีย์ฮิวมัส และกำมะถันผงในอัตราสูงมีแนวโน้มในการแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	ก
สารบัญภาพ	จ
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	16
ผลการทดลอง	22
วิจารณ์ผลการทดลอง	50
สรุปผลการทดลอง	53
เอกสารอ้างอิง	54
ภาคผนวก	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1. คะแนนเฉลี่ยของอาการคลอโรซีสและการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองที่ได้รับอิทธิพลของจุลธาตุอาหาร เมื่อพืชอายุ 14,28,42,56 และ 70 วันหลังการปลูก (ค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ) ในการทดลองที่ 1 23
2. น้ำหนักสดของตอซัง ฝัก และเมล็ด ที่ได้รับอิทธิพลของจุลธาตุอาหาร (ค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ) ในการทดลองที่ 1 25
3. น้ำหนักแห้งของตอซัง ฝัก และเมล็ด ที่ได้รับอิทธิพลของจุลธาตุอาหาร (ค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ) ในการทดลองที่ 1 26
4. เปรียบเทียบความแตกต่างของน้ำหนักสดของถั่วเหลืองระหว่างตำรับที่ไม่ได้รับจุลธาตุอาหารกับตำรับที่ได้รับจุลธาตุอาหารชนิดต่างๆ และระหว่างตำรับที่ได้รับธาตุเหล็กธาตุเดียวกับตำรับที่ได้รับจุลธาตุอาหารชนิดต่างๆ ในการทดลองที่ 1 27
5. เปรียบเทียบความแตกต่างของน้ำหนักแห้ง ของถั่วเหลืองระหว่างตำรับที่ไม่ได้รับจุลธาตุอาหารกับตำรับที่ได้รับจุลธาตุอาหารชนิดต่างๆ และระหว่างตำรับที่ได้รับธาตุเหล็กธาตุเดียวกับตำรับที่ได้รับจุลธาตุอาหารชนิดต่างๆ ในการทดลองที่ 1 28
6. อิทธิพลของจุลธาตุอาหารที่มีผลต่อความเข้มข้นของธาตุเหล็ก ธาตุแมงกานีส ธาตุสังกะสี และธาตุทองแดง ในส่วนของตอซัง (ppm) ในการทดลองที่ 1 31
7. อิทธิพลของจุลธาตุอาหารที่มีผลต่อความเข้มข้นของธาตุเหล็ก ธาตุแมงกานีส ธาตุสังกะสี และธาตุทองแดง ในส่วนของเมล็ด (ppm) ในการทดลองที่ 1 32
8. อิทธิพลของจุลธาตุอาหารที่มีผลต่อความเข้มข้นของธาตุเหล็ก ธาตุแมงกานีส ธาตุสังกะสี และธาตุทองแดง ในส่วนของตอซังรวมกับเมล็ด (ppm) ในการทดลองที่ 1 34
9. คะแนนเฉลี่ยของอาการคลอโรซีสและการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองที่ได้รับอิทธิพลของจุลธาตุอาหาร เมื่อพืชอายุ 14,28,42,56 และ 70 วันหลังการปลูก (ค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ) ในการทดลองที่ 2 37
10. น้ำหนักสดของตอซัง ฝัก และเมล็ด ที่ได้รับอิทธิพลของจุลธาตุอาหาร (ค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ) ในการทดลองที่ 2 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

11. น้ำหนักแห้งของตอซัง ฝัก และเมล็ด ที่ได้รับอิทธิพลของจุลธาตุอาหาร (ค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ) ในการทดลองที่ 2 39
12. เปรียบเทียบความแตกต่างของน้ำหนักสดของถั่วเหลืองระหว่างตำรับที่ไม่ได้รับจุลธาตุอาหารกับตำรับที่ได้รับจุลธาตุอาหารชนิดต่างๆ และระหว่างตำรับที่ได้รับธาตุเหล็กธาตุเดียวกับตำรับที่ได้รับจุลธาตุอาหารชนิดต่างๆ ในการทดลองที่ 2 41
13. เปรียบเทียบความแตกต่างของน้ำหนักแห้ง ของถั่วเหลืองระหว่างตำรับที่ได้รับจุลธาตุอาหารกับตำรับที่ได้รับและไม่ได้รับสารเคมีหรือ สารประกอบอินทรีย์ชนิดอื่น ในการทดลองที่ 2 42
14. อิทธิพลของจุลธาตุอาหารที่มีผลต่อความเข้มข้นของธาตุเหล็ก ธาตุแมงกานีส ธาตุสังกะสี และธาตุทองแดง ในส่วนของตอซัง (ppm) ในการทดลองที่ 2 45
15. อิทธิพลของจุลธาตุอาหารที่มีผลต่อความเข้มข้นของธาตุเหล็ก ธาตุแมงกานีส ธาตุสังกะสี และธาตุทองแดง ในส่วนของเมล็ด (ppm) ในการทดลองที่ 2 46
16. อิทธิพลของจุลธาตุอาหารที่มีผลต่อความเข้มข้นของธาตุเหล็ก ธาตุแมงกานีส ธาตุสังกะสี และธาตุทองแดง ในส่วนของตอซังรวมกับเมล็ด (ppm) ในการทดลองที่ 2 47
17. คุณสมบัติทางเคมีบางประการของสารประกอบอินทรีย์ที่นำมาใช้ในการทดลอง 52

ภาคผนวก

1. ค่าวิเคราะห์ทางเคมีของดินก่อนทำการทดลอง 59
2. แสดงค่าปฏิกิริยาดิน (pH) ,ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (%), ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (ppm) ที่ได้จากการวิเคราะห์ดินหลังการทดลองในการทดลองที่ 1 60
3. แสดงค่าโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ppm), แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ppm) แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ppm) จากการวิเคราะห์ดินหลังการทดลองในการทดลองที่ 1 61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4. ปริมาณ Fe, Mn, Zn และ Cu ที่สกัดได้ (ppm) จากการวิเคราะห์ดินหลังทำการทดลอง ในการทดลองที่ 1 62
5. แสดงค่าปฏิกิริยาดิน (pH) ,ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (%), ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (ppm) ที่ได้จากการวิเคราะห์ดินหลังการทดลองในการทดลองที่ 2 63
6. แสดงค่าโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ppm), แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ppm) แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ppm) จากการวิเคราะห์ดินหลังการทดลอง ในการทดลองที่ 2 64
7. ปริมาณ Fe, Mn, Zn และ Cu ที่สกัดได้ (ppm) จากการวิเคราะห์ดินหลังทำการทดลอง ในการทดลองที่ 2 65
8. น้ำหนักสดของตอซังของถั่วเหลืองที่ได้รับอิทธิพลของจุลธาตุอาหาร ในการทดลองที่ 1 66
9. น้ำหนักสดของฝักของถั่วเหลืองที่ได้รับอิทธิพลของจุลธาตุอาหาร ในการทดลองที่ 1 67
10. น้ำหนักสดของเมล็ดของถั่วเหลืองที่ได้รับอิทธิพลของจุลธาตุอาหาร ในการทดลองที่ 1 68
11. น้ำหนักแห้งของตอซังของถั่วเหลืองที่ได้รับอิทธิพลของจุลธาตุอาหาร ในการทดลองที่ 1 69
12. น้ำหนักแห้งของฝักของถั่วเหลืองที่ได้รับอิทธิพลของจุลธาตุอาหาร ในการทดลองที่ 1 70
13. น้ำหนักแห้งของเมล็ดของถั่วเหลืองที่ได้รับอิทธิพลของจุลธาตุอาหาร ในการทดลองที่ 1 71
14. น้ำหนักสดของตอซังของถั่วเหลืองที่ได้รับอิทธิพลของจุลธาตุอาหาร ในการทดลองที่ 2 72
15. น้ำหนักสดของฝักของถั่วเหลืองที่ได้รับอิทธิพลของจุลธาตุอาหาร ในการทดลองที่ 2 73
16. น้ำหนักสดของเมล็ดของถั่วเหลืองที่ได้รับอิทธิพลของจุลธาตุอาหาร ในการทดลองที่ 2 74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

17. น้ำหนักแห้งของตอซังของถั่วเหลืองที่ได้รับอิทธิพลของจุลธาตุอาหาร
ในการทดลองที่ 2 75
18. น้ำหนักแห้งของฝักของถั่วเหลืองที่ได้รับอิทธิพลของจุลธาตุอาหาร
ในการทดลองที่ 2 76
19. น้ำหนักแห้งของเมล็ดของถั่วเหลืองที่ได้รับอิทธิพลของจุลธาตุอาหาร
ในการทดลองที่ 2 77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1. อิทธิพลของจุลธาตุอาหารที่มีผลต่อน้ำหนักสดของผลผลิตถั่วเหลือง ในการทดลองที่ 1	30
2. อิทธิพลของจุลธาตุอาหารที่มีผลต่อน้ำหนักแห้งของผลผลิตถั่วเหลือง ในการทดลองที่ 1	30
3. อิทธิพลของจุลธาตุอาหารที่มีผลต่อปริมาณทั้งหมดของธาตุเหล็ก ในพืช (ppm) ในการทดลองที่ 1	35
4. อิทธิพลของสารเคมีและสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่างๆที่มีผลต่อ น้ำหนักสดของผลผลิตถั่วเหลือง ในการทดลองที่ 2	44
5. อิทธิพลของสารเคมีและสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่างๆที่มีผลต่อ น้ำหนักแห้งของผลผลิตถั่วเหลือง ในการทดลองที่ 2	44
6. อิทธิพลของสารเคมีและสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่างๆที่มีผลต่อ ปริมาณทั้งหมดของธาตุเหล็กในพืช (ppm) ในการทดลองที่ 2	49
7. เปรียบเทียบความแตกต่างการเจริญเติบโตระหว่างตำรับที่ไม่ได้รับ จุลธาตุอาหารกับตำรับที่ได้รับธาตุเหล็ก ในการทดลองที่ 1	78
8. เปรียบเทียบความแตกต่างการเจริญเติบโตระหว่างตำรับที่ไม่ได้รับ จุลธาตุอาหารกับกลุ่มตำรับที่ได้รับจุลธาตุอาหารเพียงธาตุเดียว ในการทดลองที่ 1	79
9. เปรียบเทียบความแตกต่างการเจริญเติบโตระหว่างตำรับที่ไม่ได้รับ จุลธาตุอาหารกับตำรับที่ได้รับธาตุแมงกานีส สังกะสี ทองแดง และ ตำรับที่ได้รับจุลธาตุอาหารครบทุกชนิด ในการทดลองที่ 1	80
10. เปรียบเทียบความแตกต่างการเจริญเติบโตระหว่างตำรับที่ไม่ได้รับ จุลธาตุอาหารกับตำรับที่ได้รับธาตุเหล็กร่วมกับจุลธาตุอาหารชนิดอื่น ในการทดลองที่ 1	81
11. เปรียบเทียบความแตกต่างการเจริญเติบโตระหว่างตำรับที่ไม่ได้รับ สารประกอบไดกับตำรับที่ได้รับปุ๋ยอามิเมท อัตรา 20 และ 40 กรัม/กระถาง ในการทดลองที่ 2	82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

12. เปรียบเทียบความแตกต่างการเจริญเติบโตระหว่างตำรับที่ไม่ได้รับสารประกอบไดกับตำรับที่ได้รับสารประกอบอินทรีย์ฮิวมัส อัตรา 25 และ 50 กรัม/กระถาง ในการทดลองที่ 2 83
13. เปรียบเทียบความแตกต่างการเจริญเติบโตระหว่างตำรับที่ไม่ได้รับสารประกอบไดกับตำรับที่ได้รับกำมะถันผงอัตรา 50 และ 150 มิลลิกรัม/กระถาง ในการทดลองที่ 2 84
14. เปรียบเทียบความแตกต่างการเจริญเติบโตระหว่างตำรับที่ไม่ได้รับสารประกอบไดกับตำรับที่ได้รับปุ๋ยคอกและตำรับที่ได้รับปุ๋ยคอกร่วมกับธาตุเหล็ก ในการทดลองที่ 2 85
15. เปรียบเทียบความแตกต่างการเจริญเติบโตระหว่างตำรับที่ไม่ได้รับสารประกอบไดกับตำรับที่ได้รับปุ๋ยคอกร่วมกับธาตุเหล็ก และตำรับที่ได้รับปุ๋ยคอกร่วมกับธาตุแมงกานีส สังกะสี และทองแดง ในการทดลองที่ 2 86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ถั่วเหลือง (Soybeans) เป็นพืชเศรษฐกิจซึ่งมีการเพาะปลูกทั้งในดินไร่และดินนาในทุกภาคของประเทศ เนื่องจากมีการนำถั่วเหลืองมาปลูกเป็นพืชอุตสาหกรรมเพื่อการสกัดน้ำมัน นอกจากนั้นกากถั่วเหลืองที่ได้หลังจากสกัดน้ำมันออกแล้วยังสามารถนำมาใช้ทำเป็นอาหารสัตว์ได้ ดังนั้นถั่วเหลืองจึงนับว่าเป็นพืชอีกชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญยิ่งทางเศรษฐกิจของประเทศไทย (กฤษฎา 2526) แต่เนื่องจากปัจจุบันพบว่า ปริมาณผลผลิตของถั่วเหลืองที่ผลิตได้ในบางพื้นที่ยังมีปริมาณค่อนข้างต่ำ อันเนื่องมาจากเรื่องของสภาพดินฟ้าอากาศ พันธุ์ถั่วเหลือง โรคแมลง และอื่นๆ รวมถึงปัญหาเกี่ยวกับดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกี่ยวกับสภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินและสมบัติอื่นๆของดิน ซึ่งอาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญมากที่เป็นตัวจำกัดผลผลิตของถั่วเหลือง โดยดินที่ปลูกถั่วเหลืองในประเทศไทยส่วนใหญ่มีความอุดมสมบูรณ์ในระดับต่ำถึงปานกลาง กล่าวคือ มีค่า pH ต่ำกว่า 5.5 มีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชต่ำกว่า 6.5 ppm P_2O_5 และต่ำกว่า 10 ppm K_2O ตามลำดับ (สัมฤทธิ์ 2521) ทั้งนี้ยกเว้นในบางบริเวณที่เป็นดินเหนียวสีดำ และมีค่า pH สูง มีปริมาณปูนเป็นองค์ประกอบอยู่มาก โดยเฉพาะชุดดินตาคลี ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มดินหลัก Rendzinas (Typic Calciustolls) เป็นดินที่กระจายอยู่บริเวณจังหวัด สระบุรี ลพบุรี นครสวรรค์ และนครราชสีมา จากที่เคยมีการใช้ปลูกถั่วเหลืองในอดีตและได้มีรายงานว่า ถั่วเหลืองที่ปลูกในดินดังกล่าวจะแสดงอาการคลอโรซีส (chlorosis) เนื่องจากการขาดธาตุเหล็ก โดยบริเวณยอดของถั่วเหลืองจะเกิดอาการเหลืองซีด ทั้งที่ค่าวิเคราะห์ทางเคมีของปริมาณเหล็กทั้งหมดของดินดังกล่าวนี้มีอยู่เป็นปริมาณสูง แต่อยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช (ครรชิตและคณะ 2510) ซึ่งปัญหานี้เองเป็นปัญหาที่เกษตรกรในบริเวณพื้นที่ดังกล่าวประสบอยู่ ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาถึงปัญหานี้ขึ้นเพื่อหาแนวทางการแก้ไขปัญหาดังกล่าวให้บรรเทาลงหรือหมดไป อีกทั้งยังจะช่วยส่งผลทำให้ปริมาณผลผลิตของถั่วเหลืองที่ผลิตได้มีปริมาณเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์ของการทดลอง

1.เพื่อศึกษาปัญหาชนิดของจุลธาตุอาหารกลุ่มที่พืชดึงดูดไปใช้ในรูปประจุบวก คือ เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง ที่เป็นตัวจำกัดผลผลิตของถั่วเหลืองที่ปลูกในชุดดินตาคลี

2.เพื่อศึกษาแนวทางแก้ไขปัญหาการขาดจุลธาตุอาหารที่มีต่อผลการเจริญและการเพิ่มผลผลิตของถั่วเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกสาร

ธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช (essential elements) มีอยู่ทั้งหมด 16 ธาตุ แต่มีอยู่เพียง 7 ธาตุเท่านั้นที่พืชต้องการใช้ในปริมาณที่น้อยมาก และเรียกธาตุเหล่านี้ว่า จุลธาตุอาหารของพืช ซึ่ง ได้แก่ธาตุเหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) โบรอน(B) โมลิบดินั่ม(Mo)และคลอรีน(Cl) แม้ว่าพืชจะต้องการใช้ธาตุเหล่านี้เป็นปริมาณน้อยมากก็ตาม แต่ก็มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของพืชไม่น้อยกว่าพวกธาตุอาหารหลัก คือ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส(P) โพแทสเซียม (K) และธาตุอาหารรองคือ แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) กำมะถัน (S) ดังนั้นเพื่อให้พืชเจริญเติบโตเป็นปกติพืชจะขาดธาตุเหล่านี้ธาตุใดธาตุหนึ่งไม่ได้เพราะถ้าหากมีไม่พอกับความต้องการของพืชแล้วพืชย่อมจะเจริญเติบโตและให้ผลผลิตลดลงหรืออาจตายเสียก่อนที่จะผลิดอกออกผลก็ได้ถ้าเกิดการขาดแคลนอย่างรุนแรงในขณะที่พืชยังมีอายุน้อยอยู่ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา 2523)

ความสำคัญของจุลธาตุอาหารที่มีผลต่อพืชจะมีหน้าที่ไม่อย่างหนึ่งก็หลายอย่างในหน้าที่ต่างๆ (สรสิทธิ์ และคณะ 2527) ดังต่อไปนี้

1. ทำหน้าที่เป็น Catalysts หรือ stimulants คือช่วยเร่งปฏิกิริยาบางอย่างในพืชดำเนินไปได้อย่างรวดเร็วและง่ายขึ้น

2. ทำหน้าที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในสารประกอบที่สำคัญบางอย่างในพืช

3. ทำหน้าที่ควบคุมขบวนการออกซิเดชั่น และรีดักชั่นที่เกิดขึ้นในพืช

4. ทำหน้าที่ควบคุมปริมาณกรดที่อยู่ในพืช

5. มีอิทธิพลควบคุมความเข้มข้นของสารละลายในพืช

6. ทำหน้าที่ช่วยเร่งหรือกีดกันการดูดธาตุอาหารบางชนิดของพืช

7. ช่วยทำให้สิ่งแวดล้อมบางอย่างในดินเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตตลอดจนมีผลต่อการหาน้ำและธาตุอาหารของรากพืชด้วย

กลุ่มของจุลธาตุอาหารเมื่อพิจารณาจากรูปที่พืชดึงดูดนำไปใช้โดยรากพืช แบ่งได้เป็น 2 พวก (ชัยฤกษ์ 2526) คือ

1. ไอออนบวก เช่น เหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง

2. ไอออนลบ เช่น โบรอน โมลิบดินั่ม คลอรีน

การที่พืชจะเจริญเติบโตและพัฒนาการได้อย่างเต็มที่จุลธาตุอาหารพืชจะต้องมีสภาพการ (สัมฤทธิ์ 2524) ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. จุลธาตุอาหารต้องอยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ได้โดยตรง เช่น เหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง อยู่ในรูป Fe^{++}, Mn^{++}, Zn^{++}, Cu^{++} ตามลำดับ

2. จุลธาตุอาหารจะต้องอยู่ในสภาพที่เข้มข้นพอดีสำหรับการเจริญเติบโตของพืช

3. ความสมดุลย์ของแร่ธาตุอาหารพืชทุกชนิดจะต้องมีสัดส่วนพอเหมาะพอดีต่อกัน เช่น ในดินมีแคลเซียมมากจะเป็นสาเหตุทำให้พืชมีใบเหลือง เพราะแคลเซียมไปทำให้เหล็ก แมงกานีส หรือสังกะสีที่มีอยู่ในดินส่วนใหญ่ไม่อยู่ในสภาพที่พืชจะนำไปใช้ได้

<u>สภาพดินในลักษณะที่ทำให้จุลธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชขาดแคลน</u>

ลักษณะบางประการของดินที่เป็นสาเหตุทำให้จุลธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชขาดแคลนหรือไม่อยู่ในสภาพที่พืชนำไปใช้ได้ (สัมฤทธิ์ 2524 และ ยงยุทธ 2524) ซึ่งพอสรุปได้คือ

1. ในสภาพดินที่เป็นกรดจัดและมีการชะล้างสูง
2. ในสภาพดินที่มีความเป็นด่างสูง
3. ในสภาพดินที่ระบายน้ำได้ยากและน้ำใต้ดินสูง
4. ในสภาพดินที่ทำการปลูกพืชบ่อยครั้งและใส่ปุ๋ยเคมีจำนวนมาก
5. ในสภาพดินที่ใส่ปูนขาวในแต่ละครั้งมากเกินไป

<u>ธาตุเหล็ก</u>

เหล็กในดินส่วนใหญ่จะอยู่ในสภาพที่เป็นองค์ประกอบของแร่ชนิดต่างๆ ซึ่งแยกให้เห็นเด่นชัดเป็นกลุ่มต่างๆ (ชัยฤกษ์ 2526) ดังนี้

1. กลุ่มของแร่ปฐมภูมิ (primary minerals) ที่เป็นพวก ferromagnesian silicates ที่สำคัญคือ แร่ olivine, augite, homblende และ biotite

2. กลุ่มของแร่ปฐมภูมิที่เป็นอ๊อกซิไดส์ของเหล็ก(Fe oxide) ได้แก่แร่ hematite [Fe_2O_3] ilmenite [$FeTiO_3$] และ magnetite [Fe_3O_4] และกลุ่มอื่นๆ เช่น แร่ siderite [$FeCO_3$] ,pyrite [FeS_2] และ goethite [FeO(OH)] เป็นต้น

3. เป็นองค์ประกอบของแร่ทุติยภูมิ [secondary minerals] โดยเฉพาะแร่ดินเหนียว

แร่เหล็กต่างๆ ดังกล่าวเมื่อผุพังสลายตัวโดยขบวนการต่างๆ ก็ จะปลดปล่อยเหล็กออกมา ซึ่งจะพบในรูปเฟอริกไอออน [Fe^{++}] และในรูปของอ๊อกซิไดส์ต่างๆ ในด้านเกี่ยวกับความสามารถในการละลายของสารประกอบเหล็กในดินนั้น สารประกอบในรูป ferrous iron หลายตัวมีความสามารถในการละลายต่ำ แต่สารประกอบ ferric iron ยิ่งมีความสามารถในการละลายต่ำกว่าลงไปอีก Lindsay (1979) ได้สรุปถึงระบบเทอร์โมไดนามิกของธาตุเหล็กในดิน โดยเปรียบเทียบการละลายได้ยากง่ายต่างๆกันของสารประกอบเหล็กชนิดต่างๆ โดยเริ่มจากเหล็กอ๊อกไซด์ชนิดที่ละลายได้ง่ายจนถึงเหล็กอ๊อกไซด์ในรูปที่ค่อนข้างคงทนต่อการสลายตัวดังนี้ คือ $Fe(OH)_3$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(amorphous) > $Fe(OH)_3$ (soil) > lepidocracite > hematite > goethite ส่วนดินที่อยู่ในสภาพน้ำขัง หรือการถ่ายเทอากาศไม่ดี เหล็กอยู่ในรูป ferric iron เปลี่ยนไปอยู่ในรูป ferrous iron ในด้านเกี่ยวกับความเป็นประโยชน์ของเหล็กในรูป ferric iron ในดินนั้นมีความสัมพันธ์กับระดับความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินเป็นอย่างมาก (Truog, 1948) กล่าวคือความเป็นประโยชน์ของเหล็กในดินต่อพืชจะมีมากขึ้นที่ระดับ pH 6.0 และในระดับ pH ที่ต่ำกว่านี้ ในขณะที่ pH 7.0 ความเป็นประโยชน์ของเหล็กในดิน ต่อพืชลดลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากอนุมูลไฮดรอกซิล (OH^-) จะเพิ่มมากขึ้นทำให้เกิดสารประกอบเหล็กในรูป $Fe(OH)_3$ และ $Fe(OH)_2$ ตกตะกอน ซึ่งทำให้เป็นตัวจำกัดการเจริญเติบโตของพืชดังนั้นการใส่ปูนขาวลงไปในดินปริมาณมากเกินไปหรือในดินที่สะสมแคลเซียมคาร์บอเนต เช่น ดินคัลคาเรียส อาจมีผลทำให้สารประกอบธาตุเหล็กตกตะกอน การขาดธาตุเหล็กในกรณีนี้เรียกว่า lime induced iron chlorosis

