ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

ปริญญา

ปฐพีวิทยา ปฐพีวิทยา

สาขา **ภาควิชา**

เรื่อง ผลของเหล็กอีดีทีเอ เหล็กดีทีพีเอ และเหล็กอีดีดีเอชเอ ต่อปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูนและผลผลิตของข้าวโพดหวาน

Effects of Fe-EDTA, Fe-DTPA and Fe-EDDHA on Available Iron Content in Calcareous Soil and Yields of Sweet Corn

นามผู้วิจัย นางสาวสุณิสา ผิวรำไพ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข, D.Agr.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุเทพ ทองแพ, วท.ด.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิบูลย์ กังแฮ, วท.ม.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของเหล็กอีดีทีเอ เหล็กดีทีพีเอ และเหล็กอีดีดีเอชเอ ต่อปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูนและผลผลิตของข้าวโพดหวาน

Effects of Fe-EDTA, Fe-DTPA and Fe-EDDHA on Available Iron Content in Calcareous Soil and Yields of Sweet Corn

โดย

นางสาวสุณิสา ผิวรำไพ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)
พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุณิสา ผิวรำไพ 2553: ผลของเหล็กอีดีทีเอ เหล็กดีทีพีเอและเหล็กอีดีดีเอชเอ ต่อปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูนและผลผลิตของข้าวโพดหวาน ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา) สาขาปฐพีวิทยา ภาควิชาปฐพีวิทยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข, D.Agr. 63 หน้า

ศึกษาผลของ Fe-EDTA, Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์และผลผลิตของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลี ซึ่งมีพีเอชสูง (pH 7.6) มีปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ต่ำ การทดลองแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการ ศึกษาผลการใส่ Fe-EDTA, Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลี ส่วนที่ 2 เป็นการทดลองในเรือนทดลอง ศึกษาผลการใส่ Fe-EDTA, Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อผลผลิตและปริมาณการดูดใช้เหล็กของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลี วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design มี 3 ซ้ำและ 10 ตำรับการทดลอง ตำรับทดลองประกอบด้วย 3x3 factorial combinations และตำรับควบคุม (ไม่ใส่เหล็ก) factorial combinations ได้จากการผันแปร 2 ปัจจัยประกอบด้วย ปัจจัยที่ 1 คือ ชนิดของปุ๋ยเหล็ก ได้แก่ ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-EDTA, Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ปัจจัยที่ 2 คือ อัตราของปุ๋ยเหล็ก ได้แก่ 4, 12 และ 36 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม

จากผลการทดลอง พบว่าการใส่ Fe-EDTA, Fe-DTPA และ Fe-EDDHA มีผลในการเพิ่มปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลี ประสิทธิภาพในการเพิ่มปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูนของ Fe-EDDHA สูงกว่า Fe-DTPA และ Fe-EDTA พบว่าข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี ขาดเหล็ก การใส่ปุ๋ยเหล็กมีผลในการเพิ่มการเจริญเติบโต ผลผลิตฝักและปริมาณการดูดใช้เหล็กของข้าวโพดหวานอย่างเด่นชัด ประสิทธิภาพในการเพิ่มการเจริญเติบโต ผลผลิตฝักและปริมาณการดูดใช้เหล็กของข้าวโพดหวานของ Fe-EDDHA สูงสุด รองลงมาคือ Fe-DTPA และ Fe-EDTA ตามลำดับ การปลูกข้าวโพดหวานในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลีที่นำมาศึกษาควรมีการใส่ปุ๋ยเหล็ก โดยเฉพาะปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-EDDHA

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Sunisa Pewrumpai 2010: Effects of Fe-EDTA, Fe-DTPA and Fe-EDDHA on Available Iron Content in Calcareous Soil and Yields of Sweet Corn. Master of Science (Soil Science), Major Field: Soil Science, Department of Soil Science. Thesis Advisor: Associate Professor Jongruk Chanchareonsook, D.Agr. 63 pages.

This work was carried out to study the effects of Fe-EDTA, Fe-DTPA and Fe-EDDHA on available iron content and yields of sweet corn grown on calcareous soil, Takhli series, which was high in pH and low in available iron. The investigation was divided into 2 parts. The first part was carried out in the laboratory to study the effects of Fe-EDTA, Fe-DTPA and Fe-EDDHA on available iron content in calcareous soil, Takhli series. The second part was conducted in the greenhouse, using a completely randomized design with 3 replications and 10 treatments. The treatments were 3x3 factorial combinations plus control (no Fe application). The two factors were types of iron fertilizers which comprised Fe-EDTA, Fe-DTPA and Fe-EDDHA and application rates which comprised 4, 12 and 36 mg Fe kg^{-1} soil were investigated.

The results showed that application of Fe-EDTA, Fe-DTPA and Fe-EDDHA increased available iron content in the calcareous soil. The efficiency of Fe-EDDHA in increasing the amount of available iron in the soil was superior to Fe-DTPA and Fe-EDTA. Sweet corn grown on the calcareous soil, Takhli series was deficient in iron. Application of iron fertilizer significantly increased growth, yield and total iron uptake of sweet corn. The efficiency of iron fertilizer in increasing total iron uptake and yield of sweet corn were in the order of Fe-EDDHA>Fe-DTPA> Fe-EDTA. Application of iron fertilizer in the form of Fe-EDDHA to sweet corn grown on Takhli series is recommended.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเทพ ทองแพ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในเรื่องการเรียน หลักในการดำเนินชีวิต การทำวิทยานิพนธ์ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.อัญชลี สุทธิประการ และ ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.อำนาจ สุวรรณฤทธิ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจแก้วิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่าน บุคลากรและเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ที่ได้อนุเคราะห์ให้ใช้สถานที่และอุปกรณ์ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือ ขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ สโมสรนิสิตบัณฑิตปฐพีวิทยาทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงและเป็นกำลังใจตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และพี่สาว รวมทั้งญาติพี่น้องที่คอยสนับสนุนช่วยเหลือในการศึกษา คอยห่วงใยและเป็นกำลังใจที่ดียิ่งแก่ข้าพเจ้าตลอดมา จนวิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้สำเร็จลุล่วง ประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ขอมอบแด่ คุณพ่อ คุณแม่ ครู อาจารย์ที่อบรมสั่งสอนให้ข้าพเจ้ามีความรู้มาจนถึงปัจจุบัน

สุณิสา ผิวรำไพ

มีนาคม 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	14
อุปกรณ์	14
วิธีการ	17
ผลและวิจารณ์	22
สรุปและข้อเสนอแนะ	40
สรุป	40
ข้อเสนอแนะ	41
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	42
ภาคผนวก	49
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	63

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปุ๋ยเหล็กในรูปสารประกอบอนินทรีย์	7
2	ปุ๋ยเหล็กในรูปเหล็กคีเลต	7
3	รายละเอียดเกี่ยวกับพันธุ์ข้าวโพดหวานที่นิยมปลูกในประเทศไทย	11
4	สมบัติบางประการของชุดดินตาคลี	23
5	ผลของ Fe-EDTA, Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อความสูงของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลี (อายุ 20 วัน)	28
6	ผลของ Fe-EDTA, Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อความสูงของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลี (อายุ 40 วัน)	29
7	ผลของ Fe-EDTA, Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อความสูงของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลี (อายุ 60 วัน)	30
8	ผลของ Fe-EDTA, Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อผลผลิตน้ำหนักฝักแห้งข้าวโพดหวาน (กรัมต่อกระถาง) ที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลี	32
9	ร้อยละผลผลิตน้ำหนักฝักแห้งเพิ่มของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลี	33
10	ผลของ Fe-EDTA, Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อน้ำหนักแห้งตอซังของข้าวโพดหวาน (กรัมต่อกระถาง) ที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลี	35
11	ผลของ Fe-EDTA, Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อปริมาณการดูดใช้เหล็กของข้าวโพดหวาน (มิลลิกรัมต่อกระถาง) ที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลี	37
12	ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลีหลังเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวาน	39

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่ **หน้า**

1	ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลีที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กคีเลตรูปต่าง ๆ ที่สกัดด้วยน้ำยาสกัด 0.005 *M* DTPA ที่ระยะเวลาการบ่มดินต่าง ๆ	50
2	ร้อยละคงเหลือของปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลีที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กคีเลตรูปต่าง ๆ ที่ระยะเวลาการบ่มดินต่าง ๆ	51
3	ผลของ Fe-EDTA, Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อผลผลิตน้ำหนักสดของฝักข้าวโพดหวาน (กรัมต่อกระถาง) ที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลี	52
4	ความเข้มข้นของเหล็กในฝักของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลี	53
5	ความเข้มข้นของเหล็กในตอซังของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลี	54
6	ข้อจำกัดของสมบัติทางเคมีที่ใช้ประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน	58
7	แสดงระดับความเป็นประโยชน์ของ Zn, Cu, Fe และ Mn ในดินซึ่งวิเคราะห์โดยวิธี DTPA	60
8	แสดงการเปลี่ยน non SI unit เป็น SI unit	61

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ (สกัดด้วยน้ำยาสกัด DTPA) ในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลีที่ได้รับการใส่ Fe-EDTA, Fe-DTPA, Fe-EDDHA และ Fe_0 (ไม่ใส่ปุ๋ยเหล็ก) ที่ระยะเวลาการบ่มดินต่าง ๆ	25
2	ร้อยละคงเหลือของปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลีที่ได้รับการใส่ Fe-EDTA, Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ที่ระยะเวลาการบ่มดินต่าง ๆ	26

ภาพผนวกที่

1	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเหล็กในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลีหลังเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวานสกัดโดยน้ำยาสกัด 0.005 *M* DTPA pH 7.3 และ Mehlich III	62

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

EDDHA = Ethylenediaminedi (*o*–hydroxyphenylacetic) acid

EDTA = Ethylenediamine tetraacetic acid

DTPA = Diethylenetriamine pentaacetic acid

Fe = Iron

K = Potassium

N = Nitrogen

P = Phosphorus

Tk = Takhli soil series

DMRT = Duncan' new multiple's range test

CV = Coefficient of variation

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลของเหล็กอีดีทีเอ เหล็กดีทีพีเอ และเหล็กอีดีดีเอชเอ ต่อปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูนและผลผลิตของข้าวโพดหวาน

Effects of Fe-EDTA, Fe-DTPA and Fe-EDDHA on Available Iron Content in Calcareous Soil and Yields of Sweet Corn

คำนำ

ข้าวโพดหวาน (*Zea mays* var. saccharata) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งซึ่งนอกจากจะบริโภคในประเทศแล้วยังส่งออกจำหน่ายต่างประเทศทำรายได้ให้แก่ประเทศด้วย ซึ่งในปี พ.ศ. 2548 ประเทศไทยส่งออกข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องเป็นปริมาณ 103,975 ตัน คิดเป็นมูลค่า 3,031.99 ล้านบาท และส่งออกข้าวโพดหวานแช่แข็งปริมาณ 5,798.55 ตัน มูลค่า 168.55 ล้านบาท โดยเป็นผู้ส่งออกข้าวโพดหวานอันดับ 4 ของโลก (โชคชัย, 2548) และในปี พ.ศ. 2550 ปริมาณการส่งออกผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องสูงมากราว 138,744 ตัน คิดเป็นมูลค่า 4,612 ล้านบาท (กระทรวงพาณิชย์, 2552)

ปัจจุบันประเทศไทยเกษตรกรมีการปลูกข้าวโพดหวานในดินเนื้อปูน (calcareous soil) กันมาก ดินเนื้อปูนเป็นดินที่มีปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตและ/หรือแมกนีเซียมคาร์บอเนตในดินสูง ดินมีพีเอชสูง พืชที่ปลูกมักมีปัญหาการขาดจุลธาตุอาหาร โดยเฉพาะธาตุเหล็ก (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548; จิราณี, 2548; Shenker and Chen, 2005) การขาดธาตุเหล็กในข้าวโพดหวานที่ปลูกบนดินเนื้อปูนนั้นจะส่งผลให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวานต่ำ (ขวัญตาและคณะ, 2550) ซึ่งการแก้ไขโดยทั่วไปมักใช้วิธีใส่ปุ๋ยเหล็กให้แก่ข้าวโพดหวาน โดยเฉพาะปุ๋ยเหล็กคีเลต และเนื่องจากปุ๋ยเหล็กคีเลตมีหลายรูปด้วยกัน ดังนั้นเพื่อเลือกใช้รูปของปุ๋ยเหล็กคีเลตที่ถูกต้องเหมาะสมในการแก้ไขปัญหาการขาดธาตุเหล็กของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูนของประเทศไทย จึงได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของปุ๋ยเหล็กคีเลตรูปต่าง ๆ คือเหล็กอีดีทีเอ (Fe-EDTA) เหล็กดีทีพีเอ (Fe-DTPA) และเหล็กอีดีดีเอชเอ (Fe-EDDHA) ในการเพิ่มปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์และผลผลิตข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูน โดยทำการศึกษาในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลี ซึ่งเป็นชุดดินที่ครอบคลุมพื้นที่การปลูกข้าวโพดหวานของประเทศเป็นบริเวณกว้างและใช้ข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 เป็นพืชทดสอบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของปุ๋ยเหล็กคีเลตในรูป Fe-EDTA, Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ในการเพิ่มปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี

2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของปุ๋ยเหล็กคีเลตในรูป Fe-EDTA, Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ในการเพิ่มผลผลิตของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

