วิทยานิพนธ์

ผลการใส่เหล็ก สังกะสี และเปลือกสับปะรด ต่อความเป็นประโยชน์ของเหล็ก สังกะสี และผลผลิตของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูน

EFFECTS OF IRON, ZINC AND PINEAPPLE PEEL APPLICATION ON AVAILABILITY OF IRON, ZINC AND YIELD OF SWEET CORN GROWN ON CALCAREOUS SOILS

นางสาวขวัญตา ขาวมี

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2550

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

ปริญญา

ปฐพีวิทยา	ปฐพีวิทยา
สาขา	**ภาควิชา**

เรื่อง ผลการใส่เหล็ก สังกะสี และเปลือกสับปะรด ต่อความเป็นประโยชน์ของเหล็ก สังกะสี และผลผลิตของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูน

Effects of Iron, Zinc and Pineapple Peel Application on Availability of Iron, Zinc and Yield of Sweet Corn Grown on Calcareous Soils

นามผู้วิจัย นางสาวขวัญตา ขาวมี

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(รองศาสตราจารย์จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข, D.Agr.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์, Dr.agr.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(รองศาสตราจารย์เอ็จ สโรบล, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(รองศาสตราจารย์อัญชลี สุทธิประการ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์วินัย อาจคงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

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

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลการใส่เหล็ก สังกะสี และเปลือกสับปะรด ต่อความเป็นประโยชน์ของเหล็ก สังกะสี และผลผลิตของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูน

Effects of Iron, Zinc and Pineapple Peel Application on Availability of Iron, Zinc and Yield of Sweet Corn Grown on Calcareous Soils

โดย

นางสาวขวัญตา ขาวมี

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
พ.ศ. 2550

ขวัญตา ขาวมี 2550: ผลการใส่เหล็ก สังกะสี และเปลือกสับปะรด ต่อความเป็นประโยชน์ของเหล็ก สังกะสี และผลผลิตของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูน ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาปฐพีวิทยา ภาควิชาปฐพีวิทยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข, D.Agr. 82 หน้า

ศึกษาผลการใส่เหล็ก สังกะสี และเปลือกสับปะรดต่อความเป็นประโยชน์ของเหล็ก สังกะสี และผลผลิตของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูน ทำการทดลองในเรือนทดลอง โดยแบ่งเป็น 2 การทดลอง การทดลองที่หนึ่งเป็นการศึกษาผลของการใส่เหล็ก สังกะสี และเปลือกสับปะรดต่อผลผลิต และการดูดใช้เหล็กและสังกะสีของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลี วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design มี 7 ตำรับการทดลอง คือ ไม่ใส่ปุ๋ย, ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K), ใส่สังกะสีร่วมกับปุ๋ย NPK, ใส่เหล็กในรูปเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$) และในรูปเหล็กดีทีพีเอ (Fe-DTPA) ร่วมกับสังกะสีและปุ๋ย NPK, ใส่เปลือกสับปะรดอัตรา 6 และ 9 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัมร่วมกับปุ๋ย NPK ทำ 3 ซ้ำ การทดลองที่สองเป็นการศึกษาผลของการใส่เหล็กต่อผลผลิตและการดูดใช้เหล็กของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินลพบุรี วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design มี 4 ตำรับการทดลอง คือ ไม่ใส่ปุ๋ย, ใส่ปุ๋ย NPK, ใส่เหล็กในรูปเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$) และในรูปเหล็กดีทีพีเอ (Fe-DTPA) ร่วมกับปุ๋ย NPK ทำ 3 ซ้ำ

ผลการทดลองที่หนึ่งพบว่าข้าวโพดหวานที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยมีการเจริญเติบโตและผลผลิตต่ำสุด ผลผลิตของข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่สังกะสีร่วมกับปุ๋ย NPK มีแนวโน้มสูงกว่าที่ได้รับการใส่ปุ๋ย NPK เพียงอย่างเดียว พบว่าข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่เหล็กในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ และในรูป Fe-DTPA ร่วมกับใส่สังกะสีและปุ๋ย NPK และที่ได้รับการใส่เปลือกสับปะรดอัตรา 6 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม ร่วมกับปุ๋ย NPK มีการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณการดูดใช้เหล็กและสังกะสีสูงกว่าข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่ปุ๋ย NPK อย่างเด่นชัด และการใส่เหล็กทั้งในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ และในรูป Fe-DTPA ร่วมกับสังกะสีและปุ๋ย NPK ทำให้ปริมาณเหล็กและสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด การใส่เหล็ก สังกะสีและเปลือกสับปะรดไม่มีผลต่อค่าปฏิกิริยาดิน (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของชุดดินตาคลี ผลการทดลองที่สองพบว่าข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินลพบุรีที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยมีการเจริญเติบโตและน้ำหนักตอซังต่ำสุด การใส่เหล็กทั้งในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ และในรูป Fe-DTPA ร่วมกับปุ๋ย NPK มีผลทำให้ข้าวโพดหวานมีการเจริญเติบโต และปริมาณการดูดใช้เหล็กสูงขึ้นอย่างเด่นชัดมากกว่าที่ได้รับการใส่ปุ๋ย NPK และการใส่เหล็กในรูป Fe-DTPA ร่วมกับปุ๋ย NPK ทำให้มีปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด

_____ / ____ / ____

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Khwunta Khawmee 2007: Effects of Iron, Zinc and Pineapple Peel Application on Availability of Iron, Zinc and Yield of Sweet Corn Grown on Calcareous Soils. Master of Science (Agriculture), Major Field: Soil Science, Department of Soil Science. Thesis Advisor: Associate Professor Jongruk Chanchareonsook, D.Agr. 82 pages.

This experiment studied the effects of iron (Fe), zinc (Zn) and pineapple peel (PP) application on availability of Fe, Zn and yield of sweet corn grown on calcareous soils. Two pot experiments were carried out. In the first experiment, the effects of Fe, Zn and PP on growth, yield, Fe and Zn uptake of sweet corn grown on Takhli soil series was studied. The experiment was carried out in a completely randomized design with 3 replications. The treatments consisted of without fertilizer (C, control), nitrogen (N) phosphorus (P) and potassium (K) fertilizer (NPK), Zn in combination with NPK fertilizer (Zn + NPK), Fe in the form of ferrous ammonium sulfate ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$) (FF) and in the form of iron DTPA (Fe-DTPA) (FD) in combination with Zn and NPK fertilizer and PP at the rate of 6 (PP6) and 9 (PP9) g kg^{-1} soil in combination with NPK fertilizer. In the second experiment, the effects of Fe on growth and Fe uptake of sweet corn grown on Lopburi soil series was studied. The experiment was carried out in a completely randomized design with 3 replications. The treatments consisted of without fertilizer (C, control), NPK fertilizer, Fe in the form of $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ (FF) and in the form of Fe-DTPA (FD) in combination with NPK fertilizer.

The results of the first experiment showed that growth and yield of sweet corn grown on the soil in C were the lowest. Yield of sweet corn grown on the soil amended with Zn + NPK tended to be higher than those of sweet corn grown on the soil amended only with NPK fertilizer. Application of iron in the form FF & FD + Zn + NPK and application of PP6 + NPK significantly increased growth and yield, Fe and Zn uptake of sweet corn as compared with only NPK fertilizer application. Application of iron in the form of FF & FD + Zn + NPK increased available Fe and available Zn in soils. Application of Fe, Zn and PP for sweet corn in Takhli soil series did not change the soil pH and EC of the soil. The results of the second experiment showed that growth of sweet corn grown on the soil in C was the lowest. Application of iron in the form of FF & FD + NPK significantly increased growth and Fe uptake of sweet corn as compared with C. Application of iron in the form of FD + NPK increased available Fe in Lopburi soil series.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์ และ รองศาสตราจารย์ ดร. เอ็จ สโรบล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในเรื่องการเรียน การทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเทพ ทองแพ และ ดร.พิชิต พงษ์สกุล ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจแก้วิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่าน บุคลากรและเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน ที่ได้อนุเคราะห์ให้ใช้สถานที่และอุปกรณ์ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำ ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆสโมสรนิสิตบัณฑิตปฐพีวิทยาทุกคน ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วง และเป็นกำลังใจตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อสุดี คุณแม่เอี้ยน ขาวมี พี่สาว และน้องชาย รวมทั้งญาติพี่น้องที่คอยสนับสนุนช่วยเหลือในการศึกษาและเป็นกำลังใจแก่ข้าพเจ้าตลอดมา จนวิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้สำเร็จลุล่วง และขอขอบคุณ คุณธีระศักดิ์ นาคประดิษฐ์ ที่ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจมาโดยตลอด ประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ขอมอบแด่ คุณพ่อ คุณแม่ ครู อาจารย์ที่อบรมสั่งสอนให้ข้าพเจ้ามีความรู้มาจนถึงปัจจุบัน

ขวัญตา ขาวมี

ตุลาคม 2550

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	17
อุปกรณ์	17
วิธีการ	18
ผลและวิจารณ์	27
ผล	27
วิจารณ์	57
สรุปและข้อเสนอแนะ	63
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	65
ภาคผนวก	73
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	82

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	รายละเอียดเกี่ยวกับพันธุ์ข้าวโพดหวานที่นิยมปลูกในประเทศไทย	13
2	สมบัติบางประการของชุดดินตาคลี	28
3	สมบัติบางประการของชุดดินลพบุรี	29
4	สมบัติและองค์ประกอบบางประการของเปลือกสับปะรดที่นำมาศึกษา	30
5	ผลการใส่เหล็ก สังกะสี และเปลือกสับปะรดต่อความสูงของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลี	33
6	ผลการใส่เหล็ก สังกะสี และเปลือกสับปะรดต่อเส้นรอบวงลำต้นของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลี	35
7	ผลการใส่เหล็ก สังกะสี และเปลือกสับปะรดต่อผลผลิตฝักทั้งเปลือกของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลี	38
8	ผลการใส่เหล็ก สังกะสี และเปลือกสับปะรดต่อน้ำหนักตอซังของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลี	39
9	ผลการใส่เหล็ก สังกะสี และเปลือกสับปะรดต่อปริมาณการดูดใช้เหล็กและสังกะสีของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลี	43
10	ปริมาณเหล็กและสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในชุดดินตาคลีหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวาน	46
11	ผลการใส่เหล็ก สังกะสี และเปลือกสับปะรดต่อปฏิกิริยาดิน (pH) และค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) ในชุดดินตาคลีที่มีการปลูกข้าวโพดหวาน	47
12	ผลการใส่เหล็กต่อความสูงของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินลพบุรี	48
13	ผลการใส่เหล็กต่อเส้นรอบวงลำต้นของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินลพบุรี	50
14	ผลการใส่เหล็กต่อน้ำหนักตอซังของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินลพบุรี	52
15	ผลการใส่เหล็กต่อปริมาณการดูดใช้เหล็กของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินลพบุรี	54
16	ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในชุดดินลพบุรีหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวาน	56
17	ผลการใส่เหล็กต่อปฏิกิริยาดิน (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในชุดดินลพบุรีที่มีการปลูกข้าวโพดหวาน	56

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
1	ความเข้มข้นเหล็กและปริมาณเหล็กทั้งหมดในข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลี	74
2	ความเข้มข้นสังกะสีและปริมาณสังกะสีทั้งหมดในข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลี	74
3	ความเข้มข้นไนโตรเจนและปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลี	75
4	ความเข้มข้นฟอสฟอรัสและปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลี	75
5	ความเข้มข้นโพแทสเซียมและปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลี	76
6	ความเข้มข้นเหล็กและปริมาณเหล็กทั้งหมดในข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินลพบุรี	76
7	ความเข้มข้นไนโตรเจนและปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินลพบุรี	77
8	ความเข้มข้นฟอสฟอรัสและปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินลพบุรี	77
9	ความเข้มข้นโพแทสเซียมและปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินลพบุรี	77
10	ข้อจำกัดของสมบัติทางเคมีที่ใช้ประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน	78
11	แสดงการเปลี่ยน non SI unit เป็น SI unit	81

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ผลการใส่เหล็ก สังกะสี และเปลือกสับปะรดต่อความสูง (เซนติเมตร) ของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลี	34
2	ผลการใส่เหล็ก สังกะสี และเปลือกสับปะรดต่อเส้นรอบวงลำต้น (เซนติเมตร) ของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลี	36
3	ผลการใส่เหล็ก สังกะสี และเปลือกสับปะรดต่อน้ำหนักฝัก (กรัมต่อกระถาง) ของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลี	40
4	ผลการใส่เหล็ก สังกะสี และเปลือกสับปะรดต่อน้ำหนักตอซัง (กรัมต่อกระถาง) ของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลี	41
5	ผลการใส่เหล็ก สังกะสี และเปลือกสับปะรดต่อปริมาณการดูดใช้เหล็ก และสังกะสีของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลี	44
6	ผลการใส่เหล็กต่อความสูง (เซนติเมตร) ของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินลพบุรี	49
7	ผลการใส่เหล็กต่อเส้นรอบวงลำต้น (เซนติเมตร) ของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินลพบุรี	51
8	ผลการใส่เหล็กต่อน้ำหนักตอซัง (กรัมต่อกระถาง) ของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินลพบุรี	53
9	ผลการใส่เหล็กต่อปริมาณการดูดใช้เหล็กของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินลพบุรี	55

ผลการใส่เหล็ก สังกะสี และเปลือกสับปะรด ต่อความเป็นประโยชน์ของเหล็ก สังกะสี และผลผลิตของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูน

Effects of Iron, Zinc and Pineapple Peel Application on Availability of Iron, Zinc and Yield of Sweet Corn Grown on Calcareous Soils

คำนำ

ดินเนื้อปูน (calcareous soils) เป็นดินที่มี pH สูง พืชที่ปลูกมักมีปัญหาเกี่ยวกับการขาดจุลธาตุอาหารโดยเฉพาะเหล็กและสังกะสี (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541; จิราณี, 2548; Shenker and Chen, 2005) ชุดดินตาคลีและชุดดินลพบุรีเป็นดินเนื้อปูนที่ครอบคลุมพื้นที่ทำการเกษตรในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทยเป็นบริเวณกว้าง ซึ่งมีรายงานเกี่ยวกับการขาดเหล็กในชุดดินลพบุรี (ชนิดา, 2546) และการขาดเหล็กและสังกะสีในชุดดินตาคลี (จิราณี, 2531; ปรีดา และคณะ, 2532; สุวพันธ์ และคณะ, 2528) การขาดเหล็กและสังกะสีของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนจะมีผลทำให้การเจริญเติบโตลดลงและการให้ผลผลิตของข้าวโพดต่ำ (Chen *et al.,* 2001)

ปัจจุบันข้าวโพดหวาน (*Zea mays* var. saccharata) จัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญ นอกจากจะบริโภคเป็นข้าวโพดฝักสดแล้ว ยังมีการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ รวมทั้งบรรจุกระป๋อง ส่งออกจำหน่ายต่างประเทศทำรายได้ให้แก่ประเทศ ซึ่งในปี พ.ศ. 2545 ปริมาณการส่งออกสูงมากราว 58,623.66 ตัน คิดเป็นมูลค่า 1,633.63 ล้านบาท เป็นอันดับ 3 ของประเทศผู้ส่งออกข้าวโพดหวานของโลกรองจากสหรัฐอเมริกาและฝรั่งเศส (ธงชาติ, 2546) และในปี พ.ศ. 2548 ประเทศไทยส่งออกข้าวโพดหวานในรูปของฝักสด แช่เย็นและแช่แข็งประมาณ 168 ล้านบาท ส่วนการส่งออกข้าวโพดหวานในรูปของผลิตภัณฑ์แปรรูป มีมูลค่าประมาณ 3,015 ล้านบาท (วรรณภา, 2549) การขาดเหล็กและสังกะสีของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูนจะทำให้ผลผลิตข้าวโพดหวานลดลง ได้มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการแก้การขาดเหล็กและสังกะสีในดินเนื้อปูน ทั้งโดยการลด pH ของดินเพื่อให้เหล็กและสังกะสีละลายออกมาเป็นประโยชน์กับพืช การใส่เหล็กและสังกะสีเพื่อเพิ่มปริมาณเหล็กและสังกะสีที่เป็นประโยชน์กับพืช และการใส่วัสดุอินทรีย์เพื่อให้เกิดสารเชิงซ้อนกับเหล็กและสังกะสี (ปรีดา และคณะ, 2532; ไพโรจน์ และคณะ, 2548; Godsey *et al.*, 2003; Heitholt *et al.*, 2002; Rending and Taylor, 1989)

การศึกษานี้เป็นการศึกษาผลการใส่เหล็ก สังกะสี และเปลือกสับปะรด ต่อความเป็นประโยชน์ของเหล็กและสังกะสีและผลผลิตของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูน โดยเหล็กที่ใส่จะใส่ทั้งในรูปเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$) และในรูปเหล็กดีทีพีเอ (Fe-DTPA) สังกะสีใส่ในรูปสังกะสีซัลเฟต ($ZnSO_4.7H_2O$) และใส่เปลือกสับปะรดซึ่งเป็นวัสดุอินทรีย์ที่มีสมบัติเป็นกรด สำหรับข้าวโพดหวานที่ใช้ทดสอบใช้พันธุ์อินทรี 2 การศึกษาแบ่งเป็น 2 การทดลองคือ การทดลองที่ 1 ศึกษาผลการใส่เหล็ก สังกะสีและเปลือกสับปะรดต่อผลผลิตและการดูดใช้เหล็กและสังกะสีของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลี การทดลองที่ 2 ศึกษาผลการใส่เหล็กต่อผลผลิตและการดูดใช้เหล็กของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินลพบุรี

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลการใส่เหล็ก สังกะสี และเปลือกสับปะรด ต่อผลผลิตและการดูดใช้เหล็กและสังกะสีของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลี

2. เพื่อศึกษาผลการใส่เหล็กต่อผลผลิตและการดูดใช้เหล็กของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินลพบุรี

3. เพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานและทราบแนวทางในการแก้ปัญหาการขาดเหล็กและสังกะสีและเพื่อเพิ่มผลผลิตของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูน

การตรวจเอกสาร

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับดินเนื้อปูนและการแจกกระจายของดินเนื้อปูนในประเทศไทย

ดินเนื้อปูน (calcareous soils) เป็นดินที่มีการสะสมของเกลือแคลเซียมและแมกนีเซียมไบคาร์บอเนตในดิน ทำให้ดินมี pH สูง การที่ดินมี pH สูง ก็เนื่องจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสของ $CaCO_3$ และ $MgCO_3$ ในปูน จะเกิดปฏิกิริยาดังนี้ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

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

เมื่อเกิดไฮโดรไลซีส ดินมี pH สูง จะทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสน้อยลง และดินมีโอกาสขาดจุลธาตุประจุบวกได้ (ไพบูลย์, 2530; เอิบ, 2533) เมื่อ pH เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้า pH มากกว่า 8.0 สังกะสีที่เป็นไอออนจะอยู่ในรูป $Zn(OH)^+$ และ $Zn(OH)_3^-$ สังกะสีในรูปเหล่านี้จะเป็นประโยชน์ต่อพืชน้อยกว่าในรูป Zn^{2+} (Rending and Taylor, 1989) ในดินเนื้อปูนความเป็นประโยชน์ของเหล็กต่อพืชลดลง เพราะการละลายได้ของเหล็กถูกควบคุมโดยปฏิกิริยาต่างๆ ดังนี้ (เพิ่มพูน, 2528)

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

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

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

ดินเนื้อปูนเป็นดินที่พบส่วนใหญ่ในสภาพแห้งแล้งหรือกึ่งแห้งแล้ง (Havlin *et al.*, 2005) ดินเนื้อปูนที่พบในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นชุดดินในอันดับ Vertisols หรือ Mollisols ที่เกิดจากหินปูน หรือได้รับอิทธิพลจากหินปูน ภายในหน้าตัดดินและบริเวณผิวดินจึงมักจะพบเศษหินปูนหรือหินมาร์ลที่กำลังสลายตัวซึ่งมีสีเทาอ่อนถึงขาว เช่นชุดดินตาคลี การแพร่กระจายมากที่สุดของดินอันดับ Vertisols ในประเทศไทยอยู่ในแถบจังหวัดภาคกลาง โดยเฉพาะจังหวัดลพบุรี สระบุรี และพระนครศรีอยุธยา (กิจจา, 2529) ชุดดินที่สำคัญที่จัดว่าเป็นดินเนื้อปูนได้แก่ ชุดดินตาคลี และ

ชุดดินลพบุรี ซึ่งพบมากในเขตจังหวัดลพบุรี สระบุรี นครสวรรค์ และนครราชสีมา ทั้งสองชุดดินมีพื้นที่รวมใน 4 จังหวัด คือ 1,196,599 และ 930,053 ไร่ ตามลำดับ (สรสิทธิ์ และคณะ, 2533)

2. ลักษณะทั่วไปของดินเนื้อปูนที่นำมาศึกษา

จากรายงานของกองสำรวจและจัดจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2548ก, 2548ข)ได้อธิบายรายละเอียดของดินที่ใช้ในการทดลองไว้ดังนี้

2.1 ชุดดินตาคลี (Takhli series: Tk)

จัดอยู่ใน loamy skeletal, carbonatic, isohyperthermic Entic Haplustolls เกิดจากการผุพังของหินปูนที่เคลื่อนมาทับถมโดยแรงดึงดูดของโลก และหินปูนที่ผุพังอยู่กับที่บนพื้นผิวที่เหลือค้างจากการกัดกร่อนและที่ลาดเชิงเขาหินปูน สภาพพื้นที่ที่พบมีลักษณะค่อนข้างราบเรียบจนถึงเป็นลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อย มีความลาดชัน 1-5 เปอร์เซ็นต์ ชุดดินนี้เป็นดินตื้น มีการระบายน้ำดี มีความสามารถให้น้ำซึมผ่านเร็ว มีการไหลบ่าของน้ำผิวดินปานกลาง

ดินบนลึกประมาณ 10-30 เซนติเมตร มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายถึงดินเหนียว อาจจะมีก้อนหินปูนอยู่บ้างเล็กน้อย สีพื้นเป็นสีดำถึงสีเข้มของน้ำตาลปนเทา ปฏิกิริยาดินเป็นด่างปานกลาง (pH 8.0) ส่วนดินล่างลึกไม่เกิน 50 เซนติเมตร มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายถึงดินเหนียว สีพื้นเป็นสีน้ำตาลเข้ม ในดินล่างนี้จะพบก้อนของหินปูนเป็นจำนวนมาก ชั้นของหินปูนจะพบในระดับความลึกไม่เกิน 50 เซนติเมตร ปฏิกิริยาดินเป็นด่างปานกลาง (pH 8.0) พบว่าระดับความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับต่ำ

2.2 ชุดดินลพบุรี (Lop Buri series : Lb)