<u>บทบาทของธาตุเหล็กต่อพืช</u>

เหล็กเป็นธาตุแรกในบรรดาจุลธาตุอาหารที่พบว่ามีความสำคัญและจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืช ธาตุเหล็กเกี่ยวข้องอยู่กับขบวนการทางด้านสรีระของพืช กล่าวคือเหล็กเป็น activator ของเอ็นไซม์ ที่เกี่ยวข้องกับขบวนการสร้างคลอโรฟิลและเอ็นไซม์ peroxidase นอกจากนี้ยังเป็นส่วนประกอบของไซโตโครมซึ่งเป็นสารตัวกลางในการถ่ายทอดอิเลคตรอนทั้งในขบวนการสังเคราะห์แสงและขบวนการหายใจ ในระหว่างการถ่ายทอดอิเลคตรอน เหล็กจะถูกรีดิวส์และอ๊อกซิไดส์กลับไปกลับมาตลอดเวลา เหล็กเป็นส่วนประกอบของ เฟอริด๊อกซิน (ferridoxin) ที่อยู่ในคลอโรพลาส ซึ่งเป็นสารสำคัญในการเคลื่อนย้ายอิเลคตรอนของขบวนการสังเคราะห์แสงของพืช (ชัยฤกษ์ 2526) มีผู้พบว่าปริมาณคลอโรฟิลในพืชที่มีความสัมพันธ์อยู่กับปริมาณของธาตุเหล็กที่พืชได้รับ กล่าวคือเมื่อพืชได้รับธาตุเหล็กในปริมาณที่เพียงพอแล้วจะทำให้ขบวนการสังเคราะห์คลอโรฟิลเป็นไปได้ดีขึ้น (Chen and Barak, 1982) และเมื่อพืชเกิดการขาดธาตุเหล็กใบของพืชจะหยุดสร้างคลอโรฟิลทันที อาการผิดปกติดังกล่าวนี้ เรียกว่าคลอโรซีส คือใบมีสีเหลืองซีดหรือขาวซีด อาการคลอโรซีสเนื่องจากขาดธาตุเหล็กแสดงที่ส่วนยอดอ่อนหรือใบอ่อน ทั้งนี้เพราะธาตุเหล็กเป็นธาตุที่ไม่เคลื่อนย้ายภายในพืช [immobile element] ซึ่งพืชไม่สามารถดึงเอาเหล็กจากส่วนที่สะสมอยู่ในใบแก่เพื่อนำไปใช้ในใบอ่อนได้ (Tisdal and Helson, 1963) อาการขาดธาตุเหล็กของพืชมีลักษณะแตกต่างกันไปบ้างตามชนิดพืช แต่ส่วนใหญ่อาการจะเริ่มในลักษณะคลอโรซีสระหว่างเส้นใบ (interveinal chlorosis) กล่าวคือส่วนของใบนอกจากเส้นใบ (vein) เริ่มเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นเหลืองจนกระทั่งกลายเป็นสีขาวซีดและเกิดเนื้อเยื่อตายตามบริเวณขอบใบลุกลามเข้ามาเรื่อยๆ จนในที่สุดพืชอาจตายได้ (Cox <u>et al</u> . , 1982) ลักษณะอาการคลอโรซีสดังกล่าวมักพบกับพืชหลายชนิดโดยเฉพาะที่ปลูกในสภาพภูมิอากาศแบบกึ่งแห้ง-แล้ง (semiarid climate) และพืชที่ปลูกบนดินคัลคาเรียส เช่น แอปเปิ้ล อโวกาโด กล้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวบาเล่ย์ ส้ม ฝ้าย ข้าวโอ๊ต ถั่วลิสง มันสำปะหลัง ข้าวฟ่าง ถั่วเหลือง ถั่วเขียว และพืชจำพวกไม้ดอกอีกหลายชนิด (Chen and Barak, 1982)

การจะแยกว่าพืชชนิดใดเป็นพืชที่มีประสิทธิภาพในการใช้ธาตุเหล็ก (Fe-efficient plant) และพืชชนิดใดเป็นพืชไม่มีประสิทธิภาพในการใช้ธาตุเหล็ก (Fe-inefficient plant) สามารถทำได้โดยการดูจากการเจริญเติบโตของพืชชนิดต่างๆในดินที่เป็นด่าง พืชที่เจริญเป็นปกติได้ แสดงว่าสามารถนำธาตุเหล็กในดินมาใช้ประโยชน์ได้จัดว่าเป็นพืชที่มีประสิทธิภาพในการใช้ธาตุเหล็ก พืชที่แสดงอาการผิดปกติที่เรียกว่าคลอโรซีส จัดว่าเป็นพืชที่ไม่มีประสิทธิภาพในการใช้ธาตุเหล็ก นอกจากนี้การทดสอบประสิทธิภาพการใช้ธาตุเหล็กในดินของพืชสามารถทำได้โดยดูจากการตอบสนองต่อการใช้ธาตุเหล็กของพืชในภาวะขาดแคลนธาตุเหล็ก

<u>การขาดธาตุเหล็กของพืช</u> จะพบในดินดังต่อไปนี้

1. ดินที่มีเหล็กอยู่ในรูปที่ละลายน้ำและไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช เช่น

1.1 ดินที่มีปฏิกิริยาเป็นกลางหรือด่างอ่อน และมีสารประกอบพวกปูนมาก ตัวอย่างได้แก่ ดินคัลคาเรียส สาเหตุเนื่องจากมีปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนตในดินสูง (Barak and Chen, 1982)

1.2 ดินที่ได้รับปุ๋ยฟอสเฟตมากเกินไป เหล็กจะทำปฏิกิริยากับฟอสเฟตและตกตะกอนหมด ยากแก่พืชที่จะนำใช้ประโยชน์ได้ (Wallace, 1982)

2. ดินที่มีปริมาณเหล็กต่ำ (Wallace, 1982)

3. ดินที่มีการระบายน้ำและอากาศไม่ดี (Wallace, 1982)

4. ดินที่มีธาตุโลหะหนักเช่น แมงกานีส สังกะสี และทองแดงสะสมอยู่มากเกินไป จะทำให้พืชดึงดูดเอาเหล็กเข้าไปได้ยาก (antagonism) และมีผลทำให้พืชแสดงอาการขาดธาตุเหล็ก (Wallace, 1982)

5. ดินที่มีการเปลี่ยนแปลงความชื้นตลอดเวลา

<u>การแก้ไขการขาดธาตุเหล็กของพืช</u>

ดินไร่บางชนิดเมื่ออยู่ในสภาพที่มีการถ่ายเทอากาศดี พืชที่ปลูกแสดงอาการขาดธาตุเหล็กได้ ซึ่ง สามารถแก้ไขได้โดยตรงคือใช้ปุ๋ยที่ให้ธาตุเหล็ก ซึ่งมีทั้งในรูปสารประกอบอนินทรีย์และโลหะคีเลต สำหรับสารประกอบอนินทรีย์ที่นิยมใช้เพื่อแก้ปัญหาการขาดเหล็กของพืชได้แก่ เหล็กซัลเฟตและเหล็กคลอไรด์ แต่เนื่องจากการใช้เกลือดังกล่าวใส่ลงไปในดินจะเปลี่ยนเหล็กอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชค่อนข้างรวดเร็ว ดังนั้นจึงต้องใช้อัตราค่อนข้างสูงจึงจะได้ผล (ยงยุทธ 2524) สำหรับเหล็กคีเลตมีหลายรูปหากเลือกใช้ให้เหมาะสมจะได้ผลดีมาก แต่ต้องเสียค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง เหล็กคีเลตที่ใส่ลงในดินมีผลต่อพืชที่ปลูกเพียงหนึ่งถึงสองปี หลังจากนั้นจุลินทรีย์จะสลายเหล็กคีเลตจนสิ้นสภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chen และ Barak (1982) รายงานว่าการให้เหล็กทางใบโดยใช้ในรูปเหล็กคีเลตและเฟอรัสซัลเฟตจะให้ผลดีเท่ากันเมื่อใช้อัตราเดียวกัน

การทดลองศึกษาประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยคอกและปุ๋ยหมักสำหรับแก้ไขปัญหาการขาดธาตุเหล็กของพืช Chen และ Barak (1982) ได้รายงานผลของปุ๋ยคอกที่มีต่อผลผลิตของข้าวฟ่างที่ปลูกในดินคัลคาเรียสพบว่าการใช้ปุ๋ยคอก (farmyard manure) อัตรา 20 ตันต่อเฮกตาร์ ทำให้ผลผลิตของข้าวฟ่างเพิ่มขึ้นจาก 520 เป็น 970 กิ โลกรัมต่อเฮกตาร์ และได้ผลทำนองเดียวกันกับการทดลองกับถั่วลิสง Parsa และ Wallace (1979) รายงานจากงานทดลองในกระถาง โดยใช้ปุ๋ยคอก (dog manure) ซึ่ง มีเหล็กเป็นองค์ประกอบประมาณ 1850 ppm ใส่ลงไปในดินคัลคาเรียส อัตรา 1.5% มีผลทำให้ผลผลิตคือน้ำหนักแห้งและปริมาณของธาตุเหล็กที่ข้าวฟ่างดูดขึ้นมาสะสมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนั้นมีรายงานว่า การใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับเฟอรัสซัลเฟตลงไปในดินคัลคาเรียสมีผลทำให้ผลผลิตของถั่วลิสงและข้าวฟ่างเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกับผลผลิตที่ได้จากการใส่เหล็กคีเลตลงไปในดิน (ชัยฤกษ์ และคณะ 2526) Parsa และ Wallace (1979) กล่าวว่าปุ๋ยคอกดังกล่าวทำหน้าที่เสมือนเป็นกรดฟูลวิค (fulvic acid) ในดินและดูดยึดประจุต่างๆ ได้ เนื่องจากมีคาบอกซิลิคกรุ๊ฟและฟีโนลิคกรุ๊ฟ (carboxylic and phenolic groups) เป็นองค์ประกอบของปุ๋ยคอก กรุ๊ฟเหล่านี้ทำปฏิริยากับธาตุเหล็กเกิดสารประกอบเชิงซ้อนซึ่งสามารถรักษาธาตุเหล็กให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์และพืชนำไปใช้ได้ Babiria และ Patel (1980) รายงานว่าปุ๋ยคอกจะให้ธาตุเหล็กในดินเพิ่มขึ้น โดยทำการหมักปุ๋ยคอกในอัตรา 10 ตันต่อเฮกตาร์ ในระดับความชื้นของดินต่างๆ พบว่าที่ระดับความชื้นของดิน 50 เปอร์เซ็นต์ของระดับความจุความชื้นในสนามมีผลทำให้ความเป็นประโยชน์ของเหล็กในดินต่อพืชเพิ่มขึ้นเป็น 3 เท่า

การใช้ปุ๋ยหมักในการแก้ไขการขาดธาตุเหล็กของพืช Francis et al. (1979) ได้ทำการทดลองปลูกข้าวฟ่างในดินคัลคาเรียส โดยใส่เหล็กในรูปเฟอรัสซัลเฟต อัตรา 45 ppm ร่วมกับปุ๋ยหมัก (ใบฝ้าย) อัตรา 20 ตันต่อเฮกตาร์ พบว่าเมื่อใช้สารทั้งสองร่วมกันทำให้น้ำหนักแห้งของเมล็ดและปริมาณธาตุเหล็กที่ข้าวฟ่างดึงดูดมาสะสมเพิ่มขึ้น

การใช้สารประกอบบางชนิดใส่ลงไปในดินคัลคาเรียสเพื่อทำให้ดินมีค่า pH ลดลง อันจะเป็นผลให้ธาตุเหล็กละลายออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชเพิ่มขึ้น เช่น การใช้ผงกำมะถัน และกรดซัลฟุริค (ครรชิต และคณะ 2511)

<u>ธาตุแมงกานีส</u>

เปลือกโลกจะมีธาตุแมงกานีสเป็นองค์ประกอบคิดเป็นค่าเฉลี่ย 100 ppm ซึ่งความเข้มข้นของแมงกานีสแตกต่างกันไปในหินและแร่แต่ละชนิด หินอัคนี เช่น ferrohortonilite ,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ferrogabbro ประกอบด้วยแมงกานีส 1620 ppm แต่หินพวก acid granophyre มีแมงกานีส 80 ppm (Davies, 1980)

ปริมาณแมงกานีสในดินแตกต่างกันมากตั้งแต่น้อยกว่า 20 ppm จนถึงมากกว่า 6,000 ppm แต่ปริมาณของแมงกานีสในรูปที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable Mn) ปกติมีค่าอยู่ระหว่าง 10 - 100 ppm ส่วนรูปของแมงกานีสที่สำคัญในดินได้แก่ Mn^{2+} และแมงกานีสอ๊อกไซด์ที่อยู่ในสภาพที่มีประจุบวกสามและประจุบวกสี่ (Mn oxides; Mn^{3+} และ Mn^{4+}) ทั้งนี้ Mn^{2+} เป็นรูปที่พืชดึงดูดขึ้นไปใช้ได้ง่ายซึ่งอาจถูกดูดยึดอยู่กับผิวของอนุภาคของแร่ดินเหนียวหรืออินทรีย์วัตถุ และอยู่ในสภาพไอออนของสารละลาย (ชัยฤกษ์ 2526 และ บุปผา 2526) ขบวนการดูดซับ (adsorption process) แมงกานีสในดินถูกควบคุมโดยความเข้มข้นของแมงกานีสในสารละลายดิน Page (1962) รายงานว่าแมงกานีสเมื่ออยู่ในรูปของสารประกอบอินทรีย์เชิงซ้อน จะมีความเป็นประโยชน์ได้น้อยกว่าที่อยู่ในรูปของสารประกอบแมงกานีสอ๊อกไซด์ที่ไม่ละลายน้ำ ในดินคัล-คาเรียสซึ่งเป็นดินเหนียวที่มีปฏิกิริยาเป็นด่างหรือมีค่า pH สูง มักพบว่า แมงกานีสจะเกิดการตกตะกอนในรูป manganocalcite อันเนื่องมาจากปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตจะมีอยู่ในดินนี้มาก จึงมีผลทำให้แมงกานีสเกิดการดูดยึดกับคาร์บอเนตและตกตะกอนอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Curtin et al. , 1980)

<u>บทบาทของธาตุแมงกานีสต่อพืช</u>

บทบาทหรือความสำคัญของธาตุแมงกานีสที่มีต่อพืชในหลายๆด้านจะคล้ายคลึงกับธาตุเหล็กทั้งนี้พอกล่าวได้คือ แมงกานีสเกี่ยวข้องอยู่กับระบบแคตะลิสและเอนไซม์ต่างๆในพืช อาทิ เช่น เกี่ยวข้องอยู่กับระบบเอนไซม์พวก dehydrogenase และ carboxylase ซึ่งพบว่าถ้าปราศจากแมงกานีสเป็นตัวแคตะลิสแล้ว การสร้างกรดอะมิโนต่างๆ จะไม่เกิดขึ้น หรือถ้าเกิดขึ้นได้ก็น้อยมาก (สรสิทธิ์ และคณะ 2527) แมงกานีสแม้จะไม่เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิล แต่ก็มีส่วนเกี่ยวข้องในกระบวนการสร้างคลอโรฟิล ดังนั้นเมื่อพืชขาดแมงกานีสจึงแสดงอาการคลอโรซีส คือ ใบจะมีสีเหลืองตามเนื่อเยื่อระหว่างเส้นใบส่วนเส้นใบยังเขียวเป็นปกติและมักจะเกิดที่ใบอ่อนก่อน หรือบางพืชอาจเกิดเป็นจุดสีขาวหรือเหลืองบนใบพืช พุ่มของใบจะน้อยเนื่องจากมีใบไม่สมบูรณ์ การเจริญเติบโตช้า ไม่ออกดอกออกผล (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา 2523)

ใบพืชที่แสดงอาการขาดแมงกานีสจะคล้ายๆกันกับใบพืชที่ขาดธาตุแมกนีเซียม สังกะสี และเหล็ก แต่พอสังเกตุความแตกต่างได้ คือ ใบที่ขาดธาตุแมกนีเซียมจะเกิดขึ้นที่ใบล่างๆที่แก่เต็มที่แล้ว ส่วนใบที่ขาดธาตุแมงกานีสอาการจะเกิดขึ้นกับใบที่อ่อนกว่าซึ่งได้โตเต็มที่แล้ว ส่วนใบที่ขาดธาตุสังกะสีและเหล็กจะเป็นใบอ่อนๆที่ยอดที่กำลังจะเริ่มเติบโต แต่ใบขาดสังกะสีมักจะมีรูปร่างผิดปกติ เช่น มีลักษณะเรียวและปลายใบแหลมหรือเตี้ยแคระ (สรสิทธิ์ และคณะ 2527)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การขาดธาตุแมงกานีสของพืช (Chapman,1966) จะพบในดินดังต่อไปนี้

1. ดินที่มีหินปูนมากซึ่งมีชั้นอินทรีย์ทับถม และมีการระบายน้ำไม่ดี
2. ดินที่เกิดจากการทับถมของตะกอนที่มีหินปูนมาก
3. ดินทรายดำที่มีหินปูนมาก
4. ดินที่มีหินปูนมากที่เคยใช้เป็นทุ่งหญ้า
5. ดินสวนที่ใส่ปุ๋ยคอกและปูนมาก
6. ดินกรดที่ไม่มีแร่แมงกานีสเนื่องจากแมงกานีสส่วนใหญ่จะสูญเสียไปโดยการเกิดกษัยการ
7. ดินที่มีความชื้นในดินต่ำ

การแก้ไขการขาดธาตุแมงกานีสของพืช

พืชมักแสดงอาการผิดปกติ เนื่องจากการขาดธาตุแมงกานีสเมื่อปลูกในดินอินทรีย์และดินคัลคาเรียส เพราะสภาพของดินทำให้การละลายของแมงกานีสต่ำถึงแม้ว่าจะมีปริมาณแมงกานีสทั้งหมดอยู่ในดินเป็นปริมาณมากก็ตาม วิธีการแก้ไขปัญหาการขาดแมงกานีสของพืชทำได้ 2 วิธี คือ

1.โดยการใช้สารประกอบของแมงกานีสที่ละลายน้ำได้ใส่ลงไปในดิน Hossner และBlancher (1970) รายงานว่า การใช้ปุ๋ยที่มีแมงกานีสเป็นองค์ประกอบร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟต $(CaH_2PO_4)_2$ โดยใส่แบบเป็นแถบข้างต้นซึ่งเป็นวิธีเพิ่มแมงกานีสให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช เนื่องจากผลของปุ๋ยฟอสเฟตทำให้ดินเป็นกรดเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ซึ่งแมงกานีสในดินจะละลายออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชเพิ่มขึ้นสำหรับในสภาพที่พืชขาดธาตุแมงกานีสไม่รุนแรงการทำให้ดินเป็นกรดเล็กน้อย เช่น การใส่กรดซัลฟุริคเข้มข้นลงไปในดิน (Ryan et al. , 1974) หรือ การใส่ปุ๋ยคอกและปุ๋ยหมักอยู่เสมอๆ ในดินที่มี pH เป็นกลางหรือด่างอย่างอ่อนจะช่วยป้องกันการขาดธาตุแมงกานีสของพืชที่ปลูกได้ แต่กรณีที่มีการขาดแคลนอย่างรุนแรง การแก้ไขสามารถทำได้โดยการใส่สารประกอบพวกแมงกานีสซัลเฟต หรือสารประกอบพวกคีเลตต่างๆของแมงกานีสลงไปในดินร่วมกับปุ๋ยหมัก (สรสิทธิ์ และคณะ 2527)

2.เป็นการให้ปุ๋ยทางใบซึ่งได้ผลดีและได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง Ozaki (1955) รายงานว่าการใช้แมงกานีสซัลเฟตสเปรย์ทางใบจะให้ประสิทธิภาพสูงกว่าการใช้แมงกานีส-ออกไซด์ และประสิทธิภาพในการสเปรย์ทางใบจะเพิ่มขึ้น เมื่อฉีดให้ประมาณ 2 ถึง 4 ครั้งในช่วงแรกของระยะการเจริญเติบโตของพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธาตุสังกะสี

ค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุสังกะสีที่เป็นองค์ประกอบของเปลือกโลกประมาณ 80 ppm แต่ปริมาณของธาตุสังกะสีในดินจะแตกต่างกันคืออยู่ในช่วง 10 ถึง 300 ppm ในหินอัคนี เช่นหินบะซอล์ประกอบด้วย 100 ppm Zn แต่หินแกรนิตประกอบด้วย 40 ppm Zn เท่านั้น หินตะกอนเช่นหินดินดานประกอบด้วย 95 ppm Zn ขณะที่หินปูนและหินทรายมีสังกะสีเป็นองค์ประกอบโดยเฉลี่ย 20 และ 16 ppmตามลำดับ (Lindsay, 1972) ในดินศัลคาเรียส มักจะมีสังกะสีที่เป็นองค์ประกอบต่อพืชค่อนข้างต่ำ เพราะสังกะสีในสารละลายดินจะตกตะกอนเป็นสารประกอบ $Zn(OH)_2$ $ZnCO_3$ และ Ca-Zincate (Davies, 1980)

สารประกอบอนินทรีย์ของสังกะสีในดิน เช่น $ZnCO_3$, ZnO และ $Zn_3(PO_4)_2$ H_2O จะเป็นตัวการควบคุมความเป็นประโยชน์ของสังกะสีต่อพืช (Lindsay, 1972) Kittrick (1976) รายงานว่าในสภาพดินที่มีการระบายน้ำดี แร่ sphalerite (ZnS) ในดินอาจเป็นปัจจัยในการควบคุมความเป็นประโยชน์ของสังกะสี Hodgson et al. (1966) กล่าวว่า 60% ของสังกะสีในสารละลายดินอยู่ในรูปสารประกอบอินทรีย์เชิงซ้อน ดังนั้นสังกะสีในรูปประจุอิสระ สังกะสีในรูปไฮเดรตและสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสังกะสีเป็นองค์ประกอบต้องนำมาพิจารณาร่วมกันเกี่ยวกับปริมาณของสังกะสีที่จะเป็นประโยชน์ต่อพืช

ความเป็นกรดเป็นด่างของดินมีอิทธิพลต่อความเป็นประโยชน์ของสังกะสีในดินค่อนข้างมาก โดยสังกะสีในดินจะเป็นประโยชน์ต่อพืชในช่วงค่า pH ระหว่าง 5.5 - 7.0 ถ้าพีเอชของดินต่ำกว่า 5.5 หรือสูงกว่า 7.0 ความเป็นประโยชน์ของสังกะสีในดินจะลดลงเป็นอย่างมาก (Troug, 1948)

บทบาทของสังกะสีต่อพืช

ความสำคัญของธาตุสังกะสีที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชกล่าวได้คือ สังกะสีเป็นธาตุที่จำเป็นในขบวนการเมตาโบลิซึมของโปรตีน เช่น สังกะสีอยู่ร่วมกับ carbonic anhydrese ในรูป zinc metalloenzyme (Price et al. ,1972) สังกะสีทำหน้าที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเอนไซม์ dehydrogenase, proteinase และ peptidase หลายชนิด การทำงานของเอนไซม์ dehydrogenase หลายชนิดจะไวต่อการขาดธาตุสังกะสี ซึ่งจะมีผลต่อขบวนการเมตาโบลิซึมในพืชอย่างรุนแรง นอกจากนั้น สังกะสียังเกี่ยวข้องอยู่กับขบวนการสร้างคลอโรพลาสเมื่อพืชขาดสังกะสี ใบของพืชจะมีสีเหลืองหรือที่เรียกว่า เกิดคลอโรซีส เพราะการสร้างคลอโรพลาสจะหยุดชะงัก การสลายตัวของคลอโรพลาสมีมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใบได้รับแสงแดดจัด (สรสิทธิ์ และคณะ 2527)

สังกะสีเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายไม่ได้ภายในพืช ลักษณะอาการผิดปกติที่พืชแสดงออกเมื่อขาดธาตุนี้ โดยที่ใบอ่อนจะเกิดลักษณะคลอโรซีสที่เนื้อเยื่อระหว่างเส้นใบ ซึ่ งอาจเป็นสีเขียวซีด สี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหลืองหรือสีขาว ใบจะมีขนาดเล็กผิดปกติ ลำต้นแคระแกรน ปล้องของลำต้นและกิ่งก้านอ่อนจะสั้นกว่าปกติเปลือกของลำต้นไม้ยืนต้นอาจจะมีลักษณะขรุขระและเปราะ (ชัยฤกษ์ 2526)

<u>ดินที่มีปัญหาการขาดแคลนสังกะสี</u> (ยงยุทธ 2524) ได้แก่ ดินที่มีลักษณะดังต่อไปนี้

1. ดินที่มีกำเนิดจากแร่ที่มีสังกะสีเป็นองค์ประกอบต่ำ ดินเนื้อหยาบ ดินอินทรีย์ ดินที่ผ่านกษัยการอย่างรุนแรงและต่อเนื่องกันมาช้านาน

2. ดินที่ยอมให้รากชอนไชได้อย่างจำกัด เช่น มีหินดินดานหรือระดับน้ำใต้ดินสูง

3. ดินคัลคาเรียสซึ่งสังกะสีมีปริมาณส่วนใหญ่จะอยู่ในรูป $ZnCO_3$ ซึ่งละลายน้ำยาก

4. ดินที่มีอินทรีย์วัตถุต่ำเกินไป

5. ดินที่ได้รับฟอสเฟตอัตราสูง อาจทำให้พืชขาดสังกะสี ในดินปกติจะมีปริมาณเพียงพอสำหรับพืช ทั้งนี้เนื่องจากพืชที่ได้รับฟอสเฟตสูง อาจมีผลทำให้การนำสังกะสีไปใช้ได้น้อยลง หรือการเคลื่อนย้ายสังกะสีในพืชลดลง

6. ดินที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูงจะทำให้พืชขาดสังกะสี เนื่องจากในขณะนั้นพืช สร้างและสะสมโปรตีนสูงในรากพืช ซึ่งอาจเป็นตัวการจับเอาไอออนของสังกะสีที่รากดึงดูดเข้าไปเอาไว้และสะสมอยู่ที่รากเป็นสาเหตุให้ต้นและใบพืชได้รับธาตุนี้ไม่เพียงพอ

Adam <u>et al</u>. (1978) การขาดสังกะสีจะพบในถั่ว (Dryland bean) ที่ปลูกบนดินที่มีความชื้นสูง Olsen <u>et al</u> . (1965) ได้อธิบายว่า ดินที่มีระดับความชื้นสูงจะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจาย (diffusion cofficient) ของฟอสฟอรัสจากดินสู่พืชเพิ่มขึ้น เป็นผลทำให้ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบสูงขึ้น และพืชแสดงอาการคลอโรซีส เนื่องจากขาดสังกะสีได้