1. ความรู้เกี่ยวกับดินเนื้อปูนและการแจกกระจายดินเนื้อปูนของประเทศไทย

ดินเนื้อปูน หรือดินแคลคาเรียส (calcareous soil) หมายถึง ดินซึ่งมีแคลเซียมคาร์บอเนตอิสระและเกลือคาร์คาร์บอเนตอื่น ๆ ในปริมาณที่มากพอจะสังเกตเห็นฟองฟู่ เมื่อทำปฏิกิริยากับกรดเกลือ 0.1 โมลาร์ ดินเหล่านี้จะมีปริมาณสมมูลแคลเซียมคาร์บอเนตอยู่ในช่วง 10 จนเกือบถึง 1,000 กรัมต่อกิโลกรัมของดิน (คณะกรรมการจัดทำปทานุกรมปฐพีวิทยา, 2551) ดินเนื้อปูนมีพีเอชสูง เนื่องจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสของ $CaCO_3$ และ $MgCO_3$ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) โดยปฏิกิริยาจะเกิดดังนี้

$$CaCO_3 + H_2O \rightleftharpoons Ca^{2+} + HCO_3^- + OH^-$$

เมื่อเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสทำให้ดินมี pHสูง จะทำให้ความเป็นประโยชน์และการละลายของจุลธาตุอาหาร อาทิธาตุเหล็ก สังกะสี แมงกานีส และทองแดงลดลง (ไพบูลย์, 2546) ความเป็นประโยชน์ของเหล็กลดลงในดินเนื้อปูนซึ่งมีพีเอชสูงและมีปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตสูงเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ ดังนี้ (เพิ่มพูน, 2528)

$$Fe^{2+} + CaCO_3 \rightleftharpoons FeCO_3 + Ca^{2+}$$

$$4FeCO_3 + O_2 + Ca(HCO_3)_2 \rightleftharpoons 2Fe_2(CO_3)_3 + Ca(OH)_2$$

$$Fe_2(CO_3)_3 + 3H_2O \rightleftharpoons Fe_2O_3 + 3H_2CO_3$$

ดินเนื้อปูนเป็นดินที่พบส่วนใหญ่ในสภาพแห้งแล้งหรือกึ่งแห้งแล้ง (Havlin *et al*., 2005) ประเทศไทยส่วนใหญ่พบดินเนื้อปูนบริเวณเทือกเขาสูงตอนกลางและที่ราบภาคกลางของประเทศ ส่วนใหญ่เป็นดินในอันดับ Vertisols และ Mollisols ซึ่งเกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินที่เป็นด่าง เช่น หินปูน หินมาร์ล ชุดดินที่สำคัญที่จัดว่าเป็นดินเนื้อปูนได้แก่ ชุดดินตาคลี ชุดดินลพบุรี ชุดดินลำนารายณ์ และชุดดินชัยบาดาล ซึ่งจะพบมากในเขตจังหวัดลพบุรี สระบุรี นครสวรรค์ และนครราช สีมา (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548; เอิบ, 2533)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. สมบัติของดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี (Takhli: Tk) และข้อจำกัดในการใช้ประโยชน์

ชุดดินตาคลี (Tk : Takhli series) เป็นดินที่จัดอยู่ในอันดับ มอลลิซอลล์ (Mollisols) ซึ่งสามารถจำแนกดินในระดับวงค์ตามอนุกรมวิธานดินได้เป็น loamy-skeletal, carbonatic, isohyperthermic Entic Haplustolls (เอิบ, 2533) ชุดดินตาคลีเกิดจากการผุพังของหินปูนที่เคลื่อนที่มาทับถมโดยแรงดึงดูดของโลกและหินปูนที่ผุพังอยู่กับที่บนพื้นที่เหลือค้างจากการกร่อนและที่ลาดเชิงเขาหินปูน สภาพพื้นที่ที่พบมีลักษณะค่อนข้างราบเรียบจนถึงเป็นลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อย มีความลาดชันร้อยละ 1-5 ชุดดินนี้เป็นดินตื้น มีการระบายน้ำดี มีความสามารถให้น้ำซึมผ่านเร็ว มีการไหลบ่าของน้ำบนผิวดินปานกลาง ดินมีความลึกประมาณ 10-30 เซนติเมตร มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายถึงดินเหนียว อาจจะมีก้อนหินปูนอยู่บ้างเล็กน้อย สีพื้นเป็นสีดำถึงเข้มของน้ำตาลปนเทา ปฏิกิริยาดินเป็นด่างปานกลาง (pH ประมาณ 8.0) ส่วนดินล่างลึกไม่เกิน 50 เซนติเมตร มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายถึงดินเหนียว สีพื้นเป็นสีน้ำตาลเข้ม ในดินล่างนี้จะพบก้อนของหินปูนเป็นจำนวนมาก ชั้นของหินปูนจะพบในระดับความลึกไม่เกิน 5 0 เซนติเมตร ปฏิกิริยาดินเป็นด่างปานกลาง (pH ประมาณ 8.0) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548)

ข้อจำกัดในการใช้ประโยชน์ของชุดดินตาคลี คือ ชั้นของปูนที่ค่อนข้างอยู่ตื้น และมีเศษหินปูนและก้อนปูนปะปนอยู่กับเนื้อดิน ทำให้ยากต่อการชอนไชของรากพืช สภาพของดินที่มีการยึดหดตัวสูง เป็นอุปสรรคต่อการเตรียมดิน นอกจากนี้ดินเป็นด่างส่งผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร ทำให้ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชบางชนิดถูกตรึงหรืออยู่ในรูปที่ไม่ละลายมาเป็นประโยชน์ต่อพืช โดยเฉพาะธาตุฟอสฟอรัสและจุลธาตุบางชนิดเช่น เหล็ก สังกะสี แมงกานีส ทองแดง และโบรอน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548)

3. เหล็กในดิน

ดินมีธาตุเหล็กอยู่ประมาณ 7,000-50,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเหล็กในดินส่วนใหญ่อยู่ในรูปสารประกอบที่สลับซับซ้อนและละลายยากทั้งในรูปแร่ปฐมภูมิและทุติยภูมิ เช่น แร่โอลิวีน (olivine, $(Mg,Fe)_2SiO_4$) ซิเดอไรต์ (siderite, $FeCO_3$) ฮีมาไทต์ (hematite, Fe_2O_3) เกอไทต์ (goethite, FeOOH) และแมกนีไทต์ (magnetite, Fe_3O_4) ซึ่งไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช เมื่อมีการสลายตัวปลดปล่อยเฟร์รัสและเฟร์ริกไอออนออกมาในสารละลายดินพืชจึงใช้ประโยชน์ได้ รูปของเหล็กที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ได้แก่ เฟร์รัสไอออน (Fe^{2+}) และเฟร์ริกไอออน (Fe^{3+}) ในสารละลายดินรูป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เหล็กที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable Fe) และรวมถึงเหล็กคีเลตซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างเหล็กไอออนกับสารคีเลตธรรมชาติ เช่น กรดฮิวมิก (humic acid) (ชัยฤกษ์, 2536; ยงยุทธ, 2549; Havlin *et al*., 2005)

4. ความสำคัญและบทบาทของธาตุเหล็กต่อพืช

เหล็กเป็นจุลธาตุอาหารที่มีความสำคัญและจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช เหล็กถูกดูดซึมโดยรากพืชในรูปเฟร์รัสไอออน (Fe^{2+}) และในรูปเฟร์ริกไอออน (Fe^{3+}) (Havlin *et al*., 2005) เหล็กเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของไซโทโครม (cytochromes) ฮีม (hemes) ฮีมาติน (hematin) เฟร์ริโครม (ferrichrome) และเลคฮีโมโกลบิน (leghemoglobin) ซึ่งสารเหล่านี้เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชันในกระบวนการหายใจและกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช เหล็กเป็นองค์ประกอบของโปรตีนเฟร์โรดอกซิน (Fe-S-proteins) ไฟโทเฟอร์ริทิน (phytoferritin) เป็นโคแฟกเตอร์ของเอนไซม์ (ยงยุทธ,2546) เหล็กเป็นองค์ประกอบสำคัญในโครงสร้างคลอโรพลาสต์โดยร้อยละ 75 ของคลอโรพลาสต์จะมีธาตุเหล็กเป็นองค์ประกอบ นอกจากนี้ธาตุเหล็กยังเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์หลายชนิด เช่น เอนไซม์ไนโตรจีเนส (nitrogenase) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการตรึงไนโตรเจนของจุลินทรีย์ เอนไซม์คะตาเลส (catalase) ซึ่งช่วยลดความเป็นพิษของไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ (H_2O_2) และเอนไซม์เพอรอกซิเดส (peroxidase) (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ปริมาณเหล็กในพืชอยู่ในช่วง 50-250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักแห้ง โดยทั่วไปถ้าปริมาณเหล็กในพืชต่ำกว่า 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักแห้ง พืชจะขาดเหล็ก

5. การขาดธาตุเหล็กของพืช

พืชขาดเหล็กส่วนใหญ่จะแสดงออกที่ใบ โดยใบอ่อนจะมีสีขาวหรือเหลืองซีด ต่อมาก็จะตายจากยอดลงมา (die back) ส่วนใบล่างจะยังมีสีเขียวอยู่ ทั้งนี้เพราะเหล็กเป็นธาตุที่ไม่เคลื่อนที่ (immobile) กรณีการขาดเหล็กขั้นรุนแรงใบพืชจะเปลี่ยนเป็นสีขาวทั้งใบ ในที่สุดเนื้อเยื่อของแผ่นใบทั้งหมดก็จะแห้งตาย (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548; Foth and Ellis, 1996 ; Havlin *et al*., 2005) ในใบธัญพืชพบว่าอาการคลอโรซิสเส้นใบจะมีลักษณะสีเขียวตัดกับพื้นใบที่มีสีเหลืองเป็นแถบอย่างชัดเจน (Mengel and Krikby, 1987) เนื่องจากอาการขาดธาตุเหล็กและธาตุสังกะสีมีอาการคลอโรซิสคล้ายกันแต่ในกรณีของการขาดสังกะสี ข้อปล้องถี่มากกว่าในกรณีของการขาดธาตุเหล็กในดินเนื้อปูนหรือดินแคลคาเรียสพืชมักขาดเหล็กซึ่งเรียกว่า ภาวะพร่องคลอโรฟิลล์ซึ่งเหนี่ยวนำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ด้วยปูน (lime induced chlorosis) (ยงยุทธ, 2546; Havlin *et al*., 2005) เนื่องจากดินเนื้อปูนจะมีไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) ละลายออกมาซึ่งมีผลต่อการดูดใช้และการเคลื่อนย้ายธาตุเหล็กเข้าสู่รากพืช Wei *et al*. (1994) ทำการประเมินการเจริญเติบโตของพืชต่อการแสดงอาการคลอโรซิส เนื่องจากการขาดเหล็กที่ปลูกในดินเนื้อปูนซึ่งมีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย pH 8.3 ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำ (4.18 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในพืช 10 ชนิด พบว่าพืชทั้ง 10 ชนิดแสดงอาการคลอโรซิสเนื่องจากขาดเหล็ก และพบว่าเมื่อพืชแสดงอาการคลอโรซิสเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้น้ำหนักลำต้นและรากของพืชลดลง ซึ่งสอดคล้องกับ Hensen *et al*., 2003 ทำการศึกษาผลผลิตของถั่วเหลืองที่ปลูกในดินเนื้อปูนบริเวณตอนกลางและตะวันออกของประเทศสหรัฐอเมริกาพบว่าการขาดธาตุเหล็ก ทำให้ถั่วเหลืองเกิดอาการคลอโรซิส ส่งผลให้ผลผลิตลดลงถึงร้อยละ 24 ของผลผลิตรวม และจากการศึกษาของ สุวพันธ์และคณะ (2529) พบว่าถั่วลิสงที่ปลูกในดินเหนียวสีดำชุดดินตาคลี ซึ่งเป็นดินเนื้อปูน ดินเป็นด่าง มีอาการเหลืองซีด เนื่องจากการขาดธาตุเหล็ก (Fe chlorosis) ผลผลิตลดลงร้อยละ 26

6. ปุ๋ยเหล็ก

การแก้ไขปัญหาขาดเหล็กของพืชโดยทั่วไปจะใส่ปุ๋ยเหล็กให้แก่พืช ปุ๋ยเหล็กอาจแบ่งได้ 2 ประเภท คือ ปุ๋ยเหล็กในรูปสารประกอบอนินทรีย์ และปุ๋ยเหล็กในรูปเหล็กคีเลต

ปุ๋ยเหล็กในรูปสารประกอบอนินทรีย์มีหลายชนิด (ตารางที่ 1) ซึ่งแต่ละชนิดมีประสิทธิภาพในการแก้ไขการขาดธาตุเหล็กต่างกัน การใส่ปุ๋ยเหล็กดังกล่าวให้กับพืชอาจใส่ทางดินและทางใบ ปุ๋ยเหล็กที่นิยมใช้ได้แก่ เฟร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4.7H_2O$) (Follet *et al*., 1981; ยงยุทธ และคณะ, 2551) อย่างไรก็ตาม ปุ๋ยเหล็กในรูปสารประกอบอนินทรีย์เมื่อใช้ในดินเนื้อปูนจะมีประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำ เนื่องจากเหล็กจะตกตะกอนอยู่ในรูป $Fe(OH)_3$ อย่างรวดเร็ว พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้น้อย (Havlin *et al*., 2005)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 ปุ๋ยเหล็กในรูปสารประกอบอนินทรีย์

