



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

ปริญญา

ปฐพีวิทยา

ปฐพีวิทยา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การตอบสนองต่อปุ๋ยเหล็กบางชนิดของข้าวโพดและถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน

Responses to Some Iron Sources of Corn and Groundnut Grown on Calcareous Soil

นางผู้วิจัย นางสาวเรืองรอง มอยสุรินทร์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์จรัญจักษ์ จันทร์เจริญสุข, D.Agr.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์เอ็จ สโรบล, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิบูลย์ กังแฮ, วท.ม.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญจนา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สิงสิงห์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การตอบสนองต่อปุ๋ยเหล็กบางชนิดของข้าวโพดและถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน

Responses to Some Iron Sources of Corn and Groundnut Grown on Calcareous Soil

โดย

นางสาวเรืองรอง มอยสุรินทร์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เรื่องรอง มอยสุรินทร์ 2553: การตอบสนองต่อปุ๋ยเหล็กบางชนิดของข้าวโพดและถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา) สาขาปฐพีวิทยา ภาควิชาปฐพีวิทยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์จรงค์ จันท์เจริญสุข, D.Agr. 106 หน้า

ศึกษาการตอบสนองต่อปุ๋ยเหล็กบางชนิดของข้าวโพดและถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี ซึ่งมี pH สูง มีปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ต่ำ ทำการทดลองในเรือนทดลอง โดยแบ่งเป็น 3 การทดลอง การทดลองที่ 1 เป็นการศึกษาการตอบสนองต่อเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต $[\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ และเหล็กอีดีดีเอชเอ (Fe-EDDHA) ของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี วางแผนการทดลองแบบ (2×3) Factorial in Completely Randomized Design ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ปัจจัยที่ 1 คือ ชนิดของปุ๋ยเหล็ก ได้แก่ ปุ๋ยเหล็กในรูป $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA ปัจจัยที่ 2 คือ อัตราของปุ๋ยเหล็ก ได้แก่ 5, 15 และ 45 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัมและดำรับควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ยเหล็ก) ทำ 3 ซ้ำ ผลการทดลอง พบว่า ข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลีขาดเหล็ก การใส่ปุ๋ยเหล็กทั้งในรูป $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และในรูป Fe-EDDHA มีผลในการเพิ่มการเจริญเติบโตและผลผลิตฝักของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลีอย่างเด่นชัด ประสิทธิภาพในการเพิ่มการเจริญเติบโต ผลผลิตและปริมาณการดูดใช้เหล็กของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA ใกล้เคียงกัน การทดลองที่ 2 ศึกษาการตอบสนองต่อ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA ของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี วางแผนการทดลองแบบ (2×3) Factorial in Completely Randomized Design ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ปัจจัยที่ 1 คือ ชนิดของปุ๋ยเหล็ก ได้แก่ ปุ๋ยเหล็กในรูป $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และในรูป Fe-EDDHA ปัจจัยที่ 2 คือ อัตราของปุ๋ยเหล็ก ได้แก่ 2.5, 7.5 และ 22.5 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัมและดำรับควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ยเหล็ก) ทำ 3 ซ้ำ ผลการทดลอง พบว่า ถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลีขาดเหล็ก การใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และในรูป Fe-EDDHA มีผลในการเพิ่มการเจริญเติบโตและปริมาณการดูดใช้เหล็กทั้งหมดของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี ประสิทธิภาพในการเพิ่มการเจริญเติบโต ผลผลิต น้ำหนักแห้งและปริมาณการดูดใช้เหล็กทั้งหมดของถั่วลิสงของปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-EDDHA สูงกว่าปุ๋ยเหล็กในรูป $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ การทดลองที่ 3 ศึกษาการตอบสนองต่อเหล็กดีทีพีเอ (Fe-DTPA) และ Fe-EDDHA ของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี วางแผนการทดลองแบบ (2×4) Factorial in Completely Randomized Design ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ปัจจัยที่ 1 คือ ชนิดของปุ๋ยเหล็ก ได้แก่ ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ปัจจัยที่ 2 คือ อัตราของปุ๋ยเหล็ก ได้แก่ 0.5, 1.0, 2.0 และ 3.0 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม และดำรับควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ยเหล็ก) ทำ 3 ซ้ำ ผลการทดลองพบว่า ถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลีขาดเหล็ก การใส่ปุ๋ยเหล็กทั้งในรูป Fe-EDDHA และในรูป Fe-DTPA มีผลในการเพิ่มการเจริญเติบโต ผลผลิตและปริมาณการดูดใช้เหล็กของถั่วลิสงอย่างเด่นชัด ผลผลิตเมล็ดของถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ Fe-EDDHA อัตรา 0.5, 1.0, 2.0 และ 3.0 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม เพิ่มขึ้นมากกว่าดำรับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยเหล็ก 231, 248, 263 และ 339 เท่า ตามลำดับ ขณะที่ผลผลิตเมล็ดของถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ Fe-DTPA อัตรา 0.5, 1.0, 2.0 และ 3.0 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม เพิ่มขึ้นมากกว่าดำรับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยเหล็ก 27, 37, 168 และ 256 เท่า ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการเพิ่มการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณการดูดใช้เหล็กของถั่วลิสงของ Fe-EDDHA สูงกว่า Fe-DTPA การปลูกข้าวโพดและถั่วลิสงในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลีที่นำมาศึกษาควรมีการใส่ปุ๋ยเหล็ก โดยปุ๋ยเหล็กในรูป $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และในรูป Fe-EDDHA จะมีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตข้าวโพดได้ใกล้เคียงกัน ส่วนถั่วลิสง ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-EDDHA จะมีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตถั่วลิสงได้ดีที่สุด

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Rouengrong Moysurin 2010: Responses to Some Iron Sources of Corn and Groundnut Grown on Calcareous Soil. Master of Science (Soil Science), Major Field: Soil Science, Department of Soil Science. Thesis Advisor: Associate Professor Jongruk Chanchareonsook, D.Agr. 106 pages.

This experiment studied the responses to some iron sources of corn and groundnut grown on calcareous soil, Takhli series, which was high in pH and low in available iron content. Three experiments were carried out. Factorial of 2 factors, Fe sources and their rates, in Completely Randomized Design with 3 replications were done in all experiments. In the first experiment, responses of corn to $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ and Fe-EDDHA fertilizers were studied. Types of iron fertilizer which were $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ and Fe-EDDHA and application rates which were 5, 15 and 45 mg Fe kg^{-1} soil, were investigated. The control treatment was without iron fertilizer application. The results showed that corn grown on a calcareous soil, Takhli series, was deficient in iron. Application of iron fertilizer in the form of $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ and Fe-EDDHA significantly increased growth and yield of corn over the control. The effectiveness of $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ and Fe-EDDHA in the increase of growth, yield and total iron uptake of corn were similar. In the second experiment, responses of groundnut to $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ and Fe-EDDHA was elucidated. Types of iron fertilizer which were $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ and Fe-EDDHA and application rates which were 2.5, 7.5 and 22.5 mg Fe kg^{-1} soil were investigated. The control treatment was without iron fertilizer application. The results showed that groundnut on a calcareous soil, Takhli series, was deficient in iron. Application of iron fertilizer in the form of $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ and Fe-EDDHA significantly increased growth, dry matter yield and total iron uptake of groundnut over the control. The effectiveness of Fe-EDDHA in the increase of growth and total iron uptake of groundnut was greater than that of $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. The third experiment, studied the response of groundnut to Fe-DTPA and Fe-EDDHA fertilizers in a calcareous soil, Takhli series. Types of iron fertilizer which were Fe-DTPA and Fe-EDDHA and application rates which were 0.5, 1.0, 2.0 and 3.0 mg Fe kg^{-1} soil were investigated. The control treatment was without iron fertilizer application. The results showed that groundnut on a calcareous soil, Takhli series, was deficient in iron. Application of iron fertilizer either in the form of Fe-DTPA or Fe-EDDHA significantly increased total Fe uptake, growth and yield of groundnut over the control. Application of Fe-EDDHA at the rate of 0.5, 1.0, 2.0 and 3.0 mg Fe kg^{-1} soil increased seed yield of groundnut by 231, 248, 263 and 339-fold, respectively, above the control where as application of Fe-DTPA at the rate of 0.5, 1, 2 and 3 mg Fe kg^{-1} soil increased seed yield of groundnut by 27, 37, 168 and 256-fold, respectively, above the control. The effectiveness of Fe-EDDHA in the increase of growth, yield and total iron uptake of groundnut was higher than that of Fe-DTPA. Finally, application of either $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ or Fe-EDDHA to corn and application of Fe-EDDHA to groundnut grown on the calcareous soil, Takhli series, were recommended.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.จรัลย์ จันทร์เจริญสุข อาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์หลัก และรองศาสตราจารย์ ดร. เอ็จ สโรบล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้ซึ่งคอย
ให้ความช่วยเหลือ ชี้แนะและให้คำปรึกษาในเรื่องการเรียนและการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนเป็น
แบบอย่างที่ดีของความตั้งใจและมุ่งมั่นในการทำงาน รวมทั้งให้คำแนะนำในการตรวจทาน แก้ไข
ข้อบกพร่องต่าง ๆ จนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วย
ศาสตราจารย์ ดร. สุเทพ ทองแพ และ ดร.พิชิต พงษ์สกุล ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจแก้ไข
วิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่าน บุคลากรและเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชา
ปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ที่ได้อนุเคราะห์ให้ใช้สถานที่
และอุปกรณ์ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำ ขอขอบพระคุณ พี่ ๆ และน้อง ๆ ข้าราชการ
และเจ้าหน้าที่สถานีพัฒนาที่ดินพะเยา สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7 กรมพัฒนาที่ดิน ที่ให้คำแนะนำ
และความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ ข้าพเจ้าขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ สโมสรมนิต
บัณฑิตปฐพีวิทยาทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วง และเป็นกำลังใจ
ตลอดมา

สิ่งสำคัญยิ่ง นั่นคือกำลังใจจากครอบครัว ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่สาว และ
พี่ชาย ที่คอยรักและห่วงใย ตลอดทั้งให้โอกาสทางการศึกษา จนวิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้สำเร็จลุล่วง
ประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ขอบแต่ คุณพ่อ คุณแม่ ครู อาจารย์ที่อบรมสั่งสอนให้
ข้าพเจ้ามีความรู้มาจนถึงปัจจุบัน

เรื่องรอง มอยสุรินทร์

มีนาคม 2553

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(7)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	16
อุปกรณ์	16
วิธีการ	18
ผลและวิจารณ์	27
ผล	27
วิจารณ์	79
สรุปและข้อเสนอแนะ	84
สรุป	84
ข้อเสนอแนะ	86
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	87
ภาคผนวก	95
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	106

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปุ๋ยเหล็กในรูปสารประกอบอนินทรีย์	9
2	ปุ๋ยเหล็กในรูปเหล็กคีเลต	10
3	สมบัติบางประการของซุดดินตาคลีที่นำมาศึกษา	28
4	ผลการใส่ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA ต่อความสูงของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูน ซุดดินตาคลี (อายุ 40 วัน)	30
5	ผลการใส่ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA ต่อความสูงของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูน ซุดดินตาคลี (อายุ 60 วัน)	31
6	ผลการใส่ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA ต่อผลผลิตน้ำหนักแห้งฝักของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูน ซุดดินตาคลี (อายุ 65 วัน)	34
7	ผลการใส่ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA ต่อน้ำหนักแห้งต่อซังของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูน ซุดดินตาคลี (อายุ 65 วัน)	35
8	ผลการใส่ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA ต่อปริมาณการดูดใช้เหล็กทั้งหมดของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูน ซุดดินตาคลี (อายุ 65 วัน)	38
9	ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูน ซุดดินตาคลีหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด (อายุ 65 วัน)	40
10	ผลการใส่ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA ต่อความสูงของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ซุดดินตาคลี (อายุ 15 วัน)	43
11	ผลการใส่ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA ต่อความสูงของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ซุดดินตาคลี (อายุ 30 วัน)	44
12	ผลการใส่ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA ต่ออาการคลอโรซีซของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ซุดดินตาคลี เมื่ออายุ 15, 20 และ 30 วันหลังปลูก	47
13	ผลการใส่ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA ต่อน้ำหนักแห้งต่อซังของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน (อายุ 35 วัน)	49
14	ผลการใส่ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA ต่อน้ำหนักแห้งรากของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน (อายุ 35 วัน)	51

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
15	ผลการใส่ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA ต่อปริมาณการดูดใช้เหล็กทั้งหมดของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเหนียว ชุดดินตากลิ (อายุ 35 วัน)	54
16	ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเหนียว ชุดดินตากลิหลังการเก็บเกี่ยวถั่วลิสง (อายุ 35 วัน)	56
17	ผลการใส่ Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อความสูงของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเหนียว ชุดดินตากลิ (อายุ 15 วัน)	59
18	ผลการใส่ Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อความสูงของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเหนียว ชุดดินตากลิ (อายุ 30 วัน)	60
19	ผลการใส่ Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อความสูงของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเหนียว ชุดดินตากลิ (อายุ 60 วัน)	61
20	ผลการใส่ Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่ออาการคลอโรซิสของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเหนียว ชุดดินตากลิ เมื่ออายุ 15, 30, 60 และ 80 วันหลังปลูก	64
21	ผลการใส่ Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อน้ำหนักแห้งฝักของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเหนียว ชุดดินตากลิ (อายุ 85 วัน)	66
22	ผลการใส่ Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อน้ำหนักแห้งเมล็ดของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเหนียว ชุดดินตากลิ (อายุ 85 วัน)	67
23	ผลการใส่ Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อผลผลิตเมล็ดเพิ่มของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเหนียว ชุดดินตากลิ	68
24	ผลการใส่ Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อน้ำหนักแห้งตอซังของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเหนียว ชุดดินตากลิ (อายุ 85 วัน)	71
25	ผลการใส่ Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อน้ำหนักแห้งรากของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเหนียว ชุดดินตากลิ (อายุ 85 วัน)	72
26	ผลการใส่ Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อปริมาณการดูดใช้เหล็กทั้งหมดของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเหนียว ชุดดินตากลิ ที่อายุ 80 วัน (อายุ 85 วัน)	75

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
27	ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลีหลังการเก็บเกี่ยว ถั่วลิสง (อายุ 85 วัน)	77
ตารางผนวกที่		
1	น้ำหนักแห้งรวม (ฝัก+ตอซัง) และความเข้มข้นของเหล็กในข้าวโพดที่ปลูกใน ดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี	96
2	น้ำหนักแห้งรวม (ตอซัง+ราก) และความเข้มข้นของเหล็กในถั่วลิสงที่ปลูกใน ดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี	96
3	น้ำหนักแห้งของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี	97
4	ความเข้มข้นของเหล็กในถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี	97
5	ปริมาณเหล็กทั้งหมด (ฝัก+ตอซัง) ของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี	98
6	ข้อจำกัดของสมบัติทางเคมีที่ใช้ประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน	99
7	แสดงระดับความเป็นประโยชน์ Zn, Cu, Fe และ Mn ในดินซึ่งวิเคราะห์โดย วิธี DTPA และ AB-DTPA	102
8	แสดงการเปลี่ยน non SI unit เป็น SI unit	103

สารบัญภาพ

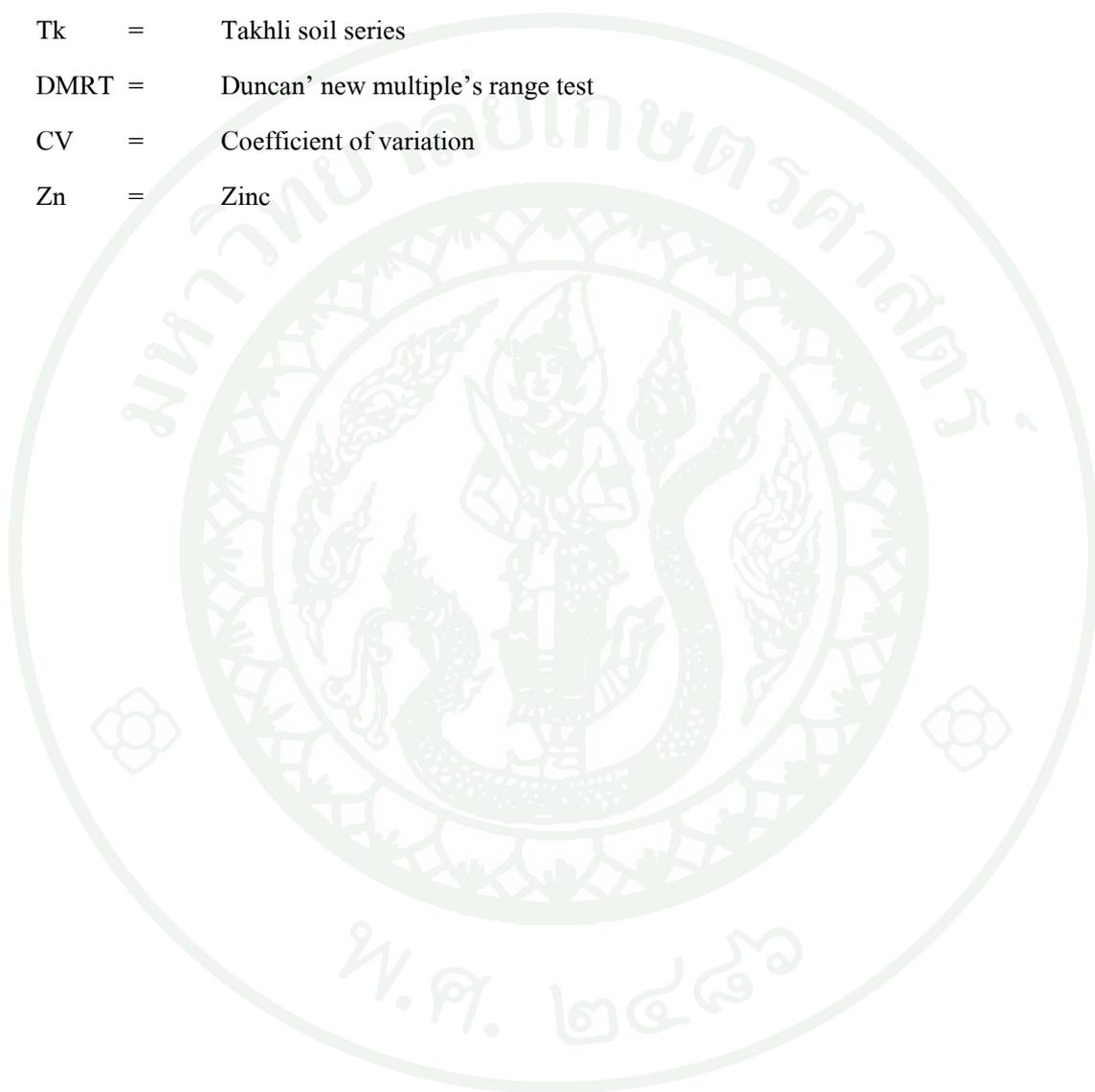
ภาพที่		หน้า
1	เปรียบเทียบผลการใส่ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA ต่อความสูงของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี	32
2	เปรียบเทียบผลการใส่ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA ต่อผลผลิตน้ำหนักแห้งฝักและน้ำหนักแห้งตอซังของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี	36
3	เปรียบเทียบผลการใส่ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA ต่อปริมาณการดูดใช้เหล็กทั้งหมดของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี	39
4	เปรียบเทียบปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลีหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดที่ได้รับการใส่ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA	41
5	เปรียบเทียบผลการใส่ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA ต่อความสูงของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี	45
6	เปรียบเทียบผลการใส่ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA ต่อน้ำหนักแห้งตอซังและน้ำหนักแห้งรากของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี	52
7	เปรียบเทียบผลการใส่ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA ต่อปริมาณการดูดใช้เหล็กทั้งหมดของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี	55
8	เปรียบเทียบปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลีหลังการเก็บเกี่ยวถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA	57
9	เปรียบเทียบผลการใส่ Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อความสูงของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี	62
10	เปรียบเทียบผลการใส่ Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อน้ำหนักแห้งฝักและเมล็ดของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี	69
11	เทียบผลการใส่ Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อน้ำหนักแห้งตอซังและรากของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี	73
12	เปรียบเทียบผลการใส่ Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อปริมาณการดูดใช้เหล็กทั้งหมดของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี	76

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
13	เปรียบเทียบปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคีหลังการเก็บเกี่ยวถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ Fe-DTPA และ Fe-EDDHA	78
ภาพผนวกที่		
1	แสดงอาการคลอโรซิส (chlorosis) ของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคี	104
2	เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของถั่วลิสงตำรับที่ไม่ใส่ปุ๋ยเหล็ก (Control), ใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA (อายุ 30 วัน)	104
3	เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของถั่วลิสง ตำรับที่ไม่ใส่ปุ๋ยเหล็ก (Control), ใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-DTPA และ Fe-EDDHA (อายุ 50 วัน)	105

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

Fe	=	Iron
N	=	Nitrogen
Tk	=	Takhli soil series
DMRT	=	Duncan' new multiple's range test
CV	=	Coefficient of variation
Zn	=	Zinc



การตอบสนองต่อปุ๋ยเหล็กบางชนิดของข้าวโพดและถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน

Responses to Some Iron Sources of Corn and Groundnut Grown on Calcareous Soil

คำนำ

ประเทศไทยมีดินเนื้อปูนหรือดินแคลคาเรียส (calcareous soil) แพร่กระจายอยู่เป็นบริเวณกว้างในพื้นที่ภาคกลางของประเทศในหลายจังหวัด อาทิ ลพบุรี สระบุรี และนครสวรรค์ (คณาจารย์ ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ดินเนื้อปูนเป็นดินที่มี pH สูง มีปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมคาร์บอเนตสะสมในดินสูง พืชที่ปลูกในดินดังกล่าวมักมีปัญหาเกี่ยวกับการขาดธาตุอาหาร โดยเฉพาะการขาดธาตุเหล็ก เนื่องจากธาตุเหล็กจะถูกเปลี่ยนเป็นไฮดรอกไซด์หรือออกไซด์ที่ละลายน้ำได้ยากและตกตะกอนอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช (เพิ่มพูน, 2528; Heitholt *et al.*, 2002; ไพบูลย์, 2546; Havlin *et al.*, 2005) การขาดเหล็กจะส่งผลให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชต่ำ ซึ่งการแก้ไขมักจะทำโดยการใส่ปุ๋ยเหล็กให้กับพืช ปุ๋ยเหล็กมีหลายชนิดทั้งในรูปสารประกอบอนินทรีย์ อาทิ เฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต [$\text{FeSO}_4 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$] เฟอร์รัสซัลเฟต ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) และในรูปเหล็กคีเลต อาทิ เหล็กดีทีพีเอ (Fe-DTPA) เหล็กอีดีทีเอ (Fe-EDTA) และเหล็กอีดีดีเอชเอ (Fe-EDDHA) (Prasad and Power, 1997; Havlin *et al.*, 2005) และเนื่องจากเกษตรกรของประเทศไทยส่วนใหญ่มีการปลูกข้าวโพด (*Zea mays* L.) และถั่วลิสง (*Arachis hypogaea* L.) ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญและทำรายได้สูงให้กับประเทศ (สำนักมาตรฐานสินค้า นำเข้าส่งออก, 2551) ในดินเนื้อปูนกันมาก และมีรายงานการขาดเหล็กในพืชดังกล่าว (ชัยฤกษ์ และคณะ, 2528; สุวพันธ์ และคณะ, 2530; สรสิทธิ์ และคณะ, 2533; พชร, 2551) จึงได้ทำการศึกษาการตอบสนองของข้าวโพดและถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูนต่อปุ๋ยเหล็กบางชนิด โดยการศึกษาทำในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี ซึ่งเป็นดินในอันดับมอลลิซอลล์ (Mollisols) (เอิบ, 2533) ชุดดินตาคลีเป็นดินที่ครอบคลุมพื้นที่ที่มีการปลูกข้าวโพดและถั่วลิสงเป็นบริเวณกว้าง ผลการศึกษาจะทำให้ทราบแนวทางการใช้ชนิดของปุ๋ยเหล็กที่ถูกต้องเหมาะสม ในการแก้ไขปัญหการขาดธาตุเหล็ก และเพิ่มผลผลิตของข้าวโพดและถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน

วัตถุประสงค์

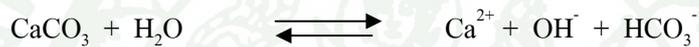
1. เพื่อศึกษาผลการใส่ปุ๋ยเหล็กต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดและถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี
2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของปุ๋ยเหล็กบางชนิด ในการเพิ่มผลผลิตของข้าวโพดและถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี



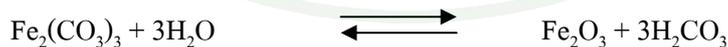
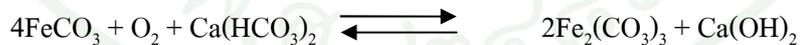
การตรวจเอกสาร

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับดินเหนียว

ดินเหนียว หรือดินแคลคาเรียส (calcareous soil) เป็นดินซึ่งมีแคลเซียมคาร์บอเนตอิสระ และเกลือคาร์บอเนตอื่น ๆ ในปริมาณที่มากพอจะสังเกตเห็นฟองฟู เมื่อทำปฏิกิริยากับกรดเกลือ 0.1 โมลาร์ ดินเหล่านี้จะมีปริมาณสมมูลแคลเซียมคาร์บอเนตอยู่ในช่วง 10 จนเกือบถึง 1,000 กรัมต่อกิโลกรัมของดิน (คณะกรรมการจัดทำปทานุกรมปฐพีวิทยา, 2551) ดินดังกล่าวมักมี pH สูง อยู่ในช่วง 7.3-8.5 เนื่องจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของ CaCO_3 และ MgCO_3 ในดิน จะเกิดปฏิกิริยาดังนี้ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)



pH ของดินที่สูงนี้ จะทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสและจุลธาตุบางชนิด อาทิ เหล็ก สังกะสี แมงกานีส และทองแดงลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การละลายของเหล็ก (Fe^{3+}) จะลดลงถึง 10^3 เท่า ต่อหนึ่งหน่วย pH ที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ อิทธิพลของ CaCO_3 ที่มีมากในดินเหนียว ยังทำให้เหล็กในสารละลายดินตกตะกอนอยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถจะนำไปใช้ประโยชน์ได้ (ไพบูลย์, 2546; Havlin *et al.*, 2005) การละลายได้ของเหล็กในดินจะถูกควบคุมโดยปฏิกิริยาต่างๆ ดังนี้ (เพิ่มพูน, 2528)



2. การแจกกระจายของดินเนื้อปูนในประเทศไทย

ดินเนื้อปูนมักพบในสภาพภูมิอากาศแห้งแล้งและกึ่งแห้งแล้ง ประเทศไทยส่วนใหญ่พบดินเนื้อปูนบริเวณเทือกเขาสูงตอนกลางและที่ราบภาคกลางของประเทศ ส่วนใหญ่เป็นดินในอันดับ Vertisols และ Mollisols ซึ่งเกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินที่เป็นต่าง เช่น หินปูน หินมาร์ล ชุดดินที่สำคัญที่จัดว่าเป็นดินเนื้อปูนได้แก่ ชุดดินตาคลี ชุดดินลพบุรี ชุดดินถ่านารายณ์ และชุดดินชัยบาดาล ซึ่งจะพบมากในเขตจังหวัดลพบุรี สระบุรี นครสวรรค์ และนครราชสีมา (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548; เอิบ, 2533)

3. ลักษณะของชุดดินตาคลี

ชุดดินตาคลี (Tk : Takhli soil series) เป็นดินที่จัดอยู่ในอันดับ มอลลิซอลล์ (Mollisols) ซึ่งสามารถจำแนกดินในระดับวงศ์ตามอนุกรมวิธานดินได้เป็น loamy-skeletal, carbonatic, isohyperthermic Entic Haplustolls (เอิบ, 2533) ชุดดินตาคลีเกิดจากการผุพังของหินปูนที่เคลื่อนที่มาทับถมโดยแรงดึงดูดของโลกและหินปูนที่ผุพังอยู่กับที่บนพื้นที่เหลือค้ำจากการกัดกร่อนและที่ลาดเชิงเขาหินปูน สภาพพื้นที่ที่พบมีลักษณะค่อนข้างราบเรียบจนถึงเป็นลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อย มีความลาดชัน 1-5 เปอร์เซ็นต์ ชุดดินนี้เป็นดินต้น มีการระบายน้ำดี มีความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านเร็ว มีการไหลบ่าของน้ำบนผิวดินปานกลาง ดินมีความลึกประมาณ 10-30 เซนติเมตร มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายถึงดินเหนียว อาจจะมีก้อนหินปูนอยู่บ้างเล็กน้อย สีพื้นเป็นสีดำถึงเข้มของน้ำตาลปนเทา ปฏิกริยาดินเป็นต่างปานกลาง (pH ประมาณ 8.0) ส่วนดินล่างลึกไม่เกิน 50 เซนติเมตร มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายถึงดินเหนียว สีพื้นเป็นสีน้ำตาลเข้ม ในดินล่างนี้จะพบก้อนของหินปูนเป็นจำนวนมาก ชั้นของหินปูนจะพบในระดับความลึกไม่เกิน 50 เซนติเมตร ปฏิกริยาดินเป็นต่างปานกลาง (pH ประมาณ 8.0) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548)