<u>การแก้ไขการขาดธาตุสังกะสีของพืช</u>

Singh <u>et al</u>. (1972) รายงานว่าการเพิ่มสังกะสี 15 กิ โลกรัม Zn ต่อเฮกตาร์ ลงไปในดินทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับที่ไม่ได้รับสังกะสี สารประกอบซิงค์ซัลเฟต ($ZnSO_4$) เป็นปุ๋ยที่นิยมใช้เพื่อแก้ปัญหาการขาดสังกะสีของพืชเพราะละลายน้ำได้ง่าย เมื่อใส่ลงไปในดินอาจเปลี่ยนแปลงไปเป็นสารประกอบอ๊อกไซด์ ไฮดรอกไซด์ คาร์บอเนต ซิลิเกตหรือถูกดูดซับอยู่กับดิน ดังนั้นการใส่สังกะสีลงไปในดิน เพื่อให้เกิดประโยชน์กับพืชมากที่สุดควรหว่านให้ทั่วแปลงซึ่งสามารถแก้ไขอาการขาดธาตุสังกะสีและมีผลตกค้างอยู่ในดินหลายปี (Davies, 1980) นอกจากนั้นยังมีการทดลองพบว่าปุ๋ยอินทรีย์ (organic manure) มีประสิทธิภาพในการแก้ไขการขาดธาตุสังกะสีของพืช Singh <u>et al</u> . (1979) ได้ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารประกอบอินทรีย์ที่ใช้ในการปรับปรุงดิน 3 ชนิดคือ poultry manure, farmyard manure และฟางข้าวเพื่อประเมินความเป็นประโยชน์ของสังกะสีต่อต้นข้าวโพด และถั่วเหลืองที่ปลูกในดินคัลคาเรียสซึ่งประกอบด้วยแคลเซียมคาร์บอเนต 32.8 % ในสภาพการทดลองกระถาง และสรุปว่า น้ำหนักแห้งรวมของพืชและปริมาณสังกะสีที่ถูกดึงดูดขึ้นมาสะสมในต้นข้าวโพดและถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นตามตำรับการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลองดังนี้คือ ตำรับที่ใส่ poultry manure = ตำรับที่ใส่ farmyard manure > ตำรับที่ใส่ฟางข้าว และตำรับที่ไม่ใส่อะไรเลย แสดงให้เห็นว่าสารประกอบอินทรีย์เหล่านี้มีผลทำให้ความเป็นประโยชน์ของสังกะสีในดินต่อพืชเพิ่มขึ้น Singhania et al. (1983) รายงานว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับสารประกอบของสังกะสีในรูป $ZnSO_4$ หรือ ZnO มีประสิทธิภาพในการแก้ไขอาการขาดธาตุสังกะสีของพืชที่ปลูกบนดินคัลคาเรียสได้ ซึ่งอาจเป็นเพราะ จุลินทรีย์ในดินจะย่อยปุ๋ยอินทรีย์แล้วเกิดกรด aliphatic acid และ amino acid ซึ่งคุณสมบัติคล้ายกับเป็นตัวคีเลต และกรดดังกล่าวจะทำปฏิกิริยากับสังกะสีไอออนในสารละลายดินเกิดเป็นสารประกอบสังกะสีคีเลตซึ่งพืชจะใช้ประโยชน์ได้

การใช้สารประกอบบางชนิดใส่ลงไปในดินคัลคาเรียสเพื่อทำให้ดินมีค่า pH ลดลง อันจะเป็นผลให้สังกะสีละลายออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชเพิ่มขึ้น เช่นการใช้ผงกำมะถันและกรดซัลฟุริค

ส่วนการฉีดสเปรย์สังกะสีให้ทางใบ โดยใช้สารประกอบเกลืออนินทรีย์ของสังกะสีนั้น Adam et al.(1978) รายงานว่า การฉีดสเปรย์สังกะสีทางใบด้วยอัตรา 1 เปอร์เซ็นต์ซิงค์ซัลเฟต มีผลให้อาการคลอโรซีสจากการขาดสังกะสีหายไป และทำให้ผลผลิตของพืชเพิ่มขึ้น Singh et al. (1972) การฉีดสเปรย์สังกะสีทางใบในอัตรา 10 กิโลกรัม Zn ต่อเฮกตาร์ทำให้ผลผลิตเพิ่มมากขึ้น

<u>ธาตุทองแดง</u>

ทองแดงเป็นองค์ประกอบของแร่หลายชนิดที่สำคัญได้แก่ chalcorite (Cu_2S) ,covellite (CuS) , chalcopyrite ($CuFeS_2$), boxnite (Cu_5FeS_4), cuprite (Cu_2O_3), tenorite (CuO), malachite $Cu_2(OH)_2CO_3$ เป็นต้น แต่แร่ที่พบมากที่สุดคือแร่ chalcorite (Davies, 1980) Lindsay (1972) รายงานว่าปริมาณทองแดงเฉลี่ยบนเปลือกโลกประมาณ 55 ppm Cu ซึ่งความเข้มข้นของทองแดงแตกต่างกันไปในหินและแร่แต่ละชนิด ในหินอัคนี เช่น หินแกรนิตและหินบะซอลต์ที่มีทองแดงเป็นองค์ประกอบ 10 และ 100 ppm Cu ตามลำดับ ทองแดงในธรรมชาติจะมีประจุอยู่ 2 ชนิด คือ Cu^+ และ Cu^{++} Cu^+ จะพบมากในพวกสินแร่ที่อยู่ในดินระดับลึกและ Cu^{++} พบมากในระดับผิวดินแต่ก็ไม่แน่นอนเสมอไปนัก (บุปผา 2526)

ทองแดงในดินทั่วไปที่ใช้ในการเพาะปลูกพืชจะมีปริมาณอยู่ระหว่าง 1 - 60 ppm Cu โดยส่วนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชจะเป็นปริมาณน้อยมาก และส่วนที่เป็นประโยชน์นี้จะมากหรือน้อยเท่าใดขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ปฏิกิริยาของดิน ปริมาณฮิวมัส และแร่ดินเหนียวในดินตลอดจนระดับความสมดุลย์กันของธาตุทองแดงกับธาตุอื่นๆในดิน ปกติแล้วปริมาณของธาตุทองแดงในดินจะเป็นประโยชน์ต่อพืชมากขึ้นเมื่อความเป็นกรดของดินมากขึ้น และมีแนวโน้มที่จะลดลงเมื่อ pH ของดินสูงขึ้น (สรสิทธิ์ และคณะ 2527) สำหรับดินคัลคาเรียสมีค่า pH สูง จึงทำให้ทองแดงตกตะกอนเป็นทองแดงคาร์บอเนต (Hishk et al. 1973)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทองแดงในดินอยู่ในสภาพของไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ดูดซับอยู่ที่ผิวของสารคอลลอยด์หรือไอออนละลายอยู่ในสารละลายดิน และเป็นองค์ประกอบของสารประกอบอินทรีย์หรืออยู่ร่วมกับอินทรียวัตถุเกิดเป็นสารประกอบที่ซับซ้อนขึ้นได้ (Cu organic complexes) โดยมีความสำคัญเกี่ยวข้องกับความเป็นประโยชน์ของพืช ทองแดงรูปที่พืชใช้ประโยชน์ได้ง่าย คือ ส่วนของไอออนละลายอยู่ในสารละลายดินโดยปกติจะมีค่าอยู่เป็นปริมาณหรือความเข้มข้นต่ำมาก (ชัยฤกษ์ 2526)

Hodgson et al . (1966) รายงานว่า ทองแดงในสารละลายดินมีมากกว่า 98 % อยู่ในรูปสารประกอบอินทรีย์เชิงซ้อน ซึ่ง Ellis และ Knezek (1972) รายงานว่า สารประกอบอินทรีย์เชิงซ้อนดังกล่าว ทองแดงจะถูกตรึงโดยกลุ่มคาร์บอกซิลิคกรุ๊ฟและฟีโนลิคกรุ๊ฟ

บทบาทของธาตุทองแดงต่อพืช

ความสำคัญของธาตุทองแดงที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืชกล่าวคือ ทองแดงเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอยู่ในเอนไซม์อย่างน้อยสามชนิดคือ ascorbic acid oxidase, laccase และ tyrosinase ทองแดงมีหน้าที่ทางอ้อมในขบวนการสร้างคลอโรฟิล เพราะพืชที่ขาดธาตุทองแดงจะแคระแกรน แต่พืชที่แสดงอาการคลอโรซีสและเมื่อฉีดพ่นทองแดงให้ทางใบจะช่วยเพิ่มปริมาณของคลอโรฟิลมากขึ้น และช่วยป้องกันไม่ให้คลอโรฟิลถูกทำลายเร็วจนเกินไป ทำให้พืชแก่ช้าและมีอายุยาวขึ้น (สรสิทธิ์ และคณะ 2527) เมื่อพืชขาดธาตุทองแดงจะแสดงอาการผิดปกติคือ ใบพืชมีสีเขียวจัดในระยะแรกๆ ต่อมาจะค่อยๆเหลืองจนในที่สุดจะชะงักการเจริญเติบโต (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา 2523) แต่ลักษณะผิดปกติที่พืชแสดงออกมาให้เห็นเมื่อขาดธาตุนี้มักจะแตกต่างกันออกไปตามชนิดของพืช

ทองแดงเป็นธาตุอาหารที่พืชดูดเข้าเป็นปริมาณค่อนข้างเล็กน้อยเมื่อเทียบกับเหล็ก แมงกานีส และสังกะสี ปริมาณส่วนใหญ่ของทองแดงในพืชอยู่ในส่วนของคลอโรพลาส และการดึงดูดธาตุทองแดงของพืชดูเหมือนว่าจะมีความสัมพันธ์ตรงกันข้ามกับการดึงดูดธาตุเหล็ก ถ้าพืชมีธาตุทองแดงในลำต้นน้อยเกินไปจะทำให้พืชเกิดการสะสมธาตุเหล็กมากขึ้น แต่ถ้าพืชมีธาตุทองแดงมากเกินไปพืชจะแสดงอาการคลอโรซีสซึ่งเป็นอาการขาดธาตุเหล็ก(ชัยฤกษ์ 2526และ บุปผา 2526)

ดินที่มีปัญหาธาตุทองแดงไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช (Chapmam,1966) ได้แก่ ดินที่ลั กษณะต่างๆดังนี้

1 ดินอินทรีย์วัตถุ (peat and muck soils)

2 ดินที่มีหินปูนมากและดินที่มีโซเดียมมากโดยเฉพาะดินที่เนื้อหยาบ

3 ดินทรายและดินกรดที่ถูกการชะล้างอย่างรุนแรง

4 ดินที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนมากเป็นเวลาติดต่อกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแก้ไขการขาดธาตุทองแดงของพืช

ดินที่เป็นพวกทรายจัดและมีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำมากๆ เช่นดินท้ายเหมืองจะมีปริมาณทองแดงต่ำ การใช้ดินเหล่านี้ในการเพาะปลูกจะต้องระวังเกี่ยวกับปัญหาการขาดธาตุทองแดงของพืช แก้ไขได้โดยใส่สารประกอบจุนสี ($CuSO_4 .2H_2O$) ลงไปในดิน จุนสีที่ใส่ไปในดินทรายในอัตรา 3 กิโลกรัมต่อไร่ จะตกค้างอยู่ในดินได้อย่างเพียงพอ สำหรับการปลูกพืชในปีต่อไป ผลตกค้างของจุนสีที่ใส่ในดินในอัตรา 5 - 6 กิโลกรัมต่อไร่ จะมีผลตกค้างอยู่นาน 3 - 4 ปี สำหรับดินอินทรีย์วัตถุเช่น ดินพรุหรือแม้แต่ดินเหนียวที่มีอินทรีย์วัตถุอยู่มากๆ ธาตุทองแดงจะถูกตรึงค่อนข้างเหนียวแน่น ณ.จุดที่ใส่ปุ๋ย ดังนั้นในกรณีเช่นนี้การใส่ปุ๋ยทองแดง โดยวิธีการฉีดสเปรย์ทางใบจะให้ผลดีกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน และถ้าจะมีการใส่ในทางดินก็ต้องใส่ในอัตราที่สูงกว่าดินทั่วไป

การวิเคราะห์หาจุลธาตุอาหารประจุบวกในดิน

การที่จะทราบได้ว่าดินมีปริมาณจุลธาตุอาหารมากน้อยเพียงพอกับความต้องการของพืชหรือไม่นั้น การวิเคราะห์ดินเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถจะนำมาพิจารณาถึงระดับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดินที่มีผลต่อพืชที่ปลูก ข้อมูลเหล่านี้จะใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินให้เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลตอบสนองและผลผลิตสูงสุด

วิธีการวิเคราะห์ดินมีหลายวิธีขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของผู้ทำการวิเคราะห์และคุณสมบัติของดิน ค่าวิเคราะห์ของแต่ละวิธีก็จะแตกต่างกันออกไป การที่จะทราบว่าวิธีใดเหมาะสมกับดินที่ปลูกในแต่ละท้องถิ่นนั้น Bray (1984) ได้แนะนำว่า

1 วิธีการสกัดดินแต่ละวิธีนั้นควรสกัดหาค่าของธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ทั้งหมดหรือบางส่วนจากดินออกมาได้แม้ว่าดินนั้นจะมีคุณสมบัติต่างกัน

2 ปริมาณธาตุอาหารที่สกัดออกมาจากดินได้นั้นสามารถวัดปริมาณได้ด้วยความแม่นยำและประหยัดเวลา

3 ปริมาณธาตุอาหารที่สกัดได้นี้ควรจะมีความสัมพันธ์กับการดูดใช้ธาตุอาหารนั้นของพืชในช่วงของการเจริญเติบโตของพืชในระยะนั้นและผลตอบสนองของพืชแต่ละชนิดในสภาพแวดล้อมต่างๆกัน

สำหรับวิธีการสกัดจุลธาตุอาหาร เช่น เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง ในดินมีการวิเคราะห์หลายวิธี เช่น วิธีสกัดด้วยน้ำยา 0.1 N HCL กับ dithizone และการสกัดด้วยน้ำยา DTPA ซึ่ง ทั้ง 2 วิธีมีทั้งข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันออกไปตามลักษณะคุณสมบัติของดินที่ใช้ในการวิเคราะห์ เช่น น้ำยาสกัดที่เป็นกรดสามารถสกัดจุลธาตุอาหารได้มากกว่าน้ำยาสกัดอื่นๆ แต่ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้กับดินคัลคาเรียส ในขณะที่น้ำยาสกัด DTPA ใช้ได้ดีกับดินคัลคาเรียส (นงลักษณ์ 2520) รายงานว่าสาเหตุที่น้ำยาสกัดที่เป็นกรดเกลือ (HCl) และ acid mixture

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ควรใช้กับดินคัลคาเรียส เพราะปริมาณ free carbonate ในดินจะทำปฏิกิริยากับกรดอ่อน ทำให้ค่าการวิเคราะห์น้อยกว่าที่ควรจะเป็นในดินที่มี pH สูง คือดินประเภท Rendzinas และ Grumsols นอกจากนั้นมีรายงานว่า วิธีสกัดจุลธาตุอาหารด้วย DTPA ให้ค่าที่มีสหสัมพันธ์กับการตอบสนองของข้าวโพดหวานที่ปลูกด้วยดินคัลคาเรียสดีกว่าที่สกัดด้วยน้ำยา 0.1 N HCl , Na EDTA และ dithizone (Brown et al. 1971)

ดินตาคลี(Takli-series, Tk)

ดินตาคลีจัดอยู่ใน Great Soil Group คือ Rendizinas มีวัตถุต้นกำเนิดซึ่งเกิดจากการผุผังของหินปูน สภาพของพื้นที่เกิดบนที่ราบที่เกิดจากกษัยการ (erosion)ของพื้นที่ (peniplain) ลักษณะของดินประกอบด้วยชั้น A และ C ดินชั้น A มีความหนามาก และสำหรับชั้น C จะมีหินปูนที่กำลังจะสลายตัวปะปนอยู่มาก เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวถึงเหนียว (clay loam to clay) ตลอดทุกชั้นของดิน ดินบนชั้น A ลึกประมาณ 0-25 เซนติเมตร มีสีอยู่ระหว่างสีดำ (10YR 2/1) ถึงสีเทาดำ (10YR 3/1) มีค่า pH อยู่ระหว่าง 6.5-8.0 โดยค่า pH ในดินชั้นล่างสูงกว่าดินชั้นบน ดินประเภทนี้มีการระบายน้ำดี ส่วนลักษณะอื่นๆคือดินมีชั้นดินร่วนซุย โครงสร้างของดินดีและดินล่างจะพบ Slickenside ชัดเจน แสดงว่าถึงดินมีการพองตัวเมื่อถูกน้ำแต่ยุบเมื่อแห้ง การพองตัวของดินทำให้เกิดมีการเรียงตัวของผลึกดินเหนียวในแนวหนึ่งทำให้ในดินนั้นมีลักษณะเป็นมัน ลักษณะที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า "Slickenside" สำหรับคุณภาพของดินมีความอุดมสมบูรณ์สูง ปัจจุบันใช้ปลูกถั่วลิสง ถั่วเหลือง ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ฝ้าย ละหุ่ง (กรมพัฒนาที่ดิน 2511) แต่ดินตาคลีนี้เป็นดินที่พบว่า มีปัญหาเกี่ยวกับการขาดธาตุเหล็ก อันเนื่องมาจากดินนี้เป็นดินที่มีความเป็นด่าง จึงทำให้มีปริมาณเกลือคาร์บอเนตของแคลเซียมและแมกนีเซียมอยู่สูง ซึ่งเกลือคาร์บอเนตของแคลเซียมและแมกนีเซียมนี้เป็นตัวก่อให้เกิดปัญหาการตรึงของฟอสเฟต และยังลดความเป็นประโยชน์ของธาตุเหล็ก โดยทำให้ธาตุเหล็กเกิดการตกตะกอนทำให้พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (ไพบูลย์ 2528)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์และสารเคมี

1. ดินที่ทำการศึกษา

ดินที่นำมาศึกษาเป็นดินชุดตาคลี (Takli Soil Series, Tk) ซึ่งเป็นดินจำพวก Rendzinas หรือจำแนกตาม Soil Taxonomy เป็น Fine, montmorillonite, isohyperthermic Typic Calciustoll เป็นดินเหนียวสีดำที่เก็บตัวอย่างดินมาจาก อำเภอ พระพุทธบาท จังหวัดสระบุรี

2. พันธุ์พืช ถั่วเหลืองพันธุ์นครสวรรค์ 1 ใช้ปลูกเป็นพืชทดสอบ

3. สารเคมีและสารประกอบบางประเภท ที่ใช้สำหรับแต่ละตำรับการทดลองโดยใส่ลงไปในดิน

3.1 ปุ๋ยยูเรีย [$CO(NH_4)_2$]

3.2 ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต

3.3 ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ [KCl]

3.4 เฟอรัสซัลเฟต [$FeSO_4.7H_2O$]

3.5 แมงกานีสซัลเฟต [$MnSO_4.H_2O$]

3.6 สังกะสีซัลเฟต [$ZnSO_4.7H_2O$]

3.7 ทองแดงซัลเฟต [$CuSO_4.5H_2O$]

3.8 กำมะถันผง

3.9 สารประกอบอินทรีย์ฮิวมัส pH 2 (จากโรงงานผลิตผงชูรส)

3.10 ปุ๋ยคอก (ขี้ไก่)

3.11 ปุ๋ยอามิเมทชนิดเปียก (จากโรงงานผลิตผงชูรส)

4. เคมีภัณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ดินและพืช ได้แก่ $K_2Cr_2O_7$, NH_4F, NH4OAc $(NH_4)6Mo_7O_{24}.4H_2O$, $FeSO_4.7H_2O$, H_2O_2, H_2SO_4, HCl , HNO_3, DTPA, $CaCl_2.2H_2O$, TEA (Tritholamine)

5. ภาชนะที่ใช้และจำเป็นอย่างอื่นๆ

5.1 กระถางพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 นิ้ว พร้อมจานรอง

5.2 ตาชั่ง

5.3 ถุงพลาสติกเก็บตัวอย่างดินเพื่อใช้ในการวิเคราะห์

5.4 ถุงกระดาษเก็บตัวอย่างพืชเพื่อใช้ในการวิเคราะห์

5.5 ตู้อบตัวอย่างพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6 เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH meter)

5.7 เครื่อง Spectrophotometer

5.8 เครื่อง Atomic absorption spectophotometer

วิธีการทดลอง

1 แผนการทดลอง

ทดลองปลูกถั่วเหลืองในกระถางพลาสติกที่บรรจุดิน 8 กิโลกรัมต่อกระถาง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตัวอย่างสมบูรณ์ (Completely Rendomized Design, CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ซึ่งแบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลองดังรายละเอียดต่อไปนี้

การทดลองที่ 1

การศึกษาปัญหาการขาดจุลธาตุอาหาร ได้แก่ เหล็ก แมงกานีส สังกะสีและทองแดง โดยมี 10 ตำรับการทดลองดังนี้

1.ตำรับที่ไม่ใส่จุลธาตุอาหาร (Control)

2.ตำรับที่ใส่เฟอรัสซัลเฟต อัตรา 700 มิลลิกรัมต่อกระถาง

3.ตำรับที่ใส่แมงกานีสซัลเฟต อัตรา 320 มิลลิกรัมต่อกระถาง

4.ตำรับที่ใส่สังกะสีซัลเฟต อัตรา 320 มิลลิกรัมต่อกระถาง

5.ตำรับที่ใส่ทองแดงซัลเฟต อัตรา 530 มิลลิกรัมต่อกระถาง

6.ตำรับที่ใส่เฟอรัสซัลเฟต อัตรา 700 มิลลิกรัมต่อกระถาง ร่วมกับแมงกานีสซัลเฟต อัตรา 320 มิลลิกรัมต่อกระถาง

7.ตำรับที่ใส่เฟอรัสซัลเฟต อัตรา 700 มิลลิกรัมต่อกระถาง ร่วมกับ สังกะสีซัลเฟต อัตรา 320 มิลลิกรัมต่อกระถาง

8.ตำรับที่ใส่เฟอรัสซัลเฟต อัตรา 700 มิลลิกรัมต่อกระถาง ร่วมกับ ทองแดงซัลเฟต อัตรา 530 มิลลิกรัมต่อกระถาง

9.ตำรับที่ใส่แมงกานีสซัลเฟต อัตรา 320 มิลลิกรัมต่อกระถาง, สังกะสีซัลเฟต อัตรา 320 มิลลิกรัมต่อกระถาง และทองแดงซัลเฟต อัตรา 530 มิลลิกรัมต่อกระถางร่วมกัน

10.ตำรับที่ใส่เฟอรัสซัลเฟต อัตรา 700 มิลลิกรัมต่อกระถาง, แมงกานีสซัลเฟต อัตรา 320 มิลลิกรัมต่อกระถาง, สังกะสีซัลเฟต อัตรา 320 มิลลิกรัมต่อกระถางและทองแดงซัลเฟต อัตรา 530 มิลลิกรัมต่อกระถาง

โดยนำแต่ละตำรับการทดลองใส่ลงไปในดินอย่างสุ่ม ตำรับละ 3 ซ้ำ จำนวน 30 กระถาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
99680

<u>การทดลองที่ 2</u>

การศึกษาถึงแนวทางแก้ไขปัญหาของการขาดธาตุเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง ที่เป็นปัจจัยจำกัดผลผลิตของถั่วเหลือง โดยการทดลองนี้จะประกอบด้วย 10 ตำรับการทดลองดังนี้

1.ตำรับที่ไม่ใส่สารประกอบใด (Control)

2.ตำรับที่ใส่ปุ๋ยคอก (ขี้ไก่) อัตรา 30 กรัมต่อกระถาง

3.ตำรับที่ใส่ปุ๋ยอามิเมทชนิดเปียก อัตรา 20 กรัมต่อกระถาง

4.ตำรับที่ใส่ปุ๋ยอามิเมทชนิดเปียก อัตรา 40 กรัมต่อกระถาง

5.ตำรับที่ใส่เฟอรัสซัลเฟต อัตรา 700 มิลลิกรัมต่อกระถางร่วมกับ ปุ๋ยคอก อัตรา 30 กรัมต่อกระถาง

6.ตำรับที่ใส่แมงกานีสซัลเฟต อัตรา 320 มิลลิกรัมต่อกระถาง, สังกะสีซัลเฟต อัตรา 320 มิลลิกรัมต่อกระถาง และทองแดงซัลเฟต อัตรา 530 มิลลิกรัมต่อกระถางร่วมกับปุ๋ยคอก อัตรา 30 กรัมต่อกระถาง

7.ตำรับที่ใส่สารประกอบอินทรีย์ฮิวมัส pH 2 อัตรา 25 กรัมต่อกระถาง

8.ตำรับที่ใส่สารประกอบอินทรีย์ฮิวมัส pH 2 อัตรา 50 กรัมต่อกระถาง

9.ตำรับที่ใส่กำมะถันผง อัตรา 50 มิลลิกรัมต่อกระถาง

10.ตำรับที่ใส่กำมะถันผง อัตรา 150 มิลลิกรัมต่อกระถาง

โดยนำแต่ละตำรับการทดลองใส่ลงไปในดินอย่างสุ่ม ตำรับละ 3 ซ้ำ จำนวน 30 กระถาง

โดยทั้ง 2 การทดลองจะมีการให้ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเป็นปุ๋ยรองพื้น โดยใช้ในรูปของปุ๋ยยูเรีย, ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ อัตรา 2, 4 และ 2 กรัมตามลำดับ

2. การวิเคราะห์ดินก่อนและหลังการทดลอง

2.1 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH)

วัดโดยนำตัวอย่างดินที่ผ่านการจัดเตรียมแล้วมาผสมกับน้ำ อัตราส่วน ดิน : น้ำ เท่ากับ 1 : 1 คนให้เข้ากันและทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที และวัดค่า pH ด้วย pH meter

2.2 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน

วิเคราะห์โดยวิธี Walkley and Black (1934) โดยใช้ 1.0 N $K_2Cr_2O_7$ และกรด H_2SO_4 เข้มข้น ใส่ในตัวอย่างดิน เขย่า 1 นาที ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที มี O-phenantholine เป็นอินดิเคเตอร์ จากนั้นไทเทรต Soil suspenion ด้วย 0.5 $FeSO_4$ จนสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวอม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำเงินเป็นสีน้ำตาลแดง ทำ Blank เปรียบเทียบ บันทึกปริมาตร $FeSO_4$ ที่ใช้ เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหาปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน

2.3 หาค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

วิเคราะห์โดยใช้วิธี Bray II ใช้ ดิน : น้ำยาสกัด (0.1 N HCl + 0.03 N NH4F) ในสัดส่วน 1 : 10 เขย่าเป็นเวลา 60 วินาที จากนั้นทำการ Develope สี Aliquot ด้วยวิธี Molybdenum blue โดยเติม Reagent B แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที วัดค่าเปอร์เซนต์ Transmittance ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ Wavelength 882 ไมครอน แล้วอ่านค่าความเข้มข้นฟอสฟอรัสในสารละลายจาก Standard curve

การทำ Standard curve ทำได้โดยการ Develope สี Stock solution 5 ppm เข้มข้น 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 ppm ด้วยวิธีเดียวกันกับตัวอย่างดิน นำค่าเปอร์เซ็นต์ Transmittance ที่ได้ไปเขียนกราฟ