ชนิดปุ๋ย	องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ Fe ในปุ๋ย (%)
เฟร์รัสซัลเฟต	$FeSO_4.7H_2O$	19
เฟร์ริกซัลเฟต	$Fe_2(SO_4)_3.4H_2O$	23
เฟร์รัสออกไซด์	FeO	77
เฟร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต	$FeSO_4.(NH_4)_2SO_4.6H_2O$	14
เฟร์รัสแอมโมเนียมฟอสเฟต	$Fe(NH_4)PO_4.H_2O$	29
เฟร์รัสแอมโมเนียมโพลีฟอสเฟต	$Fe(NH_4).HP_2O_7$	22

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

ปุ๋ยเหล็กคีเลตเป็นปุ๋ยที่ผลิตได้จากสารคีเลตสังเคราะห์และสารคีเลตธรรมชาติ ชนิดของปุ๋ยเหล็กคีเลต (ตารางที่ 2) ปุ๋ยเหล็กคีเลตมักใช้ในดินด่างหรือดินเนื้อปูน (calcareous soil) เพื่อแก้ไขการขาดธาตุเหล็กแทนการใช้ปุ๋ยในรูปอนินทรีย์ซึ่งไม่ค่อยได้ผล ปุ๋ยเหล็กในรูปคีเลตพืชจะใช้ประโยชน์ได้ดีเนื่องจากไม่ตกตะกอนเมื่อดินมีพีเอชสูงและปุ๋ยเหล็กคีเลตคงสภาพในดินได้นานพอ ซึ่งพืชจะดูดดึงไปใช้ประโยชน์ได้ (ยงยุทธ, 2546)

ตารางที่ 2 ปุ๋ยเหล็กในรูปเหล็กคีเลต

ชนิดปุ๋ย	องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ Fe ในปุ๋ย (%)
เหล็กดีทีพีเอ	NaFeDTPA	10
เหล็กอีดีทีเอ	NaFeEDTA	5-14
เหล็กอีดีดีเอชเอ	NaFeEDDHA	6

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

Follet (1981) รายงานว่าปุ๋ยเหล็กคีเลตในรูป Fe-EDDHA (ethylenediaminedi (*o*–hydroxyphenylacetic) acid เหมาะสำหรับเป็นแหล่งให้ธาตุเหล็กแก่พืชที่ปลูกในดินเนื้อปูน เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการให้เหล็กที่เป็นประโยชน์ได้ดีในช่วงของพีเอชดินเท่ากับ 4-9 เมื่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เปรียบเทียบกับ Fe-EDTA (ethylenediamine tetraacetic acid) ซึ่งจะใช้ได้ดีในช่วงพีเอชต่ำกว่าเท่ากับ 6.3 และ Fe-DTPA (diethylenetriamine pentaacetic acid) ที่ใช้ได้ดีในช่วงพีเอชเท่ากับ7.0-7.5 ซึ่งถ้าใส่ปุ๋ยเหล็กคีเลตในดินที่มีช่วงพีเอชสูงกว่าระดับนี้จะทำให้ประสิทธิภาพการให้ธาตุเหล็กที่เป็นประโยชน์แก่พืชลดลง

Cantera *et al*.,2002 ได้ทำการศึกษาลักษณะและพฤติกรรมของปุ๋ยเหล็กคีเลตในดินเนื้อปูนโดยการบ่มดินที่ใส่ปุ๋ยเหล็กคีเลต พบว่าFe-DTPA มีเสถียรภาพสูงกว่า Fe-EDTA พชร (2551) พบว่าในดินเนื้อปูนการใส่ปุ๋ยเหล็กคีเลตในรูป Fe-EDDHA Fe-DTPA และ Fe-EDTA ปุ๋ยเหล็กคีเลตในรูป Fe-EDDHA จะมีเสถียรภาพสูงกว่าปุ๋ยเหล็ก คีเลตในรูป Fe-DTPA และ Fe-EDTA

7. แนวทางในการแก้ไขการขาดธาตุเหล็กในดินเนื้อปูน

การแก้ไขปัญหาการขาดธาตุเหล็กในดินเนื้อปูนสามารถทำได้หลายวิธีทั้งการเลือกพันธุ์พืชปลูกที่เหมาะสม เนื่องจากพืชแต่ละชนิดมีความทนทานและความไวต่อการขาดธาตุเหล็กแตกต่างกัน (กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร, 2549) การปรับปรุงสมบัติของดินบางประการเช่น การลดพีเอชดินเพื่อให้เหล็กที่อยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น ผงกำมะถัน แอมโมเนียมไทโอซัลเฟต กรดซัลฟิวริก เป็นสารที่ใส่ในดินจะทำให้ค่าพีเอชของดินลดลง เพิ่มความเข้มข้นของเหล็กที่ละลายได้ การให้น้ำอย่างเหมาะสมเพื่อให้เกิด HCO_3^- น้อยที่สุดและการเพิ่มอินทรียวัตถุเพื่อให้เกิดสารเชิงซ้อนกับเหล็กและโดยให้ปุ๋ยเหล็ก (Rending and Taylor, 1989; Havlin *et al*., 2005) แนวทางในการแก้ปัญหาการขาดเหล็กในดินเนื้อปูน มีการศึกษาวิจัยต่าง ๆ ดังนี้

Singh and Sinha (1977) ศึกษาผลการใช้ปุ๋ยเหล็กคีเลตในรูป Fe-DTPA Fe-EDTA และเหล็กในรูป Fe-citrate และ $FeSO_4$ อัตรา 0, 2.8, 5.6, 8.4 และ 11.3 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม ต่อผลผลิตน้ำหนักแห้งและปริมาณเหล็กทั้งหมดในข้าวโพดที่ปลูกบนดินเนื้อปูน ซึ่งมีปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตเท่ากับร้อยละ 4.12 และปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 2.2 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม พบว่าการใช้เหล็กคีเลตในรูปFe-DTPA อัตรา 11.3 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม ผลผลิตน้ำหนักแห้งและปริมาณเหล็กทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้สูงสุด รองลงมาคือ Fe-DTPA อัตรา 8.4 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม และ Fe-EDTA อัตรา 11.3 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Sahu and Singh (1987) ทำการศึกษาในดินเนื้อปูนประเทศอินเดีย โดยทำการใส่กำมะถันและยิปซัมในดินอัตรา 250 กิโลกรัม S ต่อเฮกตาร์ พบว่าสามารถเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ ความเข้มข้นของไนโตรเจนโพแทสเซียมและซัลเฟอร์ในเซลล์พืช

Goos and Germain (2001) ทำการเปรียบเทียบปริมาณการละลาย (solubility) ของปุ๋ยเหล็ก 12 ชนิดในดินเนื้อปูน โดยการใส่ปุ๋ยเหล็กอัตรา 50 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัมแล้วทำการบ่มดินเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์พบว่า การใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-DTPA Fe-EDDHA และ Fe-EDDHSA [ethylendiamino-N-N0-*bis* (2-hydroxy-5-sulfo)] phenylacetic acid ที่ระยะเวลา 8 สัปดาห์ยังคงมีปริมาณเหล็กเหลืออยู่ในสารละลายดินอย่างเด่นชัด การใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-EDTA มีปริมาณเหล็กในสารละลายดินต่ำมากเมื่อระยะเวลาผ่านไป 4 สัปดาห์ ส่วนการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป $FeSO_4$ และ Fe-lignosulfonate ไม่พบว่ามีปริมาณเหล็กในสารละลายดินเลยเมื่อระยะเวลาผ่านไปเพียง 1 วัน

Godsey *et al*. (2003) ศึกษาการแก้ไขการขาดเหล็ก ของข้าวโพด ที่ปลูกในดินเนื้อปูน ซึ่งมีพีเอชสูง ข้าวโพดให้ผลผลิตเมล็ดต่ำ โดยการใส่ปุ๋ย $FeSO_4.H_2O$ ซึ่งพบว่าผลผลิตเมล็ดของข้าวโพดจะเพิ่มขึ้น

Xian and Qing-Sheng (2006) ศึกษาผลของกากโลหะ (slag) จากโรงงานอุตสาหกรรมถลุงเหล็กเป็นปุ๋ยเหล็กใส่ในอัตรา 0, 10, 20 และ 40 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม สำหรับข้าวโพดที่ปลูกบนดินเนื้อปูน 2 ชนิดในประเทศจีน ซึ่งปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินดังกล่าวต่ำเท่ากับ 3.9 และ 3.4 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม ทำการทดลองในกระถาง พบว่า การใส่กากโลหะอัตรา 10 และ 20 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม ทำให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งของข้าวโพดสูงสุด คือ 7.94 และ 7.54 กรัมต่อกระถางตามลำดับ การใช้กากโลหะจากโรงงานอุตสาหกรรมถลุงเหล็กเป็นปุ๋ยเหล็กสามารถแก้ไขอาการคลอโรซีสเนื่องจากขาดธาตุเหล็กในข้าวโพดได้

Shenker and Chen (2005) ทำการศึกษาการเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุเหล็กในดินเนื้อปูน เพื่อแก้ปัญหาการเกิดคลอโรซิสในพืชที่ปลูก จากการศึกษาพบว่าทั้งการให้ปุ๋ยเหล็กทางดินโดยใช้เหล็กในรูปอนินทรีย์ คีเลตสังเคราะห์ การใช้ของทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม การใช้สารประกอบเชิงซ้อนอินทรีย์ของเหล็ก และการทำให้สภาพแวดล้อมรอบ ๆ บริเวณรากพืชให้เหมาะสม จะเป็นการช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุเหล็กที่มีอยู่ในดินและแก้ปัญหาการเกิด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คลอโรซิสในพืชได้ นอกจากนี้การใช้พันธุ์พืชที่เหมาะสมยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพและการดูดใช้ธาตุเหล็กของพืชอีกด้วย Rombola and Tagliavini (2006) รายงานว่าปัญหาการเกิดคลอโรซิสเนื่องจากการขาดเหล็กของไม้ผลที่ปลูกบนดินเนื้อปูนมีผลทำให้ผลผลิตของไม้ผลลดลง ไม้ผลแต่ละชนิดไวต่อการขาดธาตุเหล็กแตกต่างกัน กีวี พีช แพร์ และพืชตระกูลส้มไวต่อการเกิดการขาดเหล็กมากที่สุด รองลงมาคือเชอรี่และองุ่น และแอปเปิ้ลมีความทนทานต่อการเกิดการขาดเหล็กมากที่สุด การให้ปุ๋ยเหล็กคีเลตสังเคราะห์ทางดินสามารถเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุเหล็กในดินและแก้การขาดเหล็กของไม้ผลได้

ขวัญตา (2550) ศึกษาการใส่เหล็ก สังกะสี และเปลือกสับปะรดต่อความเป็นประโยชน์ของเหล็กและสังกะสี และผลผลิตของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูน โดยทำการทดลองในกระถาง พบว่า ข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ และปุ๋ยเหล็กคีเลตในรูป Fe-DTPA ร่วมกับปุ๋ยสังกะสี และ NPK มีการเจริญเติบโต ผลผลิตและปริมาณการดูดใช้เหล็กและสังกะสีสูงขึ้นอย่างเด่นชัดมากกว่าที่ได้รับการใส่ปุ๋ย NPK เพียงอย่างเดียว

พชร (2551) ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-EDTA, Fe-DTPA, Fe-EDDHA ในการแก้ไขปัญหาการขาดเหล็กของถั่วลิสงพันธุ์กาฬสินธุ์ 2 ที่ปลูกในชุดดินตาคลี ซึ่งมีปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ต่ำ พบว่าการใส่ปุ๋ยเหล็กคีเลตในรูป Fe-DTPA ถั่วลิสงพันธุ์กาฬสินธุ์ 2 ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งของตอซัง ราก และเมล็ด ปริมาณเหล็กทั้งหมดที่พืชดูดใช้ และประสิทธิภาพการดึงดูดปุ๋ยของพืชสูงสุด รองลงมาคือการใส่ปุ๋ยเหล็กคีเลตในรูป Fe-EDDHA Fe-EDTA และปุ๋ยเหล็ก $FeSO_4.7H_2O$ ตามลำดับ

8. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับข้าวโพดหวาน

ข้าวโพดหวานอยู่ในตระกูล Gramineae ซึ่งเป็นตระกูลเดียวกับหญ้าหรือข้าว มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays* Line var. rugasa หรือ saccharata ข้าวโพดหวานเป็นข้าวโพดที่น้ำตาลในเมล็ดเปลี่ยนเป็นแป้งที่ไม่สมบูรณ์ เมล็ดจึงมีความหวานมากกว่าข้าวโพดชนิดอื่น ๆ เมล็ดเมื่อแก่จะเหี่ยวย่น ลักษณะของข้าวโพดหวานถูกควบคุมด้วยยีนด้อยหลายกลุ่ม เช่น กลุ่ม sugary (su) อยู่บนโครโมโซมคู่ที่ 4 shrunken 2 (sh2) อยู่บนโครโมโซมคู่ที่ 3 และยีน brittle (bt) อยู่บนโครโมโซมคู่ที่ 5 ข้าวโพดหวานจัดอยู่ใน subspeciessaccharata (Tracy,1994)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พันธุ์ข้าวโพดหวานที่นิยมปลูกในประเทศไทยมี 2 ประเภทคือ 1) ประเภทพันธุ์ลูกผสม ได้แก่ พันธุ์เอทีเอส-2หรือชูการ์ 74, พันธุ์ชูการ์ 73, พันธุ์ไฮ-บริกซ์ 10 และพันธุ์อินทรี 2 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่นิยมปลูก มีลักษณะทางการเกษตรสม่ำเสมอ ได้แก่ ขนาดฝัก ความสูงฝัก ความสูงต้น อายุถึงวันออกไหมและเก็บเกี่ยว ให้ผลผลิตและคุณภาพสูงกว่าพันธุ์ผสมเปิด เป็นที่ต้องการของโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูป และบริโภคฝักสด และ 2) ประเภทพันธุ์ผสมเปิด ได้แก่ พันธุ์ฮาวายเอียนชูการ์ซูเปอร์สวีท ลักษณะทางการเกษตรไม่สม่ำเสมอ เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ลูกผสม (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2549) (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 รายละเอียดเกี่ยวกับพันธุ์ข้าวโพดหวานที่นิยมปลูกในประเทศไทย

