



วิทยานิพนธ์

ประสิทธิภาพของซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ในการใช้เป็นปุ๋ยสังกะสี
สำหรับข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูน

**Efficiency of Zinc Sulfate and Zinc EDTA as Zinc Fertilizer
for Corn Grown on Calcareous Soils**

นางสาวปราณี จอมอู่

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2551



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

ปริญญา

ปฐพีวิทยา

สาขา

ปฐพีวิทยา

ภาควิชา

เรื่อง ประสิทธิภาพของซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ในการใช้เป็นปุ๋ยสังกะสี
สำหรับข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูน

Efficiency of Zinc Sulfate and Zinc EDTA as Zinc Fertilizer
for Corn Grown on Calcareous Soils

นามผู้วิจัย นางสาวปราณี จอมอุ่น

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์จรงค์ จันทร์เจริญสุข, D.Agr.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์เอ็จ สโรบล, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์อัญชลี สุทธิประการ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย อัจจงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 2 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2551

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ประสิทธิภาพของซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ในการใช้เป็นปุ๋ยสังกะสีสำหรับข้าวโพด
ที่ปลูกในดินเนื้อปูน

Efficiency of Zinc Sulfate and Zinc EDTA as Zinc Fertilizer for Corn
Grown on Calcareous Soils

โดย

นางสาวปราณี จอมอู่

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

พ.ศ. 2551

ปราณี จอมอ่อน 2551: ประสิทธิภาพของซิงค์ซัลเฟตและซิงค์อีดีทีเอในการใช้เป็นปุ๋ย
สังกะสีสำหรับข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูน ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)
สาขาปฐพีวิทยา ภาควิชาปฐพีวิทยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก:
รองศาสตราจารย์จรงค์ จันทรเจริญสุข, D.Agr. 87 หน้า

ศึกษาประสิทธิภาพของซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ในการใช้เป็นปุ๋ยสังกะสีสำหรับข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูน ทำการทดลองในเรือนทดลอง โดยการศึกษาแบ่งเป็น 2 การทดลอง การทดลองที่หนึ่ง เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของซิงค์ซัลเฟตและซิงค์อีดีทีเอ ในการใช้เป็นปุ๋ยสังกะสีสำหรับข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินชัยบาดาล ส่วนการทดลองที่สอง เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของซิงค์ซัลเฟตและซิงค์อีดีทีเอในการใช้เป็นปุ๋ยสังกะสีสำหรับข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์ ทำการทดลองในเรือนทดลอง วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design มี 7 คำรับการทดลอง 3 ซ้ำ คำรับการทดลองประกอบด้วย ไม่ใส่ปุ๋ยสังกะสี ใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูปซิงค์ซัลเฟต ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) และ ซิงค์อีดีทีเอ ($ZnEDTA$) อัตรา 0.5 1.0 และ 3.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ทุกคำรับการทดลองใส่ปุ๋ยในโครเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และ โพแทสเซียม (K) อัตรา 200 มก.N/ดิน 1 กิโลกรัม, 200 มก. P_2O_5 /ดิน 1 กิโลกรัม และ 150 มก. K_2O /ดิน 1 กิโลกรัม ตามลำดับ ผลการทดลองที่หนึ่ง พบว่าข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาลขาดสังกะสี การใส่ปุ๋ยสังกะสีทั้งในรูปซิงค์ซัลเฟตและซิงค์อีดีทีเอ มีผลทำให้การเจริญเติบโต ผลผลิตฝัก น้ำหนักแห้งต่อชั่ง และปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดเพิ่มขึ้นมากกว่าที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีเลยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลผลิตฝักของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ซิงค์อีดีทีเอสูงสุดที่อัตราการใส่ซิงค์อีดีทีเอ 0.5 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ส่วนที่ได้รับการใส่ซิงค์ซัลเฟต สูงสุดที่อัตราการใส่ซิงค์ซัลเฟต 3.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ผลผลิตฝักของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ซิงค์อีดีทีเอ อัตรา 0.5 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ไม่แตกต่างกับที่ได้รับการใส่ซิงค์ซัลเฟต อัตรา 3.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ที่อัตราการใส่สังกะสีที่เท่ากันปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ซิงค์อีดีทีเอสูงกว่าที่ได้รับการใส่ซิงค์ซัลเฟต ประสิทธิภาพของซิงค์อีดีทีเอในการเพิ่มผลผลิตฝัก และปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพด (total Zn uptake) สูงกว่าซิงค์ซัลเฟต การทดลองที่สอง พบว่า ข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์ขาดสังกะสีรุนแรงกว่าที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล การใส่ปุ๋ยสังกะสีทั้งในรูปซิงค์ซัลเฟตและซิงค์อีดีทีเอ มีผลในการเพิ่มการเจริญเติบโต ผลผลิตน้ำหนักรวมต่อชั่ง และปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดอย่างเด่นชัด เมื่อเทียบกับคำรับที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสี ที่อัตราการใส่สังกะสี 0.5 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ผลผลิตน้ำหนักรวมต่อชั่งข้าวโพดที่ได้รับการใส่ซิงค์อีดีทีเอสูงกว่าที่ได้รับการใส่ซิงค์ซัลเฟต และที่อัตราการใส่สังกะสี 1.0 และ 3.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ผลผลิตน้ำหนักรวมต่อชั่งของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีทั้งสองรูปใกล้เคียงกัน ที่อัตราการใส่สังกะสีที่เท่ากันข้าวโพดที่ได้รับการใส่ซิงค์อีดีทีเอ มีปริมาณการดูดใช้สังกะสีสูงกว่าที่ได้รับการใส่ซิงค์ซัลเฟต ซิงค์อีดีทีเอมีประสิทธิภาพในการเพิ่มปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดสูงกว่าซิงค์ซัลเฟต ประสิทธิภาพในการเพิ่มความชื้นเป็นประโยชน์ของสังกะสีต่อข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล และชุดดินบุรีรัมย์ ของซิงค์อีดีทีเอสูงกว่าซิงค์ซัลเฟต

ปราณี จอมอ่อน
ลายมือชื่อนิสิต

รองศาสตราจารย์จรงค์ จันทรเจริญสุข
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

๒๒ / ๒๕๐ / ๒๕๕๑

Pranee Chomun 2008: Efficiency of Zinc Sulfate and Zinc EDTA as Zinc Fertilizer for Corn Grown on Calcareous Soils. Master of Science (Soil Science), Major Field: Soil Science, Department of Soil Science. Thesis Advisor: Associate Professor Jongruk Chanchareonsook, D.Agr. 87 pages.

The present work studied the efficiency of zinc sulfate (ZnSO_4) and zinc EDTA (ZnEDTA) as zinc (Zn) fertilizer for corn grown on calcareous soils. Two pot experiments were carried out in a greenhouse. The efficiency of zinc sulfate (ZnSO_4) and zinc EDTA (ZnEDTA) as zinc fertilizer for corn grown on Chai Badan series was studied in the first experiment and on Buri Ram series in the second experiment. A completely randomized design with 3 replications was used. The treatments consisted of control (without zinc fertilizer) and application of zinc at the rates of 0.5 1.0 and 3.0 mg Zn kg^{-1} soil as $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ and ZnEDTA with basal dressing of 200 mg N kg^{-1} soil as NH_2CONH_2 , 200 $\text{mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ soil as KH_2PO_4 , 150 $\text{mg K}_2\text{O kg}^{-1}$ soil as KCl and KH_2PO_4 . The results of the first experiment showed that corn grown on Chai Badan series was deficient in Zn. Application of ZnSO_4 or ZnEDTA significantly increased growth, yield and Zn uptake of corn over the control. With ZnEDTA corn yield was maximum at the rate of 0.5 mg Zn kg^{-1} soil, whereas 3.0 mg Zn kg^{-1} soil was required when ZnSO_4 was used. At the same rate of Zn application, Zn uptake of corn grown on the soil amended with ZnEDTA was higher than that on the soil amended with ZnSO_4 . The effectiveness of ZnEDTA in increasing yield and Zn uptake of corn grown on Chai Badan series was higher than that of ZnSO_4 . The results of the second experiment showed that corn grown on the calcareous soil, Buri Rum series was deficient in Zn and the Zn deficiency of corn was more severe than that on the calcareous soil, Chai Badan series. Application of ZnSO_4 and ZnEDTA significantly increased growth, dry matter yield and total Zn uptake of corn over the control. At the rate of 0.5 mg Zn kg^{-1} soil, dry matter yield of corn from ZnEDTA application was higher than that with ZnSO_4 . With 1.0 and 3.0 mg Zn kg^{-1} soil application of either ZnEDTA or ZnSO_4 gave similar corn dry matter yield. At equal rate of Zn application, Zn uptake of corn grown on the soil amended with ZnEDTA was higher than that on the soil amended with ZnSO_4 . The effectiveness of ZnEDTA in increasing Zn uptake of corn grown on Buri Rum series was higher than that of ZnSO_4 . The availability of ZnEDTA to corn in both calcareous soils, Chai Badan and Buri Rum series, was greater than ZnSO_4 .