2.4 หาค่าโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

วิเคราะห์โดยการชะตัวอย่างดินด้วยสารละลาย NH4OAc pH 7.0 จำนวน 100 มิลลิลิตรแล้วนำสารละลายที่ชะได้ไปวัดหาปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer

2.5 หาค่าแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

ใช้วิธีการเดียวกันกับการวิธีวิเคราะห์หาโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

2.6 หาค่าแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

ใช้วิธีการเดียวกันกับการวิเคราะห์หาโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

2.7 หาค่า เหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง ที่สกัดได้

วิเคราะห์โดยใช้สารละลาย DTPA (Diethylene triamine pentaacetic acid) เป็นน้ำยาสกัดในสัดส่วน ดิน : น้ำยาสกัด เท่ากับ 1 : 2 แล้ววัดปริมาณด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (Lindsay and Norvell, 1978)

3. การเตรียมตัวอย่างดินสำหรับทั้งสองการทดลอง

ทำการเก็บตัวอย่างชุดดินตาคลี ซึ่งเป็นดินเหนียวสีดำที่เก็บตัวอย่างดินมาจากพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ของเกษตรกร อำเภอ พระพุทธบาท จังหวัด สระบุรี นำดินมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม ทำการย่อยดินเป็นก้อนเล็กๆ แยกเก็บเศษรากหญ้าหรือพืชอื่นๆที่ติดมาออก แล้วผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันเพื่อให้ดินมีความแตกต่างกันน้อยที่สุด จากนั้น ชั่งตัวอย่างดินใส่กระถางพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 นิ้ว กระถางละ 8 กิโลกรัม และแบ่งเก็บตัวอย่างดินส่วนหนึ่งเพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การปลูก การดูแลรักษา และการเก็บเกี่ยวของทั้งสองการทดลอง

4.1 หลังจากเตรียมตัวอย่างดินเรียบร้อยแล้ว นำดินนั้นมาผสมคลุกเคล้ากับสารเคมีและสารประกอบต่างๆที่จัดไว้ตามแต่ละตำรับการทดลอง โดยคลุกเคล้าให้เข้ากันอย่างดีที่สุด รดน้ำให้ชุ่มพอสมควรและทิ้งไว้ประมาณ 7 วัน หลังจากนั้นจึงปลูกถั่วเหลืองพันธุ์นครสวรรค์1 ซึ่งได้รับการคลุกเชื้อไรโซเบียม โดยเริ่มปลูกวันที่ 21 พฤศจิกายน 2539 จำนวน 5 เมล็ดต่อกระถาง และทำการถอนแยกให้เหลือกระถางละ 2 ต้น เมื่อถั่วมีอายุ 5 - 7 วันหลังจากงอกขึ้นมาแล้ว

4.2 การรักษาระดับความชื้นของดินในกระถางทดลอง โดยการรดน้ำวันละ 2 ครั้ง คือ เช้าและเย็น

4.3 การป้องกันกำจัดโรคและแมลง โดยใช้ยาฉีดป้องกันโรคและแมลงเป็นระยะๆ

4.4 เก็บเกี่ยวเมื่อถั่วเหลืองมีอายุประมาณ 75 วัน โดยนำต้นถั่วเหลืองทั้งต้นราก และฝักขึ้นมา นำไปชั่งเพื่อหาน้ำหนักสด จากนั้นนำต้นและฝักไปล้างให้สะอาดด้วยสารละลาย 0.1 N HCl และล้างน้ำกลั่นเพื่อล้างสิ่งต่างๆที่อาจมีจุลธาตุอาหารบางชนิดติดปะปนออกมา แล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส (Wallace and Mucller, 1978) จนน้ำหนักแห้งคงที่ นำไปชั่งและบันทึกน้ำหนักแห้งของพืช จากนั้นก็นำพืชไปบดโดยทำการแยกเป็นส่วนต้นกับรากรวมกันและฝักกับเมล็ดรวมกัน ด้วยเครื่องบดตัวอย่างพืช เก็บตัวอย่างพืชที่บดได้แล้ว นำไปวิเคราะห์ทางเคมีเพื่อหาปริมาณธาตุเหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดงในพืช

5. การบันทึกข้อมูลของทั้ง 2 การทดลอง

5.1 ในระหว่างที่ถั่วเหลืองกำลังเจริญเติบโตได้สังเกตุและบันทึกข้อมูลต่างๆดังนี้

1) ลักษณะอาการคลอโรซีสของถั่วเหลืองในตำรับต่างๆหลังจากปลูก 14, 28, 42, 56 และ 70 วัน โดยการให้คะแนนจาก 1 ถึง 3 โดยถือหลักเกณฑ์ดังนี้

1.0 คะแนน สำหรับตำรับการทดลองที่มีลักษณะคลอโรซีสรุนแรงมากหรือใบเหลืองทั้งต้น

1.5 คะแนน สำหรับตำรับการทดลองที่มีลักษณะคลอโรซีสมากหรือใบเหลืองเฉพาะใบยอดเท่านั้น

2.0 คะแนน สำหรับตำรับการทดลองที่มีลักษณะคลอโรซีสปานกลางหรือใบยอดเขียวอ่อน

2.5 คะแนน สำหรับตำรับการทดลองที่มีลักษณะคลอโรซีสน้อยมากหรือใบยอดค่อนข้างเขียวเข้ม

3.0 คะแนน สำหรับตำรับการทดลองที่มีลักษณะคลอโรซีสหรือใบเขียวเข้มปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14938

2) การเจริญเติบโตของถั่วเหลืองหลังจากการปลูก 14, 28, 42, 56 และ 70 วัน โดยการให้คะแนนจาก 1 ถึง 3 โดยถือหลักเกณฑ์ดังนี้

1.0 คะแนน สำหรับตำรับการทดลองที่การเจริญเติบโตเลวที่สุด

1.5 คะแนน สำหรับตำรับการทดลองที่การเจริญเติบโตค่อนข้างเลว

2.0 คะแนน สำหรับตำรับการทดลองที่การเจริญเติบโตปานกลาง

2.5 คะแนน สำหรับตำรับการทดลองที่การเจริญเติบโตค่อนข้างดี

3.0 คะแนน สำหรับตำรับการทดลองที่การเจริญเติบโตดีที่สุด

5.2 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของตอซัง ฝัก(รวมเมล็ด) และเมล็ด

5.3 ปริมาณของจุลธาตุอาหารในตัวอย่างพืชโดยแยกเป็นส่วนตอซังและเมล็ด

ขั้นตอนในการวิเคราะห์ตัวอย่างพืชทางเคมีดังนี้คือ

1) นำตัวอย่างพืชที่บดแล้วมาวิเคราะห์ด้วยวิธี Dry ashing โดยการเผาตัวอย่างพืชด้วยอุณหภูมิสูงใน Muffle furnace จนเหลือแต่เถ้า (Ash) และละลายเถ้าที่ได้ด้วยกรด HCl กับน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:1 และ HNO_3 จนสารละลายใส

2) นำสารละลายที่ได้วัดความเข้มข้นของเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงด้วย Atomic absorption spectrophotometer

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ของข้อมูลได้แก่ น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของตอซัง (กรัมต่อกระถาง) น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของฝักรวมเมล็ด (กรัมต่อกระถาง) น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของเมล็ด (กรัมต่อกระถาง) เพื่อหาค่า F - Value หากข้อมูลแสดงความแตกต่างในระดับความเชื่อมั่นตั้งแต่ 95 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป นำข้อมูลนั้นมาเปรียบเทียบหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละตำรับโดยใช้ least significant difference

สถานที่ทำการทดลอง

ทำการทดลองในพื้นที่บริเวณดาดฟ้าชั้น 5 คณะเทคโนโลยีการเกษตร และทำการวิเคราะห์ผลทางเคมีในห้องปฏิบัติการของภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ระยะเวลาที่ทำการทดลองศึกษา

ทำการทดลองระหว่างเดือนตุลาคม 2539 ถึงเดือน เมษายน 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวหน้าสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1

1. อาการคลอโรซีสและการเจริญเติบโตของถั่วเหลือง

การสังเกตุอาการคลอโรซีสและการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตที่ได้รับอิทธิพลจากการเพิ่มจุลธาตุอาหารชนิดต่างๆลงไปในดิน โดยให้เป็นคะแนน ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 1 การทดลองพบว่า ถั่วเหลืองเริ่มแสดงอาการคลอโรซีสเมื่อพืชมีอายุ 14 วันหลังจากวันปลูก โดยในตำรับไม่ใส่จุลธาตุอาหารชนิดใดเลย (ตำรับที่ 1) ถั่วเหลืองจะแสดงอาการคลอโรซีสมากที่สุด คือได้คะแนนเท่ากับ 1.0 และเมื่อเปรียบเทียบในตำรับที่มีการใส่จุลธาตุอาหารลงไปในดินพบว่า ตำรับที่ได้รับธาตุแมงกานีส สังกะสี และทองแดง พืชแสดงอาการคลอโรซีสโดยมีความรุนแรงใกล้เคียงกัน โดยตำรับที่ได้รับธาตุแมงกานีส ได้คะแนนเท่ากับ 1.3 ตำรับที่ได้รับธาตุสังกะสี ได้คะแนนเท่ากับ 1.8 และตำรับที่ได้รับธาตุทองแดง ได้คะแนนเท่ากับ 1.7 สำหรับตำรับที่ได้รับธาตุเหล็กที่ใส่ลงไปในดินเดี่ยวๆใบพืชจะมีสีเขียวปกติและไม่แสดงอาการคลอโรซีส ส่วนตำรับที่ใส่ธาตุเหล็กร่วมกับจุลธาตุชนิดอื่นๆ ใบพืชมีสีเขียวปกติและแสดงอาการคลอโรซีสน้อยหรือไม่แสดงอาการคลอโรซีสเลย โดยได้รับคะแนนอยู่ระหว่าง 2.7 - 3.0 เมื่อถั่วเหลืองมีอายุมากขึ้น คือ ที่ระยะ 28, 42, 56 และ 70 วันหลังจากการปลูก อาการผิดปกติของใบถั่วของตำรับที่ไม่ได้รับธาตุเหล็กจะรุนแรงลดน้อยลง ส่วนตำรับที่ได้รับธาตุเหล็กเพียงธาตุเดียวและการใส่ธาตุเหล็กร่วมกับจุลธาตุอาหารชนิดอื่นพืชจะไม่แสดงอาการคลอโรซีสเลย ยกเว้นตำรับที่ใส่ธาตุเหล็กร่วมกับธาตุสังกะสีพืชจะแสดงอาการคลอโรซีสบ้างเล็กน้อย แต่จะมีความรุนแรงน้อยกว่าตำรับที่ไม่ได้รับธาตุเหล็ก

การให้คะแนนการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองเมื่ออายุ 14, 28, 42, 56 และ 70 วันหลังจากวันปลูก พบว่าเป็นไปในทางเดียวกันกับอาการคลอโรซีสที่เกิดขึ้น กล่าวคือ ตำรับที่มีการใส่ธาตุเหล็กมีผลทำให้ถั่วเหลืองมีการเจริญเติบโตดีกว่าตำรับที่ไม่มีการใส่จุลธาตุอาหารชนิดใดเลย (ภาพที่ 7) และตำรับที่มีการใส่เฉพาะธาตุแมงกานีส สังกะสี และทองแดง (ภาพที่ 8) ส่วนตำรับที่มีการใส่จุลธาตุอาหารครบทุกธาตุ (ตำรับที่ 10) ถั่วเหลืองจะมีการเจริญเติบโตดีที่สุด (ภาพที่ 9) รองลงมาคือ ตำรับที่มีการใส่ธาตุเหล็กเพียงธาตุเดียว (ตำรับที่ 2) ส่วนตำรับที่ใส่ธาตุเหล็กร่วมกับจุลธาตุอาหารชนิดอื่นๆ จะทำให้ถั่วเหลืองมีการเจริญเติบโตดีใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 10) เป็นอันดับรองลงมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 คะแนนเฉลี่ยของอาการคลอโรซีสและการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองที่ได้รับอิทธิพลของจุลธาตุอาหาร เมื่อพืชอายุ 14, 28, 42, 56 และ 70 วันหลังการปลูก (ค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ) ในการทดลองที่ 1

ตำรับ	อาการคลอโรซีส อายุ (วัน)					การเจริญเติบโต อายุ (วัน)				
	14	28	42	56	70	14	28	42	56	70
1 ไม่มีการใส่จุลธาตุ	1.0	1.5	1.7	1.3	1.8	1.2	1.8	1.3	1.5	1.3
2 เพิ่มเหล็ก (Fe)	2.8	2.7	3.0	3.0	3.0	2.8	2.8	3.0	2.8	3.0
3 เพิ่มแมงกานีส (Mn)	1.3	2.0	1.8	2.0	2.0	1.3	2.3	1.2	1.5	1.2
4 เพิ่มสังกะสี (Zn)	1.8	1.3	1.5	1.5	1.5	1.8	2.3	2.2	2.0	1.8
5 เพิ่มทองแดง (Cu)	1.7	2.1	2.2	2.0	1.7	1.2	2.2	1.5	2.0	2.0
6 เพิ่ม Fe และ Mn	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.7	2.5	2.5	2.7
7 เพิ่ม Fe และ Zn	2.7	2.5	2.7	3.0	3.0	2.7	2.0	2.8	2.7	2.8
8 เพิ่ม Fe และ Cu	3.0	3.0	3.0	2.7	2.8	2.8	3.0	2.8	2.7	2.8
9 เพิ่ม Mn, Zn และ Cu	1.3	1.8	1.7	1.2	1.2	2.3	2.3	2.0	2.2	2.0
10 เพิ่ม Fe, Mn, Zn และ Cu	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.8	3.0

หมายเหตุ คะแนนลักษณะอาการคลอโรซีสและการเจริญเติบโตของถั่วเหลือง

คะแนน	คลอโรซีส	การเจริญเติบโต
1.0	รุนแรงหรือใบเหลืองทั้งต้น	เลว
1.5	มากหรือใบเหลืองเฉพาะใบยอดเท่านั้น	ค่อนข้างเลว
2.0	ปานกลางหรือใบยอดเขียวอ่อน	ปานกลาง
2.5	น้อยหรือใบยอดค่อนข้างเขียวเข้ม	ค่อนข้างดี
3.0	ไม่มีหรือใบเขียวเข้มปกติ	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของตอซัง ฝักและเมล็ด

อิทธิพลของจุลธาตุอาหารที่มีผลต่อน้ำหนักสดของผลผลิตถั่วเหลืองคือ น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของตอซัง (ต้นและใบ) น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของเมล็ด แสดงไว้ในตารางที่ 2 และ 3 พบว่าตำรับที่มีการเพิ่มธาตุเหล็กทั้งที่ใส่ลงไปในดินเพียงธาตุเดียว (ตำรับที่ 2) และตำรับที่ใส่ธาตุเหล็กร่วมกับชนิดอื่นอีก 3 ธาตุ คือ ธาตุแมงนีส ธาตุสังกะสีและธาตุทองแดง (ตำรับที่ 6, 7, 8 และ 10)จะให้ค่าน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผลผลิตของถั่วเหลืองสูงกว่าตำรับอื่นๆที่ไม่ได้รับธาตุเหล็ก (ตำรับที่ 1, 3, 4, 5 และ 9)

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบอิทธิพลของจุลธาตุอาหารทั้ง 4 ชนิดที่มีผลต่อผลผลิตของถั่วเหลืองโดยเปรียบเทียบหาค่าความแตกต่างของผลผลิตระหว่างตำรับที่ไม่ได้เพิ่มจุลธาตุอาหารชนิดใดเลย (ตำรับที่ 1) กับตำรับที่เพิ่มธาตุเหล็ก (ตำรับที่ 2) หรือธาตุแมงกานีส (ตำรับที่ 3) หรือธาตุสังกะสี (ตำรับที่ 4) หรือทองแดง (ตำรับที่ 5) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4 และพบว่าการเพิ่มธาตุเหล็กลงไปในดินมีผลทำให้ค่าน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของตอซัง ฝักและเมล็ดสูงกว่าตำรับที่ไม่ได้รับจุลธาตุอาหารทั้งนี้เป็นความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การเพิ่มแมงกานีส ธาตุสังกะสีและธาตุทองแดงลงไปในดินไม่มีผลทำให้ค่าน้ำหนักแห้งของตอซัง ฝักและเมล็ดแตกต่างจากตำรับที่ไม่ได้รับจุลธาตุอาหารมากนัก เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

เมื่อเปรียบเทียบค่าผลผลิตของถั่วเหลืองระหว่างตำรับต่างๆที่ได้รับจุลธาตุอาหาร 4 ชนิดและที่ใส่ลงไปในดินเพียงธาตุเดียวดังแสดงไว้ในตารางที่ 4 และ 5 พบว่าในกรณีของการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของผลผลิตถั่งเหลืองระหว่าง ตำรับที่เพิ่มธาตุเหล็ก (ตำรับที่ 2) กับตำรับที่เพิ่มธาตุแมงกานีส (ตำรับที่ 3) หรือธาตุสังกะสี (ตำรับที่ 4) หรือธาตุทองแดง (ตำรับที่ 5) จะให้ค่าน้ำหนักสดของผลผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนในกรณีของน้ำหนักแห้งจะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากปริมาณของผลผลิตที่ได้รับในแต่ละตำรับการทดลองของแต่ละจำนวนซ้ำมีค่าความแปรปรวนอยู่บ้าง เนื่องจากดินมีการซึมน้ำได้ช้าจึงก่อให้เกิดการขังน้ำในบางตำรับการทดลอง

ในกรณีของการเปรียบเทียบระหว่างตำรับที่เพิ่มธาตุเหล็กเพียงธาตุเดียวกับตำรับที่เพิ่มธาตุเหล็กร่วมกับธาตุแมงกานีส (ตำรับที่ 6) หรือธาตุเหล็กร่วมกับธาตุสังกะสี (ตำรับที่ 7) หรือธาตุเหล็กร่วมกับธาตุทองแดง (ตำรับที่ 8) พบว่าการเพิ่มธาตุเหล็กร่วมกับจุลธาตุอื่นๆดังที่กล่าวมาแล้ว ไม่มีผลทำให้ค่าน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของตอซัง ฝักและเมล็ดของถั่วเหลืองสูงกว่าตำรับที่มีการเพิ่มธาตุเหล็กเพียงธาตุเดียวและไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และในตำรับ ที่เพิ่มเฉพาะธาตุแมงกานีสร่วมกับธาตุสังกะสีและทองแดง (ตำรับที่ 9) พบว่าจะให้ค่าผลผลิตของถั่วเหลืองต่ำกว่าตำรับที่เพิ่มธาตุเหล็กเพียงธาตุเดียว ซึ่งจะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 น้ำหนักสดของตอซัง ฝัก และเมล็ดของถั่วเหลืองที่ได้รับอิทธิพลของจุลธาตุอาหาร (ค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ) ในการทดลองที่ 1

ตำรับ	น้ำหนักสด (กรัม/กระถาง)		
	ตอซัง	ฝัก	เมล็ด
1 ไม่มีการใส่จุลธาตุ	11.68	21.15	9.61
2 เพิ่มเหล็ก (Fe)	17.51	32.29	16.60
3 เพิ่มแมงกานีส (Mn)	11.78	24.59	15.62
4 เพิ่มสังกะสี (Zn)	11.57	24.83	12.16
5 เพิ่มทองแดง (Cu)	12.98	21.88	10.36
6 เพิ่ม Fe และ Mn	14.40	31.07	15.42
7 เพิ่ม Fe และ Zn	14.56	31.65	14.56
8 เพิ่ม Fe และ Cu	16.06	29.55	15.25
9 เพิ่ม Mn, Zn และ Cu	12.18	23.73	12.10
10 เพิ่ม Fe, Mn, Zn และ Cu	17.62	32.19	15.66
F- ratio	68.84**	89.63**	77.08**
LSD 0.05	2.39	1.40	0.83
0.01	3.46	1.90	1.13
CV (%)	13.23	15.68	13.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 น้ำหนักแห้งของตอซัง ฝัก และเมล็ดของถั่วเหลืองที่ได้รับอิทธิพลของจุลธาตุอาหาร (ค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ) ในการทดลองที่ 1

ตำรับ	น้ำหนักแห้ง (กรัม/กระถาง)		
	ตอซัง	ฝัก	เมล็ด
1 ไม่มีการใส่จุลธาตุ	8.01	8.09	3.34
2 เพิ่มเหล็ก (Fe)	12.93	11.76	6.63
3 เพิ่มแมงกานีส (Mn)	8.27	8.89	5.59
4 เพิ่มสังกะสี (Zn)	8.52	10.27	5.51
5 เพิ่มทองแดง (Cu)	11.10	9.38	5.98
6 เพิ่ม Fe และ Mn	11.82	9.04	5.10
7 เพิ่ม Fe และ Zn	11.27	10.17	5.84
8 เพิ่ม Fe และ Cu	12.86	11.07	5.69
9 เพิ่ม Mn, Zn และ Cu	8.22	8.51	3.88
10 เพิ่ม Fe, Mn, Zn และ Cu	12.12	9.33	6.52
F- ratio	74.79**	22.24**	29.64**
LSD 0.05	0.69	0.72	0.57
0.01	0.94	0.99	0.78
CV (%)	12.54	13.65	14.47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบความแตกต่างของน้ำหนักสดของถั่วเหลืองระหว่างตำรับที่ไม่ได้รับจุลธาตุอาหารกับตำรับที่ได้รับจุลธาตุอาหารชนิดต่างๆ และระหว่างตำรับที่ได้รับธาตุเหล็กธาตุเดียวกับตำรับที่ได้รับจุลธาตุอาหารชนิดต่างๆ ในการทดลองที่ 1

คู่ของตำรับที่เปรียบเทียบ		ค่าความแตกต่างของผลผลิตถั่วเหลือง		
ตำรับที่	ตำรับที่	น้ำหนักสดตอซัง	น้ำหนักสดของฝัก	น้ำหนักสดเมล็ด
(1) C	กับ Fe (2)	5.83**	11.14**	6.99**
(1) C	กับ Mn (3)	0.10^{ns}	3.44*	6.01**
(1) C	กับ Zn (4)	(ก)0.11^{ns}	3.68**	2.55*
(1) C	กับ Cu (5)	1.30^{ns}	0.73^{ns}	0.75^{ns}
(2) Fe	กับ Mn (3)	5.73**	7.70**	0.98^{ns}
(2) Fe	กับ Zn (4)	5.94**	7.46**	4.44**
(2) Fe	กับ Cu (5)	4.53**	10.41**	6.24**
(2) Fe	กับ Fe+Mn (6)	3.11*	1.22^{ns}	1.18^{ns}
(2) Fe	กับ Fe+Zn (7)	2.95*	0.64^{ns}	2.04^{ns}
(2) Fe	กับ Fe+Cu (8)	1.45^{ns}	2.74*	1.35^{ns}
(2) Fe	กับ Mn+Zn+Cu (9)	5.33**	8.56**	4.50**
(2) Fe	กับ Fe+Mn+Zn+Cu (10)	(ข)0.11^{ns}	0.10^{ns}	0.94^{ns}

หมายเหตุ C หมายถึง ตำรับที่ไม่ได้รับจุลธาตุอาหาร

(ก) หมายถึง ตำรับที่ได้รับธาตุสังกะสีเพียงธาตุเดียวให้ค่าผลผลิตถั่วเหลืองต่ำกว่าตำรับที่ไม่ได้รับจุลธาตุอาหาร

(ข) หมายถึง ตำรับที่ได้รับธาตุเหล็กเพียงธาตุเดียวให้ค่าผลผลิตถั่วเหลืองต่ำกว่าตำรับที่ได้รับจุลธาตุอาหารครบทุกธาตุ

ns หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับความเชื่อมั่นที่ 95%

** หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับความเชื่อมั่นที่ 99%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบความแตกต่างของน้ำหนักแห้งของถั่วเหลืองระหว่างตำรับที่ไม่ได้รับจุลธาตุอาหารกับตำรับที่ได้รับจุลธาตุอาหารชนิดต่างๆ และระหว่างตำรับที่ได้รับธาตุเหล็กธาตุเดียวกับตำรับที่ได้รับจุลธาตุอาหารชนิดต่างๆ ในการทดลองที่ 1

คู่ของตำรับที่เปรียบเทียบ		ค่าความแตกต่างของผลผลิตถั่วเหลือง		
ตำรับที่	ตำรับที่	น้ำหนักแห้งตอซัง	น้ำหนักแห้งของฝัก	น้ำหนักแห้งเมล็ด
(1) C	กับ Fe (2)	4.92**	3.67**	3.29*
(1) C	กับ Mn (3)	0.26^{ns}	0.80^{ns}	2.25^{ns}
(1) C	กับ Zn (4)	0.51^{ns}	2.18^{ns}	2.17^{ns}
(1) C	กับ Cu (5)	3.09*	1.29^{ns}	2.64*
(2) Fe	กับ Mn (3)	4.66**	2.87*	1.04^{ns}
(2) Fe	กับ Zn (4)	4.41**	1.49^{ns}	1.12^{ns}
(2) Fe	กับ Cu (5)	1.83^{ns}	2.38^{ns}	0.65^{ns}
(2) Fe	กับ Fe+Mn (6)	1.11^{ns}	2.72*	1.53^{ns}
(2) Fe	กับ Fe+Zn (7)	1.66^{ns}	1.59^{ns}	0.79^{ns}
(2) Fe	กับ Fe+Cu (8)	0.07^{ns}	0.69^{ns}	0.94^{ns}
(2) Fe	กับ Mn+Zn+Cu (9)	4.71**	3.25*	2.75*
(2) Fe	กับ Fe+Mn+Zn+Cu (10)	0.81^{ns}	2.43*	0.11^{ns}

หมายเหตุ C หมายถึง ตำรับที่ไม่ได้รับจุลธาตุอาหาร

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับความเชื่อมั่นที่ 95%

** หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับความเชื่อมั่นที่ 99%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถิติ แต่สำหรับตำรับที่มีการเพิ่มจุลธาตุอาหารทั้ง 4 ชนิดโดยใส่ร่วมกันลงไปในดิน (ตำรับที่ 10) เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับตำรับที่มีการเพิ่มธาตุเหล็กธาตุเดียว จะให้ค่าน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของผลผลิตถั่วเหลืองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งความแตกต่างของแต่ละตำรับการทดลองแสดงได้ดังภาพที่ 1 และ 2