ข้อจำกัดในการใช้ประโยชน์ของชุดดินตาคลี คือ ชั้นของปูนที่ค่อนข้างอยู่ตื้น และมีเศษหินปูนและก้อนปูนปะปนอยู่กับเนื้อดิน ทำให้ยากต่อการร่อนไชของรากพืช สภาพของดินที่มีการยึดหดตัวสูง ทำให้เป็นอุปสรรคต่อการเตรียมดิน นอกจากนี้ ปฏิกริยาดินที่เป็นต่างส่งผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร ทำให้ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชบางชนิดถูกตรึงหรืออยู่ในรูปที่ไม่ละลายมาเป็นประโยชน์ต่อพืช โดยเฉพาะธาตุฟอสฟอรัสและจุลธาตุบางชนิด เช่น เหล็ก สังกะสี แมงกานีส ทองแดง และโบรอน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548)

4. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับธาตุเหล็ก

ธาตุเหล็กเป็นองค์ประกอบของเปลือกโลกประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาณเหล็กในดินจะมีปริมาณแตกต่างกันตั้งแต่ 0.7-55 เปอร์เซ็นต์ (Prasad and Power, 1997; Havlin *et al.*, 2005) เหล็กเป็นจุลธาตุอาหาร (micronutrients) ซึ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืช พืชต้องการเหล็กในปริมาณไม่มาก เมื่อเทียบกับธาตุอาหารพืชที่จัดอยู่ในกลุ่มมหธาตุอาหาร (macronutrients) (ชัยฤกษ์, 2536; คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548; Havlin *et al.*, 2005)

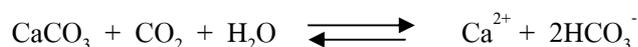
รูปของธาตุเหล็กที่พบในดินส่วนใหญ่จะอยู่ในสภาพของแร่ในกลุ่มปฐมภูมิและทุติยภูมิที่สำคัญ ได้แก่ แร่โอลิวีน (olivine) ซิเดอไรต์ (siderite) ฮีมาไทต์ (hematite) เกอไรท์ (goethite) และแมกนีไทต์ (magnetite) ซึ่งเป็นเหล็กในรูปสารประกอบที่สลับซับซ้อนและละลายยาก ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช เมื่อแร่ดังกล่าวผุพังสลายตัวโดยขบวนการต่าง ๆ ก็จะปลดปล่อยเหล็กออกมาในสารละลายดิน ซึ่งเป็นเหล็กที่อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ได้แก่ เฟอร์รัสหรือเฟอร์ริกไอออน (Fe^{2+} หรือ Fe^{3+}) และรวมถึงคีเลตซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างเหล็กไอออนกับสารคีเลตธรรมชาติ (ชัยฤกษ์, 2536; ยงยุทธ, 2546; Havlin *et al.*, 2005)

5. ปัจจัยที่ควบคุมความเป็นประโยชน์ของธาตุเหล็ก

5.1 pH ของดินและปริมาณไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) ในดิน

ความสามารถในการละลายได้ของเหล็กจะลดลง เมื่อ pH ของดินเพิ่มขึ้น การละลายได้ของเหล็กขึ้นอยู่กับ pH ของดิน เมื่อ pH ของดินสูงขึ้น ธาตุเหล็กจะเปลี่ยนเป็นไฮดรอกไซด์หรือออกไซด์ที่ละลายน้ำได้ยาก และเกิดการตกตะกอน ความเป็นประโยชน์ของธาตุเหล็กลดลง

สำหรับดินเนื้อปูนที่มี pH อยู่ในช่วง 7.3-8.5 เหล็กจะละลายได้น้อยมาก ประมาณ 10^{-8} M ขณะที่ปริมาณธาตุเหล็กที่เพียงพอต่อความต้องการของพืชโดยทั่วไปคือ 10^{-6} M หากมีปริมาณธาตุเหล็กในดินต่ำกว่าปริมาณดังกล่าว พืชจะแสดงอาการขาดธาตุเหล็ก ในดินเนื้อปูนซึ่งมีปริมาณ CaCO_3 สูงจะมีการสะสมไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) ในดินมาก ซึ่งปฏิกิริยาจะเกิดดังสมการ



การสะสมไบคาร์บอเนตจะ มีผลเหนี่ยวนำให้เกิดการขาดธาตุเหล็กในดินเนื้อปูน (Havlin *et al.*, 2005)

5.2 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน

ความเป็นประโยชน์ของเหล็กในดินต่อพืชขึ้นอยู่กับกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน การเพิ่มอินทรีย์วัตถุลงในดินจะเป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ ทั้งแบคทีเรีย รา และไมคอร์ไรซา ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้จะผลิตสารคีเลต เช่น ฟีนอลคาทีโนเลต (phenalcatenolate) ไฮดรอกซามेटหรือคาร์บอกซีเลต (caboxylate) ไฮดรอกซามेटซิคเคอร์โรฟออร์ (hydroxamate siderophores) เป็นต้น สารเหล่านี้จะทำปฏิกิริยากับธาตุเหล็ก เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของโลหะคีเลต พวกที่มีโมเลกุลเล็กจะละลายน้ำ ไม่ตกตะกอนง่าย ซึ่งจะมีความสำคัญในการเพิ่มความเป็นประโยชน์ของเหล็กในดินต่อพืช (Prasad and Power, 1997; ยงยุทธ, 2546)

5.3 ปฏิสัมพันธ์ของธาตุเหล็กต่อธาตุอาหารอื่น ๆ

ปริมาณธาตุอาหารบางธาตุที่มากเกินไป เช่น ฟอสฟอรัส ทองแดง และ โมลิบดีนัม จะมีอิทธิพลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุเหล็ก เช่น ดินที่มีปริมาณทองแดงมาก ซึ่งอาจมาจากการใช้ปุ๋ยเคมี หรือสารเคมีกำจัดเชื้อรา จะมีผลให้เกิดการขาดธาตุเหล็กของพืชได้ นอกจากนี้ การใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราที่สูง จะส่งเสริมให้เกิดการขาดธาตุเหล็กในพืชได้ (Prasad and Power, 1997; Havlin *et al.*, 2005)

5.4 สภาวะออกซิเดชันหรือรีดักชัน

เหล็กจะละลายได้ดีในสภาพรีดักชันหรือในสภาพการขังน้ำที่มีการถ่ายเทอากาศไม่ดี โดยอยู่ในรูปของเฟอร์รัสไอออน (Fe^{2+}) รวมทั้งในสภาพดินที่เป็นกรด เหล็กก็สามารถละลายได้ดีด้วยเช่นกัน เนื่องจากเมื่ออยู่ในสภาวะที่ขาดออกซิเจนประจุของธาตุเหล็กจะมีค่าต่ำ เหล็กจะอยู่ในรูปเฟอร์รัสไอออน (Fe^{2+}) สามารถละลายน้ำได้ง่าย ส่วนในสภาพดินถ่ายเทอากาศดี ดินดอน และสภาพดินที่เป็นดินด่าง ส่วนใหญ่เหล็กจะอยู่ในรูปของเฟอร์ริกไอออน (Fe^{3+}) ซึ่งโดยปกติแล้วจะละลายน้ำได้ยากมาก โดยเฉพาะในระดับ pH ของดินทั่วไป เมื่อเทียบกับสภาวะรีดักชันหรือในสภาพการขังน้ำ (มุกดา, 2544 ; คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

5.5 ชนิดพืช

ส่วนใหญ่พืชจะดึงธาตุเหล็กมาใช้ประโยชน์ในรูปของเฟอร์รัสไอออน (Fe^{2+}) ส่วนเหล็กในรูปเฟอร์ริกไอออน (Fe^{3+}) จะถูกรากพืชรีดิวส์ให้เป็นเฟอร์รัสไอออนเสียก่อนที่พืชจะดึงดูดขึ้นไปใช้ประโยชน์ ดังนั้น พืชแต่ละชนิดจึงมีความสามารถในการดูดใช้เหล็กที่แตกต่างกัน เนื่องจากความสามารถของรากพืชในการรีดิวส์เฟอร์ริกไอออนให้เป็นเฟอร์รัสไอออนแตกต่างกัน (ประเสริฐ, 2528) พืชบางชนิดมีกลไกความทนทานต่อการขาดธาตุเหล็กในดิน ตัวอย่างเช่น รากพืชตระกูลหญ้าสามารถปล่อยกรดอะมิโนที่เรียกว่า ฟิโตไซด์โรเฟอร์ (phytosiderophores) ซึ่งมีสัมพรรคภาพ (affinity) สูงต่อเฟอร์ริกไอออน ความสามารถในการจับฟิโตไซด์โรเฟอร์ออกจากรากเพื่อละลายเหล็กในดินแล้วเคลื่อนย้ายเข้าไปในรากได้ จึงเป็นกลไกสำคัญของพืชตระกูลหญ้าในการเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุเหล็กและแก้ปัญหาการขาดธาตุเหล็กในดิน (ยงยุทธ, 2546) มีรายงานว่า การปลูกถั่วลิสงสลับกับข้าวโพดในดินเหนียว ทำให้อาการขาดเหล็กของถั่วลิสงลดลง และความเข้มข้นของธาตุเหล็กและคลอโรฟิลล์ในถั่วลิสงเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับปลูกถั่วลิสงเพียงอย่างเดียว (Zuo *et al.*, 2003; Zuo and Zhang, 2008)

6. ความสำคัญและบทบาทของธาตุเหล็กในพืช

เหล็กในพืชจะมีทั้งอยู่ในรูปของเฟอร์ริกและเฟอร์รัส ซึ่งเหล็กในรูปของเฟอร์ริกจะเป็นองค์ประกอบของโปรตีนที่มีเหล็กและกำมะถันเป็นองค์ประกอบ (Fe-S-protein) ไซโตโครม (cytochromes) และไฟโตเฟอร์ริทิน (phytoferitin) ซึ่งมีบทบาทที่สำคัญในระบบรีดอกของคลอโรพลาสต์ในการเริ่มต้นสังเคราะห์แสง การรีดิวส์ไนโตรเจน และการตรึงไนโตรเจน นอกจากนี้ยังทำหน้าที่สังเคราะห์ ATP และเป็นตัวการสำคัญในกระบวนการหายใจของพืชอีกด้วย สำหรับเหล็กในรูปของเฟอร์รัส พืชจะใช้เป็นโคแฟกเตอร์ของเอนไซม์หลายชนิด ซึ่งมีความสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ การตรึงไนโตรเจนและการลดพิษของอนุมูลอิสระ (ยงยุทธ, 2546; Havlin *et al.*, 2005)

7. การขาดธาตุเหล็กของพืช

เหล็กเป็นธาตุที่พืชต้องการในปริมาณค่อนข้างมาก เมื่อเปรียบเทียบกับจุลธาตุอาหารอื่น ๆ พืชทั่วไปมีระดับวิกฤติ (critical level) ของธาตุเหล็กในใบอยู่ในช่วง 50-250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (น้ำหนักแห้ง) และเมื่อความเข้มข้นของธาตุเหล็กในพืชต่ำกว่า 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พืชจะแสดงอาการขาดธาตุเหล็ก (ยงยุทธ, 2546 ; คณีย์, 2547)

สาเหตุของการขาดธาตุเหล็กของพืช โดยทั่วไปมิใช่เนื่องมาจากดินมีปริมาณธาตุเหล็กต่ำ แต่มักมีสาเหตุเนื่องมาจากธาตุเหล็กในดินอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช สภาพของดินไม่เหมาะสม อาทิ ดินมีปริมาณธาตุอาหารอื่น ๆ อยู่มากเกินไปไม่สมดุลกับธาตุเหล็ก และสาเหตุที่สำคัญคือ pH ของดินสูง ทำให้ดินมีการสะสมไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) มาก การขาดเหล็กของพืชมักจะพบในดินด่างหรือดินเหนียว (Prasad and Power, 1997; เกษมศรี, 2541 ; ยงยุทธ, 2546) ซึ่งรายงานของ Hansen *et al.* (2003) ที่ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของสมบัติดินต่ออาการขาดธาตุเหล็กของถั่วเหลือง พบว่า ถั่วเหลืองที่ปลูกในดินที่มีความเข้มข้นของเกลือ CaCO_3 สูงจะแสดงอาการขาดเหล็กรุนแรง

เนื่องจากเหล็กเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายไม่ได้ในพืช และใบพืชจะประกอบด้วยเหล็ก ซึ่งจะอยู่ในคลอโรพลาสต์และไมโทครอนเดรีย ดังนั้นเมื่อพืชขาดธาตุเหล็กจะทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบลดลง ใบอ่อนจะมีสีขาวหรือเหลืองซีด ต่อมาก็ตายจากยอดลงมา (die back) ส่วนใบล่างจะยังมีสีเขียวอยู่ กรณีขั้นรุนแรงใบพืชจะเปลี่ยนเป็นสีขาวทั้งใบ ในที่สุดเนื้อเยื่อของแผ่นใบทั้งหมดก็จะแห้งตาย (Foth and Ellis, 1996 ; คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548; Havlin *et al.*, 2005) สุวพันธ์และคณะ (2543) รายงานว่า ถั่วลิสงที่ขาดธาตุเหล็กจะพบอาการเหลืองซีดระหว่างเส้นใบ โดยที่ปลายใบ ขอบใบและเส้นใบยังคงเขียว หากขาดรุนแรง ต้นจะแคระแกรน ใบเล็ก เหลืองซีดหรือขาวทั่วทั้งใบ และเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล มีเซลล์ตายเป็นหย่อมๆ (necrotic spots) มักจะพบเมื่อปลูกพืชดังกล่าวในดินที่เป็นด่าง มี CaCO_3 สูง เช่น ดินเหนียวสีดำ ชุดดินตาคลี

8. ประเภทของปุ๋ยเหล็ก

การแก้ไขปัญหาขาดเหล็กของพืชโดยทั่วไปจะใส่ปุ๋ยเหล็กให้แก่พืช ปุ๋ยเหล็กอาจแบ่งได้ 2 ประเภท คือ ปุ๋ยเหล็กในรูปสารประกอบอนินทรีย์ และปุ๋ยเหล็กในรูปเหล็กคีเลต

8.1 ปุ๋ยเหล็กในรูปสารประกอบอนินทรีย์

ปุ๋ยเหล็กในรูปสารอนินทรีย์มีหลายชนิด ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งแต่ละชนิดจะมีประสิทธิภาพในการแก้ไขการขาดธาตุเหล็กต่างกัน ดังนั้น ต้องเลือกใช้อย่างเหมาะสม อาจใส่ให้กับพืชทางดินและทางใบ ปุ๋ยเหล็กที่นิยมใช้ได้แก่ เฟอร์รัสซัลเฟต ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) เนื่องจากใช้ได้ทั้งทางดินและทางใบ (Follet *et al.*, 1981; ยงยุทธ และคณะ, 2551) อย่างไรก็ตาม ปุ๋ยเหล็กในรูปสารประกอบอนินทรีย์เมื่อใช้ในดินเนื้อปูนจะมีประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำ เนื่องจากเหล็กจะตกตะกอนอยู่ในรูป $\text{Fe}(\text{OH})_3$ อย่างรวดเร็ว พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้น้อย (Havlin *et al.*, 2005)

ตารางที่ 1 ปุ๋ยเหล็กในรูปสารประกอบอนินทรีย์

ชนิดปุ๋ย	องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ Fe ในปุ๋ย (%)
เฟอร์รัสซัลเฟต	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	19
เฟอร์ริกซัลเฟต	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	23
เฟอร์รัสออกไซด์	FeO	77
เฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต	$\text{FeSO}_4 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	14
เฟอร์รัสแอมโมเนียมฟอสเฟต	$\text{Fe}(\text{NH}_4)\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	29
เฟอร์รัสแอมโมเนียมโพลีฟอสเฟต	$\text{Fe}(\text{NH}_4) \cdot \text{HP}_2\text{O}_7$	22

ที่มา : Mortvedt *et al.* (1972); Havlin *et al.* (2005)

8.2 ปุ๋ยเหล็กในรูปเหล็กคีเลต

ปุ๋ยเหล็กคีเลตเป็นปุ๋ยที่ผลิตได้จากสารคีเลตสังเคราะห์และสารคีเลตธรรมชาติ ชนิดของปุ๋ยเหล็กคีเลตแสดงในตารางที่ 2 เหล็กในรูปคีเลต เมื่อใส่ในดินจะช่วยป้องกันไม่ให้เหล็กตกตะกอนในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์กับพืช ปุ๋ยเหล็กคีเลตแต่ละชนิดจะมีเสถียรภาพแตกต่างกัน

ขึ้นกับปฏิกิริยาดิน ดังนั้น ประสิทธิภาพของปุ๋ยเหล็กในรูปเหล็กคีเลตจึงขึ้นอยู่กับ pH ของดิน โดยเหล็กอีดีทีเอ (Fe-EDTA) และเหล็กเอชอีดีทีเอ (Fe-HEDTA) จะมีเสถียรภาพต่ำสุด ใช้ได้ดีเฉพาะในดินที่มี pH ต่ำกว่า 6.5 ส่วนเหล็กดีทีพีเอ (Fe-DTPA) ใช้ได้ดีในดินที่มี pH ไม่เกิน 7.5 สำหรับเหล็กอีดีดีเอชเอ (Fe-EDDHA) จะใช้ได้ดีในดินที่มี pH อยู่ในช่วง 4.0-9.0 (Brady,1990; Brady and Well,2008; Havlin *et al.*, 2005) ปุ๋ยเหล็กในรูปคีเลตโดยทั่วไปจะมีราคาแพงกว่าปุ๋ยเหล็กในรูปสารประกอบอนินทรีย์ แต่มักจะมีประสิทธิภาพในการแก้ไขปัญหาคาขาดธาตุเหล็กของพืชได้สูงกว่า (Follet *et al.*, 1981)

ตารางที่ 2 ปุ๋ยเหล็กในรูปเหล็กคีเลต

ชนิดปุ๋ย	องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ Fe ในปุ๋ย (%)
เหล็กดีทีพีเอ	NaFeDTPA	10
เหล็กอีดีทีเอ	NaFeEDTA	5-14
เหล็กอีดีดีเอชเอ	NaFeEDDHA	6
เหล็กเอชอีดีทีเอ	NaFeHEDTA	5-9
เหล็กไกล โนซัลโฟเนต		5-10

ที่มา : Mortvedt *et al.* (1972); Prasad and Power (1997); Havlin *et al.* (2005)

9. งานวิจัยที่เกี่ยวกับการขาดธาตุเหล็กในดินเนื้อปูนและแนวทางแก้ไข

การแก้ไขปัญหาคาขาดธาตุเหล็กของพืชที่ปลูกในดินเนื้อปูนสามารถกระทำได้หลายวิธี อาทิ การปรับปรุงสมบัติของดิน โดยลด pH ของดิน เช่น การใช้ผงกำมะถัน ทำให้ความเป็นกรดของดินเพิ่มขึ้น การเลือกใช้พันธุ์พืชที่เหมาะสมก็เป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถลดปัญหาคาขาดธาตุเหล็กของพืชได้ (สุธีรา, 2544; Hansen *et al.*, 2003) จากการศึกษาของ Shen *et al.* (2002) พบว่า ข้าวสาลีที่มีจีโนไทป์ที่แตกต่างกัน เมื่อปลูกในดินเนื้อปูนก็จะมีสามารถทนทานต่อการขาดธาตุเหล็กแตกต่างกัน ขณะที่สวพันธุ์ (2529) ศึกษาเปรียบเทียบการเกิดอาการขาดธาตุเหล็กของถั่วลิสง 20 พันธุ์ พบว่า ถั่วลิสงแต่ละพันธุ์จะแสดงอาการขาดธาตุเหล็กมากน้อยแตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม การแก้ไขปัญหาคาขาดธาตุเหล็กโดยทั่วไป มักจะแก้ไขโดยการใส่ปุ๋ยเหล็ก โดยอาจใส่ทางดิน ฉีดพ่นทางใบ หรือเคลือบเมล็ดก่อนปลูก (Prasad and Power, 1997; Havlin *et al.*, 2005)

Singh and Sinha (1977) ศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยเหล็ก Fe-DTPA , Fe-EDTA, Fe-citrate และ FeSO_4 ต่อผลผลิตน้ำหนักแห้งและปริมาณเหล็กทั้งหมดที่ดูดใช้ของข้าวโพดที่ปลูกบนดินเนื้อปูน ซึ่งมีปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ต่ำ พบว่า การใส่ปุ๋ยเหล็กคีเลตในรูป Fe-DTPA มีประสิทธิภาพสูงสุด รองลงมาคือ Fe-EDTA, Fe-citrate และ FeSO_4 ตามลำดับ โดยการใส่ปุ๋ยเหล็กคีเลตในรูป Fe-DTPA ข้าวโพดให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งและปริมาณการดูดใช้เหล็กทั้งหมดสูงสุด Al-Mustafa *et al.* (2001) ศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยเหล็กคีเลตในรูป Fe-EDDHA ต่อผลผลิตน้ำหนักแห้งของข้าวฟ่างที่ปลูกบนดินเนื้อปูน 42 ชนิด พบว่า การใส่ปุ๋ยเหล็กคีเลตในรูป Fe-EDDHA อัตรา 10 และ 20 mg Fe kg^{-1} มีผลทำให้น้ำหนักแห้งของข้าวฟ่างเพิ่มขึ้น 34 และ 60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ Godsey *et al.* (2003) พบว่า เมื่อใส่เหล็ก $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ อัตรา 81 kg ha^{-1} สามารถแก้ไขปัญหการอาการขาดธาตุเหล็กของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนได้ และทำให้ผลผลิตเมล็ดของข้าวโพดเพิ่มขึ้น

Rashid *et al.* (1997) ศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA นีดพ่นทางใบต่อผลผลิตของถั่วลิสง 2 สายพันธุ์ ที่ปลูกในดินเนื้อปูน บริเวณเขตแห้งแล้งของประเทศปากีสถาน พบว่า การใส่ปุ๋ยเหล็กดังกล่าวฉีดพ่นทางใบสามารถเพิ่มผลผลิตและความเข้มข้นของเหล็กในถั่วลิสงได้ โดยการฉีดพ่นด้วยสารละลาย 0.1 เปอร์เซ็นต์ของเหล็กคีเลต ในรูป Fe-EDDHA จะมีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตของถั่วลิสงสูงกว่าการฉีดพ่นโดยสารละลาย 0.5 เปอร์เซ็นต์ของเหล็กในรูป $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Heitholt *et al.* (2003) ศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยเหล็ก 3 ชนิด ได้แก่ FeSO_4 อัตรา 0, 3, 10, 30 และ 100 mg Fe kg^{-1} Fe-DTPA และ Fe-EDDHA อัตรา 0, 0.3, 0.1, 3 และ 10 mg Fe kg^{-1} ที่มีผลต่อถั่วเหลืองที่ปลูกในดินเนื้อปูน โดยทำการทดลองในกระถาง พบว่า การใส่เหล็กในรูป FeSO_4 ทำให้มีปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับไม่ใส่ปุ๋ยเหล็กเลย (0 mg Fe kg^{-1}) การใส่ปุ๋ยเหล็กคีเลตในรูป Fe-DTPA อัตรา 10 mg Fe kg^{-1} และ Fe-EDDHA อัตรา 3 mg Fe kg^{-1} ทำให้มีปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับไม่ใส่ปุ๋ยเหล็ก นอกจากนี้ การทดลองดังกล่าวยังแสดงให้เห็นว่า การใส่ปุ๋ยเหล็กทำให้ผลผลิตของถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น และการใส่ปุ๋ยเหล็กในอัตราที่สูง ไม่มีผลทำให้ผลผลิตของถั่วเหลืองลดลง Wiersma (2005) ศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยเหล็กคีเลตในรูป Fe-EDDHA อัตรา 0, 2.24, 4.48, 6.72, 8.96 และ 11.20 kg ha^{-1} ต่อน้ำหนักเมล็ดแห้งและจำนวนเมล็ดของถั่วเหลือง 4 พันธุ์ คือพันธุ์ทนทานต่อการขาดธาตุเหล็ก 2 พันธุ์ และพันธุ์ไม่ทนทานต่อการขาดธาตุเหล็ก 2 พันธุ์ ซึ่งปลูกบนดินที่มีปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์อยู่ในช่วง 4.6-6.0 mg Fe kg^{-1} (วิธี DTPA pH 7.3) พบว่า ถั่วเหลืองทั้ง 4 พันธุ์ตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยเหล็ก (Fe-EDDHA) โดยที่

อัตรา 0, 2.24 และ 4.48 kg ha⁻¹ พันธุ์ทนทานต่อการขาดเหล็กจะให้ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งและจำนวนเมล็ดสูงกว่าพันธุ์ไม่ทนทานต่อการขาดเหล็ก ส่วนที่อัตรา 6.72, 8.96 และ 11.20 kg ha⁻¹ ทั้งพันธุ์ที่ทนทานและไม่ทนทานต่อการขาดเหล็กจะให้ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งและจำนวนเมล็ดใกล้เคียงกัน

Xian and Qing-Sheng (2006) ศึกษาผลของการใช้สแลก (slag) จากโรงงานถลุงเหล็กเป็นปุ๋ยเหล็ก (อัตรา 0, 10, 20 และ 40 g kg⁻¹) สำหรับข้าวโพดที่ปลูกบนดินเหนียว 2 ชนิด โดยทำการทดลองในกระถาง พบว่า การใส่ slag อัตรา 10 และ 20 g kg⁻¹ สามารถแก้ไขอาการคลอโรซิสเนื่องจากการขาดธาตุเหล็กในข้าวโพดได้และทำให้ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งของข้าวโพดเพิ่มขึ้น

ชัยฤกษ์ และคณะ (2528) ศึกษาวิธีการแก้ไขอาการคลอโรซิสของถั่วลิสงที่ขาดธาตุเหล็กที่ปลูกบนดินเหนียว โดยการใส่ Fe-DTPA อัตรา 8 กิโลกรัมต่อไร่ FeSO₄ อัตรา 3.36 กิโลกรัมต่อไร่, มูลไก่ อัตรา 320 กิโลกรัมต่อไร่, สารอินทรีย์ฮิวมัส pH 2 อัตรา 800 กิโลกรัมต่อไร่ FeSO₄ อัตรา 3.36 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับมูลไก่อัตรา 320 กิโลกรัมต่อไร่ และ FeSO₄ อัตรา 3.36 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับสารอินทรีย์ฮิวมัส pH 2 อัตรา 800 กิโลกรัมต่อไร่และมูลไก่อัตรา 320 กิโลกรัมต่อไร่ พบว่าการใส่ Fe-DTPA หรือ FeSO₄ ร่วมกับมูลไก่ลงไปดินมีแนวโน้มทำให้อาการคลอโรซิสของถั่วลิสงลดลง การใส่มูลไก่อย่างเดียวหรือใส่ร่วมกับ FeSO₄ มีผลทำให้ผลผลิตใกล้เคียงกันการใส่ Fe-DTPA

ประเสริฐ (2528) ได้ศึกษาถึงปัญหาจลธาตุอาหารที่เป็นปัจจัยจำกัดผลผลิตของถั่วลิสงที่ปลูกในดินชุดตาคลีและแนวทางแก้ไข พบว่า ถั่วลิสงที่ได้รับธาตุเหล็กในรูป Fe-DTPA จะไม่แสดงอาการคลอโรซิสและสามารถให้ผลผลิตของเมล็ดสูงสุด นอกจากนี้ยังพบว่า ปริมาณการดึงธาตุเหล็กมาสะสมในตอซังและเมล็ดสูงสุดด้วย ซึ่งการใส่เหล็กในรูป Fe-DTPA สามารถแก้ไขปัญหาการขาดธาตุเหล็กได้ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยคอก การใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับเหล็กซัลเฟต (FeSO₄) ผงกำมะถันและสารประกอบอินทรีย์ฮิวมัสอัตราต่ำ สุวพันธ์ และคณะ (2530) ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการในการแก้ปัญหาผลผลิตต่ำเนื่องจากการขาดธาตุเหล็กของถั่วลิสง 2 พันธุ์ที่ปลูกในชุดดินตาคลี โดยฉีดพ่นทางใบ พบว่า ถั่วลิสงจะตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยเหล็ก FeSO₄ อย่างชัดเจน โดยให้น้ำหนักแห้งสูงสุดทั้ง 2 พันธุ์เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการโรยผงกำมะถันและการหว่านปุ๋ยอินทรีย์ก่อนปลูก จำเป็น (2535) ได้ศึกษาผลการใช้ฮิวมัสจากโรงงานผงขุรสนในการแก้ปัญหการขาดธาตุประจุบวกของพืชที่ปลูกในชุดดินตาคลี พบว่า การใช้ฮิวมัส 7.5 และ 15 กรัมต่อดิน 3 กิโลกรัม ทำให้น้ำหนักแห้งของข้าวโพดเมื่ออายุ 45 วันและปริมาณเหล็กที่พืชดูดดึงสูงกว่าดำรับที่

ไม่ได้รับอิวมัส และพบว่าถั่วลิสงที่ปลูกบนชุดดินตาคลี ซึ่งมีปัญหาการขาดเหล็ก สามารถแก้ไขได้ โดยใช้เหล็กดีทีพีเอ (Fe-DTPA)