Pranee Chomun

Student's signature

Jongruk Chanchareonsook 22 March 2008

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข อาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์หลัก และรองศาสตราจารย์ ดร. เอ็จ สโรบล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้
คำแนะนำและความช่วยเหลือในเรื่องการเรียน การทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ
จนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเทพ ทองเพ
และ รองศาสตราจารย์ ดร.อิทธิสุนทร นันทกิจ ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจแก้วิทยานิพนธ์เล่มนี้
ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่าน บุคลากรและเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชา
ปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน ที่ได้อนุเคราะห์ให้ใช้สถานที่และ
อุปกรณ์ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำ ขอขอบพระคุณ คุณนฤมล จันทวัชรารกร รวมทั้ง
เจ้าหน้าที่ทุกคนในส่วนวิเคราะห์ วิจัย พีช ปุ๋ย และวัสดุปรับปรุงดิน กรมพัฒนาที่ดิน ที่สนับสนุน
ให้คำปรึกษา ช่วยเหลือในการศึกษา ขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ สโมสรนิสิตบัณฑิตปฐพีวิทยา
ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงและเป็นกำลังใจตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อเกษม จอมอุ่น ซึ่งลูกอาศัยรักรอยู่เสมอ ที่สอนให้ตั้งใจเรียน
และเป็นคนดี คุณแม่เพชร จอมอุ่น ที่คอยสนับสนุนช่วยเหลือในการศึกษาและเป็นกำลังใจแก่ลูก
ตลอดมา จนวิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้สำเร็จลุล่วง ประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ขอบอบแต่
คุณพ่อ คุณแม่ ครู อาจารย์ที่อบรมสั่งสอนให้ข้าพเจ้ามีความรู้มาจนถึงปัจจุบัน

ปราณี จอมอุ่น

มีนาคม 2551

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(7)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	13
อุปกรณ์	13
วิธีการ	15
ผลและวิจารณ์	22
ผล	22
วิจารณ์	62
สรุปและข้อเสนอแนะ	67
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	70
ภาคผนวก	77
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	87

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สมบัติบางประการของชุดดินชัยบาดาลที่นำมาศึกษา	23
2	สมบัติบางประการของชุดดินบุรีรัมย์ที่นำมาศึกษา	24
3	ผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อความสูงของข้าวโพด ที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล	26
4	ผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อเส้นรอบวงลำต้นของข้าวโพด ที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล	29
5	ผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อผลผลิตน้ำหนักรากแห้งฝัก และน้ำหนักรากแห้งต่อซังของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล	33
6	ผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อปริมาณการดูดใช้สังกะสี ของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล	36
7	ผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อปริมาณการดูดใช้ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล	39
8	ผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ ในดินปลูกข้าวโพดชุดดินชัยบาดาล	42
9	ผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อปฏิกิริยาดิน (pH) และค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) ชุดดินชัยบาดาลที่ปลูกข้าวโพด	44
10	ผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อความสูงของข้าวโพด ที่ปลูกในชุดดินบุรีรัมย์	46
11	ผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อเส้นรอบวงลำต้นของข้าวโพด ที่ปลูกในชุดดินบุรีรัมย์	49
12	ผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อผลผลิตน้ำหนักรากต่อซัง ของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินบุรีรัมย์	51

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
13	ผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินบุรีรัมย์	53
14	ผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อปริมาณการดูดใช้ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินบุรีรัมย์	56
15	ผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินปลูกข้าวโพดชุดดินบุรีรัมย์	59
16	ผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อปฏิกิริยาดิน (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในชุดดินบุรีรัมย์ที่มีการปลูกข้าวโพด	61
ตารางผนวกที่		
1	ความเข้มข้นของสังกะสี และปริมาณสังกะสีทั้งหมดในข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล	78
2	ความเข้มข้นของสังกะสี ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในต่อซังของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินบุรีรัมย์	78
3	ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในฝักข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล	79
4	ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในต่อซังข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล	79
5	ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมทั้งหมดในฝักข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล	80
6	ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมทั้งหมดในต่อซังข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล	80
7	แสดงอัตราการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อพื้นที่ 1 ไร่	81
8	ข้อจำกัดของสมบัติทางเคมีที่ใช้ประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน	81

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
9	แสดงระดับความเป็นประโยชน์ของ Zn Cu Fe และ Mn ในดิน	85
10	แสดงการเปลี่ยน non SI unit เป็น SI unit	86

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	เปรียบเทียบผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อความสูงของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล	27
2	เปรียบเทียบผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอต่อเส้นรอบวงลำต้นของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล	30
3	เปรียบเทียบผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อผลผลิตน้ำหนักร้างฝักของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล	34
4	เปรียบเทียบผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อผลผลิตน้ำหนักร้างต่อชั่งของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล	34
5	เปรียบเทียบผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล	37
6	เปรียบเทียบผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อปริมาณการดูดใช้ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล	40
7	เปรียบเทียบผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินปลูกข้าวโพดชุดดินชัยบาดาล	43
8	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินที่ปลูกข้าวโพดกับปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล	43
9	เปรียบเทียบผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อความสูงของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินบุรีรัมย์	47
10	เปรียบเทียบผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อเส้นรอบวงลำต้นของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินบุรีรัมย์	50
11	เปรียบเทียบผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อผลผลิตน้ำหนักร้างต่อชั่งของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินบุรีรัมย์	52
12	เปรียบเทียบผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินบุรีรัมย์	54

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
13	เปรียบเทียบผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อปริมาณการดูดใช้ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินบุรีรัมย์	57
14	เปรียบเทียบผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินปลูกข้าวโพดชุดดินบุรีรัมย์	60
15	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินที่ปลูกข้าวโพดกับปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินบุรีรัมย์	60

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

Zn	=	Zinc
N	=	Nitrogen
P	=	Phosphorus
K	=	Potassium
EDTA	=	Ethylenedianine tetraacetic acid
DTPA	=	Diethylenetriamine pentaacetic acid
AB-DTPA	=	Ammonium Bicarbonate - DTPA
EC	=	Electric Conductivity
Cd	=	Chai Badan soil serise
Br	=	Buri Ram soil series
CRD	=	Completely Randomized Design
DMRT	=	Duncan's New Multiple's Range Test
C.V	=	Coefficient of Variation

ประสิทธิภาพของซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ในการใช้เป็นปุ๋ยสังกะสีสำหรับข้าวโพด ที่ปลูกในดินเหนียว

Efficiency of Zinc Sulfate and Zinc EDTA as Zinc Fertilizer for Corn Grown on Calcareous Soils

คำนำ

ข้าวโพดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย พื้นที่ปลูกข้าวโพดแต่ละปีประมาณ 8.6 ล้านไร่ ผลผลิตข้าวโพดที่ผลิตได้นอกจากจะใช้เพื่อบริโภคภายในประเทศแล้วยังส่งออกไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศทำรายได้ให้ประเทศคิดเป็นมูลค่าปีละประมาณ 20,000 ล้านบาท (กรมวิชาการเกษตร, 2547) การปลูกข้าวโพดให้ได้รับผลผลิตสูงปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งคือธาตุอาหารพืชในดินที่ปลูกข้าวโพดจะต้องอยู่ในระดับที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวโพด ทั้งธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุอาหาร (Fageria *et.al*, 1997; Havlin *et.al*, 2005) และเนื่องจากประเทศไทยเกษตรกรรมมีการปลูกข้าวโพดในพื้นที่ที่เป็นดินเหนียวกันมาก ดินเหนียวเป็นดินที่มี pH สูง ปฏิกิริยาดินเป็นด่างและมักมีปัญหาการขาดจุลธาตุอาหาร (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544; Mortvedt *et.al*, 1972; Jahiruddin *et.al*, 2000) โดยเฉพาะการขาดสังกะสีของข้าวโพดที่ปลูกในดินดังกล่าวส่งผลให้ได้ผลผลิตข้าวโพดต่ำ (สุวพันธ์ และคณะ, 2532; นงลักษณ์, 2534) จึงจำเป็นต้องมีการเพิ่มธาตุสังกะสี หรือใส่ปุ๋ยสังกะสีให้กับข้าวโพด ปุ๋ยสังกะสีมีหลายชนิด อาทิ รูปสารประกอบอนินทรีย์ เช่น ซิงค์ซัลเฟต ($ZnSO_4$) และในรูปสังกะสีคีเลต (Sauchelli, 1969 ;Mortvedt, 1979, ยงยุทธ, 2542) ได้มีการศึกษาและรายงานเกี่ยวกับประสิทธิภาพที่แตกต่างกันของปุ๋ยสังกะสีรูปต่างๆในข้าวโพดที่ปลูกในดินเหนียวของหลายประเทศ (Ragab, 1981; Dhillon and Dhillon, 1983; Shukla and Morris, 1967; Diddowson and Watts, 1977) เพื่อเลือกใช้ชนิดของปุ๋ยสังกะสีที่ถูกต้องและเหมาะสมสำหรับข้าวโพดที่ปลูกในดินเหนียวของประเทศไทย จึงได้ศึกษาประสิทธิภาพของซิงค์ซัลเฟต ($ZnSO_4$) ซึ่งเป็นปุ๋ยสังกะสีในรูปสารประกอบอนินทรีย์ และซิงค์อีดีทีเอ ($ZnEDTA$) ซึ่งเป็นปุ๋ยสังกะสีในรูปสังกะสีคีเลต ในการใช้เป็นปุ๋ยสังกะสีสำหรับข้าวโพดที่ปลูกในดินเหนียวของประเทศไทย โดยดินเหนียวที่นำมาศึกษาคือ ชุดดินชัยบาดาล และชุดดินบุรีรัมย์ ซึ่งเป็นดินในอันดับ Vertisols (เอิบ, 2533) และใช้ข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 4452 เป็นพืชทดสอบ การศึกษาแบ่งเป็น 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 ศึกษาประสิทธิภาพของซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ในการใช้เป็นปุ๋ยสังกะสีสำหรับข้าวโพดที่ปลูกในดินเหนียวชุดดินชัยบาดาล

การทดลองที่ 2 ศึกษาประสิทธิภาพของซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อดีทีเอ ในการใช้เป็นปุ๋ยสังกะสี สำหรับข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์ โดยปลูกพืชทดลองในกระถาง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของซิงค์ซัลเฟต ($ZnSO_4$) และ ซิงค์อีดีทีเอ ($ZnEDTA$) ในการใช้เป็นปุ๋ยสังกะสีสำหรับข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล และชุดดินบุรีรัมย์
2. เพื่อทราบแนวทางการใช้ชนิดปุ๋ยสังกะสีที่เหมาะสมสำหรับข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนของประเทศไทย

การตรวจเอกสาร

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับธาตุสังกะสี

เปลือกโลกมีสังกะสีโดยเฉลี่ยประมาณ 80 มก./กก. ส่วนในดินมีปริมาณสังกะสีเฉลี่ยประมาณ 50 มก./กก. หินแต่ละชนิดมีปริมาณสังกะสีแตกต่างกัน หินอัคนีมีสังกะสีประมาณ 70 มก./กก. ส่วนหินตะกอนพวก shale มีสังกะสีประมาณ 95 มก./กก. พวกหินปูนมีสังกะสีประมาณ 20 มก./กก. พวกหินทรายมีสังกะสีประมาณ 16 มก./กก. สำหรับแร่ที่มีสังกะสีเป็นองค์ประกอบได้แก่ แร่ Franklinite ($ZnFe_2O_4$), แร่ Smithsonite ($ZnCO_3$) และ แร่ Willemite (Zn_2SiO_4) เป็นต้น (Havlin *et al.*, 2005)