ประเภท	อายุวันออกไหม	ผลผลิตฝักสด		ความหวาน (องศาบริกซ์)
		ทั้งเปลือก (กิโลกรัมต่อไร่)	ปอกเปลือก (กิโลกรัมต่อไร่)	
พันธุ์ลูกผสม				
เอทีเอส-2 หรือชูการ์ 74	50-52	2,000-3,000	1,400-1,800	15.0
ชูการ์ 73	55-57	2,500-3,500	1,800-2,400	14.0
ไฮ-บริกซ์ 10	51-54	2,500-2,950	1,600-2,200	14.0
อินทรี 2	48-50	1,800-2,300	1,200-1,400	14.5
พันธุ์ผสมเปิด				
ฮาวายเอียนชูการ์ซูเปอร์สวีท	45-48	1,500-1,900	900-1,200	14.0

ที่มา: กรมส่งเสริมการเกษตร (2549)

ข้าวโพดหวานสามารถปลูกได้ตลอดปี แต่นิยมปลูกในฤดูฝน เจริญเติบโตได้ดีในดินร่วนปนทราย มีการระบายน้ำดี น้ำไม่ท่วมขัง ค่าพีเอชอยู่ในช่วง 5.5-6.5 (ทวีศักดิ์, 2540) อุณหภูมิที่เหมาะสมในการปลูกข้าวโพดหวาน เพื่อให้ได้ผลผลิตสูงที่สุดจะอยู่ในช่วง 24-30 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิกลางคืน อยู่ในช่วง 15-18 องศาเซลเซียส จะทำให้ข้าวโพดหวานมีคุณภาพดีและมีความหวานสูง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การดูแลรักษา มีการถอนแยกต้น การใส่ปุ๋ย การให้น้ำ การป้องกันโรคและแมลงศัตรูพืช เช่นโรคราน้ำค้างหรือโรคใบลาย ซึ่งเป็นสาเหตุโรคที่ทำความเสียหายให้กับผลผลิตข้าวโพดหวานมากที่สุด จะทำให้ต้นแห้งตาย และได้ผลผลิตฝักมีเมล็ดไม่สมบูรณ์ (นรินทร์, 2536) โรคใบไหม้แผลเล็ก โรคราสนิมแมลงศัตรู เช่นหนอนเจาะลำต้นข้าวโพด หนอนเจาะสมอฝ้าย เพลี้ยอ่อนข้าวโพด มอดดิน หนอนกระทู้หอม ซึ่งสามารถป้องกันกำจัดโดยยากำจัดศัตรูพืชต่างๆ และวัชพืชสามารถป้องกันและกำจัดโดยการไถ แล้วคราดเก็บเศษซากออกจากแปลงหรือการพ่นสารกำจัดวัชพืช (กรมวิชาการเกษตร, 2549)

ช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวานที่เหมาะสมนั้น โดยปกติจะเก็บหลังจากที่ไหมออกมาแล้ว 18-21 วัน ถ้าปลูกพันธุ์ลูกผสมก็จะสามารถนับวันได้ง่ายกว่าการปลูกพันธุ์ผสมแบบปล่อย เพราะจะออกดอกไม่พร้อมกัน การเก็บเกี่ยวจะต้องมีการสังเกต โดยจะดูที่ไหมว่ามีสีเข้ม ปลายฝักและเมล็ดมีสีเหลือง ไม่ควรเก็บรักษาไว้นานเพราะจะทำให้ความหวานหรือน้ำตาลลดลง (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2536)

จังหวัดที่พบว่ามีการปลูกข้าวโพดหวานมากคือจังหวัดปทุมธานี ลพบุรี สระบุรี กาญจนบุรี สุพรรณบุรี นครราชสีมา หนองคาย นครพนม กาฬสินธุ์ ชัยภูมิ สุราษฎร์ธานี สงขลา นครสวรรค์ เชียงใหม่ สุโขทัย และ เชียงราย

9. ข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2

ข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 เป็นข้าวโพดหวานลูกผสมเดี่ยวที่เกิดจากการผสมระหว่างสายพันธุ์แท้ SSWI 114 กับ KSei 14004 หรือ [(sh2 Syn29 ×KS1) × Suwan3 (S) C4]-F4-S8-24-2-4-2-2 (โชคชัย, 2544) ที่ทำการปรับปรุงพันธุ์โดยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีอายุถึงวันออกไหม 48-50 วัน ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก 1,800-2,300 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตฝักสดปอกเปลือก 1,200-1,400 กิโลกรัมต่อไร่ มีความหวานประมาณ 14.5 องศาบริกซ์ มีความหวานกรอบ เหมาะสำหรับอุตสาหกรรมแปรรูปและบริโภคฝักสด (กรมวิชาการเกษตร, 2549)

จากผลการทดสอบพันธุ์ของศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติที่ไร่สุวรรณ จำนวน 7 ฤดูกาลเพาะปลูก เป็นระยะเวลา 6 ปี (พ.ศ.2537-2542) พบว่าข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 ให้น้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หนักสดทั้งเปลือก 2,430 กิโลกรัมต่อไร่ และน้ำหนักสดปอกเปลือกที่ดี 1,371 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 1 ร้อยละ 5.7 และ 9.0 ตามลำดับ ให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่ติด 34.17 และความหวาน 15.0 องศาบริกซ์สูงกว่า มีความนุ่มและรสชาติใกล้เคียงกัน แต่มีขนาดฝักใหญ่กว่า ฝักมีสีเหลือง ทรงกระบอก แถวเมล็ดเรียงตัวสม่ำเสมอ ฝักยาวประมาณ 17 เซนติเมตร กว้าง 4.5 เซนติเมตร มี 14-16 แถว ไหมมีสีอ่อน มีความสูงต้นและฝักปานกลาง ซึ่งศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติได้นำมาเผยแพร่สู่ภาครัฐและเอกชน ในปีพ.ศ. 2542 (โชคชัยและคณะ, 2544)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เมล็ดพันธุ์พืชทดลอง เมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2

2. ดินที่นำมาศึกษาเป็นชุดดินตาคลี (loamy-skeletal, carbonatic, isohyperthermic Entic Haplustolls) เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร จากแปลงเกษตรกร ตำบลหินซ้อน อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี

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 เหล็กอีดีทีเอ (Fe-ethylenediamine tetraacetic acid, Fe-EDTA: 13.2%Fe)

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

3.6 เหล็กอีดีดีเอชเอ (Fe- ethylenediaminedi (*o*–hydroxyphenylacetic) acid, Fe-EDDHA :5.7%Fe)

4. อุปกรณ์ที่ใช้ในการปลูกข้าวโพด

4.1 กระถางพลาสติกสำหรับปลูกข้าวโพด

4.2 พลั่วมือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.3 บัวรดน้ำ

5. อุปกรณ์ในการเก็บข้อมูลและเก็บเกี่ยว

5.1 ไม้บรรทัด

5.2 เชือก

5.3 ถุงกระดาษ

5.4 ถุงพลาสติก

5.5 มีดและกรรไกร

6. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างดินและพืช

6.1 Atomic absorption spectrophotometer

6.2 Spectrophotometer

6.3 Micro - Kjeldahl distillation apparatus

6.4 pH meter

6.5 Electric conductometer

6.6 Digestion apparatus

6.7 ตู้อบควบคุมอุณหภูมิ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.8 เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง และ 4 ตำแหน่ง ที่มีความละเอียด 0.01 กรัมและ 0.0001 กรัมตามลำดับ

6.9 ตะแกรงร่อนดิน

6.10 เครื่องบดตัวอย่างพืช

6.11 สารเคมีชนิด analytical grade ที่ใช้ในการวิเคราะห์ดินและพืช

6.12 อุปกรณ์ที่จำเป็นในการวิเคราะห์ดิน พืชและในการปลูกพืชทดสอบในเรือนทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่างดิน

นำตัวอย่างดินชุดดินตาคลี ที่เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม เก็บเศษซากพืชออก ย่อยดินให้ละเอียดแล้วผสมคลุกเคล้ากัน แล้วแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนที่หนึ่งสำหรับใช้ในการวิเคราะห์และศึกษาในห้องปฏิบัติการ โดยจะย่อยดินให้ละเอียดผ่านตะแกรงร่อนขนาด 2 มิลลิเมตรและ 0.05 มิลลิเมตร และส่วนที่สองย่อยดินให้ละเอียดใช้สำหรับในการปลูกพืชทดสอบในโรงเรือนทดลอง

2. การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

2.1 การศึกษาสมบัติของดินที่ใช้ในการทดลองก่อนปลูกข้าวโพดหวาน

2.1.1 วัดค่าทางเคมีไฟฟ้าของดิน

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

2.1.2 วิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน

1) แคลเซียมคาร์บอเนตโดยวิธี Titration (Loeppert and Suarez, 1996)

2) ปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter) ในดินโดยวิธี Walkley and Black Titration (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2551; Walkey and Black, 1934)

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4) โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ (available K, Ca, Mg) โดยสกัดด้วย 1 *M* NH_4OAc pH 7.0 และวิเคราะห์ปริมาณด้วย atomic absorption spectrophotometer (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2551; Brown and Warnke, 1988)

5) จุลธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ (available Zn, Mn, Fe, Cu)โดยสกัดด้วย 0.005 *M* DTPA pH 7.3 และวิเคราะห์ปริมาณด้วย atomic absorption spectrophotometer (จงรักษ์, 2550; ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2551; Linsay and Norvell, 1978)

2.1.3 วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดิน

1) เนื้อดินวิเคราะห์การแจกกระจายของอนุภาคดิน โดยวิธี pipette method (Kilmer and Alexander, 1949; Day, 1965) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์นำมาแจกแจงประเภทของเนื้อดินโดยการเปรียบเทียบกับชั้นเนื้อดินตามเกณฑ์ของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (USDA texture class) (Soil Survey Staff, 2006)

2.2 การศึกษาผลของFe-EDTA, Fe-DTPA และFe-EDDHA ต่อปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูน

นำตัวอย่างดินชุดดินตาคลีมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตรจากนั้นนำตัวอย่างดินดังกล่าวจำนวน 30 กรัม มาผสมกับปุ๋ยเหล็กอีดีทีเอ เหล็กดีทีพีเอ และเหล็กอีดีดีเอชเอ ในอัตรา 0 , 4, 12 และ 36 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม แล้วทำการบ่มดิน (incubate) ที่ระดับความชื้นที่ความจุความชื้นสนามเป็นเวลา 1, 7, 14, 28, 42 และ 56 วัน (1 วัน, 2 , 4 , 6 และ 8 สัปดาห์) เมื่อครบกำหนดแล้วทำการวิเคราะห์ปริมาณเหล็ก โดยสกัดดินด้วย 0.005 *M* DTPA pH7.3 แล้ววิเคราะห์ปริมาณเหล็กด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. การปลูกพืชในเรือนทดลอง

3.1 การศึกษาผลของ Fe-EDTA, Fe-DTPA และFe-EDDHA ต่อผลผลิตของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูน

3.1.1 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design มี 3 ซ้ำและ 10 ตำรับการทดลอง ตำรับทดลองประกอบด้วย 3x3 factorial combinations และตำรับควบคุม (ไม่ใส่เหล็ก) factorial combinations ได้จากการผันแปร 2 ปัจจัยประกอบด้วย ปัจจัยที่ 1 คือ ชนิดของปุ๋ยเหล็ก ได้แก่ ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-EDTA, Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ปัจจัยที่ 2 คือ อัตราของปุ๋ยเหล็ก ได้แก่ 4, 12 และ 36 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม

3.1.2. การปลูกข้าวโพดหวาน

นำตัวอย่างดินที่เตรียมไว้กระถางละ 6 กิโลกรัมมาผสมกับเหล็กในรูป Fe-EDTA , Fe-DTPA และในรูป Fe-EDDHA ตามตำรับการทดลอง และทุกตำรับการทดลองใส่ไนโตรเจนในรูปยูเรีย อัตรา 200 มิลลิกรัม N ต่อดิน 1 กิโลกรัม ใส่ฟอสฟอรัสในรูปโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต อัตรา 200 มิลลิกรัม P_2O_5 ต่อดิน 1 กิโลกรัม ใส่โพแทสเซียมในรูปโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตและในรูปโพแทสเซียมคลอไรด์ อัตรา 150 มิลลิกรัม K_2O ต่อดิน 1 กิโลกรัม ทำการปลูกข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 จำนวน 1 ต้นต่อกระถาง รดด้วยน้ำกรองตลอดการทดลอง และกำจัดวัชพืชโดยการถอนด้วยมือตลอดการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน

3.1.3 การเก็บข้อมูล

1) การเจริญเติบโต วัดความสูงของข้าวโพดหวานที่อายุ 20 , 40 , และ 60 วันหลังหยอดเมล็ด

2) การเก็บเกี่ยว ทำการเก็บเกี่ยวเมื่อข้าวโพดหวานอายุ 70 วันหลังหยอดเมล็ด นำไปอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักแห้งคงที่ ทำการชั่งน้ำหนักแห้งของตอซังและฝักของข้าวโพด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3) การวิเคราะห์พืช บดตัวอย่างตอซังและฝักของข้าวโพดหวานที่อบแห้งแล้ว นำมาวิเคราะห์หาปริมาณเหล็ก โดยย่อยด้วย HNO_3-H_2SO_4-$HClO_4$ acid mixture digestion และวิเคราะห์ปริมาณเหล็ก โดยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2551)

4) เก็บตัวอย่างดินหลังจากทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพดหวาน โดยทุก ๆ กระถางทำการผสมดินให้เข้ากัน แล้วทำการสุ่มเก็บแต่ละกระถางประมาณครึ่งกิโลกรัม ใส่ถุงพลาสติก นำดินมาผึ่งไว้ในที่ร่มจนแห้ง ย่อยตัวอย่างดินและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร แล้วนำมาวิเคราะห์ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ โดยการสกัดดินด้วย 0.005 *M* DTPA ที่ pH 7.3 (Linsay and Norvell,1978) และ น้ำยาสกัด Mehlich III (Mehlich,1984) วิเคราะห์ปริมาณเหล็กโดยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (จงรักษ์, 2550) และหาค่าพีเอชของดิน

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. สถานที่ทำการทดลอง

ทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการและเรือนทดลองภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพมหานคร

5. ระยะเวลาในการทดลอง

เดือน เมษายน 2552 ถึงเดือน มกราคม 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

1. การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

1.1 สมบัติของดินเนื้อปูนชุดดินตาคลี

สมบัติของชุดดินตาคลี (ตารางที่ 4) มีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว (Clay loam) ดินเป็นด่าง pH เท่ากับ 7.6 ปริมาณอินทรียวัตถุสูง มีปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตสูงเท่ากับ 497 กรัมต่อกิโลกรัม มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูงมาก ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์สูงมาก (Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973) มีปริมาณสังกะสี แมงกานีส และทองแดงที่เป็นประโยชน์เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช มีปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ต่ำเท่ากับ 2.2 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม (Martens and Lindsay, 1990)

1.2 ผลของFe-EDTA, Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลี

ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลีที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กคีเลตในรูป Fe-EDTA, Fe-DTPA และ Fe-EDDHA อัตรา 4, 12 และ 36 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัมที่ระยะเวลาการบ่มดินที่ 1, 7, 14, 28, 42 และ 56 วัน (1 วัน, 1, 2, 4, 6 และ 8 สัปดาห์) (ภาพที่ 1) พบว่าปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินที่ได้รับการใส่ Fe-EDTA Fe-DTPA และ Fe-EDDHA สูงกว่า Fe_0 (ไม่ใส่ปุ๋ยเหล็ก) และเมื่ออัตราการใส่เหล็กเพิ่มขึ้น ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินจะเพิ่มขึ้น แสดงว่าการใส่ Fe-EDTA Fe-DTPA และ Fe-EDDHA มีผลในการเพิ่มปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 สมบัติบางประการของชุดดินตาคลี

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/]	9567
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:H_2O; 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)

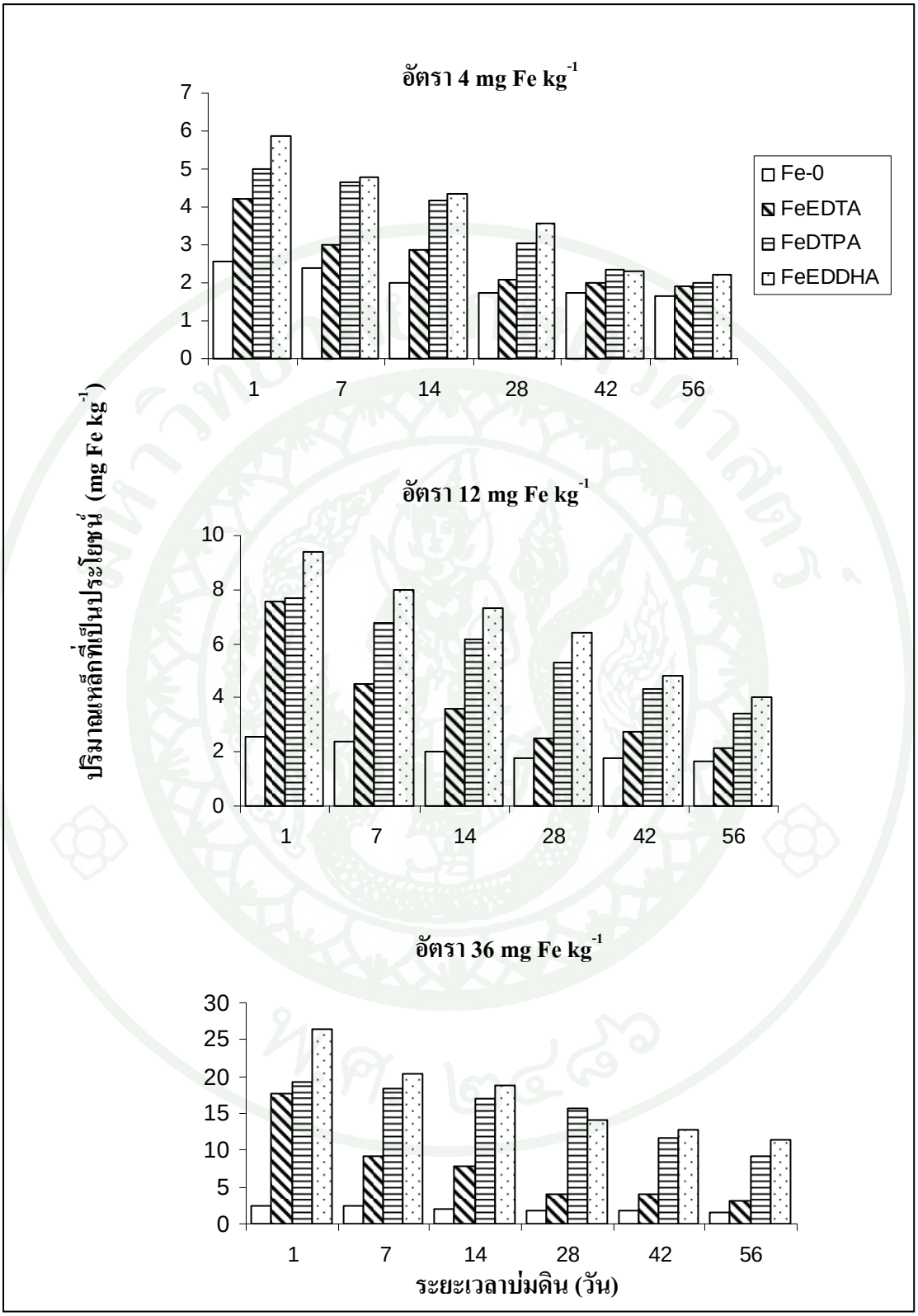
[6/] Extracted with 1 *M* NH_4OAc pH 7.0 (Brown and Warnke, 1988)

[7/] Extracted with 0.005 *M* DTPA pH 7.3 (Lindsay and Norvell, 1978)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

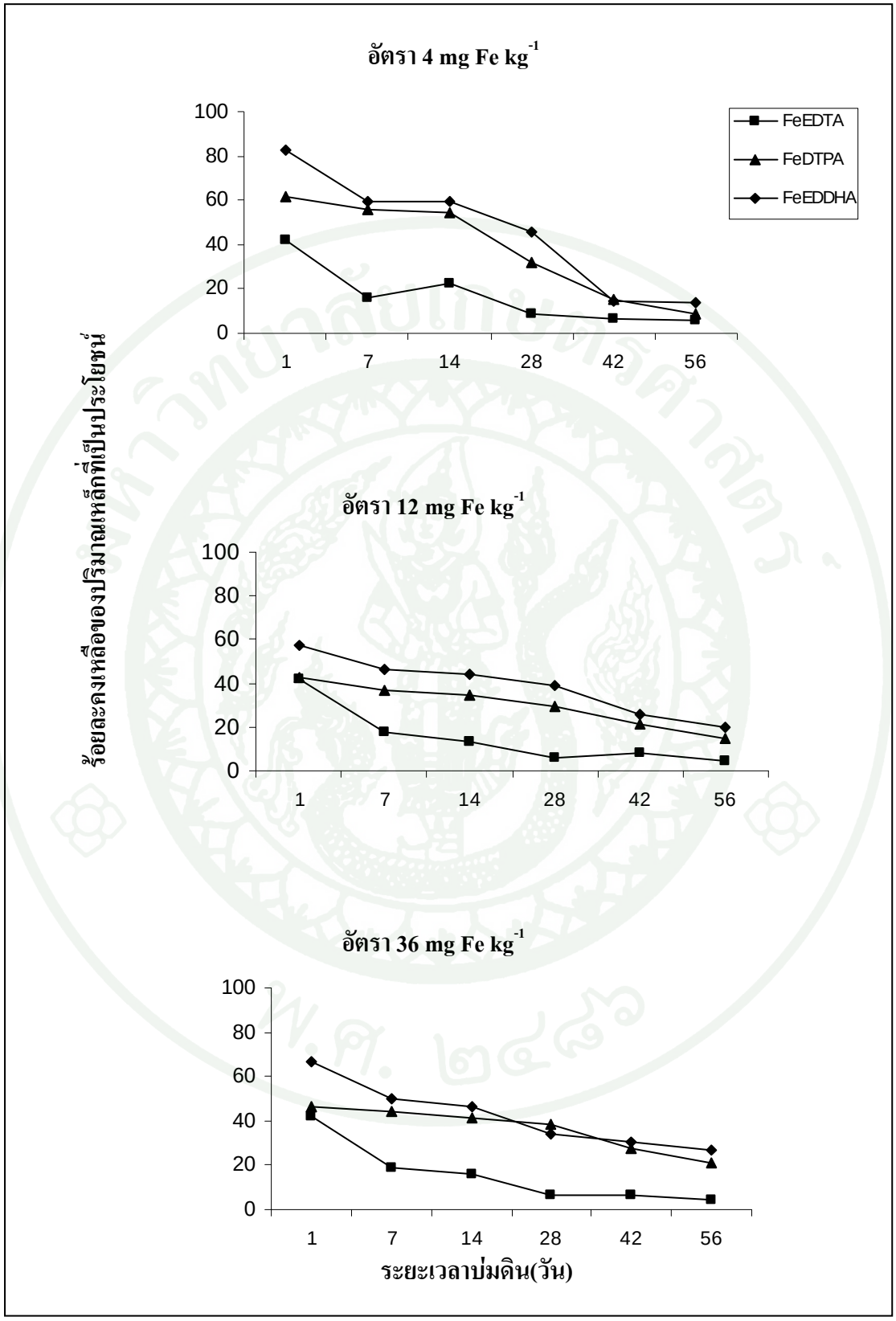
พบว่าปริมาณเหล็กในดินเนื้อปูนที่ได้รับการใส่ Fe-EDDHA สูงกว่า Fe-DTPA และ Fe-EDTA ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กทั้งสามรูปจะลดลงเมื่อระยะเวลาบ่มดินเพิ่มขึ้นในทุกอัตราการใส่เหล็กและเมื่อคิดเป็นร้อยละของปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ที่คงเหลือในดินโดยเทียบกับปริมาณหรืออัตราปุ๋ยเหล็กที่ใส่ Fe-EDDHA มีร้อยละของปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ที่คงเหลือในดินสูงที่สุดรองลงมาคือ Fe-DTPA และ Fe-EDTA ตามลำดับ (ภาพที่ 2) ร้อยละของปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ที่คงเหลือในดินลดลง ตามระยะเวลาการบ่มดินที่เพิ่มขึ้น ที่ระยะเวลาการบ่มดินที่ 56 วัน (8 สัปดาห์) ที่อัตราการใส่ปุ๋ยเหล็ก 4 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม ร้อยละปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ที่คงเหลือในดินที่ได้รับการใส่ Fe-EDDHA, Fe-DTPA และ Fe-EDTA เท่ากับ 14, 9 และ 6 ตามลำดับ และที่อัตราการใส่ปุ๋ยเหล็ก 12 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม ร้อยละปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ที่คงเหลือในดินที่ได้รับการใส่ Fe-EDDHA, Fe-DTPA และ Fe-EDTA เท่ากับ 20, 15 และ 4 ตามลำดับ ส่วนที่อัตราการใส่ปุ๋ยเหล็ก 36 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม ร้อยละปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ที่คงเหลือในดินที่ได้รับการใส่ Fe-EDDHA, Fe-DTPA และ Fe-EDTA เท่ากับ 27, 21 และ 4 ตามลำดับ ผลการทดลองดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า Fe-EDDHA มีประสิทธิภาพในการเพิ่มปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูนได้ดีที่สุด รองลงมาคือ Fe-DTPA และ Fe-EDTA ตามลำดับ ผลการศึกษาสอดคล้องกับการศึกษาของ พชร (2551); Lucena *et al*. (1987) และ Goos and Germain (2001)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 1 ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ (สกัดด้วยน้ำยาสกัด DTPA) ในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลีที่ได้รับการใส่ Fe-EDTA, Fe-DTPA, Fe-EDDHA และ Fe_0 (ไม่ใส่ปุ๋ยเหล็ก) ที่ระยะเวลาการบ่มดินต่าง ๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 2 ร้อยละคงเหลือของปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลีที่ได้รับการใส่ Fe-EDTA, Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ที่ระยะเวลาการบ่มดินต่าง ๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การทดลองในเรือนทดลอง