สุธิรา (2544) ศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยเหล็กในรูปแบบ Fe-EDDHA และ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ในอัตรา 13 และ 5 กิโลกรัมต่อไร่ ต่อถั่วเขียวสองพันธุ์ คือ พันธุ์กำแพงแสน 2 และพันธุ์ชัชวาท 72 ที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล ซึ่งมีปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ต่ำ พบว่า ถั่วเขียวพันธุ์กำแพงแสน 2 ที่ได้รับปุ๋ยเหล็กคีเลตในรูปแบบ Fe-EDDHA ในอัตรา 5 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงขึ้นมากกว่าถั่วเขียวที่ไม่ได้รับปุ๋ยเหล็กประมาณ 100 เปอร์เซ็นต์ และให้ผลผลิตดีกว่าการใช้ปุ๋ยเหล็กในรูปแบบ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ในอัตรา 3 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับถั่วเขียวพันธุ์ชัชวาท 72 มีแนวโน้มเพียงตอบสนองต่อปุ๋ยเหล็กเท่านั้น

ขวัญตา (2550) ศึกษาการใส่เหล็ก สังกะสี และเปลือกสับปะรดต่อความเป็นประโยชน์ของเหล็กและสังกะสี และผลผลิตของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูน โดยทำการทดลองในกระถาง พบว่า ข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูปแบบ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และปุ๋ยเหล็กคีเลตในรูปแบบ Fe-DTPA ร่วมกับปุ๋ยสังกะสี และ NPK มีปริมาณเหล็กและสังกะสีที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด นอกจากนี้ยังพบว่า การเจริญเติบโตและปริมาณการดูดใช้เหล็กของข้าวโพดหวานสูงขึ้นอย่างเด่นชัดมากกว่าที่ได้รับการใส่ปุ๋ย NPK เพียงอย่างเดียว

พชร (2551) ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของปุ๋ยเหล็กในรูปแบบ Fe-EDTA, Fe-DTPA, Fe-EDDHA ในการแก้ไขปัญหาการขาดเหล็กของถั่วลิสงพันธุ์กำแพงแสน 2 ที่ปลูกในชุดดินตาคลี ซึ่งมีปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ต่ำ พบว่า การใช้เหล็ก Fe-DTPA อัตรา 5 mg Fe kg^{-1} มีประสิทธิภาพสูงสุดในการแก้ไขปัญหาการขาดธาตุเหล็กของถั่วลิสงพันธุ์กำแพงแสน 2 โดยให้ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้งสูง 1,100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยเหล็ก

10. ลักษณะทั่วไปของข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 4452

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมเดี่ยวพันธุ์สุวรรณ 4452 เป็นพันธุ์ที่ได้จากการนำสายพันธุ์แท้ เกษตรศาสตร์ 47 (Ki 47 หรือ KS 6(S) C3-S8-554-2-1-2-1) ผสมกับสายพันธุ์แท้ Kei 0102 (3013-S8-57-1) จากผลการทดสอบพันธุ์ในแหล่งปลูกข้าวโพดต่าง ๆ ในช่วง 4 ปี (พ.ศ. 2543-2546) พบว่า พันธุ์สุวรรณ 4452 ให้ผลผลิตเฉลี่ย 1,151 - 1,430 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าพันธุ์สุวรรณ 3851 (21.7 เปอร์เซ็นต์), ลูกผสมเดี่ยวพันธุ์ CP-DK 888 (27.4 เปอร์เซ็นต์), ลูกผสมเดี่ยวพันธุ์นครสวรรค์ 72 (23.8 เปอร์เซ็นต์)

ลักษณะเด่น คือ เป็นพันธุ์ที่ปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมที่เลวถึงดี มีระบบรากและลำต้น แข็งแรงไม่หักล้มง่าย ต้านทานโรคน้ำค้างและโรคทางใบโดยเฉพาะโรคราสนิม มีอายุวันสลัด ละอองเกสร 50 เปอร์เซ็นต์ 54 วัน วันออกไหม 50 เปอร์เซ็นต์ 54 วัน ความสูงต้น 217 เซนติเมตร ความสูงฝัก 130 เซนติเมตร มีเปอร์เซ็นต์กะเทาะเมล็ด 81.9 เปอร์เซ็นต์ อายุการเก็บเกี่ยวเมล็ดแห้ง 110-120 วัน ในปัจจุบัน เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดสุวรรณ 4452 เป็นที่นิยมของเกษตรกร เนื่องจากสามารถ ปลูกได้หนาแน่น โดยใช้เมล็ดพันธุ์อัตรา 2.5 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อนำมาปลูกในบริเวณมีฝนตก สม่าเสมอและมีการดูแลรักษาที่ดีพอสมควร สามารถให้ผลผลิตได้สูงถึง 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ (โจกชัย และคณะ, 2548)

11. ลักษณะทั่วไปของถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 4

ถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 4 เป็นพันธุ์ถั่วลิสงที่คัดเลือกจากการผสมข้ามพันธุ์ถั่วลิสง Taiwan 2 มีลักษณะเด่น คือให้ผลผลิตฝักสดเฉลี่ย 586 กิโลกรัมต่อไร่ และผลผลิตฝักแห้งเฉลี่ย 270 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตเมล็ดเฉลี่ย 171 กิโลกรัมต่อไร่ น้ำหนัก 100 เมล็ดเท่ากับ 47 กรัม มีความต้านทานต่อโรคโคนเน่าปานกลาง อ่อนแอต่อโรคราสนิมและโรคใบจุด

ลักษณะประจำพันธุ์ของถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 4 จะมีความยาวฝัก 3.9 เซนติเมตร กว้าง 1.5 เซนติเมตร มีเส้นลายฝักเห็นได้ชัดเจน เยื่อหุ้มเมล็ดสีชมพูเข้ม ลำต้นสีเขียวอมม่วง ใบสีเขียว ดอกสีเหลือง ลักษณะทรงพุ่มตั้งตรง ลักษณะการติดฝักเป็นกระจุกบริเวณโคนต้น อายุถึงออกดอก 21-25 วัน อายุเก็บเกี่ยว 95-100 วัน จำนวนเมล็ดต่อฝัก 3 เมล็ด จำนวน 100 เมล็ดหนัก 47 กรัม เปอร์เซ็นต์กะเทาะ 63.4 เปอร์เซ็นต์ในเมล็ดแห้งมีโปรตีน 28.7 เปอร์เซ็นต์ และน้ำมัน 46.4 เปอร์เซ็นต์ สามารถปลูกได้ทั้งฤดูแล้งและฤดูฝน และได้รับการรับรองพันธุ์จากกรมวิชาการเกษตร เมื่อวันที่ 15 ธันวาคม 2537 (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เมล็ดพันธุ์พืชทดลอง

1.1 เมล็ดข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 4452

1.2 เมล็ดถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 4

2. ดินที่นำมาศึกษา: ชุดดินตาคลี (loamy-skeletal, carbonatic, isohyperthermic Entic Haplustolls) เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร จากแปลงเกษตรกร ต.หินซ้อ อ.แก่งคอย จ.สระบุรี (พิกัด 47 0719534 UTM 1635016)

3. ปุ๋ยเคมี

3.1 ยูเรีย (Urea: NH_2CONH_2 ; 46%N)

3.2 โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4)

3.3 โพแทสเซียมคลอไรด์ (Potassium chloride: KCl ; 60% K_2O)

3.4 เฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต [$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$]

3.5 เหล็กดีทีพีเอ (Fe-diethylenetriaminepentaacetic acid, Fe-DTPA :11.3%Fe)

3.6 เหล็กอีดีดีเอชเอ (Fe-ethylenediamine di(o)hydroxyphenylacetic acid, Fe-EDDHA :5.7%Fe)

4. อุปกรณ์ที่ใช้ในการปลูกข้าวโพดและถั่วลิสง

4.1 กระจกพลาสติกสำหรับปลูกข้าวโพดและถั่วลิสง

4.2 พลั่วมือ

4.3 สายยางและบัวรดน้ำ

5. อุปกรณ์ในการเก็บข้อมูลและเก็บเกี่ยว

5.1 ไม้บรรทัด

5.2 เชือก

5.3 ถูกระดาษ

5.4 มีด

6. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างดินและพืช

6.1 Atomic absorption spectrophotometer

6.2 Spectrophotometer

6.3 Micro - Kjeldahl distillation apparatus

6.4 pH meter

6.5 Digestion apparatus

6.6 ตู้อบควบคุมอุณหภูมิ

6.7 เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง และ 4 ตำแหน่ง (ความละเอียด 0.01 และ 0.0001 กรัม)

6.8 ตะแกรงร่อนดิน

6.9 เครื่องบดตัวอย่างพืช

6.10 สารเคมีที่จำเป็นในการวิเคราะห์ตัวอย่างดินและพืช

6.12 อุปกรณ์ที่จำเป็นในการวิเคราะห์ดิน พืชและในการปลูกพืชทดสอบในเรือน

ทดลอง

วิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่างดิน

นำตัวอย่างดินชุดดินตาคลี ที่เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม เก็บเศษซากพืชออก ย่อยดินให้ละเอียดแล้วผสมคลุกเคล้ากัน แล้วแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนที่หนึ่งสำหรับการวิเคราะห์และศึกษาในห้องปฏิบัติการ โดยจะย่อยดินให้ละเอียดผ่านตะแกรงร่อนขนาด 2 มิลลิเมตร และส่วนที่สองใช้สำหรับการปลูกพืชทดสอบในโรงเรือนทดลอง

2. การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

2.1 การศึกษาสมบัติของดินที่ใช้ในการทดลองก่อนปลูกข้าวโพดและถั่วลิสง

2.1.1 วัดค่าทางเคมีไฟฟ้าของดิน

วัดค่า pH โดยใช้เครื่องวัด pH meter อัตราส่วนระหว่างดินต่อน้ำ เท่ากับ 1:1 (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2551)

2.1.2 วิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน

1) ปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต (calcium carbonate) โดยวิธี Titration method (Loeppert and Suarez, 1996)

2) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (organic matter) โดยวิธี Walkley and Black Titration (Walkley and Black, 1934; ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2551)

3) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus) สกัดโดยวิธี Bray II และวิเคราะห์ปริมาณโดยวิธี colorimetric (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2551; Bray and Kurtz, 1945)

4) ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ (available K, Ca, Mg) โดยสกัดด้วย 1 N NH_4OAc pH 7.0 และวิเคราะห์ปริมาณด้วย atomic absorption spectrophotometer (ทัสนีย์ และ จงรักย์, 2551; Brown and Warnke, 1988)

5) ปริมาณจุลธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ (available Zn, Mn, Fe, Cu) โดยสกัดด้วย 0.005 M DTPA pH 7.3 และวิเคราะห์ปริมาณด้วย atomic absorption spectrophotometer (ทัสนีย์ และ จงรักย์, 2551; Lindsay and Norvell, 1978)

2.1.3 วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดิน

เนื้อดิน วิเคราะห์หาปริมาณ Sand Silt Clay โดยวิธี Pipette method (Kilmer and Alexander, 1949; Day, 1965) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์นำมาแจกแจงประเภทของเนื้อดินโดยการเปรียบเทียบกับชั้นเนื้อดินตามเกณฑ์ของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (USDA texture class)(Soil Survey Staff, 2006)

2.2 การศึกษาสมบัติของดินที่ใช้ในการทดลองหลังปลูกข้าวโพดและถั่วลิสง

2.2.1 วิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน

ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ (available Fe) โดยสกัดด้วย 0.005 M DTPA pH 7.3 และวิเคราะห์ปริมาณด้วย atomic absorption spectrophotometer (ทัสนีย์ และ จงรักย์, 2551)

3. การปลูกพืชในเรือนทดลอง

แบ่งการทดลองเป็น 3 การทดลอง ดังนี้

3.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาการตอบสนองต่อเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต $[\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ และเหล็กอีดีดีเอชเอ (Fe-EDDHA) ของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี

3.1.1 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ (2×3) Factorial in Completely Randomized Design ประกอบด้วย 2 ปัจจัยและดำรงควบคุม ปัจจัยที่ 1 คือ ชนิดของปุ๋ยเหล็ก ได้แก่ ปุ๋ยเหล็กในรูป $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และในรูป Fe-EDDHA ปัจจัยที่ 2 คือ อัตราของปุ๋ยเหล็ก ได้แก่ 5, 15 และ 45 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัมและดำรงควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ยเหล็กเลย) รวมดำรงการทดลองทั้งหมด 7 ดำรงการทดลอง ทำ 3 ซ้ำ

3.1.2 การปลูกข้าวโพด

นำตัวอย่างดินที่เตรียมไว้กระถางละ 6 กิโลกรัมมาผสมคลุกเคล้ากับปุ๋ยเหล็กในรูป $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และในรูป Fe-EDDHA ให้เข้ากันตามดำรงการทดลอง และทุกดำรงการทดลองใส่ไนโตรเจนในรูปยูเรีย อัตรา 200 มิลลิกรัม N ต่อดิน 1 กิโลกรัม ฟอสฟอรัสในรูปโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต อัตรา 200 มิลลิกรัม P_2O_5 ต่อดิน 1 กิโลกรัม โพแทสเซียมในรูปโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตและในรูปโพแทสเซียมคลอไรด์ อัตรา 150 มิลลิกรัม K_2O ต่อดิน 1 กิโลกรัม ทำการปลูกข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 4452 จำนวน 1 ต้นต่อกระถาง รดด้วยน้ำกรองตลอดการทดลอง และกำจัดวัชพืชโดยการถอนด้วยมือตลอดการเจริญเติบโตของข้าวโพด

3.1.3 การเก็บข้อมูล การเก็บตัวอย่างพืช และการวิเคราะห์ดินและพืชหลังการเก็บเกี่ยว

- 1) การเจริญเติบโต วัดความสูงของข้าวโพดที่อายุ 40 และ 60 วันหลังปลูก
- 2) การเก็บเกี่ยว ทำการเก็บเกี่ยวเมื่อข้าวโพดอายุ 65 วันหลังปลูก นำไปอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักแห้งคงที่ ทำการชั่งน้ำหนักแห้งของตอซังและฝักของข้าวโพด
- 3) การวิเคราะห์พืช บดตัวอย่างตอซังและฝักของข้าวโพดที่อบแห้งแล้ว นำมาวิเคราะห์หาปริมาณเหล็ก โดยย่อยด้วย $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{SO}_4\text{-HClO}_4$ acid mixture digestion และวิเคราะห์ปริมาณเหล็ก โดยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (จรัญ, 2550; ทศนีย์ และ จรัญ, 2551)
- 4) เก็บตัวอย่างดินหลังจากทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพด โดยทุก ๆ ระยะเวลาทำการผสมดินให้เข้ากัน แล้วทำการสุ่มเก็บแต่ละระยะประมาณครึ่งกิโลกรัม ใส่ถุงพลาสติก นำดินมาผึ่งไว้ในที่ร่มจนแห้ง ย่อยตัวอย่างดินและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร แล้วนำมาวิเคราะห์ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ โดยการสกัดดินด้วย 0.05 M DTPA ที่ pH 7.3 และวิเคราะห์ปริมาณเหล็กโดยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (ทศนีย์ และ จรัญ, 2551)

3.1.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) เพื่อหาค่า F-value และค่าทางสถิติอื่นๆ ไว้สำหรับการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

3.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาการตอบสนองต่อเฟร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต $[\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ และเหล็กอีดีดีเอชเอ (Fe-EDDHA) ของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเหนียวปน ชุดดิน ตากดี

3.2.1 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ (2x3) Factorial in Completely Randomized Design ประกอบด้วย 2 ปัจจัยและดำนับควบคุม ปัจจัยที่ 1 คือ ชนิดของปุ๋ยเหล็ก ได้แก่ ปุ๋ยเหล็กในรูป $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และในรูป Fe-EDDHA ปัจจัยที่ 2 คือ อัตราของปุ๋ยเหล็ก ได้แก่ 2.5, 7.5 และ 22.5 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัมและดำนับควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ยเหล็กเลย) รวมดำนับการทดลองทั้งหมด 7 ดำนับการทดลอง ทำ 3 ซ้ำ

3.2.2 การปลูกถั่วลิสง

นำตัวอย่างดินที่เตรียมไว้กระถางละ 6 กิโลกรัมมาผสมคลุกเคล้ากับปุ๋ยเหล็กในรูป $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และในรูป Fe-EDDHA ให้เข้ากันตามดำนับการทดลอง และทุกดำนับการทดลองใส่ไนโตรเจนในรูปยูเรีย อัตรา 140 มิลลิกรัม N ต่อดิน 1 กิโลกรัม ฟอสฟอรัสในรูปโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต อัตรา 140 มิลลิกรัม P_2O_5 ต่อดิน 1 กิโลกรัม โพแทสเซียมในรูปโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต อัตรา 92 มิลลิกรัม K_2O ต่อดิน 1 กิโลกรัม ทำการปลูกถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 4 จำนวน 2 ต้นต่อกระถาง รดด้วยน้ำกรองตลอดการทดลอง และกำจัดวัชพืชโดยการถอนด้วยมือตลอดการเจริญเติบโตของถั่วลิสง

3.2.3 การเก็บข้อมูล การเก็บตัวอย่างพืช และการวิเคราะห์ดินและพืชหลังการเก็บเกี่ยว

- 1) การเจริญเติบโต วัดความสูงของถั่วลิสงที่อายุ 15 และ 30 วันหลังปลูก
- 2) ลักษณะอาการคลอโรซิสของถั่วลิสงในดำนับต่างๆ หลังจากวันปลูก 15, 20 และ 30 วัน โดยการให้คะแนนจาก 0 ถึง 3 โดยถือหลักเกณฑ์ดังนี้

0 คะแนน สำหรับตำรับการทดลองที่ไม่มีลักษณะคลอโรซีสหรือใบเขียว
เข้มปกติ

- 1 คะแนน สำหรับตำรับการทดลองที่มีลักษณะคลอโรซีสน้อย
- 2 คะแนน สำหรับตำรับการทดลองที่มีลักษณะคลอโรซีสปานกลาง
- 3 คะแนน สำหรับตำรับการทดลองที่มีลักษณะคลอโรซีสรุนแรง

3) เก็บเกี่ยวถั่วลิสงที่ระยะออกดอกที่อายุ 35 วันหลังปลูก นำไปอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนักแห้งต่อชั่งและราก

4) การวิเคราะห์พืช บดตัวอย่างต่อชั่งและฝักของข้าวโพดที่อบแห้งแล้ว นำมาวิเคราะห์หาปริมาณเหล็ก โดยย่อยด้วย $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{SO}_4\text{-HClO}_4$ acid mixture digestion และวิเคราะห์ปริมาณเหล็ก โดยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (จรัญรักษ์, 2550; ทศนีย์ และ จรัญรักษ์, 2551)

5) เก็บตัวอย่างดินหลังจากทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตถั่วลิสง โดยทุก ๆ กระจ่าง ทำการผสมดินให้เข้ากัน แล้วทำการสุ่มเก็บแต่ละกระจ่างประมาณครึ่งกิโลกรัม ใส่ถุงพลาสติก นำดินมาผึ่งไว้ในที่ร่มจนแห้ง ย่อยตัวอย่างดินและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร แล้วนำมาวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ โดยการสกัดดินด้วย 0.05 M DTPA ที่ pH 7.3 และวิเคราะห์ปริมาณเหล็กโดยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (ทศนีย์ และ จรัญรักษ์, 2551)

3.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) เพื่อหาค่า F-value และค่าทางสถิติอื่นๆ ไว้สำหรับการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

3.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาเปรียบเทียบการตอบสนองต่อเหล็กดีทีพีเอ (Fe-DTPA) และเหล็กอีดีดีเอชเอ (Fe-EDDHA) ของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินดากลี

3.3.1 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ (2x4) Factorial in Completely Randomized Design ประกอบด้วย 2 ปัจจัยและค่ารับควบคุม ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 คือ ชนิดของปุ๋ยเหล็ก ได้แก่ ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-DTPA และในรูป Fe-EDDHA ปัจจัยที่ 2 คือ อัตราของปุ๋ยเหล็ก ได้แก่ 0.5, 1.0, 2.0 และ 3.0 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม และค่ารับควบคุม คือไม่ใส่ปุ๋ยเหล็กเลย รวมดำเนินการทดลองทั้งหมด 9 ดำเนินการทดลอง ทำ 3 ซ้ำ

3.3.2 การปลูกถั่วลิสง

นำตัวอย่างดินที่เตรียมไว้ประมาณ 6 กิโลกรัมมาผสมคลุกเคล้ากับปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-DTPA และในรูป Fe-EDDHA ให้เข้ากันตามดำเนินการทดลอง และทุกดำเนินการทดลองใส่ในโตรเจนในรูปยูเรียอัตรา 140 มิลลิกรัม N ต่อดิน 1 กิโลกรัม ฟอสฟอรัสในรูปโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต อัตรา 140 มิลลิกรัม P_2O_5 ต่อดิน 1 กิโลกรัม โพแทสเซียมในรูปโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต อัตรา 92 มิลลิกรัม K_2O ต่อดิน 1 กิโลกรัม ทำการปลูกถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 4 จำนวน 2 ต้นต่อกระถาง รดด้วยน้ำกรองตลอดการทดลอง และกำจัดวัชพืชโดยการถอนด้วยมือตลอดการเจริญเติบโตของถั่วลิสง

3.3.3 การเก็บข้อมูล การเก็บตัวอย่างพืช และการวิเคราะห์ดินและพืชหลังการเก็บเกี่ยว

1) การเจริญเติบโต วัดความสูงของถั่วลิสงที่อายุ 15, 30 และ 60 วันหลังปลูก

2) ลักษณะอาการคลอโรซิสของถั่วลิสงในตำรับต่างๆ หลังจากวันปลูก 15, 30, 60 และ 80 วัน โดยการให้คะแนนจาก 0 ถึง 3 โดยถือหลักเกณฑ์ดังนี้

0 คะแนน สำหรับตำรับการทดลองที่ไม่มีลักษณะคลอโรซีสหรือใบเขียว
เข้มปกติ

- 1 คะแนน สำหรับตำรับการทดลองที่มีลักษณะคลอโรซีสน้อย
- 2 คะแนน สำหรับตำรับการทดลองที่มีลักษณะคลอโรซีสปานกลาง
- 3 คะแนน สำหรับตำรับการทดลองที่มีลักษณะคลอโรซีสรุนแรง

3) เก็บเกี่ยวถั่วลิสงที่อายุ 85 วันหลังปลูก นำไปอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนักแห้งฝัก เมล็ด ตอซังและราก

4) การวิเคราะห์พืช บดตัวอย่างราก ตอซังและฝักของถั่วลิสงที่อบแห้งแล้ว นำมาวิเคราะห์หาปริมาณเหล็ก โดยย่อยด้วย $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{SO}_4\text{-HClO}_4$ acid mixture digestion และวิเคราะห์ปริมาณเหล็กโดยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (จรัญรักษ์, 2550; ทศนีย์ และ จรัญรักษ์, 2551)

5) เก็บตัวอย่างดินหลังจากทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตถั่วลิสง โดยทุก ๆ กระจ่างทำการผสมดินให้เข้ากัน แล้วทำการสุ่มเก็บแต่ละกระจ่างประมาณครึ่งกิโลกรัม ใส่ถุงพลาสติก นำดินมาผึ่งไว้ในที่ร่มจนแห้ง ย่อยตัวอย่างดินและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร แล้วนำมาวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ โดยการสกัดดินด้วย 0.05 M DTPA ที่ pH 7.3 และวิเคราะห์ปริมาณเหล็กโดยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (ทศนีย์ และ จรัญรักษ์, 2551)

3.3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

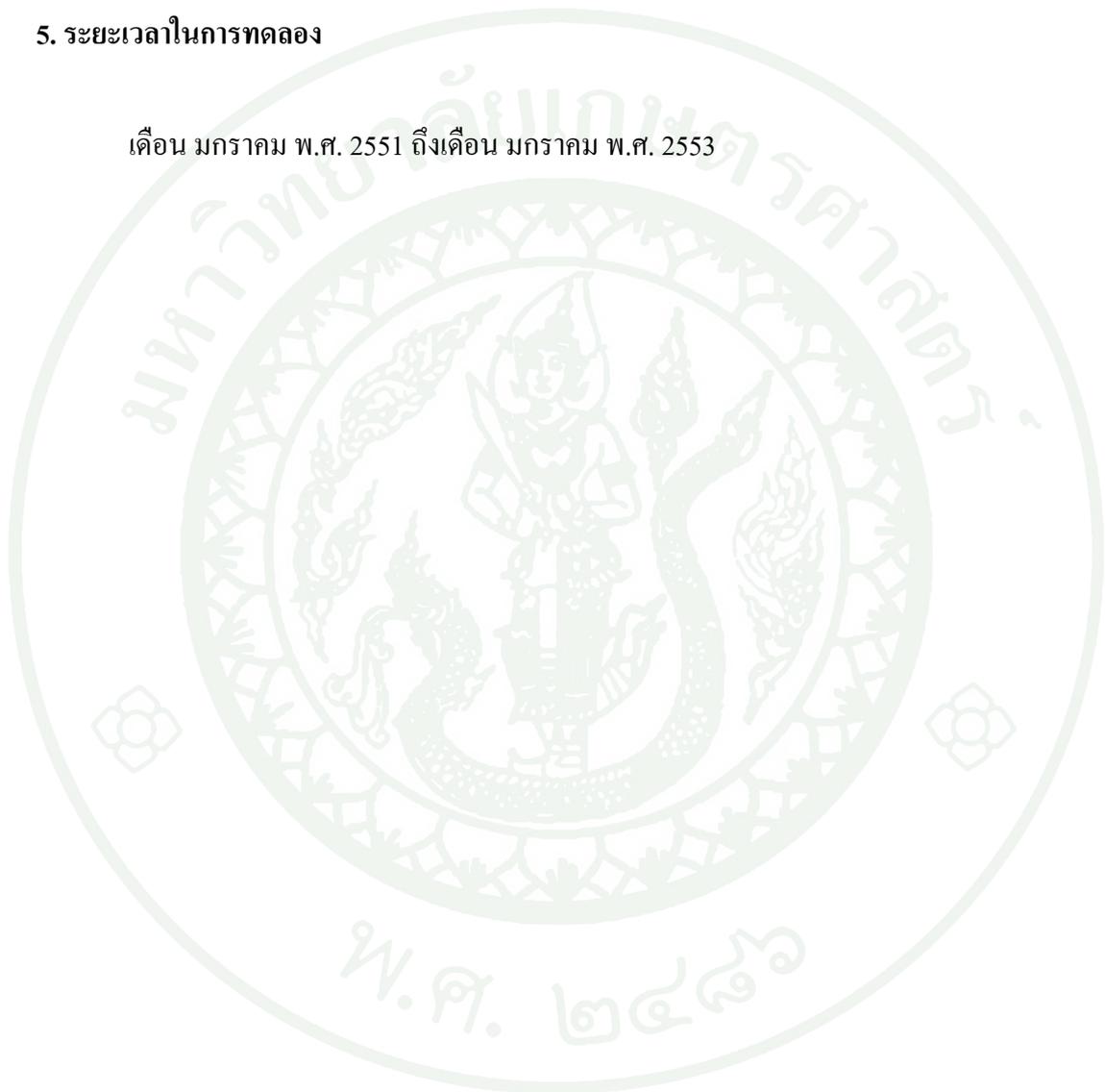
ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) เพื่อหาค่า F-value และค่าทางสถิติอื่นๆ ไว้สำหรับการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

4. สถานที่ทำการทดลอง

ทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการและเรือนทดลองภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพมหานคร

5. ระยะเวลาในการทดลอง

เดือน มกราคม พ.ศ. 2551 ถึงเดือน มกราคม พ.ศ. 2553



ผลและวิจารณ์

ผล

1. สมบัติของชุดดินตาคลี

สมบัติของชุดดินตาคลีที่นำมาศึกษา แสดงอยู่ในตารางที่ 3 พบว่า ชุดดินตาคลีมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนเหนียว (Clay loam) ปฏิกริยาดินเป็นด่าง pH เท่ากับ 7.6 มีปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตเท่ากับ 497 กรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงเท่ากับ 44 กรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงมาก เท่ากับ 51 และ 374 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์สูงมาก เท่ากับ 9,567 และ 383 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ปริมาณสังกะสี แมงกานีส และทองแดงที่เป็นประโยชน์ เท่ากับ 2.1 6.6 และ 0.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ต่ำ เท่ากับ 2.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ตารางที่ 3 สมบัติบางประการของชุดดินตาคลีที่นำมาศึกษา

สมบัติบางประการของดิน	ค่าวิเคราะห์
Soil texture ^{1/}	Clay loam
pH ^{2/}	7.6
Calcium carbonate (g kg ⁻¹) ^{3/}	497
Organic matter (g kg ⁻¹) ^{4/}	44
Available phosphorus (mg kg ⁻¹) ^{5/}	51
Available potassium (mg kg ⁻¹) ^{6/}	374
Available calcium (mg kg ⁻¹) ^{6/}	9,567
Available magnesium (mg kg ⁻¹) ^{6/}	383
Available zinc (mg kg ⁻¹) ^{7/}	2.1
Available manganese (mg kg ⁻¹) ^{7/}	6.6
Available iron (mg kg ⁻¹) ^{7/}	2.2
Available copper (mg kg ⁻¹) ^{7/}	0.6

หมายเหตุ ^{1/} Pipette method

^{2/} pH meter (Soil : H₂O; 1:1)

^{3/} Titration method (Loeppert and Suarez, 1996)

^{4/} Walkley and Black method (Walkley and Black, 1934)

^{5/} Bray II method (Bray and Kurtz, 1945)