จัดอยู่ใน very fine, smectitic, isohyperthermic Typic Haplusterts เกิดจากการสลายตัวของหินปูน ปูนมาร์ล ใกล้บริเวณเขาหินปูน สภาพพื้นที่ที่พบมีลักษณะค่อนข้างราบเรียบ มีความลาดชัน 1-2 เปอร์เซ็นต์ ชุดดินนี้เป็นดินลึก มีการระบายน้ำดีปานกลาง ความสามารถให้น้ำซึมผ่านช้า การไหลป่าของน้ำบนผิวดินช้า

ดินบนลึกไม่เกิน 20 เซนติเมตร มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายแป้ง สีพื้นเป็นสีดำ มีจุดประสีน้ำตาล ปฏิกิริยาดินเป็นด่างปานกลาง (pH 8.0) ดินบนตอนล่างลึก 20-80 เซนติเมตร เป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวจัด สีจางลงตามความลึก ปฏิกิริยาดินเป็นด่างปานกลาง (pH 8.0) ส่วนดินตอนล่างเป็นดินเหนียวสีน้ำตาลปนเทา หรือสีขาวของดินเหนียวปนดินมาร์ล หรือดินมาร์ลล้วนๆ พบว่าระดับความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับปานกลาง

3. บทบาทและความสำคัญของเหล็กและสังกะสีต่อพืช

แม้ว่าพืชจะต้องการเหล็กและสังกะสีในปริมาณที่น้อย คือ ไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ก็ตาม แต่เหล็กและสังกะสี ก็มีบทบาทสำคัญในกระบวนการเมแทบอลิซึมของพืช (ยงยุทธ, 2549; Marschner, 1995) สำหรับบทบาทและความสำคัญของเหล็กและสังกะสีมีดังนี้

3.1 บทบาทและความสำคัญของเหล็กต่อพืช

เหล็กถูกดูดซึมโดยรากพืชในรูปเฟอรัสไอออน (Fe^{2+}) และในรูปเฟอริกไอออน (Fe^{3+}) (Havlin *et al.*, 2005) เหล็กเป็นองค์ประกอบของโปรตีน สำหรับโปรตีนที่มีเหล็กในโครงสร้างคือ ฮีมโปรตีน (heme proteins) และที่รู้จักกันโดยทั่วไป ได้แก่ ไซโตโครม (cytochromes) ซึ่งอยู่ในโซ่การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน ของการสังเคราะห์แสงและการหายใจ เอนไซม์ไซโตโครมออกซิเดส (cytochrome oxidase) เป็นเอนไซม์ที่ช่วยในการหายใจ ฮีมเอนไซม์ (heme enzymes) ชนิดอื่นได้แก่ เอนไซม์คาทาเลส (catalase) (ยงยุทธ, 2546, 2549)

นอกจากนี้โปรตีนบางชนิดมีเหล็กและกำมะถันเป็นองค์ประกอบ เช่น เฟอรีดอกซิน (ferredoxin) ซึ่งทำหน้าที่ส่งอิเล็กตรอนในกระบวนการสำคัญ เช่นการสังเคราะห์แสง การรีดิวซ์ไนไทรต์ การรีดิวซ์ซัลเฟต และการตรึงไนโตรเจน เหล็กยังทำหน้าที่เป็นโคแฟกเตอร์ (cofactor) ของเอนไซม์หลายชนิด ซึ่งมีความสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ การตรึงไนโตรเจนและการลดพิษของอนุมูลอิสระ และยังมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาโครงสร้างของคลอโรพลาสต์ในใบจึงช่วยให้การทำหน้าที่ของคลอโรพลาสต์มีความสมบูรณ์ (ยงยุทธ, 2549; Havlin *et al.*, 2005)

3.2 บทบาทและความสำคัญของสังกะสีต่อพืช

รากพืชดูดซึมสังกะสีในรูปแคตไอออน (Zn^{2+}) เอนไซม์หลายชนิดมีสังกะสีเป็นองค์ประกอบหลักอยู่ในโครงสร้าง (Havlin *et al.*, 2005) สังกะสีมีบทบาทในการสังเคราะห์แสง โดย เป็นโคแฟกเตอร์ของเอนไซม์คาร์บอนิก แอนไฮเดรส (carbonic anhydrase) ซึ่งช่วยในการรักษาสมดุลระหว่าง CO_2 และ HCO^-_3 เพื่อให้มี CO_2 ที่ละลายในไซโทซอลของมีโซฟีลล์เพียงพอสำหรับการสังเคราะห์แสง และร่วมกับโพแทสเซียมในการควบคุมการปิดและเปิดของปากใบเพื่อให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปในใบได้เต็มที่ นอกจากนี้ยังช่วยกระตุ้นกิจกรรม เช่น ดีไฮโดรจีเนส (dehydrogenase) แอลโดเลส (aldolases) ไอโซเมอเรส (isomerases) และทรานส์ฟอสฟอรีเลส (transphosphorylases) มีบทบาทในเมแทบอลิซึมของดีเอ็นเอ (DNA) และอาร์เอ็นเอ (RNA) ช่วยในการสังเคราะห์โปรตีน มีบทบาทสำคัญในการสังเคราะห์ทริพโทเฟน (tryptophane) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของการสังเคราะห์กรดอินโดลแอซีติก (IAA) และช่วยให้เยื่อหุ้มเซลล์และออแกเนลล์มีความสมบูรณ์ โดยจับกับฟอสโฟลิพิด (phospholipids) และหมู่ซัลฟ์ไฮดริล (sulfhydryl group) อันเป็นองค์ประกอบของเยื่อ หรือจับกับส่วนที่เหลือของซีสเทอีน (cysteine) ในโซ่พอลิเพ็บไทด์ (polypeptide chains) สร้างให้เป็นสารเชิงซ้อนที่มีเสถียรภาพ นอกจากนี้ยังช่วยควบคุมการเกิดอนุมูลอิสระซูเปอร์ออกไซด์ ตลอดจนทำลายฤทธิ์ของซูเปอร์ออกไซด์เนื่องจากสังกะสีเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ ซูเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเทส (superoxide dismutase, SOD) (ยงยุทธ, 2546, 2549)

4. การขาดเหล็กและสังกะสีของพืช

4.1 การขาดเหล็กของพืช

การขาดเหล็กของพืชมักเกิดกับพืชที่อยู่ในดินเนื้อปูน เรียกว่าภาวะพร่องคลอโรฟีลล์ซึ่งเหนี่ยวนำด้วยปูน (lime induced chlorosis) ทำให้พืชที่มีอาการเหลืองซีดซึ่งการเหนี่ยวนำด้วยปูนมีความเข้มข้นของเหล็กสูงแต่ใบนั้นมีขนาดเล็กลงและหยุดการพัฒนาคลอโรพลาสต์ และสังเคราะห์คลอโรฟีลล์ไม่ได้ ขณะเดียวกันก็อาจมีเหล็กเคลื่อนย้ายมาเพิ่มเติมที่ใบโดยมิได้ใช้ประโยชน์ ความเข้มข้นของธาตุนี้ในใบอาจสูงเท่าใบปกติ (ยงยุทธ, 2546) พืชแต่ละชนิดจะแสดงอาหารขาดธาตุเหล็กแตกต่างกันออกไป แต่ส่วนใหญ่พืชจะแสดงออกที่ใบ กล่าวคือ เมื่อขาดเหล็กจะขาดคลอโรฟีลล์ โดยเฉพาะที่ใบอ่อน โดยจะมีสีขาวหรือเหลืองซีดๆ ต่อมาก็จะตายจากยอดลงมา (die back) ส่วนใบล่างจะยังมีสีเขียวอยู่ ทั้งนี้เพราะเหล็กเป็นธาตุที่ไม่เคลื่อนที่ (immobile) พืชจะ

ชะงักการเจริญเติบโต (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) สอดคล้องกับรายงานของ Prasad and Power (1997)

Shenker and Chen (2005) รายงานว่า เหล็กเป็นธาตุที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช มักมีการขาดที่เกิดขึ้นเสมอในดินเนื้อปูน ซึ่งเหล็กจะจำกัดผลผลิตของพืชเป็นส่วนใหญ่ (มากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์) นอกจากนี้ Reyes *et al.* (2006) พบว่าการขาดเหล็กทำให้เกิดคลอโรซิสในต้นองุ่นที่ปลูกในดินเนื้อปูน โดยดูจากปริมาณของคลอโรฟิลล์ในใบองุ่น พบว่ามีความสัมพันธ์อย่างชัดเจนกับรูปของเหล็กที่แตกต่างกันในดิน

สุวพันธ์ และคณะ (2528) พบว่า ธาตุเหล็กในดินจะเป็นประโยชน์ต่อพืชได้น้อยหรืออาจไม่เพียงพอเมื่อดินอยู่ในสภาพเป็นด่าง ถั่วลิสงที่ปลูกในดินเหนียวสีดำชุดตาคลีซึ่งเป็นด่างมักจะมีอาการเหลืองซีดเนื่องมาจากการขาดธาตุเหล็ก (Fe chlorosis) และผลผลิตลดลงถึง 26 เปอร์เซ็นต์ ถ้าไม่ได้รับการแก้ไข Wei *et al.* (1994) ทำการประเมินการเจริญเติบโตของพืชต่อการแสดงอาการคลอโรซิสเนื่องจากการขาดเหล็กที่ปลูกในดินเนื้อปูนซึ่งมีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย มีปฏิกิริยาดิน (pH) เท่ากับ 8.3 มีปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ต่ำ (4.18 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) พบว่าพืชทั้ง 10 ชนิดจะแสดงอาการคลอโรซิสเนื่องจากพืชขาดเหล็ก และพบว่าเมื่อพืชแสดงอาการคลอโรซิสเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้น้ำหนักลำต้นและรากของพืชลดลง

4.2 การขาดสังกะสีของพืช

การขาดสังกะสีของพืชมีโอกาสเกิดขึ้นได้ในดินที่มีปริมาณสังกะสีในดินต่ำ ในดินเนื้อปูนที่มี pH สูงกว่า 7.0 ในดินที่มีอินทรียวัตถุต่ำ ดินที่ไม่มีกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับสังกะสี และการที่พืชดูดใช้สังกะสีอย่างจำกัด (Kabata-Pendias, 2001)

พืชใบเลี้ยงคู่และพืชใบเลี้ยงเดี่ยวมีอาการขาดสังกะสีที่แตกต่างกัน คือ พืชใบเลี้ยงคู่ ต้นจะแกร็นเนื่องจากช่วงระหว่างข้อสั้นลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งส่วนยอดซึ่งยืดตัวช้ากว่าปกติ ทำให้ใบตอนบนเรียงซ้อนกันค่อนข้างชิดหรือเป็นกระจุกแบบกลีบกุหลาบซ้อน และใบเล็กลงด้วย ใบอ่อนอาจเหลืองซีดกระจายทั้งแผ่นใบหรือเหลืองเป็นหย่อมๆ ส่วนพืชใบเลี้ยงเดี่ยวเช่นข้าวโพด ใบอ่อนจะเหลืองลามไปตามขอบใบ แผ่นใบบางส่วนเปลี่ยนเป็นจุดสีแดง (ยงยุทธ, 2546; Marschner, 1995) นอกจากนี้ข้าวโพดที่ขาดสังกะสี ต้นจะเตี้ย ข้อสั้น ใบจะเหลืองโดยเกิดที่ใบอ่อน พบทางสีเขียวจางบนใบ ปลายใบจะไหม้ บิดเบี้ยวเมื่อมีการขาดรุนแรง มักจะพบเมื่อปลูกในดินที่เป็นกลาง

ถึงเป็นด่าง (calcareous soil) หรือดินร่วนปนทรายที่มีอินทรียวัตถุต่ำ หรือดินที่มีการใช้ปุ๋ยฟอสเฟตสูง (กรมวิชาการเกษตร, 2543)

Prasad and Power (1997) รายงานว่าสังกะสีเป็นธาตุที่ไม่เคลื่อนที่ในพืช ดังนั้นอาการขาดสังกะสีของพืชจะเห็นได้บนส่วนยอดและใบอ่อน ซึ่งอาการในข้าวโพดใบอ่อนจะมีสีเหลืองหรือขาว และชะงักการเจริญเติบโต ทั้งในข้าวโพด ถั่วและส้มจะมีความไวต่อการขาดสังกะสี สอดคล้องกับรายงานของ Troeh and Thompson (2005) Ozturk *et al.* (2003) ได้นำดินเนื้อปูนที่ขาดสังกะสี (DTPA-Zn 0.09 มิลลิกรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม) มาศึกษาการตอบสนองต่อสังกะสีของพืชเมื่อมีการใส่สังกะสีในระดับต่างๆ พบว่าเมื่อพืชที่รับสังกะสีในรูป $ZnSO_4.7H_2O$ ในอัตราต่ำๆ จะแสดงอาการขาดสังกะสี คือ ใบมีขนาดเล็กและมีการพัฒนาต่ำ เกิดอาการคลอโรซิส และเกิดสีน้ำตาลเล็กน้อยที่ใบ แต่เมื่อมีการเพิ่มสังกะสีในอัตราที่สูงขึ้น พบว่าใบของพืชจะไม่แสดงอาการดังกล่าว

5. แนวทางการแก้ไขการขาดเหล็กและสังกะสีในดินเนื้อปูน

การแก้ไขปัญหาการขาดเหล็กและสังกะสีสามารถกระทำได้หลายวิธี เช่น การปรับปรุงดินด้วยการใช้ผงกำมะถัน เพื่อให้มีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น เนื่องจากความเป็นกลางหรือความเป็นด่างของดินที่เกิดจากการมีแคลเซียมหรือคาร์บอเนต ในปริมาณมากอาจทำให้ธาตุอาหารเสริม เช่น เหล็ก สังกะสีไม่ละลายและเป็นประโยชน์ต่อพืชได้อย่างเพียงพอ การใช้ผงกำมะถันปรับปรุงดินทำให้ดินเป็นกรดเพิ่มขึ้น หรือลดความเป็นด่างลงได้บ้าง ธาตุเหล็ก และสังกะสี ซึ่งไม่ละลายในสภาพเป็นด่าง จะละลายได้มากขึ้น การใช้ผงกำมะถันในการปรับปรุงดินที่เป็นด่าง มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ธาตุกำมะถันถูกย่อยสลายและเปลี่ยนเป็นอนุมูลซัลเฟต (SO_4^{2-}) ซึ่งจะทำให้ดินเป็นกรดเพิ่มขึ้น และพืชนำไปใช้ในรูปของธาตุอาหารได้ การใส่ปุ๋ยทางดิน การใส่ปุ๋ยทางใบ การเคลือบเมล็ดพืชด้วยธาตุอาหารพืชก่อนปลูก เป็นการให้ธาตุอาหารแก่พืชอีกวิธีหนึ่งด้วย เช่นการใช้สังกะสีเคลือบเมล็ดข้าวโพดที่ปลูกในดินที่เป็นด่าง การให้ปุ๋ยด้วยวิธีดังกล่าวนี้ไม่เพียงแต่แก้ไขอาการขาดสังกะสีในข้าวโพดแล้ว ยังทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นได้อีกระดับหนึ่ง และอีกวิธีการหนึ่งที่สามารถแก้ไขปัญหาการขาดเหล็กและสังกะสีได้ คือการใช้พันธุ์พืชที่เหมาะสม ซึ่งพืชแต่ละชนิดมีความทนทานหรืออ่อนไหวต่อสภาพของดินและธาตุอาหารพืชในดินแตกต่างกัน (กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร, 2549) ซึ่งวิธีการที่กล่าวมานี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาการขาดเหล็กและสังกะสีได้ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับแนวทางการแก้ไขการขาดเหล็กสังกะสีในดินเนื้อปูนดังนี้

Rending and Taylor (1989) ได้เสนอแนวทางในการจัดการเพื่อเพิ่มผลผลิตพืชที่ปลูกในดินเนื้อปูนโดยให้ลด pH ของดิน ให้ธาตุอาหารพืชรูปที่เป็นประโยชน์ได้ในสภาพที่ดินมี pH สูง หลีกเลี่ยงการใช้ปุ๋ยฟอสเฟตมากเกินไป เพิ่มอินทรียวัตถุเพื่อให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับจุลธาตุประจุบวกและลดผลของ $CaCO_3$ ที่มีต่อความเป็นประโยชน์ของจุลธาตุประจุบวกลง

สุมิตรา (2549) รายงานว่า ดินที่เป็นด่างมีโอกาสที่จะขาดเหล็กมาก เพราะเหล็กละลายได้ไม่ดี ต้องทำให้ดินเป็นกรดเพิ่มขึ้นโดยการใส่กำมะถันผง หรือใส่ปุ๋ยที่มีผลตกค้างเป็นกรด เช่น แอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0) นอกจากนี้สุวพันธ์ และคณะ (2528) พบว่า การใช้ปุ๋ยเหล็กทางใบโดยใช้เหล็กซัลเฟต (0.5% W/V) ผสมสารลดความตึงผิว (wetting agent) เช่น Tween 80 (0.25%W/V) ฉีดพ่นถั่วลิสงจะแก้อาการขาดธาตุเหล็กได้ การใช้พันธุ์ถั่วลิสงที่เหมาะ จะสามารถปลูกได้และให้ผลผลิตสูง

ประเสริฐ (2528) ได้ศึกษาถึงปัญหาจุลธาตุอาหารที่เป็นปัจจัยจำกัดผลผลิตของถั่วลิสงที่ปลูกในดินชุดตาคลีและแนวทางแก้ไข พบว่าชุดดินตาคลีมีปัญหาเกี่ยวกับการขาดธาตุเหล็กเมื่อนำมาใช้ในการปลูกถั่วลิสง โดยถั่วลิสงที่ได้รับธาตุเหล็กจะไม่แสดงอาการคลอโรซิสและสามารถให้ผลผลิตของเมล็ดสูงสุด นอกจากนั้นถั่วลิสงที่ได้รับธาตุเหล็กยังมีผลทำให้การดึงดูดธาตุเหล็กขึ้นมาสะสมในตอซังและเมล็ดสูงสุดด้วย ซึ่งพบว่าการใส่เหล็กในรูปเหล็กดีทีพีเอ (Fe-DTPA) ลงไปในดินชุดดินตาคลีสามารถช่วยแก้ไขปัญหาการขาดธาตุเหล็กได้ดีที่สุด ส่วนการใส่ปุ๋ยคอก การใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับเหล็กซัลเฟต ($FeSO_4$) ผงกำมะถันและสารประกอบอินทรีย์ฮิวมัสอัตราต่ำ มีแนวโน้มในการแก้ไขปัญหาการขาดเหล็กได้

จำเป็น (2535) ได้ศึกษาผลการใช้ฮิวมัสจากโรงงานผงชูรสซึ่งมี pH ต่ำ พบว่าการใช้ฮิวมัส 7.5 และ 15 กรัมต่อดิน 3 กิโลกรัม ทำให้น้ำหนักแห้งของข้าวโพดเมื่ออายุ 45 วันและปริมาณเหล็กที่พืชดูดดึงสูงกว่าตำหรับที่ไม่ได้รับฮิวมัส และพบว่าถั่วลิสงที่ปลูกบนชุดดินตาคลี ซึ่งมีปัญหาการขาดเหล็ก สามารถแก้ไขได้โดยใช้เหล็กดีทีพีเอ (Fe-DTPA) ไพโรจน์ และคณะ (2548) ได้ศึกษาการแก้ปัญหาการขาดเหล็กของถั่วเขียวในดินด่างพบว่าการใช้เหล็กซัลเฟต ($FeSO_4.7H_2O$) และ เหล็กอีดีดีเอชเอ็มเอ (Fe – EDDHMA) พ่นทางใบมีผลทำให้ผลผลิตของถั่วเขียวเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด

ชนิดา (2546) พบว่าการใส่เหล็กในรูปเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$) และสังกะสีในรูปสังกะสีซัลเฟต ($ZnSO_4.7H_2O$) ในดินนาเนื้อปูนชุดดินลพบุรี มีผลทำให้ปริมาณเหล็กและสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้น การใส่น้ำทิ้งจากโรงนมซึ่งมี pH 4.6 ไม่ทำให้ pH

และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของดินเนื้อปูนชุดดินลพบุรีในสภาพขังน้ำเปลี่ยนแปลงมากนัก แต่ทำให้ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน และทำให้ผลผลิตเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด

Godsey *et al.* (2003) ศึกษาการแก้ไขอาการขาดเหล็ก ในข้าวโพด พบว่าเมื่อข้าวโพดเจริญเติบโตในดินเนื้อปูน ซึ่งมี pH สูง จะทำให้ข้าวโพดอ่อนแอเนื่องจากการขาดเหล็ก ซึ่งทำให้ผลผลิตเมล็ดลดลงมากถึง 20 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อมีการใส่ $FeSO_4.H_2O$ ผลผลิตเมล็ดของข้าวโพดจะเพิ่มขึ้น Shenker and Chen (2005) ได้เสนอแนวทางการแก้อาการคลอโรซิสของพืชเนื่องจากการขาดเหล็กและการที่ดินมีปูนมากเกิน โดยมีวิธีหลักดังนี้ คือ เพิ่มความเป็นประโยชน์ของดินเดิมที่มีเหล็กอยู่แล้วให้เป็นประโยชน์ยิ่งขึ้น บำรุงพืชโดยการใส่ปุ๋ยเหล็กเพิ่มเติม และเพิ่มประสิทธิภาพของพืชในการดูดใช้เหล็กและการเคลื่อนย้ายเหล็ก ซึ่งในการปฏิบัติทางการเกษตรมีการใช้ปุ๋ยเหล็กทางใบ การใช้ปุ๋ยทางดินในรูปอนินทรียสาร ใช้สิ่งเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม เหล็กคีเลต สังเคราะห์ และ organo-Fe นอกจากนี้ยังมีการจัดการดินและการจัดการบริเวณรากพืช ทำให้เพิ่มความเป็นประโยชน์ของเหล็กที่มีอยู่แล้วให้เป็นประโยชน์มากขึ้น นอกจากนี้ Xian and Qing-Sheng (2006) พบว่าการใช้กากโลหะเหล็กปรับปรุงดินเนื้อปูนเพื่อใช้ปลูกข้าวโพดสามารถเพิ่มน้ำหนักแห้งผลผลิตของข้าวโพดและการดูดใช้เหล็กของข้าวโพดได้ ซึ่งมีแนวโน้มที่จะใช้ได้ดีและเป็นแหล่งปุ๋ยเหล็กที่ราคาไม่แพง ซึ่งจะช่วยลดอาการคลอโรซิสของพืชที่ปลูกในดินเนื้อปูนที่ขาดเหล็กได้