1.1 รูปของสังกะสีในดิน

รูปของสังกะสีในดินจำแนกออกได้เป็น 5 กลุ่ม (จิราณี, 2531; Kiekens, 1997) คือ 1) รูปที่ละลายน้ำได้ ได้แก่ สังกะสีในสารละลายดิน เกลือที่ละลายน้ำได้ 2) รูปไอออนที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ คิวยิดที่ผิวหรือ exchange site ของอนุภาคดิน 3) รูปที่เข้าร่วมในลักษณะ complex หรือ chelate กับอินทรีย์วัตถุ 4) รูปที่คิวยิดหรือเข้าแทนที่ธาตุอื่นในแร่ดินเหนียวและโลหะออกไซด์ไม่ละลายน้ำ 5) รูปที่เป็นองค์ประกอบของแร่ปฐมภูมิ

สังกะสีในรูปของ 3 กลุ่มแรกจะมีสมดุลซึ่งกันและกัน และจัดเป็นพวกที่พืชใช้ประโยชน์ได้ Mehta *et al.* (1984) รายงานว่า ปริมาณของสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินจะไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณสังกะสีทั้งหมดที่มีอยู่ในดิน และพืชอาจแสดงอาการขาดธาตุสังกะสีได้ไม่ว่าจะปลูกในดินเหนียว ดินร่วน หรือ ดินทราย อย่างไรก็ตามพืชที่ปลูกในดินแคลคาเรียส หรือ ดินเนื้อปูนซึ่งมี pH สูง มักจะขาดสังกะสีเนื่องจากมีสังกะสีที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในปริมาณค่อนข้างต่ำ เนื่องจากสังกะสีในสารละลายดินจะตกตะกอนเป็นในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์กับพืช ในการวิเคราะห์ดินเพื่อประเมินความเป็นประโยชน์ของธาตุสังกะสีต่อพืชควรใช้วิธีที่สามารถสกัดธาตุสังกะสีในรูปทั้ง 3 กลุ่มแรกดังกล่าวข้างต้นได้ (นงลักษณ์, 2534)

1.2 ปัจจัยสำคัญที่ควบคุมความเป็นประโยชน์ของสังกะสีในดิน

1.2.1 ปฏิกริยาในดิน

ปฏิกริยาในดินมีอิทธิพลต่อความเป็นประโยชน์ของสังกะสีในดินค่อนข้างมาก โดยสังกะสีในดินจะเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ในช่วงค่า pH ระหว่าง 5.5-7.0 ถ้า pH ของดินสูงกว่า 7.5 ความเป็นประโยชน์ของสังกะสีในดินจะลดลงเป็นอย่างมาก (Truong, 1948) โดยสังกะสีจะตกตะกอนอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ คือ amorphous Zn, $ZnFe_2O_4$ และ/หรือ $ZnSiO_4$ โดยเฉพาะถ้า pH มากกว่า 8 สังกะสีที่เป็นไอออนจะอยู่ในรูป $Zn(OH)^+$ และ $Zn(OH)_3^-$ สังกะสีในรูปดังกล่าวจะเป็นประโยชน์ต่อพืชน้อยกว่าในรูป Zn^{2+} (Rending and Taylor, 1989)

1.2.2 การดูดซับสังกะสี

Zn^{2+} จะถูกดูดซับอยู่ที่พื้นผิวพวกออกไซด์ และแร่ดินเหนียวพวก illite, kaolinite และ bentonite (Havlin *et al.*, 2005) และถูกดูดซับโดย $MgCO_3$, $CaMg(CO_3)_2$ และ $CaCO_3$ โดย $MgCO_3$ จะมีแรงดูดซับสูงกว่า $CaMg(CO_3)_2$ และ $CaCO_3$ การดูดซับสังกะสีโดยคาร์บอเนตนั้นเป็นปัจจัยหลักในการลดความเป็นประโยชน์ของสังกะสีในดินเนื้อปูน (Udo *et al.*, 1970) การดูดซับจะเพิ่มขึ้นตาม pH ที่เพิ่มขึ้นด้วย (Lindsay, 1979)

1.2.3 อินทรีย์วัตถุในดิน

อินทรีย์วัตถุเมื่อสลายตัวจะให้กรดอินทรีย์ ได้แก่ กรด humic และ fulvic เมื่อสังกะสีจับกับกรดดังกล่าว จะกลายเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่เสถียรซึ่งสามารถละลายเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ แต่ถ้า Zn^{2+} จับกับสารอินทรีย์ที่มีมวลโมเลกุลสูง เช่น ลิกนิน จะกลายเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่ไม่ละลายออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืช (ยงยุทธ, 2542; Chatterjee and Mandal, 1985; Havlin *et al.*, 2005)

1.2.4 ปฏิสัมพันธ์ (interaction) กับธาตุอื่นๆ

ไอออนบวกของโลหะ ได้แก่ Cu^{2+} Fe^{2+} และ Mn^{2+} จะไปขัดขวางการดูดใช้สังกะสีของพืช เนื่องจากการแก่งแย่งกันเข้าจับกับ carrier site ของรากพืช สำหรับดินที่มีฟอสฟอรัสค่อนข้างสูง การใส่ปุ๋ยสังกะสีอาจทำให้เกิดสารประกอบสังกะสีฟอสเฟตซึ่งตกตะกอนและละลายออกมาเป็นประโยชน์ได้ยาก และในดินที่มีปริมาณสังกะสีดั้งเดิมน้อยอยู่แล้ว การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตอัตราสูงก็จะทำให้เกิดการขาดสังกะสีได้ง่ายขึ้น (จิราณี, 2531; Hopkins, 2007)

1.2.5 การขังน้ำ

เมื่อมีการขังน้ำดินจะอยู่ในสภาพกรด ในดินกรด pH จะเพิ่มขึ้น ส่งผลให้สังกะสีตกตะกอนในรูป Franklinitite (ZnFe_2O_4) หรือ Sphalerite (ZnS) ซึ่งอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช ดินเนื้อปูนเมื่อขังน้ำ pH ของดินจะลดลง เนื่องจากเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งแพร่ผ่านชั้นน้ำได้น้อยเป็นเหตุให้ partial pressure ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (pCO_2) สูงขึ้นเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น ซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำเกิดกรดคาร์บอนิกทำให้ pH ของดินเนื้อปูนลดลงเมื่อมีการขังน้ำ ซึ่งจะทำให้สังกะสีสามารถละลายออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชมากขึ้น (ชนิดา, 2546; Sajwan and Lindsay, 1986; Havlin *et al.*, 2005) นอกจากนี้การขังน้ำยังส่งเสริมกิจกรรมของจุลินทรีย์พวก anaerobic ย่อยสลายอินทรีย์วัตถุเกิดการสังเคราะห์กรด fulvic ในปริมาณสูงกว่าพวกจุลินทรีย์ที่อยู่ในสภาพ aerobic ซึ่งจะทำให้สังกะสีอยู่ในรูปสารประกอบเชิงซ้อนที่เสถียรกว่าในสภาพที่ไม่มีการขังน้ำ สังกะสีเป็นประโยชน์ได้มากขึ้น (Sinha, 1972)

1.2.6 ชนิดของพืช

พืชแต่ละชนิด และแต่ละสายพันธุ์มีความสามารถในการดูดใช้สังกะสีจากดินได้แตกต่างกัน ข้าว ข้าวโพด ส้ม เป็นพืชที่ไวต่อการขาดสังกะสี (Tisdale and Nelson, 1963) ส่วนหน่อไม้ฝรั่ง ข้าวโอ๊ต แครอท จะทนทานต่อการขาดสังกะสีในดิน

2. ความหมายและการแพร่กระจายของดินเนื้อปูนในประเทศไทย

ดินเนื้อปูน หมายถึง ดินซึ่งมีแคลเซียมคาร์บอเนต และ/หรือ แมกนีเซียมคาร์บอเนตอิสระ มากพอที่จะสังเกตเห็นปฏิกิริยากับกรดเกลือ 0.1 โมลาร์ เป็นฟองฟู ดินเหล่านี้จะพบแคลเซียมคาร์บอเนตเทียบเท่า 10-200 กรัมต่อกิโลกรัมของดิน (คณะกรรมการจัดทำปทานุกรมปฐพีวิทยา, 2541)

ดินเนื้อปูนที่พบในประเทศไทยเป็นดินในอันดับ Vertisol, Mollisols, Inceptisols และ Alfisols ซึ่งเกิดจากวัตถุต้นกำเนิดที่สำคัญคือ หินปูน (limestone) สภาพแห้งแล้งเป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดดินเนื้อปูน ประเทศไทยพบดินเนื้อปูนส่วนใหญ่อยู่บริเวณเทือกเขาสูงตอนกลางของประเทศและที่ราบภาคกลาง เช่น ในเขตจังหวัดสระบุรี ลพบุรี นครสวรรค์ กาญจนบุรี เพชรบูรณ์ นครราชสีมา อุทัยธานี มีเนื้อที่ทั้งหมดประมาณ 800,000 ไร่ ซึ่งชุดดินต่างๆ ได้แก่ ชุดดินลพบุรี ชุดดินตาคลี ชุดดินบ้านหมี่ ชุดดินโคกกระเทียม ชุดดินชัยบาดาล ชุดดินสบปราบ ชุดดินลำานารายณ์ ชุดดินหินซ้อน และชุดดินบุรีรัมย์ เป็นต้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544; เอิบ, 2533)

3. สมบัติที่สำคัญของดินเนื้อปูน

ดินเนื้อปูนมักมี pH อยู่ในช่วง 7.0-8.0 เนื่องจากมีหินปูนอยู่มากเกิดการสะสมของเกลือบางชนิดที่เป็นด่าง เช่น CaCO_3 หรือ MgCO_3 ทำให้ดินมี pH สูงขึ้น การที่ดินมี pH สูง ก็เนื่องจากปฏิกิริยาไฮดรอลิซิสของ CaCO_3 และ MgCO_3 อย่างไรก็ตามปฏิกิริยาไฮดรอลิซิสของเกลือทั้งสองชนิดนี้มักถูกจำกัดเนื่องจากสมบัติที่ละลายน้ำได้ยาก ดังนั้นจึงทำให้ดินมี pH ไม่สูงกว่า 8.0 การที่ดินเนื้อปูนมี pH สูงนี้ทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสน้อยลง (ไพบูลย์, 2528; เอิบ, 2533) และดินเนื้อปูนมักมีสังกะสีที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในปริมาณที่ต่ำ โดยสังกะสีมักตกตะกอนอยู่ในรูป ZnCO_3 ที่ละลายน้ำยาก (นงลักษณ์, 2534; คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