^{6/} Extracted with NH₄OAc pH 7.0 (Brown and Warnke, 1988)

^{7/} Extracted with 0.005 M DTPA pH 7.3 (Lindsay and Norvell, 1978)

2. การศึกษาการตอบสนองต่อเฟอร์ริสแอมโมเนียมซัลเฟต $[\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ และเหล็ก อีดีดีเอชเอ (Fe-EDDHA) ของข้าวโพดที่ปลูกในดินเหนียวปน ชุดดินตาคลี

2.1 ผลการใส่เฟอร์ริสแอมโมเนียมซัลเฟต $[\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ และเหล็กอีดีดีเอชเอ (Fe-EDDHA) ต่อความสูงของข้าวโพดที่ปลูกในดินเหนียวปน ชุดดินตาคลี

เมื่อข้าวโพดอายุ 40 วัน พบว่า ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กและไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กมีความสูงไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4 และ ภาพที่ 1) อย่างไรก็ตาม ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กมีแนวโน้มมีความสูงมากกว่าข้าวโพดที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็ก โดยข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กมีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 72 เซนติเมตร ขณะที่ข้าวโพดที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กมีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 67 เซนติเมตร ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กอัตราต่าง ๆ มีความสูงใกล้เคียงกันทั้งเมื่อได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และในรูป Fe-EDDHA ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และในรูป Fe-EDDHA มีความสูงไม่แตกต่างกันในทุกอัตราการใส่ปุ๋ยเหล็ก

เมื่อข้าวโพดที่อายุ 60 วัน พบว่า ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กมีความสูงมากกว่าข้าวโพดที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 5 และ ภาพที่ 1) โดยความสูงเฉลี่ยของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กเท่ากับ 147 เซนติเมตร ขณะที่ข้าวโพดที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กมีความสูงเฉลี่ย 127 เซนติเมตร ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กอัตราต่าง ๆ มีความสูงไม่แตกต่างกันทั้งเมื่อได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และในรูป Fe-EDDHA ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และในรูป Fe-EDDHA มีความสูงไม่แตกต่างกันในทุกอัตราการใส่ปุ๋ยเหล็ก

ตารางที่ 4 ผลการใส่ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA ต่อความสูงของข้าวโพดที่ปลูกในดิน
เนื้อปูน ชุดดินตาคลี (อายุ 40 วัน)

ชนิดของปุ๋ยเหล็ก	ความสูง (เซนติเมตร)			
	อัตราปุ๋ยเหล็ก (มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม)			
	5	15	45	เฉลี่ย
$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	74	72	67	71
Fe-EDDHA	73	72	71	72
เฉลี่ย	74	72	69	72
ค่าเฉลี่ยของค่าควบคุม	67			
F-test (ชนิดของปุ๋ยเหล็ก)	ns			
F-test (อัตราของปุ๋ยเหล็ก)	ns			
F-test (ชนิด × อัตราของปุ๋ยเหล็ก)	ns			
F-test (control vs treated)	ns			
CV (%)	4			

หมายเหตุ ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ คือ ปุ๋ยเหล็กเฟร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต

Fe-EDDHA คือ ปุ๋ยเหล็กอีดีดีเอชเอ

ตารางที่ 5 ผลการใส่ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA ต่อความสูงของข้าวโพดที่ปลูกในดิน
เนื้อปูน ชุดดินตาคลี (อายุ 60 วัน)

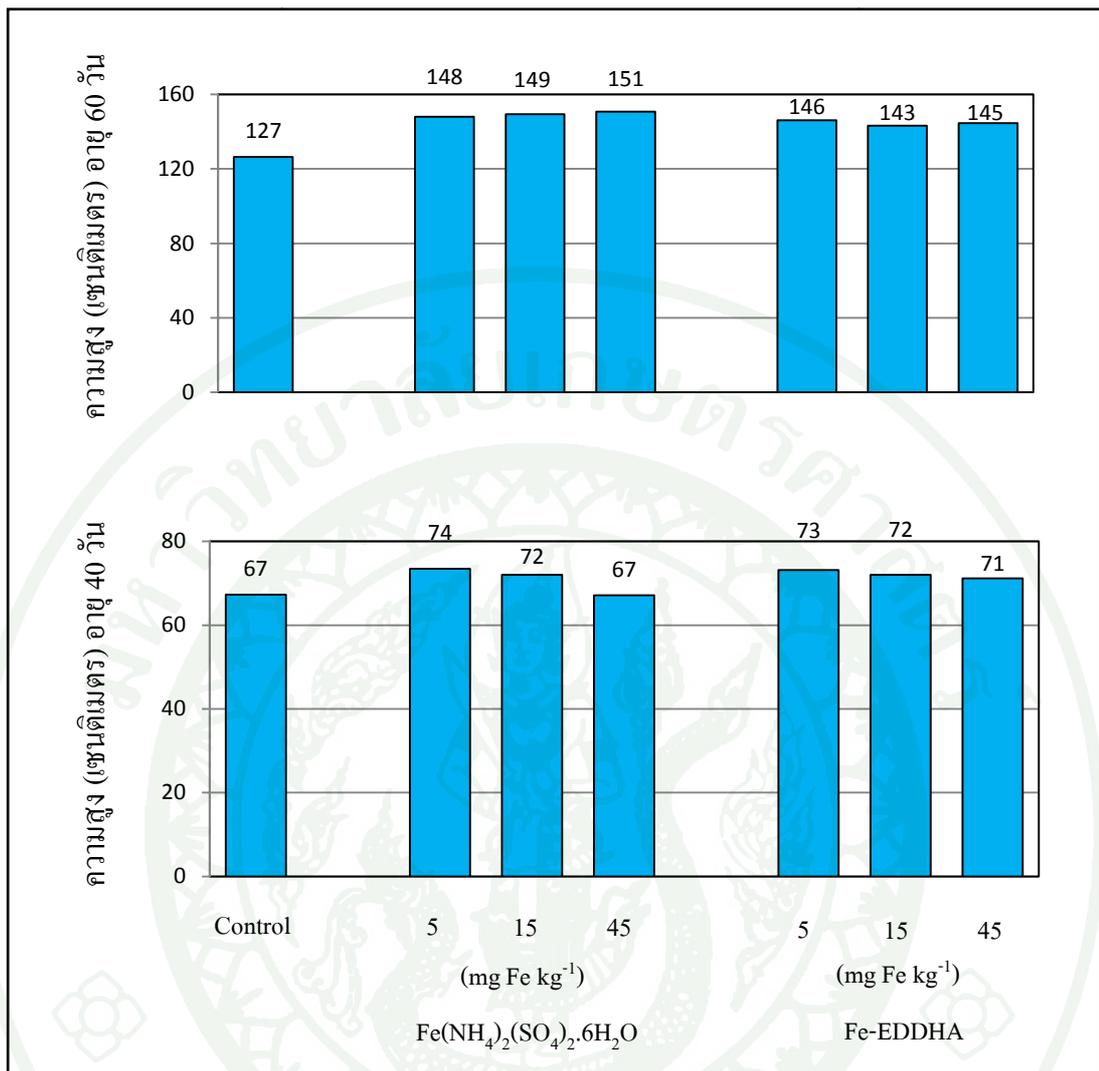
ชนิดของปุ๋ยเหล็ก	ความสูง (เซนติเมตร)			
	อัตราปุ๋ยเหล็ก (มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม)			
	5	15	45	เฉลี่ย
$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	148	149	151	149
Fe-EDDHA	146	143	145	145
เฉลี่ย	147	146	148	147
ค่าเฉลี่ยของค่าควบคุม				127
F-test (ชนิดของปุ๋ยเหล็ก)				ns
F-test (อัตราของปุ๋ยเหล็ก)				ns
F-test (ชนิด × อัตราของปุ๋ยเหล็ก)				ns
F-test (control vs treated)				**
CV (%)				4

หมายเหตุ ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ คือ ปุ๋ยเหล็กเฟร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต

Fe-EDDHA คือ ปุ๋ยเหล็กอีดีดีเอชเอ



ภาพที่ 1 เปรียบเทียบผลการใส่ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA ต่อความสูงของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปน ชุดดินตาคลี

2.2 ผลการใส่เฟร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต $[\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ และเหล็กอีดีดีเอชเอ (Fe-EDDHA) ต่อผลผลิตน้ำหนักแห้งฝัก และน้ำหนักแห้งต่อซังของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลี

2.2.1 ผลผลิตน้ำหนักแห้งฝัก

ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กมีผลผลิตน้ำหนักแห้งฝักสูงกว่าที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กอย่างเด่นชัด (ตารางที่ 6 ภาพที่ 2) ผลผลิตน้ำหนักแห้งฝักเฉลี่ยของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กเท่ากับ 38.6 กรัมต่อกระถาง มากกว่าผลผลิตน้ำหนักแห้งฝักเฉลี่ยของข้าวโพดที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กซึ่งมีค่าเท่ากับ 25.8 กรัมต่อกระถาง ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กอัตรา 5, 15 และ 45 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม มีผลผลิตน้ำหนักแห้งฝักที่แตกต่างกัน โดยข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กอัตรา 15 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งฝักเฉลี่ยสูงสุด คือ 42.2 กรัมต่อกระถาง ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กอัตรา 5 และ 45 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม มีน้ำหนักแห้งฝักเฉลี่ยใกล้เคียงกัน โดยเท่ากับ 37.4 และ 36.4 กรัมต่อกระถาง ตามลำดับ พบว่าผลผลิตน้ำหนักแห้งฝักของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูปแบบ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และในรูปแบบ Fe-EDDHA ไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกอัตราการใส่ปุ๋ยเหล็ก

2.2.2 น้ำหนักแห้งต่อซัง

ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กมีน้ำหนักแห้งต่อซังมากกว่าข้าวโพดที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 7 ภาพที่ 2) โดยน้ำหนักแห้งต่อซังของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กมีน้ำหนักแห้งต่อซังเฉลี่ย 118.1 กรัมต่อกระถาง ขณะที่ข้าวโพดที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กมีน้ำหนักแห้งต่อซังเฉลี่ยเท่ากับ 105.8 กรัมต่อกระถาง น้ำหนักแห้งต่อซังของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กอัตรา 5, 15 และ 45 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม ไม่แตกต่างกันทั้งเมื่อใส่ปุ๋ยเหล็กในรูปแบบ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และในรูปแบบ Fe-EDDHA พบว่า น้ำหนักแห้งต่อซังของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูปแบบ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และในรูปแบบ Fe-EDDHA ไม่แตกต่างกันในทุกอัตราการใส่ปุ๋ยเหล็ก

ตารางที่ 6 ผลการใส่ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA ต่อผลผลิตน้ำหนักแห้งฝักของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี (อายุ 65 วัน)

ชนิดของปุ๋ยเหล็ก	ผลผลิตน้ำหนักแห้งฝัก (กรัม ต่อกระถาง)			
	อัตราปุ๋ยเหล็ก (มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม)			
	5	15	45	เฉลี่ย
$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	35.4	44.8	38.3	39.5
Fe-EDDHA	39.4	39.5	34.4	37.8
เฉลี่ย	37.4b	42.2a	36.4b	38.6
ค่าเฉลี่ยของตำรับควบคุม				25.8
F-test (ชนิดของปุ๋ยเหล็ก)				ns
F-test (อัตราของปุ๋ยเหล็ก)				*
F-test (ชนิด \times อัตราของปุ๋ยเหล็ก)				ns
F-test (control vs treated)				**
CV (%)				8

หมายเหตุ * แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ในแถวเดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ย

ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ คือ ปุ๋ยเหล็กเฟร์รัสแอม โมเนียมซัลเฟต

Fe-EDDHA คือ ปุ๋ยเหล็กอีดีดีเอชเอ

ตารางที่ 7 ผลการใส่ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA ต่อน้ำหนักแห้งต่อซังของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี

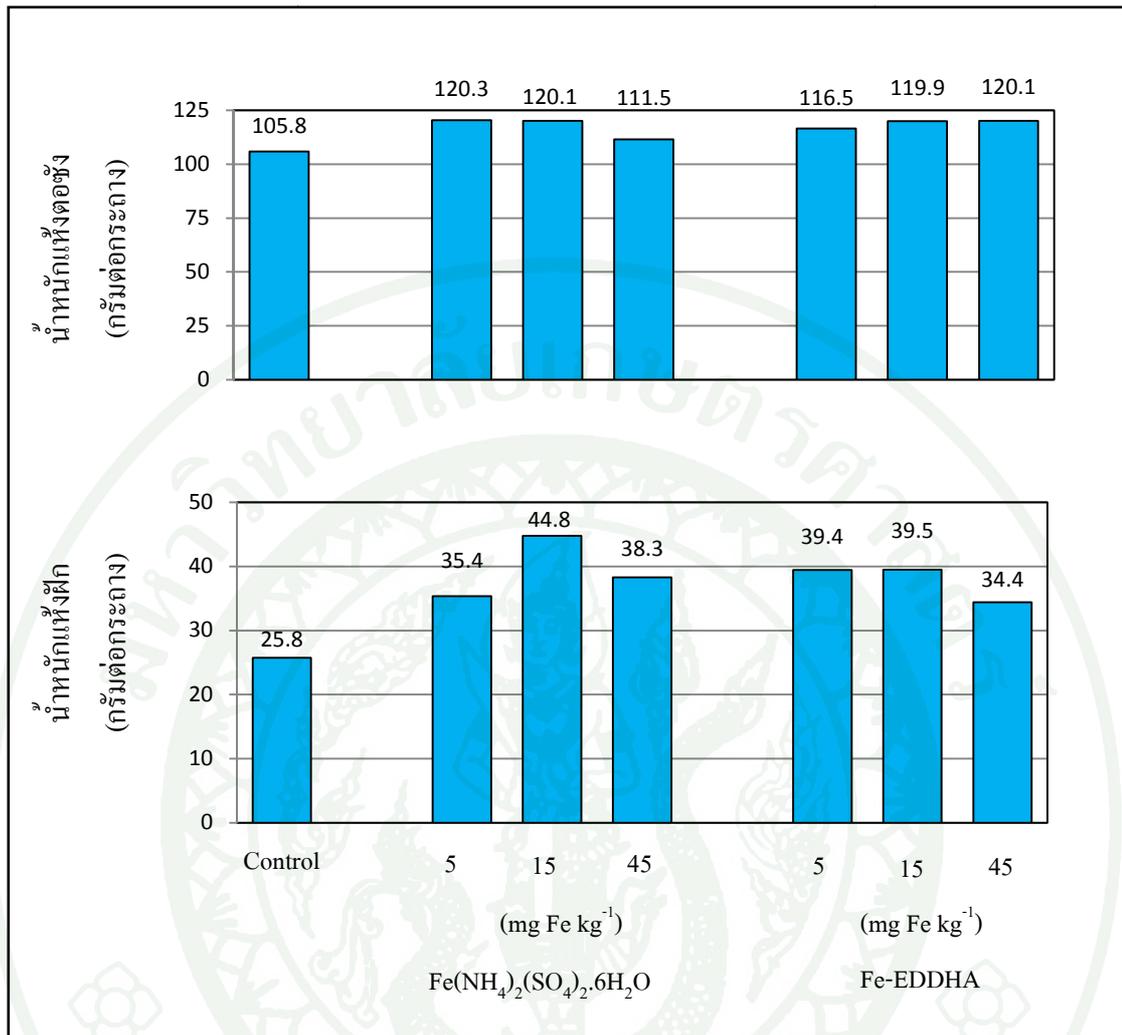
ชนิดของปุ๋ยเหล็ก	น้ำหนักแห้งต่อซัง (กรัม ต่อกระถาง)			
	อัตราปุ๋ยเหล็ก (มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม)			
	5	15	45	เฉลี่ย
$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	120.3	120.1	111.5	117.3
Fe-EDDHA	116.5	119.9	120.1	118.8
เฉลี่ย	118.4	120.0	115.8	118.1
ค่าเฉลี่ยของดำรับควบคุม				105.8
F-test (ชนิดของปุ๋ยเหล็ก)				ns
F-test (อัตราของปุ๋ยเหล็ก)				ns
F-test (ชนิด × อัตราของปุ๋ยเหล็ก)				ns
F-test (control vs treated)				*
CV (%)				6

หมายเหตุ * แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ คือ ปุ๋ยเหล็กเฟร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต

Fe-EDDHA คือ ปุ๋ยเหล็กอีดีดีเอชเอ



ภาพที่ 2 เปรียบเทียบผลการใส่ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA ต่อผลผลิตน้ำหนักแห้งฝัก และน้ำหนักแห้งตอซังของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี

2.3 ผลการใส่เหล็กเฟร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต $[\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ และเหล็ก อีดีดีเอชเอ (Fe-EDDHA) ต่อปริมาณการดูดใช้เหล็กของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินตาคลี

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณการดูดใช้เหล็กของข้าวโพด พบว่า ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กและไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กมีปริมาณการดูดใช้เหล็กทั้งหมดไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 8 ภาพที่ 3) อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยเหล็กมีแนวโน้มในการเพิ่มปริมาณการดูดใช้เหล็กของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูน โดยข้าวโพดที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กมีปริมาณการดูดใช้เหล็กเฉลี่ยเท่ากับ 10.04 มิลลิกรัมต่อกระถาง ขณะที่ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กมีปริมาณการดูดใช้เหล็กเฉลี่ยเท่ากับ 14.48 มิลลิกรัมต่อกระถาง และเมื่ออัตราการใส่ปุ๋ยเหล็กเพิ่มขึ้น ปริมาณการดูดใช้เหล็กของข้าวโพดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูปแบบ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และในรูปแบบ Fe-EDDHA มีปริมาณการดูดใช้เหล็กไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกอัตราการใส่ปุ๋ยเหล็ก

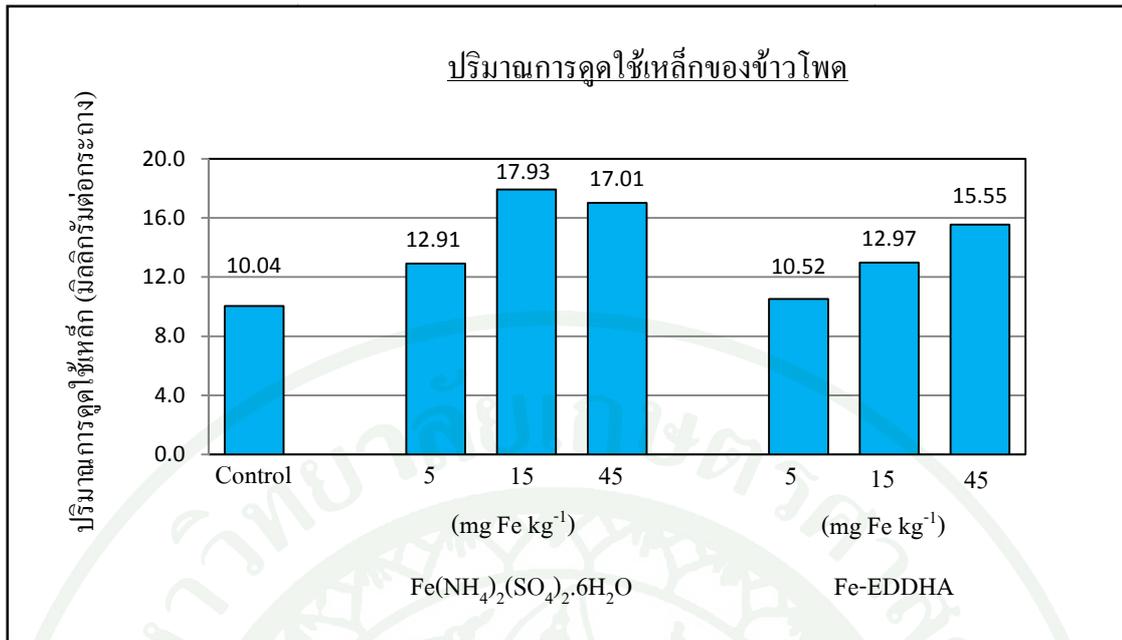
ตารางที่ 8 ผลการใส่ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA ต่อปริมาณการดูดใช้เหล็กทั้งหมดของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี (อายุ 65 วัน)

ชนิดของปุ๋ยเหล็ก	ปริมาณการดูดใช้เหล็ก (มิลลิกรัมต่อกระถาง)			
	อัตราปุ๋ยเหล็ก (มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม)			
	5	15	45	เฉลี่ย
$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	12.91	17.93	17.01	15.95
Fe-EDDHA	10.52	12.97	15.55	13.01
เฉลี่ย	11.72	15.45	16.28	14.48
ค่าเฉลี่ยของดำรับควบคุม				10.04
F-test (ชนิดของปุ๋ยเหล็ก)				ns
F-test (อัตราของปุ๋ยเหล็ก)				ns
F-test (ชนิด × อัตราของปุ๋ยเหล็ก)				ns
F-test (control vs treated)				ns
CV (%)				25

หมายเหตุ ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ คือ ปุ๋ยเหล็กเฟร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต

Fe-EDDHA คือ ปุ๋ยเหล็กอีดีดีเอชเอ



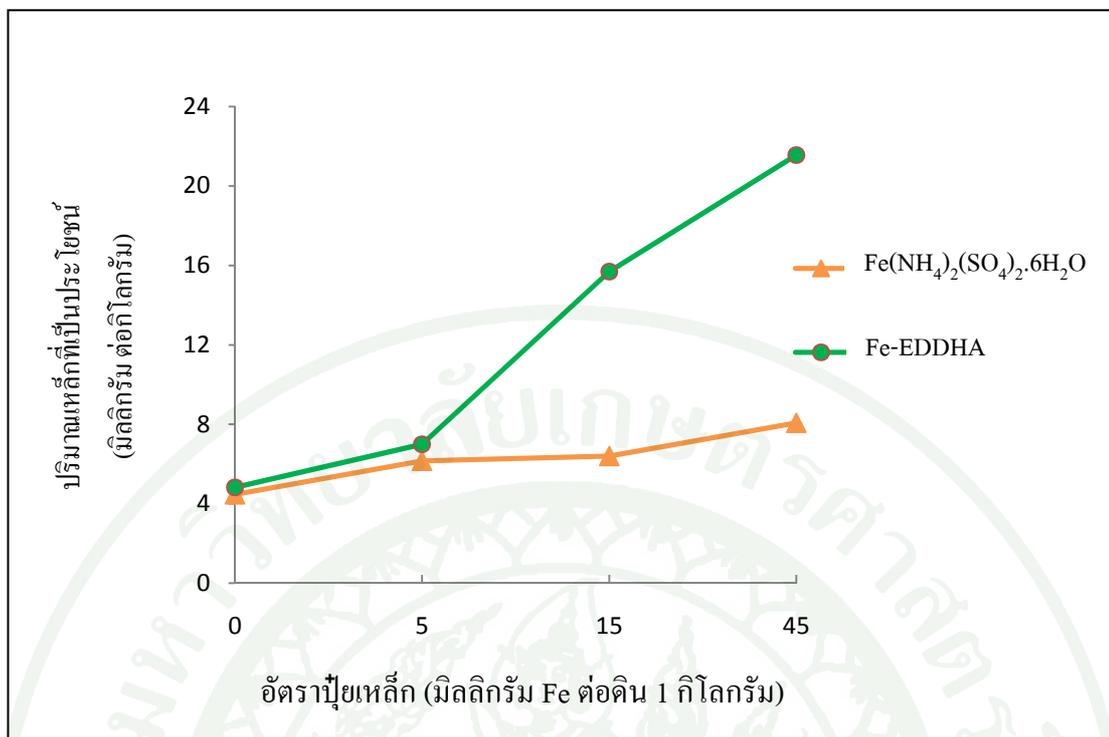
ภาพที่ 3 เปรียบเทียบผลการใส่ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA ต่อปริมาณการดูดใช้เหล็กทั้งหมดของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี

2.4 ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลีหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด

จากการวิเคราะห์ดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด พบว่า ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินปลูกข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กสูงกว่าที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็ก (ตารางที่ 9 และภาพที่ 4) ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่ปุ๋ยเหล็กที่เพิ่มขึ้น ในตำรับที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-EDDHA จะมีปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่าที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

ตารางที่ 9 ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลีในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด (อายุ 65 วัน)

ตำรับการทดลอง	ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
Control	4.82
$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 5 mg Fe kg ⁻¹	6.16
$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 15 mg Fe kg ⁻¹	6.40
$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 45 mg Fe kg ⁻¹	8.07
Fe-EDDHA 5 mg Fe kg ⁻¹	6.99
Fe-EDDHA 15 mg Fe kg ⁻¹	15.68
Fe-EDDHA 45 mg Fe kg ⁻¹	21.55



ภาพที่ 4 เปรียบเทียบปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลีหลังการเก็บเกี่ยว ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ Fe(NH₄)₂(SO₄)₂.6H₂O และ Fe-EDDHA

3. การศึกษาการตอบสนองต่อเฟร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต $[\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ และเหล็ก อีดีดีเอชเอ (Fe-EDDHA) ของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเหนียวปน ชุดดินตาคลี

3.1 ผลการใส่เฟร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต $[\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ และเหล็กอีดีดีเอชเอ (Fe-EDDHA) ต่อความสูงของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเหนียวปน ชุดดินตาคลี

เมื่อถั่วลิสงอายุ 15 วัน พบว่า ถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กมีความสูงมากกว่าถั่วลิสงที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กอย่างเด่นชัด (ตารางที่ 10 และ ภาพที่ 5) ถั่วลิสงที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กมีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 6.1 เซนติเมตร ขณะที่ถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กมีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 9.2 เซนติเมตร พบว่า ถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-EDDHA มีความสูงมากกว่าถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ อย่างเด่นชัดในทุกอัตราการใส่ปุ๋ยเหล็ก ถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในอัตราต่าง ๆ มีความสูงไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้งเมื่อใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และในรูป Fe-EDDHA

เมื่อถั่วลิสงอายุ 30 วัน พบว่า การเจริญเติบโตด้านความสูงของถั่วลิสงสอดคล้องกับเมื่อถั่วลิสงอายุ 15 วัน ถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กมีความสูงมากกว่าที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 11 และ ภาพที่ 5) ถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-EDDHA มีความสูงมากกว่าถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ อย่างเด่นชัดในทุกอัตราการใส่ปุ๋ยเหล็ก ความสูงเฉลี่ยของถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ Fe-EDDHA เท่ากับ 18.4 เซนติเมตร ขณะที่ถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ มีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 8.9 เซนติเมตร ถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กอัตราต่าง ๆ มีความสูงไม่แตกต่างกันทั้งเมื่อใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA

ตารางที่ 10 ผลการใส่ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA ต่อความสูงของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี (อายุ 15 วัน)

ชนิดของปุ๋ยเหล็ก	ความสูง (เซนติเมตร)			
	อัตราปุ๋ยเหล็ก (มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม)			
	2.5	7.5	22.5	เฉลี่ย
$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	6.8	7.1	7.2	7.0b
Fe-EDDHA	12.4	10.4	11.1	11.3a
เฉลี่ย	9.6	8.8	9.2	9.2
ค่าเฉลี่ยของค่ารับควบคุม	6.1			
F-test (ชนิดของปุ๋ยเหล็ก)	**			
F-test (อัตราของปุ๋ยเหล็ก)	ns			
F-test (ชนิด × อัตราของปุ๋ยเหล็ก)	ns			
F-test (control vs treated)	**			
CV (%)	14			

หมายเหตุ ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ในสดมภ์เดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ คือ ปุ๋ยเหล็กเฟร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต

Fe-EDDHA คือ ปุ๋ยเหล็กอีดีดีเอชเอ

ตารางที่ 11 ผลการใส่ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA ต่อความสูงของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปน ชุดดินตากลิ (อายุ 30 วัน)

ชนิดของปุ๋ยเหล็ก	ความสูง (เซนติเมตร)			
	อัตราปุ๋ยเหล็ก (มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม)			
	2.5	7.5	22.5	เฉลี่ย
$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	8.3	9.3	9.3	8.9b
Fe-EDDHA	20.1	18.1	16.9	18.4a
เฉลี่ย	14.2	13.7	13.1	13.7
ค่าเฉลี่ยของต่ำรับควบคุม				8.0
F-test (ชนิดของปุ๋ยเหล็ก)				**
F-test (อัตราของปุ๋ยเหล็ก)				ns
F-test (ชนิด \times อัตราของปุ๋ยเหล็ก)				ns
F-test (control vs treated)				**
CV (%)				10