จิราณี (2531) พบว่าข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินตาคลีต้องการปุ๋ยสังกะสีปริมาณ 1 กิโลกรัมต่อไร่ สอดคล้องกับรายงานของปรีดา และคณะ (2532) พบว่าชุดดินตาคลีมีสังกะสีไม่พอเพียงกับความต้องการของข้าวโพด ควรมีการใส่สังกะสีเพิ่มในอัตรา 1 กิโลกรัมสังกะสีต่อไร่ จากการศึกษาของ Heitholt *et al.* (2002) พบว่าการใช้ปุ๋ยสังกะสีในรูป $ZnSO_4$ มีผลต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองที่ปลูกในดินเนื้อปูน ซึ่งถั่วเหลืองสามารถเจริญเติบโตในดินเนื้อปูนได้ และตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยสังกะสี ผลผลิตเมล็ดจะเพิ่มขึ้นและมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของคลอโรฟิลล์ในถั่วเหลือง นอกจากนี้ยังมีการศึกษาผลของวิธีการใส่สังกะสีต่อการเจริญของราก และผลผลิตของชูการ์บีทในดินเนื้อปูนที่มีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์น้อย จากการศึกษาทั้ง 3 ปี พบว่าการใส่สังกะสีในรูป $ZnSO_4$ โดยการใส่เป็นแถวทำให้ชูการ์บีทมีการเจริญของราก และมีผลผลิตสูงที่สุดเมื่อเทียบกับการใส่แบบหว่าน และการฉีดพ่น (Stevens and Mesbah, 2004)

Goos *et al.* (2000) ทำการเปรียบเทียบความเป็นประโยชน์ของแหล่งสังกะสี ได้แก่ Zn-EDTA, Zn-HL (Zn humate-lignosulfonate) และ $ZnSO_4$ ต่อข้าวโพดภายใต้สภาพเรือนกระจกในดินเนื้อปูน โดยปลูกข้าวโพด 2 ครั้ง พบว่าในการปลูกครั้งที่ 2 การใช้สังกะสีในรูป Zn-HL และ $ZnSO_4$ ในรูปเม็ด จะทำให้น้ำหนักแห้งของข้าวโพดสูงกว่าการใช้สังกะสีในรูป Zn-EDTA และสังกะสีทั้ง 3 รูปสามารถเพิ่มการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดได้มากใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ Prasad and Sinha (1981) เปรียบเทียบผลการใส่สังกะสีในรูปต่างๆ ได้แก่ Zn-DTPA, Zn-EDTA, Zn-citrate, Zn-fulvate และ $ZnSO_4$ เพื่อเพิ่มผลผลิตน้ำหนักแห้งและการดูดใช้สังกะสีในข้าวโพดที่ปลูกในดินด่างที่ขาดสังกะสี พบว่าการใช้สังกะสีทั้งในรูป $ZnSO_4$ และ Zn-chelates จะเพิ่มผลผลิตและน้ำหนักแห้งอย่างชัดเจน ซึ่งการใส่ $ZnSO_4$ ในอัตรา 1.25, 2.50 และ 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะเพิ่มผลผลิต 169, 177 และ 192 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับเมื่อเทียบกับทรีตเมนต์ควบคุม และการดูดใช้สังกะสีมากขึ้นเมื่ออัตราของสังกะสีเพิ่มขึ้น

Orabi and Abdel-Aziz (1982) พบว่าการใส่สังกะสีในอัตราต่างๆ ได้แก่ 25, 50 และ 100 กิโลกรัมสังกะสีต่อเฮกแตร์ ให้กับข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนซึ่งมีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดิน เท่ากับ 0.75 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบว่าการใส่สังกะสีจะเพิ่มปริมาณอนินทรีย์ฟอสเฟต ปริมาณคาร์โบไฮเดรตรวม โปรตีนรวม ปริมาณไลซีนและทริปโทเฟนในใบและในเมล็ดข้าวโพด นอกจากนี้ยังเพิ่มปริมาณการดูดใช้สังกะสีของเมล็ดข้าวโพดอีกด้วย

จากการศึกษาของ Aly and Soliman (1998) เกี่ยวกับการนำกรดอินทรีย์มาใช้ในการแก้ไขอาการคลอโรซิสเนื่องจากการขาดเหล็กของพืช โดยศึกษาในถั่วลิสง 2 พันธุ์ ทำการทดลองในเรือนกระจก ในดินเนื้อปูนที่มี pH 8.3 ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินก่อนปลูกเท่ากับ 1.22 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบว่ากรดอินทรีย์สามารถแก้ไขอาการขาดเหล็กของถั่วลิสงทั้ง 2 พันธุ์ได้

6. ความรู้เกี่ยวกับข้าวโพดหวานและข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 ที่ใช้ในการศึกษา

6.1 ความสำคัญทางเศรษฐกิจ พื้นที่การผลิตการส่งออก และพันธุ์ของข้าวโพดหวาน

ข้าวโพดหวาน (*Zea mays* var. saccharata) จัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ประเทศไทยมีเนื้อที่ปลูกข้าวโพดหวานในปัจจุบันประมาณ 86,412 ไร่ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2549ก) ข้าวโพดหวานนอกจากจะใช้บริโภคเป็นข้าวโพดฝักสดแล้ว ยังมีการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ รวมทั้งบรรจุกระป๋อง ส่งออกจำหน่ายต่างประเทศทำรายได้ให้แก่ประเทศ ซึ่งในปี พ.ศ. 2545 ปริมาณการ

ส่งออกสูงมากราว 58,623.66 ตัน คิดเป็นมูลค่า 1,633.63 ล้านบาท เป็นอันดับ 3 ของประเทศผู้ส่งออกข้าวโพดหวานของโลก รองจากสหรัฐอเมริกาและฝรั่งเศส (ธงชาติ, 2546) และในปี พ.ศ. 2548 ประเทศไทยส่งออกข้าวโพดหวานในรูปของฝักสด แช่เย็นและแช่แข็งประมาณ 168 ล้านบาท โดยมีประเทศคู่ค้าที่สำคัญไดแก่ ญี่ปุ่น ไต้หวัน และสหรัฐอเมริกา ส่วนการส่งออกข้าวโพดหวานในรูปของผลิตภัณฑ์แปรรูป มีมูลค่าประมาณ 3,015 ล้านบาท โดยมีประเทศคู่ค้าที่สำคัญได้แก่ สหราชอาณาจักรเนเธอร์แลนด์ รัสเซีย เยอรมณี เกาหลีใต้ ญี่ปุ่น และไต้หวัน (วรรณภา, 2549)

พันธุ์ข้าวโพดหวานที่นิยมปลูกในประเทศไทยมี 2 พันธุ์ คือ 1) พันธุ์ลูกผสม ได้แก่ พันธุ์เอทีเอส-2 หรือ ชูการ์ 74 พันธุ์ชูการ์ 73 พันธุ์ไฮ-บริกซ์ 10 และพันธุ์อินทรี 2 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่นิยมปลูก มีลักษณะทางการเกษตรสม่ำเสมอ ได้แก่ ขนาดฝัก ความสูงฝัก ความสูงต้น อายุถึงวันออกไหมและเก็บเกี่ยว ให้ผลผลิตและคุณภาพสูงกว่าพันธุ์ผสมเปิด เป็นที่ต้องการของโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูป และบริโภคฝักสด และ 2) พันธุ์ผสมเปิด ได้แก่ พันธุ์ฮาวายเอี้ยนซูการ์ซูเปอร์สวีท ลักษณะทางการเกษตรไม่สม่ำเสมอ เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ลูกผสม (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2549ข) (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 รายละเอียดเกี่ยวกับพันธุ์ข้าวโพดหวานที่นิยมปลูกในประเทศไทย

พันธุ์	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				
ฮาวายเอี้ยนชูการ์ซูเปอร์สวีท	45-48	1,500-1,900	900-1,200	14.0

ที่มา: กรมส่งเสริมการเกษตร (2549ข)

6.2 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวโพดหวาน

ข้าวโพดหวานเป็นพืชที่ปลูกได้ตั้งแต่เขตหนาว เช่นประเทศแคนาดา จนถึงเขตร้อน เช่นประเทศไทย ข้าวโพดหวานจะเจริญเติบโตในช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 10-45 องศาเซลเซียส ดังนั้น อุณหภูมิในประเทศไทยจึงเหมาะแก่การปลูกข้าวโพดหวานตลอดทั้งปี อาจจะมียกเว้นตามบริเวณที่ราบสูงในฤดูหนาว ซึ่งเป็นช่วงสั้นๆ เท่านั้น (ทวีศักดิ์, 2540)

สมบัติของดินที่เหมาะแก่การเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน คือ ดินร่วนและมีการระบายน้ำดี น้ำไม่ท่วมขัง ปฏิกิริยาของดิน (soil pH) อยู่ในช่วง 5.5 – 6.5 (ทวีศักดิ์, 2540)

6.3 การดูแลรักษาและการเก็บเกี่ยว

การดูแลรักษา มีการให้ปุ๋ย การให้น้ำ ซึ่งในการให้น้ำนั้นมีทั้งให้น้ำบนพื้นราบ คือ สามารถให้น้ำทั้งแบบตามร่อง หรือแบบพ่นฝอย และการให้น้ำบนร่องสวน และมีการดูแลรักษาในเรื่องของศัตรูข้าวโพดหวาน เช่นโรคราน้ำค้างหรือโรคใบลาย โรคใบไหม้แผลเล็ก โรคราสนิม แมลงศัตรู เช่นหนอนเจาะลำต้นข้าวโพด หนอนเจาะสมอฝ้าย เพลี้ยอ่อนข้าวโพด มอดดิน หนอนกระทู้หอม ซึ่งสามารถป้องกันกำจัดโดยยากำจัดศัตรูพืชต่างๆ และวัชพืช สามารถป้องกันและกำจัดโดยการไถ แล้วคราดเก็บเศษซาก ออกจากแปลง หรือการพ่นสารกำจัดวัชพืช (กรมวิชาการเกษตร, 2549ก)

การเก็บเกี่ยว เก็บเกี่ยว 18-20 วันหลังออกไหม 50 เปอร์เซ็นต์ โดยสังเกตจากสีของไหมจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม และเมื่อฉีกเปลือกข้าวโพดฝักบนสุด เมล็ดจะมีสีเหลืองอ่อน ถ้ากดที่เมล็ดปลายฝักจะมีน้ำนมไหลออกมาซึ่งแสดงว่าอีกสองวันสามารถเก็บเกี่ยวได้ ในกรณีที่ปลูกข้าวโพดหวานพันธุ์ผสมเปิด ซึ่งออกไหมไม่พร้อมกัน ต้องทยอยเก็บเกี่ยว 2-3 ครั้ง และควรเก็บเกี่ยวฝักให้เสร็จภายใน 5-7 วัน เพราะการเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวานก่อนหรือหลังช่วงที่เหมาะสมเพียง 1-2 วัน จะทำให้คุณภาพของฝักไม่ได้มาตรฐานตามที่ตลาดและโรงงานอุตสาหกรรมต้องการ (กรมวิชาการเกษตร, 2549ก)

6.4 ข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2

ข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 เป็นพันธุ์ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีอายุถึงวันออกไหม 48-50 วัน ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก 1,800-2,300 กิโลกรัมต่อไร่ และผลผลิตฝักสดปอกเปลือก 1,200-1,400 กิโลกรัมต่อไร่ มีความหวานประมาณ 14.5 องศาบริกซ์ มีความหวาน กรอบ และไม่ติดฟัน ซึ่งเหมาะสำหรับอุตสาหกรรมแปรรูปและบริโภคฝักสด (กรมวิชาการเกษตร, 2549ข)

ข้าวโพดหวานลูกผสมเดี่ยวพันธุ์อินทรี 2 ได้จากการผสมระหว่างสายพันธุ์แท้ SSWI 114 กับ KSei 14004 หรือ [(sh2 Syn29 ×KS1) × Suwan3(S)C4]-F_4-S_8-24-2-4-2-2 จากผลการทดสอบพันธุ์ จำนวน 7 ฤดู เป็นเวลา 6 ปี (พ.ศ. 2537-2542) ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติ พบว่าพันธุ์อินทรี 2 ให้น้ำหนักฝักสด ทั้งเปลือก และน้ำหนักฝักสดปอกเปลือกที่ดีสูงกว่าพันธุ์อินทรี 1 ให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่ตัด และความหวานสูงกว่า มีความนุ่ม และรสชาติใกล้เคียงกัน แต่มีขนาดฝักใหญ่กว่า และมีลักษณะทางการเกษตรบางอย่างดีกว่า ซึ่งศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติได้เผยแพร่พันธุ์อินทรี 2 สู่ภาครัฐและเอกชนในปี พ.ศ. 2542 (โชคชัย และคณะ, 2544)

สุรพล (2546) ได้ศึกษาระยะระหว่างต้นที่เหมาะสมสำหรับข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 พบว่า ระยะปลูกที่ให้ผลผลิตทั้งเปลือกสูงสุดคือ ระยะ 25 เซนติเมตร (2,230 กิโลกรัมต่อไร่) ในด้านคุณภาพของขนาดฝักพบว่า ระยะปลูก 30 เซนติเมตร มีฝักขนาดใหญ่มากที่สุด ส่วนน้ำหนักต้นสดหลังจากเก็บเกี่ยวฝักสดแล้ว ระยะปลูก 25 เซนติเมตร ให้น้ำหนักต้นสดสูงสุด คือ 4,362 กิโลกรัมต่อไร่ และเมื่อนำมาวิเคราะห์พบว่า ต้นข้าวโพดหวานสดให้ Crude Protein 10.00 เปอร์เซ็นต์, Crude Fiber 33.94 เปอร์เซ็นต์ และ Crude Fat 2.23 เปอร์เซ็นต์

ถมยา และคณะ (2546) ได้ศึกษาผลของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 ที่มีต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพฝักสด พบว่า ขนาดเมล็ดไม่มีผลต่อความงอก ความสูงต้น ความยาวฝัก อายุวันออกดอกและไหม อายุเก็บเกี่ยว เปอร์เซ็นต์ความหวาน ผลผลิตที่เป็นน้ำหนักฝักทั้งเปลือกและปอกเปลือก แต่จะมีผลต่อจำนวนฝักที่เก็บเกี่ยวต่อพื้นที่ ดังนั้นเมล็ดทุกขนาดสามารถนำไปปลูกได้ แต่ในทางปฏิบัติเมล็ดรวมหรือเมล็ดที่ไม่ได้คัดขนาดจะไม่สะดวกในการปฏิบัติดูแลรักษา

7. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเปลือกสับปะรดที่ใช้ในการศึกษา

เปลือกสับปะรดเป็นวัสดุเหลือทิ้งอินทรีย์ที่เหลือทิ้งจากโรงงานผลิตสับปะรดกระป๋องและเนื่องจากประเทศไทยมีโรงงานผลิตสับปะรดกระป๋องมากกว่า 30 โรงงาน (จินดารัฐ, 2541) ในปี พ.ศ. 2549 ประเทศไทยมีเนื้อที่ปลูกสับปะรดรวมทั้งประเทศประมาณ 629.199 ไร่ ผลผลิตสับปะรด 2,597.770 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2549) ทำให้มีเปลือกสับปะรดเหลือทิ้งในปริมาณที่มาก พบว่าเปลือกสับปะรดจะมีปริมาณกรดซิตริกประมาณ 9.9 กรัมต่อกิโลกรัม (Tran and Mitchell, 1995) Tran *et al.* (1998) รายงานว่าเปลือกสับปะรดที่อบแห้งมีปฏิกิริยาเป็นกรด pH 3.4 ในเปลือกสับปะรดมีใยสับปะรดเป็นสารดูดซับประเภท bioadsorbent ที่มีองค์ประกอบหลักเป็นเซลลูโลส ลิกนินและแทนนิน ซึ่งประกอบด้วยหมู่ฟังชั่นชนิดต่างๆ เช่น หมู่เมทอกซิล ($-OCH_3$) หมู่ไฮดรอกซิล (-OH) และหมู่ฟีโนลิค หมู่ฟังก์ชั่นเหล่านี้มีประจุลบ (negative charge) ซึ่งสามารถทำหน้าที่จับหรือดูดซับ (chelate or adsorb) กับประจุบวกของโลหะทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนของโลหะหนัก ซึ่งเป็นกลไกการดูดซับโลหะหนักแบบแลกเปลี่ยนไอออน (Baig *et al*., 1999)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เมล็ดพันธุ์พืชทดลอง
   1.1 เมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2

2. ปุ๋ยเคมี
   2.1 ยูเรีย ($NH_2CO\ NH_2$)
   2.2 โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4)
   2.3 โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl)
   2.4 ซิงค์ซัลเฟต ($ZnSO_4.7H_2O$)
   2.5 เฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$)
   2.6 เหล็กดีทีพีเอ (Fe-diethylenetriaminepentaacetic acid, Fe-DTPA :10%Fe)

3. เปลือกสับปะรด

4. ดินที่ใช้ในการทดลอง คือ ชุดดินตาคลี และชุดดินลพบุรี

5. เครื่องมือใช้ในการเก็บตัวอย่างดินและพืช

6. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างดินและพืช
   6.1 Atomic absorption spectrophotometer
   6.2 Spectrophotometer
   6.3 Micro Kjeldahl distillation apparatus
   6.4 pH meter
   6.5 Electric conductivity
   6.6 Digestion apparatus
   6.7 ตู้อบควบคุมอุณหภูมิ

6.8 เครื่องชั่ง 2 และ 3 ตำแหน่ง ที่มีความละเอียด 0.01 และ 0.001 กรัม

6.9 เครื่องบดตัวอย่างดิน และตะแกรงร่อนดิน ขนาด 2 มิลลิเมตร

6.10 เครื่องบดตัวอย่างพืช

6.11 อุปกรณ์ที่จำเป็นในการวิเคราะห์ดินและพืชและในการปลูกพืชทดสอบในเรือนทดลอง

6.12 สารเคมีที่จำเป็นในการวิเคราะห์ตัวอย่างดินและพืช

วิธีการ

1. การศึกษาและการทดลองในห้องปฏิบัติการ

1.1 การศึกษาสมบัติของดินที่ใช้ในการทดลองก่อนปลูกข้าวโพดหวาน

นำตัวอย่างดินชุดดินตาคลีและชุดดินลพบุรีที่เก็บที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร จากแปลงข้าวโพดหวานของเกษตรกรในจังหวัดนครสวรรค์ และจากแปลงข้าวโพดหวานของเกษตรกรในจังหวัดสระบุรี ตามลำดับ มาผึ่งให้แห้งในที่ร่มเลือกก้อนหินและเศษซากพืชออก เก็บดินมาทำการวิเคราะห์ บดให้ละเอียดร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร และนำมาทำการวิเคราะห์สมบัติด้านต่างๆ ของดิน

1.1.1 วัดค่าทางเคมีไฟฟ้าของดิน

ปฏิกิริยาดิน (pH) วัดโดยใช้เครื่อง pH meter อัตราส่วนระหว่างดินต่อน้ำเท่ากับ 1: 1 (Foth *et al*., 1996)

1.1.2 วิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน

(1) ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (organic matter) โดย Walkley and Black Titration (Walkley and Black, 1934)

(2) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus) สกัดโดยวิธี Bray II และวิเคราะห์โดย colorimetric (Bray and Kurtz, 1945)

(3) ปริมาณเบสที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K, Ca, Mg) โดยสกัดด้วย NH_4OAc pH 7.0 และวัดด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (Pratt, 1965)

(4) ปริมาณจุลธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ (available Zn, Mn, Fe, Cu) โดยสกัดด้วย 0.005 M DTPA pH 7.3 และวัดด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (Lindsay and Norvell, 1978)

1.1.3 วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดิน

เนื้อดินวิเคราะห์โดยวิธี Hydrometer

1.2 การศึกษาสมบัติของเปลือกสับปะรดที่ใช้ในการทดลอง

นำตัวอย่างเปลือกสับปะรดมาผึ่งจนแห้ง หลังจากนั้นนำเปลือกสับปะรดไปบด และนำมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีไฟฟ้าและสมบัติทางเคมี ดังนี้

1.2.1 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) วัดโดยใช้เครื่อง pH meter อัตราส่วนระหว่างเปลือกสับปะรดต่อน้ำเท่ากับ 1:5

1.2.2 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen) ย่อยสลายโดย H_2SO_4-$NaSO_4$-Se mixture และวัดด้วยวิธี Kjeldahl method (Jackson, 1958)

1.2.3 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (total phosphorus) ย่อยสลายโดย H_2SO_4-$NaSO_4$-Se mixture และวัดด้วยวิธี vanado-molybdate yellow color (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542)

1.2.4 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (total potassium) ย่อยสลายโดย H_2SO_4-$NaSO_4$-Se mixture และวัดด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542)

1.2.5 ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมทั้งหมด (total Ca, Mg) โดยย่อยด้วย HNO_3-H_2SO_4-$HClO_4$ acid mixture digestion และวัดด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542)

1.2.6 ปริมาณจุลธาตุอาหาร (Zn, Mn, Fe, Cu) โดยย่อยด้วย HNO_3-H_2SO_4-$HClO_4$ acid mixture digestion และวัดด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542)

2. การปลูกข้าวโพดในเรือนทดลอง

แบ่งการทดลองเป็น 2 การทดลอง ดังนี้

2.1 การทดลองที่ 1 : ศึกษาผลการใส่เหล็ก สังกะสี และเปลือกสับปะรด ต่อการดูดใช้เหล็ก สังกะสีและผลผลิตของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลี

2.1.1 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) มี 7 ตำรับการทดลอง 3 ซ้ำ ดังนี้

ตำรับที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ย (Control)

ตำรับที่ 2 ใส่ปุ๋ย NPK (NPK)

ตำรับที่ 3 ใส่สังกะสีร่วมกับปุ๋ย NPK (Zn + NPK)

ตำรับที่ 4 ใส่เหล็กในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ ร่วมกับสังกะสีและปุ๋ย NPK ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ + Zn + NPK)

ตำรับที่ 5 ใส่เหล็กในรูป Fe-DTPA ร่วมกับสังกะสีและปุ๋ย NPK (Fe-DTPA +Zn + NPK)

ตำรับที่ 6 ใส่เปลือกสับปะรด อัตรา 6 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม ร่วมกับปุ๋ย NPK (Pineapple peel(6) + NPK)

ตำรับที่ 7 ใส่เปลือกสับปะรด อัตรา 9 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม ร่วมกับปุ๋ย NPK (Pineapple peel(9) + NPK)

โดยไนโตรเจน ใส่ในรูปยูเรีย ($NH_2CO\ NH_2$) อัตรา 200 mg N kg^{-1} soil ฟอสฟอรัสใส่ในรูปโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) อัตรา 150 mg P_2O_5 kg^{-1} soil โพแทสเซียมใส่ในรูปโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) และโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต อัตรา 150 mg K_2O kg^{-1} soil สำหรับเหล็กใส่ในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ และ Fe-DTPA อัตรา 40 mg Fe kg^{-1} soil สังกะสีใส่ในรูป $ZnSO_4.7H_2O$ อัตรา 10 mg Zn kg^{-1} soil คลุกตัวอย่างดิน ปุ๋ย และเปลือกสับปะรดแต่ละตำรับการทดลองดังกล่าวข้างต้น

2.1.2 การเตรียมตัวอย่างดิน

นำตัวอย่างดินชุดดินตาคลีมาเลือกเก็บก้อนหิน เศษซากพืชออก ผสมดินให้เป็นเนื้อเดียวกัน เพื่อให้เกิดความสม่ำเสมอ แล้วชั่งดิน 7 กิโลกรัมต่อ 1 กระถาง โดยใช้กระถางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางด้านบนยาว 28 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางด้านฐานยาว 21.5 เซนติเมตร และสูง 28.5 เซนติเมตร