4. ลักษณะทั่วไปของดินเนื้อปูนที่นำมาศึกษา

4.1 ชุดดินชัยบาดาล (Chai Badan series: Cd)

ชุดดินชัยบาดาล จัดอยู่ใน Fine, smectitic, isohyperthermic Leptic Haplusterts เกิดจากการผุพังสลายตัวของหินบะซอลท์ หินแอนดิไซท์ บริเวณพื้นที่ภูเขา รวมถึงที่เกิดจากวัสดุหินหรือหินที่เคลื่อนย้ายมาเป็นระยะทางไกล ๆ โดยแรงโน้มถ่วงบริเวณเชิงเขา สภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อยถึงลูกคลื่นลอนชัน มีความลาดชัน 3-16 เปอร์เซ็นต์ เป็นดินลึกปานกลาง มีการระบายน้ำดีปานกลาง การซึมผ่านได้ของน้ำเข้าถึงปานกลาง ตามปกติระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกกว่า 1.5 เมตรลงไป พบชั้นหินผุที่ระดับความลึก 50-100 ซม. ดินบนลึกไม่เกิน 23 เซนติเมตร มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายแป้ง สีเทาเข้มมากหรือสีน้ำตาลปนเทาเข้มมาก ปฏิกริยาดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นด่างปานกลาง (pH 6.5-8.0) ดินล่างเนื้อดินเป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายแป้ง สีน้ำตาลปนเทาเข้ม สีน้ำตาลเข้มหรือสีน้ำตาล ปฏิกริยาดินเป็นกลางถึงเป็นด่างปานกลาง (pH 7.0-8.0) โดยปกติเมื่อดินแห้ง หน้าดินจะแตกกระแหงเป็นร่องลึก และพบรอยไถล (slickensides) บางบริเวณอาจพบเม็ดปูนสะสม (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548ข)

4.2 ชุดดินบุรีรัมย์ (Buri Ram series: Br)

ชุดดินบุรีรัมย์ จัดอยู่ใน Fine, smectitic, isohyperthermic Ustic Epiaquerts เกิดจากการสลายตัวผุพังอยู่กับที่ และ/หรือ เคลื่อนย้ายมาเป็นระยะทางไกล ๆ โดยแรงโน้มถ่วงของโลกของหินบะซอลต์ สภาพพื้นที่ราบเรียบถึงค่อนข้างราบเรียบ มีความลาดชันน้อยกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นดินลึก มีการระบายน้ำค่อนข้างเร็ว ดินอุ้มน้ำได้สูง น้ำซึมผ่านได้เข้าถึงช้ำมาก การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินช้า เนื้อดินเป็นดินเหนียวตลอดหน้าตัดดิน สีดินเป็นสีเทาเข้มหรือสีน้ำตาลปนเทาเข้ม ในฤดูแล้งจะมีรอยแตกกระแหงกว้าง ลึก และพบรอยไถล (slickensides) ในหน้าตัดดิน ดินบนมีปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลางถึงกลาง (pH 6.0-7.0) ส่วนดินล่างมีปฏิกริยาดินเป็นกลางถึงด่างปานกลาง (pH 7.0-8.0) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548ก)

5. ความสำคัญ และบทบาทของธาตุสังกะสีต่อพืช

สังกะสี (Zn) เป็นธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่พืชต้องการสังกะสีในปริมาณไม่มากเมื่อเปรียบเทียบกับธาตุอาหารหลัก (N P K) และธาตุอาหารรอง (Ca Mg S) สังกะสีจึงถูกจัดอยู่ในกลุ่มจุลธาตุ พืชดูดสังกะสีในรูปไอออนอิสระแคตไอออน (Zn^{2+}) เมื่อรากพืชดูดสังกะสีเข้าไปในเซลล์จะลำเลียงสู่ส่วนเหนือดินทางไซเลมได้สองรูป คือ สังกะสีส่วนหนึ่งรวมกับอินทรีย์สารและเคลื่อนย้ายในรูปคีเลต แต่อีกส่วนหนึ่งยังเป็นแคตไอออนตามเดิม (ขงยุทธ, 2546) สังกะสีมีความสำคัญเกี่ยวกับเอนไซม์หลายชนิด เช่น anhydrase, dehydrogenase, proteinase และ peptidase เป็นตัวควบคุมระบบการเปลี่ยนแปลงให้เป็นน้ำตาลใช้เป็นแหล่งพลังงานในการสังเคราะห์แสง นอกจากนี้สังกะสียังส่งเสริมการสร้างออกซินเพื่อการเจริญเติบโตปกติ ไม่ให้เกิดอาการแคระแกรนในพืช เมื่อพืชได้รับสังกะสีไม่เพียงพอจะมีผลต่อกระบวนการเมแทบอลิซึม กล่าวคือ ทำให้ปริมาณ RNA และ ribosome ในเซลล์ลดลง สังกะสียังมีบทบาทเกี่ยวข้องกับโปรตีนและดีเอ็นเออีกด้วย ธาตุสังกะสีสะสมอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของพืชปริมาณแตกต่างกัน จากมากไปน้อย คือ ราก ลำต้น ใบ และผล ตามลำดับ (Brown *et al.*, 1966 ; Sauchelli, 1969)

6. การขาดธาตุสังกะสีของพืช

สังกะสีในพืชโดยทั่วไปอยู่ในช่วง 25-150 มก./กก. พืชจะแสดงอาการขาดธาตุสังกะสีเมื่อปริมาณสังกะสีในใบน้อยกว่า 10-20 มก./กก. ขึ้นอยู่กับชนิดพืชและสังกะสีจะเป็นพิษกับพืชเมื่อสังกะสีในใบพืชมากกว่า 400 มก./กก. (Havlin *et al.*, 2005) พืชขาดสังกะสีจะแสดงอาการเหลืองระหว่างเส้นใบ ใบอ่อนจะมีเส้นกลางใบแตกเป็นเส้นย่อย ๆ เกิดจุดน้ำตาลที่ใบแก่ต่อมาจุดสีน้ำตาลจะขยายติดกันทำให้เป็นสีน้ำตาลทั้งใบ การเจริญเติบโตช้า ทำให้ผลผลิตสุกแก่ช้ากว่าปกติ ในพืชต้นเล็กถ้าขาดรุนแรงจะทำให้พืชตายได้ ซึ่งในแต่ละพืชอาการขาดสังกะสีจะแตกต่างกันไป เช่นในถั่วเหลืองจะเกิดจุดสีน้ำตาล (reddish brown spot) ที่ใบแก่ ในอ้อยสีเขียวของเส้นใบจะเริ่มซีดจางลุกลามมายังพื้นที่ระหว่างเส้นใบเกิดเส้นสีขาวเป็นทางยาวชัดเจนเนื่องจากปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงและจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเมื่อขาดรุนแรง ในฝ้ายจะปรากฏสีเหลืองน้ำตาลที่ใบจริงใบแรก มีอาการคลอโรซิสที่เส้นใบ ใบหนาและเปราะ ขอบใบม้วนงอขึ้น มีข้อสั้น ทำให้ลำต้นเตี้ย มีลักษณะเป็นพุ่ม การเจริญเติบโต และการออกดอกจะช้าลง (Alloway, 2004) สำหรับข้าวโพด อาการขาดคือ มีแถบสีขาวระหว่างเส้นใบปรากฏขึ้นที่โคนของใบอ่อนในขณะที่ปลายใบยังเป็นสีเขียวตามปกติ ถ้าการขาดเกิดขึ้นในระยะที่ข้าวโพดโตเต็มที่แล้วจะเกิดอาการคลอโรซิส คือมีแถบสีขาวจนถึงสีเหลืองจาง ๆ

เกิดขึ้นระหว่างเส้นใบแล้วค่อย ๆ ขยายออกไปทั่วบริเวณใบ ส่วนของใบ เส้นกลางใบ และปลายใบ จะยังมีสีเขียวอยู่ ใบแก่เป็นสีม่วง การออกไปใหม่และติดฝักช้าลง ถ้าอาการขาดอยู่ในขั้นเล็กน้อยจะเกิด คลอโรซิสที่ใบล่าง ถ้าขาดอย่างรุนแรงใบแก่จะเป็นสีม่วงแล้วเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและแห้งตาย ใบอ่อนมีสีเหลืองซีด บางครั้งมีสีม่วงดำที่บริเวณข้อส่วนกลางของลำต้น ลำต้นแกระแกรน ข้อสั้น ผลผลิตต่ำหรืออาจตายได้ (สุวรรณิ์ และคณะ, 2532)

7. ปุ๋ยสังกะสี

เมื่อพืชได้รับสังกะสีไม่เพียงพอกับความต้องการ จำเป็นต้องเพิ่มสังกะสีหรือใส่ปุ๋ยสังกะสีให้กับพืช ปุ๋ยสังกะสีมีหลายรูป ทั้งในรูปสารประกอบอนินทรีย์ ในรูปคีเลต และในรูปสารประกอบเชิงซ้อนอินทรีย์ (Mortvedt, 1979) รูปที่เป็นสารประกอบอนินทรีย์นั้น ซิงค์ซัลเฟต ($ZnSO_4$) เป็นปุ๋ยสังกะสีซึ่งได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง มี 3 รูปคือ $ZnSO_4 \cdot H_2O$, $ZnSO_4 \cdot 6H_2O$ และ $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ โดยมีสังกะสีเป็นองค์ประกอบ 36 24 และ 22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รูปที่เป็นสังกะสีคีเลตสังเคราะห์ ได้แก่ ZnEDTA ZnDTPA และ ZnEDDHA (ยงยุทธ, 2542; Sauchelli, 1969) สังกะสีคีเลตเมื่อใส่ในดินสังกะสีจะถูกปลดปล่อยออกมาอย่างช้า ๆ ไม่เป็นอันตรายต่อพืชแม้จะใช้อัตราสูงไม่ตกตะกอน เมื่อดินมี pH สูง อย่างไรก็ตามสังกะสีคีเลตมีราคาค่อนข้างแพง สำหรับสังกะสีในรูปสารประกอบเชิงซ้อนอินทรีย์ (natural organic complex) ได้แก่ Zn humate และ Zn lignosulfonate เป็นต้น