ส่วนค่าน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของตอซัง ฝักและเมล็ดถั่วเหลืองทั้ง 3 ซ้ำ และค่าวิเคราะห์วาเรียนซ์ (ANOVA) แสดงไว้ในตารางผนวกที่ 8 ถึง 13

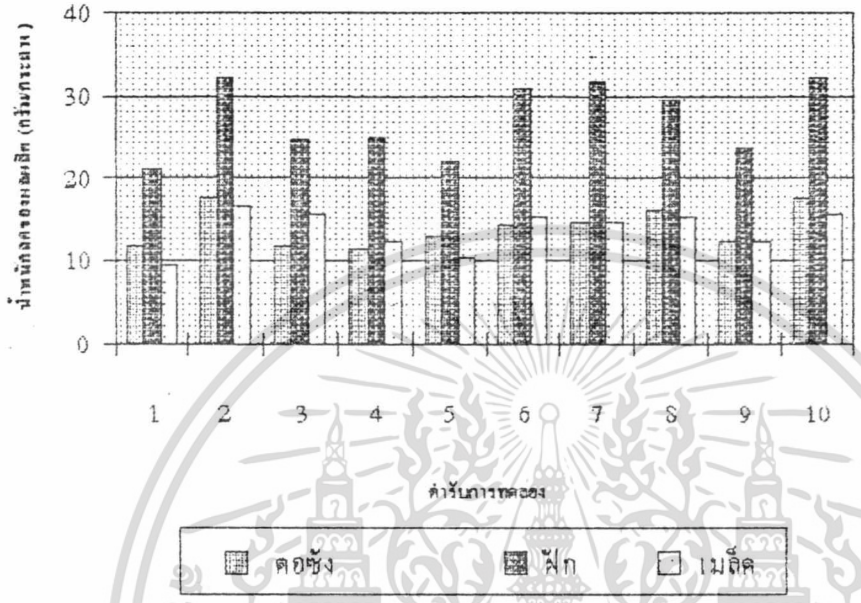
3. ความเข้มข้นของธาตุเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงในถั่วเหลือง

อิทธิพลของจุลธาตุอาหารทั้ง 4 ชนิด มีผลต่อความเข้มข้นของธาตุเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง ที่ถั่วเหลืองดึงดูดขึ้นไปใช้โดยสะสมอยู่ในส่วนที่เป็นตอซัง และเมล็ด ดังแสดงไว้ในตารางที่ 6 และ 7 พบว่าโดยเฉลี่ยในส่วนของตอซังจะมีธาตุเหล็กสะสมอยู่ในความเข้มข้นที่สูงสุด คือ 623.32 ppm รองลงมาคือธาตุแมงกานีสและธาตุสังกะสี ในความเข้มข้น 79.23 ppm และ 25.46 ppm โดยลำดับ และมีธาตุทองแดงสะสมอยู่ในความเข้มข้นต่ำสุด คือ 13.87 ppm เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของจุลธาตุอาหารทั้ง 4 ธาตุในส่วนของเมล็ดพบว่า ธาตุเหล็กและธาตุสังกะสีจะสะสมอยู่เป็นปริมาณที่สูงกว่าจุลธาตุอีก 2 ธาตุ โดยเหล็กจะมีความเข้มข้นสูงสุดคือ 60.34 ppm รองลงมาคือ ธาตุสังกะสีในความเข้มข้น 32.86 ppm ส่วนธาตุแมงกานีสมีความเข้มข้น 25.96 ppm และทองแดงจะสะสมอยู่ในความเข้มข้นต่ำสุดคือ 13.52 ppm กล่าวโดยสรุปได้ว่า ในตอซังจะมีค่าความเข้มข้นของธาตุเหล็ก และธาตุแมงกานีสโดยเฉลี่ยสูงกว่าในเมล็ด แต่ในเมล็ดจะมีค่าความเข้มข้นของธาตุสังกะสี โดยเฉลี่ยสะสมอยู่เป็นปริมาณที่เข้มข้นสูงกว่าในตอซัง ส่วนธาตุทองแดงจะมีความเข้มข้นโดยเฉลี่ยสะสมอยู่ในส่วนของตอซังและเมล็ดในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน

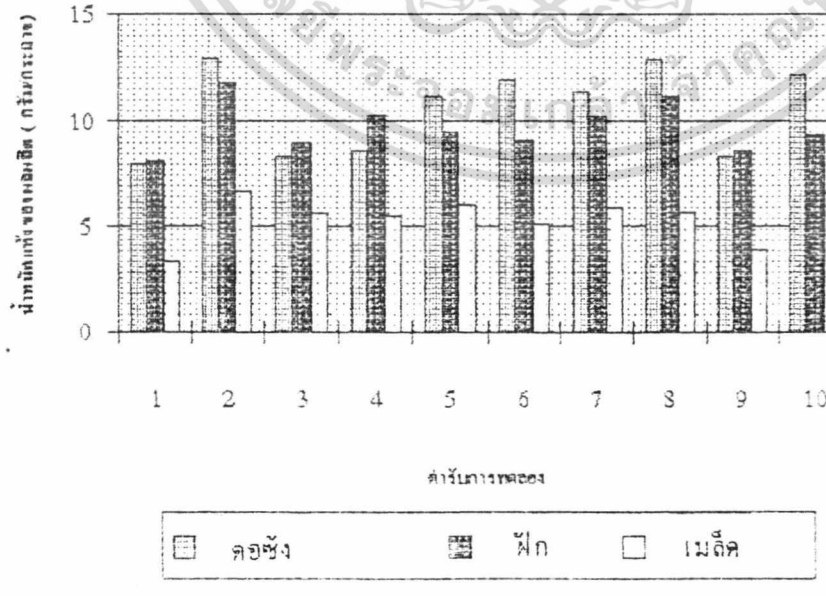
เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างตำรับต่างๆ ของการทดลองที่มีผลต่อความเข้มข้นของจุลธาตุอาหารทั้ง 4 ชนิด ทั้งในส่วนของตอซังและเมล็ด พบว่าตำรับที่ไม่มีการเพิ่มจุลธาตุอาหารลงไปในดิน (ตำรับที่ 1) มีผลให้ธาตุเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงสะสมอยู่ในถั่วเหลือง เป็นความเข้มข้นที่ต่ำกว่าถั่วเหลืองที่ได้รับจุลธาตุอาหารทั้ง 4 ชนิดดังกล่าว (ตำรับที่ 2 - 10) และตำรับที่มีการเพิ่มจุลธาตุอาหารชนิดใดลงไปในดินก็มีผลทำให้จุลธาตุอาหารชนิดดังกล่าวนี้สะสมอยู่ในถั่วเหลืองเป็นปริมาณความเข้มข้นสูงกว่า ตัวอย่างเช่น ตำรับที่มีการเพิ่มธาตุแมงกานีส (ตำรับที่ 3, 6, 9 และ 10) มีผลทำให้ความเข้มข้นของธาตุแมงกานีสโดยเฉลี่ยในถั่วเหลืองมีค่าสูงกว่าตำรับที่ไม่ได้เพิ่มธาตุแมงกานีสเป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 1 อิทธิพลของจุลธาตุอาหารที่มีผลต่อน้ำหนักสดของผลผลิตถั่วเหลือง (กรัม/กระถาง)
ในการทดลองที่ 1



ภาพที่ 2 อิทธิพลของจุลธาตุอาหารที่มีผลต่อน้ำหนักแห้งของผลผลิตถั่วเหลือง(กรัม/กระถาง)
ในการทดลองที่ 1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 อิทธิพลของจุลธาตุอาหารที่มีผลต่อความเข้มข้นของธาตุเหล็ก ธาตุแมงกานีส ธาตุสังกะสี และธาตุทองแดง ในส่วนของตอซัง (ppm) ในการทดลองที่ 1

ตำรับ	ความเข้มข้นของจุลธาตุอาหารในตอซัง			
	Fe	Mn	Zn	Cu
1 ไม่มีการใส่จุลธาตุ	483.07	46.33	12.83	10.00
2 เพิ่มเหล็ก (Fe)	677.61	102.31	21.49	12.49
3 เพิ่มแมงกานีส (Mn)	569.11	105.59	19.99	12.49
4 เพิ่มสังกะสี (Zn)	564.55	64.80	29.33	10.66
5 เพิ่มทองแดง (Cu)	489.65	78.62	24.82	17.49
6 เพิ่ม Fe และ Mn	621.33	82.79	17.16	10.16
7 เพิ่ม Fe และ Zn	680.66	57.97	41.32	15.16
8 เพิ่ม Fe และ Cu	704.60	80.98	23.66	16.16
9 เพิ่ม Mn, Zn และ Cu	664.04	86.13	29.81	16.99
10 เพิ่ม Fe, Mn, Zn และ Cu	778.63	86.77	34.14	17.09
เฉลี่ย	623.33	79.23	25.46	13.87

หมายเหตุ ไม่มีการวิเคราะห์ทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 อิทธิพลของจุลธาตุอาหารที่มีผลต่อความเข้มข้นของธาตุเหล็ก ธาตุแมงกานีส ธาตุสังกะสี และธาตุทองแดง ในส่วนของเมล็ด (ppm) ในการทดลองที่ 1

ตำรับ	ความเข้มข้นของจุลธาตุอาหารในเมล็ด			
	Fe	Mn	Zn	Cu
1 ไม่มีการใส่จุลธาตุ	36.46	11.49	29.97	9.66
2 เพิ่มเหล็ก (Fe)	58.29	24.31	32.47	10.99
3 เพิ่มแมงกานีส (Mn)	55.81	28.99	29.65	12.33
4 เพิ่มสังกะสี (Zn)	50.28	28.30	35.22	13.82
5 เพิ่มทองแดง (Cu)	58.27	26.14	27.97	15.65
6 เพิ่ม Fe และ Mn	84.79	28.49	31.24	10.50
7 เพิ่ม Fe และ Zn	54.80	26.15	37.31	13.83
8 เพิ่ม Fe และ Cu	78.45	27.15	28.98	15.32
9 เพิ่ม Mn, Zn และ Cu	60.96	28.98	37.81	16.50
10 เพิ่ม Fe, Mn, Zn และ Cu	65.25	29.62	37.94	16.65
เฉลี่ย	60.34	25.96	32.86	13.52

หมายเหตุ ไม่มีการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ปริมาณทั้งหมดของธาตุเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงในถั่วเหลือง

อิทธิพลของการเพิ่มจุลธาตุอาหารทั้ง 4 ชนิด ลงไปในดินที่มีผลต่อปริมาณธาตุเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงที่ถั่วเหลืองดึงดูดขึ้นมาสะสมอยู่ในส่วนของตอซังและเมล็ด โดยปริมาณทั้งหมดที่สะสมอยู่ในพืช (ผลรวมในส่วนของตอซังและเมล็ด) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 8 พบว่าพืชจะดึงดูดธาตุเหล็กขึ้นมาใช้และสะสมอยู่เป็นปริมาณทั้งหมดสูงสุดคือ 683.66 ppm รองลงมาคือธาตุแมงกานีสคือ 105.19 ppm ส่วนปริมาณทั้งหมดของธาตุสังกะสีและทองแดงที่สะสมอยู่ในพืชคือ 58.31 ppm และ 27.39 ppm โดยลำดับ

การเปรียบเทียบอิทธิพลของตำรับการทดลองต่างๆที่มีผลต่อปริมาณทั้งหมดของจุลธาตุอาหารแต่ละชนิดที่สะสมอยู่ในพืช พบว่า กรณีของธาตุเหล็กจะเห็นความแตกต่างเด่นชัดกว่าธาตุแมงกานีส สังกะสี หรือทองแดง กล่าวคือ ตำรับที่มีการเพิ่มธาตุเหล็กลงไปในดิน (ตำรับที่ 2, 6, 7, 8 และ 10) มีผลทำให้ธาตุเหล็กสะสมอยู่ในพืชเป็นปริมาณทั้งหมดสูงกว่าตำรับที่ไม่ได้รับธาตุเหล็ก (ตำรับที่ 1, 3, 4, 5 และ 9) โดยเฉพาะตำรับที่ได้รับจุลธาตุอาหารครบ (ตำรับที่ 10) จะให้ผลดีที่สุด ส่วนตำรับที่เพิ่มธาตุเหล็กเพียงธาตุเดียว (ตำรับที่ 2) และตำรับที่ให้ธาตุเหล็กร่วมกับจุลธาตุชนิดอื่นๆ จะให้ผลดีรองลงมา โดยมีปริมาณความเข้มข้นของธาตุเหล็กใกล้เคียงกัน ส่วนปริมาณทั้งหมดของธาตุแมงกานีส สังกะสี หรือทองแดงที่สะสมอยู่ในพืช จะผันแปรไปตามตำรับการทดลอง พบว่า ตำรับที่ได้รับจุลธาตุชนิดต่างๆทั้ง 4 ชนิด จะมีผลทำให้พืชมีการดึงดูดของธาตุแมงกานีส สังกะสี และทองแดงไปสะสมสูงกว่าตำรับที่ไม่มีการใส่จุลธาตุอาหาร และเมื่อพิจารณาในแต่ละตำรับการทดลอง ก็มีแนวโน้มว่าตำรับที่มีการเพิ่ม ธาตุแมงกานีส ธาตุสังกะสี หรือธาตุทองแดง มีผลทำให้พืชดึงดูดจุลธาตุอาหารชนิดเดียวกันกับ ที่ใส่ลงไปในดินขึ้นมาสะสมอยู่ในพืชเป็นปริมาณทั้งหมด ที่สูงกว่าตำรับที่ไม่ได้เพิ่มจุลธาตุอาหารชนิดดังกล่าวลงไป เช่น การเพิ่มธาตุสังกะสีลงไปในดินมีผลทำให้พืชใช้ธาตุสังกะสีได้มากขึ้น ซึ่งความแตกต่างของปริมาณการดึงดูดธาตุเหล็กในพืชของแต่ละตำรับการทดลองแสดงได้ดังภาพที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

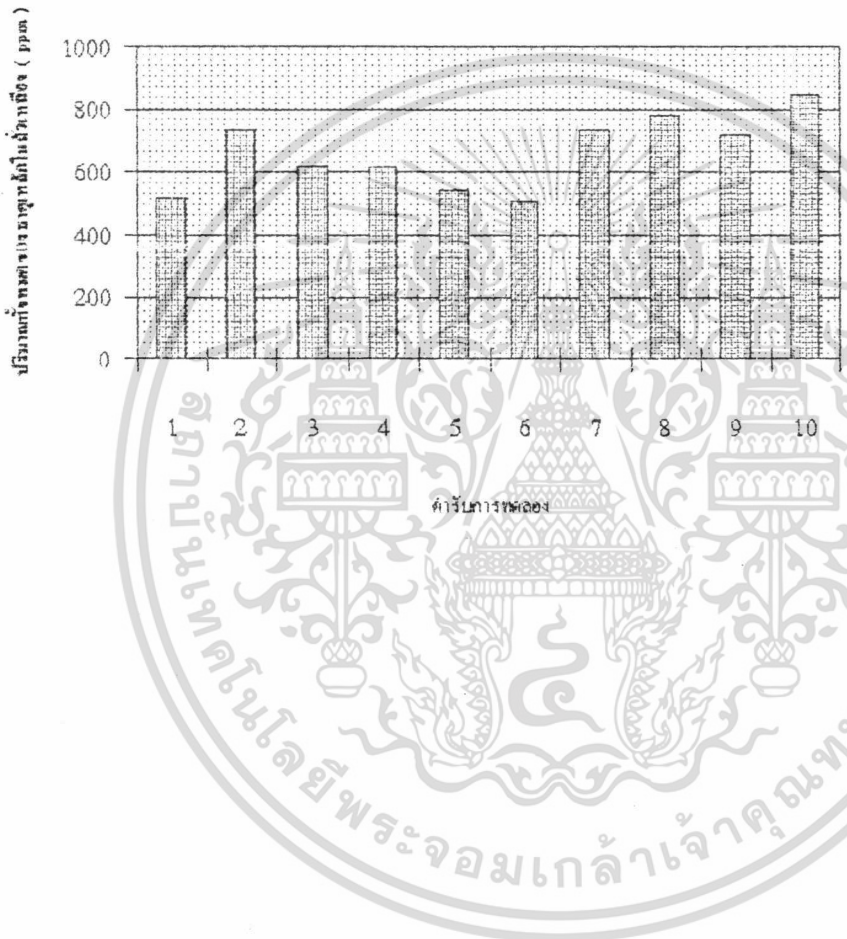
ตารางที่ 8 อิทธิพลของจุลธาตุอาหารที่มีผลต่อความเข้มความเข้มข้นของ ธาตุเหล็ก ธาตุแมงกานีส ธาตุสังกะสี และธาตุทองแดง ในส่วนของตอซังรวมกับเมล็ด (ppm) ในการทดลองที่ 1

ตำรับการทดลอง	ความเข้มข้นของจุลธาตุอาหาร ในตอซังรวมกับเมล็ด			
	Fe	Mn	Zn	Cu
1 ไม่มีการใส่จุลธาตุ	519.53	57.82	42.80	19.66
2 เพิ่มเหล็ก (Fe)	735.90	126.62	53.96	23.48
3 เพิ่มแมงกานีส (Mn)	624.92	130.58	49.64	24.82
4 เพิ่มสังกะสี (Zn)	614.83	93.10	54.55	24.48
5 เพิ่มทองแดง (Cu)	547.92	104.76	52.79	29.14
6 เพิ่ม Fe และ Mn	506.12	91.28	48.40	20.66
7 เพิ่ม Fe และ Zn	735.46	90.12	78.63	28.99
8 เพิ่ม Fe และ Cu	783.05	108.13	52.64	26.48
9 เพิ่ม Mn, Zn และ Cu	725.00	83.11	67.62	28.49
10 เพิ่ม Fe, Mn, Zn และ Cu	843.88	114.39	62.08	23.64
เฉลี่ย	683.66	105.19	58.31	27.39

หมายเหตุ ไม่มีการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3 อิทธิพลของจุลธาตุอาหารที่มีผลต่อปริมาณทั้งหมดของธาตุเหล็กในพืช (ppm)
ในการทดลองที่ 1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>การทดลองที่ 2</u>

1. อาการคลอโรซีสและการเจริญเติบโตของถั่วเหลือง

อิทธิพลของสารเคมีและสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่างๆ ที่ใส่ลงไปในดินเพื่อช่วยแก้ไขปัญหาการขาดธาตุเหล็กของถั่วเหลือง ที่มีต่อการเจริญเติบโตและอาการคลอโรซีสของถั่วเหลือง โดยให้คะแนนที่ช่วงระยะการเจริญเติบโตต่างๆกัน คือ 14, 28, 42, 56 และ 70 วันหลังจากวันปลูก แสดงไว้ในตารางที่ 9

จากตาราง ตำรับที่มี การเพิ่มสารเคมี หรือสารประกอบอินทรีย์ชนิดอื่นที่ใส่ลงไปในดิน ในระยะ 14 วันหลังจากวันปลูก พบว่า ตำรับที่มีผลทำให้ถั่วเหลืองเจริญเติบโตดีกว่าตำรับที่ไม่มีการใส่สารประกอบ คือ ตำรับที่เพิ่มปุ๋ยคอก (ตำรับที่ 2) ตำรับที่เพิ่มปุ๋ยอามิเมท อัตรา 20 กรัม และ 40 กรัม (ตำรับที่ 3 และ 4) ตำรับที่เพิ่มธาตุเหล็กร่วมกับปุ๋ยคอก (ตำรับที่ 5) ตำรับที่เพิ่มฮิวมัส อัตรา50 กรัม (ตำรับที่ 8) และตำรับที่เพิ่มกำมะถันผง อัตรา 150 มิลลิกรัม (ตำรับที่ 10) แสดงได้ดังภาพที่ 11 - 15 ส่วนตำรับที่เพิ่มแมงกานีส สังกะสี และทองแดง ร่วมกับปุ๋ยคอก (ตำรับที่ 6) ตำรับที่เพิ่มฮิวมัส อัตรา 25 กรัม และตำรับที่เพิ่มกำมะถันผง อัตรา 50 มิลลิกรัม ให้ผลไม่แตกต่างจากตำรับที่ไม่มีการใส่สารประกอบ โดยตำรับดังกล่าวนี้ ถั่วเหลืองจะมีอาการคลอโรซีสมากแต่ยังคงมีอาการน้อยกว่าตำรับที่ไม่มีการใส่สารประกอบ ส่วนตำรับที่มีการเพิ่มอามิเมท อัตรา 20 กรัม (ตำรับที่ 3) จะพบอาการคลอโรซีสปานกลางหรือใบยอดเขียวอ่อน ส่วนตำรับอื่นๆที่เหลือจะพบอาการคลอโรซีสน้อยมากหรือไม่มีเลย ใบถั่วเหลืองยังคงเขียวเข้มเป็นปกติดี แต่หลังจากนั้นคือระยะที่การเจริญเติบโต 28, 42, 56 และ 70 วันหลังจากการปลูก ถั่วเหลืองจะมีการเจริญเติบโตดีขึ้นและอาการคลอโรซีสจะเริ่มลดน้อยลง โดยตำรับที่มีแนวโน้มจะก่อให้เกิดผลดีต่อพืชคือ ตำรับที่เพิ่มปุ๋ยคอก (ตำรับที่ 2) ตำรับที่เพิ่มปุ๋ยอามิเมท อัตรา 40 กรัม (ตำรับที่ 4) ตำรับที่เพิ่มธาตุเหล็กร่วมกับปุ๋ยคอก (ตำรับที่ 5) ตำรับที่เพิ่มฮิวมัส อัตรา 50 กรัม (ตำรับที่ 8) และตำรับที่เพิ่มกำมะถันผง อัตรา 150 มิลลิกรัม (ตำรับที่ 10) ซึ่งตำรับเหล่านี้จะให้ผลดีใกล้เคียงกัน ส่วนตำรับที่มีแนวโน้มที่ให้ผลดีรองลงมาคือ ตำรับที่เพิ่มปุ๋ยอามิเมท อัตรา 20 กรัม (ตำรับที่ 3) ส่วนตำรับการทดลองอื่นๆ ที่เหลือ จะให้ผลดีไม่แตกต่างไปจากตำรับที่ไม่มีการใส่สารประกอบ (ตำรับที่ 1) อย่างชัดเจน

2. น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของตอซัง ฝักและเมล็ด

อิทธิพลของสารเคมีและสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่างๆที่ใส่ลงไปในดิน ซึ่งมีผลต่อค่าน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของถั่วเหลือง คือน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของตอซัง ฝักและเมล็ด ดังแสดงไว้ในตารางที่ 10 และ 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 คะแนนเฉลี่ยของอาการคลอโรซีสและการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองที่ได้รับอิทธิพลของสารเคมีและสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่างๆ เมื่อพืชอายุ 14, 28, 42, 56 และ 60 วันหลังการปลูก (ค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ) ในการทดลองที่ 2

ตำรับ	อาการคลอโรซีส อายุ (วัน)					การเจริญเติบโต อายุ (วัน)				
	14	28	42	56	70	14	28	42	56	70
1 ไม่มีการใส่สารประกอบ	1.2	1.7	1.8	1.3	1.3	2.0	1.5	1.5	1.3	1.2
2 เพิ่มปุ๋ยคอก (ขี้ไก่)	2.8	2.7	2.7	2.8	2.8	2.3	2.5	2.8	2.8	3.0
3 เพิ่มปุ๋ยอามิเมท อัตรา 20 g/กระถาง	2.0	2.2	2.7	2.7	2.7	2.3	2.5	2.3	2.5	2.5
4 เพิ่มปุ๋ยอามิเมท อัตรา 40 g/กระถาง	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.7	2.8	2.8	3.0	3.0
5 เพิ่ม Fe ร่วมกับปุ๋ยคอก	2.7	2.8	2.8	2.8	2.8	2.7	2.7	2.8	3.0	3.0
6 เพิ่ม Mn, Zn, Cu ร่วมกับปุ๋ยคอก	1.7	1.8	1.8	1.8	2.0	1.7	1.5	1.8	1.8	1.5
7 เพิ่มฮิวมัส อัตรา 25 g/กระถาง	1.8	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.2	2.2	2.2	2.2
8 เพิ่มฮิวมัส อัตรา 50 g/กระถาง	3.0	2.7	3.0	3.0	3.0	2.2	2.7	2.5	2.8	2.8
9 เพิ่มกำมะถันผง อัตรา 50 mg/กระถาง	1.8	2.3	2.2	2.3	2.3	2.0	2.2	2.2	2.2	2.2
10 เพิ่มกำมะถันผง อัตรา 150 mg/กระถาง	2.7	2.8	2.7	2.8	2.8	2.2	2.7	2.8	3.0	3.0

หมายเหตุ คะแนนลักษณะอาการคลอโรซีสและการเจริญเติบโตของถั่วเหลือง

คะแนน	คลอโรซีส	การเจริญเติบโต
1.0	รุนแรงหรือใบเหลืองทั้งต้น	เลว
1.5	มากหรือใบเหลืองเฉพาะใบยอดเท่านั้น	ค่อนข้างเลว
2.0	ปานกลางหรือใบยอดเขียวอ่อน	ปานกลาง
2.5	น้อยหรือใบยอดค่อนข้างเขียวเข้ม	ค่อนข้างดี
3.0	ไม่มีหรือใบเขียวเข้มปกติ	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 น้ำหนักสดของตอซัง ฝัก และเมล็ดของถั่วเหลืองที่ได้รับอิทธิพลของสารเคมีและสารประกอบชนิดต่างๆ (ค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ) ในการทดลองที่ 2