2.1.3 การปลูก

นำตัวอย่างดินที่เตรียมไว้ กระถางละ 7 กิโลกรัม ผสมคลุกเคล้ากับปุ๋ยอัตราต่างๆและเปลือกสับปะรดอัตราต่างๆ ตามตำรับการทดลอง ทำการปลูกข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 จำนวน 5 เมล็ดต่อกระถาง ที่ระดับความลึก 2-3 เซนติเมตร เมื่อต้นกล้าอายุประมาณ 14 วันถอนต้นกล้าออกให้เหลือเพียงต้นเดียว

2.1.4 การดูแลรักษา

รดน้ำด้วยน้ำกรอง (deionized water) ตลอดระยะการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน และกำจัดวัชพืชโดยการถอนด้วยมือ

2.1.5 การเก็บข้อมูล

2.1.5.1 การเก็บตัวอย่างพืชและการวิเคราะห์พืช

1) การเจริญเติบโต วัดความสูงและเส้นรอบวงของข้าวโพดที่อายุ 20, 40 และ 60 วัน หลังการหยอดเมล็ดข้าวโพดหวาน

2) การเก็บเกี่ยว ทำการเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวานที่อายุประมาณ 70-75 วัน ชั่งน้ำหนักสดของตอซังและฝักข้าวโพดหวานในทุกกระถางที่ปลูก นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักแห้งคงที่ ชั่งน้ำหนักแห้งของตอซังและฝักของข้าวโพดหวาน

3) การวิเคราะห์พืช บดตัวอย่างตอซังและฝักที่อบแห้งแล้ว ด้วยเครื่องบดตัวอย่างพืช เพื่อนำมาวิเคราะห์ธาตุอาหารในห้องปฏิบัติการ โดยย่อยด้วย digestion mixture (H_2SO_4-Na_2SO_4-Se mixture) เพื่อหาปริมาณ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม และวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนโดยวิธีการกลั่น Micro-Kjeldahl method วิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสโดยวิธี vanado-molybdate yellow color และวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542) และย่อยด้วย HNO_3-H_2SO_4-$HClO_4$ acid mixture digestion เพื่อหาปริมาณเหล็ก และสังกะสีในตอซังและฝักข้าวโพดหวาน และวิเคราะห์ปริมาณเหล็ก และสังกะสีโดยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542)

2.1.5.2 การเก็บตัวอย่างดินและการวิเคราะห์ดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวาน

เก็บตัวอย่างดินหลังจากทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพดหวานเสร็จแล้ว โดยในทุกๆกระถางทำการผสมดินให้เข้ากันแล้วทำการสุ่มเก็บประมาณ ครึ่งกิโลกรัม ใส่ถุงพลาสติก นำดินมาผึ่งในที่ร่มจนแห้ง นำดินไปบด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร นำดินที่บดแล้วมาวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กและสังกะสีที่เป็นประโยชน์ โดยการสกัดดินด้วย 0.005 M DTPA ที่ pH 7.3 วิเคราะห์ปริมาณเหล็ก และสังกะสีโดยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542) หาค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของดินหลังเก็บเกี่ยว

2.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

จากข้อมูลที่ได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการ และการทดลองปลูกพืชในกระถาง นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) เพื่อหาค่า F-value และค่าทางสถิติอื่นๆ ไว้สำหรับการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติของ IRRI

2.2 การทดลองที่ 2 : ศึกษาผลการใส่เหล็กต่อผลผลิต และการดูดใช้เหล็กของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินลพบุรี

2.2.1 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) มี 4 ตำรับการทดลอง 3 ซ้ำ ดังนี้

ตำรับที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ย (Control)

ตำรับที่ 2 ใส่ปุ๋ย NPK (NPK)

ตำรับที่ 3 ใส่เหล็กในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ ร่วมกับปุ๋ย NPK ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ + NPK)

ตำรับที่ 4 ใส่เหล็กในรูป Fe-DTPA ร่วมกับปุ๋ย NPK (Fe-DTPA + NPK)

โดยไนโตรเจนใส่ในรูปยูเรีย อัตรา 200 mg N kg^{-1} soil ฟอสฟอรัสใส่ในรูปโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต อัตรา 150 mg P_2O_5 kg^{-1} soil โพแทสเซียมใส่ในรูปโพแทสเซียมคลอไรด์และโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต อัตรา 150 mg K_2O kg^{-1} soil สำหรับเหล็กใส่ในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ และ Fe-DTPA อัตรา 40 mg Fe kg^{-1} soil คลุกตัวอย่างดินและปุ๋ย แต่ละตำรับการทดลองดังกล่าวข้างต้น

2.2.2 การเตรียมตัวอย่างดิน

นำตัวอย่างดินชุดดินลพบุรีมาเลือกเก็บก้อนหิน เศษซากพืชออก ผสมดินให้เป็นเนื้อเดียวกัน เพื่อให้เกิดความสม่ำเสมอ ชั่งดิน 4.5 กิโลกรัมต่อ 1 กระถาง โดยใช้กระถางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางด้านบนยาว 25 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางด้านฐานยาว 17.5 เซนติเมตร และสูง 24 เซนติเมตร

2.2.3 การปลูก

นำตัวอย่างดินที่เตรียมไว้ กระถางละ 4.5 กิโลกรัม ผสมคลุกเคล้ากับปุ๋ยอัตราต่างๆ ตามตำรับการทดลอง ทำการปลูกข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 จำนวน 5 เมล็ดต่อกระถาง ที่ระดับความลึก 2-3 เซนติเมตร เมื่อต้นกล้าอายุประมาณ 14 วันถอนต้นกล้าออกให้เหลือเพียงต้นเดียว

2.2.4 การดูแลรักษา

รดน้ำด้วยน้ำกรอง (deionized water) ตลอดระยะการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน และกำจัดวัชพืชโดยการถอนด้วยมือ

2.2.5 การเก็บข้อมูล

2.2.5.1 การเก็บตัวอย่างพืชและการวิเคราะห์พืช

1) การเจริญเติบโต วัดความสูงและเส้นรอบวงของข้าวโพดที่อายุ 20 และ 40 วัน หลังการหยอดเมล็ดข้าวโพดหวาน

2) การเก็บเกี่ยว ทำการเก็บเกี่ยวตอซังข้าวโพดหวานที่อายุประมาณ 45-50 วัน ซึ่งอยู่ในช่วงที่ข้าวโพดหวานออกดอก ชั่งน้ำหนักสดของตอซังข้าวโพดหวานในทุกกระถางที่ปลูก นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักแห้งคงที่ ชั่งน้ำหนักแห้งของตอซังข้าวโพดหวาน

3) การวิเคราะห์พืช บดตัวอย่างตอซังที่อบแห้งแล้ว ด้วยเครื่องบดตัวอย่างพืช เพื่อนำมาวิเคราะห์ธาตุอาหารในห้องปฏิบัติการ โดยย่อยด้วย digestion mixture (H_2SO_4-Na_2SO_4-Se mixture) เพื่อหาปริมาณ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม และวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนโดยวิธีการกลั่น Micro-Kjeldahl method วิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสโดยวิธี vanado-molybdate yellow color และวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542) และย่อยด้วย HNO_3-H_2SO_4-$HClO_4$ acid mixture digestion เพื่อหาปริมาณเหล็กในข้าวโพด และวิเคราะห์ปริมาณเหล็ก โดยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542)

2.2.5.2 การเก็บตัวอย่างดินและการวิเคราะห์ดิน

เก็บตัวอย่างดินหลังจากทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพดหวานเสร็จแล้ว โดยในทุกๆกระถางทำการผสมดินให้เข้ากันแล้วทำการสุ่มเก็บประมาณ ครึ่งกิโลกรัม ใส่ถุงพลาสติก นำดินมาผึ่งในที่ร่มจนแห้ง แล้วบดดิน ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร นำดินที่บดแล้วมาวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ โดยการสกัดดินด้วย 0.005 M DTPA ที่ pH 7.3 และวิเคราะห์ปริมาณเหล็กโดยวิธี atomic absorption spectrophotometer (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542) หาค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของดินหลังเก็บเกี่ยว

2.2.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

จากข้อมูลที่ได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการ และการทดลองปลูกพืชในกระถาง นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) เพื่อหาค่า F-value และค่าทางสถิติอื่นๆ ไว้สำหรับการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติของ IRRI

3. สถานที่ทำการทดลอง

ทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการและเรือนทดลองภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพมหานคร

4. ระยะเวลาในการศึกษา

เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2549 ถึงเดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2550

ผลและวิจารณ์

ผล

1. การทดลองในห้องปฏิบัติการ

1.1 สมบัติของชุดดินตาคลี

สมบัติของชุดดินตาคลีที่นำมาศึกษา แสดงอยู่ในตารางที่ 2 พบว่าชุดดินตาคลีมีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว (clay loam) pH 7.8 ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน เท่ากับ 34 กรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำมาก เท่ากับ 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ เท่ากับ 90, 13,000 และ 220 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ มีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ และปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดิน เท่ากับ 0.6 และ 1.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ มีปริมาณแมงกานีสและทองแดงที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 71 และ 0.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 2 สมบัติบางประการของชุดดินตาคลี

สมบัติบางประการของดิน	ค่าวิเคราะห์
Soil texture[1/]	Clay loam
% sand	32
% silt	30
% clay	38
pH[2/]	7.8
Organic matter (g kg^{-1})[3/]	34
Available phosphorus (mg kg^{-1})[4/]	1
Available potassium (mg kg^{-1})[5/]	90
Available calcium (mg kg^{-1})[5/]	13,000
Available magnesium (mg kg^{-1})[5/]	220
Available zinc (mg kg^{-1})[6/]	0.6
Available manganese (mg kg^{-1})[6/]	71
Available iron (mg kg^{-1})[6/]	1.4
Available copper (mg kg^{-1})[6/]	0.8

หมายเหตุ [1/] Hydrometer method

[2/] pH meter 1:1 H_2O

[3/] Walkley and Black method (Walkley and Black, 1934)

[4/] Bray 2 method (Bray and Kurtz, 1945)

[5/] Extracted with NH_4OAc pH 7.0 (Pratt, 1965)

[6/] Extracted with DTPA pH 7.3 (Lindsay and Norvell, 1978)

1.2 สมบัติของชุดดินลพบุรี

สมบัติของชุดดินลพบุรีที่นำมาศึกษา แสดงอยู่ในตารางที่ 3 พบว่าชุดดินลพบุรีมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว (clay) pH 7.6 ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน เท่ากับ 20 กรัมต่อกิโลกรัม มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ เท่ากับ 48 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ เท่ากับ 228, 12,852 และ 444 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ ปริมาณ

สังกะสีที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ เท่ากับ 2.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีปริมาณแมงกานีสและทองแดงที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 3 และ 0.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 3 สมบัติบางประการของชุดดินลพบุรี

สมบัติบางประการของดิน	ค่าวิเคราะห์
Soil texture[1/]	Clay
% sand	31
% silt	20
% clay	49
pH[2/]	7.6
Organic matter (g kg^{-1})[3/]	20
Available phosphorus (mg kg^{-1})[4/]	48
Available potassium (mg kg^{-1})[5/]	228
Available calcium (mg kg^{-1})[5/]	12,852
Available magnesium (mg kg^{-1})[5/]	444
Available zinc (mg kg^{-1})[6/]	1
Available manganese (mg kg^{-1})[6/]	3
Available iron (mg kg^{-1})[6/]	2.8
Available copper (mg kg^{-1})[6/]	0.8

หมายเหตุ [1/] Hydrometer method

[2/] pH meter 1:1 H_2O

[3/] Walkley and Black method (Walkley and Black, 1934)

[4/] Bray 2 method (Bray and Kurtz, 1945)

[5/] Extracted with NH_4OAc pH 7.0 (Pratt, 1965)

[6/] Extracted with DTPA pH 7.3 (Lindsay and Norvell, 1978)

1.3 สมบัติของเปลือกสับปะรดที่นำมาศึกษา

เปลือกสับปะรดที่นำมาศึกษาเป็นเปลือกสับปะรดจากพันธุ์ปัตตาเวีย ซึ่งสมบัติและองค์ประกอบบางประการของเปลือกสับปะรด แสดงอยู่ในตารางที่ 4 พบว่าเปลือกสับปะรดมีสมบัติเป็นกรด pH เท่ากับ 4.2 มีเปอร์เซ็นต์ธาตุอาหารพืชไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมเท่ากับ 0.74, 0.23, 1.84, 0.51 และ 0.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณสังกะสี แมงกานีส เหล็ก และทองแดงเท่ากับ 8.6, 79, 126 และ 1.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ

ตารางที่ 4 สมบัติและองค์ประกอบบางประการของเปลือกสับปะรดที่นำมาศึกษา

สมบัติบางประการ	ค่าวิเคราะห์
pH	4.2
Nitrogen (%)	0.74
Phosphorus (%)	0.23
Potassium (%)	1.84
Calcium (%)	0.51
Magnesium (%)	0.04
Zinc (mg kg^{-1})	8.6
Manganese (mg kg^{-1})	79
Iron (mg kg^{-1})	126
Copper (mg kg^{-1})	1.4

2. การทดลองในเรือนทดลอง เพื่อศึกษาผลการใส่เหล็ก สังกะสี และเปลือกสับปะรดต่อผลผลิตและการดูดใช้เหล็ก สังกะสีของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลี

2.1 ผลการใส่เหล็ก สังกะสี และเปลือกสับปะรดต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลี

2.1.1 ความสูง

การเจริญเติบโตทางด้านความสูงของข้าวโพดหวานอายุ 20, 40 และ 60 วัน แสดงอยู่ในตารางที่ 5 และภาพที่ 1 พบว่าเมื่ออายุ 20 วัน ข้าวโพดหวานในตำรับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยเลยมีความสูงต่ำที่สุด ตำรับที่มีการใส่เหล็กในรูป Fe-DTPA ร่วมกับสังกะสี และปุ๋ย NPK และตำรับที่มีการใส่เปลือกสับปะรดอัตรา 6 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม ร่วมกับปุ๋ย NPK มีความสูงใกล้เคียงกันและมีแนวโน้มสูงกว่าตำรับที่มีการใส่เหล็กในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ ร่วมกับสังกะสี และปุ๋ย NPK และตำรับที่มีการใส่เปลือกสับปะรดอัตรา 9 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม ร่วมกับปุ๋ย NPK แต่สูงกว่าตำรับที่มีการใส่ปุ๋ย NPK เพียงอย่างเดียว และตำรับที่มีการใส่สังกะสี ร่วมกับปุ๋ย NPK อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อข้าวโพดหวานอายุ 40 วัน พบว่าข้าวโพดตำรับที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเลยมีความสูงต่ำสุด ตำรับที่มีการใส่เหล็กทั้งในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ และในรูป Fe-DTPA ร่วมกับสังกะสี และปุ๋ย NPK และตำรับที่มีการใส่เปลือกสับปะรดอัตรา 6 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม ร่วมกับปุ๋ย NPK มีความสูงไม่แตกต่างกันและมากกว่าตำรับที่มีการใส่ปุ๋ย NPK เพียงอย่างเดียว ตำรับที่มีการใส่สังกะสีร่วมกับปุ๋ย NPK และตำรับที่มีการใส่เปลือกสับปะรดอัตรา 9 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม ร่วมกับปุ๋ย NPK

เมื่อข้าวโพดหวานอายุ 60 วันพบว่าข้าวโพดตำรับที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเลยมีความสูงต่ำสุด ตำรับที่มีการใส่เหล็กทั้งในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ และในรูป Fe-DTPA ร่วมกับสังกะสี และปุ๋ย NPK มีความสูงมากกว่าตำรับที่มีการใส่ปุ๋ย NPK เพียงอย่างเดียว และตำรับที่มีการใส่สังกะสีร่วมกับปุ๋ย NPK แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับตำรับที่มีการใส่เปลือกสับปะรดทั้งอัตรา 6 และ 9 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม ร่วมกับปุ๋ย NPK ข้าวโพดตำรับที่มีการใส่สังกะสีร่วมกับปุ๋ย NPK มีแนวโน้มมีความสูงมากกว่าตำรับที่ใส่ปุ๋ย NPK เพียงอย่างเดียว

2.1.2 เส้นรอบวงลำต้น

การเจริญเติบโตทางด้านขนาดลำต้นของข้าวโพดหวานที่อายุ 20, 40 และ 60 วัน ซึ่งประเมินจากเส้นรอบวงลำต้น แสดงอยู่ในตารางที่ 6 และภาพที่ 2 พบว่าเมื่อข้าวโพดหวานอายุ 20 วัน ในตำรับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยเลยมีเส้นรอบวงลำต้นต่ำที่สุด ส่วนตำรับที่มีการใส่ปุ๋ย NPK ตำรับที่มีการใส่สังกะสีร่วมกับปุ๋ย NPK ตำรับที่มีการใส่เหล็กในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ และ Fe-DTPA ร่วมกับสังกะสี และปุ๋ย NPK และตำรับที่มีการใส่เปลือกสับปะรดอัตรา 6 และ 9 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม ร่วมกับปุ๋ย NPK มีเส้นรอบวงลำต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ

เมื่อข้าวโพดหวานอายุ 40 วัน พบว่าตำรับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยเลยมีเส้นรอบวงลำต้นต่ำที่สุด ตำรับที่มีการใส่เหล็กในรูป Fe-DTPA ร่วมกับสังกะสี และปุ๋ย NPK ตำรับที่มีการใส่เปลือกสับปะรดอัตรา 6 และ 9 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม ร่วมกับปุ๋ย NPK มีเส้นรอบวงลำต้นใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างทางสถิติกับตำรับที่มีการใส่เหล็กในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ ร่วมกับสังกะสี และปุ๋ย NPK แต่มากกว่าตำรับที่มีการใส่ปุ๋ย NPK เพียงอย่างเดียว และตำรับที่มีการใส่สังกะสีร่วมกับปุ๋ย NPK อย่างเด่นชัด ข้าวโพดตำรับที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีร่วมกับปุ๋ย NPK และที่ได้รับการใส่ปุ๋ย NPK อย่างเดียวมีเส้นรอบวงลำต้นไม่แตกต่างกัน

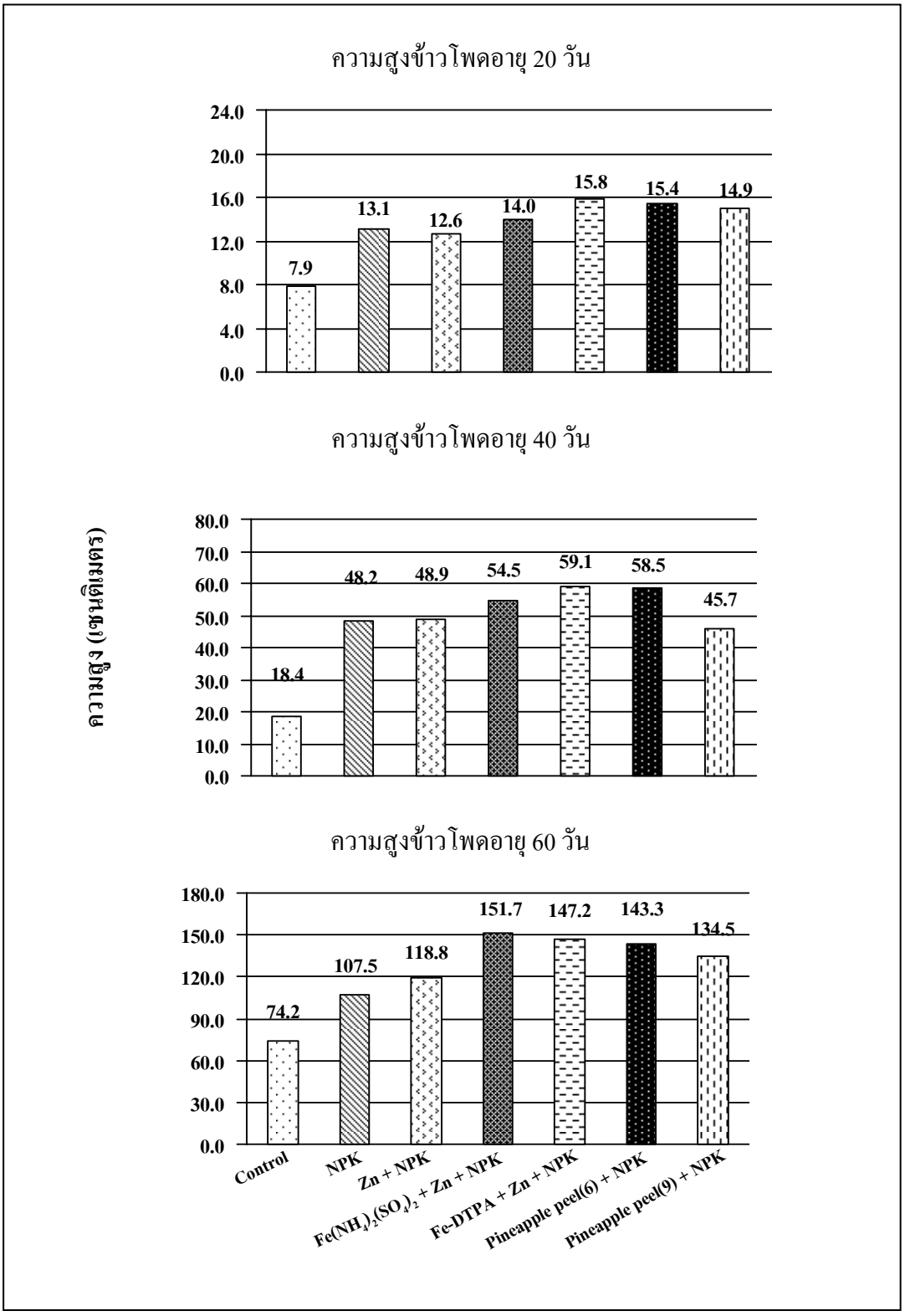
เมื่อข้าวโพดหวานอายุ 60 วันพบว่าตำรับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยเลยมีเส้นรอบวงลำต้นต่ำที่สุด ตำรับที่มีการใส่เปลือกสับปะรดทั้งอัตรา 6 และ 9 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม ร่วมกับปุ๋ย NPK มีเส้นรอบวงลำต้นใกล้เคียงกันและค่อนข้างมากกว่าตำรับที่มีการใส่เหล็กทั้งในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ และในรูป Fe-DTPA ร่วมกับสังกะสี และปุ๋ย NPK แต่มากกว่าตำรับที่มีการใส่ปุ๋ย NPK และตำรับที่มีการใส่สังกะสีร่วมกับปุ๋ย NPK อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 5 ผลการใส่เหล็ก สังกะสี และเปลือกสับปะรดต่อความสูงของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลี

ตำรับการทดลอง	ความสูงเฉลี่ย (เซนติเมตร)		
	20 วัน [1/]	40 วัน [1/]	60 วัน [1/]
Control	7.9 d	18.4 c	74.2 d
NPK	13.1 bc	48.2 b	107.5 c
Zn + NPK	12.6 c	48.9 b	118.8 bc
$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ + Zn + NPK	14.0 abc	54.5 ab	151.7 a
Fe-DTPA + Zn + NPK	15.8 a	59.1 a	147.2 a
Pineapple peel(6) + NPK	15.4 a	58.5 a	143.3 ab
Pineapple peel(9) + NPK	14.9 ab	45.7 b	134.5 abc
F-test	**	**	**
CV (%)	8	11	12