การใช้ปุ๋ยสังกะสีมีหลายวิธี อาจใส่ในดินให้กับพืชโดยตรง หรือนิดพ่นทางใบ (Davis *et al.*, 2007) คลุกเมล็ด หรือแช่เมล็ดในสารละลายสังกะสี หรือจุ่มรากต้นกล้าลงในสารละลายสังกะสีก่อนปลูก (Bansal and Nayyar, 1989)

8. งานวิจัยเกี่ยวกับการใช้ปุ๋ยสังกะสีแก่การขาดสังกะสีของพืช

Kang and Okoro (1976) ศึกษาการตอบสนองของปุ๋ยสังกะสีรูปต่าง ๆ ของข้าวที่ปลูกในดินเวอร์ติซอลทางตอนเหนือของประเทศไนจีเรีย พบว่าการใส่ $ZnSO_4$, ZnEDTA, Metallic Zn และ Fritted Zn มีผลในการเพิ่มผลผลิตน้ำหนักรวมของข้าวได้ใกล้เคียงกัน ปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวที่ได้รับสังกะสีในรูปต่าง ๆ มากน้อยต่างกันดังนี้ $ZnSO_4 > ZnEDTA > Metallic Zn > Fritted Zn$

Prasad and Sinha (1981) ศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยสังกะสีรูปต่าง ๆ ในการเพิ่มการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวโพด พบว่าการใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูปแบบ ZnDPTA, ZnEDTA, Zn citrate, Zn fulvate และ $ZnSO_4$ มีผลในการเพิ่มผลผลิตน้ำหนักแห้งของข้าวโพดได้อย่างเด่นชัด ประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตของข้าวโพดของ ZnDPTA, Zn fulvate, ZnEDTA และ Zn citrate สูงกว่า $ZnSO_4$

Maftoun and Karimian (1989) ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของปุ๋ยสังกะสี 2 รูป คือ $ZnSO_4$ และ ZnEDTA สำหรับข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดิน Airport และชุดดิน Bajgah ของประเทศอิหร่าน พบว่า ZnEDTA มีประสิทธิภาพในการเพิ่มปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดดีกว่า $ZnSO_4$ ในทั้งสองชุดดิน ในชุดดิน Airport พบว่าการใส่ปุ๋ยสังกะสีทั้ง 2 รูป มีผลในการเพิ่มผลผลิตน้ำหนักแห้งของข้าวโพด

Goos *et al.* (2000) ศึกษาเปรียบเทียบความเป็นประโยชน์ของปุ๋ยสังกะสี คือ $ZnSO_4$, Zn humate lignosulfonate (ZnHL) และ ZnEDTA ต่อข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนภายใต้สภาพเรือนทดลอง พบว่าเมื่อมีการใส่ปุ๋ยสังกะสีดังกล่าวโดยวิธีผสมคลุกเคล้ากับดิน ข้าวโพดมีการตอบสนองต่อปุ๋ยทั้ง 3 รูปโดยผลผลิตน้ำหนักแห้งของข้าวโพดเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด และพบว่าปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ ZnEDTA มากกว่าที่ได้รับการใส่ $ZnSO_4$ และ ZnHL

Karak *et al.* (2005) ได้ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ $ZnSO_4$ และ ZnEDTA ในการใช้เป็นปุ๋ยสำหรับข้าวที่ปลูกในดินเนื้อปูนประเทศอินเดีย พบว่าที่อัตราการใส่ปุ๋ยสังกะสีที่เท่ากันนั้น ZnEDTA มีผลในการเพิ่มผลผลิต และปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าว มากกว่า $ZnSO_4$

Wang *et al.* (2005) ได้ศึกษาผลการใส่ปุ๋ยสังกะสีกับอ้อยที่ปลูกในดินเนื้อปูนและในดินกรดที่รัฐหลุยเซียนา ประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่าเมื่อมีการใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูปแบบ $ZnSO_4$ ให้กับอ้อยที่ปลูกในดินดังกล่าวในอัตรา 4.4 และ 8.9 kg Zn ha⁻¹ จะช่วยเพิ่มผลผลิตอ้อยโดยเฉลี่ย 24% เมื่อเทียบกับตำรับการทดลองที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยสังกะสี ทั้งในดินเนื้อปูนและในดินกรด

9. ลักษณะทั่วไปของข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 4452

ข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 4452 ได้มาจากการผสมระหว่างสายพันธุ์แท้ Ki 47 กับ Kei 0102 ในปี 2543 ทำการทดสอบพันธุ์ในแหล่งปลูกข้าวโพดต่างๆ จนกระทั่งในปี 2546 ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติได้แนะนำพันธุ์สู่เกษตรกรภาครัฐและเอกชนต่าง ๆ ลักษณะเด่น คือ เป็นพันธุ์ที่ปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมที่เลวถึงดี มีระบบรากและลำต้นแข็งแรงไม่หักล้มง่าย มีความสูงต้น 214 ซม. ใบตั้ง สีเขียวเข้ม ลำต้น และช่อดอกสีม่วง ความสูงฝัก 128 ซม. มีอายุวันสลัดละอองเกสร 50% จำนวน 53 วัน วันออกไหม 50% จำนวน 54 วัน มีเปลือกหุ้มฝักมิดชิด เมล็ดมีสีส้มเหลือง หัวแข็งมี 16 แถว จำนวน 38 เมล็ด/แถว ชั่งมีสีขาว ต้านทานต่อโรคราน้ำค้างและโรคทางใบ ให้ผลผลิตเฉลี่ย 1,187 – 1,454 กก./ไร่ มีเปอร์เซ็นต์กะเทาะเมล็ด 81.9% น้ำหนัก 1,000 เมล็ด เท่ากับ 310.14 กรัม อายุการเก็บเกี่ยวเมล็ดแห้ง 110-120 วัน แต่ข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 4452 เหมาะสมดีในการทำข้าวโพดหมัก ดังนั้นจะเก็บเกี่ยวเมื่ออายุประมาณ 85 วันหลังจากการปลูก (โชคชัย, 2550)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ดินที่ใช้ในการทดลอง คือ ชุดดินชัยบาดาล และชุดดินบุรีรัมย์ เก็บในระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร จากแปลงเกษตรกร จ.ลพบุรี
2. เมล็ดข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 4452
3. ปุ๋ยเคมี มีความบริสุทธิ์สูง (AR. Grade)
 - 3.1 ยูเรีย (NH_2CONH_2)
 - 3.2 โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4)
 - 3.3 โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl)
 - 3.4 ซิงค์ซัลเฟต ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) (22.73 %Zn)
 - 3.5 ซิงค์อีดีทีเอ (ZnEDTA) (14 %Zn)
4. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างดินและพืช
5. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างดินและพืช
 - 5.1 Atomic absorption spectrophotometer
 - 5.2 Spectrophotometer
 - 5.3 Micro – Kjeldahl distillation apparatus

5.4 pH meter

5.5 Electric conductometer

5.6 Digestion apparatus

5.7 ตู้บพีช (ควบคุมอุณหภูมิ)

5.8 เครื่องชั่งทศนิยม 2 และ 4 ตำแหน่ง

5.9 เครื่องบดตัวอย่างดิน และตะแกรงร่อนดิน ขนาด 2 มิลลิเมตร

5.10 เครื่องบดตัวอย่างพีช

5.11 เครื่องเขย่าตัวอย่างดิน

5.12 สารเคมีจำเป็นในการวิเคราะห์ดินและพีช

5.13 อุปกรณ์จำเป็นในการวิเคราะห์ดิน พีช และในการปลูกพีชทดสอบในเรือน

ทดลอง

วิธีการ

1. การศึกษาและการทดลองในห้องปฏิบัติการ

1.1 การเตรียมตัวอย่างดิน

นำตัวอย่างดินชุดดินชัยบาดาล และชุดดินบุรีรัมย์ ที่เก็บที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร จากแปลงข้าวโพดเกษตรกรในจังหวัดลพบุรี มาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม เก็บเศษซากพืชออก ผสมคลุกเคล้า เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนที่หนึ่งบดให้ละเอียดร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร แล้วนำมาทำการวิเคราะห์สมบัติขั้นพื้นฐานในห้องปฏิบัติการ และส่วนที่สองสำหรับใช้ในการปลูกพืชทดสอบในโรงเรือนทดลอง

1.2 การศึกษาสมบัติของดินที่ใช้ในการทดลอง

1.2.1 ปฏิกริยาดิน (pH) วัดโดยใช้เครื่อง pH meter อัตราส่วนระหว่างดินกับน้ำ เท่ากับ 1:1 (ทศนิยม และ จงรักษ์, 2542)

1.2.2 ค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity , EC) วัดโดยใช้เครื่อง electric conductometer อัตราส่วนระหว่างดินกับน้ำ เท่ากับ 1 : 5 (ทศนิยม และ จงรักษ์, 2542)

1.2.3 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (organic matter) โดย Walkley and Black Titration (Walkley and Black, 1934)

1.2.4 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus) สกัดโดยวิธี Bray II และวัดปริมาณโดยวิธี colorimetric (ทศนิยม และ จงรักษ์, 2542)

1.2.5 ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available potassium) สกัดโดยวิธี NH_4OAc pH 7.0 วัดปริมาณโดย atomic absorption spectrophotometer (จงรักษ์, 2550)

1.2.6 ปริมาณแคลเซียม และแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ (available Ca and Mg) สกัดโดยวิธี NH_4OAc pH 7.0 วัดปริมาณโดย atomic absorption spectrophotometer (จิงรักษ์, 2550)

1.2.7 ปริมาณเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงที่เป็นประโยชน์ (available Fe, Mn, Zn and Cu) โดยใช้ 0.005 M DTPA pH 7.3 วัดปริมาณด้วย atomic absorption spectrophotometer (จิงรักษ์, 2550)

1.2.8 วิเคราะห์เนื้อดินโดยวิธีปิเปตต์ (pipette method)

2. การปลูกพืชทดสอบในเรือนทดลอง

แบ่งการทดลองเป็น 2 การทดลอง ดังนี้

2.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาประสิทธิภาพของซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ในการใช้เป็นปุ๋ยสังกะสีสำหรับข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล

2.1.1 การวางแผนทดลอง

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

- | | |
|------------|--|
| ดำรับที่ 1 | ไม่ใส่สังกะสี (Zn 0) |
| ดำรับที่ 2 | ใส่สังกะสีในรูป $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ อัตรา 0.5 มก.Zn/ดิน 1 กก. (ZnSO_4 0.5) |
| ดำรับที่ 3 | ใส่สังกะสีในรูป $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ อัตรา 1.0 มก.Zn/ดิน 1 กก. (ZnSO_4 1.0) |
| ดำรับที่ 4 | ใส่สังกะสีในรูป $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ อัตรา 3.0 มก.Zn/ดิน 1 กก. (ZnSO_4 3.0) |
| ดำรับที่ 5 | ใส่สังกะสีในรูป Zn-EDTA อัตรา 0.5 มก.Zn/ดิน 1 กก. (ZnEDTA 0.5) |

ตำรับที่ 6 ใส่สังกะสีในรูป Zn-EDTA อัตรา 1.0 มก.Zn/ดิน 1 กก. (ZnEDTA 1.0)

ตำรับที่ 7 ใส่สังกะสีในรูป Zn-EDTA อัตรา 3.0 มก.Zn/ดิน 1 กก. (ZnEDTA 3.0)

ทุกตำรับการทดลองใส่ปุ๋ย N P K ในอัตราเดียวกัน โดยปุ๋ยไนโตรเจนใส่ในรูปยูเรีย (NH_2CONH_2) อัตรา 200 มก.N/ดิน 1 กก., ปุ๋ยฟอสฟอรัสใส่ในรูปโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) อัตรา 200 มก. P_2O_5 /ดิน 1 กก. ส่วนปุ๋ยโพแทสเซียมใส่ในรูปโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) และโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) อัตรา 150 มก. K_2O /ดิน 1 กก.