2.1 ผลของ Fe-EDTA, Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลี

2.1.1 ความสูงของข้าวโพดหวาน

ความสูงของข้าวโพดหวานเมื่ออายุ 20, 40 และ 60 วัน (ตารางที่ 5, 6, 7) พบว่าเมื่ออายุ 20 วัน ข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กและที่ไม่ได้รับการปุ๋ยใส่เหล็ก มีความสูงไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 5) ข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่ Fe-EDTA, Fe-DTPA และ Fe-EDDHA มีความสูงไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกอัตราการใส่เหล็ก

เมื่อข้าวโพดหวานอายุ 40 วันพบว่าข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กมีแนวโน้มมีความสูงมากกว่าที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็ก ความสูงของข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่ Fe-EDDHA และ Fe-DTPA มีแนวโน้มสูงกว่าข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่ Fe-EDTA

เมื่อข้าวโพดหวานอายุ 60 วัน พบว่าข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กมีความสูงมากกว่าที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยเหล็กอย่างเด่นชัด (ตารางที่ 7) ข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในอัตรา 4, 12 และ 36 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม มีความสูงแตกต่างกัน โดยข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กอัตรา 36 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม มีความสูงมากที่สุด รองลงมาคือ ที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในอัตรา 12 และ 4 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม การใส่ปุ๋ยเหล็กในรูปFe-EDTA, Fe-DTPA และ Fe-EDDHA มีผลทำให้ข้าวโพดหวานความสูงแตกต่างกันอย่างเด่นชัด ข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-EDDHA มีความสูงมากกว่าข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-EDTA และ Fe-DTPA ในทุกอัตราการใส่ปุ๋ยเหล็ก

ผลการทดลองดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าดินเนื้อปูนชุดดินตาคลีมีปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ดิน (ตารางที่ 4) การใส่ปุ๋ยเหล็กจะช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูนดังกล่าวซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของขวัญตา (2550) และการศึกษาของ Shenker and Chen

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(2005) รายงานว่าการเพิ่มเหล็กให้กับข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนที่มีปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ต่ำ จะทำให้ข้าวโพดมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพในการเพิ่มการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานของปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-EDDHA สูงกว่า Fe-DTPA และ Fe-EDTA

ตารางที่ 5 ผลของ Fe-EDTA, Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อความสูงของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลี (อายุ 20 วัน)

ชนิดของปุ๋ยเหล็ก	อัตราปุ๋ยเหล็ก (มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม)			
	4	12	36	เฉลี่ย
	ความสูง (เซนติเมตร)			
Fe-EDTA	17.7	18.7	16.3	17.6
Fe-DTPA	18.0	19.3	19.0	18.8
Fe-EDDHA	20.0	18.0	18.0	18.7
เฉลี่ย	18.56	18.7	17.8	18.3
ค่าเฉลี่ยของตำรับควบคุม				18.7
F-test (ชนิดของปุ๋ยเหล็ก)		ns		
F-test (อัตราของปุ๋ยเหล็ก)		ns		
F-test (ชนิด x อัตราของปุ๋ยเหล็ก)		ns		
F-test (control vs treated)		ns		
CV (%)		16		

หมายเหตุ ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 ผลของ Fe-EDTA, Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อความสูงของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลี (อายุ 40 วัน)

ชนิดของปุ๋ยเหล็ก	อัตราปุ๋ยเหล็ก (มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม)			
	4	12	36	เฉลี่ย
	ความสูง (เซนติเมตร)			
Fe-EDTA	32.0	39.7	35.5	35.7
Fe-DTPA	34.0	38.0	40.7	37.6
Fe-EDDHA	40.3	35.7	36.0	37.3
เฉลี่ย	35.4	37.8	37.4	36.9
ค่าเฉลี่ยของตำรับควบคุม				35.5
F-test (ชนิดของปุ๋ยเหล็ก)			ns	
F-test (อัตราของปุ๋ยเหล็ก)			ns	
F-test (ชนิด x อัตราของปุ๋ยเหล็ก)			ns	
F-test (control vs treated)			ns	
CV (%)			15	

หมายเหตุ ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 ผลของ Fe-EDTA, Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อความสูงของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลี (อายุ 60 วัน)

ชนิดของปุ๋ยเหล็ก	อัตราปุ๋ยเหล็ก (มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม)			
	4	12	36	เฉลี่ย
	ความสูง (เซนติเมตร)			
Fe-EDTA	101.0	106.7	112.8	106.8b
Fe-DTPA	104.3	106.0	117.8	109.4b
Fe-EDDHA	117.7	125.0	132.3	125.0a
เฉลี่ย	107.7B	112.6B	121.0A	113.7
ค่าเฉลี่ยของตำรับควบคุม				83.67
F-test (ชนิดของปุ๋ยเหล็ก)			**	
F-test (อัตราของปุ๋ยเหล็ก)			**	
F-test (ชนิด x อัตราของปุ๋ยเหล็ก)			ns	
F-test (control vs treated)			**	
CV (%)			6	

หมายเหตุ ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 ผลของ Fe-EDTA, Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อผลผลิตและน้ำหนักแห้งตอซังของข้าวโพดหวาน

2.2.1 ผลผลิตฝักของข้าวโพดหวาน

ผลผลิตน้ำหนักฝักแห้งของข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กสูงกว่าที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 8) ค่าเฉลี่ยของผลผลิตน้ำหนักฝักแห้งของข้าวโพดหวานที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยเหล็กเลยเท่ากับ 12.1 กรัมต่อกระถาง ขณะที่ใส่ปุ๋ยเหล็กเท่ากับ19.60 กรัมต่อกระถาง แสดงว่าข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลีที่นำมาศึกษาขาดเหล็กการใส่ปุ๋ยเหล็กจะช่วยเพิ่มผลผลิตฝักของข้าวโพดหวาน ผลผลิตน้ำหนักแห้งฝักของข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่ Fe-EDTA จะสูงสุดที่อัตราการใส่เหล็กดังกล่าวที่ 36 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม ขณะที่ผลผลิตน้ำหนักแห้งฝักของข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่ Fe-DTPA และ Fe-EDDHA จะสูงสุดที่อัตราการใส่เหล็ก 12 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม พบว่าข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่ Fe-EDDHA มีผลผลิตน้ำหนักแห้งฝักสูงกว่าที่ได้รับการใส่ Fe-DTPA และ Fe-EDTA ในทุกอัตราการใส่ปุ๋ยเหล็ก ซึ่งจากการศึกษาของ Andreu *et al*. (1991) ที่ทำการศึกษาผลของ Fe-EDDHA และ Fe-EDTA ต่อผลผลิตของข้าวไรย์ที่ปลูกในดินเนื้อปูนที่ขาดธาตุเหล็กก็พบว่า ข้าวไรย์ที่ใส่ Fe-EDDHA ให้ผลผลิตสูงกว่าที่ใส่ Fe-EDTA อย่างเด่นชัด ผลผลิตน้ำหนักแห้งฝักข้าวโพดหวานที่ได้รับ Fe-DTPA สูงกว่าFeEDTA โดยเด่นชัดที่การใส่เหล็ก 12 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม เมื่อพิจารณาร้อยละผลผลิตน้ำหนักฝักแห้งเพิ่ม เมื่อเปรียบเทียบกับที่ไม่ใส่ปุ๋ยเหล็กพบว่า ร้อยละผลผลิตฝักเพิ่มของข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่ Fe-EDDHA สูงกว่าที่ได้รับการใส่ Fe-DTPA และ Fe-EDTA ตามลำดับ (ตารางที่ 9) ผลการทดลองดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตฝักข้าวโพดหวานของ Fe-EDDHA สูงสุดรองลงมาคือ Fe-DTPA และ Fe-EDTA ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 ผลของ Fe-EDTA, Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อผลผลิตน้ำหนักฝักแห้งข้าวโพดหวาน (กรัมต่อกระถาง) ที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลี

ชนิดของปุ๋ยเหล็ก	อัตราปุ๋ยเหล็ก (มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม)			
	4	12	36	เฉลี่ย
	น้ำหนักฝักแห้ง (กรัมต่อกระถาง)			
Fe-EDTA	10.6bB	11.5cB	19.8bA	14.0
Fe-DTPA	10.8bB	22.3bA	21.9bA	18.3
Fe-EDDHA	20.0aB	29.2aA	30.4aA	26.5
เฉลี่ย	13.8	21.0	24.0	19.6
เฉลี่ยของตำรับควบคุม				12.1
F-test (ชนิดของเหล็ก)			**	
F-test (อัตราของเหล็ก)			**	
F-test (ชนิดของเหล็ก x อัตราของเหล็ก)			*	
F-test (control vs treated)			**	
CV (%)			15	

หมายเหตุ * แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 ร้อยละผลผลิตน้ำหนักฝักแห้งเพิ่มของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลี

ตำรับการทดลอง		ร้อยละผลผลิตน้ำหนักฝักแห้งเพิ่ม (%)
Control		-
Fe-EDTA	4 mg Fe kg^{-1}	0
Fe-EDTA	12 mg Fe kg^{-1}	0
Fe-EDTA	36 mg Fe kg^{-1}	63
Fe-DTPA	4 mg Fe kg^{-1}	0
Fe-DTPA	12 mg Fe kg^{-1}	84
Fe-DTPA	36 mg Fe kg^{-1}	81
Fe-EDDHA	4 mg Fe kg^{-1}	65
Fe-EDDHA	12 mg Fe kg^{-1}	141
Fe-EDDHA	36 mg Fe kg^{-1}	150

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2.2 น้ำหนักแห้งตอซังของข้าวโพดหวาน

น้ำหนักแห้งตอซังของข้าวโพดหวาน ค่อนข้างสอดคล้องกับผลผลิตฝักข้าวโพดหวานโดยการใส่ปุ๋ยเหล็ก มีผลทำให้น้ำหนักแห้งตอซังของข้าวโพดหวานมากกว่าที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยเหล็กอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 10) ข้าวโพดหวานที่ใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-EDDHA มีน้ำหนักแห้งตอซังสูงกว่าที่ได้รับการใส่ Fe-DTPA และ Fe-EDTA ในทุกอัตราการใส่ปุ๋ยเหล็กพบว่าน้ำหนักแห้งตอซังของข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่ Fe-DTPA สูงกว่าที่ได้รับการใส่ Fe-EDTA โดยเด่นชัดที่อัตรา 12 และ 36 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม น้ำหนักแห้งตอซังของข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่ Fe-EDTA จะสูงสุดที่อัตราการใส่ Fe-EDTA 36 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม ส่วนน้ำหนักแห้งตอซังของข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่ Fe-DTPA และ Fe-EDDHA จะสูงสุดที่อัตราการใส่ปุ๋ยดังกล่าว 12 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 ผลของ Fe-EDTA, Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อน้ำหนักแห้งตอซังของข้าวโพดหวาน (กรัมต่อกระถาง) ที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลี

ชนิดของปุ๋ยเหล็ก	อัตราปุ๋ยเหล็ก (มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม)			
	4	12	36	เฉลี่ย
	น้ำหนักแห้งตอซัง (กรัมต่อกระถาง)			
Fe-EDTA	49.5bB	51.4cAB	52.5cA	51.1
Fe-DTPA	50.8bB	57.4bA	59.7bA	56.0
Fe-EDDHA	59.4aB	62.1aB	71.6aA	64.4
เฉลี่ย	53.3	57.0	61.3	57.2
ค่าเฉลี่ยของตำรับควบคุม				48.6
F-test (ชนิดของปุ๋ยเหล็ก)		**		
F-test (อัตราของปุ๋ยเหล็ก)		**		
F-test (ชนิด x อัตราของปุ๋ยเหล็ก)		**		
F-test (control vs treated)		**		
CV (%)		2.78		

หมายเหตุ ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์
ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT
ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ร่วมกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.3 ผลของ Fe-EDTA, Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อปริมาณการดูดใช้เหล็กของข้าวโพดหวาน