หมายเหตุ ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT



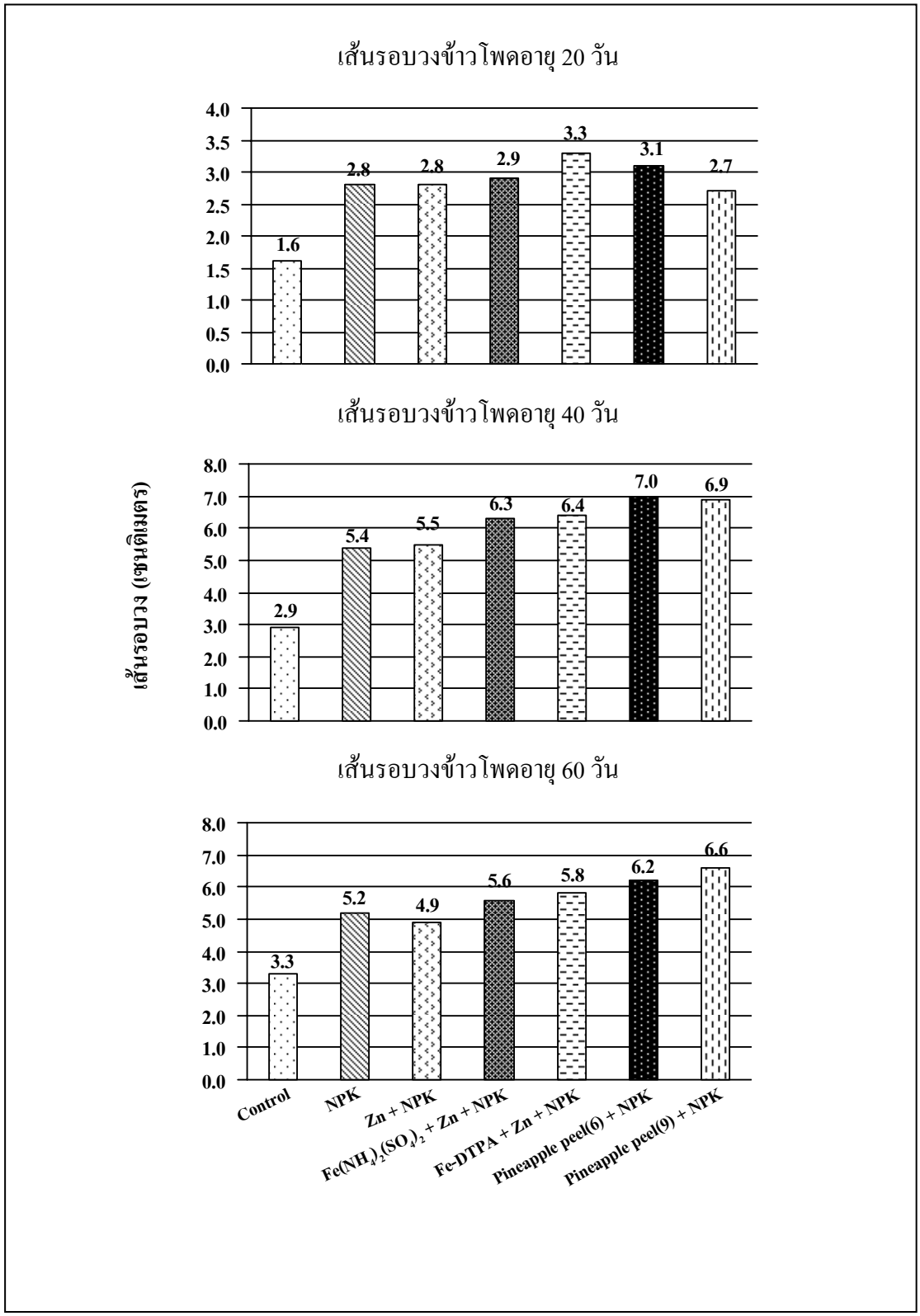
ภาพที่ 1 ผลการใส่เหล็ก สังกะสี และเปลือกสับปะรดต่อความสูง (เซนติเมตร) ของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลี

ตารางที่ 6 ผลการใส่เหล็ก สังกะสี และเปลือกสับปะรดต่อเส้นรอบวงลำต้นของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลี

ตำรับการทดลอง	เส้นรอบวง (เซนติเมตร)		
	20 วัน [1/]	40 วัน [1/]	60 วัน [1/]
Control	1.6 b	2.9 d	3.3 e
NPK	2.8 a	5.4 c	5.2 cd
Zn + NPK	2.8 a	5.5 bc	4.9 d
$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ + Zn + NPK	2.9 a	6.3 ab	5.6 bc
Fe-DTPA + Zn + NPK	3.3 a	6.4 a	5.8 b
Pineapple peel(6) + NPK	3.1 a	7.0 a	6.2 ab
Pineapple peel(9) + NPK	2.7 a	6.9 a	6.6 a
F-test	**	**	**
CV (%)	11.8	8.0	6.4

หมายเหตุ ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 2 ผลการใส่เหล็ก สังกะสี และเปลือกสับปะรดต่อเส้นรอบวงลำต้น (เซนติเมตร) ของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลี

2.2 ผลการใส่เหล็ก สังกะสี และเปลือกสับปะรดต่อผลผลิตฝักทั้งเปลือกและน้ำหนักตอซังของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลี

2.2.1 ผลผลิตฝักทั้งเปลือกของข้าวโพดหวาน

น้ำหนักผลผลิตฝักสดและฝักแห้งทั้งเปลือกของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลี แสดงอยู่ในตารางที่ 7 และภาพที่ 3 พบว่าข้าวโพดหวานตำรับที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเลยมีผลผลิตน้ำหนักฝักต่ำที่สุด ตำรับที่ได้รับการใส่สังกะสีร่วมกับปุ๋ย NPK ผลผลิตฝักมีแนวโน้มสูงกว่าที่ได้รับการใส่ปุ๋ย NPK ข้าวโพดหวานตำรับที่ได้รับการใส่เหล็กในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ และในรูป Fe-DTPA ร่วมกับสังกะสี และปุ๋ย NPK และที่ได้รับการใส่เปลือกสับปะรดอัตรา 6 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม ร่วมกับปุ๋ย NPK มีน้ำหนักผลผลิตฝักมากกว่าข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่ปุ๋ย NPK เพียงอย่างเดียวอย่างเด่นชัด ข้าวโพดหวานตำรับที่ได้รับการใส่เหล็กในรูป Fe-DTPA และในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ ร่วมกับสังกะสี และปุ๋ย NPK มีน้ำหนักผลผลิตฝักสูงกว่าข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่สังกะสีร่วมกับปุ๋ย NPK ผลผลิตน้ำหนักฝักของข้าวโพดหวานตำรับที่ได้รับการใส่เปลือกสับปะรดร่วมกับปุ๋ย NPK มีแนวโน้มสูงกว่าตำรับที่ได้รับการใส่สังกะสีร่วมกับปุ๋ย NPK

2.2.2 น้ำหนักตอซังของข้าวโพดหวาน

น้ำหนักตอซังสดและตอซังแห้งของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลี แสดงอยู่ในตารางที่ 8 และภาพที่ 4 พบว่าน้ำหนักตอซังของข้าวโพดหวานที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเลยต่ำสุด ตำรับที่ได้รับการใส่ปุ๋ย NPK และที่ได้รับการใส่สังกะสีร่วมกับปุ๋ย NPK มีน้ำหนักตอซังไม่แตกต่างกันทางสถิติ ข้าวโพดหวานตำรับที่ได้รับการใส่เหล็กในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ และในรูป Fe-DTPA ร่วมกับสังกะสีและปุ๋ย NPK และที่ได้รับการใส่เปลือกสับปะรดทั้งอัตรา 6 และ 9 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม ร่วมกับปุ๋ย NPK มีน้ำหนักตอซังมากกว่าข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่สังกะสี ร่วมกับปุ๋ย NPK และที่ได้รับการใส่ปุ๋ย NPK อย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 7 ผลการใส่เหล็ก สังกะสี และเปลือกสับปะรดต่อผลผลิตฝักทั้งเปลือกของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลี

ตำรับการทดลอง	น้ำหนักฝักทั้งเปลือก (กรัมต่อกระถาง)	
	น้ำหนักสด [1/]	น้ำหนักแห้ง [1/]
Control	23.3 d	4.3 e
NPK	108.0 c	24.1 d
Zn + NPK	131.6 bc	29.9 cd
$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ + Zn + NPK	161.7 ab	41.4 b
Fe-DTPA + Zn + NPK	191.2 a	53.9 a
Pineapple peel(6) + NPK	147.6 b	36.0 bc
Pineapple peel(9) + NPK	136.6 bc	26.3 d
F-test	**	**
CV (%)	14	12

หมายเหตุ ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

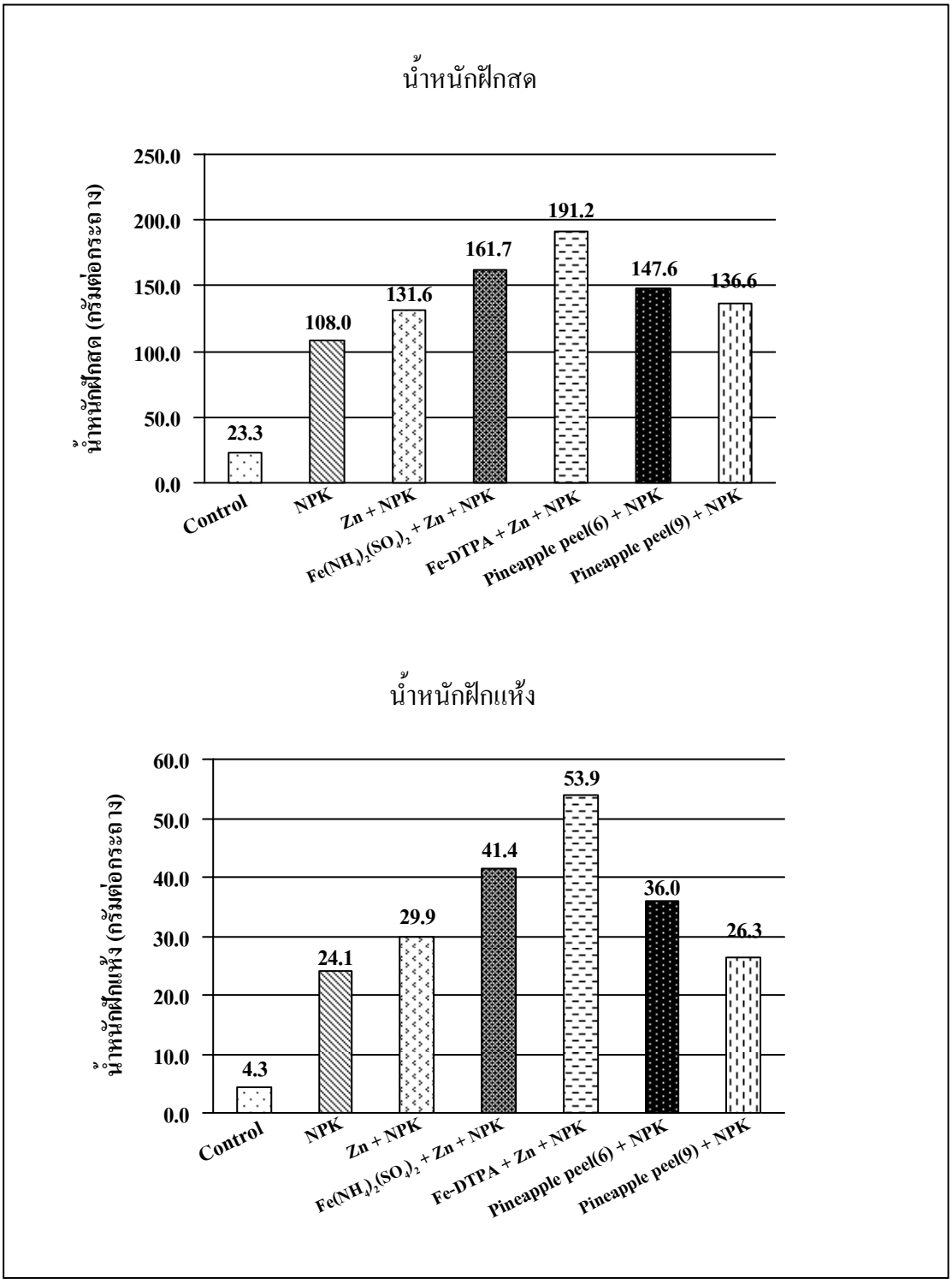
[1/] ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 8 ผลการใส่เหล็ก สังกะสี และเปลือกสับปะรดต่อน้ำหนักตอซังของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลี

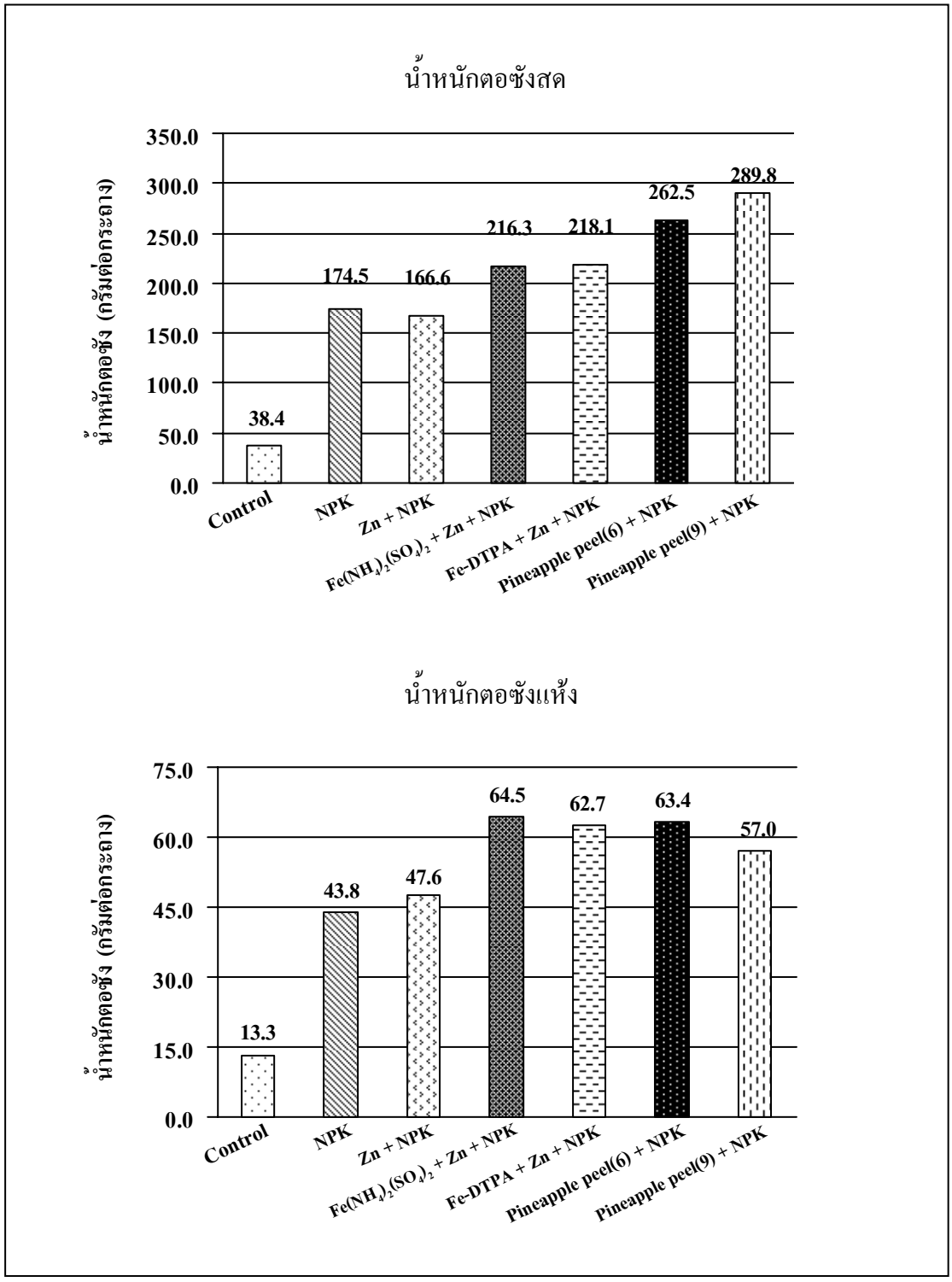
ตำรับการทดลอง	น้ำหนักตอซัง (กรัมต่อกระถาง)	
	น้ำหนักสด [1/]	น้ำหนักแห้ง [1/]
Control	38.4 d	13.3 d
NPK	174.5 c	43.8 c
Zn + NPK	166.8 c	47.6 bc
$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ + Zn + NPK	216.3 b	64.5 a
Fe-DTPA + Zn + NPK	218.1 b	62.7 a
Pineapple peel(6) + NPK	262.5 a	63.4 a
Pineapple peel(9) + NPK	289.8 a	57.0 ab
F-test	**	**
CV (%)	11	13

หมายเหตุ ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 3 ผลการใส่เหล็ก สังกะสี และเปลือกสับปะรดต่อน้ำหนักฝัก (กรัมต่อกระถาง) ของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลี



ภาพที่ 4 ผลการใส่เหล็ก สังกะสี และเปลือกสับปะรดต่อน้ำหนักตอซัง (กรัมต่อกระถาง) ของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลี

2.3 ผลการใส่เหล็ก สังกะสี และเปลือกสับปะรดต่อปริมาณการดูดใช้เหล็ก สังกะสี ของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลี

2.3.1 ปริมาณเหล็กทั้งหมดในข้าวโพดหวาน

ปริมาณเหล็กทั้งหมดในข้าวโพดหวาน แสดงอยู่ในตารางที่ 9 และ ภาพที่ 5 ปริมาณเหล็กทั้งหมดในข้าวโพดหวานชี้ให้เห็นถึงปริมาณการดูดใช้เหล็กของข้าวโพดหวาน พบว่าข้าวโพดหวานที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยมีปริมาณการดูดใช้เหล็กต่ำสุด ข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่เหล็กในรูป Fe-DTPA และในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ ร่วมกับสังกะสีและปุ๋ย NPK มีปริมาณการดูดใช้เหล็กใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกับปริมาณการดูดใช้เหล็กของข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่เปลือกสับปะรดร่วมกับปุ๋ย NPK แต่สูงกว่าตำรับที่ใส่สังกะสีร่วมกับปุ๋ย NPK และตำรับที่ใส่ปุ๋ย NPK เพียงอย่างเดียว ปริมาณการดูดใช้เหล็กของข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่สังกะสีร่วมกับปุ๋ย NPK มีแนวโน้มสูงกว่าปริมาณการดูดใช้เหล็กของข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่ปุ๋ย NPK

2.3.2 ปริมาณสังกะสีทั้งหมดในข้าวโพดหวาน

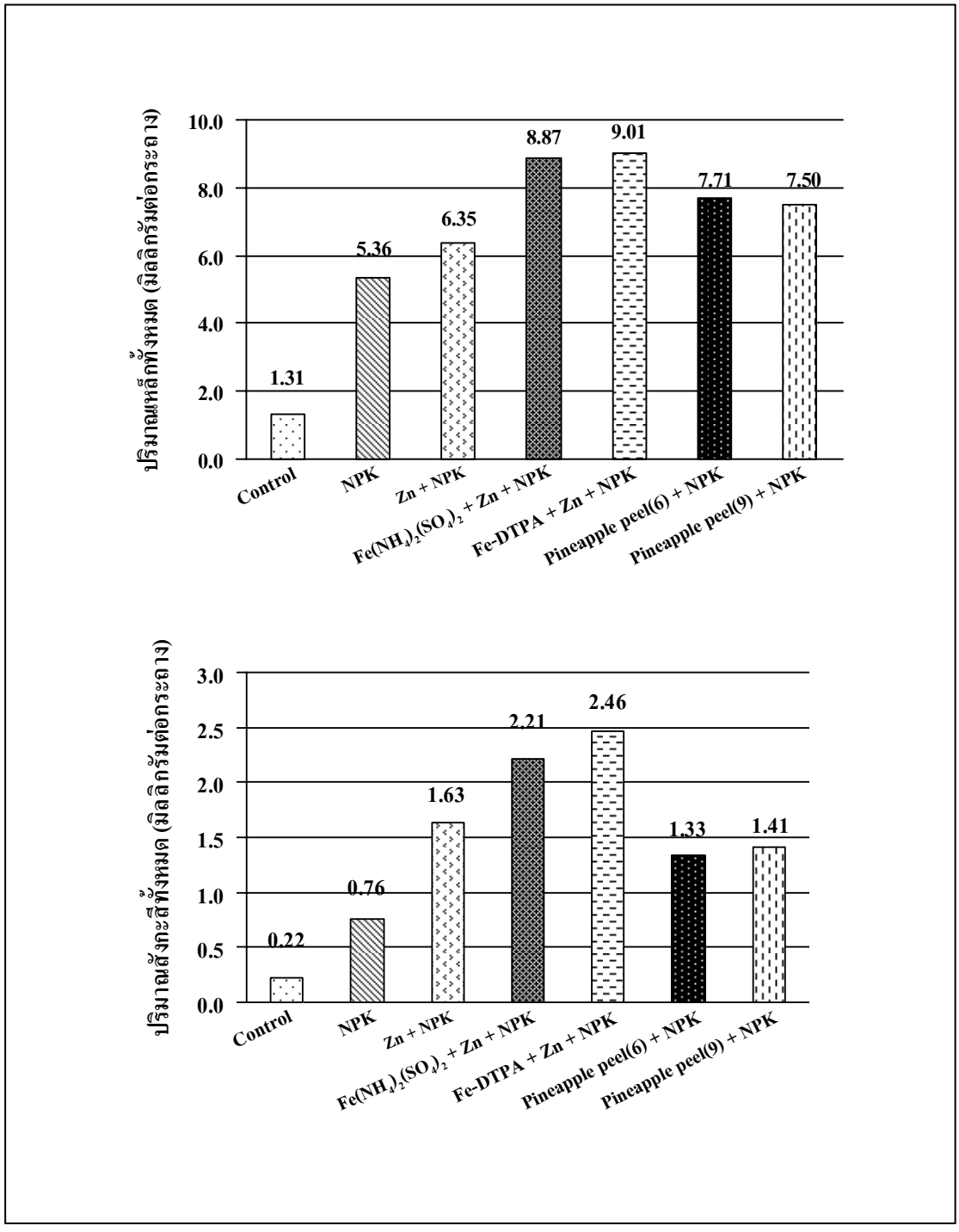
ปริมาณสังกะสีทั้งหมดในข้าวโพดหวาน แสดงอยู่ในตารางที่ 9 และ ภาพที่ 5 ปริมาณสังกะสีทั้งหมดในข้าวโพดหวานชี้ให้เห็นถึงปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดหวาน พบว่าข้าวโพดหวานตำรับที่ได้รับการใส่เหล็กในรูป Fe-DTPA และในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ ร่วมกับสังกะสีและปุ๋ย NPK ดูดใช้สังกะสีได้ใกล้เคียงกันและมากกว่าตำรับอื่นๆ ข้าวโพดหวานที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเลยดูดใช้สังกะสีได้ต่ำสุด ปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่สังกะสีร่วมกับปุ๋ย NPK ใกล้เคียงกับที่ได้รับการใส่เปลือกสับปะรดร่วมกับปุ๋ย NPK และสูงกว่าปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ย NPK อย่างเดียว