2.1.2 การเตรียมตัวอย่างดิน

นำตัวอย่างดินชุดดินชัยบาดาล มาเลือกเก็บก้อนหิน และเศษซากพืชออก ผสมคลุกเคล้าดินแต่ละชุดดินให้เป็นเนื้อเดียวกันเพื่อให้เกิดความสม่ำเสมอ แล้วชั่งดิน 8 กิโลกรัม ต่อกระถาง โดยใช้กระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านบนยาว 28 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางด้านล่างยาว 21.5 เซนติเมตร และสูง 28.5 เซนติเมตร แต่ละกระถางผสมกับ ปุ๋ย N P K ที่ซึ่งเตรียมไว้ในอัตราดังกล่าวคลุกเคล้าให้เป็นเนื้อเดียวกัน ใส่ปุ๋ยสังกะสีตามชนิดและอัตราต่าง ๆ ในแต่ละตำรับ การทดลองโดยการละลายน้ำรดดินก่อนปลูก ปล่อยให้ทิ้งไว้ 1 วัน

2.1.3 การปลูกพืชทดสอบและการดูแลรักษา

ทำการปลูกข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 4452 จำนวน 3 เมล็ดต่อกระถาง ที่ระดับความลึก 2-3 เซนติเมตร เมื่อดันข้าวโพดออกจนปรากฏใบจริง 3 ใบ ถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อกระถาง รดน้ำด้วยน้ำกรอง (deionized water) ตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโตของข้าวโพดและกำจัดวัชพืชโดยการถอนด้วยมือ

2.1.4 การเก็บข้อมูล

2.1.4.1 ข้อมูลพืช

วัดการเจริญเติบโตเมื่ออายุ 20, 40 และ 60 วันหลังหยอดเมล็ด โดยวัดความสูงและเส้นรอบวงของต้นสูงเหนือผิวดิน 5 เซนติเมตร ทำการเก็บเกี่ยวข้าวโพดเมื่อข้าวโพดแก่ (อายุประมาณ 65 วันหลังหยอดเมล็ด) แยกฝักและต้นส่วนเหนือดิน ชั่งน้ำหนักสด นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ แล้วชั่งน้ำหนักแห้งของตอซังและฝักข้าวโพด

นำตัวอย่างข้าวโพดไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดตัวอย่างพืช เพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณ สังกะสี ในโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ในฝักและต้นข้าวโพด โดยการย่อยสลายด้วย digestion mixture (H_2SO_4 - Na_2SO_4 -Se mixture) เพื่อหาปริมาณ ไนโตรเจนทั้งหมดโดยวิธีการกลั่น Micro-Kjeldahl method, ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดโดยวิธี vanadomolybdate yellow color และโพแทสเซียมทั้งหมดด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (ทัศนีย์ และจรงค์, 2542) และย่อยด้วย HNO_3 - H_2SO_4 - $HClO_4$ acid mixture digestion เพื่อหาปริมาณสังกะสีทั้งหมดในตอซังและฝักข้าวโพดด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (ทัศนีย์ และจรงค์, 2542)

2.1.4.2 ข้อมูลดิน

การวิเคราะห์ดินหลังการเก็บเกี่ยว โดยการผสมคลุกเคล้าดินในแต่ละกระถางให้เป็นเนื้อเดียวกัน สุ่มเก็บตัวอย่างดินประมาณ 1 กิโลกรัม นำดินมาผึ่งในที่ร่มจนแห้ง บดดิน และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร นำดินที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) และปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ โดยสกัดดินด้วย 0.005 M DTPA pH 7.3 นำสารละลายตัวอย่างไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (จรงค์, 2550)

2.1.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

จากข้อมูลพืชและดินที่ได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการ และการทดลองปลูกพืชในกระถาง ได้แก่ ความสูง เส้นรอบวง น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ปริมาณ total N P K และ Zn ในพืช

ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดิน นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance) เพื่อหาค่า F-value และตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้การทดสอบแบบ Duncan's New Multiple's Rang Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

2.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาประสิทธิภาพของซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ในการใช้เป็นปุ๋ยสังกะสีสำหรับข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปนชุดดินบุรีรัมย์

2.2.1 การวางแผนทดลอง

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

- | | |
|------------|--|
| ดำรับที่ 1 | ไม่ใส่สังกะสี (Zn 0) |
| ดำรับที่ 2 | ใส่สังกะสีในรูป $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ อัตรา 0.5 มก.Zn/ดิน 1 กก. ($ZnSO_4$ 0.5) |
| ดำรับที่ 3 | ใส่สังกะสีในรูป $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ อัตรา 1.0 มก.Zn/ดิน 1 กก. ($ZnSO_4$ 1.0) |
| ดำรับที่ 4 | ใส่สังกะสีในรูป $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ อัตรา 3.0 มก.Zn/ดิน 1 กก. ($ZnSO_4$ 3.0) |
| ดำรับที่ 5 | ใส่สังกะสีในรูป Zn-EDTA อัตรา 0.5 มก.Zn/ดิน 1 กก. (ZnEDTA 0.5) |
| ดำรับที่ 6 | ใส่สังกะสีในรูป Zn-EDTA อัตรา 1.0 มก.Zn/ดิน 1 กก. (ZnEDTA 1.0) |
| ดำรับที่ 7 | ใส่สังกะสีในรูป Zn-EDTA อัตรา 3.0 มก.Zn/ดิน 1 กก. (ZnEDTA 3.0) |

ทุกดำรับการทดลองใส่ปุ๋ย N P K ในอัตราเดียวกัน โดยปุ๋ยไนโตรเจนใส่ในรูปยูเรีย (NH_2CONH_2) อัตรา 200 มก.N/ดิน 1 กก. ปุ๋ยฟอสฟอรัสใส่ในรูปโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) อัตรา 200 มก. P_2O_5 /ดิน 1 กก. ส่วนปุ๋ยโพแทสเซียมใส่ในรูปโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) และโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) อัตรา 150 มก. K_2O /ดิน 1 กก.

2.2.2 การเตรียมตัวอย่างดิน

นำตัวอย่างดินชุดดินบุรีรัมย์ มาเลือกเก็บก้อนหิน และเศษซากพืชออก ผสมคลุกเคล้าดินแต่ละชุดดินให้เป็นเนื้อเดียวกันเพื่อให้เกิดความสม่ำเสมอ แล้วชั่งดิน 8 กิโลกรัมต่อกระถาง โดยใช้กระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านบนยาว 28 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางด้านฐานยาว 21.5 เซนติเมตร และสูง 28.5 เซนติเมตรแต่ละกระถางผสมกับปุ๋ย N P K ที่ซึ่งเตรียมไว้ในอัตราดังกล่าวคลุกเคล้าให้เป็นเนื้อเดียวกัน ใส่ปุ๋ยสังกะสีตามชนิดและอัตราต่างๆในแต่ละตำรับ การทดลองโดยการละลายน้ำรดดินก่อนปลูก ปล่อยให้ทิ้งไว้ 1 วัน

2.2.3 การปลูกพืชทดสอบและการดูแลรักษา

ทำการปลูกข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 4452 จำนวน 3 เมล็ดต่อกระถาง ที่ระดับความลึก 2-3 เซนติเมตร เมื่อดันข้าวโพดออกจนปรากฏใบจริง 3 ใบ ถอนแยกให้เหลือ 1 ต้น ต่อกระถาง รดน้ำด้วยน้ำกรอง (deionized water) ตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโตของข้าวโพดและกำจัดวัชพืชโดยการถอนด้วยมือ

2.2.4 การเก็บข้อมูล

2.2.4.1 ข้อมูลพืช

วัดการเจริญเติบโตเมื่ออายุ 20 และ 40 วันหลังหยอดเมล็ด โดยวัดความสูงและเส้นรอบวงของต้นสูงเหนือผิวดิน 5 เซนติเมตร ทำการเก็บเกี่ยวข้าวโพดอายุ 45 วันหลังหยอดเมล็ด ชั่งน้ำหนักสด นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ แล้วชั่งน้ำหนักแห้ง

นำตัวอย่างไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดตัวอย่างพืช เพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณสังกะสี ในโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ในดินข้าวโพด โดยการย่อยสลายด้วย digestion mixture ($H_2SO_4-Na_2SO_4-Se$ mixture) เพื่อหาปริมาณ ในโตรเจนทั้งหมดโดยวิธีการกลั่น Micro-Kjeldahl method ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดโดยวิธี vanadomolybdate yellow color และโพแทสเซียมทั้งหมดด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542)

และย่อยด้วย $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{SO}_4\text{-HClO}_4$ acid mixture digestion เพื่อหาปริมาณสังกะสีทั้งหมดในดิน
ข้าวโพดด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (ทัศนีย์ และจรงค์, 2542)