ปริมาณการดูดใช้เหล็กของข้าวโพดหวานชี้ให้เห็นถึงความเป็นประโยชน์ของเหล็กในดินต่อข้าวโพดหวาน (Prasad and Power, 1997) พบว่าการใส่ปุ๋ยเหล็กมีผลในการเพิ่มปริมาณการดูดใช้เหล็กของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลีอย่างเด่นชัด (ตารางที่ 11) โดยข้าวโพดหวานที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กเลย มีปริมาณการดูดใช้เหล็กเฉลี่ย 6.4 มิลลิกรัมต่อกระถาง ขณะที่ใส่ปุ๋ยเหล็กมีปริมาณการดูดใช้เหล็กเฉลี่ย 9.9 มิลลิกรัมต่อกระถาง พบว่าปริมาณการดูดใช้เหล็กของข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่ Fe-EDTA ใกล้เคียงกัน ในทุกอัตราการใส่ปุ๋ยเหล็ก ปริมาณการดูดใช้เหล็กของข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่ Fe-DTPA สูงสุด ที่อัตราการใส่เหล็ก12 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม ส่วนปริมาณการดูดใช้เหล็กของข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่ข้าวโพดหวานที่ได้รับ Fe-EDDHA สูงสุดที่อัตราการใส่ปุ๋ยเหล็ก 36 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม ข้าวโพดหวานที่ได้รับ Fe-EDDHA มีปริมาณการดูดใช้เหล็กสูงกว่าที่ได้รับการใส่ Fe-DTPA และ Fe-EDTA ในทุกอัตราการใส่ปุ๋ยเหล็ก ข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่ Fe-DTPA มีปริมาณการดูดใช้เหล็กสูงกว่าที่ได้รับการใส่ Fe-EDTA โดยเด่นชัดที่อัตรา 12 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน1 กิโลกรัม

ผลการทดลองดังกล่าวข้างต้นชี้ให้เห็นว่า ประสิทธิภาพในการเพิ่มปริมาณการดูดใช้เหล็กของข้าวโพดหวานหรือความเป็นประโยชน์ของเหล็กในดินเนื้อปูน ชุดดินตาคลี ต่อข้าวโพดหวานของ Fe-EDDHA สูงสุดรองลงมาคือ Fe-DTPA และ Fe-EDTA ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาการใส่ Fe-EDTA, Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูน (ข้อ1.2) ดังกล่าวข้างต้น ซึ่งพบว่า Fe-EDDHA เพิ่มปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูนได้มากกว่า Fe-DTPA และ Fe-EDTA และผลการศึกษาของ Aboulroos *et al.*(1983) ที่ศึกษาผลของ Fe-EDDHA, Fe-DTPA และ Fe-EDTA ต่อปริมาณการดูดใช้เหล็กของข้าวบาร์เล่ย์ที่ปลูกในดินเนื้อปูนซึ่งขาดเหล็กและ รายงานว่าข้าวบาร์เล่ย์ดูดใช้เหล็กที่ใส่ในรูป Fe-EDDHA ได้ในปริมาณที่มากที่สุดรองลงมาคือ Fe-DTPA และ Fe-EDTA ตามลำดับ

พบว่าปริมาณการดูดใช้เหล็กทั้งหมดของข้าวโพดหวานมีความสัมพันธ์กับผลผลิตน้ำหนักฝักแห้งโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.866**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 ผลของ Fe-EDTA, Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อปริมาณการดูดใช้เหล็กของข้าวโพดหวาน (มิลลิกรัมต่อกระถาง) ที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลี

ชนิดของปุ๋ยเหล็ก	อัตราปุ๋ยเหล็ก (มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม)			
	4	12	36	เฉลี่ย
	ปริมาณการดูดใช้เหล็ก (มิลลิกรัมต่อกระถาง)			
Fe-EDTA	6.6bA	7.1cA	8.1bA	7.2
Fe-DTPA	7.3abB	9.9bA	11.0bA	9.4
Fe-EDDHA	9.2 aB	11.6aB	18.6aA	13.1
เฉลี่ย	7.7	9.5	12.5	9.9
ค่าเฉลี่ยของตำรับควบคุม				6.4
F-test (ชนิดของปุ๋ยเหล็ก)			**	
F-test (อัตราของปุ๋ยเหล็ก)			**	
F-test (ชนิด x อัตราของปุ๋ยเหล็ก)			**	
F-test (control vs treated)			**	
CV (%)			14	

หมายเหตุ ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ร่วมกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.4 ผลของ Fe-EDTA, Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อปริมาณเหล็กในดินหลังปลูกข้าวโพดหวาน

จากการวิเคราะห์ดินหลังเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวานพบว่า ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินปลูกข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่ Fe-EDTA, Fe-DTPA และ Fe-EDDHA สูงกว่าที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็ก (ตารางที่ 12) ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่ปุ๋ยเหล็กที่เพิ่มขึ้น ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินปลูกข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่ Fe-EDDHA สูงกว่าที่ได้รับการใส่ Fe-DTPA และ Fe-EDTA ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ที่ในดินดังกล่าวน่าจะเป็นประโยชน์กับพืชในฤดูถัดไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลีหลังเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวาน

ตำรับการทดลอง	ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม)	
	โดยวิธี DTPA	โดยวิธี MehlichIII
Control	4.72	12.70
Fe-EDTA 4 mg Fe kg^{-1}	4.25	12.81
Fe-EDTA 12 mg Fe kg^{-1}	5.31	13.85
Fe-EDTA 36 mg Fe kg^{-1}	7.08	14.65
Fe-DTPA 4 mg Fe kg^{-1}	4.87	13.66
Fe-DTPA 12 mg Fe kg^{-1}	7.08	15.70
Fe-DTPA 36 mg Fe kg^{-1}	13.38	23.40
Fe-EDDHA 4 mg Fe kg^{-1}	6.05	14.33
Fe-EDDHA 12 mg Fe kg^{-1}	10.46	18.48
Fe-EDDHA 36 mg Fe kg^{-1}	39.38	53.48

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. ดินเนื้อปูนชุดดินตาคลีที่นำมาศึกษามีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว ดินเป็นด่างอ่อน pH 7.6 มีปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตสูง 479 กรัมต่อกิโลกรัม มีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับค่อนข้างสูง ปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์สูงมาก มีปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ต่ำเท่ากับ 2.2 มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม มีปริมาณสังกะสี แมงกานีสและทองแดงในระดับเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช

2. การใส่ปุ๋ยเหล็กในรูปFe-EDTA, Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลีมีผลในการเพิ่มปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินดังกล่าว ประสิทธิภาพในการเพิ่มปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินของ Fe-EDDHA สูงสุด รองลงมาคือ Fe-DTPA และ Fe-EDTA ตามลำดับ

3. ข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลีขาดเหล็ก การใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-EDTA, Fe-DTPA และ Fe-EDDHA มีผลในการเพิ่มการเจริญเติบโต ผลผลิตฝักและปริมาณการดูดใช้เหล็กของข้าวโพดหวาน

4. ประสิทธิภาพในการเพิ่มการเจริญเติบโต ผลผลิตฝักและปริมาณการดูดใช้เหล็กของข้าวโพดหวานของ Fe-EDDHA สูงที่สุด รองลงมาคือ Fe-DTPA และ Fe-EDTA ตามลำดับ

5. การใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-EDDHA ให้กับข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลีหลังเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวาน จะมีปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินในปริมาณที่สูงกว่าการใส่ปุ๋ยเหล็กในรูป Fe-DTPA และ Fe-EDTA ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

1. ในการแก้ไขการขาดเหล็กของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูนการใส่ปุ๋ยเหล็กคีเลตในรูป Fe-EDDHA มีประสิทธิภาพดีที่สุดและให้ผลตอบแทนคุ้มค่ามากที่สุด

2. ควรมีการศึกษาต่อโดยศึกษาในสภาพไร่นาถึงอัตราและวิธีการใส่ปุ๋ยเหล็กดังกล่าวที่เหมาะสมต่อข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูน รวมทั้งการศึกษาผลของ Fe-EDTA, Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ในการใช้เป็นปุ๋ยเหล็กสำหรับพืชเศรษฐกิจอื่น ๆ ที่ปลูกในดินเนื้อปูนที่ขาดเหล็กต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2548. **รายงานการจัดการทรัพยากรดินเพื่อการปลูกพืชเศรษฐกิจหลักตามกลุ่มชุดดิน เล่ม 2 ดินบนพื้นที่ดอน.** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2549. **ข้าวโพดหวาน**. ห้องสมุดความรู้เกษตร. แหล่งที่มา: http://www.doae.go.th, 8 พฤศจิกายน 2549.

กระทรวงพาณิชย์. 2552. **การส่งออกข้าวโพดหวาน.** ข้าวโพดหวาน. แหล่งที่มา: http://www.pcoc.moc.go.th, 20 สิงหาคม 2552.

กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร. 2549. ธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริม. **วารสารดินและปุ๋ย** 28: 114-122.

ขวัญตา ขาวมี. 2550. **ผลการใส่ปุ๋ยเหล็ก สังกะสี และเปลือกสับปะรด ต่อความเป็นประโยชน์ของเหล็ก สังกะสี และผลผลิตของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

คณะกรรมการจัดทำปทานุกรมปฐพีวิทยา, 2551. **ปทานุกรมปฐพีวิทยา**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 10. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2550. **การวิเคราะห์ดิน และพืชทางเคมี.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

จิราณี วานิชกุล. 2548. การขาดธาตุเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงของพืชยืนต้นในดินเนื้อปูนในอำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี**. วารสารดินและปุ๋ย** 27: 36-47.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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

ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์, อำนาจ สุวรรณฤทธิ์ และ แจ่มจันทร์ วิจารสรณ์. 2528. การศึกษาวิธีการแก้ไข อาการคลอโรซีสของถั่วลิสงที่ขาดธาตุเหล็กที่ปลูกบนดินคัลคาเรียสสีดำในไร่เกษตรกร,น. 409-414. *ใน* **รายงานการสัมมนา งานวิจัยถั่วลิสง ครั้งที่ 4**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, สรรเสริญ จำปาทอง, นพพงศ์ จุลจอหอ และ ฉัตรพงศ์ บาลลา. 2544. การวิจัยและพัฒนาข้าวโพดหวานลูกผสมเดี่ยวพันธุ์อินทรี 2, น. 218-226. *ใน* **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2549. **งานวิจัยด้านพืชความก้าวหน้าในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ในรอบ 15 ปี (พ.ศ.2535-2549)** . แหล่งที่มา: http://www.rdi.ku.ac.th

ทวีศักดิ์ ภู่หลำ. 2540. **ข้าวโพดหวาน : การปรับปรุงพันธุ์และการปลูกเพื่อการค้า**.พิมพ์ครั้งที่ 2 . โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

ทัศนีย์ อัตตะนันท์ และจงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2551. **คู่มือการปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นรินทร์ สมบูรณ์สาร. 2536 . **เอกสารวิชาการข้าวโพดหวาน**. กลุ่มพืชผัก กองส่งเสริมพืชสวน กรมส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพฯ.

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พชร อริยะสกุล. 2551. **ประสิทธิภาพของปุ๋ยเหล็กคีเลตในการแก้ไขปัญหาการขาดเหล็กของถั่วลิสงที่ปลูกในชุดดินตาคลี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

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

ยงยุทธ โอสถสภา. 2549. บทบาทของธาตุรองและจุลธาตุในการผลิตพืช**. วารสารดินและปุ๋ย** 28: 114-122.

_____. 2546. **ธาตุอาหารพืช**. พิมพ์ครั้งที่ 2 . สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2536. **ปุ๋ยเคมี: การผลิตและประเมินคุณภาพ.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สาธิต อารีรักษ์. 2542. ความสามารถในการให้ผลผลิตของ 5 ชุดดินในการปลูกข้าวโพดพันธุ์ลูกผสม. **วารสารวิชาการเกษตร** 17 ; 112-119

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

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

Aboulroos, S.A., E.A Beissary and A.A Falaky. 1983. Reaction of the iron chelates and the sodium salts of EDTA, DTPA and EDDHA with two alkaline soils, and their effectiveness during growth of barley. **Agro-Ecosystem** 8: 203-214.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Andreu, J.S., J.Jorda and M. Juarez. 1991. Iron nutrition and interactions in plants. **Journal of Nutrition** 47: 57-62.

Brady, N.C. and R.R.Well. 2008. **The Nature and Properties of Soils**. 14 th ed. Pearson Education Inc., New Jersey.

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.

Cantera, R.G., A.M. Zamarreno and J.M. Garcia Mina. 2002. Characterization of commercial iron chelates and their behavior in an alkaline and calcareous soil. **J. Agric. Food Chem.** 50: 7609-7615.

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**. 2 ed. 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.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Goos, R.J. and S. Germain. 2001. Solubility of twelve iron fertilizer products in alkaline soils. **Commun. Soil Sci. Plant Anal**. 32: 2317-2323.

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**. 7th ed. Pearson Prentice Hall Inc., New Jersey.

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 nad gypsum. Chap. 15: 448-451. *In* **Method of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods.** USA and SSSA. Madison, WI, USA

Lucena, J.J., A. Garate and O. Carpena. 1987. *Lolium multiflolum* uptake of iron suppied as different synthetic chelates. **Plat and Soil** 100: 23-28.

Martens, D.C., and W.L. Lindsay. 1990. Testing soils for copper, iron, manganese and zinc. pp.229 – 264. *In* R.L. Westerman, (ed), **Soil Testing and Plant Analysis**. 3rd ed. Soil Sci.Soc. Am., Madison, WI, USA.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Mehlich, A. 1984. Mehlich 3 soils test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. **Commun. Soil Sci.Plant Anal.** 25: 1407-1416.

Mengel, K. and E.A. Krikby. 1987**. Principles of Plant Nutrition**. 4th ed. International Potash Institute, Switzerland.

Mortvedt, J.J., Giordano, P.M. and Lindsay, W.L. (Eds.). 1972. **Micronutrients in Agriculture.** Soil Sci. Soc. Am. J, New York.

Prasad, R. and J.F. Power. 1997. **Soil Fertilizer Management for Sustainable Agriculture**. CRC Press, New York.