ตารางที่ 9 ผลการใส่เหล็ก สังกะสี และเปลือกสับปะรดต่อปริมาณการดูดใช้เหล็ก และสังกะสีของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลี

ตำรับการทดลอง	ปริมาณเหล็กทั้งหมด [1/] (มิลลิกรัมต่อกระถาง)	ปริมาณสังกะสีทั้งหมด [1/] (มิลลิกรัมต่อกระถาง)
Control	1.31 e	0.22 d
NPK	5.36 d	0.76 c
Zn + NPK	6.35 cd	1.63 b
$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ + Zn + NPK	8.87 ab	2.21 a
Fe-DTPA + Zn + NPK	9.01 a	2.46 a
Pineapple peel(6) + NPK	7.71 abc	1.33 b
Pineapple peel(9) + NPK	7.50 bc	1.41 b
F-test	**	**
CV (%)	12	18

หมายเหตุ ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 5 ผลการใส่เหล็ก สังกะสี และเปลือกสับปะรดต่อปริมาณการดูดใช้เหล็ก และสังกะสี ของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลี

2.4 ปริมาณเหล็กและสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในชุดดินตาคลีหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวาน

2.4.1 ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในชุดดินตาคลีหลังเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวานแสดงอยู่ในตารางที่ 10 พบว่าปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวานในตำรับที่ใส่เหล็กทั้งในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ และในรูป Fe-DTPA ร่วมกับสังกะสี และปุ๋ย NPK มีปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินใกล้เคียงกันและมากกว่าตำรับอื่นๆ ในตำรับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยเลย ตำรับที่มีการใส่ปุ๋ย NPK ตำรับที่มีการใส่สังกะสีร่วมกับปุ๋ย NPK และตำรับที่มีการใส่เปลือกสับปะรดอัตรา 6 และ 9 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม ร่วมกับปุ๋ย NPK มีปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

2.4.2 ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในชุดดินตาคลีหลังเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวานแสดงอยู่ในตารางที่ 10 พบว่าปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวานในตำรับที่มีการใส่สังกะสีร่วมกับปุ๋ย NPK ตำรับที่มีการใส่เหล็กทั้งในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ และในรูป Fe-DTPA ร่วมกับสังกะสี และปุ๋ย NPK มีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินใกล้เคียงกันและสูงกว่าตำรับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยเลย ตำรับที่มีการใส่ปุ๋ย NPK และตำรับที่มีการใส่เปลือกสับปะรดอัตรา 6 และ 9 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม ร่วมกับปุ๋ย NPK ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินตำรับที่ใส่เปลือกสับปะรดร่วมกับปุ๋ย NPK มีแนวโน้มสูงกว่าตำรับที่ได้รับการใส่ปุ๋ย NPK และตำรับที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเลย

2.5 ผลการใส่เหล็ก สังกะสีและเปลือกสับปะรดต่อปฏิกิริยาดิน (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในชุดดินตาคลีที่มีการปลูกข้าวโพดหวาน

2.5.1 ปฏิกิริยาดิน (pH) ของดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวานแสดงอยู่ในตารางที่ 11 พบว่าค่า pH ของดินชุดดินตาคลีในตำรับที่ใส่ปุ๋ย NPK ตำรับที่ใส่สังกะสีร่วมกับปุ๋ย NPK ตำรับที่ใส่เหล็กทั้งในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ และในรูป Fe-DTPA ร่วมกับสังกะสี และปุ๋ย NPK ตำรับที่ใส่เปลือกสับปะรดอัตรา 6 และ 9 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม ร่วมกับปุ๋ย NPK และตำรับที่ไม่ใส่ปุ๋ยเลยมีค่าใกล้เคียงกันโดยอยู่ในช่วง 7.9-8.0

2.5.2 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวานแสดงอยู่ในตารางที่ 11 พบว่าค่าการนำไฟฟ้าของชุดดินตาคลีในตำรับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยเลย เท่ากับ 0.16 เดซิซีเมนต์ต่อ

เมตร ในตำรับที่มีการใส่ปุ๋ย NPK ตำรับที่ใส่สังกะสีร่วมกับปุ๋ย NPK ตำรับที่ใส่เหล็กทั้งในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ และในรูป Fe-DTPA ร่วมกับสังกะสี และปุ๋ย NPK ตำรับที่ใส่เปลือกสับปะรดอัตรา 6 และ 9 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม ร่วมกับปุ๋ย NPK มีค่า EC ใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วง 0.19-0.27 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ตารางที่ 10 ปริมาณเหล็กและสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในชุดดินตาคลีหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวาน

ตำรับการทดลอง	เหล็กที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	สังกะสีที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
Control	4.97 b	1.12 b
NPK	6.62 b	1.27 b
Zn + NPK	6.04 b	3.78 a
$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ + Zn + NPK	8.74 a	3.92 a
Fe-DTPA + Zn + NPK	8.98 a	3.48 a
Pineapple peel(6) + NPK	6.70 b	1.67 b
Pineapple peel(9) + NPK	5.25 b	1.60 b
F-test	**	**
CV (%)	17	24

หมายเหตุ ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 11 ผลการใส่เหล็ก สังกะสี และเปลือกสับปะรดต่อปฏิกิริยาดิน (pH) และค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) ในชุดดินตาคลีที่มีการปลูกข้าวโพดหวาน

ตำรับการทดลอง	pH	EC (dSm^{-1})
Control	7.9	0.16
NPK	7.9	0.19
Zn + NPK	8.0	0.20
$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ + Zn + NPK	7.9	0.26
Fe-DTPA + Zn + NPK	7.9	0.21
Pineapple peel(6) + NPK	7.9	0.22
Pineapple peel(9) + NPK	7.9	0.27

3. การทดลองในเรือนทดลอง เพื่อศึกษาผลการใส่เหล็กต่อการเจริญเติบโตและการดูดใช้เหล็กของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินลพบุรี

3.1 ผลการใส่เหล็กต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินลพบุรี

3.1.1 ความสูง

การเจริญเติบโตทางด้านความสูงของข้าวโพดหวานอายุ 20 และ 40 วัน แสดงอยู่ในตารางที่ 12 และภาพที่ 6 พบว่าเมื่ออายุ 20 วัน ข้าวโพดหวานในตำรับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยเลยมีความสูงต่ำที่สุด ในตำรับที่มีการใส่เหล็กในรูป Fe-DTPA ร่วมกับปุ๋ย NPK มีความสูงมากที่สุด ตำรับที่มีการใส่เหล็กในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ ร่วมกับปุ๋ย NPK และตำรับที่มีการใส่ปุ๋ย NPK มีความสูงใกล้เคียงกัน

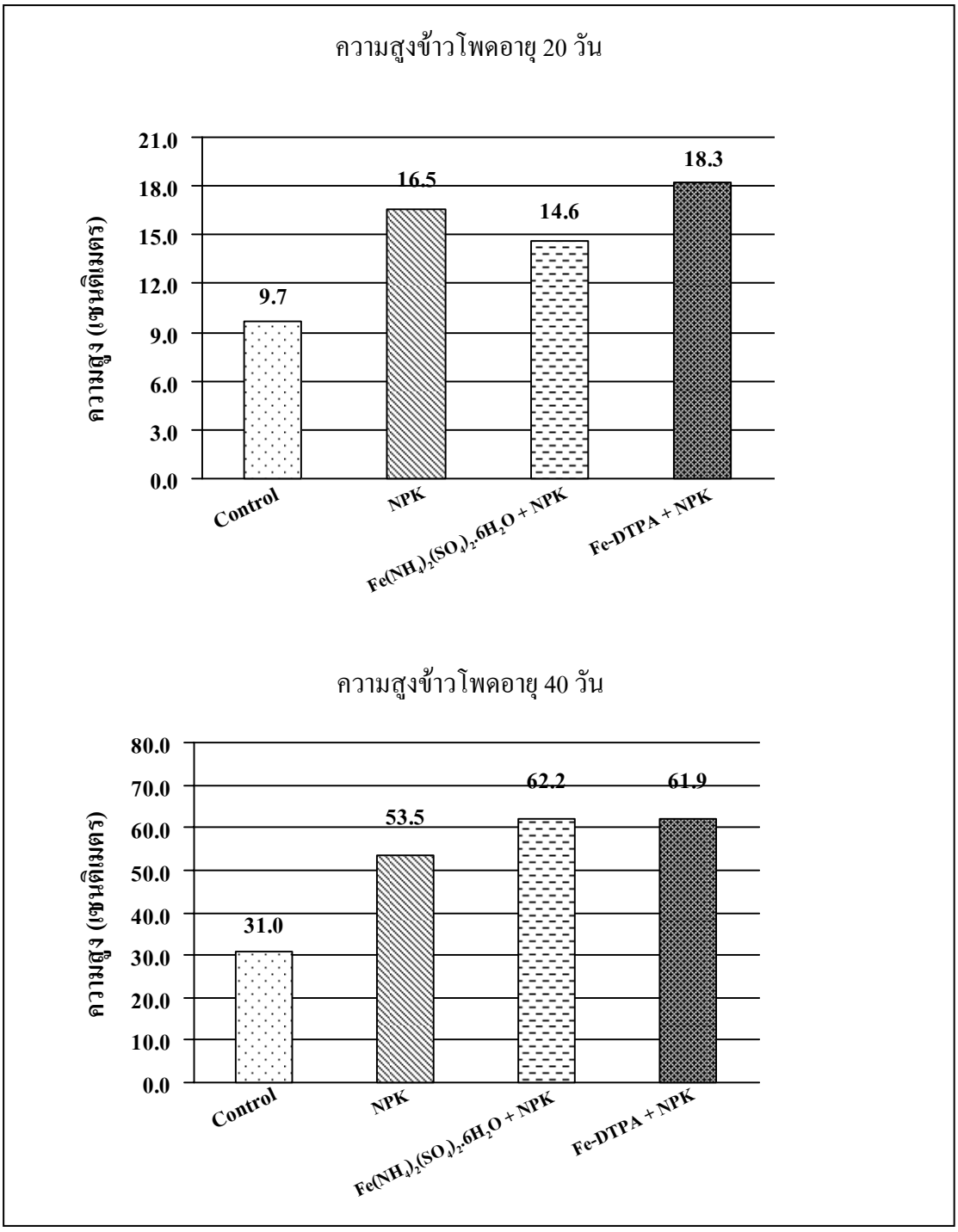
เมื่อข้าวโพดหวานอายุ 40 วัน พบว่าข้าวโพดหวานในตำรับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยเลยมีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงน้อยที่สุด ข้าวโพดหวานตำรับที่มีการใส่เหล็กทั้งในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ และในรูป Fe-DTPA ร่วมกับปุ๋ย NPK มีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงไม่แตกต่างกันทางสถิติและมีแนวโน้มสูงกว่าตำรับที่มีการใส่ปุ๋ย NPK แต่เพียงอย่างเดียว

ตารางที่ 12 ผลการใส่เหล็กต่อความสูงของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินลพบุรี

ตำรับการทดลอง	ความสูงเฉลี่ย (เซนติเมตร)	
	20 วัน [1/]	40 วัน [1/]
Control	9.7 c	31.0 b
NPK	16.5 ab	53.5 a
$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ + NPK	14.6 b	62.2 a
Fe-DTPA + NPK	18.3 a	61.9 a
F-test	**	**
CV (%)	12	10

หมายเหตุ ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 6 ผลการใส่เหล็กต่อความสูง (เซนติเมตร) ของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินลพบุรี

3.1.2 เส้นรอบวงลำต้น

การเจริญเติบโตทางด้านขนาดลำต้นของข้าวโพดหวานที่อายุ 20 และ 40 วัน ประเมินจากเส้นรอบวงลำต้น แสดงในตารางที่ 13 และ ภาพที่ 7 พบว่าเมื่อข้าวโพดหวานอายุ 20 วัน ในตำรับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยเลยมีเส้นรอบวงลำต้นต่ำที่สุด ตำรับที่มีการใส่ปุ๋ย NPK และตำรับที่มีการใส่เหล็กทั้งในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ และ Fe-DTPA ร่วมกับปุ๋ย NPK มีเส้นรอบวงลำต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ

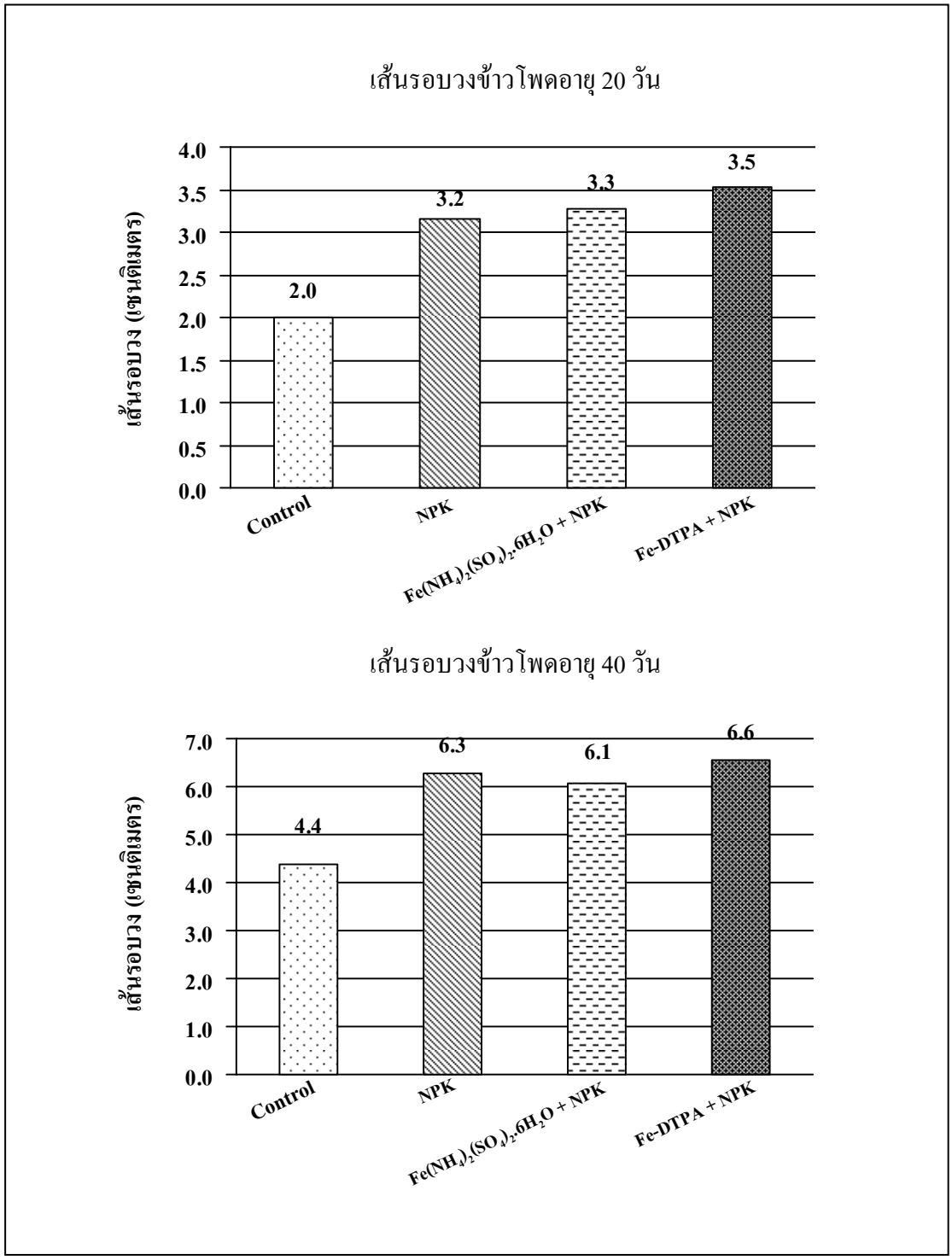
เมื่อข้าวโพดหวานอายุ 40 วัน พบว่าตำรับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยเลยมีเส้นรอบวงลำต้นน้อยที่สุด ตำรับที่มีการใส่ปุ๋ย NPK ตำรับที่มีการใส่เหล็กทั้งในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ และ Fe-DTPA ร่วมกับปุ๋ย NPK มีเส้นรอบวงลำต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตาม ตำรับที่ได้รับการใส่เหล็กในรูป Fe-DTPA ร่วมกับปุ๋ย NPK เส้นรอบวงลำต้นมีแนวโน้มมากกว่าตำรับที่ได้รับการใส่ปุ๋ย NPK เพียงอย่างเดียว

ตารางที่ 13 ผลการใส่เหล็กต่อเส้นรอบวงลำต้นของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินลพบุรี

ตำรับการทดลอง	เส้นรอบวง (เซนติเมตร)	
	20 วัน [1/]	40 วัน [1/]
Control	2.0 b	4.4 b
NPK	3.2 a	6.3 a
$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ + NPK	3.3 a	6.1 a
Fe-DTPA + NPK	3.5 a	6.6 a
F-test	**	**
CV (%)	10	5

หมายเหตุ ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 7 ผลการใส่เหล็กต่อเส้นรอบวงลำต้น (เซนติเมตร) ของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินลพบุรี

3.2 ผลการใส่เหล็กต่อผลผลิตน้ำหนักตอซังของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินลพบุรี

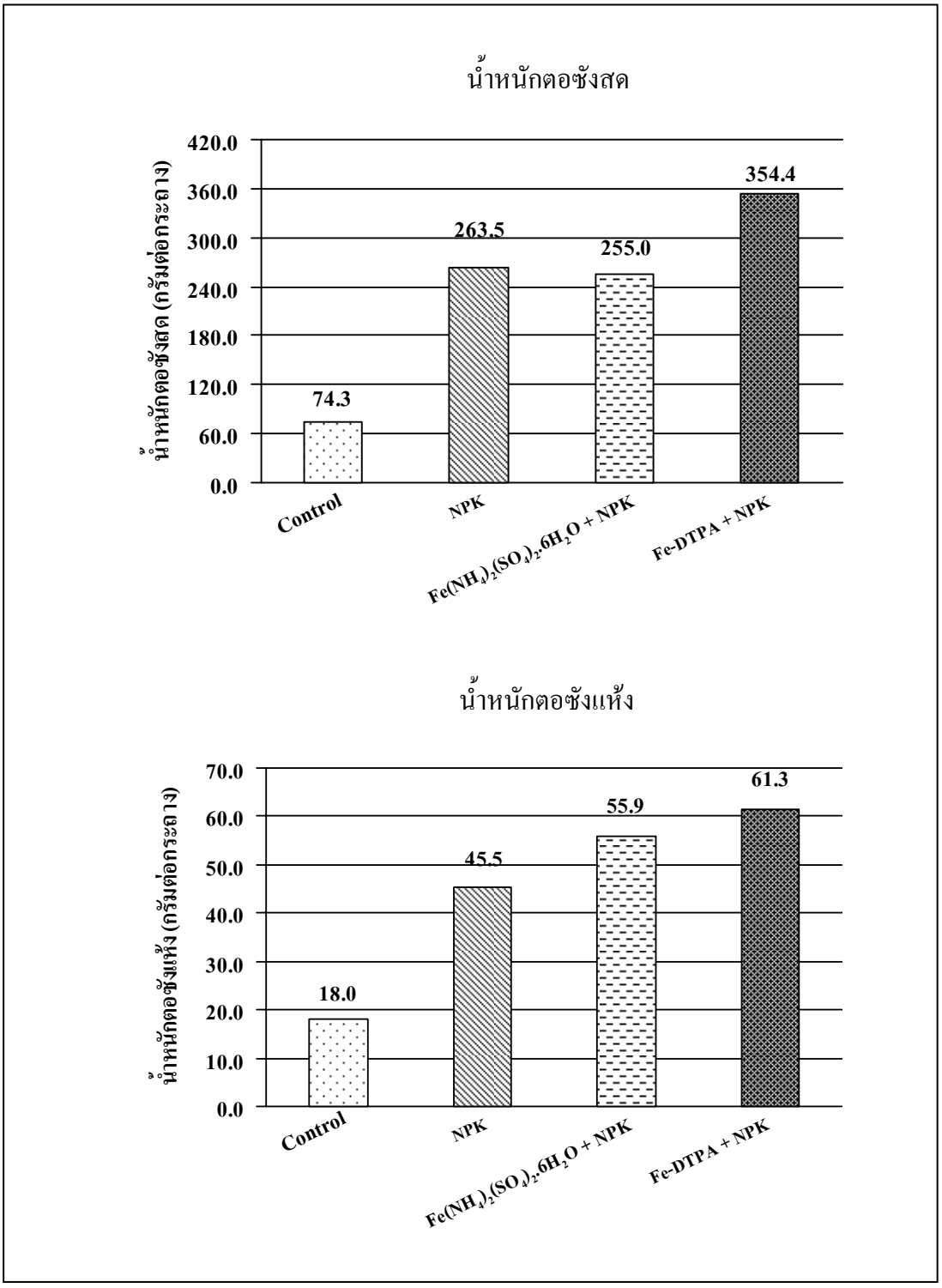
ผลผลิตน้ำหนักตอซังสดและตอซังแห้งของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินลพบุรี แสดงอยู่ในตารางที่ 14 และ ภาพที่ 8 พบว่าตำรับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยเลยมีผลผลิตน้ำหนักตอซังต่ำที่สุด เมื่อมีการใส่ปุ๋ย NPK ผลผลิตน้ำหนักตอซังจะเพิ่มขึ้นสูงกว่าที่ไม่ใส่ปุ๋ยเลยอย่างเด่นชัด ตำรับที่มีการใส่เหล็กในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ ร่วมกับปุ๋ย NPK ตำรับที่มีการใส่เหล็กในรูป Fe-DTPA ร่วมกับปุ๋ย NPK ข้าวโพดหวานมีผลผลิตน้ำหนักตอซังไม่แตกต่างกันและสูงกว่าข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่ปุ๋ย NPK แต่เพียงอย่างเดียวอย่างเด่นชัด

ตารางที่ 14 ผลการใส่เหล็กต่อน้ำหนักตอซังของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินลพบุรี

ตำรับการทดลอง	น้ำหนักตอซัง (กรัมต่อกระถาง)	
	น้ำหนักสด [1/]	น้ำหนักแห้ง [1/]
Control	74.3 c	18.0 c
NPK	263.5 b	45.5 b
$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ + NPK	255.0 b	55.9 a
Fe-DTPA + NPK	354.4 a	61.3 a
F-test	**	**
CV (%)	10	9

หมายเหตุ ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 8 ผลการใส่เหล็กต่อน้ำหนักตอซัง (กรัมต่อกระถาง) ของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินลพบุรี

3.3 ผลการใส่เหล็กต่อปริมาณการดูดใช้เหล็กของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินลพบุรี

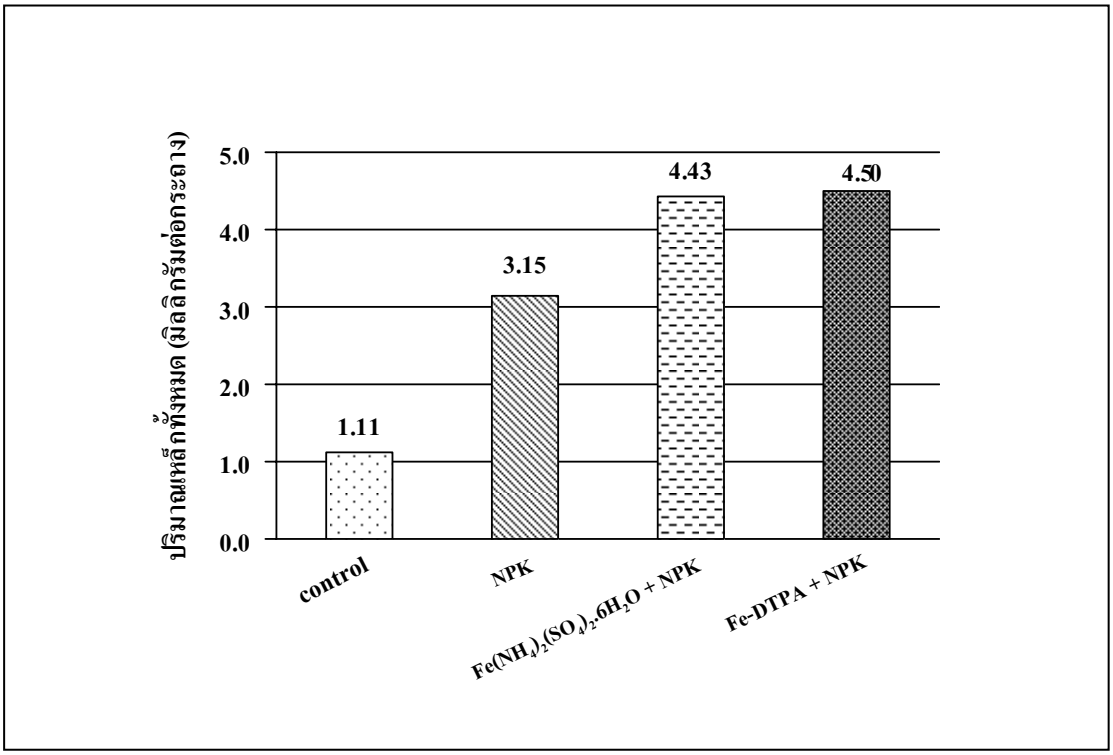
ปริมาณเหล็กทั้งหมดในข้าวโพดหวาน แสดงอยู่ในตารางที่ 15 และภาพที่ 9 ปริมาณเหล็กทั้งหมดในข้าวโพดหวานชี้ให้เห็นถึงปริมาณการดูดใช้เหล็กของข้าวโพดหวาน พบว่าข้าวโพดหวานที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยมีปริมาณการดูดใช้เหล็กต่ำสุด ข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่เหล็กในรูป Fe-DTPA และในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ ร่วมกับปุ๋ย NPK มีปริมาณการดูดใช้เหล็กใกล้เคียงกัน และสูงกว่าข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่ปุ๋ย NPKเพียงอย่างเดียว อย่างเด่นชัด

ตารางที่ 15 ผลการใส่เหล็กต่อปริมาณการดูดใช้เหล็กของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินลพบุรี

ตำรับการทดลอง	ปริมาณเหล็กทั้งหมด [1/] (มิลลิกรัมต่อกระถาง)
Control	1.11 c
NPK	3.15 b
$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ + NPK	4.43 a
Fe-DTPA + NPK	4.50 a
F-test	**
CV (%)	12

หมายเหตุ ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 9 ผลการใส่เหล็กต่อปริมาณการดูดใช้เหล็กของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินลพบุรี

3.4 ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในชุดดินลพบุรีหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวาน

ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินหลังเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวานแสดงอยู่ในตารางที่ 16 พบว่าดินในตำรับที่มีการใส่เหล็กในรูป Fe-DTPA ร่วมกับปุ๋ย NPK มีปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์มากที่สุด ส่วนดินตำรับที่มีการใส่เหล็กในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ ร่วมกับปุ๋ย NPK ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินมีแนวโน้มสูงกว่าในตำรับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย และตำรับที่มีการใส่ปุ๋ย NPK

3.5 ผลการใส่เหล็กต่อปฏิกิริยาดิน (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในชุดดินลพบุรีที่มีการปลูกข้าวโพดหวาน

3.5.1 ปฏิกิริยาดิน (pH) ของดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวานแสดงอยู่ในตารางที่ 17 พบว่า pH ของดินชุดดินลพบุรีในตำรับที่ใส่ปุ๋ย NPK ตำรับที่ใส่เหล็กทั้งในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ และในรูป Fe-DTPA ร่วมกับปุ๋ย NPK และตำรับที่ไม่ใส่ปุ๋ยเลยใกล้เคียงกัน โดยอยู่ในช่วง 7.7-7.9

3.5.2 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวานแสดงอยู่ในตารางที่17 พบว่าค่าการนำไฟฟ้าของชุดดินลพบุรีในตำรับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยเลยมีค่า 0.16 เดซิซีเมนต์ต่อเมตรในตำรับที่มีการใส่ปุ๋ย NPK ตำรับที่ใส่เหล็กทั้งในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ และในรูป Fe-DTPA ร่วมกับปุ๋ย NPK มีค่าใกล้เคียงกันโดยอยู่ในช่วง 0.34-0.57 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ตารางที่ 16 ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในชุดดินลพบุรีหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวาน

ตำรับการทดลอง	ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
Control	5.59 b
NPK	5.08 b
$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ + NPK	6.23 b
Fe-DTPA + NPK	9.39 a
F-test	**
CV (%)	15

หมายเหตุ ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 17 ผลการใส่เหล็กต่อปฏิกิริยาดิน (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในชุดดินลพบุรีที่มีการปลูกข้าวโพดหวาน

ตำรับการทดลอง	pH	EC (dSm^{-1})
Control	7.9	0.16
NPK	7.7	0.34
$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ + NPK	7.9	0.57
Fe-DTPA + NPK	7.8	0.53

วิจารณ์

1. สมบัติของดินเนื้อปูนชุดดินตาคลี และชุดดินลพบุรี และเปลือกสับปะรดที่นำมาศึกษา

ดินเนื้อปูนชุดดินตาคลีที่นำมาศึกษามีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว (clay loam) pH 7.8 ปริมาณอินทรียวัตถุในดินค่อนข้างสูง เท่ากับ 34 กรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำมาก เท่ากับ 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์สูง เท่ากับ 90, 1300 และ 220 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973) สอดคล้องกับผลการศึกษาของชนิษฎา (2548) อนึ่งเป็นที่น่าสังเกตว่าชุดดินตาคลีเนื้อดินมีก้อนหินปูนผสมอยู่ จึงน่าจะมีผลทำให้ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินสูง และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำมาก เมื่อพิจารณาปริมาณจุลธาตุอาหารในชุดดินตาคลี (ตารางที่ 2) พบว่ามีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ค่อนข้างต่ำ เท่ากับ 0.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ต่ำมาก เท่ากับ 1.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีปริมาณแมงกานีสและทองแดงที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับพอเพียง เท่ากับ 71 และ 0.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (Martens and Lindsay, 1990) สำหรับชุดดินลพบุรีที่นำมาศึกษาพบว่ามีเนื้อดินเป็นดินเหนียว (clay) pH 7.6 ปริมาณอินทรียวัตถุในดินอยู่ในระดับปานกลาง เท่ากับ 20 กรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียมและแคลเซียมที่เป็นประโยชน์สูงมาก เท่ากับ 48, 228 และ 12,852 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับปริมาณแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์สูง เท่ากับ 444 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973) มีปริมาณสังกะสี แมงกานีสและทองแดงในระดับที่พอเพียง เท่ากับ 1, 3 และ 0.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ต่ำ เท่ากับ 2.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Martens and Lindsay, 1990) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของจำเป็น (2535) และ ชนิดา (2546)

เปลือกสับปะรดที่นำมาศึกษาพบว่ามีปฏิกิริยาเป็นกรด pH เท่ากับ 4.2 สอดคล้องกับรายงานของ Tran *et al*. (1998) ส่วนธาตุอาหารพืชในเปลือกสับปะรดพบว่ามีธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก สังกะสี แมงกานีส และทองแดงในปริมาณที่ต่ำ

2. ผลการใส่เหล็ก สังกะสี และเปลือกสับปะรดต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลี

จากการศึกษาพบว่าข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลีที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเลยมีการเจริญเติบโตทั้งด้านความสูงและขนาดลำต้น น้ำหนักแห้งตอซังและผลผลิตฝักต่ำสุด (ตารางที่ 5 และ 6, ภาพที่ 1 และ 2) ข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่สังกะสีร่วมกับปุ๋ย NPK มีแนวโน้มมีการเจริญเติบโต น้ำหนักตอซัง ผลผลิตน้ำหนักฝักสูงกว่าที่ได้รับการใส่ปุ๋ย NPK แต่เพียงอย่างเดียว ข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่เหล็กทั้งในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ และในรูป Fe-DTPA ร่วมกับสังกะสีและปุ๋ย NPK มีการเจริญเติบโต น้ำหนักตอซัง และผลผลิตน้ำหนักฝักสูงกว่าตำรับที่ใส่ปุ๋ย NPK อย่างเดียว และที่ใส่สังกะสีร่วมกับปุ๋ย NPK ผลการทดลองดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลีที่นำมาศึกษา นอกจากจะขาดธาตุอาหารหลักแล้วยังขาดจุลธาตุอาหารด้วย โดยเฉพาะการขาดเหล็กจะเด่นชัดส่วนธาตุสังกะสีมีแนวโน้มที่จะขาด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ปรีดา และคณะ(2532); ไพโรจน์ และคณะ (2548) และ จิราณี (2548) รวมทั้งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ดินที่พบว่าชุดดินตาคลีที่นำมาศึกษามีปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ต่ำมากและมีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ค่อนข้างต่ำ (ตารางที่ 2) ในการแก้ไขการขาดเหล็กดังกล่าวอาจใส่เหล็กในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ หรือในรูป Fe-DTPA ซึ่งข้าวโพดหวานจะตอบสนองโดยมีการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตจะเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด อนึ่งการศึกษาของ Godsey *et al*. (2003) ก็พบว่าข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนมักจะแสดงอาการขาดเหล็กเช่นกัน และ Shenker and Chen (2005) รายงานว่าการเพิ่มเหล็กและสังกะสีให้กับข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนจะทำให้ข้าวโพดมีการเจริญเติบโต และมีผลผลิตเพิ่มสูงขึ้น

ผลการศึกษายังพบว่าการใส่เปลือกสับปะรดร่วมกับปุ๋ย NPK มีผลทำให้การเจริญเติบโต น้ำหนักตอซังและผลผลิตน้ำหนักฝักข้าวโพดหวานสูงกว่าที่ได้รับการใส่ปุ๋ย NPK แต่เพียงอย่างเดียว และมีแนวโน้มสูงกว่าที่ได้รับการใส่สังกะสีร่วมกับปุ๋ย NPK ข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่เปลือกสับปะรดอัตรา 6 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัมร่วมกับปุ๋ย NPK มีผลผลิตฝักไม่แตกต่างกับข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่เหล็กในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ ร่วมกับสังกะสีและปุ๋ย NPK แสดงว่าการใส่เปลือกสับปะรดจะช่วยแก้การขาดเหล็กรวมทั้งสังกะสีของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลีได้ทั้งนี้คงเป็นเพราะเปลือกสับปะรดซึ่งเป็นอินทรียวัตถุอาจเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับเหล็กและสังกะสีและลดอิทธิพลของ $CaCO_3$ ที่มีผลต่อความเป็นประโยชน์ของเหล็กและสังกะสีลงได้ (Rending and Taylor, 1989) อีกทั้งเปลือกสับปะรดมีสมบัติเป็นกรดประกอบไปด้วยกรดอินทรีย์ ซึ่งกรดอินทรีย์น่าจะมีผลต่อการละลายได้ของเหล็กและสังกะสีที่มีในดินทำให้ความเป็น

ประโยชน์ของเหล็กและสังกะสีในดินเพิ่มขึ้น ส่งผลให้การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Aly and Soliman (1998) ซึ่งพบว่ากรดอินทรีย์สามารถแก้ไขการขาดเหล็กของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อปูนได้ ทำให้ถั่วลิสงมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น และการศึกษาของ จำเป็น(2535) ที่พบว่าการใส่ฮิวมัสจากโรงงานผงชูรสซึ่งมีสมบัติเป็นกรดอัตรา 7.5 และ 15 กรัมต่อดิน 3 กิโลกรัมในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลีมีผลทำให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งของข้าวโพดเพิ่มขึ้น

3. ผลการใส่เหล็ก สังกะสี และเปลือกสับปะรดต่อปริมาณเหล็กและสังกะสีทั้งหมดในข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลี

ปริมาณการดูดใช้เหล็กและสังกะสีของข้าวโพดหวานชี้ให้เห็นถึงความเป็นประโยชน์ของเหล็กและสังกะสีในดินที่ปลูกข้าวโพดหวาน (Prasad and Power, 1997) จากผลการศึกษาพบว่าข้าวโพดหวานที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเลยมีปริมาณการดูดใช้เหล็กต่ำสุด ข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่ปุ๋ย NPK เพียงอย่างเดียว และที่ได้รับการใส่สังกะสีร่วมกับปุ๋ย NPK มีปริมาณการดูดใช้เหล็กไม่แตกต่างกันทางสถิติ ข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่เหล็กในรูป Fe-DTPA และในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ ร่วมกับสังกะสีและปุ๋ย NPK มีปริมาณการดูดใช้เหล็กใกล้เคียงกันและสูงกว่าตำรับที่ใส่ปุ๋ย NPK และตำรับที่ใส่สังกะสีร่วมกับปุ๋ย NPK แต่ไม่แตกต่างกับปริมาณการดูดใช้เหล็กของข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่เปลือกสับปะรดร่วมกับปุ๋ย NPK (ตารางที่ 9 และ ภาพที่ 5) แสดงว่าการใส่เหล็กทั้งในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ และ Fe-DTPA จะมีผลทำให้ความเป็นประโยชน์ของเหล็กในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลีเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินดังกล่าวดูดใช้เหล็กได้เพิ่มมากขึ้น สูงกว่าที่ใส่ปุ๋ย NPK และที่ใส่สังกะสีร่วมกับปุ๋ย NPK อนึ่งการใส่เปลือกสับปะรดซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งอินทรีย์ที่มีสมบัติเป็นกรด น่าจะมีผลในการเพิ่มความเป็นประโยชน์ของเหล็กในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลีได้ จึงทำให้ปริมาณการดูดใช้เหล็กของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลีที่ได้รับการใส่เปลือกสับปะรดเพิ่มขึ้นเช่นกัน

ผลการศึกษายังพบว่าข้าวโพดหวานที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเลยดูดใช้สังกะสีได้ต่ำสุด ข้าวโพดหวานตำรับที่ได้รับการใส่เหล็กในรูป Fe-DTPA และในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ ร่วมกับสังกะสีและปุ๋ย NPK ดูดใช้สังกะสีได้ใกล้เคียงกันและมากกว่าตำรับอื่นๆ ปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่สังกะสีร่วมกับปุ๋ย NPK ใกล้เคียงกับที่ได้รับการใส่เปลือกสับปะรดร่วมกับปุ๋ย NPK และสูงกว่าปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่ปุ๋ย NPK เพียงอย่างเดียว แสดงว่าการใส่สังกะสีและการใส่เปลือกสับปะรดซึ่งมีสมบัติเป็นกรดจะช่วยเพิ่ม

ความเป็นประโยชน์ของสังกะสีในดินชุดดินตาคลี จึงส่งผลให้ข้าวโพดหวานดูดใช้สังกะสีได้มากขึ้นสูงกว่าที่ใส่ปุ๋ย NPK การใส่เหล็กทั้งในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ และ Fe-DTPA ร่วมกับสังกะสีและปุ๋ย NPK จะส่งเสริมให้ข้าวโพดหวานดูดใช้สังกะสีได้เพิ่มขึ้นสูงกว่าที่มีการใส่สังกะสีและปุ๋ย NPK ผลการทดลองดังกล่าวข้างต้นสอดคล้องกับการทดลองของ Goos et al. (2000) และ Prasad and Sinha (1981) ที่รายงานว่า การใส่สังกะสีให้กับข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนทำให้การดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดเพิ่มขึ้น

4. ผลการใส่เหล็กต่อผลผลิตและการดูดใช้เหล็กของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินลพบุรี

จากการศึกษาพบว่าผลผลิตน้ำหนักแห้งของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินลพบุรีที่ได้รับการใส่เหล็กในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ และในรูป Fe-DTPA ร่วมกับปุ๋ย NPK ไม่แตกต่างกันและสูงกว่าข้าวโพดหวานที่ใส่ปุ๋ย NPK เพียงอย่างเดียว และที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยเลยอย่างเด่นชัด (ตารางที่ 14 และ ภาพที่ 8) ผลผลิตน้ำหนักแห้งของข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่ปุ๋ย NPK สูงกว่าที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเลย ผลการศึกษาดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินลพบุรี นอกจากจะขาดธาตุอาหารหลักแล้วยังขาดเหล็กซึ่งเป็นจุลธาตุอาหารด้วย เมื่อมีการใส่เหล็กในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ และในรูป Fe-DTPA ร่วมกับปุ๋ย NPK ข้าวโพดหวานจึงตอบสนองโดยผลผลิตน้ำหนักตอซังของข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัดเมื่อเทียบกับตำรับที่มีการใส่ปุ๋ย NPK เพียงอย่างเดียว พบว่าปริมาณการดูดใช้เหล็กของข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่เหล็กในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ และในรูป Fe-DTPA ร่วมกับปุ๋ย NPK สูงกว่าข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่ปุ๋ย NPK เพียงอย่างเดียว (ตารางที่ 15 และ ภาพที่ 9) แสดงว่าการใส่เหล็กทั้งในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ และในรูป Fe-DTPA ร่วมกับปุ๋ย NPK จะช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของเหล็กในดินเนื้อปูนชุดดินลพบุรี ส่งผลให้ข้าวโพดหวานดูดใช้เหล็กได้เพิ่มขึ้นมากกว่าที่ได้รับการใส่ปุ๋ย NPK แต่เพียงอย่างเดียว ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลีดังกล่าวข้างต้น

5. ผลการใส่เหล็ก สังกะสี และเปลือกสับปะรดต่อปริมาณเหล็กและสังกะสีที่เป็นประโยชน์ ปฏิกิริยาดิน (pH) และค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) ชุดดินตาคลีที่มีการปลูกข้าวโพดหวาน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณเหล็กและสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในชุดดินตาคลีหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวาน (ตารางที่ 10) ชี้ให้เห็นว่าปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินที่ได้มีการใส่เหล็กทั้งในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ และในรูป Fe-DTPA จะเพิ่มขึ้นสูงกว่าที่ไม่ได้มีการใส่เหล็ก

และปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินที่ได้มีการใส่สังกะสีสูงกว่าที่ไม่ได้มีการใส่สังกะสีเช่นกัน แสดงว่าการใส่เหล็กในรูปดังกล่าวและการใส่สังกะสีให้กับข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลีหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวานจะพบว่า มีเหล็กและสังกะสีตกค้างอยู่ในดินซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อข้าวโพดหวานหรือพืชที่ปลูกต่อไป สอดคล้องกับการศึกษาของ Goos *et al.* (2000) ซึ่งรายงานว่า การใส่สังกะสีให้กับข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนพบว่ามีสังกะสีตกค้างอยู่ในดิน และ Xian and Qing-Sheng (2006) รายงานว่าการใส่เหล็กให้กับข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูน พบว่า มีเหล็กตกค้างอยู่ในดินเช่นกัน

ผลการวิเคราะห์ปฏิกิริยาดิน (pH) และค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) ชุดดินตาคลีหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวาน (ตารางที่ 11) ชี้ให้เห็นว่าการใส่เหล็กในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ และในรูป Fe-DTPA การใส่สังกะสีและการใส่เปลือกสับปะรดไม่มีผลทำให้ pH และ EC ของดินชุดดินตาคลีที่มีการปลูกข้าวโพดหวานเปลี่ยนแปลงมากนัก การใส่เปลือกสับปะรดซึ่งมีสมบัติเป็นกรดไม่ทำให้ดินหลังปลูกข้าวโพดหวานมีปฏิกิริยาเป็นกรดหรือ pH ของดินเปลี่ยนแปลงมากนักทั้งนี้อาจเนื่องจาก เมื่อเปลือกสับปะรดซึ่งเป็นวัสดุอินทรีย์ย่อยสลายและมีการผลิตกรดอินทรีย์ออกมา (Asghar and Kanehiro, 1976) ซึ่งทำให้ความเป็นประโยชน์ของเหล็กและสังกะสีในดินต่อข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ข้าวโพดหวานมีการเจริญเติบโตและผลผลิตเพิ่มขึ้นแต่เมื่อเวลาผ่านไป กรดอินทรีย์เหล่านี้จะสลายตัวไป จึงไม่มีผลทำให้พบว่า pH ของดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวานลดลง อีกทั้งดินเนื้อปูนชุดดินตาคลีมีความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลง pH สูงเนื่องจากมีความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูงด้วย (Brady and Weil, 1999)

6. ผลการใส่เหล็กต่อปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ ปฏิกิริยาดิน (pH) และค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) ชุดดินลพบุรีที่มีการปลูกข้าวโพดหวาน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในชุดดินลพบุรีหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวาน (ตารางที่ 16) ชี้ให้เห็นว่า ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินที่ได้มีการใส่เหล็กในรูป Fe-DTPA เพิ่มขึ้น และในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นสูงกว่าที่ไม่ได้มีการใส่เหล็ก แสดงว่า การใส่เหล็กในรูปดังกล่าวให้กับข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินลพบุรีหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวานจะมีเหล็กตกค้างซึ่งน่าจะเป็นประโยชน์กับข้าวโพดหวานหรือพืชที่ปลูกในฤดูถัดไปได้ ส่วนผลการวิเคราะห์ปฏิกิริยาดิน (pH) และค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) ชุดดินลพบุรีหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวาน (ตารางที่ 17) ชี้ให้เห็นว่าการใส่เหล็กในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ และใน

รูป Fe-DTPA ไม่มีผลทำให้ pH และ EC ของดินชุดดินลพบุรีที่ปลูกข้าวโพดหวานเปลี่ยนแปลงมากนัก ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลีดังกล่าวข้างต้น