2.2.4.2 ข้อมูลดิน

การวิเคราะห์ดินหลังการเก็บเกี่ยว โดยการผสมคลุกเคล้าดินในแต่ละ
กระถางให้เป็นเนื้อเดียวกัน สุ่มเก็บตัวอย่างดินประมาณ 1 กิโลกรัม นำดินมาผึ่งในที่ร่มจนแห้ง บดดิน
และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร นำดินที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และ
ค่าการนำไฟฟ้า (EC) และปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ โดยสกัดดินด้วย 0.005 M DTPA pH 7.3
นำสารละลายตัวอย่าง ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (จรงค์, 2550)

2.2.4.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

จากข้อมูลพืชและดินที่ได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการ และ
การทดลองปลูกพืชในกระถาง ได้แก่ ความสูง เส้นรอบวง น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ปริมาณ total
N P K และ Zn ในพืช ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดิน นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทาง
สถิติ (Analysis of Variance) เพื่อหาค่า F-value และตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้
การทดสอบแบบ Duncan's New Multiple's Rang Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

3. สถานที่ทำการทดลอง

ทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการและเรือนทดลองภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพมหานคร

4. ระยะเวลาในการทดลอง

ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึง เดือนมกราคม 2551

ผลและวิจารณ์

ผล

1. การศึกษาสมบัติของชุดดินชัยบาดาล และชุดดินบุรีรัมย์

1.1 สมบัติของชุดดินชัยบาดาล

สมบัติของชุดดินชัยบาดาลที่นำมาศึกษา แสดงอยู่ในตารางที่ 1 พบว่าชุดดินชัยบาดาล มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว (clay) ปฏิกริยาดินเป็นด่าง pH 7.4 มีค่าการนำไฟฟ้า 0.08 dS m^{-1} ปริมาณอินทรีย์วัตถุ เท่ากับ 28 กรัม ต่อกิโลกรัม มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ เท่ากับ 25 มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัม มีปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ เท่ากับ 195 4 433 และ 504 มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ มีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ เท่ากับ 0.68 มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัม ปริมาณแมงกานีส เหล็ก และทองแดงที่เป็นประโยชน์ เท่ากับ 18.42 13.6 และ 1.85 มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 1 สมบัติบางประการของชุดดินชัยบาดาลที่นำมาศึกษา

สมบัติและองค์ประกอบ	Analysis
Soil texture ^{1/}	clay
pH ^{2/}	7.4
EC(dS m ⁻¹) ^{3/}	0.08
Organic matter (g kg ⁻¹) ^{4/}	28
Available phosphorus (mg kg ⁻¹) ^{5/}	25
Available potassium (mg kg ⁻¹) ^{6/}	195
Available calcium (mg kg ⁻¹) ^{6/}	4,433
Available magnesium (mg kg ⁻¹) ^{6/}	504
Available zinc (mg kg ⁻¹) ^{7/}	0.68
Available manganese (mg kg ⁻¹) ^{7/}	18.42
Available iron (mg kg ⁻¹) ^{7/}	13.60
Available copper (mg kg ⁻¹) ^{7/}	1.85

^{1/} Pipette method

^{2/} pH meter (Soil : H₂O = 1:1)

^{3/} Electric conductometer (Soil : H₂O = 1:5)

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

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

^{6/} Extracted with NH₄OAc pH 7.0 (Pratt, 1965)

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

1.2 สมบัติของชุดดินบุรีรัมย์

สมบัติของชุดดินบุรีรัมย์ที่นำมาศึกษา แสดงอยู่ใน ตารางที่ 2 พบว่าชุดดินบุรีรัมย์ มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว (clay) ปฏิกริยาดินเป็นด่าง pH 8.0 มีค่าการนำไฟฟ้า 0.11 dS m^{-1} ปริมาณอินทรีย์วัตถุ เท่ากับ 30 กรัม ต่อ กิโลกรัม มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ เท่ากับ 20 มิลลิกรัม ต่อ กิโลกรัม มีปริมาณ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ เท่ากับ 160 6,000 และ 100 มิลลิกรัม ต่อ กิโลกรัม ตามลำดับ มีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ เท่ากับ 0.36 มิลลิกรัม ต่อ กิโลกรัม ปริมาณแมงกานีส เหล็ก และทองแดงที่เป็นประโยชน์ เท่ากับ 11.0 5.50 และ 0.92 มิลลิกรัม ต่อ กิโลกรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 2 สมบัติบางประการของชุดดินบุรีรัมย์ที่นำมาศึกษา

สมบัติและองค์ประกอบ	Analysis
Soil texture ^{1/}	clay
pH ^{2/}	8.0
EC(dS m^{-1}) ^{3/}	0.11
Organic matter (g kg^{-1}) ^{4/}	30
Available phosphorus (mg kg^{-1}) ^{5/}	20
Available potassium (mg kg^{-1}) ^{6/}	160
Available calcium (mg kg^{-1}) ^{6/}	6,000
Available magnesium (mg kg^{-1}) ^{6/}	100
Available zinc (mg kg^{-1}) ^{7/}	0.36
Available manganese (mg kg^{-1}) ^{7/}	11.0
Available iron (mg kg^{-1}) ^{7/}	5.50
Available copper (mg kg^{-1}) ^{7/}	0.92

^{1/} Pipette method

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

^{2/} pH meter (Soil : H₂O = 1:1)

^{6/} Extracted with NH₄OAc pH 7.0 (Pratt, 1965)

^{3/} Electric conductometer (Soil : H₂O = 1:5) ^{7/} Extracted with DTPA pH 7.3 (Lindsay and Norvell, 1978)

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

2. การศึกษาประสิทธิภาพของซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ในการใช้เป็นปุ๋ยสังกะสีสำหรับข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล

2.1 ผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล

2.1.1 ความสูง

ความสูงของข้าวโพดที่อายุ 20, 40 และ 60 วัน แสดงอยู่ในตารางที่ 3 และภาพที่ 1 พบว่าเมื่อข้าวโพดอายุ 20 วัน ข้าวโพดในดำรับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยสังกะสีมีความสูงต้นต่ำสุด (16.3 เซนติเมตร) การใส่ปุ๋ยสังกะสีทั้งในรูปแบบซิงค์ซัลเฟตและซิงค์อีดีทีเอ จะมีผลในการเพิ่มความสูงของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาลอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ การใส่ปุ๋ยสังกะสีทั้งในรูปแบบซิงค์ซัลเฟตและซิงค์อีดีทีเอในอัตราต่าง ๆ ข้าวโพดมีความสูงไม่แตกต่างกันทางสถิติ ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ซิงค์ซัลเฟตและซิงค์อีดีทีเอ ที่อัตราเดียวกันมีความสูงไม่แตกต่างกัน

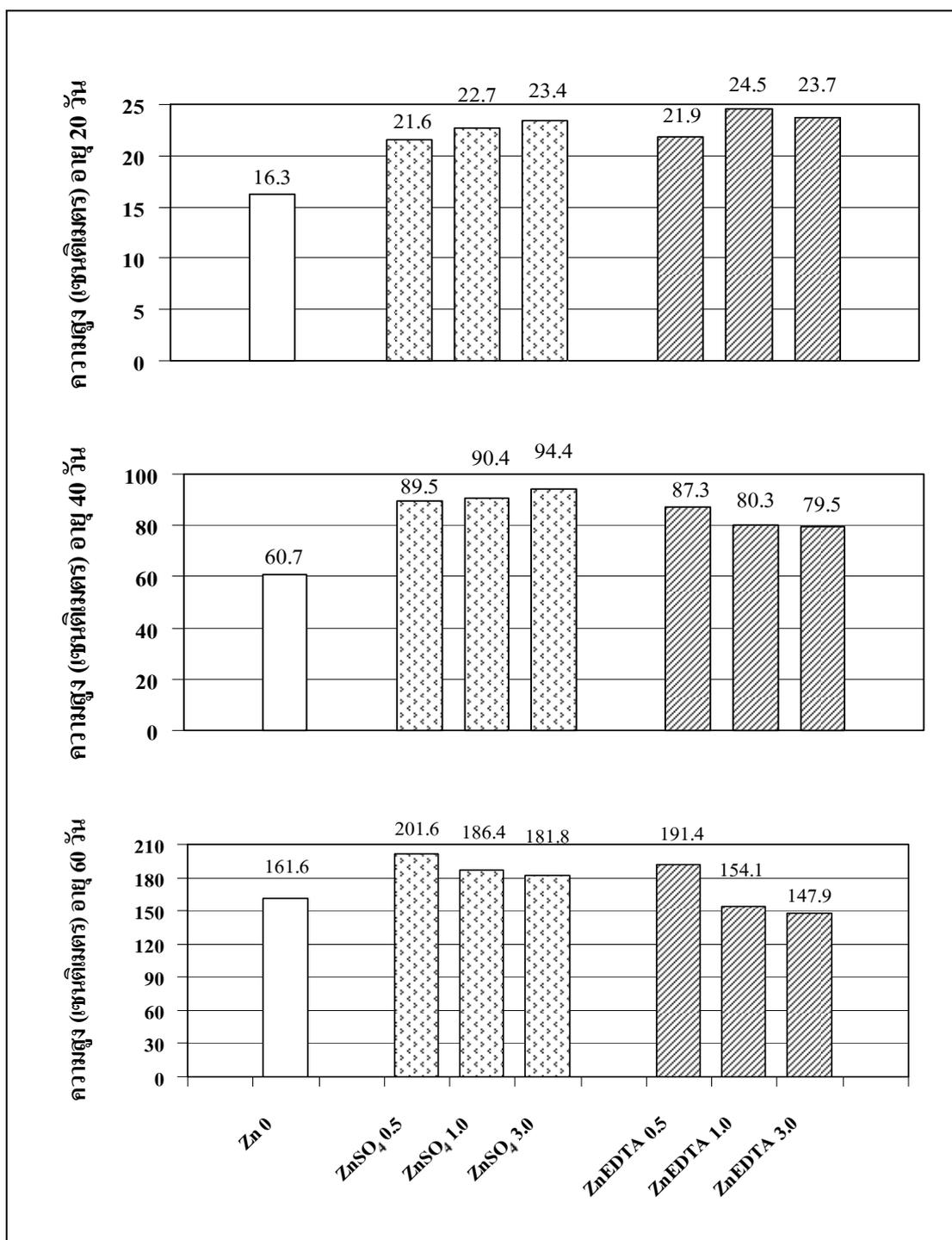
เมื่อข้าวโพดอายุ 40 วัน พบว่า ข้าวโพดในดำรับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยสังกะสีมีความสูงต้นต่ำสุด (60.7 เซนติเมตร) การใส่ปุ๋ยสังกะสีทั้งในรูปแบบซิงค์ซัลเฟตและซิงค์อีดีทีเอ มีผลทำให้ความสูงของข้าวโพดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ซิงค์ซัลเฟตและซิงค์อีดีทีเอในอัตราต่าง ๆ มีความสูงไม่แตกต่างกัน