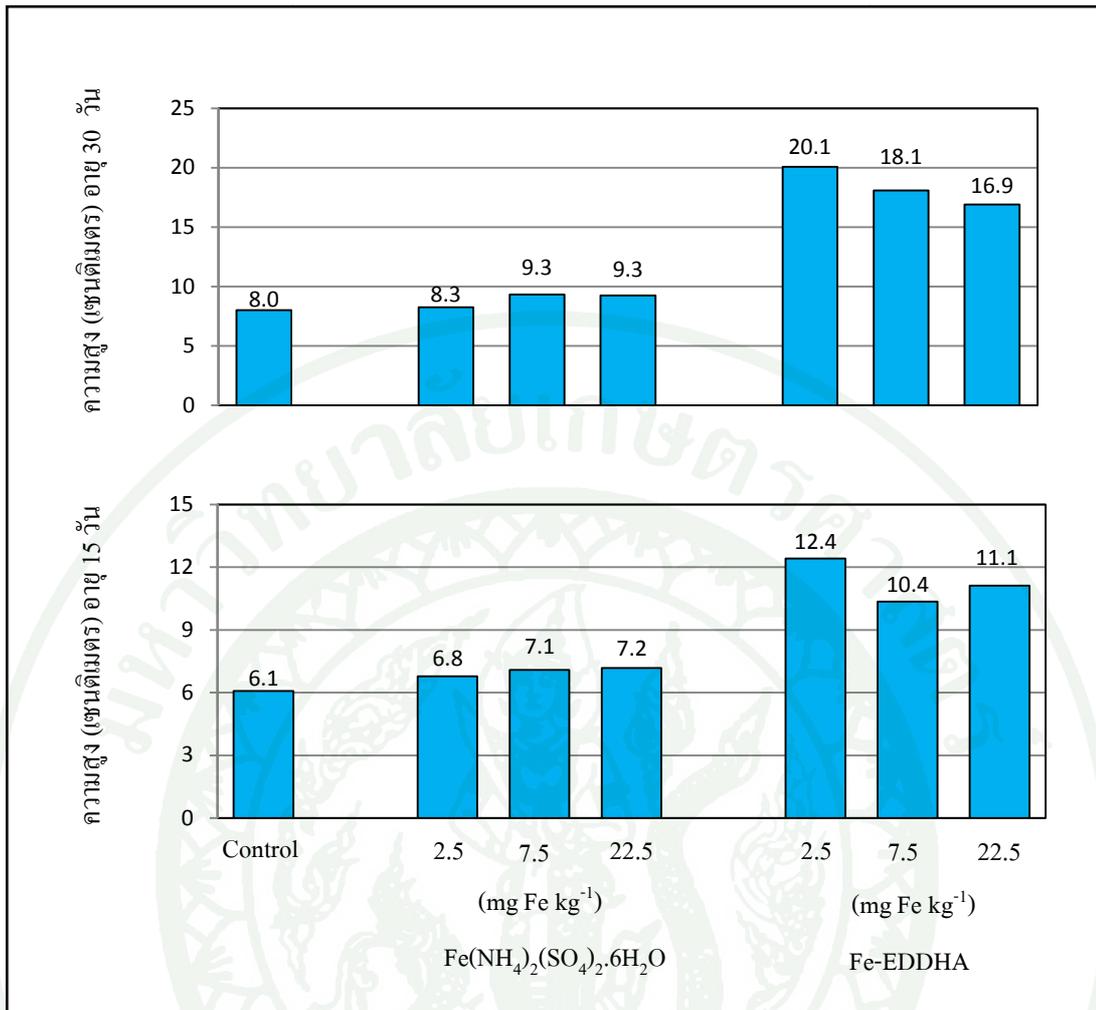
หมายเหตุ ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ในสดมภ์เดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ คือ ปุ๋ยเหล็กเฟร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต

Fe-EDDHA คือ ปุ๋ยเหล็กอีดีดีเอชเอ



ภาพที่ 5 เปรียบเทียบผลการใส่ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA ต่อความสูงของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี

3.2 ผลการใส่เฟร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต $[\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ และเหล็กอีดีดีเอชเอ (Fe-EDDHA) ต่ออาการคลอโรซิสของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเหนียว ชุคดินตาคลี

จากการสังเกตอาการคลอโรซิสของถั่วลิสงในแต่ละช่วงการเจริญเติบโต ซึ่งให้เป็นคะแนนแสดงอยู่ในตารางที่ 12 พบว่า ถั่วลิสงเริ่มแสดงอาการคลอโรซิสที่อายุ 15 วันหลังปลูก และจะแสดงอาการคลอโรซิสรุนแรงมากขึ้น เมื่ออายุถั่วลิสงเพิ่มขึ้น เมื่อถั่วลิสงอายุ 15 วัน ถั่วลิสงที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กจะแสดงอาการคลอโรซิสรุนแรงมากที่สุด รองลงมาคือถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กทั้งในรูปแบบ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ส่วนถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูปแบบ Fe-EDDHA ไม่แสดงอาการคลอโรซิส เมื่อถั่วลิสงอายุ 20 และ 30 วันหลังปลูก พบว่า ทั้งถั่วลิสงที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กและที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูปแบบ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ แสดงอาการคลอโรซิสที่รุนแรงไม่แตกต่างกัน (คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3) ส่วนถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูปแบบ Fe-EDDHA พบว่า ถั่วลิสงแสดงอาการคลอโรซิสเล็กน้อย

ตารางที่ 12 ผลการใส่ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA ต่ออาการคลอโรซิสของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคี เมื่ออายุ 15, 20 และ 30 วันหลังปลูก

ตำรับการทดลอง	อายุหลังวันปลูก (วัน)		
	15	20	30
Control	2.7	3.0	3.0
$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 2.5 mg Fe kg ⁻¹	2.7	3.0	3.0
$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 7.5 mg Fe kg ⁻¹	2.3	3.0	3.0
$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 22.5 mg Fe kg ⁻¹	2.3	3.0	3.0
Fe-EDDHA 2.5 mg Fe kg ⁻¹	0.0	0.0	0.0
Fe-EDDHA 7.5 mg Fe kg ⁻¹	0.0	1.0	1.0
Fe-EDDHA 22.5 mg Fe kg ⁻¹	0.0	1.0	1.0

หมายเหตุ คะแนนลักษณะอาการคลอโรซิสของถั่วลิสง

คะแนน	คลอโรซิส
0	ไม่มีลักษณะคลอโรซิสหรือใบเขียวเข้มปกติ
1	คลอโรซิสน้อย
2	คลอโรซิสปานกลาง
3	คลอโรซิสรุนแรง

3.3 ผลการใส่เฟร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต $[\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ และเหล็กอีดีดีเอชเอ (Fe-EDDHA) ต่อผลผลิตน้ำหนักแห้งต่อชั่งและน้ำหนักแห้งรากของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเหนียวปน ชุค ดินตาคลี

3.3.1 น้ำหนักแห้งต่อชั่ง

ถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กมีผลผลิตน้ำหนักแห้งต่อชั่งมากกว่าที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็ก (ตารางที่ 13 และ ภาพที่ 6) โดยน้ำหนักแห้งต่อชั่งเฉลี่ยของถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กเท่ากับ 4.58 กรัมต่อกระถาง ขณะที่ถั่วลิสงที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กมีน้ำหนักแห้งต่อชั่งเฉลี่ยเท่ากับ 1.44 กรัมต่อกระถาง พบว่า ถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-EDDHA มีผลทำให้น้ำหนักแห้งต่อชั่งมากกว่าที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ทั้งเมื่อใส่ปุ๋ยเหล็กดังกล่าวในอัตรา 2.5, 7.5 และ 22.5 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม พบว่า น้ำหนักแห้งต่อชั่งของถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-EDDHA สูงที่สุดที่อัตรา 2.5 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม และมีแนวโน้มลดลงเมื่ออัตราการใส่ปุ๋ยเหล็กเพิ่มขึ้น โดยถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-EDDHA อัตรา 2.5 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม มีน้ำหนักแห้งต่อชั่งเท่ากับ 11.27 กรัมต่อกระถาง ส่วนถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-EDDHA อัตรา 7.5 และ 22.5 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม มีน้ำหนักแห้งต่อชั่งเท่ากับ 5.95 และ 4.64 กรัมต่อกระถาง ตามลำดับ สำหรับถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยในรูป $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ อัตรา 2.5, 7.5 และ 22.5 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม พบว่า มีน้ำหนักแห้งต่อชั่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยเท่ากับ 1.58, 1.96 และ 2.06 กรัมต่อกระถาง ตามลำดับ

ตารางที่ 13 ผลการใส่ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA ต่อน้ำหนักแห้งต่อซังของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน (อายุ 35 วัน)

ชนิดของปุ๋ยเหล็ก	น้ำหนักแห้งต่อซัง (กรัมต่อกระถาง)			
	อัตราปุ๋ยเหล็ก (มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม)			
	2.5	7.5	22.5	เฉลี่ย
$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	1.58bA	1.96bA	2.06bA	1.86
Fe-EDDHA	11.27aA	5.95aB	4.64aB	7.29
เฉลี่ย	6.42	3.96	3.34	4.58
ค่าเฉลี่ยของค่ารับควบคุม				1.44
F-test (ชนิดของปุ๋ยเหล็ก)				**
F-test (อัตราของปุ๋ยเหล็ก)				**
F-test (ชนิด × อัตราของปุ๋ยเหล็ก)				**
F-test (control vs treated)				**
CV (%)				14

หมายเหตุ ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ในสดมภ์เดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ในแถวเดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ คือ ปุ๋ยเหล็กเฟร์รัสแอม โมเนียมซัลเฟต

Fe-EDDHA คือ ปุ๋ยเหล็กอีดีดีเอชเอ

3.3.2 น้ำหนักแห้งราก

เมื่อพิจารณาน้ำหนักแห้งรากของถั่วลันเตา พบว่ามีความสอดคล้องกับน้ำหนักแห้งต่อชั่งของถั่วลันเตา ถั่วลันเตาที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กมีน้ำหนักรากมากกว่าที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กอย่างเด่นชัด (ตารางที่ 14 และ ภาพที่ 6) โดยน้ำหนักรากเฉลี่ยของถั่วลันเตาที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กเท่ากับ 0.24 กรัมต่อกระถาง ขณะที่ถั่วลันเตาที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กมีน้ำหนักแห้งรากเฉลี่ยเท่ากับ 0.12 กรัมต่อกระถาง พบว่า ถั่วลันเตาที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-EDDHA มีน้ำหนักแห้งรากมากกว่าที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ในทุกอัตราการใส่ปุ๋ยเหล็ก พบว่า น้ำหนักแห้งรากของถั่วลันเตาที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-EDDHA สูงที่สุดที่อัตรา 2.5 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม และมีแนวโน้มลดลงเมื่ออัตราการใส่ปุ๋ยเหล็กเพิ่มขึ้น โดยถั่วลันเตาที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-EDDHA อัตรา 2.5 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม มีน้ำหนักแห้งรากเท่ากับ 0.52 กรัมต่อกระถาง ส่วนถั่วลันเตาที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-EDDHA อัตรา 7.5 และ 22.5 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม มีน้ำหนักแห้งรากเท่ากับ 0.29 และ 0.23 กรัมต่อกระถาง ตามลำดับ ส่วนถั่วลันเตาที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ อัตรา 2.5, 7.5 และ 22.5 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม มีน้ำหนักแห้งรากไม่แตกต่างกัน โดยเท่ากับ 0.13, 0.14 และ 0.15 กรัมต่อกระถาง ตามลำดับ

ตารางที่ 14 ผลการใส่ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA ต่อน้ำหนักแห้งรากของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี (อายุ 35 วัน)

ชนิดของปุ๋ยเหล็ก	น้ำหนักแห้งราก (กรัมต่อกระถาง)			
	อัตราปุ๋ยเหล็ก (มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม)			
	2.5	7.5	22.5	เฉลี่ย
$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0.13bA	0.14bA	0.15bA	0.14
Fe-EDDHA	0.52aA	0.29aB	0.23aB	0.35
เฉลี่ย	0.33	0.22	0.19	0.24
ค่าเฉลี่ยของค่ารับควบคุม				0.12
F-test (ชนิดของปุ๋ยเหล็ก)				**
F-test (อัตราของปุ๋ยเหล็ก)				**
F-test (ชนิด \times อัตราของปุ๋ยเหล็ก)				**
F-test (control vs treated)				**
CV (%)				22

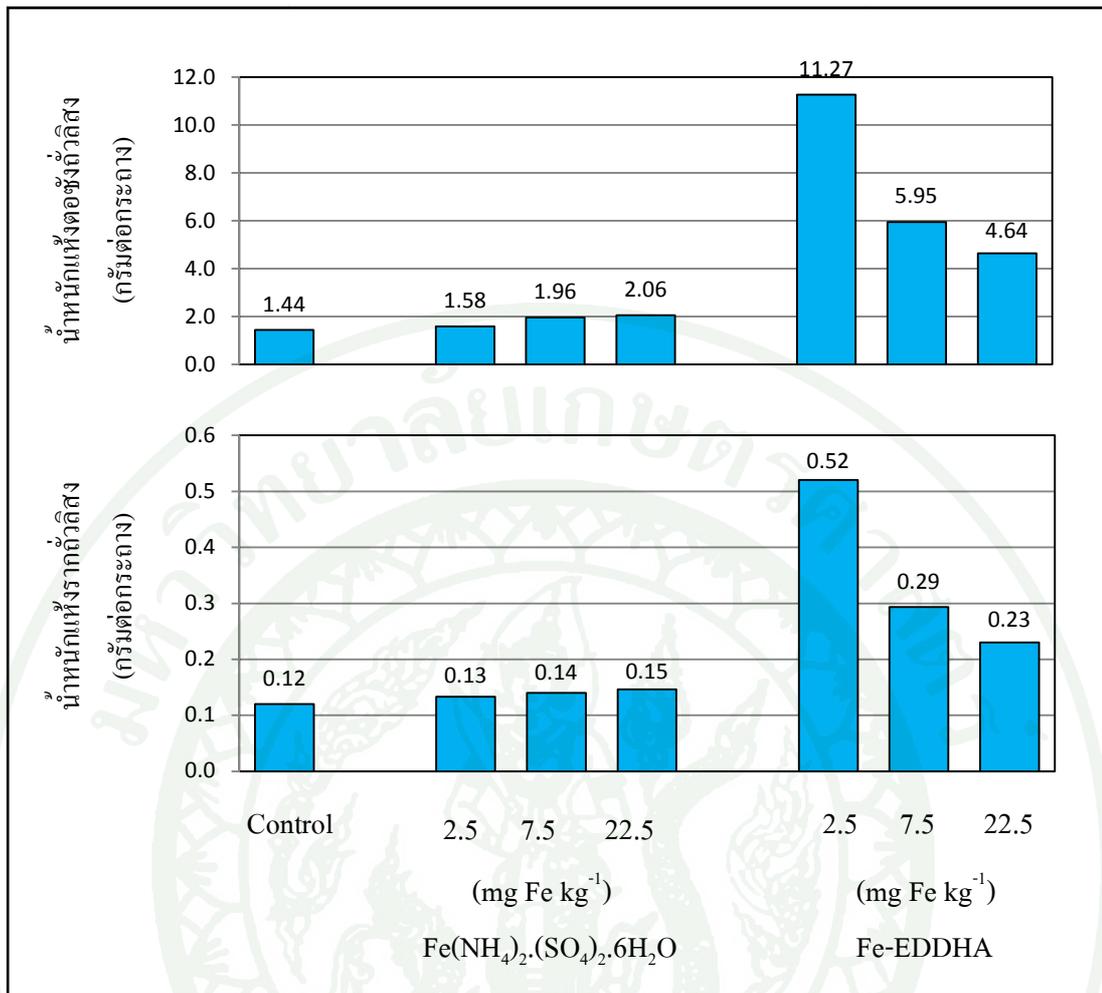
หมายเหตุ ** แตกต่างกันอย่างสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ในสดมภ์เดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ในแถวเดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ คือ ปุ๋ยเหล็กเฟร์รัสแอม โมเนียมซัลเฟต

Fe-EDDHA คือ ปุ๋ยเหล็กอีดีดีเอชเอ



ภาพที่ 6 เปรียบเทียบผลการใส่ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA ต่อน้ำหนักแห้งตอซังและน้ำหนักแห้งรากของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคี

3.4 ผลการใส่เหล็กเฟร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต $[\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ และเหล็ก อีดีดีเอชเอ (Fe-EDDHA) ต่อปริมาณการดูดใช้เหล็กทั้งหมดของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดิน ตาคลี

ถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กมีปริมาณการดูดใช้เหล็กทั้งหมดมากกว่าถั่วลิสงที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็ก (ตารางที่ 15 และ ภาพที่ 7) โดยถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กมีปริมาณการดูดใช้เหล็กทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 0.93 มิลลิกรัมต่อกระถาง ขณะที่ถั่วลิสงที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กมีปริมาณการดูดใช้เหล็กทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 0.41 มิลลิกรัมต่อกระถาง พบว่า ถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-EDDHA มีปริมาณการดูดใช้เหล็กสูงกว่าที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ทั้งในอัตราการใส่ปุ๋ยเหล็กดังกล่าวที่ 2.5, 7.5 และ 22.5 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม พบว่า ถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-EDDHA มีปริมาณการดูดใช้เหล็กสูงสุดที่อัตรา 2.5 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม และมีแนวโน้มลดลงเมื่ออัตราการใส่ปุ๋ยเหล็กดังกล่าวเพิ่มขึ้น โดยถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-EDDHA อัตรา 2.5 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม มีปริมาณการดูดใช้เหล็กเท่ากับ 2.01 มิลลิกรัมต่อกระถาง ขณะที่ถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-EDDHA อัตรา 7.5 และ 22.5 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม มีปริมาณการดูดใช้เหล็กเท่ากับ 1.18 และ 1.12 กรัมต่อกระถาง ตามลำดับ สำหรับถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ พบว่า ปริมาณการดูดใช้เหล็กของถั่วลิสงเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการใส่ปุ๋ยเหล็กดังกล่าวเพิ่มขึ้น โดยที่อัตราการใส่ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 2.5, 7.5 และ 22.5 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม ปริมาณการดูดใช้เหล็กทั้งหมดของถั่วลิสงเท่ากับ 0.35, 0.40 และ 0.55 มิลลิกรัมต่อกระถาง ตามลำดับ

ตารางที่ 15 ผลการใส่ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA ต่อปริมาณการดูดใช้เหล็กทั้งหมดของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปน ชุคดินตาคลี (อายุ 35 วัน)

ชนิดของปุ๋ยเหล็ก	ปริมาณการดูดใช้เหล็ก (มิลลิกรัมต่อกระถาง)			
	อัตราปุ๋ยเหล็ก (มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม)			
	2.5	7.5	22.5	เฉลี่ย
$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0.35bB	0.40bB	0.55bA	0.43
Fe-EDDHA	2.01aA	1.18aB	1.12aB	1.44
เฉลี่ย	1.18	0.79	0.84	0.93
ค่าเฉลี่ยของค่ารับควบคุม				0.41
F-test (ชนิดของปุ๋ยเหล็ก)			**	
F-test (อัตราของปุ๋ยเหล็ก)			ns	
F-test (ชนิด \times อัตราของปุ๋ยเหล็ก)			*	
F-test (control vs treated)			**	
CV (%)			30	

หมายเหตุ ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

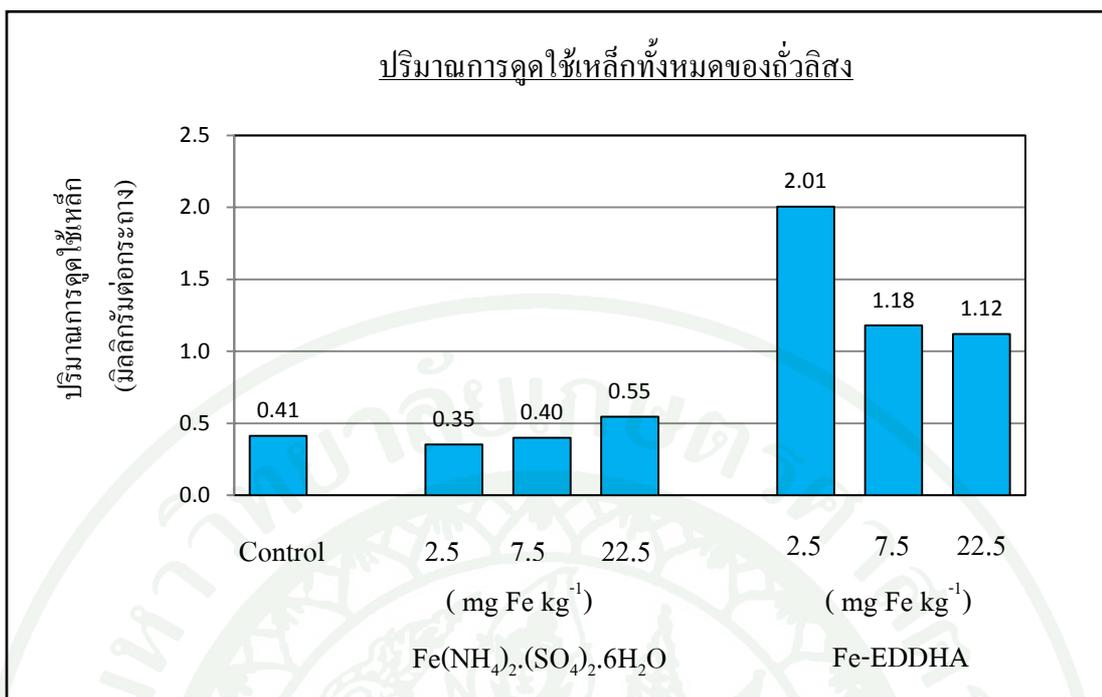
ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ในสดมภ์เดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ในแถวเดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ คือ ปุ๋ยเหล็กเฟร์รัสแอม โมเนียมซัลเฟต

Fe-EDDHA คือ ปุ๋ยเหล็กอีดีดีเอชเอ



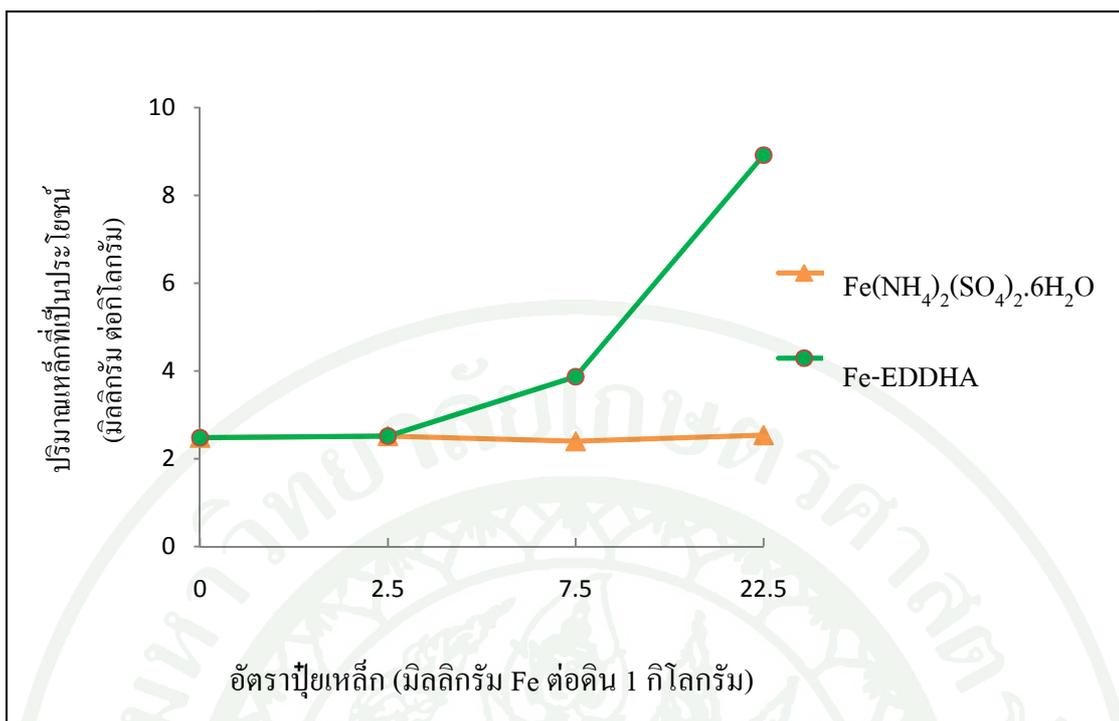
ภาพที่ 7 เปรียบเทียบผลการใส่ Fe(NH₄)₂(SO₄)₂·6H₂O และ Fe-EDDHA ต่อปริมาณการดูดใช้เหล็กทั้งหมดของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี

3.4 ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลีหลังการเก็บเกี่ยวถั่วลิสง

ผลการวิเคราะห์ดินหลังการเก็บเกี่ยวถั่วลิสง พบว่า ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินที่ปลูกถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็ก โดยเฉพาะปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-EDDHA สูงกว่าที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็ก (ตารางที่ 16 และภาพที่ 8) ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่ปุ๋ยเหล็กที่เพิ่มขึ้น ในตำรับที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-EDDHA จะมีปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินหลังการเก็บเกี่ยวถั่วลิสงสูงกว่าที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

ตารางที่ 16 ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลีหลังการเก็บเกี่ยวถั่วลิสง (อายุ 35 วัน)

ตำรับการทดลอง	ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
Control	2.48
$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 2.5 mg Fe kg ⁻¹	2.52
$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 7.5 mg Fe kg ⁻¹	2.40
$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 22.5 mg Fe kg ⁻¹	2.54
Fe-EDDHA 2.5 mg Fe kg ⁻¹	2.52
Fe-EDDHA 7.5 mg Fe kg ⁻¹	3.87
Fe-EDDHA 22.5 mg Fe kg ⁻¹	8.92



ภาพที่ 8 เปรียบเทียบปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคีหลังการเก็บเกี่ยวด้วย
 ลิสงที่ได้รับการใส่ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA

4. การศึกษาการตอบสนองต่อปุ๋ยเหล็กในรูปเหล็กดีทีพีเอ (Fe-DTPA) และเหล็กอีดีดีเอชเอ (Fe-EDDHA) ของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเหนียวปน ชุดดินตาคลี

4.1 ผลการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูปเหล็กดีทีพีเอ (Fe-DTPA) และเหล็กอีดีดีเอชเอ (Fe-EDDHA) ต่อความสูงของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเหนียวปน ชุดดินตาคลี

เมื่อถั่วลิสงอายุ 15 วัน พบว่า ถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กมีความสูงมากกว่าถั่วลิสงที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 17 และ ภาพที่ 9) พบว่า ถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-EDDHA มีความสูงมากกว่าที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-DTPA อย่างเด่นชัด โดยถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-EDDHA มีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 9.6 เซนติเมตร ขณะที่ถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-DTPA ซึ่งมีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 7.0 เซนติเมตร ความสูงของถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กอัตรา 0.5, 1.0, 2.0 และ 3.0 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม ไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้งเมื่อใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-DTPA และ Fe-EDDHA

เมื่อถั่วลิสงอายุ 30 วัน พบว่า ถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กมีความสูงมากกว่าที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็ก (ตารางที่ 18 และ ภาพที่ 9) ค่าเฉลี่ยความสูงของถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กเท่ากับ 14.0 เซนติเมตร ขณะที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กเท่ากับ 11.3 เซนติเมตร ถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-EDDHA มีความสูงมากกว่าถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ Fe-DTPA อย่างเด่นชัด ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกันทุกอัตราการใส่ปุ๋ยเหล็ก พบว่า ถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กอัตรา 0.5, 1.0, 2.0 และ 3.0 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม มีความสูงแตกต่างกัน โดยถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในอัตรา 3.0 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม มีความสูงมากกว่าถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในอัตรา 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม แต่ไม่แตกต่างกับถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในอัตรา 2.0 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม

ความสูงของถั่วลิสงอายุ 60 วัน (ตารางที่ 19 และ ภาพที่ 9) ก่อนข้างสอดคล้องกับเมื่อถั่วลิสงอายุ 30 วัน ถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กมีความสูงมากกว่าถั่วลิสงที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กอย่างเด่นชัด ซึ่งค่าเฉลี่ยความสูงของถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กและไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กเท่ากับ 20.5 และ 13.3 เซนติเมตร ตามลำดับ พบว่า ถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-EDDHA จะมีความสูงมากกว่าถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-DTPA ในทุกอัตราการใส่ปุ๋ยเหล็ก ถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กอัตรา 3.0 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม มีความสูงมากกว่าถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในอัตรา 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม แต่ไม่

แตกต่างกับถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กอัตรา 2.0 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม ทั้งเมื่อใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-DTPA และ Fe-EDDHA

ตารางที่ 17 ผลการใส่ Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อความสูงของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี (อายุ 15 วัน)

ชนิดของปุ๋ยเหล็ก	ความสูง (เซนติเมตร)				
	อัตราปุ๋ยเหล็ก (มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม)				
	0.5	1.0	2.0	3.0	เฉลี่ย
Fe-DTPA	6.2	6.6	7.9	7.3	7.0b
Fe-EDDHA	9.3	11.1	8.8	9.4	9.6a
เฉลี่ย	7.7	8.8	8.3	8.4	8.3
ค่าเฉลี่ยของค่ารับควบคุม	6.3				
F-test (ชนิดของปุ๋ยเหล็ก)	**				
F-test (อัตราของปุ๋ยเหล็ก)	ns				
F-test (ชนิด × อัตราของปุ๋ยเหล็ก)	ns				
F-test (control vs treated)	**				
CV (%)	13				

หมายเหตุ ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ในสดมภ์เดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT

Fe-DTPA คือ ปุ๋ยเหล็กดีทีพีเอ

Fe-EDDHA คือ ปุ๋ยเหล็กอีดีดีเอชเอ

ตารางที่ 18 ผลการใส่ Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อความสูงของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเหนียว ชุดดินตาคลี (อายุ 30 วัน)

ชนิดของปุ๋ยเหล็ก	ความสูง (เซนติเมตร)				
	อัตราปุ๋ยเหล็ก (มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม)				
	0.5	1.0	2.0	3.0	เฉลี่ย
Fe-DTPA	9.8	10.0	13.1	12.6	11.4b
Fe-EDDHA	15.9	16.3	16.3	18.3	16.7a
เฉลี่ย	12.9b	13.1b	14.7ab	15.4a	14.0
ค่าเฉลี่ยของตำรับควบคุม					11.3
F-test (ชนิดของปุ๋ยเหล็ก)					**
F-test (อัตราของปุ๋ยเหล็ก)					*
F-test (ชนิด × อัตราของปุ๋ยเหล็ก)					ns
F-test (control vs treated)					*
CV (%)					12