ตำรับ	น้ำหนักสด (กรัม/กระถาง)		
	ตอซัง	ฝัก	เมล็ด
1 ไม่มีการใส่สารประกอบ	19.44	21.36	8.18
2 เพิ่มปุ๋ยคอก (ขี้ไก่)	32.57	31.89	14.58
3 เพิ่มปุ๋ยอามิเมท อัตรา 20 g/กระถาง	19.89	26.88	11.42
4 เพิ่มปุ๋ยอามิเมท อัตรา 40 g/กระถาง	27.94	30.22	14.41
5 เพิ่ม Fe ร่วมกับปุ๋ยคอก	32.76	31.91	15.34
6 เพิ่ม Mn, Zn, Cu ร่วมกับปุ๋ยคอก	24.78	23.82	10.41
7 เพิ่มฮิวมัส อัตรา 25 g/กระถาง	25.19	22.35	8.54
8 เพิ่มฮิวมัส อัตรา 50 g/กระถาง	33.87	31.36	14.77
9 เพิ่มกำมะถันผง อัตรา 50 mg/กระถาง	25.74	22.00	9.28
10 เพิ่มกำมะถันผง อัตรา 150 mg/กระถาง	29.44	24.70	12.83
F- ratio	16.98**	154.52**	92.94**
LSD 0.05	3.66	1.03	0.85
0.01	5.00	1.41	1.15
CV (%)	13.54	11.73	14.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 น้ำหนักแห้งของตอซัง ฝัก และเมล็ดของถั่วเหลืองที่ได้รับอิทธิพลของสารเคมีและสารประกอบชนิดต่างๆ (ค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ) ในการทดลองที่ 2

ตำรับ	น้ำหนักแห้ง (กรัม/กระถาง)		
	ตอซัง	ฝัก	เมล็ด
1 ไม่มีการใส่สารประกอบ	7.90	6.13	3.04
2 เพิ่มปุ๋ยคอก (ขี้ไก่)	12.81	11.33	6.69
3 เพิ่มปุ๋ยอามิเมท อัตรา 20 g/กระถาง	8.67	9.35	4.59
4 เพิ่มปุ๋ยอามิเมท อัตรา 40 g/กระถาง	11.55	10.37	6.51
5 เพิ่ม Fe ร่วมกับปุ๋ยคอก	13.06	11.72	6.65
6 เพิ่ม Mn, Zn, Cu ร่วมกับปุ๋ยคอก	10.15	8.44	4.50
7 เพิ่มฮิวมัส อัตรา 25 g/กระถาง	9.27	7.51	5.20
8 เพิ่มฮิวมัส อัตรา 50 g/กระถาง	12.86	12.07	7.62
9 เพิ่มกำมะถันผง อัตรา 50 mg/กระถาง	8.52	6.61	3.45
10 เพิ่มกำมะถันผง อัตรา 150 mg/กระถาง	11.89	10.35	5.62
F- ratio	78.06**	57.74**	52.25**
LSD 0.05	0.67	0.83	0.61
0.01	0.91	1.13	0.84
CV (%)	11.99	15.89	15.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองพบว่า ตำรับที่เพิ่มปุ๋ยคอก (ตำรับที่ 2) ตำรับที่เพิ่มธาตุเหล็กร่วมกับปุ๋ยคอก (ตำรับที่ 5) และตำรับที่เพิ่มสารประกอบอินทรีย์ฮิวมัสอัตรา 50 กรัม (ตำรับที่ 8) จะเป็นกลุ่มตำรับที่ให้ค่าน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผลผลิตถั่วเหลืองทั้งในส่วนของตอซัง ฝักและเมล็ดสูงสุด โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับที่ไม่มีการใส่สารประกอบ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 12 และ 13

ส่วนกลุ่มตำรับที่ให้ค่าน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผลผลิตถั่วเหลืองรองลงมาจากกลุ่มตำรับแรกที่กล่าวมาแล้ว คือตำรับที่เพิ่มปุ๋ยอามิเมทอัตรา 40 กรัม (ตำรับที่ 4) และตำรับที่เพิ่มกำมะถันผงอัตรา 150 มิลลิกรัม (ตำรับที่ 10) โดยทั้ง 2 ตำรับจะให้ค่าน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผลผลิตถั่วเหลืองทั้งในส่วนของตอซัง ฝักและเมล็ดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับที่ไม่มีการใส่สารประกอบ

กลุ่มของตำรับที่ให้ค่าน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผลผลิตถั่วเหลืองต่ำสุด คือ ตำรับที่เพิ่มปุ๋ยอามิเมทอัตรา 20 กรัม (ตำรับที่ 3) ตำรับที่เพิ่มธาตุแมงกานีส สังกะสีและทองแดงร่วมกับปุ๋ยคอก (ตำรับที่ 6) ตำรับที่เพิ่มสารประกอบอินทรีย์ฮิวมัสอัตรา 25 กรัม (ตำรับที่ 7) และตำรับที่เพิ่มกำมะถันผงอัตรา 50 มิลลิกรัม (ตำรับที่ 9) โดยกลุ่มตำรับนี้ จะให้ค่าน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผลผลิตถั่วเหลืองในส่วนของตอซัง ฝักและเมล็ด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับที่ไม่มีการใส่สารประกอบ

การเปรียบเทียบระหว่างตำรับที่เพิ่มปุ๋ยคอก (ตำรับที่ 2) ตำรับที่เพิ่มปุ๋ยคอกร่วมกับธาตุเหล็ก (ตำรับที่ 5)และตำรับที่เพิ่มปุ๋ยคอกร่วมกับธาตุแมงกานีส สังกะสีและทองแดง (ตำรับที่ 6) พบว่า ตำรับที่ 2 กับตำรับที่ 5 ให้ค่าผลผลิตถั่วเหลืองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนตำรับที่ 2 กับตำรับที่ 6 ค่าผลผลิตของถั่วเหลืองจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และตำรับที่ 5 กับตำรับที่ 6 ค่าของผลผลิตถั่วเหลืองที่ได้จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การเปรียบเทียบระหว่างตำรับที่เพิ่มสารประกอบอินทรีย์ฮิวมัส 2 อัตรา คือ 25 และ 50 กรัม (ตำรับที่ 7 และ 8) พบว่า ตำรับที่เพิ่มสารประกอบอินทรีย์ฮิวมัสในอัตราที่สูงจะให้ค่าผลผลิตของถั่วเหลืองดีกว่าตำรับที่เพิ่มสารประกอบอินทรีย์ฮิวมัสในอัตราต่ำ โดยค่าผลผลิตที่ได้ของทั้ง 2 ตำรับการทดลองจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การเปรียบเทียบระหว่างตำรับที่เพิ่มกำมะถันผง 2 อัตรา คือ 50 และ 150 มิลลิกรัม (ตำรับที่ 9 และ 10) พบว่า ตำรับที่เพิ่มกำมะถันผงในอัตราที่สูงจะให้ค่าผลผลิตของถั่วเหลืองดีกว่าตำรับที่เพิ่มกำมะถันผงในอัตราที่ต่ำ โดยค่าผลผลิตที่ได้ของทั้ง 2 ตำรับการทดลองจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งความแตกต่างของแต่ละตำรับการทดลองแสดงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 เปรียบเทียบความแตกต่างของน้ำหนักสดของถั่วเหลืองระหว่างตำรับที่ไม่มีการใส่สารประกอบกับตำรับที่ได้รับและไม่ได้รับสารเคมีหรือสารประกอบอินทรีย์ชนิดอื่นในการทดลองที่ 2

คู่ของตำรับที่เปรียบเทียบ		ค่าความแตกต่างของผลผลิตถั่วเหลือง		
ตำรับที่	ตำรับที่	ตอซัง	ฝัก	เมล็ด
(1) C กับ	เพิ่มปุ๋ยคอก (2)	13.13**	10.53**	6.40**
(1) C กับ	เพิ่มปุ๋ยอามิเมทอัตรา 20 g. (3)	0.45^{ns}	5.52**	3.24*
(1) C กับ	เพิ่มปุ๋ยอามิเมทอัตรา 40 g. (4)	8.50**	8.86**	6.23**
(1) C กับ	เพิ่ม Fe + ปุ๋ยคอก (5)	13.32**	10.55**	7.16**
(1) C กับ	เพิ่ม Mn, Zn, Cu + ปุ๋ยคอก (6)	5.34**	2.46*	2.23^{ns}
(1) C กับ	เพิ่มฮิวมัสอัตรา 25 g. (7)	5.75**	0.99^{ns}	0.36^{ns}
(1) C กับ	เพิ่มฮิวมัสอัตรา 50 g. (8)	14.43**	10.00**	6.59**
(1) C กับ	เพิ่มกำมะถันผงอัตรา 50 mg. (9)	6.30**	0.64^{ns}	1.10^{ns}
(1) C กับ	เพิ่มกำมะถันผงอัตรา 150 mg. (10)	10.00**	3.34*	4.65**
(2) เพิ่มปุ๋ยคอก กับ	เพิ่ม Fe + ปุ๋ยคอก (5)	0.19^{ns}	0.02^{ns}	0.76^{ns}
(2) เพิ่มปุ๋ยคอก กับ	เพิ่ม Mn,Zn,Cu + ปุ๋ยคอก (6)	7.79**	8.07**	4.17**
(3) เพิ่มปุ๋ยอามิเมท 20 g. กับ	เพิ่มปุ๋ยอามิเมท 40 g. (4)	8.05**	3.34*	2.99*
(5) เพิ่ม Fe + ปุ๋ยคอก กับ	เพิ่ม Mn,Zn,Cu + ปุ๋ยคอก (6)	7.98**	8.09**	4.93**
(7) เพิ่มฮิวมัส 25 g. กับ	เพิ่มฮิวมัส 50 g. (8)	8.68**	9.01**	6.23**
(9) เพิ่มกำมะถันผง 50 mg. กับ	เพิ่มกำมะถันผง 150 mg. (10)	3.70**	2.70*	3.55**

หมายเหตุ C หมายถึง ตำรับที่ไม่มีการใส่สารประกอบ

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับความเชื่อมั่นที่ 95%

** หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับความเชื่อมั่นที่ 99%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 เปรียบเทียบความแตกต่างของน้ำหนักแห้งของถั่วเหลืองระหว่าง ตำรับที่ไม่มีการใส่สารประกอบใดกับตำรับที่ได้รับ และไม่ได้รับสารเคมีหรือสารประกอบอินทรีย์ชนิดอื่น ในการทดลองที่ 2

คู่ของตำรับที่เปรียบเทียบ		ค่าความแตกต่างของผลผลิตถั่วเหลือง		
ตำรับที่	ตำรับที่	ตอซัง	ฝัก	เมล็ด
(1) C กับ	เพิ่มปุ๋ยคอก (2)	4.91**	5.20**	3.65**
(1) C กับ	เพิ่มปุ๋ยอามิเมทอัตรา 20 g. (3)	0.77 ns	3.22*	1.55 ns
(1) C กับ	เพิ่มปุ๋ยอามิเมทอัตรา 40 g. (4)	3.65**	4.24**	3.47**
(1) C กับ	เพิ่ม Fe + ปุ๋ยคอก (5)	5.16**	5.59**	3.61**
(1) C กับ	เพิ่ม Mn, Zn, Cu + ปุ๋ยคอก (6)	2.25 ns	2.31 ns	1.46 ns
(1) C กับ	เพิ่มฮิวมัสอัตรา 25 g. (7)	1.37 ns	1.38 ns	2.16 ns
(1) C กับ	เพิ่มฮิวมัสอัตรา 50 g. (8)	4.96**	5.94**	4.58**
(1) C กับ	เพิ่มกำมะถันผงอัตรา 50 mg. (9)	0.62 ns	0.48 ns	0.41 ns
(1) C กับ	เพิ่มกำมะถันผงอัตรา 150 mg. (10)	3.99**	4.22**	2.58*
(2) ปุ๋ยคอก กับ	เพิ่ม Fe + ปุ๋ยคอก (5)	0.25 ns	0.39 ns	0.04 ns
(2) ปุ๋ยคอก กับ	เพิ่ม Mn,Zn,Cu + ปุ๋ยคอก (6)	2.66*	2.89*	2.19 ns
(3) ปุ๋ยอามิเมท 20 g. กับ เพิ่มปุ๋ยอามิเมท 40. g (4)		2.88*	1.02 ns	1.92 ns
(5) เพิ่ม Fe + ปุ๋ยคอก กับ เพิ่ม Mn,Zn,Cu + ปุ๋ยคอก (6)		2.91*	3.28*	2.15 ns
(7) เพิ่มฮิวมัส 25 mg. กับ เพิ่มฮิวมัส 50 mg.(8)		3.59**	4.56**	2.42*
(9) เพิ่มกำมะถันผง 50 mg. กับ เพิ่มกำมะถันผง 150 mg. (10)		3.37*	3.74**	2.17 ns

หมายเหตุ C หมายถึง ตำรับที่ไม่ได้รับจุลธาตุอาหาร

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับความเชื่อมั่นที่ 95%

** หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับความเชื่อมั่นที่ 99%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังภาพที่ 4 และ 5 และในส่วนของค่าน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของตอซัง ฝักและเมล็ดถั่วเหลืองทั้ง 3 ซ้ำ และค่าวิเคราะห์วาเรียนซ์ (ANOVA) แสดงไว้ในตารางผนวกที่ 14 ถึง 19

3. ความเข้มข้นของธาตุเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง

อิทธิพลของสารเคมีและสารประกอบอินทรีย์ที่มีผลต่อความเข้มข้นของธาตุเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง ที่ถั่วเหลืองดึงดูดขึ้นไปใช้อยู่ในส่วนที่เป็นตอซังและเมล็ด ดังแสดงไว้ในตารางที่ 14 และ 15 ซึ่งพบว่าเป็นไปในแนวเดียวกันกับการทดลองที่ 1 กล่าวคือ ในส่วนของตอซังจะมีธาตุเหล็กสะสมอยู่ในความเข้มข้นสูงสุด ค่าโดยเฉลี่ยคือ 622.15 ppm รองลงมาคือธาตุแมงกานีส 95.06 ppm ธาตุสังกะสี 32.95 ppm และธาตุทองแดงจะสะสมอยู่ในความเข้มข้นที่ต่ำสุดคือ 14.35 ppm สำหรับในเมล็ดโดยเฉลี่ยจะมีธาตุเหล็ก ธาตุสังกะสี และธาตุแมงกานีสสะสมอยู่ในความเข้มข้นที่ไม่แตกต่างกันมาก กล่าวคือ 56.10 ppm, 38.50 ppm และ 32.77 ppm ส่วนธาตุทองแดงจะสะสมอยู่ในความเข้มข้นต่ำสุดคือ 12.79 ppm กล่าวโดยสรุปคือ ในตอซังจะมีค่าความเข้มข้นโดยเฉลี่ยของธาตุเหล็ก แมงกานีส และทองแดงสูงกว่าในเมล็ด แต่ในเมล็ดจะมีค่าความเข้มข้นโดยเฉลี่ยของธาตุสังกะสีสะสมอยู่สูงกว่าในตอซัง

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างตำรับต่างๆ ของการทดลองที่มีผลต่อความเข้มข้นของจุลธาตุอาหารทั้ง 4 ชนิด ที่ถั่วเหลืองดึงดูดขึ้นมาสะสมในส่วนของตอซัง และเมล็ด พบว่า ตำรับที่ให้ค่าน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผลผลิตถั่วเหลืองสูงสุดมีแนวโน้มทำให้มีธาตุเหล็กสะสมอยู่ในส่วนของตอซังในความเข้มข้นที่สูงเช่นเดียวกัน ส่วนในกรณีของธาตุแมงกานีส ธาตุสังกะสี หรือธาตุทองแดงที่สะสมอยู่ในส่วนของตอซังที่ได้รับอิทธิพลจากตำรับต่างๆ จะมีค่าความเข้มข้นแตกต่างกันไม่เด่นชัดเหมือนกับกรณีของธาตุเหล็ก ความเข้มข้นของจุลธาตุอาหารทั้ง 4 ชนิดที่สะสมอยู่ในส่วนของเมล็ดที่ได้รับอิทธิจากตำรับการทดลองต่างๆ พบว่ามีความแตกต่างกันไม่มากเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่สะสมในส่วนของตอซัง

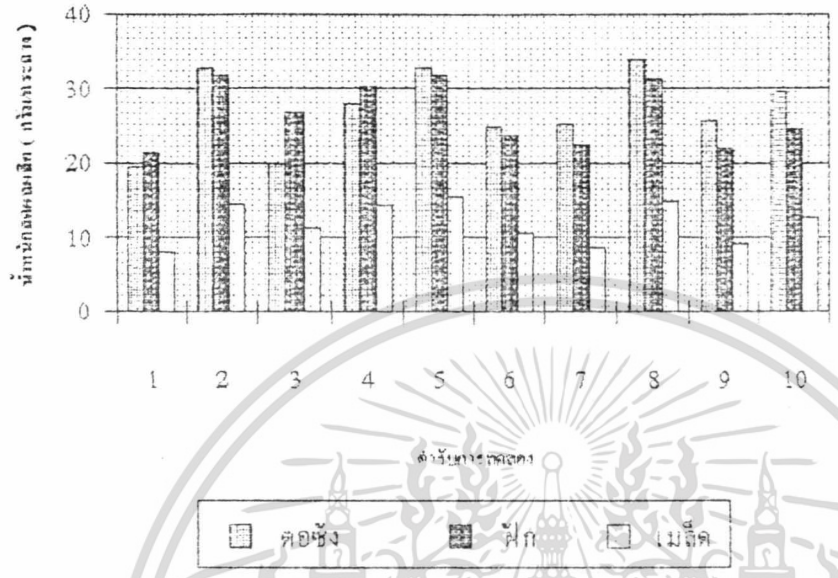
4. ปริมาณทั้งหมดของธาตุเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงในถั่วเหลือง

อิทธิพลของสารเคมีและสารประกอบอินทรีย์ที่มีผลต่อปริมาณทั้งหมดของธาตุเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง ที่ถั่วเหลืองดึงดูดขึ้นมาสะสมอยู่ในพืช สรุปได้ว่าจะมีธาตุเหล็กสะสมเป็นปริมาณสูงสุดคือ 678.26 ppm รองลงมาคือธาตุแมงกานีสคือ 127.83 ppm และ 71.46 ppm และธาตุทองแดงสะสมอยู่ในปริมาณต่ำสุดคือ 27.14 ppm แสดงไว้ในตารางที่ 16

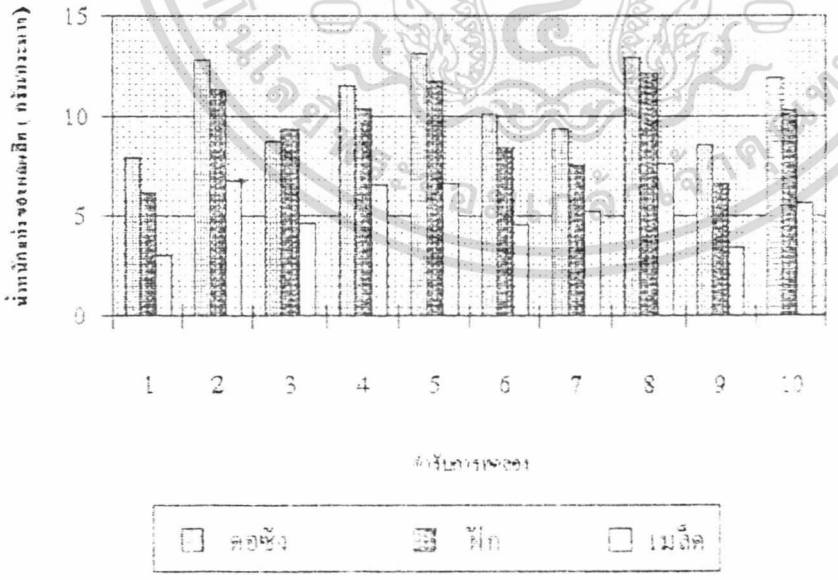
เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างตำรับต่างๆ ของการทดลองที่มีผลต่อปริมาณทั้งหมดของจุลธาตุอาหารแต่ละชนิด ที่สะสมอยู่ในพืช พบว่า ในกรณีของธาตุเหล็กจะเห็นความแตกต่างของการดึงดูดธาตุอาหารขึ้นมาสะสมในพืชอย่างเด่นชัด โดยตำรับที่เพิ่มปุ๋ยอามิเมท อัตรา 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4 อิทธิพลของสารเคมีและสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่างๆที่มีผลต่อน้ำหนักสดของผลผลิตถั่วเหลือง (กรัม/กระถาง) ในการทดลองที่ 2



ภาพที่ 5 อิทธิพลของสารเคมีและสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่างๆที่มีผลต่อน้ำหนักแห้งของผลผลิตถั่วเหลือง (กรัม/กระถาง) ในการทดลองที่ 2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 14 อิทธิพลของสารเคมีและสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่างๆที่มีผลต่อความเข้มข้นของธาตุเหล็ก ธาตุแมงกานีส ธาตุสังกะสี และธาตุทองแดง ในส่วนของตอซัง (ppm) ในการทดลองที่ 2

ตำรับ	ความเข้มข้นของจุลธาตุอาหารในตอซัง			
	Fe	Mn	Zn	Cu
1 ไม่มีการใส่สารประกอบ	570.38	69.45	23.48	12.82
2 เพิ่มปุ๋ยคอก (ขี้ไก่)	669.68	101.44	33.98	14.66
3 เพิ่มปุ๋ยอามิเมท อัตรา 20 g/กระถาง	643.19	82.27	34.48	14.32
4 เพิ่มปุ๋ยอามิเมท อัตรา 40 g/กระถาง	1157.81	185.24	43.44	20.64
5 เพิ่ม Fe ร่วมกับปุ๋ยคอก	616.94	77.06	28.79	12.32
6 เพิ่ม Mn, Zn, Cu ร่วมกับปุ๋ยคอก	455.81	72.94	35.14	13.99
7 เพิ่มฮิวมัส อัตรา 25 g/กระถาง	365.56	77.59	29.15	12.32
8 เพิ่มฮิวมัส อัตรา 50 g/กระถาง	633.84	91.08	31.97	15.15
9 เพิ่มกำมะถันผง อัตรา 50 mg/กระถาง	514.68	87.73	29.96	15.32
10 เพิ่มกำมะถันผงอัตรา 150 mg/กระถาง	593.63	105.80	39.15	11.99
เฉลี่ย	622.15	95.06	32.95	14.35

หมายเหตุ ไม่มีการวิเคราะห์ทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 15 อิทธิพลของสารเคมีและสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่างๆที่มีผลต่อความเข้มข้นของธาตุเหล็ก ธาตุแมงกานีส ธาตุสังกะสี และธาตุทองแดง ในส่วนของเมล็ด (ppm) ในการทดลองที่ 2

ตำรับ	ความเข้มข้นของจุลธาตุอาหารในเมล็ด			
	Fe	Mn	Zn	Cu
1 ไม่มีการใส่สารประกอบ	45.21	30.32	35.96	11.99
2 เพิ่มปุ๋ยคอก (ขี้ไก่)	62.27	28.97	25.47	12.98
3 เพิ่มปุ๋ยอามิเมท อัตรา 20 g/กระถาง	48.81	35.62	42.11	14.32
4 เพิ่มปุ๋ยอามิเมท อัตรา 40 g/กระถาง	60.79	35.13	41.28	13.49
5 เพิ่ม Fe ร่วมกับปุ๋ยคอก	64.30	28.14	35.80	12.66
6 เพิ่ม Mn, Zn, Cu ร่วมกับปุ๋ยคอก	55.28	37.11	45.23	13.34
7 เพิ่มฮิวมัส อัตรา 25 g/กระถาง	57.14	30.13	37.29	13.15
8 เพิ่มฮิวมัส อัตรา 50 g/กระถาง	60.83	36.47	38.96	13.15
9 เพิ่มกำมะถันผง อัตรา 50 mg/กระถาง	49.24	31.95	39.46	9.33
10 เพิ่มกำมะถันผง อัตรา 150 mg/กระถาง	57.15	33.82	43.48	13.50
เฉลี่ย	56.10	32.77	38.50	12.79

หมายเหตุ ไม่มีการวิเคราะห์ทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 16 อิทธิพลของสารเคมีและสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่างๆ ที่มีผลต่อความเข้มข้นของธาตุเหล็ก ธาตุแมงกานีส ธาตุสังกะสี และธาตุทองแดง ในส่วนของตอซังรวมกับเมล็ด (ppm) ในการทดลองที่ 2

ตำรับการทดลอง	ความเข้มข้นของจุลธาตุอาหารในตอซังรวมเมล็ด			
	Fe	Mn	Zn	Cu
1 ไม่มีการใส่สารประกอบ	615.59	99.77	59.44	24.81
2 เพิ่มปุ๋ยคอก (ขี้ไก่)	731.95	130.41	59.45	27.64
3 เพิ่มปุ๋ยอามิเมท อัตรา 20 g/กระถาง	692.00	117.89	76.59	28.64
4 เพิ่มปุ๋ยอามิเมท อัตรา 40 g/กระถาง	1218.60	220.37	84.72	34.13
5 เพิ่ม Fe ร่วมกับปุ๋ยคอก	681.24	105.20	64.59	24.98
6 เพิ่ม Mn, Zn, Cu ร่วมกับปุ๋ยคอก	511.09	110.05	80.37	27.33
7 เพิ่มฮิวมัส อัตรา 25 g/กระถาง	422.70	107.72	66.44	25.47
8 เพิ่มฮิวมัส อัตรา 50 g/กระถาง	694.70	127.55	70.93	28.30
9 เพิ่มกำมะถันผง อัตรา 50 mg/กระถาง	563.92	119.68	69.42	24.65
10 เพิ่มกำมะถันผง อัตรา 150 mg/กระถาง	650.78	139.62	82.63	25.49
เฉลี่ย	678.26	127.83	71.46	27.14