Rending, V.V. and H.M. Taylor. 1989. **Principle of Soil–Plant Interrelationships**. McGraw - Hill Publishing Company, New York.

Rombola, A.D. and M.Tagliavini. 2006. **Iron Nutritioninplants and Rhizospheric Microorganisms.** Springer Natherlands, Natherland.

Sahu, M.P. and H.G. Singh. 1987. effect of sulphur on prevention of iron chlorosis and plant composition of groundnut on alkaline calcareous soils**. J. Agri. Sci.** 109: 73-77.

Shenker, M. and Y. Chen. 2005. Increasing Iron Availability to Crop:Fertilizers, Organo-Fertilizers and Biological Approaches. **Soil Science and Plant Nutrition** 51(1): 1-17.

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.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Soltapour, P.N. and A.P. Schwab. 1997. A new soil test of macro- and micro-nutrients in alkaline soils. **Commun.Soil Sci.Plant Anal**. 8: 195-207.

Sparks, D.L. and P.M. Huang. 1996. Physical Chemistry of soil Potassium, pp. 201-276. *In* R.E. Munson ed. **Potassium in Agriculture**. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.

Tracy, W.F. 1994. Sweet corn. pp. 275-290. *In* **A. R. Hallauer Specially Corn**. CRC Press Inc., 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.

Wei, L.C, W.R. Ocurnpaugh and R.H. Loeppert. 1994. Plant growth and nutrient uptake characteristics of Fe-deficiency chlorosis susceptible and resistant subclovers. **Plant and Soil** 165: 235-240.

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.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลีที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กคีเลตรูปต่าง ๆ ที่สกัดด้วยน้ำยาสกัด 0.005 *M* DTPA ที่ระยะเวลาการบ่มดินต่าง ๆ

ตำรับการทดลอง	เวลาในการบ่มดิน (วัน)					
	1	7	14	28	42	56
	มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม					
Fe_0	2.55	2.39	1.98	1.75	1.74	1.66
Fe-EDTA 4 mg Fe kg^{-1}	4.24	3.01	2.89	2.09	2.02	1.89
Fe-EDTA 12 mg Fe kg^{-1}	7.56	4.53	3.61	2.47	2.72	2.16
Fe-EDTA 36 mg Fe kg^{-1}	17.63	9.17	7.78	4.02	3.99	3.15
Fe-DTPA 4 mg Fe kg^{-1}	5.00	4.63	4.17	3.04	2.35	2.01
Fe-DTPA 12 mg Fe kg^{-1}	7.71	6.76	6.14	5.31	4.32	3.43
Fe-DTPA 36 mg Fe kg^{-1}	19.19	18.41	16.93	15.68	11.73	9.22
Fe-EDDHA 4 mg Fe kg^{-1}	5.85	4.76	4.35	3.56	2.32	2.23
Fe-EDDHA 12 mg Fe kg^{-1}	9.41	7.99	7.30	6.43	4.84	4.03
Fe-EDDHA 36 mg Fe kg^{-1}	26.50	20.37	18.81	14.04	12.66	11.39

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 ร้อยละคงเหลือของปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลีที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเหล็กคีเลตรูปต่าง ๆ ที่ระยะเวลาการบ่มดินต่าง ๆ

ตำรับการทดลอง	เวลาในการบ่มดิน (วัน)					
	1	7	14	28	42	56
	%					
Fe-EDTA 4 mg Fe kg^{-1}	42.28	15.63	22.60	8.47	6.85	5.75
Fe-EDTA 12 mg Fe kg^{-1}	41.75	17.82	13.54	6.03	8.18	4.13
Fe-EDTA 36 mg Fe kg^{-1}	41.89	18.84	16.10	6.31	6.24	4.14
Fe-DTPA 4 mg Fe kg^{-1}	61.28	56.15	54.58	32.20	15.30	8.70
Fe-DTPA 12 mg Fe kg^{-1}	43.01	36.45	34.69	29.65	21.51	14.73
Fe-DTPA 36 mg Fe kg^{-1}	46.23	44.50	41.53	38.69	27.74	20.98
Fe-EDDHA 4 mg Fe kg^{-1}	82.58	59.33	59.28	45.38	14.35	14.10
Fe-EDDHA 12 mg Fe kg^{-1}	57.18	46.67	44.27	38.99	25.82	19.68
Fe-EDDHA 36 mg Fe kg^{-1}	66.53	49.94	46.73	34.15	30.33	27.03

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 ผลของ Fe-EDTA, Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ต่อผลผลิตน้ำหนักสดของฝักข้าวโพดหวาน (กรัมต่อกระถาง) ที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลี

ชนิดของปุ๋ยเหล็ก	อัตราปุ๋ยเหล็ก (มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม)			
	4	12	36	เฉลี่ย
	น้ำหนักฝักสด (กรัมต่อกระถาง)			
Fe-EDTA	58.7	70.4	73.9	67.7b
Fe-DTPA	67.7	99.9	76.8	81.5b
Fe-EDDHA	88.6	141.4	126.5	118.8a
เฉลี่ย	71.6B	103.9A	92.4AB	89.3
ค่าเฉลี่ยของตำรับควบคุม				56.2
F-test (ชนิดของปุ๋ยเหล็ก)		**		
F-test (อัตราของปุ๋ยเหล็ก)		*		
F-test (ชนิด x อัตราของปุ๋ยเหล็ก)		ns		
F-test (control vs treated)		ns		
CV (%)		28		

หมายเหตุ ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์
ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT
ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ร่วมกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 ความเข้มข้นของเหล็กในฝักของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลี

ชนิดของปุ๋ยเหล็ก	อัตราปุ๋ยเหล็ก (มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม)			
	4	12	36	เฉลี่ย
	ความเข้มข้นของเหล็ก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)			
Fe-EDTA	35.3bB	39.4bAB	45.5bA	40.1
Fe-DTPA	37.0bB	57.7aA	59.2bA	51.3
Fe-EDDHA	52.5aB	64.8aB	92.5aA	69.9
เฉลี่ย	41.6	54.0	65.7	53.8
ค่าเฉลี่ยของตำรับควบคุม				28.4
F-test (ชนิดของปุ๋ยเหล็ก)		**		
F-test (อัตราของปุ๋ยเหล็ก)		**		
F-test (ชนิด x อัตราของปุ๋ยเหล็ก)		*		
F-test (control vs treated)		**		
CV (%)		15		

หมายเหตุ * แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ร่วมกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 ความเข้มข้นของเหล็กในตอซังของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลี

ชนิดของปุ๋ยเหล็ก	อัตราปุ๋ยเหล็ก (มิลลิกรัม Fe ต่อดิน 1 กิโลกรัม)			
	4	12	36	เฉลี่ย
	ความเข้มข้นของเหล็ก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)			
Fe-EDTA	125	128	136	130b
Fe-DTPA	135	150	162	149ab
Fe-EDDHA	137	156	221	171a
เฉลี่ย	132B	145B	173A	150
ค่าเฉลี่ยของตำรับควบคุม				124
F-test (ชนิดของปุ๋ยเหล็ก)			**	
F-test (อัตราของปุ๋ยเหล็ก)			**	
F-test (ชนิด x อัตราของปุ๋ยเหล็ก)			ns	
F-test (control vs treated)			*	
CV (%)			14	

หมายเหตุ ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ร่วมกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 ข้อจำกัดของสมบัติทางเคมีที่ใช้ประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน

(Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973)

1. พีเอชดิน (soil pH) (ดิน:น้ำ = 1:1)

ระดับ (rating)		พิสัย (range)
กรดจัดมาก	Extremely acid	< 4.5
กรดจัด	Very strong acid	4.5-5.0
กรดแก่	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
ด่างอ่อน	Mildly alkaline	7.4-7.8
ด่างปานกลาง	Moderately alkaline	7.9-8.4
ด่างแก่	Strongly alkaline	8.5-9.0
ด่างจัด	Extremely alkaline	> 9.0

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

2. อินทรียวัตถุ (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

3. ปริมาณไนโตรเจนรวม (total nitrogen)

ระดับ (rating)		พิสัย (range) (g kg^{-1})
ต่ำมาก	(VL)	<0.25
ต่ำ	(L)	0.50-0.75
ปานกลาง	(M)	0.75-1.25
สูง	(H)	1.25-1.75
สูงมาก	(VH)	>2.25

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

6. ด่างที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable base) (NH_4OAc)

ระดับ (rating)	พิสัย (range) ($cmol_c\ kg^{-1}$)			
	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	1.0-3.0	0.3-0.7
สูง (H)	10-20	3.0-8.0	6.0-1.2	0.7-2.0
สูงมาก (VH)	> 20	> 8.0	>1.2	> 2.0

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

7. ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity)

ระดับ (rating)		พิสัย (range) ($cmol_c\ kg^{-1}$)
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 (Moderately high)
MH = ค่อนข้างสูง (Moderately high)
H = สูง (High)
VH = สูงมาก (Very high)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 7 แสดงระดับความเป็นประโยชน์ของ Zn, Cu, Fe และ Mn ในดินซึ่งวิเคราะห์โดยวิธี DTPA[1/]

Measurement	Low	Marginal	Adequate
		mg Fe kg^{-1}	
Zinc	< 0.5	0.5-1.0	>1.0
Copper	< 0.2	0.2-0.5	> 0.2
Iron	< 4.5	4.5	> 4.5
Manganese	< 1.0	1.0-2.0	> 2.0

ที่มา: [1/] Martens and Lindsay (1990)

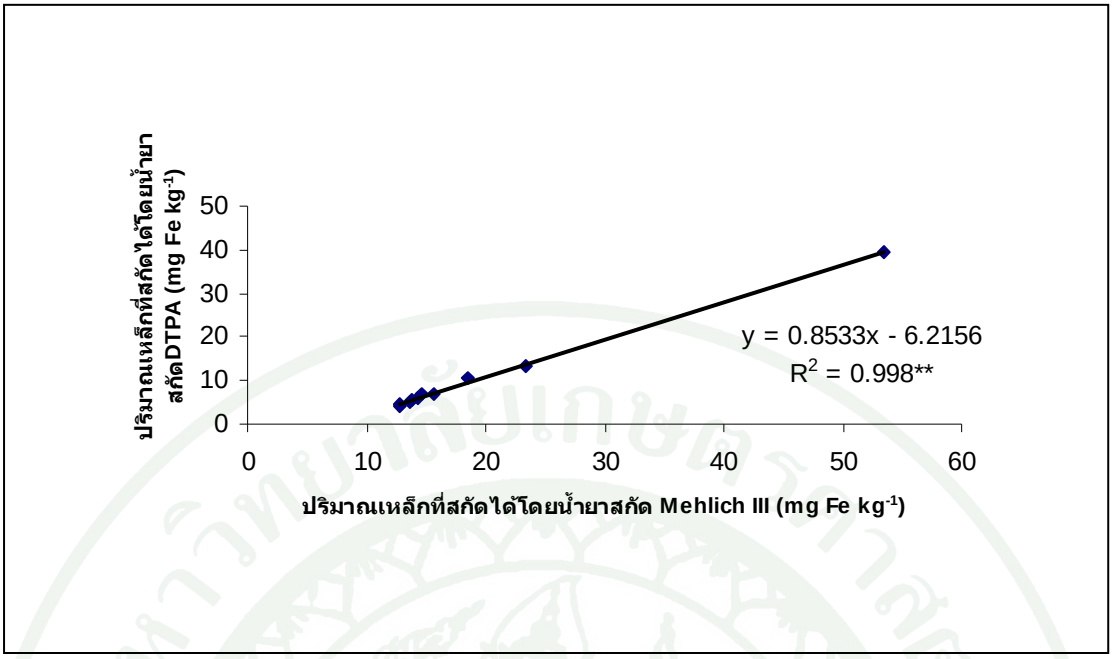
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 8 แสดงการเปลี่ยน non SI unit เป็น SI unit[1/]

Quanity	SI unit	Conversion equation
Electrical conductivity	$dS\ m^{-1}$	$1\ mS/cm = dS\ m^{-1}$
		$1\ \mu/cm = 0.001\ dS\ m^{-1}$
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	$g\ kg^{-1}$	$1\% = 10\ mg\ kg^{-1}$
	$mg\ kg^{-1}$	$1\ ppm = 1\ mg\ kg^{-1}$
		$1\ mg/100g = mg\ kg^{-1}$
	$\mu g\ kg^{-1}$	$1\ ppb = 1\ \mu g\ kg^{-1}$
	$ng\ kg^{-1}$	$1\ ppt = 1\ ng\ kg^{-1}$
Mass concentration	$g\ L^{-1}$	$1\% = 10\ g\ L^{-1}$
	$mg\ L^{-1}$	$1\ ppb = 1\ mg\ L^{-1}$
	$\mu g\ L^{-1}$	$1\ ppb = 1\ \mu g\ L^{-1}$
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 1010 Bq
Rate, Yield	$kg\ ha^{-1}$	$1\ Kg/10a = 10\ kg\ ha^{-1}$
	$Mg\ ha^{-1}$	$1\ t/10a = 10\ Mg\ ha^{-1}$

ที่มา: [1/] Sparks *et al*. (1996)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเหล็กในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลีหลังเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวานสกัดโดยน้ำยาสกัด 0.005 *M* DTPA pH 7.3 และ Mehlich III

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ	นางสาวสุณิสา ผิวรำไพ
เกิดวันที่	วันที่ 6 มิถุนายน 2529
สถานที่เกิด	นครศรีธรรมราช
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (เคมีการเกษตร)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์