หมายเหตุ ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ในสดมภ์เดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ในแถวเดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

Fe-DTPA คือ ปุ๋ยเหล็กดีทีพีเอ

Fe-EDDHA คือ ปุ๋ยเหล็กอีดีดีเอชเอ

ตารางที่ 19 ผลการใส่ Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อความสูงของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี (อายุ 60 วัน)

ชนิดของปุ๋ยเหล็ก	ความสูง (เซนติเมตร)				
	อัตราปุ๋ยเหล็ก (มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม)				
	0.5	1.0	2.0	3.0	เฉลี่ย
Fe-DTPA	11.5	12.6	19.3	19.6	15.8b
Fe-EDDHA	23.4	23.3	25.6	28.7	25.3a
เฉลี่ย	17.5b	18.0b	22.5a	24.1a	20.5
ค่าเฉลี่ยของค่ารับควบคุม	13.3				
F-test (ชนิดของปุ๋ยเหล็ก)	**				
F-test (อัตราของปุ๋ยเหล็ก)	**				
F-test (ชนิด × อัตราของปุ๋ยเหล็ก)	ns				
F-test (control vs treated)	**				
CV (%)	9				

หมายเหตุ * แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

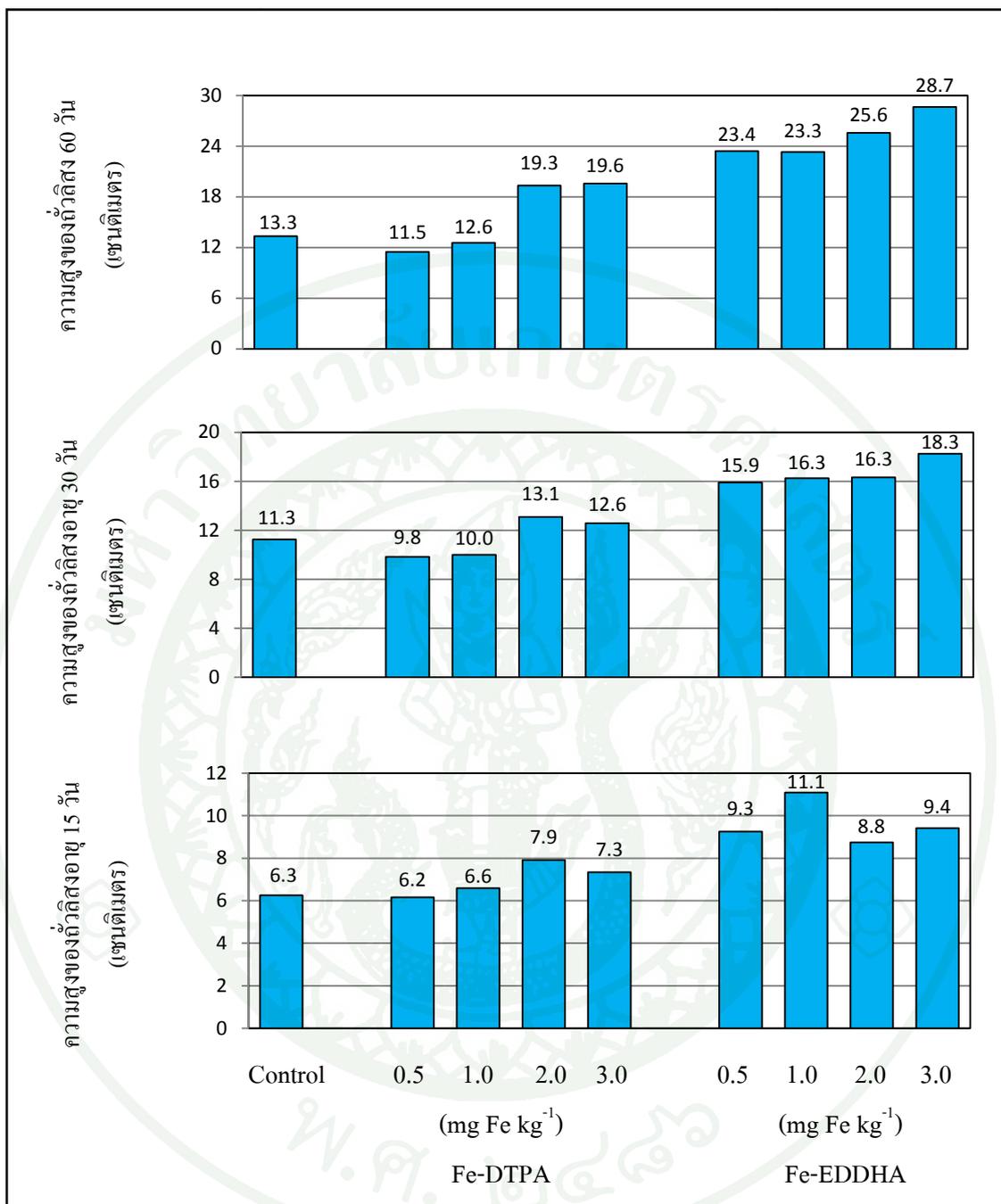
ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ในสดมภ์เดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ในแถวเดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

Fe-DTPA คือ ปุ๋ยเหล็กคีทีพีเอ

Fe-EDDHA คือ ปุ๋ยเหล็กอีดีดีเอชเอ



ภาพที่ 9 เปรียบเทียบผลการใส่ Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อความสูงของถั่วลันเตาที่ปลูกในดินเหนียว ชุมดินตาคลี

4.2 ผลการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูปเหล็กดีทีพีเอ (Fe-DTPA) และเหล็กอีดีดีเอชเอ (Fe-EDDHA) ต่ออาการคลอโรซิสของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเหนียว ชุดดินตาคลี

จากการสังเกตอาการคลอโรซิสของถั่วลิสงในแต่ละช่วงการเจริญเติบโต โดยให้เป็นคะแนน ซึ่งแสดงในตารางที่ 20 พบว่า ถั่วลิสงที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กจะแสดงอาการคลอโรซิสรุนแรงมากที่สุดในทุกช่วงการเจริญเติบโตของถั่วลิสง รองลงมาคือ ถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-DTPA ส่วนถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-EDDHA แสดงอาการคลอโรซิสไม่มาก โดยเฉพาะที่อัตราการใส่ Fe-EDDHA 2.0 และ 3.0 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม โดยทั่วไปที่อัตราการใส่ปุ๋ยเหล็กที่เท่ากัน ถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-EDDHA แสดงอาการคลอโรซิสรุนแรงน้อยกว่าถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-DTPA

ตารางที่ 20 ผลการใส่ Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่ออาการคลอโรซิสของถั่วลิสงที่ปลูกในดิน
เนื้อปูน ชุดดินตาคี เมื่ออายุ 15, 30, 60 และ 80 วันหลังปลูก

ตำรับการทดลอง	อายุหลังวันปลูก (วัน)			
	15	30	60	80
Control	3.0	3.0	3.0	3.0
Fe-DTPA 0.5 mg Fe kg ⁻¹	3.0	2.3	3.0	2.7
Fe-DTPA 1.0 mg Fe kg ⁻¹	2.7	2.3	3.0	2.0
Fe-DTPA 2.0 mg Fe kg ⁻¹	2.3	0.7	3.0	2.0
Fe-DTPA 3.0 mg Fe kg ⁻¹	2.0	0.3	2.0	1.7
Fe-EDDHA 0.5 mg Fe kg ⁻¹	1.0	1.0	3.0	3.0
Fe-EDDHA 1.0 mg Fe kg ⁻¹	0.0	1.0	2.0	2.3
Fe-EDDHA 2.0 mg Fe kg ⁻¹	0.0	0.0	1.7	1.0
Fe-EDDHA 3.0 mg Fe kg ⁻¹	0.0	0.0	1.7	1.0

หมายเหตุ คะแนนลักษณะอาการคลอโรซิสของถั่วลิสง

คะแนน	คลอโรซิส
0	ไม่มีลักษณะคลอโรซิสหรือใบเขียวเข้มปกติ
1	คลอโรซิสน้อย
2	คลอโรซิสปานกลาง
3	คลอโรซิสรุนแรง

4.3 ผลการใส่เหล็กดีทีพีเอ (Fe-DTPA) และเหล็กอีดีดีเอชเอ (Fe-EDDHA) ต่อผลผลิต น้ำหนักแห้งฝักและน้ำหนักแห้งเมล็ดของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี

4.3.1 ผลผลิตน้ำหนักแห้งฝัก

การใส่ปุ๋ยเหล็กมีผลในการเพิ่มผลผลิตน้ำหนักแห้งฝักของถั่วลิสงอย่างเด่นชัด (ตารางที่ 21 ภาพที่ 10) ถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กมีน้ำหนักแห้งฝักเฉลี่ย 16.74 กรัมต่อกระถาง มากกว่าถั่วลิสงที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็ก ซึ่งมีน้ำหนักแห้งฝักเฉลี่ยเท่ากับ 0.09 กรัมต่อกระถาง พบว่า ผลผลิตน้ำหนักแห้งฝักของถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-EDDHA สูงกว่าที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-DTPA โดยเด่นชัดที่อัตราการใส่ปุ๋ยเหล็ก 0.5, 1.0 และ 2.0 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม ถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กทั้งในรูป Fe-DTPA และในรูป Fe-EDDHA ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งฝักสูงสุดที่อัตราการใส่ปุ๋ยเหล็ก 3.0 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม ผลผลิต น้ำหนักฝักแห้งของถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ Fe-EDDHA อัตรา 0.5, 1.0 และ 2.0 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-DTPA พบว่า ผลผลิตน้ำหนักแห้งฝักที่อัตราการใส่ Fe-DTPA 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม ใกล้เคียงกัน และต่ำกว่าที่ได้รับการใส่ Fe-DTPA อัตรา 2.0 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม

4.3.2 น้ำหนักแห้งเมล็ด

น้ำหนักแห้งเมล็ดของถั่วลิสงสอดคล้องกับผลผลิตน้ำหนักแห้งฝัก ถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กมีน้ำหนักแห้งเมล็ดสูงกว่าที่ไม่ใส่ปุ๋ยเหล็ก (ตารางที่ 22 และ ภาพที่ 9) ถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กมีน้ำหนักแห้งเมล็ดเฉลี่ยเท่ากับ 11.83 กรัมต่อกระถาง มากกว่าน้ำหนักแห้งเมล็ดเฉลี่ยของถั่วลิสงที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กอย่างเด่นชัด ซึ่งเท่ากับ 0.06 กรัมต่อกระถาง ถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-EDDHA มีน้ำหนักแห้งเมล็ดสูงกว่าที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-DTPA โดยเด่นชัดที่อัตราการใส่ปุ๋ยเหล็ก 0.5, 1.0 และ 2.0 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม ตามลำดับ ถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กทั้งในรูป Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งฝักและเมล็ดสูงสุดที่อัตราการใส่ปุ๋ยเหล็ก 3 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม พบว่า ที่อัตราการใส่ปุ๋ยเหล็ก 0.5, 1.0, 2.0 และ 3.0 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม ผลผลิตเมล็ดของถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-EDDHA เพิ่มขึ้นมากกว่าค่ารับที่ไม่มีใส่ปุ๋ยเหล็ก 231, 248, 263 และ 339 เท่า ตามลำดับ ส่วนถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-DTPA ผลผลิตเมล็ดจะเพิ่มขึ้นมากกว่าค่ารับที่ไม่มีใส่ปุ๋ยเหล็ก 27, 37, 168 และ 256 เท่า ตามลำดับ (ตารางที่ 23)

ตารางที่ 21 ผลการใส่ Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อน้ำหนักแห้งฝักของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อ
ปูน ชุดดินตาคลี (อายุ 85 วัน)

ชนิดของปุ๋ยเหล็ก	น้ำหนักแห้งฝัก (กรัมต่อกระถาง)				
	อัตราปุ๋ยเหล็ก (มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม)				
	0.5	1.0	2.0	3.0	เฉลี่ย
Fe-DTPA	2.87bC	3.37bC	14.30bB	20.99aA	10.38
Fe-EDDHA	19.55aB	22.14aB	22.60aB	28.12aA	23.10
เฉลี่ย	11.21	12.75	18.45	24.55	16.74
ค่าเฉลี่ยของค่ารับควบคุม	0.09				
F-test (ชนิดของปุ๋ยเหล็ก)	**				
F-test (อัตราของปุ๋ยเหล็ก)	**				
F-test (ชนิด × อัตราของปุ๋ยเหล็ก)	**				
F-test (control vs treated)	**				
CV (%)	13				

หมายเหตุ ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ในสดมภ์เดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ย
ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ในแถวเดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ย
ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

Fe-DTPA คือ ปุ๋ยเหล็กคีทีพีเอ

Fe-EDDHA คือ ปุ๋ยเหล็กอีดีดีเอชเอ

ตารางที่ 22 ผลการใส่ Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อน้ำหนักแห้งเมล็ดของถั่วลิสงที่ปลูกในดิน
เนื้อปูน ชุดดินตาคลี (อายุ 85 วัน)

ชนิดของปุ๋ยเหล็ก	น้ำหนักแห้งเมล็ด (กรัมต่อกระถาง)				
	อัตราปุ๋ยเหล็ก (มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม)				
	0.5	1.0	2.0	3.0	เฉลี่ย
Fe-DTPA	1.67bC	2.25bC	10.14bB	15.44aA	7.38
Fe-EDDHA	13.92aB	14.93aB	15.85aB	20.42aA	16.28
เฉลี่ย	7.80	8.59	13.00	17.93	11.83
ค่าเฉลี่ยของค่ารับควบคุม	0.06				
F-test (ชนิดของปุ๋ยเหล็ก)	**				
F-test (อัตราของปุ๋ยเหล็ก)	**				
F-test (ชนิด × อัตราของปุ๋ยเหล็ก)	**				
F-test (control vs treated)	**				
CV (%)	14				

หมายเหตุ ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

ในสดมภ์เดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ย
ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT

ในแถวเดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ย
ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT

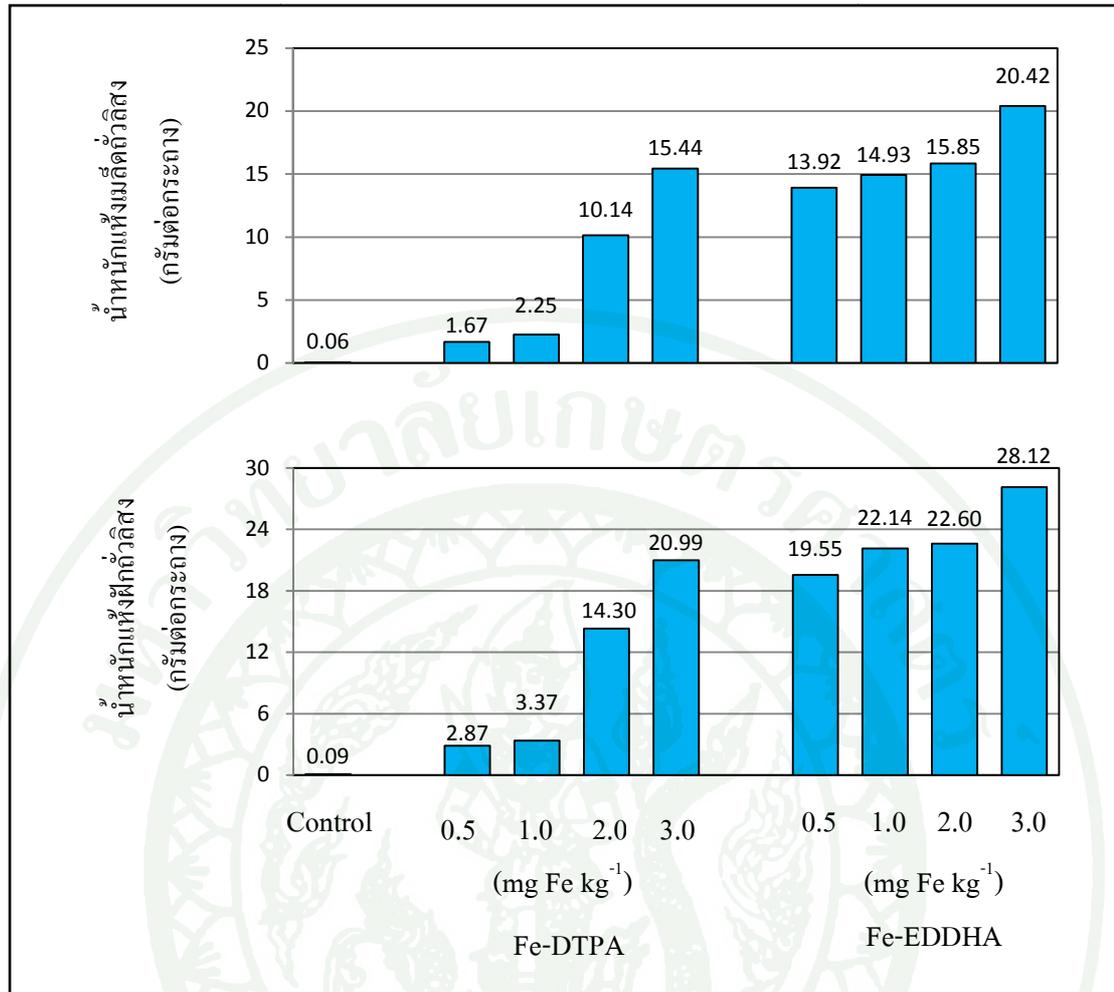
Fe-DTPA คือ ปุ๋ยเหล็กคีทีพีเอ

Fe-EDDHA คือ ปุ๋ยเหล็กอีดีดีเอชเอ

ตารางที่ 23 ผลการใส่ Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อผลผลิตเมล็ดเพิ่มของถั่วลิสงที่ปลูกในดิน
เนื้อปูน ชุดดินตาคลี (อายุ 85 วัน)

ตำรับการทดลอง	ผลผลิตเมล็ดเพิ่ม ^u (เท่า)
Control	-
Fe-DTPA 0.5 mg Fe kg ⁻¹	27
Fe-DTPA 1.0 mg Fe kg ⁻¹	37
Fe-DTPA 2.0 mg Fe kg ⁻¹	168
Fe-DTPA 3.0 mg Fe kg ⁻¹	256
Fe-EDDHA 0.5 mg Fe kg ⁻¹	231
Fe-EDDHA 1.0 mg Fe kg ⁻¹	248
Fe-EDDHA 2.0 mg Fe kg ⁻¹	263
Fe-EDDHA 3.0 mg Fe kg ⁻¹	339

หมายเหตุ ^u เปรียบเทียบกับตำรับไม่ใส่ปุ๋ยเหล็ก



ภาพที่ 10 เปรียบเทียบผลการใส่ Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อน้ำหนักแห้งฝักและเมล็ดของข้าว
ลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี

4.4 ผลการใส่เหล็กดีทีพีเอ (Fe-DTPA) และเหล็กอีดีดีเอชเอ (Fe-EDDHA) ต่อน้ำหนักแห้งต่อซังและรากของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเหนียวปน ชุดดินตาคลี

4.4.1 น้ำหนักแห้งต่อซัง

ถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กมีน้ำหนักแห้งต่อซังสูงกว่าที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็ก (ตารางที่ 24 ภาพที่ 11) โดยถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กมีน้ำหนักแห้งต่อซังเฉลี่ยเท่ากับ 19.82 กรัมต่อกระถาง ขณะที่น้ำหนักแห้งต่อซังเฉลี่ยของถั่วลิสงที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กเท่ากับ 2.76 กรัมต่อกระถาง ถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูปแบบ Fe-EDDHA มีน้ำหนักแห้งต่อซังมากกว่าถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูปแบบ Fe-DTPA ในทุกอัตราการใส่ปุ๋ยเหล็ก น้ำหนักแห้งต่อซังของถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ Fe-DTPA อัตรา 2.0 และ 3.0 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัมไม่แตกต่างกันทางสถิติ และสูงกว่าที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กอัตรา 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม ส่วนน้ำหนักแห้งต่อซังของถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ Fe-EDDHA อัตรา 1.0, 2.0 และ 3.0 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และสูงกว่าที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กอัตรา 0.5 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม

4.4.2 น้ำหนักแห้งราก

เมื่อพิจารณาน้ำหนักแห้งรากของถั่วลิสง พบว่า ถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กมีน้ำหนักแห้งรากสูงกว่าที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 25 ภาพที่ 11) โดยถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กมีน้ำหนักแห้งรากเฉลี่ยเท่ากับ 2.65 กรัมต่อกระถาง ขณะที่น้ำหนักแห้งรากเฉลี่ยของถั่วลิสงที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กเท่ากับ 0.12 กรัมต่อถาง ถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูปแบบ Fe-EDDHA มีน้ำหนักแห้งรากมากกว่าถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูปแบบ Fe-DTPA ในทุกอัตราการใส่ปุ๋ยเหล็ก น้ำหนักแห้งรากของถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็ก อัตรา 2.0 และ 3.0 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัมไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่สูงกว่าที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กอัตรา 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม ทั้งเมื่อใส่ Fe-DTPA และ Fe-EDDHA

ตารางที่ 24 ผลการใส่ Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อน้ำหนักแห้งต่อซังของถั่วลิสงที่ปลูกในดิน
เนื้อปูน ชุดดินตาคลี (อายุ 85 วัน)

ชนิดของปุ๋ยเหล็ก	น้ำหนักแห้งต่อซัง (กรัมต่อกระถาง)				
	อัตราปุ๋ยเหล็ก (มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม)				
	0.5	1.0	2.0	3.0	เฉลี่ย
Fe-DTPA	3.91bC	6.66bB	18.27bA	19.47bA	12.08
Fe-EDDHA	21.49aB	28.52aA	31.24aA	29.01aA	27.56
เฉลี่ย	12.70	17.59	24.76	24.24	19.82
ค่าเฉลี่ยของค่ารับควบคุม	2.76				
F-test (ชนิดของปุ๋ยเหล็ก)	**				
F-test (อัตราของปุ๋ยเหล็ก)	**				
F-test (ชนิด × อัตราของปุ๋ยเหล็ก)	**				
F-test (control vs treated)	**				
CV (%)	10				

หมายเหตุ ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์
ในสดมภ์เดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ย
ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT
ในแถวเดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ย
ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT
Fe-DTPA คือ ปุ๋ยเหล็กดีทีพีเอ
Fe-EDDHA คือ ปุ๋ยเหล็กอีดีดีเอชเอ

ตารางที่ 25 ผลการใส่ Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อน้ำหนักแห้งรากของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อ
ปูน ชุดดินตาคลี (อายุ 85 วัน)

ชนิดของปุ๋ยเหล็ก	น้ำหนักแห้งราก (กรัมต่อกระถาง)				
	อัตราปุ๋ยเหล็ก (มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม)				
	0.5	1.0	2.0	3.0	เฉลี่ย
Fe-DTPA	0.37	0.71	1.93	2.41	1.36b
Fe-EDDHA	2.24	3.92	5.02	4.57	3.94a
เฉลี่ย	1.31c	2.32b	3.48a	3.49a	2.65
ค่าเฉลี่ยของค่ารับควบคุม	0.12				
F-test (ชนิดของปุ๋ยเหล็ก)	**				
F-test (อัตราของปุ๋ยเหล็ก)	**				
F-test (ชนิด × อัตราของปุ๋ยเหล็ก)	ns				
F-test (control vs treated)	**				
CV (%)	18				

หมายเหตุ ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

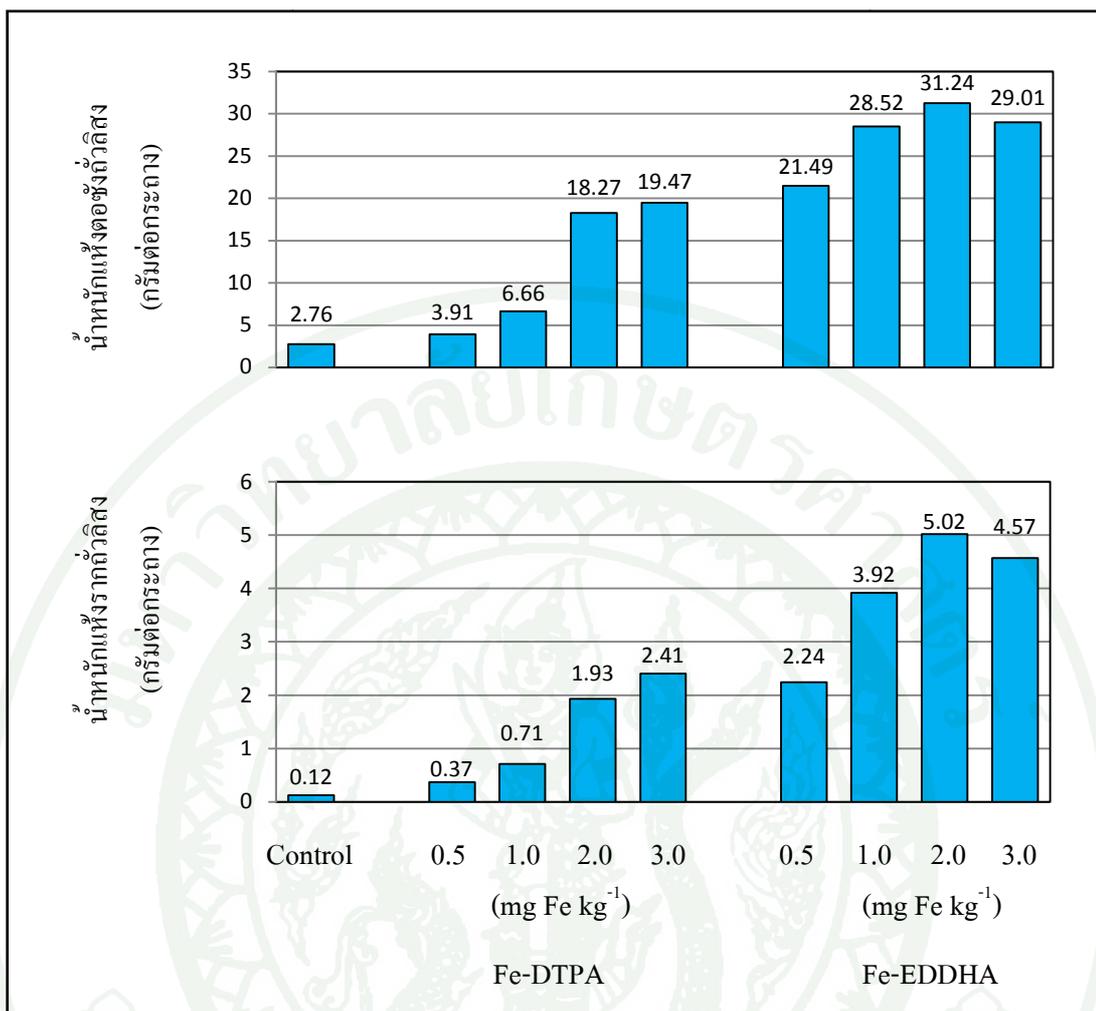
ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ในสดมภ์เดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ย
ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ในแถวเดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ย
ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

Fe-DTPA คือ ปุ๋ยเหล็กคีทีพีเอ

Fe-EDDHA คือ ปุ๋ยเหล็กอีดีดีเอชเอ



ภาพที่ 11 เปรียบเทียบผลการใส่ Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อน้ำหนักแห้งตอซังและรากของข้าว
ลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี

4.5 ผลการใส่เหล็กในรูปเหล็กดีทีพีเอ (Fe-DTPA) และเหล็กอีดีดีเอชเอ (Fe-EDDHA) ต่อปริมาณการดูดใช้เหล็กทั้งหมดของถั่วลิสงที่ปลูกในชุดดินตาคลี

การใส่ปุ๋ยเหล็กมีผลในการเพิ่มปริมาณการดูดใช้เหล็กทั้งหมดของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี (ตารางที่ 26 ภาพที่ 12) พบว่า ถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กมีปริมาณการดูดใช้เหล็กทั้งหมดเฉลี่ยสูงกว่าที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กมีปริมาณการดูดใช้เหล็กทั้งหมดเฉลี่ย 5.73 มิลลิกรัมต่อกระถาง ขณะที่ถั่วลิสงที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กมีปริมาณการดูดใช้เหล็กทั้งหมด 0.60 มิลลิกรัมต่อกระถาง ถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-EDDHA มีปริมาณการดูดใช้เหล็กของถั่วลิสงทั้งหมดมากกว่าถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-DTPA โดยเด่นชัดที่อัตราการใส่ปุ๋ยเหล็ก 0.5, 1.0 และ 2.0 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม ปริมาณการดูดใช้เหล็กของถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ Fe-DTPA อัตรา 2.0 และ 3.0 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัมไม่แตกต่างกันทางสถิติ และสูงกว่าที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กอัตรา 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม ส่วนปริมาณการดูดใช้เหล็กของถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ Fe-EDDHA อัตรา 1.0, 2.0 และ 3.0 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัมไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่สูงกว่าที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กอัตรา 0.5 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม

ตารางที่ 26 ผลการใส่ Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อปริมาณการดูดใช้เหล็กทั้งหมดของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี (อายุ 85 วัน)