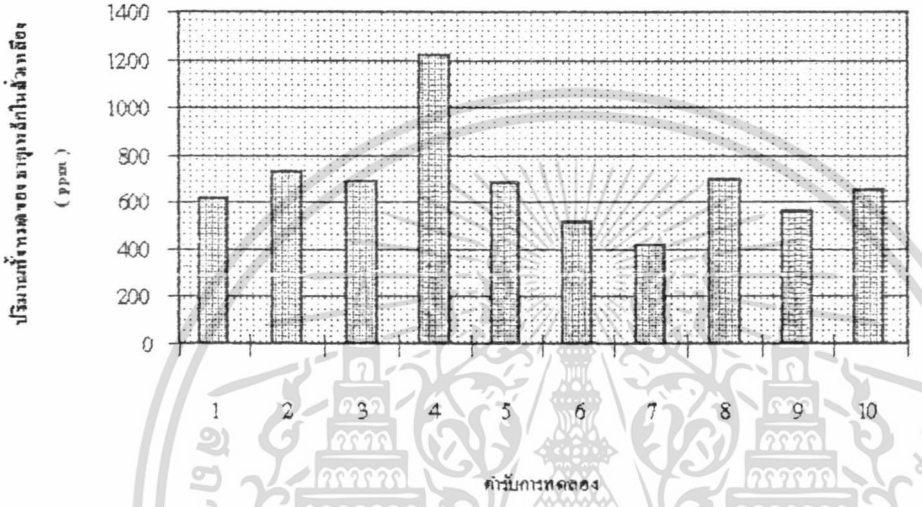
หมายเหตุ ไม่มีการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรัม (ตำรับที่ 4) จะมีผลทำให้พืชดึงดูดธาตุเหล็กขึ้นมาสะสมได้ดีที่สุด รองลงมาคือ ตำรับที่เพิ่มปุ๋ยคอก (ตำรับที่ 2) ส่วนตำรับที่เพิ่มปุ๋ยอามิเมท อัตรา 20 กรัม (ตำรับที่ 3) ตำรับที่เพิ่มธาตุเหล็กร่วมกับปุ๋ยคอก (ตำรับที่ 5) ตำรับที่เพิ่มฮิวมัส อัตรา 50 กรัม (ตำรับที่ 8) และตำรับที่เพิ่มกำมะถันผง อัตรา 150 มิลลิกรัม (ตำรับที่ 10) จะให้ผลดีใกล้เคียงกันรองลงมา แต่ตำรับเพิ่มธาตุแมงกานีส สังกะสี และทองแดงร่วมกับปุ๋ยคอก (ตำรับที่ 6) ตำรับ ที่เพิ่มฮิวมัส อัตรา 25 กรัม (ตำรับที่ 7) และตำรับที่เพิ่มกำมะถันผง อัตรา 50 มิลลิกรัม (ตำรับที่ 9) จะไม่มีผลทำให้ถั่วเหลืองมีการดึงดูดธาตุอาหารขึ้นมาสะสมอยู่ในพืชดีกว่าตำรับที่ไม่มีการใส่สารประกอบ (ตำรับที่ 1) ส่วนในกรณีของธาตุแมงกานีส สังกะสี และทองแดง จะมีความแตกต่างอย่างไม่เด่นชัด ซึ่งความแตกต่างของปริมาณการดึงดูดธาตุเหล็กในพืชของแต่ละตำรับการทดลองแสดงได้ดังภาพที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 6 อิทธิพลของสารเคมีและสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่างๆที่มีผลต่อปริมาณทั้งหมดของธาตุเหล็กในพืช (ppm) ในการทดลองที่ 2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิจารณ์ผลการทดลอง

<u>การทดลองที่ 1</u>

การศึกษาชนิดของธาตุเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง ที่เป็นปัจจัย จำกัดผลผลิตของถั่วเหลืองที่ปลูกในชุดดินตาคลี พบว่า ดินชุดนี้มีปัญหาเกี่ยวกับการขาดธาตุเหล็ก เพราะจากการสังเกตุการเจริญเติบโตของพืชพบว่า ต้นถั่วเหลืองในตำรับที่ไม่ได้รับธาตุเหล็ก ใบอ่อนแสดงอาการคลอโรซีส หลังจากปลูก 2 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบกับต้นถั่วเหลืองในตำรับที่ได้รับธาตุเหล็ก ใบจะมีสีเขียวปกติตลอดฤดูปลูก และเมื่อพิจารณาผลผลิต พบว่า ถั่วเหลืองในตำรับที่ได้รับธาตุเหล็กมีค่าผลผลิตทั้งน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของตอซัง ฝัก เมล็ด และปริมาณเหล็กที่วิเคราะห์ได้จากพืชสูงกว่าถั่วเหลืองในตำรับที่ไม่ได้รับธาตุเหล็ก สาเหตุที่ทำให้พืชแสดงอาการคลอโรซีส เนื่องจากขาดธาตุเหล็ก เพราะดินมีค่าวิเคราะห์แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เป็นปริมาณมาก และมีค่า pH สูง (ค่าวิเคราะห์ดินทางเคมี แสดงไว้ในตารางผนวกที่ 1 - 4) ซึ่งจากรายงานของ Zhiznevskaya (1973) กล่าวว่า ค่าวิเคราะห์ทั้ง 2 เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ ความสามารถในการละลายของเหล็ก ในสารละลายดินอยู่ในระดับที่ต่ำ เป็นผลทำให้พืชดึงดูดธาตุเหล็กในดินขึ้นมาใช้เป็นปริมาณลดลง

ถั่วเหลือง ในตำรับที่ไม่ได้รับธาตุเหล็กจะแสดงอาการคลอโรซีสค่อนข้างรุนแรง ในระยะแรกของการเจริญเติบโต แต่เมื่อพืช มีอายุมากขึ้น ลักษณะดังกล่าวจะค่อยๆ ลดความรุนแรงลง สาเหตุดังกล่าว อาจเนื่องจากต้นถั่วมีระบบรากดีขึ้น ทำให้สามารถหาธาตุอาหารมาใช้ได้เป็นปริมาณมากขึ้น นอกจากนั้น สภาพของดินที่ทำการทดลองปลูกพืชจะได้รับความชื้นที่อาจก่อให้เกิดสภาพรีดักชั่น (reduction)ได้บางขณะอันจะมีผลทำให้จุลธาตุอาหารพืชโดยเฉพาะธาตุเหล็กที่อยู่ในสภาพละลายได้ยากและไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชเปลี่ยนมาอยู่ในรูปที่ละลายน้ำ ทำให้พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามถั่วเหลืองที่แสดงอาการคลอโรซีสและหยุดชะงักการเจริญเติบโตไประยะหนึ่งจะมีผลต่อผลผลิตที่ได้รับในภายหลัง กล่าวคือจะได้ค่าน้ำหนักแห้งของเมล็ดต่ำกว่าถั่วเหลืองที่มีการเจริญเติบโตเป็นปกติตลอดฤดูปลูกคือ ตำรับที่ได้รับธาตุเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 2

การศึกษาเพื่อหาแนวทางแก้ไขการขาดธาตุเหล็กของถั่วเหลืองที่ปลูกในชุดดินตาคลีโดยการใช้สารเคมีหรือสารประกอบอินทรีย์บางชนิดใส่ลงไปในดิน จากการทดลองปลูกพืชพบว่าตำรับที่ใส่สารประกอบเหล็กซัลเฟตร่วมกับปุ๋ยคอก และตำรับที่ใส่ปุ๋ยอามิเมททั้ง 2 อัตรา ตำรับที่ใส่ปุ๋ยคอกอย่างเดียว มีแนวโน้มที่ทำให้ถั่วเหลืองมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตดี ทั้งนี้เป็นเพราะปุ๋ยคอกและปุ๋ยอามิเมทที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีธาตุเหล็กเป็นองค์ประกอบ (ดังแสดงไว้ในตารางที่ 17) ซึ่งธาตุเหล็กจะละลายออกมาเป็นประโยชน์ต่อถั่วเหลือง และคุณสมบัติของปุ๋ยคอกที่เป็นผลดี คือ ทำหน้าที่เหมือนกับเป็นสารประกอบคีเลต (Parsa and Wallace, 1979) นอกจากนั้นค่าวิเคราะห์ธาตุแมงกานีสในปุ๋ยคอกพบว่ามีปริมาณค่อนข้างสูง ซึ่งเมื่อละลายออกมาอยู่ในสารละลายดินจะก่อให้เกิดผลดีต่อการใช้ธาตุเหล็กของพืชได้มากขึ้น

ถั่วเหลืองที่ปลูกในตำรับที่ได้รับสารประกอบอินทรีย์ฮิวมัส pH 2 ทั้ง 2 อัตรา คือ 25 และ 50 กรัมต่อกระถาง มีแนวโน้มให้ผลดีเช่นเดียวกันกับที่มีการใส่ปุ๋ยคอก จากการทดลองพบว่า การใช้ในอัตราสูง คือ 50 กรัมต่อกระถางจะเป็นผลดีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของถั่วเหลือง ทั้งนี้เนื่องมาจาก สารประกอบอินทรีย์ฮิวมัสไปช่วยลดค่า pH ของดินลง (ดังแสดงในตารางผนวกที่ 5 - 7) เป็นผลทำให้ธาตุเหล็กละลายออกมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมากขึ้น นอกจากนั้นสารประกอบดังกล่าวมีธาตุเหล็กเป็นองค์ประกอบ (ดังแสดงในตารางที่ 17) ซึ่งธาตุเหล็กจะละลายปลดปล่อยออกมาให้พืชได้บางส่วน และคุณสมบัติอีกประการหนึ่งที่ก่อให้เกิดผลดี คือ ทำหน้าที่เป็นสารคีเลต ซึ่งช่วยป้องกันไม่ให้ธาตุเหล็กในดินเปลี่ยนไป อยู่ในรูปที่พืชใช้ประโยชน์ได้ยากขึ้น (Parsa and Wallace, 1979) สำหรับการใส่สารประกอบอินทรีย์ฮิวมัสอัตราต่ำแล้ว ไม่ก่อให้เกิดผลดีกับถั่วเหลือง อาจเนื่องมาจากปริมาณของสารประกอบอินทรีย์ฮิวมัสที่ใส่ลงไปในดิน ไม่เพียงพอต่อความสามารถในการลดความเป็นด่างของดินให้ลดลงมาอยู่ในระดับที่จะทำให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุเหล็กที่ตรึงอยู่ในดิน ถูกปลดปล่อยออกมาอยู่ในรูปที่พืชจะนำไปใช้ประโยชน์ได้

ตำรับที่มีการเพิ่มผงกำมะถันลงไปในดินทั้ 2 อัตรา คือ 50 และ 150 มิลลิกรัมต่อกระถาง พบว่า ผงกำมะถันที่ใช้ในอัตราสูงคือ 150 มิลลิกรัมต่อกระถาง จะเป็นผลดีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเหลือง ทั้งนี้เนื่องจากผงกำมะถันจะทำให้ค่า pH ของดินลดลง (ดังแสดงในตารางผนวกที่ 5 - 7) เป็นผลทำให้ธาตุเหล็กในดินละลายออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชเพิ่มมากขึ้น (Ryan et al . , 1974) สำหรับการใช้ผงกำมะถันอัตราต่ำคือ 50 มิลลิกรัมต่อกระถาง ไม่ช่วยทำให้ถั่วเหลืองมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงขึ้นมากนัก แต่ก็ให้ผลดีกว่าตำรับที่ไม่มีการใส่สารประกอบ ทั้งนี้การที่ใช้ผงกำมะถันในอัตราต่ำ แล้วไม่ทำให้เกิดผลดีเท่ากับการใช้ผงกำมะถันในอัตราสูง อาจเป็นเพราะปริมาณของผงกำมะถันที่ใส่ลงไปในดิน ไม่เพียงพอต่อความสามารถใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การลดความเป็นด่างของดินให้ลงมาอยู่ในระดับที่จะทำให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุเหล็กที่ถูกตรึงอยู่ในดินถูกปลดปล่อยออกมาอยู่ในรูปที่พืชจะนำไปใช้ประโยชน์ได้

ตารางที่ 17 คุณสมบัติทางเคมีบางประการของสารประกอบอินทรีย์ที่นำมาใช้ในการทดลอง

ชนิดของสารประกอบ	ปริมาณจุลธาตุอาหาร (ppm)			
	Fe	Mn	Zn	Cu
ปุ๋ยคอก (ขี้ไก่)	24.00	100.02	52.03	3.42
สารประกอบอินทรีย์อิวมัส pH 2	19.20	22.00	3.22	1.22
ปุ๋ยอามิเมทชนิดเปียก	36.06	51.99	11.20	4.49

หมายเหตุ ใช้สารละลาย DTPA เป็นตัวสกัดจุลธาตุอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

1. ตัวอย่างดินที่ใช้ในการศึกษาคือ ชุดดินตาคลี ซึ่งเก็บจากในพื้นที่ทำการเกษตร อำเภอพระพุทธบาท จังหวัดสระบุรี จากการทดลองพบว่าชุดดินนี้มีปัญหาเกี่ยวกับการขาดธาตุเหล็กเมื่อปลูกถั่วเหลืองกล่าวคือพืชที่ได้รับธาตุเหล็กเป็นปริมาณที่ไม่พอเพียงสำหรับการเจริญเติบโตและมีการแสดงอาการคลอโรซีสจะมีผลทำให้ถั่วเหลืองให้น้ำหนักแห้งในส่วนของตอซังและเมล็ดต่ำ แต่ในดินชุดนี้จะไม่พบปัญหาเกี่ยวกับธาตุแมงกานีสหรือธาตุสังกะสีหรือธาตุทองแดง

2. แนวทางการแก้ไขปัญหาของธาตุเหล็กดังกล่าวจากการทดลองครั้งนี้พบว่าตำรับที่ให้ผลดีคือ ตำรับที่ใส่ปุ๋ยอามิเมทอัตรา 40 กรัมต่อกระถาง ตำรับที่ใส่ปุ๋ยคอก ส่วนตำรับที่ให้ผลดีรองลงมา คือ ตำรับที่ใส่สารประกอบเหล็กซัลเฟตร่วมกับปุ๋ยคอกตำรับที่ใส่ปุ๋ยอามิเมท อัตรา 20 กรัมต่อกระถาง ตำรับที่ใส่สารประกอบอินทรีย์ฮิวมัส pH 2 อัตรา 50 กรัมต่อกระถางและตำรับที่ใส่ผงกำมะถันอัตรา 150 มิลลิกรัมต่อกระถาง

3. ปริมาณความเข้มข้นของจุลธาตุอาหารทั้ง 4 ชนิดในถั่วเหลืองพบว่าโดยเฉลี่ยจะมีธาตุเหล็กสะสมอยู่ในความเข้มข้นสูงสุด รองลงมาคือ ธาตุแมงกานีส ธาตุสังกะสีและธาตุทองแดงโดยลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างปริมาณของจุลธาตุอาหารที่สะสมอยู่ในส่วนของตอซังและเมล็ดพบว่า ในตอซังจะมีธาตุเหล็กและธาตุแมงกานีสสะสมอยู่ในตาวามเข้มข้นที่สูงกว่าในเมล็ดและเป็นความแตกต่างกันอย่างเด่นชัดสำหรับในเมล็ดจะมีธาตุสังกะสีสะสมอยู่ในความเข้มข้นที่สูงกว่าในตอซัง ส่วนธาตุทองแดงจะสะสมอยู่ในส่วนของตอซังและเมล็ดเป็นปริมาณใกล้เคียงกัน โดยความเข้มข้นของธาตุสังกะสี และธาตุทองแดงที่สะสมอยู่ในส่วนของตอซัง และเมล็ดจะมีความแตกต่างกันอย่างไม่เด่นชัดเหมือนกับกรณีของ ธาตุเหล็กและธาตุแมงกานีส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน 2511 รายงานการสำรวจดิน

กรมวิชาการเกษตร 2536 เอกสารพันธุ์พืชไร่ สถาบันวิจัยพืชไร่ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ หน้า 24-27

กรมส่งเสริมการเกษตร 2531 การปลูกถั่วเหลือง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 30 หน้า

กฤษฎา สัมพันธารักษ์ 2526 พืชไร่ ภาควิชาพืชไร่นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ หน้า 127-132

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา 2523 ปฐพีวิทยาเบื้องต้น คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

ครรชิต ภูรมะโรหิต พูนสิน เสริมสวัสดิ์ศรี และพวงเล็ก ฐานุตตมวงศ์.2510 การขาดธาตุเหล็กของถั่วลิสงที่ปลูกบนดินสีดำและวิธีการแก้ไข รายงานการประชุมทางวิชาการเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 6 สาขาพืชและชีววิทยา สาขาสัตว์ สาขาเศรษฐศาสตร์เกษตร

จิราณี วานิชกุล 2531 สถานภาพของธาตุสังกะสีและทองแดงในดินชุดตาคลี เลยและโคราช สำหรับการผลิตข้าวโพด วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

เฉลิม วงศ์วิศิษฏ์รังสี และมนัส นวลเจริญ 2524 รายงานการสำรวจดิน จังหวัดสระบุรี กองสำรวจดิน กรมพัฒนาที่ดิน กรุงเทพฯ หน้า 82-85

ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์ 2526 ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์ อำนาจ สุวรรณฤทธิ์ และแจ่มจันทร์ วิจารสรณ์ 2526 การศึกษาปัญหาของจุลธาตุอาหารที่เป็นปัจจัยจำกัดผลผลิตของถั่วลิสงที่ปลูกในดินชุดตาคลีและแนวทางแก้ไข รายงานการสัมนาเชิงปฏิบัติการเรื่องรายงานวิจัยถั่วลิสงครั้งที่ 2 ศูนย์วิจัยพืชไร่ นครสวรรค์

นงลักษณ์ วิบูลสุข 2520 การศึกษาหาน้ำยาสกัดธาตุอาหารพืชใช้น้อยที่เหมาะสมในดิน รายงานประจำปี 2520 กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร

บุปผา โตภาคราม 2526 ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ประเสริฐ อะมริต 2528 การศึกษาปัญหาจุลธาตุอาหารที่เป็นปัจจัยจำกัดผลผลิตที่ปลูกในดินชุดตาคลีและแนวทางแก้ไข วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัย-เกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 125 หน้า

ไพบูลย์ ประพฤติธรรม 2528 เคมีของดิน ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ หน้า 381-389

ยงยุทธ โอสถสภา 2524 เอกสารสอนวิชาปุ๋ย ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

ยงยุทธ โอสถสภา 2527 ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตร-ศาสตร์ กรุงเทพฯ หน้า 101-111

วรพจน์ รัมพณีนิล 2529 ปุ๋ยและการใช้ปุ๋ย วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษาวิทยาเขตเกษตร ลำปาง หน้า 127-131

สรสิทธิ์ วัชโรทยาน ถวิล ครุฑกุล ไพบูลย์ ประพฤติธรรม และอำนาจ สุวรรณฤทธิ์ 2527 ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรสิทธิ์ วัชโรทยาน 2535 การปรับปรุงดินและการใช้ปุ๋ย ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ หน้า 158-177

สัมฤทธิ์ ชัยวรรณคุปต์ 2521 ความอุดมสมบูรณ์ของดินสำหรับถั่วลิสง เรื่องย่อการสัมมนาถั่วลิสงและถั่วอื่นๆบางชนิด มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์ 2524 แร่ธาตุอาหารพืช ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Babiria, C.J. and C.L. Patel. 1980. Effect of application of iron, Farmyard manure and sulphur on the availability of iron in medium black calcareous soil at different moisture regimes. J. Indian Soc. Soil Sci. 28 : 302-306. อ้างโดย ประเสริฐ อะมริต 2528

Bray, R.H. 1984. Correlation of Soil test with crop response to added fertilizers. and with fertilizer requierment. In H.B. Kitchen (ed.). Diagnostic Techniques forSoil Crops. Washington : American Potash, Inc.

Brown, A.L., J.Quick and J.L. Eddings. 1971. A comparison of analytical methods for Soil zinc. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 35 : 105-107

Chapman, H.D. 1966. Diagnostic Criteria for Plant and Soils. Abilene, Texas: Quality Printing Company, Inc. อ้างโดย ประเสริฐ อะมริต 2528

Chen, Y. and P. Barak. 1982. Iron nutrition of plants in Calareous Soil. Adv. Agron. 35 : 217-241. อ้างโดย ประเสริฐ อะมริต 2528

Davies, B.E. 1980. Applied Soil Trace Element. New York : John Wiley and Sons. อ้างโดย ประเสริฐ อะมริต 2528

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ellis, B.G. and B.D. Knezek. 1972. Adsorption reactions of micronutrients in soil. In J.J. Mortvedt; P.M. Giordano and W.L. Lindsay (ed.). Micronutrients in Agriculture. Wisconsin : Soil Sci. Soc. Amer. Madison, Inc.

Lindsay, W. 1972. Inorganic phase equilibria of micronutrients in soils. In J.J. Mon; P.M. Giordano and W.L. Lindsay (ed.). Micronutrients in Agriculture. Wisconsin : Soil Sci. Soc. Amer. Madison, Inc.

Mathers, A.C. 1970. Effect of ferrous sulfate and sulfuric acid on grain sorghum yields. Agron. J. 62 : 555-556. อ้างโดย ประเสริฐ อะมริต 2528

Mitchell, R.L. 1964. Trace elements in soils. In E.E. Bear (ed.). Chemistry of the soil. ACS monograph No. 160 Reinhold Publishing Corp., NY.

Nicholas, D.J.D. 1980. Trace Elements in Soil-Plant-Animal Systems. South Australia: An academic press replicareprint. อ้างโดย ประเสริฐ อะมริต 2528

Olsen, S.R.; W. Kemper and J.C. Van Schaik. 1965. Self diffusion co-efficients of P in soil measured by transiunt as state methods. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 29:154-158.

Price, C.A.; H.E. Clark and E.A. Funkhouser. 1972. Function of micronutrient in plants. In J.J. Mortvedt, P.M. Giordano and W.L. Lindsay. Micronutrients in Agriculture. Wisconsin : Soil Sci. Soc. Amer. Madison, Inc.

Ryan, J.; S. Miyamoto and J.L. Strochilein. 1974. Solubility of manganese, iron and zinc as effected by application of sulfuric acid to calcareous soils. Plant and Soil. 40 : 421-427. อ้างโดย ประเสริฐ อะมริต 2528

Singhania, R.A.; E. Rietz; H. Sochtig and D.R. Saverbeck. 1983.Chemical tranformation and plant availability of zinc salts added to organic manure. Plant and Soil. 73 : 337-344. อ้างโดย ประเสริฐ อะมริต 2528

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thomas, J.D. and A.C. Mathers. 1979. Manure and iron effect on sorghum growth on iron-deficient soil. Agron. J. 71 : 792-794.

Walkley, A. and I.A. Black. 1934. An examination of degtjareff method of determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37 : 29-39.

Wallace, A. and R.T. Mueller. 1978. Complete neutralization of portion of calcareous soil as a means of preventing iron chlorosis. Agron. J. 70 : 888-890.

Zhiznevskaya, G.Y. 1973. Iron in Plant nutrition. Agrochemica. 17 : 46-67. อ้างโดย ประเสริฐ อะมริต 2528

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ค่าวิเคราะห์ทางเคมีของดินก่อนทำการทดลอง

ข้อมูลที่วิเคราะห์	ค่าหรือปริมาณ
ปฏิกิริยาดิน (pH)	8.07
อินทรีย์วัตถุ (%)	2.20
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (ppm)	19.48
โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ppm)	74.00
แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ppm)	12,140.00
แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ppm)	1,500.00
เหล็กที่สกัดได้ (ppm)	6.29
แมงกานีสที่สกัดได้ (ppm)	10.97
สังกะสีที่สกัดได้ (ppm)	4.44
ทองแดงที่สกัดได้ (ppm)	8.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2 แสดงค่าปฏิกิริยาดิน (pH) , ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (%) , ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (ppm) ที่ได้จากการวิเคราะห์ดินหลังทำการทดลอง ในการทดลองที่ 1

ตำรับ	pH	OM (%)	Available P (ppm)
1 ไม่มีการใส่จุลธาตุ	7.83	2.08	284.00
2 เพิ่ม Fe	7.59	2.22	242.50
3 เพิ่ม Mn	7.69	2.18	255.17
4 เพิ่ม Zn	7.60	2.30	244.17
5 เพิ่ม Cu	7.62	2.12	276.67
6 เพิ่ม Fe และ Mn	7.62	2.18	269.17
7 เพิ่ม Fe และ Zn	7.55	2.14	298.33
8 เพิ่ม Fe และ Cu	7.65	2.29	237.08
9 เพิ่ม Mn, Zn, Cu	7.67	2.19	240.00
10 เพิ่ม Fe, Mn, Zn, Cu	7.60	2.14	253.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 3 แสดงค่า โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ppm),แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ppm) แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ppm) จากการวิเคราะห์ดินหลังการทดลอง ในการทดลองที่ 1

ตำรับ	Exchangeable cation K (ppm)	Exchangeable cation Ca (ppm)	Exchangeable cation Mg (ppm)
1 ไม่มีการใส่จุลธาตุ	123	7,133	1,547
2 เพิ่ม Fe	133	2,973	1,227
3 เพิ่ม Mn	139	3,100	1,000
4 เพิ่ม Zn	192	9,813	1,253
5 เพิ่ม Cu	153	4,867	1,093
6 เพิ่ม Fe และ Mn	147	5,853	1,373
7 เพิ่ม Fe และ Zn	164	7,900	1,773
8 เพิ่ม Fe และ Cu	177	9,067	1,280
9 เพิ่ม Mn, Zn, Cu	150	8,440	1,600
10 เพิ่ม Fe, Mn, Zn, Cu	145	5,707	1,333

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 4 ปริมาณ Fe , Mn, Zn และ Cu ที่สกัดได้ (ppm)จากการวิเคราะห์ดิน หลังทำการทดลอง ในการทดลองที่ 1

ตำรับ	Fe	Mn	Zn	Cu
1ไม่มีการใส่จุลธาตุ	4.78	10.49	8.21	4.43
2 เพิ่ม Fe	5.53	9.13	7.52	4.03
3 เพิ่ม Mn	5.37	9.77	8.33	4.25
4 เพิ่ม Zn	4.98	7.24	7.36	7.72
5 เพิ่ม Cu	4.91	7.13	19.79	4.19
6 เพิ่ม Fe และ Mn	4.46	5.56	7.11	3.62
7 เพิ่ม Fe และ Zn	5.24	6.19	8.33	7.75
8 เพิ่ม Fe และ Cu	5.62	6.23	17.59	4.35
9 เพิ่ม Mn, Zn และ Cu	4.57	5.01	22.38	8.23
10 เพิ่ม Fe, Mn, Zn และ Cu	5.53	6.83	19.78	8.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 5 แสดงค่าปฏิกิริยาดิน (pH) , ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (%) , ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (ppm) ที่ได้จากการวิเคราะห์ดินหลังทำการทดลอง ในการทดลองที่ 2