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาผลการใส่เหล็ก สังกะสี และวัสดุอินทรีย์ (เปลือกสับปะรด) ต่อความเป็นประโยชน์ของเหล็ก สังกะสี และผลผลิตของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลี และชุดดินลพบุรี สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. ชุดดินตาคลีที่นำมาศึกษามีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว (clay loam) pH 7.8 มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินค่อนข้างสูง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำมาก ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์สูง ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ค่อนข้างต่ำ ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ต่ำมาก มีปริมาณแมงกานีสและทองแดงที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 71 และ 0.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ ชุดดินลพบุรีที่นำมาศึกษามีเนื้อดินเป็นดินเหนียว (clay) pH 7.6 มีปริมาณอินทรียวัตถุปานกลาง ปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียมที่เป็นประโยชน์สูงมาก มีปริมาณแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์สูง ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ต่ำมาก มีปริมาณสังกะสี แมงกานีส และทองแดงที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 1, 3 และ 0.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ

2. เปลือกสับปะรดมีปฏิกิริยาเป็นกรด pH 4.2 มีปริมาณธาตุอาหารพืชเป็นองค์ประกอบต่ำ โดยมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมเท่ากับ 0.74, 0.23, 1.84, 0.51 และ 0.04 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ มีปริมาณสังกะสี แมงกานีส เหล็กและทองแดง เท่ากับ 8.6, 79, 126 และ 1.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ

3. ข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลีขาดเหล็กและมีแนวโน้มขาดสังกะสี เมื่อมีการใส่สังกะสีร่วมกับปุ๋ย NPK ข้าวโพดหวานจะมีปริมาณการดูดใช้สังกะสีเพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มมีการเจริญเติบโต การให้ผลผลิตฝักและน้ำหนักตอซังเพิ่มขึ้นสูงกว่าที่ใส่ปุ๋ย NPK แต่เพียงอย่างเดียวและเมื่อมีการใส่เหล็กทั้งในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ และในรูป Fe-DTPA ร่วมกับสังกะสีและปุ๋ย NPK จะมีผลทำให้ปริมาณการดูดใช้เหล็กและสังกะสี การเจริญเติบโต ผลผลิตฝัก น้ำหนักตอซังของข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้นสูงกว่าที่ใส่ปุ๋ย NPK และที่ใส่สังกะสีร่วมกับปุ๋ย NPK อย่างเด่นชัด การใส่เหล็กทั้งในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ และในรูป Fe-DTPA ให้กับข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลีจะช่วยแก้ไขการขาดเหล็กของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลีได้

4. การใส่เปลือกสับปะรดร่วมกับปุ๋ย NPK ให้กับข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลี มีผลทำให้การเจริญเติบโต ผลผลิตฝัก น้ำหนักตอซังและปริมาณการดูดใช้เหล็กและสังกะสีของข้าวโพด

หวานสูงกว่าที่มีการใส่ปุ๋ย NPK อย่างเด่นชัดและมีแนวโน้มมีปริมาณการดูดใช้เหล็กและผลผลิตฝักสูงกว่าข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่สังกะสีร่วมกับปุ๋ย NPK แต่ไม่แตกต่างกับข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่เหล็กร่วมกับสังกะสีและปุ๋ย NPK ยกเว้นข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่เหล็กในรูป Fe-DTPA ร่วมกับสังกะสีและปุ๋ย NPK มีผลผลิตฝักสูงกว่าข้าวโพดหวานที่ใส่เปลือกสับปะรดร่วมกับปุ๋ย NPK ปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่เปลือกสับปะรดร่วมกับปุ๋ย NPK ใกล้เคียงกับที่ได้รับการใส่สังกะสีร่วมกับปุ๋ย NPK แสดงว่า การใส่เปลือกสับปะรดจะช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของเหล็กและสังกะสีในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลีและแก้การขาดเหล็กและสังกะสีของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลีได้

5. ข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินลพบุรีขาดเหล็ก การใส่เหล็กทั้งในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ และในรูป Fe-DTPA ร่วมกับปุ๋ย NPK ให้กับข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินลพบุรีมีผลทำให้การเจริญเติบโต ผลผลิตน้ำหนักตอซัง และปริมาณการดูดใช้เหล็กของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินลพบุรีเพิ่มขึ้นสูงกว่าที่ใส่ปุ๋ย NPK อย่างเด่นชัด

6. การใส่เหล็กทั้งในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ และในรูป Fe-DTPA ให้กับข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลีและชุดดินลพบุรีพบว่าจะมีเหล็กที่เป็นประโยชน์ตกค้างในดินหลังเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวาน ซึ่งน่าจะเป็นประโยชน์กับข้าวโพดหวานหรือพืชที่ปลูกต่อไปได้

7. การใส่สังกะสีให้กับข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลีพบว่าจะมีสังกะสีตกค้างในดินหลังเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวาน ซึ่งน่าจะเป็นประโยชน์กับข้าวโพดหวานหรือพืชที่ปลูกต่อไปได้

8. ควรมีการศึกษาต่อโดยศึกษาในสภาพไร่นารวมทั้งศึกษาระยะเวลาของผลตกค้างของเหล็กที่ใส่ในรูป $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ และในรูป Fe-DTPA ต่อข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลีและชุดดินลพบุรีและผลตกค้างของสังกะสีที่ใส่ต่อข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลีด้วย

9. ควรมีการศึกษาการใช้เปลือกสับปะรดในการแก้ไขปัญหาการขาดเหล็กและสังกะสีของพืชอื่นๆ ที่ปลูกในดินเนื้อปูนต่อไป

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2548ก. **รายงานการจัดการทรัพยากรดินเพื่อการปลูกพืชเศรษฐกิจหลักตามกลุ่มชุดดิน เล่มที่ 1 ดินบนพื้นที่ราบต่ำ.** กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

_____. 2548ข. **รายงานการจัดการทรัพยากรดินเพื่อการปลูกพืชเศรษฐกิจหลักตามกลุ่มชุดดิน เล่มที่ 2 ดินบนพื้นที่ดอน.** กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. 2543. **ลักษณะอาการขาดธาตุอาหารของพืช.** ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

_____. 2549ก. **การผลิตข้าวโพดหวาน.** ฐานความรู้ด้านพืชกรมวิชาการเกษตร. แหล่งที่มา: http://www.doa.go.th, 7 พฤศจิกายน 2549.

_____. 2549ข. **ข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2.** ฐานความรู้ด้านพืชกรมวิชาการเกษตร. แหล่งที่มา: http://www.doa.go.th, 7 พฤศจิกายน 2549.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2549ก. **ข้อมูลเนื้อที่เพาะปลูก.** ระบบสารสนเทศการผลิตทางด้านการเกษตร. แหล่งที่มา: http://production.doae.go.th, 8 พฤศจิกายน 2549.

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

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

กิจจา โกสะโยดม. 2529. **สมบัติทางเคมีและแร่วิทยาของดินอันดับเวอร์ติโซลส์ในจังหวัดลพบุรี.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น.** ครั้งที่ 8. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จิราณี วานิชกุล. 2531. **สถานะภาพของธาตุสังกะสีและทองแดงในดินชุดตาคลี เลย และโคราช สำหรับการผลิตข้าวโพด.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

_____. 2548. การขาดธาตุเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงของพืชยืนต้นในดินเนื้อปูนใน อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี. **วารสารดินและปุ๋ย** 27: 36-47.

จินดารัฐ วีระวุฒิ. 2541. **สับปะรดและสรีรวิทยาการเจริญเติบโตของสับปะรด.** ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จำเป็น อ่อนทอง. 2535. **การศึกษาการใช้ฮิวมัสจากโรงงานผงชูรสแก้ปัญหาการขาดจุลธาตุประจุบวกของพืชที่ปลูกบนดินชนิดชุดดินตาคลี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชนิดา จรัญวรพรรณ. 2546. **การศึกษาผลการใส่จุลธาตุอาหารและน้ำทิ้งจากโรงนมต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและการดูดใช้ธาตุอาหารของข้าวที่ปลูกในดินนาเนื้อปูน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชนิษฎา พันธุ์เมือง. 2548. **การใช้มูลไก่เป็นปุ๋ยฟอสฟอรัสสำหรับข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินเลยและชุดดินตาคลี.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

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

ถมยา ทองเหลือง, สุปราณี งามประสิทธิ์, สุรพล เช้าฉ้อง, ธำรงศิลป โพธิสูง และ แสงแข น้ำวานิช. 2546. ผลของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 ที่มีต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพฝักสด, น. 496-503. *ใน* **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ทวีศักดิ์ ภู่หลำ. 2540. **ข้าวโพดหวาน : การปรับปรุงพันธุ์และการปลูกเพื่อการค้า.** ครั้งที่ 1. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ และ จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2542. **แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธงชาติ รักษากุล. 2546. **แถลงข่าวข้าวโพดหวาน โครงการส่งเสริมการผลิตข้าวโพดหวานชุมชน**. งานวันรณรงค์และแถลงข่าวข้าวโพดหวาน. 27 สิงหาคม 2546. กรมส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพฯ.

ประเสริฐ อะมริต. 2528. **การศึกษาปัญหาจุลธาตุอาหาร (เหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง) ที่เป็นปัจจัยจำกัดผลผลิตของถั่วลิสงที่ปลูกในดินชุดตาคลีและแนวทางการแก้ไข.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปรีดา พากเพียร, อำนาจ สุวรรณฤทธิ์ และ จิราณี วานิชกุล. 2532. สถานภาพของธาตุสังกะสีในดินชุดตาคลี เลยและโคราชสำหรับผลิตข้าวโพด, น. 1-13. *ใน* **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 27.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

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

ไพบูลย์ วิวัฒน์วงศ์วนา. 2530. **เคมีดิน**. ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษ์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ไพโรจน์ พันธุ์พฤกษ์, กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ และชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์. 2548. การใช้ปุ๋ยเหล็กทางใบกับการผลิตถั่วเขียวในดินด่าง. **วารสารวิชาการเกษตร** 23 (1): 21-29.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2546. **ธาตุอาหารพืช.** ครั้งที่ 2. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2549. บทบาทของธาตุรองและจุลธาตุในการผลิตพืช. **วารสารดินและปุ๋ย** 28: 114-122.

วรรณภา เสนาดี. 2549. อุตสาหกรรมข้าวโพดหวานของไทยไปไกลกว่า 5,000 ล้านบาท. **เคหการเกษตร** 30 (3): 197-205.

สรสิทธิ์ วัชโรทยาน, ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์ และ จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2533. การแก้ปัญหาการขาดธาตุอาหารจุลธาตุของพืชเศรษฐกิจที่ปลูกในดินด่าง, *ใน* **รายงานการวิจัย โครงการวิจัยการใช้ประโยชน์วัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อการเกษตร**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุมิตรา ภู่วโรดม. 2549. การวิเคราะห์ปัญหาการขาดธาตุรองและจุลธาตุในดินกับพืชสวน-ไม้ยืนต้นและแนวทางแก้ไข. **วารสารดินและปุ๋ย** 28: 135-141.

สุรพล เช้าน้อง และ สุปราณี งามประสิทธิ์. 2546. ระยะระหว่างต้นที่เหมาะสมสำหรับข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2, น. 518-523. *ใน* **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุวพันธ์ รัตนะรัต, ชลวุฒิ ละเอียด, สมพงษ์ ดิษฐ์สันเทียะ, สำเนา เพชรฉวี, ปรีดา พากเพียร และ สุภาพร รัตนะรัต. 2528. แนวทางการแก้ไขอาการขาดธาตุเหล็กของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเหนียวสีดำ. **วารสารดินและปุ๋ย** 4: 56-78.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2549. **สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2549.** สหมิตรพริ้นติ้ง, นนทบุรี.

เอิบ เขียวรื่นรมณ์. 2533. **ดินของประเทศไทย.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Aly, S.S.M. and S.M. Soliman. 1998. Impact of some organic acids on correcting iron chlorosis in two soybean genotypes grown in calcareous soil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems** 51: 185-191.

Asghar, M. and Y. Kanehiro. 1976. Effects of sugarcane trash and pineapple residue incorporation on nitrogen, pH and redox potential. **Plant and Soil** 44: 209-218.

Baig, T.H., A.E. Garcia, K.J. Tiemann and J.L. Gardea-Torresdey. 1999. Adsorption of heavy metal ions by the biomass of *Solanum elaeagnifolium* (silverleaf nightshade), pp. 131-142. *In* **Proceedings of the 1999 conference on hazardous waste resarch** . Department of Chemistry and Environmental Sciences and Engineering, University of Texas at El Paso.

Brady, N.C. and R.R. Weil. 1999. **The Nature and Properties of Soils.** Macmillan Publishing Co. Inc., Now York.

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

Chen, Z.S., W.F.T. Chiu and J.B. Petersen. 2001. **Micronutrient Deficiencies of Crops in Asia**. Food and Fertilizer Technology Center for the Asian and Pacific Region, Taipei.

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.

Goos, R.J., B.E. Johnson and M. Thiollet. 2000. A comparison of the availability of three zinc sources to maize (*Zea mays* L.) under greenhouse conditions. **Biol Fertil Soils** 31: 343 – 347.

Havlin, J.L., S.L.Tisdale, J.D. Beaton and W.L. Nelson. 2005. **Soil Fertility and Fertilizers : An Introduction to Nutrient Management**. 7th ed. Pearson Prentice Hall, New Jersey.

Heitholt, J.J., J.J. Sloan and C.T. MacKown. 2002. Copper, manganese and zinc fertilization effects on growth of soybean on a calcareous soil. **Plant Nutr.** 25 (8): 1727-1740.

Jackson, M.L. 1958. **Soil Chemical Analysis**. Prentic-Hall, Inc., Madison, Wisconsin.

Kabata-Pedias, A. 2001. **Trace Elements in Soil and Plant**. 3 ed. CRC Press, New York.

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.

Marschner, H. 1995. **Mineral Nutrition of Plants**. Academic Press, New York.

Martens, D.C. and W.L. Lindsay. 1990. Testing soil for copper, iron, manganese and zinc, pp. 229-264. *In* R.L. Westerman, ed. **Soil Testing and Plant Analysis (Soil Sci Soc. Am. J)**. Inc. Madison, Wisconsin, USA.

Orabi, A.A. and I.M. Abdel-Aziz. 1982. Zinc-phosphorus relationship and effect on some biocomponents of corn (*Zea mays* L.) grown on a calcareous soil. **Plant and Soil** 69: 437-444.

Ozturk, L., S. Karanlik, F. Ozkutlu, I. Cakmak and L.V. Kochian. 2003. Shoot biomass and zinc/cadmium uptake for hyperaccumulator and non-accumulator *Thlaspi* species in response to growth on a zinc-deficient calcareous soil. **Plant Science** 164: 1095-1101.

Prasad, R. and J.F. Power. 1997. **Soil Fertility Management for Sustainable Agriculture**. CRC Lewis Publishers, Boca Raton, New York.

_____, B. and M.K. Sinha. 1981. The relative efficiency of zinc carriers on growth and zinc nutrition of corn. **Plant and Soil** 62: 45-52.

Pratt, P.F. 1965. Potassium, pp. 1022-1030. *In* C.A. Black, ed. **Methods of Soil Analysis Part 2 Amer.Soc.of.Agron.** Inc. Madison, Wisconsin.

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

Reyes, J.M., M.C. del Campillo and J. Torrent. 2006. Soil properties influencing iron chlorosis in grapevines grown in the mantilla-moriles area, southern spain. **Communications in Soil Science and Plant Analysis** 37: 1723-1729.

Shenker, M. and Y. Chen. 2005. Increasing iron availability to crops : fertilizers, organo - fertilizers, and biological approaches. **Soil Sci. Plant Nutr.** 51 (1): 1-17.

Stevens, W.B. and A.O. Mesbah. 2004. Zinc enhances sugar beet emergence and yield on a calcareous soil with marginal zinc availability. **Crop management** 1-16.

Tran, C.T. and D.A. Mitchell. 1995. Pineapple waste – a novel substrate for citric acid production by solid – state fermentation. **Biotechnology Letters** 17: 1107-1110.

_____, L.I. Sly and D.A. Mitchell. 1998. Selection of a strain of *Aspergillus* for the production of citric acid from pineapple waste in solid – state fermentation. **World Journal of Microbiology & Biotechnology** 14: 399-404.

Troeh, F.R. and L.M. Thompson. 2005. **Soils and Soil Fertility**. 6th ed. Blackwell, India.

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 (4): 519-524.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ความเข้มข้นเหล็กและปริมาณเหล็กทั้งหมดในข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลี

ตำรับการทดลอง	ความเข้มข้นเหล็ก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)		ปริมาณเหล็กทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อกระถาง)	
	ฝัก	ตอซัง	ฝัก	ตอซัง
Control	51.81	82.75	0.22	1.09
NPK	63.40	87.83	1.54	3.82
Zn + NPK	67.73	92.56	2.02	4.33
$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ + Zn + NPK	67.48	94.25	2.80	6.07
Fe-DTPA + Zn + NPK	60.56	93.35	3.25	5.75
Pineapple peel(6) + NPK	68.06	82.27	2.45	5.26
Pineapple peel (9) + NPK	71.79	98.90	1.87	5.64

ตารางผนวกที่ 2 ความเข้มข้นสังกะสีและปริมาณสังกะสีทั้งหมดในข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลี

ตำรับการทดลอง	ความเข้มข้นสังกะสี (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)		ปริมาณสังกะสีทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อกระถาง)	
	ฝัก	ตอซัง	ฝัก	ตอซัง
Control	27.81	7.83	0.12	0.10
NPK	24.75	3.73	0.50	0.19
Zn + NPK	27.17	17.10	0.81	0.82
$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ + Zn + NPK	29.02	15.42	1.21	1.00
Fe-DTPA + Zn + NPK	24.06	19.13	1.29	1.17
Pineapple peel(6) + NPK	17.98	11.00	0.64	0.68
Pineapple peel (9) + NPK	19.50	15.31	0.53	0.88

ตารางผนวกที่ 3 ความเข้มข้นไนโตรเจน และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลี

ตำรับการทดลอง	ความเข้มข้นไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์)		ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อกระถาง)	
	ฝัก	ตอซัง	ฝัก	ตอซัง
Control	0.74	0.50	31.46	63.82
NPK	0.89	0.88	210.58	385.61
Zn + NPK	1.01	0.70	300.40	332.37
$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ + Zn + NPK	1.14	0.63	472.11	406.44
Fe-DTPA + Zn + NPK	1.13	0.61	610.48	375.60
Pineapple peel(6) + NPK	1.09	0.65	389.77	401.41
Pineapple peel (9) + NPK	1.04	0.89	278.25	502.20

ตารางผนวกที่ 4 ความเข้มข้นฟอสฟอรัสและปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลี

ตำรับการทดลอง	ความเข้มข้นฟอสฟอรัส (เปอร์เซ็นต์)		ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อกระถาง)	
	ฝัก	ตอซัง	ฝัก	ตอซัง
Control	0.28	0.17	11.97	21.93
NPK	0.31	0.15	74.36	65.79
Zn + NPK	0.25	0.08	73.67	36.89
$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ + Zn + NPK	0.22	0.06	88.13	39.19
Fe-DTPA + Zn + NPK	0.27	0.07	146.97	40.03
Pineapple peel(6) + NPK	0.32	0.14	114.88	81.57
Pineapple peel (9) + NPK	0.39	0.26	101.42	145.59

ตารางผนวกที่ 5 ความเข้มข้นโพแทสเซียมและปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินตาคลี

ตำรับการทดลอง	ความเข้มข้นโพแทสเซียม (เปอร์เซ็นต์)		ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อกระถาง)	
	ฝัก	ตอซัง	ฝัก	ตอซัง
Control	0.98	1.01	42.13	131.57
NPK	0.85	1.31	206.29	572.09
Zn + NPK	0.69	1.34	205.69	583.57
$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ + Zn + NPK	0.61	1.08	253.48	631.16
Fe-DTPA + Zn + NPK	0.64	0.93	342.77	698.45
Pineapple peel(6) + NPK	0.60	1.73	216.38	1083.97
Pineapple peel (9) + NPK	0.87	2.05	228.77	1160.20

ตารางผนวกที่ 6 ความเข้มข้นเหล็กและปริมาณเหล็กทั้งหมดในข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินลพบุรี

ตำรับการทดลอง	ความเข้มข้นเหล็ก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	ปริมาณเหล็กทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อกระถาง)
Control	61.35	1.11
NPK	69.38	3.15
$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ + NPK	79.50	4.43
Fe-DTPA + NPK	73.38	4.50

ตารางผนวกที่ 7 ความเข้มข้นไนโตรเจนและปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินลพบุรี

ตำรับการทดลอง	ความเข้มข้นไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อกระถาง)
Control	0.47	83.82
NPK	1.70	762.00
$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ + NPK	1.66	919.49
Fe-DTPA + NPK	1.26	773.04

ตารางผนวกที่ 8 ความเข้มข้นฟอสฟอรัสและปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินลพบุรี

ตำรับการทดลอง	ความเข้มข้นฟอสฟอรัส (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อกระถาง)
Control	0.14	25.89
NPK	0.20	90.96
$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ + NPK	0.18	98.03
Fe-DTPA + NPK	0.18	109.89

ตารางผนวกที่ 9 ความเข้มข้นโพแทสเซียมและปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินลพบุรี

ตำรับการทดลอง	ความเข้มข้นโพแทสเซียม (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อกระถาง)
Control	2.00	266.70
NPK	1.95	851.95
$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ + NPK	1.90	902.94
Fe-DTPA + NPK	1.70	1083.99

ตารางผนวกที่ 10 ข้อจำกัดของสมบัติทางเคมีที่ใช้ประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน

(Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973)

1. ปฏิกิริยาดิน (soils reaction), pH (ดินต่อน้ำ = 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

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

4. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) (Bray II)

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

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	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

7. ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity)

ระดับ (rating)		พิสัย (range) ($cmol\ (+)\ kg^{-1}$)
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 11 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 (+) kg^{-1}	1 meq/100g = cmol (+) kg^{-1}
Anion exchange capacity	cmol (-) kg^{-1}	1 meq/100g = cmol (-) kg^{-1}
Exchange cation	cmol (+) kg^{-1}	1 meq/100g = cmol (+) kg^{-1}
Mass ratio	g kg^{-1}	1% = 10 mg kg^{-1}
	mg kg^{-1}	1 ppm = 1 mg kg^{-1}
		1 mg/100g = 10 mg kg^{-1}
	μg kg^{-1}	1ppb = 1 μg kg^{-1}
	mg kg^{-1}	1 ppt = 1 ng kg^{-1}
Mass concentration	g L^{-1}	1% = 10 g L^{-1}
	mg L^{-1}	1 ppm = 1 mg L^{-1}
	μg L^{-1}	1ppb = 1 μg L^{-1}
Density	Mg m^{-3}	1g/ 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	kg ha^{-1}	1 kg/10a = 10 kg ha^{-1}
	Mg ha^{-1}	1 t/10a = 10 Mg ha^{-1}

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวขวัญตา ขาวมี
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 5 เมษายน 2525
สถานที่เกิด	อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (เกษตรศาสตร์) เกียรตินิยมอันดับสอง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-