ชนิดของปุ๋ยเหล็ก	ปริมาณการดูดใช้เหล็ก (มิลลิกรัมต่อกระถาง)				
	อัตราปุ๋ยเหล็ก (มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม)				
	0.5	1.0	2.0	3.0	เฉลี่ย
Fe-DTPA	0.85bB	1.22bB	4.17bA	5.77aA	3.00
Fe-EDDHA	5.50aB	8.40aA	10.79aA	9.11aA	8.45
เฉลี่ย	3.18	4.81	7.48	7.44	5.73
ค่าเฉลี่ยของค่ารับควบคุม	0.60				
F-test (ชนิดของปุ๋ยเหล็ก)	**				
F-test (อัตราของปุ๋ยเหล็ก)	**				
F-test (ชนิด × อัตราของปุ๋ยเหล็ก)	*				
F-test (control vs treated)	**				
CV (%)	22				

หมายเหตุ ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

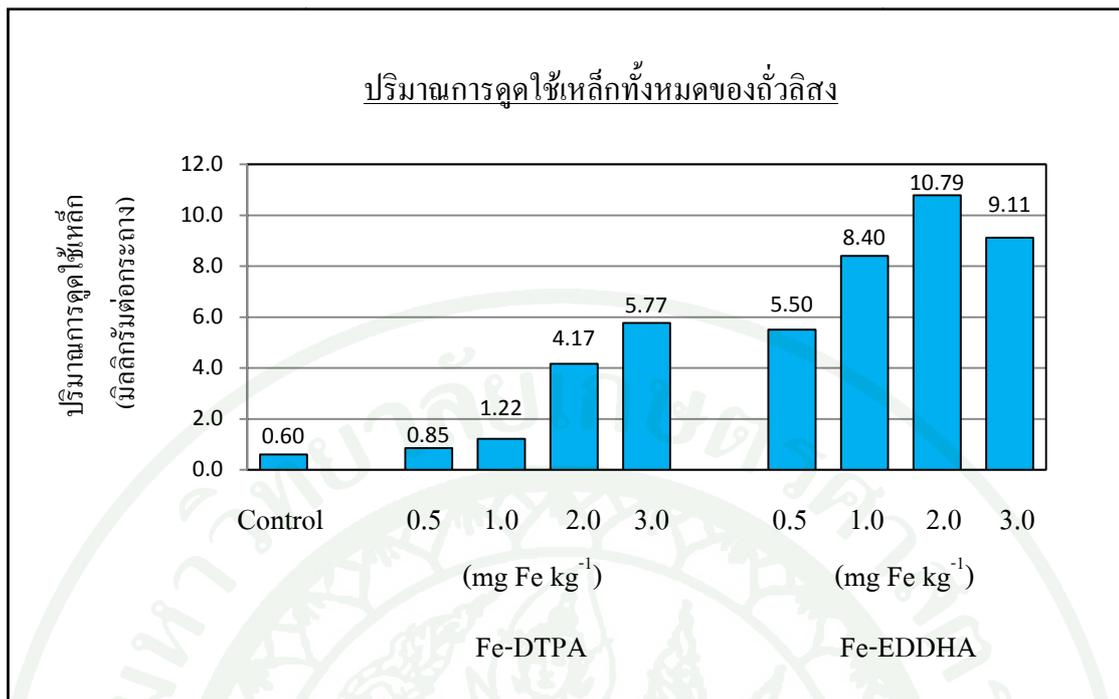
* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ในสดมภ์เดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ในแถวเดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

Fe-DTPA คือ ปุ๋ยเหล็กดีทีพีเอ

Fe-EDDHA คือ ปุ๋ยเหล็กอีดีดีเอชเอ



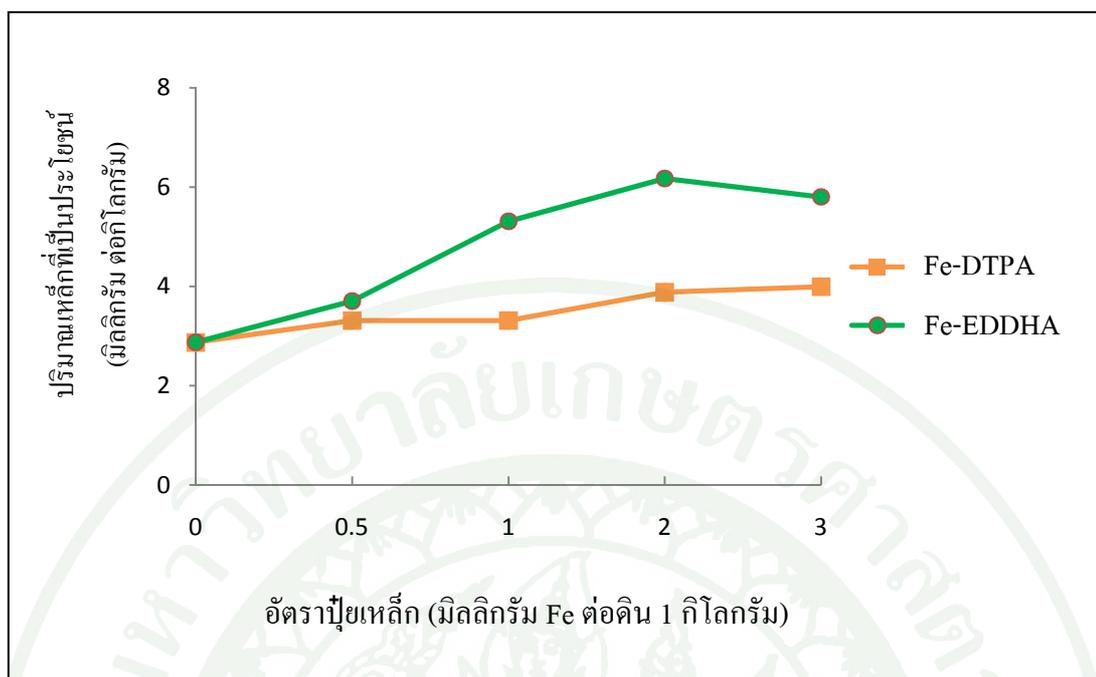
ภาพที่ 12 เปรียบเทียบผลการใส่ Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อปริมาณการดูดใช้เหล็กทั้งหมดของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปน ชุดดินตาคลี

4.6 ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลีหลังการเก็บเกี่ยวถั่วลิสง

ผลการวิเคราะห์ดินหลังการเก็บเกี่ยวถั่วลิสง พบว่า ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินปลูกถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กสูงกว่าที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็ก (ตารางที่ 27 และภาพที่ 13) ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่ปุ๋ยเหล็กที่เพิ่มขึ้น ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินที่ปลูกถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-EDDHA สูงกว่าที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-DTPA ทุกอัตราการใส่ปุ๋ยเหล็ก

ตารางที่ 27 ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลีหลังการเก็บเกี่ยวถั่วลิสง (อายุ 85 วัน)

ตำรับการทดลอง	ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
Control	2.87
Fe-DTPA 0.5 mg Fe kg ⁻¹	3.31
Fe-DTPA 1.0 mg Fe kg ⁻¹	3.31
Fe-DTPA 2.0 mg Fe kg ⁻¹	3.88
Fe-DTPA 3.0 mg Fe kg ⁻¹	3.99
Fe-EDDHA 0.5 mg Fe kg ⁻¹	3.70
Fe-EDDHA 1.0 mg Fe kg ⁻¹	5.31
Fe-EDDHA 2.0 mg Fe kg ⁻¹	6.17
Fe-EDDHA 3.0 mg Fe kg ⁻¹	5.80



ภาพที่ 13 เปรียบเทียบปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลีหลังการเก็บเกี่ยว ถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ Fe-DTPA และ Fe-EDDHA

วิจารณ์

1. สมบัติของดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลีที่นำมาศึกษา

ดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลีที่นำมาศึกษามีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนเหนียว (clay loam) ปฏิกริยา ดินเป็นด่าง (ตารางที่ 3) ปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตในดินสูงมาก ปริมาณอินทรีย์วัตถุสูง ปริมาณ ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงมาก ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่เป็น ประโยชน์อยู่ในระดับสูงมาก (Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973) สอดคล้องกับผลการศึกษาของจำป็น (2535) และ ชนิษฐา (2548) เมื่อพิจารณาปริมาณจุลธาตุ อาหารในชุดดินตาคลี พบว่า มีปริมาณสังกะสี แมงกานีส และทองแดงที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับ เพียงพอ เท่ากับ 2.1, 6.6 และ 0.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และมีปริมาณเหล็กที่เป็น ประโยชน์ต่ำ เท่ากับ 2.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Martens and Lindsay, 1990) ซึ่งสอดคล้องกับผล การศึกษาของประเสริฐ (2528); ชัยฤกษ์และคณะ (2528); ขวัญตา (2550) และ พชร (2551) ที่ รายงานว่าชุดดินตาคลีมีปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ต่ำไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช

2. ผลการใส่เฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต $[\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ และเหล็กอีดีดีเอชเอ (Fe-EDDHA) ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณเหล็กทั้งหมดในข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี

จากการศึกษาพบว่าข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลีที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กมีการ เจริญเติบโต ผลผลิตฝัก และน้ำหนักแห้งต่อชั่งสูงกว่าข้าวโพดที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็ก ปริมาณ การดูดใช้เหล็กของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กมีแนวโน้มสูงกว่าที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็ก (ตารางที่ 4-8 และภาพที่ 1-3)

ผลการทดลองดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า ดินเนื้อปูนชุดดินตาคลี มีปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ ต่ำไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของจำป็น (2535) และ ขวัญตา (2550) และผลการวิเคราะห์ดินในห้องปฏิบัติการ ซึ่งพบว่าชุดดินตาคลีที่นำมาศึกษามี ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ต่ำ เท่ากับ 2.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 3) เมื่อมีการใส่ปุ๋ย เหล็กในรูป $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และในรูป Fe-EDDHA ข้าวโพดตอบสนองโดยมีการ เจริญเติบโต ผลผลิตฝัก และปริมาณการดูดใช้เหล็กเพิ่มขึ้นสูงกว่าที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยเหล็ก ซึ่ง การศึกษาของ Singh and Sinha (1977) และ Godsey *et al.* (2003) ก็พบว่า การใส่ปุ๋ยเหล็กให้กับ

ข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนซึ่งมีปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ต่ำจะทำให้การเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณเหล็กทั้งหมดของข้าวโพดเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน และ Al-Mustafa *et al.* (2001) พบว่า ผลผลิตน้ำหนักแห้งของข้าวฟ่างเพิ่มขึ้นเมื่อมีการใส่ปุ๋ยเหล็กในดินเนื้อปูนที่ขาดเหล็ก

3. เปรียบเทียบประสิทธิภาพของเฟร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต $[\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ และเหล็ก อีดีดีเอเอ (Fe-EDDHA) ในการเพิ่มการเจริญเติบโต ผลผลิตฝักและปริมาณการดูดใช้เหล็กของ ข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี

จากผลการศึกษา พบว่า ข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลีตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ย เหล็กอย่างเด่นชัด ทั้งเมื่อใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และในรูป Fe-EDDHA โดยการ เจริญเติบโต น้ำหนักผลผลิตฝัก และปริมาณการดูดใช้เหล็กของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กสูง กว่าข้าวโพดที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็ก ผลการทดลองดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า ปุ๋ยเหล็กทั้งสองรูป ดังกล่าว มีประสิทธิภาพในการเพิ่มการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณการดูดใช้เหล็กของ ข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี

ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA มีการ เจริญเติบโต น้ำหนักผลผลิตฝักและปริมาณการดูดใช้เหล็กใกล้เคียงกันในทุกอัตราการใส่ปุ๋ยเหล็ก แสดงว่า ประสิทธิภาพในการเพิ่มการเจริญเติบโต ผลผลิตฝักของข้าวโพด รวมทั้งความเป็น ประโยชน์ของเหล็กในดินต่อข้าวโพด ของปุ๋ยเหล็กในรูป $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และในรูป Fe-EDDHA ใกล้เคียงกัน ซึ่งโดยทั่วไปในดินเนื้อปูนซึ่งมี pH สูง ปฏิกิริยาดินเป็นด่าง ปริมาณ แคลเซียมคาร์บอเนตสูง การใส่ปุ๋ยเหล็กในรูปสารประกอบอนินทรีย์ให้กับพืชที่ปลูกในดินดังกล่าว ที่ขาดเหล็ก ประสิทธิภาพในการเพิ่มการเจริญเติบโตและผลผลิตพืชมักจะต่ำกว่าที่ใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป เหล็กคีเลต เนื่องจากเหล็กในรูปดังกล่าวมักจะตกตะกอนอยู่ในรูปที่พืชนำมาใช้ประโยชน์ได้น้อย (Havlin *et al.*, 2005; Follet *et al.*, 1981) การที่ปุ๋ย $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ซึ่งเป็นปุ๋ยเหล็กในรูป สารประกอบอนินทรีย์มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับ Fe-EDDHA ซึ่งเป็นปุ๋ยเหล็กในรูปคีเลตในการ เพิ่มการเจริญเติบโต ผลผลิตของข้าวโพด และความเป็นประโยชน์ของเหล็กในดินต่อข้าวโพดที่ ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลีน่าจะเนื่องจากข้าวโพดเป็นพืชตระกูลหญ้า ซึ่งรากของพืชตระกูล หญ้าจะมีความสามารถปล่อยกรดอะมิโนที่เรียกว่า ไฟโทซิเดออร์โรฟออร์ (phytosiderophores) ออก จากราก เพื่อละลายเหล็กในดินแล้วเคลื่อนย้ายเข้าไปในรากได้ (Schmidt, 2003; Marschner and Romheld, 1994; ยงยุทธ, 2552) รากข้าวโพดน่าจะขับสารดังกล่าวออกมาช่วยในการละลายเหล็กที่

ใส่ในรูปแบบ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ที่ตกตะกอนและนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Romheld,1991; Romheld and Marschner,1986; Marschner *et al.*,1986)

4. ผลการใส่เฟร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต $[\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ และเหล็กอีดีดีเอชเอ (Fe-EDDHA) ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตน้ำหนักแห้งต่อชั่ง และปริมาณการดูดใช้เหล็กทั้งหมดใน ถั่วลิสงที่ปลูกในดินเหนียวปน ชุดดินตาคลี

จากการศึกษาพบว่าถั่วลิสงที่ปลูกในชุดดินตาคลีที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กมีการเจริญเติบโต ด้านความสูง น้ำหนักแห้งต่อชั่งและราก และปริมาณการดูดใช้เหล็กทั้งหมดสูงกว่าถั่วลิสงที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กเลย (ตารางที่ 10-15 และภาพที่ 5-7)

ผลการทดลองดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า ชุดดินตาคลี มีปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ต่ำไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของถั่วลิสง ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของประเสริฐ (2528); ชัยฤกษ์ และคณะ (2528) และ พชร (2551) และผลการวิเคราะห์ดินในห้องปฏิบัติการ ซึ่งพบว่าชุดดินตาคลี ที่นำมาศึกษามีปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ต่ำ เท่ากับ 2.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 3) เมื่อมีการใส่ปุ๋ยเหล็กน่าจะจะมีผลทำให้ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มมากขึ้น ถั่วลิสงจึงดูดดึงเหล็กขึ้นไปใช้ได้ปริมาณที่มากขึ้น ส่งผลให้ถั่วลิสงมีการเจริญเติบโต และผลผลิตน้ำหนักแห้งต่อชั่งและรากเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด (Heitholt *et al.*, 2003; Rashid *et al.*,1997; Papastylianou, 1990; Parkpian *et al.*, 1988) อีกทั้ง จากการสังเกตพบว่าถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กโดยเฉพาะ Fe-EDDHA ถั่วลิสงจะแสดงอาการคลอโรซิสเล็กน้อยลง ซึ่งเป็นอาการขาดเหล็กน้อยลงหรือไม่แสดงอาการคลอโรซิสเลยเมื่อเทียบกับถั่วลิสงที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็ก

5. เปรียบเทียบประสิทธิภาพของเฟร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต $(\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$ และเหล็กอีดีดีเอชเอ (Fe-EDDHA) ในการเพิ่มการเจริญเติบโต ผลผลิตน้ำหนักแห้ง และปริมาณการดูดใช้เหล็กทั้งหมดของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเหนียวปน ชุดดินตาคลี

จากผลการศึกษา พบว่า ถั่วลิสงที่ปลูกในชุดดินตาคลีตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยเหล็กอย่างเด่นชัด การเจริญเติบโตทั้งทางด้านความสูง น้ำหนักแห้งต่อชั่งและน้ำหนักแห้งรากของถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กสูงกว่าที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็ก โดยการเจริญเติบโตทางด้านความสูง น้ำหนักแห้งต่อชั่งและน้ำหนักแห้งราก และปริมาณการดูดใช้เหล็กของถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูปแบบ Fe-EDDHA สูงกว่าที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูปแบบ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ในทุกอัตรา

การใส่ปุ๋ยเหล็ก แสดงว่า ประสิทธิภาพในการเพิ่มการเจริญเติบโต ผลผลิตน้ำหนักรากต่อชั่ง น้ำหนักแห้งรากของถั่วลิสง และความเป็นประโยชน์ของเหล็กในดินเนื้อปูนชุดดินตาคาลิต่อถั่วลิสง ของ Fe-EDDHA ซึ่งเป็นปุ๋ยเหล็กในรูปคีเลตสูงกว่า $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ซึ่งเป็นปุ๋ยเหล็กในรูป สารประกอบอนินทรีย์ (Havlin *et al.*, 2005) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Papastylianou, (1990); Parkpian *et al.* (1988) และ Rashid *et al.* (1997) ที่พบว่า การใส่ปุ๋ยเหล็กในรูปเหล็กคีเลต ให้กับถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูนซึ่งมีปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ต่ำ มีผลทำให้การเจริญเติบโต ผลผลิตและปริมาณเหล็กทั้งหมดของถั่วลิสงเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป สารประกอบอนินทรีย์

ผลการศึกษาพบว่า ถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-EDDHA มีการเจริญเติบโต น้ำหนักแห้งต่อชั่งและรากลดลงเมื่ออัตราการใส่ปุ๋ยเหล็กเพิ่มขึ้นจาก 2.5 เป็น 7.5 และ 22.5 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะการใส่ Fe-EDDHA ที่อัตรา 2.5 มิลลิกรัม Fe ต่อ ดิน 1 กิโลกรัม คงจะเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคาลิที่ นำมาศึกษา การใส่ปุ๋ยเหล็กในอัตราที่สูงกว่าอัตราดังกล่าวอาจมากเกินไปเกินความต้องการของพืช ซึ่งอาจ ก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อถั่วลิสง หรือก่อให้เกิดการไม่สมดุลของธาตุอาหาร จึงส่งผลให้ถั่วลิสงมีการเจริญเติบโต ผลผลิตน้ำหนักรากต่อชั่งและรากลดลง

6. ผลการใส่เหล็กดีทีพีเอ (Fe-DTPA) และเหล็กอีดีดีเอชเอ (Fe-EDDHA) ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณการดูดใช้เหล็กทั้งหมดของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคาลิ

จากการศึกษาพบว่าถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคาลิที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กมีการเจริญเติบโตด้านความสูง ผลผลิตฝัก และปริมาณเหล็กทั้งหมดสูงกว่าถั่วลิสงที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กเลย (ตารางที่ 17-26 และภาพที่ 9-12) แสดงว่าชุดดินตาคาลิ มีปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ต่ำ ไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของถั่วลิสง สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ดินในห้องปฏิบัติการ ซึ่งพบว่าชุดดินตาคาลิที่นำมาศึกษามีปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ต่ำ เท่ากับ 2.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 3) และผลการศึกษากการใส่ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA ต่อการเจริญเติบโต ของถั่วลิสงที่ปลูกในชุดดินตาคาลิดังกล่าวข้างต้น การใส่ปุ๋ยเหล็ก น่าจะมีผลทำให้ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มมากขึ้น ถั่วลิสงจึงดูดดึงเหล็กขึ้นไปใช้ได้มากขึ้น ส่งผลให้ถั่วลิสงมีการเจริญเติบโต ผลผลิตฝัก น้ำหนักแห้งต่อชั่งและรากเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด (Heitholt *et al.*, 2003; Rashid *et al.*, 1997; Papastylianou, 1990; Wisersma, 2005) ซึ่งถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กจะ แสดงอาการคลอโรซิสเล็กน้อยลง เมื่อเทียบกับถั่วลิสงที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กเลย

7. เปรียบเทียบประสิทธิภาพของเหล็กดีทีพีเอ (Fe-DTPA) และเหล็กอีดีดีเอชเอ (Fe-EDDHA) ในการเพิ่มการเจริญเติบโต ผลผลิตฝักและเมล็ดของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเหนียวปน ชุดดินตาคลี

จากผลการศึกษา พบว่า ถั่วลิสงที่ปลูกในชุดดินตาคลีตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยเหล็กทั้งในรูปแบบ Fe-DTPA และ Fe-EDDHA อย่างเด่นชัด โดยการเจริญเติบโต ผลผลิตฝักและเมล็ดของถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กสูงกว่าที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็ก ผลการทดลองดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า ปุ๋ยเหล็กในรูปแบบ Fe-DTPA และในรูปแบบ Fe-EDDHA มีประสิทธิภาพในการเพิ่มการเจริญเติบโต ผลผลิตฝักและเมล็ดของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเหนียวปน ชุดดินตาคลี พบว่าที่อัตราการใส่ปุ๋ยเหล็กที่เท่ากันถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูปแบบ Fe-EDDHA จะมีการเจริญเติบโต ผลผลิตฝักและเมล็ด และปริมาณการดูดใช้เหล็กทั้งหมดสูงกว่าที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูปแบบ Fe-DTPA แสดงว่าประสิทธิภาพในการเพิ่มการเจริญเติบโต ผลผลิต และความเป็นประโยชน์ของเหล็กในดินต่อถั่วลิสงที่ปลูกในดินเหนียวปนของ Fe-EDDHA สูงกว่า Fe-DTPA ผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับการทดลองของ Papastylianou (1990) ที่รายงานไว้ว่า ถั่วลิสงที่ปลูกในดินเหนียวปนที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูปแบบ Fe-EDDHA มีผลผลิตเพิ่มขึ้นมากกว่าที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูปแบบ Fe-DTPA

8. ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเหนียวปน ชุดดินตาคลีหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดและถั่วลิสง

หลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด พบว่า ในดินเหนียวปน ชุดดินตาคลีที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กทั้งในรูปแบบ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA มีปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์สูงกว่าที่ไม่ใส่ปุ๋ยเหล็ก (ตารางที่ 9 และภาพที่ 4) ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินที่ได้รับการใส่ Fe-EDDHA สูงกว่าที่ได้รับการใส่ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ส่วนในดินปลูกถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA หลังการเก็บเกี่ยวถั่วลิสง พบว่า ในดินที่ได้รับการใส่ Fe-EDDHA จะมีปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินในปริมาณที่สูงกว่าที่ได้รับการใส่ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ เช่นกัน (ตารางที่ 16 และภาพที่ 8) การใส่ปุ๋ยเหล็ก Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ให้กับถั่วลิสง ผลการวิเคราะห์ปริมาณเหล็กในดินหลังเก็บเกี่ยวถั่วลิสง (ตารางที่ 27 และภาพที่ 13) ชี้ให้เห็นว่า ในดินที่ได้รับการใส่ Fe-EDDHA มีปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินมากกว่าในดินที่ได้รับการใส่ Fe-DTPA ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินดังกล่าว น่าจะเป็นประโยชน์กับพืชที่ปลูกในฤดูถัดไป

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการศึกษาผลการตอบสนองต่อปุ๋ยเหล็กบางชนิดของข้าวโพดและถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. ชุดดินตาคลีที่นำมาศึกษามีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว (clay loam) pH 7.6 มีปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตสูงมาก ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินสูง ปริมาณฟอสฟอรัสและปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงมาก ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์สูงมาก ปริมาณ สังกะสี แมงกานีสและทองแดงที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับเพียงพอ มีปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำ

2. ข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลีขาดเหล็ก เมื่อมีการใส่ปุ๋ยเหล็ก ข้าวโพดตอบสนองโดยมีการเจริญเติบโต การให้ผลผลิตฝักและน้ำหนักต่อชั่งเพิ่มขึ้นสูงกว่าข้าวโพดที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กอย่างเด่นชัด ที่อัตราการใส่ปุ๋ยเหล็ก 15 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม ข้าวโพดให้ผลผลิตฝักสูงที่สุด ข้าวโพดมีปริมาณการดูดใช้เหล็กเพิ่มขึ้น โดยมีแนวโน้มมากกว่าที่ไม่ใส่ปุ๋ยเหล็ก การใส่ปุ๋ยเหล็กทั้งในรูป $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และในรูป Fe-EDDHA ให้กับข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินตาคลีจะช่วยแก้ไขการขาดเหล็กของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลีได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และในรูป Fe-EDDHA ที่อัตราการใส่ปุ๋ยเหล็กที่เท่ากัน มีการเจริญเติบโต ผลผลิตฝัก และปริมาณการดูดใช้เหล็กไม่แตกต่างกัน ประสิทธิภาพในการเพิ่มการเจริญเติบโต ผลผลิตฝักของข้าวโพดและความเป็นประโยชน์ของเหล็กในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลีของปุ๋ยเหล็กในรูป $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และในรูป Fe-EDDHA ใกล้เคียงกัน

4. ถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลีขาดเหล็ก เมื่อมีการใส่ปุ๋ยเหล็กถั่วลิสงจะตอบสนองโดยมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น ผลผลิตน้ำหนักแห้งต่อชั่งและราก และปริมาณการดูดใช้เหล็กเพิ่มขึ้นสูงกว่าถั่วลิสงที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กอย่างเด่นชัด

5. ถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูปแบบ Fe-EDDHA จะมีการเจริญเติบโต ผลผลิตน้ำหนักแห้งต่อซัง น้ำหนักแห้งรากและปริมาณการดูดใช้เหล็กสูงกว่าที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูปแบบ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ในทุกอัตราการใส่ปุ๋ยเหล็ก ประสิทธิภาพในการเพิ่มการเจริญเติบโต ผลผลิตน้ำหนักแห้งต่อซังและรากของถั่วลิสง และความเป็นประโยชน์ของเหล็กในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี ต่อถั่วลิสงของปุ๋ยเหล็กในรูปแบบ Fe-EDDHA สูงกว่าปุ๋ยเหล็กในรูปแบบ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูปแบบ Fe-EDDHA ที่อัตรา 2.5 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม มีการเจริญเติบโต ผลผลิตน้ำหนักแห้งต่อซัง น้ำหนักแห้งรากและปริมาณการดูดใช้เหล็กสูงสุด

6. การใส่ปุ๋ยเหล็กทั้งในรูปแบบ Fe-DTPA และในรูปแบบ Fe-EDDHA ให้กับถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลีที่นำมาศึกษา ซึ่งมีปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ต่ำจะช่วยแก้ไขการขาดเหล็กของถั่วลิสงที่ปลูกในดินดังกล่าว โดยการเจริญเติบโต การให้ผลผลิตและปริมาณการดูดใช้เหล็กของถั่วลิสงจะเพิ่มขึ้นสูงกว่าที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็ก ถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูปแบบ Fe-EDDHA ที่อัตรา 3.0 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม มีผลผลิตน้ำหนักฝักและเมล็ดสูงสุด

7. ถั่วลิสงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูปแบบ Fe-EDDHA มีการเจริญเติบโต ผลผลิตฝักและเมล็ด และปริมาณการดูดใช้เหล็กสูงกว่าที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูปแบบ Fe-DTPA ประสิทธิภาพในการเพิ่มการเจริญเติบโต ผลผลิตฝักและเมล็ดของถั่วลิสงและความเป็นประโยชน์ของเหล็กในดินต่อถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลีของปุ๋ยเหล็กในรูปแบบ Fe-EDDHA สูงกว่าปุ๋ยเหล็กในรูปแบบ Fe-DTPA

8. การใส่ปุ๋ยเหล็กในรูปแบบ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และในรูปแบบ Fe-EDDHA ให้กับข้าวโพดและถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี หลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดและถั่วลิสง ดินที่ได้รับการใส่ Fe-EDDHA จะมีปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินมากกว่าที่ได้รับการใส่ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

9. การใส่ Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ให้กับถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี หลังการเก็บเกี่ยวถั่วลิสง ดินที่ได้รับการใส่ Fe-EDDHA จะมีปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินมากกว่าที่ใส่ Fe-DTPA

ข้อเสนอแนะ

1. ในการแก้ไขการขาดเหล็กของข้าวโพดและถั่วลิสงที่ปลูกในดินเหนียว โดยการใส่ปุ๋ยเหล็กให้กับพืชดังกล่าว สำหรับข้าวโพดการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ หรือ Fe-EDDHA จะมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน ส่วนถั่วลิสงการใส่ปุ๋ยเหล็ก Fe-EDDHA จะมีประสิทธิภาพดีที่สุด

2. ควรมีการศึกษาต่อโดยศึกษาในสภาพไร่นาถึงอัตราและวิธีการใส่ปุ๋ยเหล็กดังกล่าวที่เหมาะสมสำหรับข้าวโพดและถั่วลิสงที่ปลูกในดินเหนียว รวมทั้งการศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยเหล็กชนิดต่าง ๆ ในการแก้ไขปัญหาการขาดเหล็กของพืชเศรษฐกิจอื่นๆ ที่ปลูกในดินเหนียว

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2548. รายงานการจัดการทรัพยากรดินเพื่อการปลูกพืชเศรษฐกิจหลักตามกลุ่ม
ชุดดิน เล่ม 2 ดินบนพื้นที่ดอน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- กรมวิชาการเกษตร. 2548. เอกสารวิชาการพันธุ์พืชไร่. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- เกษมศรี ชับซ้อน. 2541. ปฐพีวิทยา. ครั้งที่ 3. กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ, ปทุมธานี.
- ขวัญตา ขาวมี. 2550. ผลการใส่ปุ๋ยหลัก สังกะสี และเปลี่ยนสับปะรด ต่อความเป็นประโยชน์ของ
หลัก สังกะสี และผลผลิตของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- คณะกรรมการจัดทำพทานุกรมปฐพีวิทยา, 2551. พทานุกรมปฐพีวิทยา. สำนักพิมพ์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ครั้งที่ 10. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
กรุงเทพฯ.
- จรงค์ จันทร์เจริญสุข. 2550. การวิเคราะห์ดินและพืชทางเคมี. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- จำเป็น อ่อนทอง. 2535. การศึกษาการใช้อิมมัลชันจากโรงงานผงชูรสแก้ปัญหาการขาดธาตุ
ประจวบของพืชที่ปลูกบนดินชนิดชุดดินตาคาลี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชนิษฐา พันธุ์เมือง. 2548. การใช้มูลไก่เป็นปุ๋ยฟอสฟอรัสสำหรับข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินเลย
และชุดดินตาคาลี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์. 2536. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์, อำนาจ สุวรรณฤทธิ์ และ แจ่มจันทร์ วิจารณ์. 2528. การศึกษาวิธีการแก้ไขอาการคลอโรซิสของถั่วลิสงที่ขาดธาตุเหล็กที่ปลูกบนดินคัลคาเรียสสีดำในไร้เกษตรกร, น. 409-414. ใน รายงานการสัมมนา งานวิจัยถั่วลิสง ครั้งที่ 4. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, สรรเสริญ จำปาทอง, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, นพพงศ์ จุลจอหอ และ นัทรพงศ์ บาลลา. 2548. การวิจัยและพัฒนาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมเดี่ยวพันธุ์สุวรรณ 4452, น. 332-343. ใน เรื่องเติมการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43: สาขาพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

คนัย วรรณวนิช. 2547. **เอกสารคำสอนวิชาความอุดมสมบูรณ์ของดิน**. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตปทุมธานี, ปทุมธานี.

ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และจรงค์ จันทร์เจริญสุข. 2551. **คู่มือการปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ประเสริฐ อเมริด. 2528. การศึกษาปัญหาจุลธาตุ (เหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง) ที่เป็นปัจจัยจำกัดผลผลิตของถั่วลิสงที่ปลูกในดินชุดตาคลีและแนวทางแก้ไข. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เพชร อริยะสกุล. 2551. **ประสิทธิภาพของปุ๋ยเหล็กคีเลตในการแก้ไขปัญหาการขาดเหล็กของถั่วลิสงที่ปลูกในชุดดินตาคลี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เพิ่มพูน กิรติกสิกร. 2528. **เคมีของดิน**. ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ไพบุลย์ วิวัฒน์วงศ์วนา. 2546. **เคมีดิน**. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2544. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน**. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

ขงยุทธ โอสดสภา. 2546. **ธาตุอาหารพืช**. ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2552. **ธาตุอาหารพืช**. ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____, อรรถศิษฐ์ วงศ์ณีโรจน์ และ ชวลิต สงประยูร. 2551. **ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน**. ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สรสิทธิ์ วัชรโรทยาน, ถวิล ครุฑกุล, ไพบุลย์ ประพตดิชธรรม และ อำนาจ สุวรรณฤทธิ์. 2527. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน**. ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____, พศินีย์ อัดตะนันท์, ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์ และ จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2533. การแก้ปัญหาการขาดธาตุอาหารจุลธาตุของพืชเศรษฐกิจที่ปลูกในดินต่าง. ใน รายงานการวิจัยโครงการวิจัยการใช้วัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อการเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุธีรา ยอดดี. 2544. **ผลของการใช้ปุ๋ยเหล็กทางใบที่มีต่อถั่วเขียวสองพันธุ์ที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักมาตรฐานสินค้านำเข้าส่งออก. 2551. **สถิติการส่งออกสินค้ามาตรฐานข้าวโพดตามใบรับรองมาตรฐานสินค้า**. กรมการค้าต่างประเทศ แหล่งที่มา: <http://www.dft.moc.go.th/level3.asp?level2=29>, 29 พฤษภาคม 2552.

สุวพันธ์ รัตนะรัต, ชลวดี ละเอียด, เฉลียว ดิษฐสันเทียะ, จรัส กิจบำรุง และ สมจินตนา ทুমแสน. 2529. **ความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดอาการขาดธาตุเหล็กและผลผลิตของถั่วลิสงบางพันธุ์ที่ปลูกในดินเหนียวสีดำ**, น.389-392. ใน รายงานการสัมมนา งานวิจัยถั่วลิสง ครั้งที่ 5. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุวรรณรัตน์ รัตนะรัต, ชลวดี ละเอียด, เฉลียว ดิษฐสันเทียะ และ สุภาพร รัตนะรัต. 2530. การแก้ไขอาการขาดธาตุเหล็กของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเหนียวสีคำหูดาคลี, น. 478-482. ใน รายงานการสัมมนา งานวิจัยถั่วลิสง ครั้งที่ 6. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____, นางลัดกษณ์ วิบูลสุข, พิชิต พงษ์สกุล, จิรพงษ์ ประสิทธิ์เขตร, มณเฑียร จินดา และ สุรสิทธิ์ อรรถจารุสิทธิ์. 2543. ลักษณะอาการขาดธาตุอาหารของพืช. กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

เอิบ เขียวรินทร์มณี. 2533. ดินของประเทศไทย: ลักษณะ การแจกกระจายและการใช้. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Al-Mustafa, W.A., A.E. Abdallah and A.M. Falatah. 2001. Assessment of five extractants for their ability to predict iron uptake and response of sorghum grown in calcareous soils. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.** 32: 907-919.

Brady, N. C. 1990. **The Nature and Properties of Soils.** 10th ed. The Macmillan Co., New York.

_____ and R.R. Weil. 2008. **The Nature and Properties of Soils.** 14th ed. The Macmillan Co., New York.

Bray, R.H. and N. Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. **Soil Sci.** 59: 39-45.

Brown, J. R. and D. Warnke. 1988. Recommended cation tests and measures of cation exchange capacity, pp. 15-16. In W.C. Dahnke, ed. **Recommended Chemical Soil Test Procedures for North Central Region.** North Dakota Agric. Exp. Stn. Bull. 499.

Day, P.R. 1965. Particle fractionation and particle size analysis, pp. 545-567. In C.A. Black (ed.), **Methods of Soil Analysis. Part I. Physical and Mineralogical Methods.** Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin.

- Follet, R. H., L. S. Murphy and R. L. Donahue. 1981. **Fertilizer and Soil Amendments**. Prentice-Hall Inc., New Jersey.
- Foth, H.D. and B.G. Ellis. 1996. **Soil Fertility**. 2nded. Crop and Soil Sciences, Michigan State University, East Lansing, Michigan.
- Godsey, C.B., J.P. Schmidt, A.J. Schlegel, R.K. Taylor, C.R. Thompson and R.J. Gehl. 2003. Correcting iron deficiency in corn with seed row – applied iron sulfate. **Agron.J.** 95: 160-166.
- Hansen, N. C., M. A. Schmitt, J. E. Anderson and J. S. Strock. 2003. Iron deficiency of soybean in the upper midwest and associated soil properties. **Agron. J.** 95:1595-1601.
- Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale and W.L. Nelson. 2005. **Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management**. 7thed. Pearson Prentice Hall Inc., New Jersey.
- Heitholt, J. J., J. J. Sloan, C. T. MacKown and R. I. Cabrera. 2003. Soybean growth on calcareous soil as affected by three iron sources. **Plant Nutr.** 26: 935-948.
- Kilmer, V.J. and L.T. Alexander. 1949. Method of making mechanical analysis of soils. **Soil Sci.** 68: 15-24.
- Land Classification Division and FAO Project Staff. 1973. **Soil Interpretation Handbook for Thailand**. Dept. of Land Development, Min. of Agri. And Coop., Bangkok.
- Lindsay, W.L. and W.A. Norvell. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 42: 421-428.
- Loeppert, R.H. and D. L. Suarez. 1996. Carbonate and Gypsum. Chap. 15: 448-451. **In Method of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods**. USA and SSSA. Madison, WI, USA.

- Marschner H., V. Romheld and M. Kissel. 1986. Different strategies in higher plants in mobilization and uptake of iron. **Plant Nutr.** 9(3-7): 695-713.
- Marschner H. and V. Romheld. 1994. Strategies of plants for acquisition of iron. **Plant Soil.** 165: 261-274.
- Martens, D.C. and W.L. Lindsay. 1990. Testing soils for copper, iron, manganese and zinc, pp. 229. *In* R.L. Westerman, ed. **Soil Testing and Plant Analysis.** 3rd ed. Soil Sci. Soc. Amer., Madison, WI, USA.
- Mortvedt, J.J., Giordano, P.M. and Lindsay, W.L. (Eds.). 1972. **Micronutrients in Agriculture.** Soil Sci. Soc. Am. J, New York.
- Papastylianou, I. 1990. Effectiveness of iron chelates and FeSO₄ for correcting iron chlorosis of peanut on calcareous soils. **Plant Nutr.** 13(5): 555-566.
- Parkpian P., R.W.Bell, S. Ratanarat and S Phetchawee. 1988. Iron of field in black calcareous soils of Thailand: A Review. **Plant Nutr.** 11(6-11): 1275-1284.
- Prasad, R. and J.F. Power. 1997. **Soil Fertilizer Management for Sustainable Agriculture.** CRC Lewis Publishers, Boca Raton, New York.
- Rashid, A. , E. Rafique, J. Din, S. N. Malik and M. Y. Arain. 1997. Micronutrient deficiencies in rainfed calcareous soils of pakistan. I. iron chlorosis in peanut plant. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.** 28: 135-148.
- Romheld, V. and H. Marschner. 1986. Evidence for a specific uptake system for iron phytosiderophores in roots of grasses. **Plant Physiol.** 80: 175-180.
- _____. 1991. The role of phytosiderophores in acquisition of iron and other micronutrients in graminaceous species: An ecological approach. **Plant and Soil.** 130: 127-134.

Schmidt, W. 2003. Iron solutions: acquisition strategies and signaling pathways in plants.

Trends Plant Sci. 8(4): 188-193.

Shen, J., F. Zhang, Q. Chen, Z. Rengel, C. Tang and C. Song. 2002. Genotypic difference in seed iron content and early responses to iron deficiency in wheat. **Plant Nutr.** 25: 1631-1643.

Singh, R. and M. K. Sinha. 1977. Reactions of iron chelates in calcareous soil and their relative efficiency in iron nutrition of corn. **Plant and Soil.** 46: 17-29.

Soil Survey Division Staff. 2006. **Keys to Soil Taxonomy.** 10th ed. Natural Resources Conservation Service. United States Department of Agriculture, Washington, D.C.

Soltanpour, P.N. 1985. Use of ammonium bicarbonate – DTPA soil test to evaluate element availability and toxicity. **Commun. Soil Sci. Plant anal.** 16: 323-338.

Sparks D.L., A.L. Page, P.A. Helmke, R.H. Loeppert, P.N. Soltanpour, M.A. Tabatabai, C.T. Johnson and M.E. Summer. 1996. **Methods of Soil Analysis Part 3 Chemical Methods.** Soil Science Society of America, Inc., American, Wisconsin, USA.

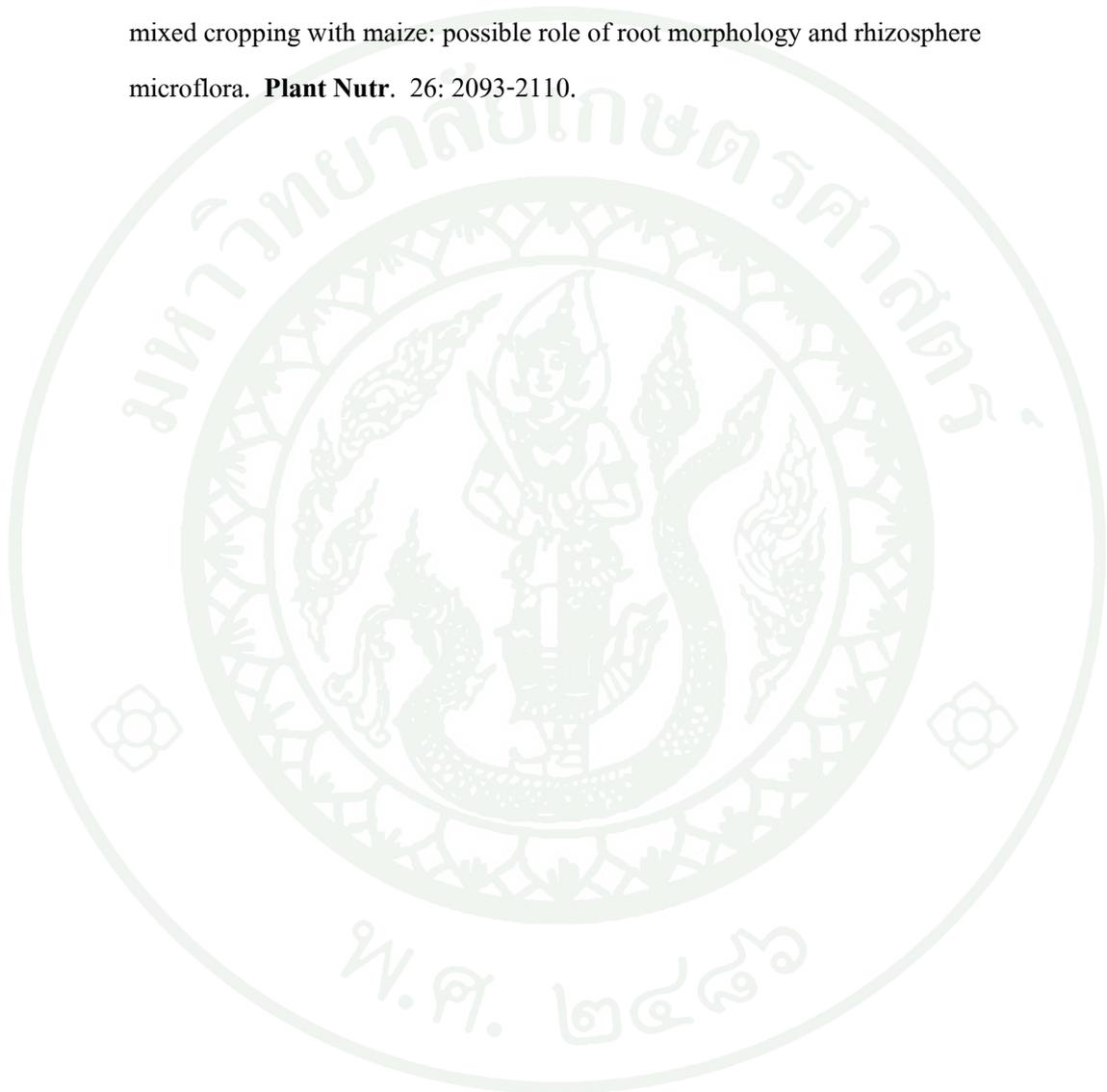
Walkley, A. and I.A. Black. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chronic acid titration method. **Soil Sci.** 37: 29-38.

Wiersma, J.V. 2005. High rates of Fe-EDDHA and seed iron concentration suggest partial solutions to iron deficiency in soybean. **Agron. J.** 97: 924-934.

Xian, W. and C. Qing-Sheng. 2006. Steel slag as an iron fertilizer for corn growth and soil improvement in a pot experiment. **Pedosphere.** 16: 519-524.

Zuo, Y. and F. Zhang. 2008. Effect of peanut mixed cropping with gramineous species on micronutrient concentrations and iron chlorosis of peanut plants grown in a calcareous soil. **Plant Soil**. 306: 23-36.

Zuo, Y., X. Li, Y. Cao, F. Zhang and P. Christie. 2003. Iron nutrition of peanut enhanced by mixed cropping with maize: possible role of root morphology and rhizosphere microflora. **Plant Nutr**. 26: 2093-2110.





ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 น้ำหนักแห้งรวม (ฝัก+ตอซัง) และความเข้มข้นของเหล็กในข้าวโพดที่ปลูกในดิน
เนื้อปูน ชุดดินตาคลี

ตำรับการทดลอง	น้ำหนักแห้งรวม (ตอซัง+ฝัก) (กรัมต่อกระถาง)	ความเข้มข้นของเหล็ก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	
		ฝัก	ตอซัง
Control	131.51	39.84	86.01
Fe(NH ₄) ₂ (SO ₄) ₂ .6H ₂ O 5 mg Fe kg ⁻¹	155.64	32.90	96.89
Fe(NH ₄) ₂ (SO ₄) ₂ .6H ₂ O 15 mg Fe kg ⁻¹	164.80	18.98	142.37
Fe(NH ₄) ₂ (SO ₄) ₂ .6H ₂ O 45 mg Fe kg ⁻¹	149.77	30.69	138.99
Fe-EDDHA 5 mg Fe kg ⁻¹	155.90	35.94	78.14
Fe-EDDHA 15 mg Fe kg ⁻¹	159.36	23.44	99.33
Fe-EDDHA 45 mg Fe kg ⁻¹	154.43	32.76	120.14

ตารางผนวกที่ 2 น้ำหนักแห้งรวม (ตอซัง+ราก) และความเข้มข้นของเหล็กในถั่วลิสงที่ปลูกในดิน
เนื้อปูน ชุดดินตาคลี

ตำรับการทดลอง	น้ำหนักแห้งรวม (ตอซัง+ราก) (กรัมต่อกระถาง)	ความเข้มข้นของเหล็ก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	
		ตอซัง	ราก
Control	1.56	151.16	1,603.26
Fe(NH ₄) ₂ (SO ₄) ₂ .6H ₂ O 2.5 mg Fe kg ⁻¹	1.71	129.20	1,132.88
Fe(NH ₄) ₂ (SO ₄) ₂ .6H ₂ O 7.5 mg Fe kg ⁻¹	2.10	126.24	1,106.83
Fe(NH ₄) ₂ (SO ₄) ₂ .6H ₂ O 22.5 mg Fe kg ⁻¹	2.20	159.88	1,494.02
Fe-EDDHA 2.5 mg Fe kg ⁻¹	11.79	119.20	1,206.43
Fe-EDDHA 7.5 mg Fe kg ⁻¹	6.25	148.26	1,009.86
Fe-EDDHA 22.5 mg Fe kg ⁻¹	4.87	172.49	1,386.08

ตารางผนวกที่ 3 น้ำหนักแห้งของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี

ตำรับการทดลอง	น้ำหนักแห้งของถั่วลิสง (กรัมต่อกระถาง)				
	ตอซัง	ราก	เมล็ด	เปลือก	รวม
Control	2.76	0.12	0.06	0.03	2.97
Fe-DPTA 0.5 mg Fe kg ⁻¹	3.91	0.37	1.67	1.20	7.15
Fe-DPTA 1.0 mg Fe kg ⁻¹	6.66	0.71	2.25	1.12	10.74
Fe-DPTA 2.0 mg Fe kg ⁻¹	18.27	1.93	10.14	4.16	34.50
Fe-DPTA 3.0 mg Fe kg ⁻¹	19.47	2.41	15.44	5.54	42.86
Fe-EDDHA 0.5 mg Fe kg ⁻¹	21.49	2.24	13.92	5.63	43.28
Fe-EDDHA 1.0 mg Fe kg ⁻¹	28.52	3.92	14.93	7.21	54.57
Fe-EDDHA 2.0 mg Fe kg ⁻¹	31.24	5.02	15.85	6.75	58.86
Fe-EDDHA 3.0 mg Fe kg ⁻¹	29.01	4.57	20.42	7.70	61.70

ตารางผนวกที่ 4 ความเข้มข้นของเหล็กในถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี

ตำรับการทดลอง	ความเข้มข้นของเหล็ก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)			
	ตอซัง	ราก	เมล็ด	เปลือก
Control	188.93	650.48	15.28	93.75
Fe-DPTA 0.5 mg Fe kg ⁻¹	176.21	230.28	13.25	44.06
Fe-DPTA 1.0 mg Fe kg ⁻¹	141.37	352.89	7.10	76.46
Fe-DPTA 2.0 mg Fe kg ⁻¹	160.53	367.06	15.65	96.98
Fe-DPTA 3.0 mg Fe kg ⁻¹	154.62	784.39	18.92	92.40
Fe-EDDHA 0.5 mg Fe kg ⁻¹	160.57	638.06	12.93	72.84
Fe-EDDHA 1.0 mg Fe kg ⁻¹	143.42	845.21	15.40	96.28
Fe-EDDHA 2.0 mg Fe kg ⁻¹	127.10	1,169.40	17.54	112.64
Fe-EDDHA 3.0 mg Fe kg ⁻¹	127.01	965.95	16.18	97.13

ตารางผนวกที่ 5 ปริมาณเหล็กทั้งหมด (ฝัก+ตอซัง)ของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี

ตำรับการทดลอง	ปริมาณเหล็กทั้งหมด (ฝัก+ตอซัง) (มิลลิกรัมต่อกระถาง)
Control	0.53
Fe-DPTA 0.5 mg Fe kg ⁻¹	0.91
Fe-DPTA 1.0 mg Fe kg ⁻¹	0.97
Fe-DPTA 2.0 mg Fe kg ⁻¹	3.48
Fe-DPTA 3.0 mg Fe kg ⁻¹	3.78
Fe-EDDHA 0.5 mg Fe kg ⁻¹	4.05
Fe-EDDHA 1.0 mg Fe kg ⁻¹	4.97
Fe-EDDHA 2.0 mg Fe kg ⁻¹	4.99
Fe-EDDHA 3.0 mg Fe kg ⁻¹	4.73

ตารางผนวกที่ 6 ข้อจำกัดของสมบัติทางเคมีที่ใช้ประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน

(คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมปลูกพืชวิทยา, 2551; Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973)

1. ปฏิกริยาของดิน (soil reaction), pH (ดินต่อน้ำ = 1:1)

ระดับ (rating)		พิสัย (range)
กรดรุนแรงมาก	Ultra acid	< 3.5
กรดรุนแรง	Extremely acid	3.5-4.5
กรดจัดมาก	Very strongly acid	4.5-5.0
กรดจัด	Strongly acid	5.1-5.5
กรดปานกลาง	Moderately acid	5.6-6.0
กรดเล็กน้อย	Slightly acid	6.1-6.5
กลาง	Neutral	6.6-7.3
ด่างเล็กน้อย	Slightly alkaline	7.4-7.8
ด่างปานกลาง	Moderately alkaline	7.9-8.4
ด่างจัด	Strongly alkaline	8.5-9.0
ด่างจัดมาก	Very Strongly alkaline	> 9.0

2. อินทรีย์วัตถุ (organic matter) (% organic carbon x 1.724)

ระดับ (rating)		พิสัย (range) (g kg ⁻¹)
ต่ำมาก	(VL)	< 5
ต่ำ	(L)	5-10
ค่อนข้างต่ำ	(ML)	10-15
ปานกลาง	(M)	15-25
ค่อนข้างสูง	(MH)	25-35
สูง	(H)	35-45
สูงมาก	(VH)	>45

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

3. ปริมาณไนโตรเจนรวม (total nitrogen)

ระดับ (rating)		พิสัย (range) (g kg^{-1})
ต่ำมาก	(VL)	< 2.5
ต่ำ	(L)	0.50-0.75
ปานกลาง	(M)	0.75-1.25
สูง	(H)	1.25-1.75
สูงมาก	(VH)	>2.25

4. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) (Bray II)

ระดับ (rating)		พิสัย (range) (mg kg^{-1})
ต่ำมาก	(VL)	< 3
ต่ำ	(L)	3-6
ค่อนข้างต่ำ	(ML)	6-10
ปานกลาง	(M)	10-15
ค่อนข้างสูง	(MH)	15-25
สูง	(H)	25-45
สูงมาก	(VH)	>45

5. ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available K) (NH_4OAc)

ระดับ (rating)		พิสัย (range) (mg kg^{-1})
ต่ำมาก	(VL)	< 30
ต่ำ	(L)	30-60
ปานกลาง	(M)	60-90
สูง	(H)	90-120
สูงมาก	(VH)	>120

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

6. ค่าที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable base) (NH_4OAc)

ระดับ (rating)	พิสัย (range) ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)			
	Exch.Ca	Exch.Mg	Exch.K	Exch.Na
ต่ำมาก (VL)	<2	<0.3	<0.2	<0.1
ต่ำ (L)	2-5	0.3-1.0	0.2-0.3	0.1-0.3
ปานกลาง (M)	5-10	1.0-3.0	0.3-0.6	0.3-0.7
สูง (H)	10-20	3.0-8.0	0.6-1.2	0.7-2.0
สูงมาก (VH)	>20	>8.0	>1.2	>2.0

6. ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity)

ระดับ (rating)	พิสัย (range) ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)
ต่ำมาก	(VL) < 3
ต่ำ	(L) 3-5
ค่อนข้างต่ำ	(ML) 5-10
ปานกลาง	(M) 10-15
ค่อนข้างสูง	(MH) 15-20
สูง	(H) 20-30
สูงมาก	(VH) >30

หมายเหตุ	VL	=	ต่ำมาก (Very Low)
	V	=	ต่ำ (Low)
	ML	=	ค่อนข้างต่ำ (Moderately Low)
	M	=	ปานกลาง (Moderate)
	MH	=	ค่อนข้างสูง (Moderately High)
	H	=	สูง (High)
	VH	=	สูงมาก (Very High)

ตารางผนวกที่ 7 แสดงระดับความเป็นประโยชน์ Zn, Cu, Fe และ Mn ในดินซึ่งวิเคราะห์โดยวิธี DTPA และ AB-DTPA

Measuerment	Soil Test	Low	Marginal (mg kg ⁻¹)	Adequate
Zinc	DTPA ^{1/}	< 0.5	0.5-1.0	> 1.0
	AB-DTPA ^{2/}	< 1.0	1.0-1.5	> 1.5
Copper	DTPA ^{1/}	< 0.2	0.2-0.5	> 0.2
	AB-DTPA ^{2/}	< 0.2		> 0.5
Iron	DTPA ^{1/}	< 4.5		> 4.5
	AB-DTPA ^{2/}	< 0.2	2.1-4.0	> 4.0
Manganese	DTPA ^{1/}	< 1.0	1.0-2.0	> 2.0
	AB-DTPA ^{2/}	< 1.8		> 1.8

ที่มา: ^{1/}Martens and Lindsay (1990)

^{2/}Soltanpour (1985)

ตารางผนวกที่ 8 แสดงการเปลี่ยน non SI unit เป็น SI unit

Quantity	SI unit	Conversion equation
Electrical conductivity	dS m ⁻¹	1 mS/cm = dS m ⁻¹
		1 μ/cm = 0.001 dS m ⁻¹
Cation exchange capacity	cmol _c kg ⁻¹	1 meq/100g = cmol _c kg ⁻¹
Anion exchange capacity	cmol _c kg ⁻¹	1 meq/100g = cmol _c kg ⁻¹
Exchange cation	cmol _c kg ⁻¹	1 meq/100g = cmol _c kg ⁻¹
Mass ratio	g kg ⁻¹ mg kg ⁻¹	1% = 10 mg kg ⁻¹
		1 ppm = 1 mg kg ⁻¹
		1 mg/100g = 10 mg kg ⁻¹
		1 ppb = 1 μg kg ⁻¹
Mass concentration	g L ⁻¹ mg L ⁻¹ μg L ⁻¹	1 ppt = 1 ng kg ⁻¹
		1% = 10 g L ⁻¹
		1 ppm = 1 mg L ⁻¹
		1 ppb = 1 μg L ⁻¹
Density	Mg m ⁻³	1 g/cm ³ = 1 Mg m ⁻³
Specific surface	m ² kg ⁻¹	1 m ² /g = 1000 m ² kg ⁻¹
Pressure	kPa, MPa	1 bar = 0.1 MPa
Radioactivity	Bq	1 Ci = 3.7 x 10 ¹⁰ Bq
Rate, Yield	Ka ha ⁻¹ Mg ha ⁻¹	1 kg/10a = 10 kg ha ⁻¹
		1 t/10a = 10 Mg ha ⁻¹

ที่มา: Sparks *et al.* (1996)



ภาพผนวกที่ 1 แสดงอาการคลอโรซิส (chlorosis) ของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี



ภาพผนวกที่ 2 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของถั่วลิสงตำรับที่ไม่ใส่ปุ๋ยเหล็ก (Control), ใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDDHA (อายุ 30 วัน)



ภาพผนวกที่ 3 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของถั่วลิสง ดำรับที่ไม่ใส่ปุ๋ยเหล็ก (Control), ใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-DTPA และ Fe-EDDHA (อายุ 50 วัน)

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ	นางสาวเรืองรอง มอยสุรินทร์
เกิดวันที่	29 สิงหาคม 2524
สถานที่เกิด	อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (เกษตรศาสตร์) เกียรตินิยมอันดับหนึ่ง มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ตำแหน่งปัจจุบัน	นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