ตำรับ	pH	OM (%)	Available P (ppm)
1 ไม่มีการใส่สารประกอบ	7.86	2.03	281.67
2 เพิ่มปุ๋ยคอก (ขี้ไก่)	7.54	2.31	437.50
3 เพิ่มปุ๋ยอามิเมท อัตรา 20 g/กระถาง	7.67	2.38	300.83
4 เพิ่มปุ๋ยอามิเมท อัตรา 40 g/กระถาง	7.46	2.15	348.33
5 เพิ่ม Fe ร่วมกับปุ๋ยคอก	7.51	2.31	241.25
6 เพิ่ม Mn, Zn, Cu ร่วมกับปุ๋ยคอก	7.55	2.48	202.00
7 เพิ่มฮิวมัส อัตรา 25 g/กระถาง	7.69	2.54	372.50
8 เพิ่มฮิวมัส อัตรา 50 g/กระถาง	7.57	2.48	311.67
9 เพิ่มกำมะถันผง อัตรา 50 mg/กระถาง	7.69	2.15	352.50
10 เพิ่มกำมะถันผง อัตรา 150 mg/กระถาง	7.54	2.22	366.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 6 แสดงค่า โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ppm), แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ppm) แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ppm) จากการวิเคราะห์ดินหลังการทดลองในการทดลองที่ 2

ตำรับ	Exchangeable cation K (ppm)	Exchangeable cation Ca (ppm)	Exchangeable cation Mg (ppm)
1 ไม่มีการใส่สารประกอบ	149	5,527	1,280
2 เพิ่มปุ๋ยคอก (ขี้ไก่)	139	4,147	1,093
3 เพิ่มปุ๋ยอามิเมท อัตรา 20 g/กระถาง	108	5,367	1,440
4 เพิ่มปุ๋ยอามิเมท อัตรา 40 g/กระถาง	102	4,240	1,000
5 เพิ่ม Fe ร่วมกับปุ๋ยคอก	131	4,367	1,067
6 เพิ่ม Mn, Zn, Cu ร่วมกับ ปุ๋ยคอก	148	4,543	1,053
7 เพิ่มฮิวมัส อัตรา 25 g/กระถาง	109	5,727	1,413
8 เพิ่มฮิวมัส อัตรา50 g/กระถาง	101	4,654	933
9 เพิ่มกำมะถันผง อัตรา 50 mg/กระถาง	108	6,467	1,213
10 เพิ่มกำมะถันผง อัตรา 150 mg/กระถาง	114	4,147	1,147

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 7 ปริมาณ Fe , Mn, Zn และ Cu ที่สกัดได้ (ppm)จากการวิเคราะห์ดิน หลังทำการทดลอง ในการทดลองที่ 2

ตำรับ	Fe	Mn	Zn	Cu
1 ไม่มีการใส่สารประกอบ	6.83	5.88	5.01	9.31
2 เพิ่มปุ๋ยคอก (ขี้ไก่)	6.99	14.80	5.11	8.81
3 เพิ่มปุ๋ยอามิเมท อัตรา 20 g/กระถาง	9.76	18.56	5.07	9.72
4 เพิ่มปุ๋ยอามิเมท อัตรา 40 g/กระถาง	10.50	18.39	4.78	9.06
5 เพิ่ม Fe ร่วมกับปุ๋ยคอก	8.32	19.81	5.23	8.71
6 เพิ่ม Mn, Zn, Cu ร่วมกับปุ๋ยคอก	7.71	19.31	8.04	16.75
7 เพิ่มฮิวมัส อัตรา 25 g/กระถาง	8.81	24.06	4.87	9.53
8 เพิ่มฮิวมัส อัตรา 50 g/กระถาง	8.61	25.85	4.67	9.17
9 เพิ่มกำมะถันผง อัตรา 50 mg/กระถาง	8.25	20.80	4.55	8.79
10 เพิ่มกำมะถันผง อัตรา 150 mg/กระถาง	8.49	22.47	4.85	9.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 8 อิทธิพลของจุลธาตุอาหารที่มีต่อน้ำหนักสดของตอซัง (กรัม/กระถาง) การทดลองที่ 1

ตำรับ	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย
	1	2	3		
1 ไม่มีการใส่จุลธาตุ	11.64	11.98	11.43	35.05	11.68
2 เพิ่ม Fe	17.98	17.32	17.22	52.52	17.51
3 เพิ่ม Mn	11.55	12.07	11.73	35.35	11.78
4 เพิ่ม Zn	11.45	11.91	11.34	34.70	11.57
5 เพิ่ม Cu	13.21	12.98	12.74	38.93	12.98
6 เพิ่ม Fe และ Mn	13.94	14.82	14.44	43.20	14.40
7 เพิ่ม Fe และ Zn	14.71	14.31	14.67	43.69	14.56
8 เพิ่ม Fe และ Cu	15.84	16.91	15.44	48.19	16.06
9 เพิ่ม Mn, Zn และ Cu	12.55	12.24	11.74	36.53	12.18
10 เพิ่ม Fe, Mn, Zn และ Cu	18.55	16.56	17.76	52.87	17.62

ANOVA

SOV	df	SS	MS	F	F.05	F.01
Treatment	9	152.16	16.91	68.84**	2.39	3.46
Error	20	4.91	0.25			
Total	29	157.08	5.42			

CV (%) = 13.23

LSD.05 = 0.84

LSD.01 = 1.15

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติในระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %

** มีความแตกต่างทางสถิติในระดับความเชื่อมั่นที่ 99 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 9 อิทธิพลของจุลธาตุอาหารที่มีต่อน้ำหนักสดของผัก (กรัม/กระถาง)

การทดลองที่ 1

ตำรับ	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย
	1	2	3		
1 ไม่มีการใส่จุลธาตุ	20.99	21.43	21.02	63.44	21.15
2 เพิ่ม Fe	33.32	31.22	32.33	96.87	32.29
3 เพิ่ม Mn	25.47	23.80	24.50	73.77	24.59
4 เพิ่ม Zn	24.56	24.76	25.18	74.50	24.83
5 เพิ่ม Cu	22.05	22.33	21.25	65.63	21.88
6 เพิ่ม Fe และ Mn	31.92	30.34	30.95	93.21	31.07
7 เพิ่ม Fe และ Zn	32.13	30.84	31.98	94.95	31.65
8 เพิ่ม Fe และ Cu	30.74	29.03	28.87	88.64	29.55
9 เพิ่ม Mn, Zn และ Cu	23.43	24.19	23.57	71.19	23.73
10 เพิ่ม Fe, Mn, Zn และ Cu	30.77	32.17	33.64	96.58	32.19

ANOVA

SOV	df	SS	MS	F	F.05	F.01
Treatment	9	541.43	60.16	89.63**	2.39	3.46
Error	20	13.42	0.67			
Total	29	554.85	19.13			

CV (%) = 15.68

LSD.05 = 1.40

LSD.01 = 1.90

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติในระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %

** มีความแตกต่างทางสถิติในระดับความเชื่อมั่นที่ 99 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 10 อิทธิพลของจุลธาตุอาหารที่มีต่อน้ำหนักสดของเมล็ด (กรัม/กระถาง)
การทดลองที่ 1

ตำรับ	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย
	1	2	3		
1 ไม่มีการใส่จุลธาตุ	9.58	9.14	10.12	28.84	9.61
2 เพิ่ม Fe	17.04	16.35	16.40	49.79	16.60
3 เพิ่ม Mn	15.58	15.24	16.04	46.86	15.62
4 เพิ่ม Zn	11.55	12.26	12.66	36.47	12.16
5 เพิ่ม Cu	10.52	10.72	9.83	31.07	10.36
6 เพิ่ม Fe และ Mn	15.79	14.93	15.53	46.25	15.42
7 เพิ่ม Fe และ Zn	14.27	14.93	14.48	43.68	14.56
8 เพิ่ม Fe และ Cu	15.20	15.66	14.89	45.75	15.25
9 เพิ่ม Mn, Zn และ Cu	11.37	12.97	11.97	36.31	12.10
10 เพิ่ม Fe, Mn, Zn และ Cu	15.61	15.27	16.10	46.98	15.66

ANOVA

SOV	df	SS	MS	F	F.05	F.01
Treatment	9	164.42	18.27	77.08**	2.39	3.46
Error	20	4.74	0.24			
Total	29	169.16	5.83			

CV (%) = 13.14

LSD.05 = 0.83

LSD.01 = 1.13

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติในระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %

** มีความแตกต่างทางสถิติในระดับความเชื่อมั่นที่ 99 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 11 อิทธิพลของจุลธาตุอาหารที่มีต่อน้ำหนักแห้งของตอซัง (กรัม/กระถาง)
การทดลองที่ 1

ตำรับ	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย
	1	2	3		
1 ไม่มีการใส่จุลธาตุ	7.87	8.23	7.93	24.03	8.01
2 เพิ่ม Fe	13.15	12.97	12.67	38.79	12.93
3 เพิ่ม Mn	8.36	8.19	8.25	24.80	8.27
4 เพิ่ม Zn	7.92	8.70	8.94	25.56	8.52
5 เพิ่ม Cu	10.86	11.09	11.34	33.29	11.10
6 เพิ่ม Fe และ Mn	12.00	12.04	11.42	35.46	11.82
7 เพิ่ม Fe และ Zn	11.32	11.69	10.81	33.82	11.27
8 เพิ่ม Fe และ Cu	13.49	12.84	12.24	38.57	12.86
9 เพิ่ม Mn, Zn และ Cu	8.75	8.01	7.89	24.65	8.22
10 เพิ่ม Fe, Mn, Zn และ Cu	12.73	11.74	11.89	36.36	12.12

ANOVA

SOV	df	SS	MS	F	F.05	F.01
Treatment	9	111.30	12.37	74.79**	2.39	3.46
Error	20	3.31	0.17			
Total	29	114.61	3.95			

CV (%) = 12.54

LSD.05 = 0.69

LSD.01 = 0.94

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติในระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %

** มีความแตกต่างทางสถิติในระดับความเชื่อมั่นที่ 99 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 12 อิทธิพลของจุลธาตุอาหารที่มีต่อน้ำหนักแห้งของผัก (กรัม/กระถาง)
การทดลองที่ 1

ตำรับ	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย
	1	2	3		
1 ไม่มีการใส่จุลธาตุ	7.76	8.35	8.15	24.26	8.09
2 เพิ่ม Fe	11.41	12.27	11.61	35.29	11.76
3 เพิ่ม Mn	8.65	8.75	9.26	26.66	8.89
4 เพิ่ม Zn	9.89	10.84	10.07	30.80	10.27
5 เพิ่ม Cu	8.99	9.32	9.84	28.15	9.38
6 เพิ่ม Fe และ Mn	9.40	8.81	8.92	27.13	9.04
7 เพิ่ม Fe และ Zn	10.18	10.47	9.87	30.52	10.17
8 เพิ่ม Fe และ Cu	11.86	10.85	10.50	33.21	11.07
9 เพิ่ม Mn, Zn และ Cu	8.58	8.06	8.90	25.54	8.51
10 เพิ่ม Fe, Mn, Zn และ Cu	9.63	9.02	9.34	27.99	9.33

ANOVA

SOV	df	SS	MS	F	F.05	F.01
Treatment	9	35.99	4.00	22.24**	2.39	3.46
Error	20	3.60	0.18			
Total	29	39.59	1.37			

CV (%) = 13.65

LSD.05 = 0.72

LSD.01 = 0.99

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติในระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %

** มีความแตกต่างทางสถิติในระดับความเชื่อมั่นที่ 99 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 13 อิทธิพลของจุลธาตุอาหารที่มีต่อน้ำหนักแห้งของเมล็ด (กรัม/กระถาง) การทดลองที่ 1

ตำรับ	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย
	1	2	3		
1 ไม่มีการใส่จุลธาตุ	3.32	3.56	3.13	10.01	3.34
2 เพิ่ม Fe	6.32	6.92	6.64	19.88	6.63
3 เพิ่ม Mn	5.10	5.93	5.73	16.76	5.59
4 เพิ่ม Zn	5.30	5.86	5.36	16.52	5.51
5 เพิ่ม Cu	5.64	6.47	5.84	17.95	5.98
6 เพิ่ม Fe และ Mn	5.13	5.23	4.94	15.30	5.10
7 เพิ่ม Fe และ Zn	5.83	6.19	5.50	17.52	5.84
8 เพิ่ม Fe และ Cu	6.07	5.69	5.30	17.06	5.69
9 เพิ่ม Mn, Zn และ Cu	3.74	4.00	3.91	11.65	3.88
10 เพิ่ม Fe, Mn, Zn และ Cu	5.98	6.76	6.82	19.56	6.52

ANOVA

SOV	df	SS	MS	F	F.05	F.01
Treatment	9	30.21	3.36	29.64**	2.39	3.46
Error	20	2.26	0.11			
Total	29	32.47	1.12			

CV (%) = 14.47

LSD.05 = 0.57

LSD.01 = 0.78

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติในระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %

** มีความแตกต่างทางสถิติในระดับความเชื่อมั่นที่ 99 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 14 อิทธิพลของสารประกอบชนิดอื่นที่มีต่อน้ำหนักสดของตอซัง (กรัม/กระถาง) การทดลองที่ 2

ตำรับ	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย
	1	2	3		
1 ไม่มีการใส่สารประกอบ	21.35	18.22	18.74	58.31	19.44
2 เพิ่มปุ๋ยคอก	30.47	35.95	31.29	97.71	32.57
3 เพิ่มปุ๋ยอามิเมท 20 g	18.82	19.84	21.01	59.67	19.89
4 เพิ่มปุ๋ยอามิเมท 40 g	25.69	27.17	30.95	83.81	27.94
5 เพิ่ม Fe+ปุ๋ยคอก	30.56	32.20	35.52	98.28	32.76
6 เพิ่ม Mn+Cu+Zn+ปุ๋ยคอก	25.66	26.52	22.17	74.35	24.78
7 เพิ่มฮิวมัส 25 g	23.04	26.17	26.36	75.57	25.19
8 เพิ่มฮิวมัส 50 g	31.60	34.12	35.90	101.62	33.87
9 เพิ่มกำมะถันผง 50 mg	25.72	27.72	23.79	77.23	25.74
10 เพิ่มกำมะถันผง 150 mg	27.76	29.72	30.84	88.32	29.44

ANOVA

SOV	df	SS	MS	F	F.05	F.01
Treatment	9	706.61	78.51	16.98**	2.39	3.46
Error	20	92.47	4.62			
Total	29	799.09	27.55			

CV (%) = 13.54

LSD.05 = 3.66

LSD.01 = 5.00

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติในระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %

** มีความแตกต่างทางสถิติในระดับความเชื่อมั่นที่ 99 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 15 อิทธิพลของสารประกอบชนิดอื่นที่มีต่อน้ำหนักสดของฝัก (กรัม/กระถาง) การทดลองที่ 2

ตำรับ	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย
	1	2	3		
1 ไม่มีการใส่สารประกอบ	21.87	21.45	20.75	64.07	21.36
2 เพิ่มปุ๋ยคอก	31.59	32.14	31.95	95.68	31.89
3 เพิ่มปุ๋ยอามิเมท 20 g	27.31	26.54	26.78	80.63	26.88
4 เพิ่มปุ๋ยอามิเมท 40 g	30.79	30.17	29.71	90.67	30.22
5 เพิ่ม Fe+ปุ๋ยคอก	31.82	32.05	31.85	95.72	31.91
6 เพิ่ม Mn+Cu+Zn+ปุ๋ยคอก	24.66	23.54	23.26	71.46	23.82
7 เพิ่มฮิวมัส 25 g	22.57	22.61	21.88	67.06	22.35
8 เพิ่มฮิวมัส 50 g	31.21	30.92	31.96	94.09	31 36
9 เพิ่มกำมะถันผง 50 mg	21.36	22.88	21.76	66.00	22.00
10 เพิ่มกำมะถันผง 150 mg	23.93	24.22	25.94	74.09	24.70

ANOVA

SOV	df	SS	MS	F	F.05	F.01
Treatment	9	510.26	56.70	154.52**	2.39	3.46
Error	20	7.34	0.37			
Total	29	517.60	17.85			

CV (%) = 11.73

LSD.05 = 1.03

LSD.01 = 1.41

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติในระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %

** มีความแตกต่างทางสถิติในระดับความเชื่อมั่นที่ 99 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 16 อิทธิพลของสารประกอบชนิดอื่นที่มีต่อน้ำหนักสดของเมล็ด (กรัม/กระถาง) การทดลองที่ 2

ตำรับ	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย
	1	2	3		
1 ไม่มีการใส่สารประกอบ	8.29	8.04	8.20	24.53	8.18
2 เพิ่มปุ๋ยคอก	14.78	14.93	14.02	43.73	14.58
3 เพิ่มปุ๋ยอามิเมท 20 g	11.17	11.18	11.91	34.26	11.42
4 เพิ่มปุ๋ยอามิเมท 40 g	14.10	14.28	14.86	43.24	14.41
5 เพิ่ม Fe+ปุ๋ยคอก	15.19	15.59	15.25	46.03	15.34
6 เพิ่ม Mn+Cu+Zn+ปุ๋ยคอก	10.20	11.26	9.77	31.23	10.41
7 เพิ่มฮิวมัส 25 g	8.61	8.34	8.66	25.61	8.54
8 เพิ่มฮิวมัส 50 g	14.61	14.98	14.71	44.30	14.77
9 เพิ่มกำมะถันผง 50 mg	9.20	9.55	9.10	27.85	9.28
10 เพิ่มกำมะถันผง 150 mg	13.98	12.60	11.90	38.48	12.83

ANOVA

SOV	df	SS	MS	F	F.05	F.01
Treatment	9	206.49	22.94	92.94**	2.39	3.46
Error	20	4.94	0.25			
Total	29	211.43	7.29			

CV (%) = 14.36

LSD.05 = 0.85

LSD.01 = 1.15

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติในระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %

** มีความแตกต่างทางสถิติในระดับความเชื่อมั่นที่ 99 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 17 อิทธิพลของสารประกอบชนิดอื่นที่มีต่อน้ำหนักแห้งของตอซัง (กรัม/กระถาง) การทดลองที่ 2

ตำรับ	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย
	1	2	3		
1 ไม่มีการใส่สารประกอบ	8.07	7.73	7.89	23.69	7.90
2 เพิ่มปุ๋ยคอก	12.50	13.07	12.87	38.44	12.81
3 เพิ่มปุ๋ยอามิเมท 20 g	8.36	9.09	8.57	26.02	8.67
4 เพิ่มปุ๋ยอามิเมท 40 g	11.52	11.20	11.94	34.66	11.55
5 เพิ่ม Fe+ปุ๋ยคอก	12.86	13.09	13.24	39.19	13.06
6 เพิ่ม Mn+Cu+Zn+ปุ๋ยคอก	10.00	10.04	10.42	30.46	10.15
7 เพิ่มฮิวมัส 25 g	9.32	8.69	9.81	27.82	9.27
8 เพิ่มฮิวมัส 50 g	12.49	12.84	13.24	38.57	12.86
9 เพิ่มกำมะถันผง 50 mg	8.45	8.31	8.79	25.55	8.52
10 เพิ่มกำมะถันผง 150 mg	12.73	11.44	11.49	35.66	11.89

ANOVA

SOV	df	SS	MS	F	F.05	F.01
Treatment	9	107.69	11.97	78.06**	2.39	3.46
Error	20	3.07	0.15			
Total	29	110.76	3.82			

CV (%) = 11.99

LSD.05 = 0.67

LSD.01 = 0.91

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติในระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %

** มีความแตกต่างทางสถิติในระดับความเชื่อมั่นที่ 99 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 18 อิทธิพลของสารประกอบชนิดอื่นที่มีต่อน้ำหนักแห้งของฝัก (กรัม/กระถาง) การทดลองที่ 2

ตำรับ	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย
	1	2	3		
1 ไม่มีการใส่สารประกอบ	6.56	5.97	5.85	18.38	6.13
2 เพิ่มปุ๋ยคอก	11.11	11.27	11.61	33.99	11.33
3 เพิ่มปุ๋ยอามิเมท 20 g	9.15	9.95	8.96	28.06	9.35
4 เพิ่มปุ๋ยอามิเมท 40 g	10.19	10.84	10.07	31.10	10.37
5 เพิ่ม Fe+ปุ๋ยคอก	11.99	12.22	10.94	35.15	11.72
6 เพิ่ม Mn+Cu+Zn+ปุ๋ยคอก	8.40	8.81	8.12	25.33	8.44
7 เพิ่มฮิวมัส 25 g	7.18	7.47	7.87	22.52	7.51
8 เพิ่มฮิวมัส 50 g	12.86	11.85	11.50	36.21	12.07
9 เพิ่มกำมะถันผง 50 mg	6.38	6.76	6.70	19.84	6.61
10 เพิ่มกำมะถันผง 150 mg	10.00	9.92	11.14	31.06	10.35

ANOVA

SOV	df	SS	MS	F	F.05	F.01
Treatment	9	123.13	13.68	57.74**	2.39	3.46
Error	20	4.74	0.24			
Total	29	127.87	4.41			

CV (%) = 15.89

LSD.05 = 0.83

LSD.01 = 1.13

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติในระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %

** มีความแตกต่างทางสถิติในระดับความเชื่อมั่นที่ 99 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 19 อิทธิพลของสารประกอบชนิดอื่นที่มีต่อน้ำหนักแห้งของเมล็ด (กรัม/กระถาง) การทดลองที่ 2

ตำรับ	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย
	1	2	3		
1 ไม่มีการใส่สารประกอบ	2.82	3.56	2.73	9.11	3.04
2 เพิ่มปุ๋ยคอก	6.52	6.92	6.64	20.08	6.69
3 เพิ่มปุ๋ยอามิเมท 20 g	4.10	4.93	4.73	13.76	4.59
4 เพิ่มปุ๋ยอามิเมท 40 g	6.30	6.36	6.86	19.52	6.51
5 เพิ่ม Fe+ปุ๋ยคอก	6.64	6.47	6.84	19.95	6.65
6 เพิ่ม Mn+Cu+Zn+ปุ๋ยคอก	5.13	4.23	4.14	13.50	4.50
7 เพิ่มฮิวมัส 25 g	4.93	5.39	4.75	15.07	5.02
8 เพิ่มฮิวมัส 50 g	7.47	7.59	7.80	22.86	7.62
9 เพิ่มกำมะถันผง 50 mg	3.74	3.50	3.11	10.35	3.45
10 เพิ่มกำมะถันผง 150 mg	5.98	5.76	5.12	16.86	5.62

ANOVA

SOV	df	SS	MS	F	F.05	F.01
Treatment	9	61.28	6.81	52.25**	2.39	3.46
Error	20	2.61	0.13			
Total	29	63.89	2.20			

CV (%) = 15.58

LSD.05 = 0.61

LSD.01 = 0.84

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติในระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %

** มีความแตกต่างทางสถิติในระดับความเชื่อมั่นที่ 99 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 7 เปรียบเทียบความแตกต่างการเจริญเติบโตระหว่างตำรับที่ไม่ได้รับจุลธาตุอาหาร(ตำรับที่ 1)กับตำรับที่ได้รับธาตุเหล็ก(ตำรับที่ 2) ในการทดลองที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 8 เปรียบเทียบความแตกต่างการเจริญเติบโตระหว่างตำรับที่ไม่ได้รับจุลธาตุอาหาร (ตำรับที่ 1) กับตำรับที่ได้รับจุลธาตุอาหารชนิดต่างๆเพียงธาตุเดียว (ตำรับที่ 2, 3, 4 และ 5) ในการทดลองที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 9 เปรียบเทียบความแตกต่างการเจริญเติบโตระหว่างตำรับที่ไม่ได้รับจุลธาตุอาหาร (ตำรับที่ 1) กับตำรับที่ได้รับธาตุแมงกานีส ธาตุสังกะสี ธาตุทองแดงร่วมกัน (ตำรับที่ 9)และตำรับที่ได้รับจุลธาตุอาหารครบทุกชนิด (ตำรับที่10) ในการทดลองที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 10 เปรียบเทียบความแตกต่างการเจริญเติบโตระหว่างตำรับที่ไม่ได้รับจุลธาตุอาหาร(ตำรับที่ 1) กับตำรับที่ได้รับธาตุเหล็กร่วมกับจุลธาตุอาหารชนิดอื่น (ตำรับที่ 6, 7 และ 8) ในการทดลองที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 11 เปรียบเทียบความแตกต่างการเจริญเติบโตระหว่างตำรับที่ไม่ได้รับสารประกอบใด (ตำรับที่ 1) กับตำรับที่ได้รับปุ๋ยอามิเมท อัตรา 20 และ 40 กรัมต่อกระถาง (ตำรับที่ 3 และ 4) ในการทดลองที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 12 เปรียบเทียบความแตกต่างการเจริญเติบโตระหว่างตำรับที่ไม่ได้รับสารประกอบใด (ตำรับที่ 1) กับตำรับที่ได้รับสารประกอบอินทรีย์ฮิวมัส อัตรา 25 และ 50 กรัม ต่อกระถาง (ตำรับที่ 7 และ 8) ในการทดลองที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 13 เปรียบเทียบความแตกต่างการเจริญเติบโตระหว่างตำรับที่ไม่ได้รับสารประกอบใด (ตำรับที่ 1) กับตำรับที่ได้รับกำมะถันผง อัตรา 50 และ 150 มิลลิกรัมต่อกระถาง (ตำรับที่ 9 และ 10) ในการทดลองที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 14 เปรียบเทียบความแตกต่างการเจริญเติบโตระหว่างตำรับที่ไม่ได้รับสารประกอบใด (ตำรับที่ 1) กับตำรับที่ได้รับปุ๋ยคอก (ตำรับที่ 2) และตำรับที่ได้รับปุ๋ยคอกร่วมกับธาตุเหล็ก (ตำรับที่ 5) ในการทดลองที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 15 เปรียบเทียบความแตกต่างการเจริญเติบโตระหว่างตำรับที่ไม่ได้รับสารประกอบใด (ตำรับที่ 1) กับตำรับที่ได้รับปุ๋ยคอกร่วมกับธาตุเหล็ก (ตำรับที่ 5) และตำรับที่ได้รับปุ๋ยคอกร่วมกับธาตุแมงกานีส ธาตุสังกะสี ธาตุทองแดง (ตำรับที่ 6) ในการทดลองที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้