เมื่อข้าวโพดอายุ 60 วัน พบว่า ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูปแบบซิงค์ซัลเฟตและซิงค์อีดีทีเอที่อัตรา 0.5 มก./ดิน 1 กิโลกรัม มีแนวโน้มมีความสูงมากกว่าข้าวโพดที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสี ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีทั้งในรูปแบบซิงค์ซัลเฟตและซิงค์อีดีทีเอที่อัตราเดียวกันมีความสูงไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 3 ผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อความสูงของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล

ตำรับการทดลอง	ความสูง (เซนติเมตร)		
	20 วัน ^{1/}	40 วัน ^{1/}	60 วัน ^{1/}
Zn 0	16.3 b	60.7 b	161.6 bc
ZnSO ₄ 0.5	21.6 a	89.5 a	201.6 a
ZnSO ₄ 1.0	22.7 a	90.4 a	186.4 ab
ZnSO ₄ 3.0	23.4 a	94.4 a	181.8 abc
ZnEDTA 0.5	21.9 a	87.3 a	191.4 ab
ZnEDTA 1.0	24.5 a	80.3 ab	154.1 bc
ZnEDTA 3.0	23.7 a	79.5 ab	147.9 c
F-test	**	*	*
CV (%)	9.7	13.9	11.3

หมายเหตุ * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
 ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %
^{1/} ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 1 เปรียบเทียบผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อความสูงของข้าวโพดที่ปลูกใน
ชุดดินชัยบาดาล

2.1.2 เส้นรอบวงลำต้นของข้าวโพด

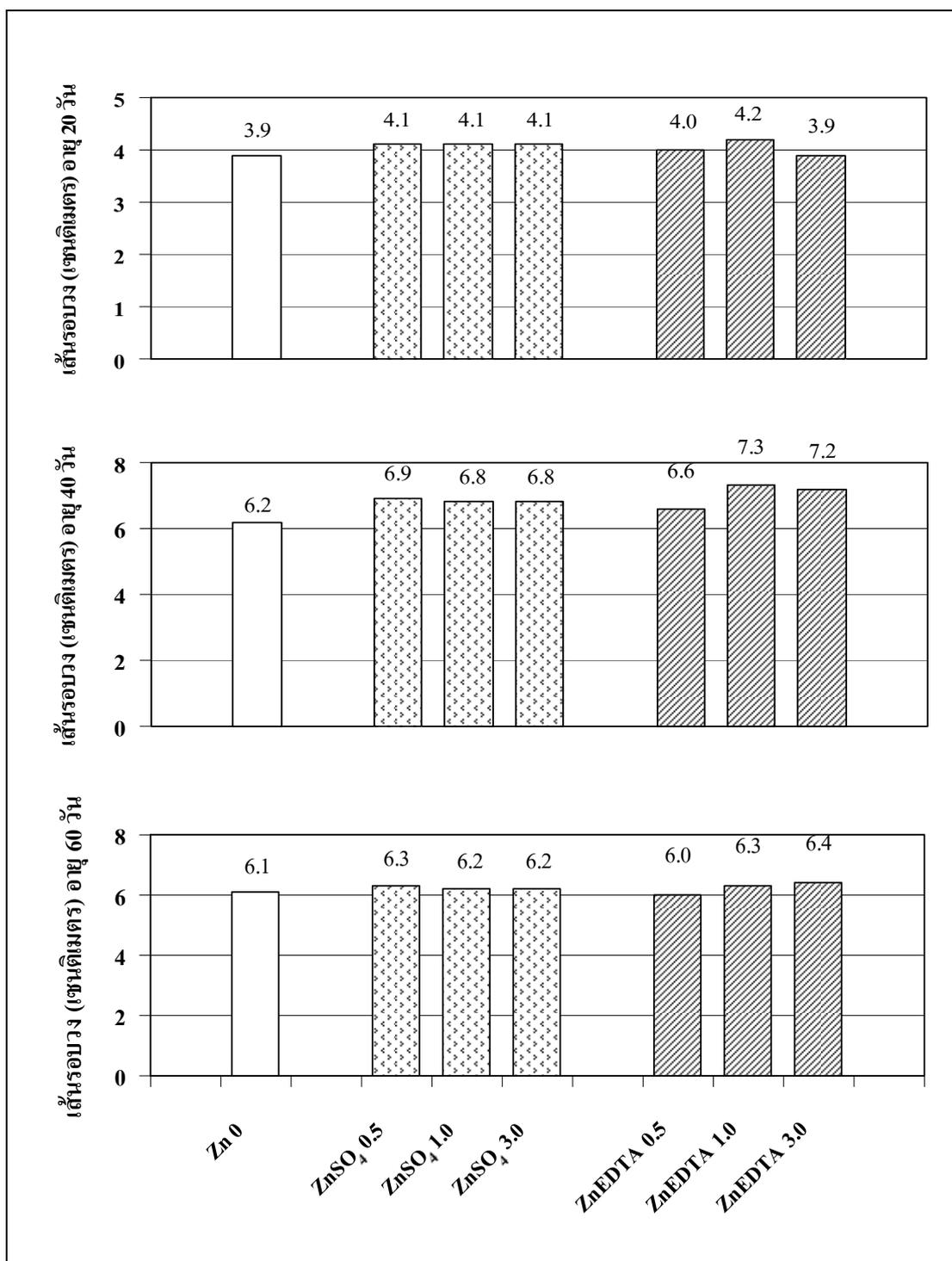
เส้นรอบวงลำต้นของข้าวโพดที่อายุ 20 40 และ 60 วัน แสดงอยู่ในตารางที่ 4 และภาพที่ 2 พบว่าเมื่อข้าวโพดอายุ 20 วัน ข้าวโพดที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสี ที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูปซิงค์ซัลเฟต และที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูปซิงค์อิตีทีเอ มีเส้นรอบวงลำต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยสังกะสีทั้งสองรูปมีแนวโน้มในการเพิ่มเส้นรอบวงลำต้นของข้าวโพด

เมื่อข้าวโพดอายุ 40 และ 60 วัน ผลการทดลองสอดคล้องกัน ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูปซิงค์ซัลเฟต ในรูปซิงค์อิตีทีเอ และที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสี มีเส้นรอบวงลำต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตามเส้นรอบวงลำต้นของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูปซิงค์ซัลเฟต และในรูปซิงค์อิตีทีเอ มีแนวโน้มมากกว่าข้าวโพดที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสี

ตารางที่ 4 ผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อเส้นรอบวงลำต้นของข้าวโพดที่ปลูกใน
ชุดดินชัยบาดาล

ตำรับการทดลอง	เส้นรอบวงลำต้น (เซนติเมตร)		
	20 วัน ^{1/}	40 วัน ^{1/}	60 วัน ^{1/}
Zn 0	3.9	6.2	6.1
ZnSO ₄ 0.5	4.1	6.9	6.3
ZnSO ₄ 1.0	4.1	6.8	6.2
ZnSO ₄ 3.0	4.1	6.8	6.2
ZnEDTA 0.5	4.0	6.6	6.0
ZnEDTA 1.0	4.2	7.3	6.3
ZnEDTA 3.0	3.9	7.2	6.4
F-test	ns	ns	ns
CV (%)	8.6	8.5	11.4

หมายเหตุ ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ



ภาพที่ 2 เปรียบเทียบผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอต่อเส้นรอบวงลำต้นของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล

2.2 ผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อผลผลิตน้ำหนักรากแห้งฝัก และน้ำหนักรากแห้งต่อซังของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล

2.2.1 ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งฝัก

ผลการศึกษาพบว่า ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งฝักของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูปซิงค์ซัลเฟต และในรูปซิงค์อีดีทีเอทุกตำรับการทดลอง สูงกว่าผลผลิตน้ำหนักรากแห้งฝักของข้าวโพดที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีเลยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 5 และภาพที่ 3) ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งฝักของข้าวโพดในตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูปซิงค์ซัลเฟตอัตราต่าง ๆ เพิ่มขึ้นเมื่ออัตราปุ๋ยที่ใส่เพิ่มขึ้น โดยที่อัตราการใส่ซิงค์ซัลเฟต 3.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งฝักของข้าวโพดสูงกว่าที่ใส่ซิงค์ซัลเฟต อัตรา 0.5 และ 1.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูปซิงค์อีดีทีเออัตราต่าง ๆ พบว่าผลผลิตน้ำหนักรากแห้งฝักของข้าวโพดลดลงเมื่ออัตราปุ๋ยสังกะสีที่ใส่เพิ่มขึ้น โดยผลผลิตน้ำหนักรากแห้งฝักของข้าวโพดที่ได้รับการใส่สังกะสีในรูปซิงค์อีดีทีเอในอัตรา 0.5 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม มีแนวโน้มสูงกว่าที่ได้รับการใส่ซิงค์อีดีทีเอ อัตรา 1.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม และสูงกว่าผลผลิตน้ำหนักรากแห้งฝักของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ซิงค์อีดีทีเอ อัตรา 3.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับผลผลิตน้ำหนักรากแห้งฝักของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูปซิงค์ซัลเฟต และในรูปซิงค์อีดีทีเออัตราต่าง ๆ พบว่าผลผลิตน้ำหนักรากแห้งฝักของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูปซิงค์อีดีทีเอ อัตรา 0.5 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม สูงกว่าผลผลิตน้ำหนักรากแห้งฝักของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ซิงค์ซัลเฟต อัตรา 0.5 และ 1.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และใกล้เคียงกับผลผลิตน้ำหนักรากแห้งฝักของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ซิงค์ซัลเฟต อัตรา 3.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งฝักของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ซิงค์อีดีทีเอ อัตรา 1.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม มีแนวโน้มสูงกว่าที่ได้รับการใส่ซิงค์ซัลเฟต อัตรา 1.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม และไม่แตกต่างกับผลผลิตข้าวโพดที่ได้รับการใส่ซิงค์ซัลเฟต อัตรา 3.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งฝักของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ซิงค์อีดีทีเอ อัตรา 3.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ต่ำกว่าที่ได้รับการใส่ซิงค์ซัลเฟตทุกอัตรา

2.2.2 น้ำหนักแห้งของต่อซัง

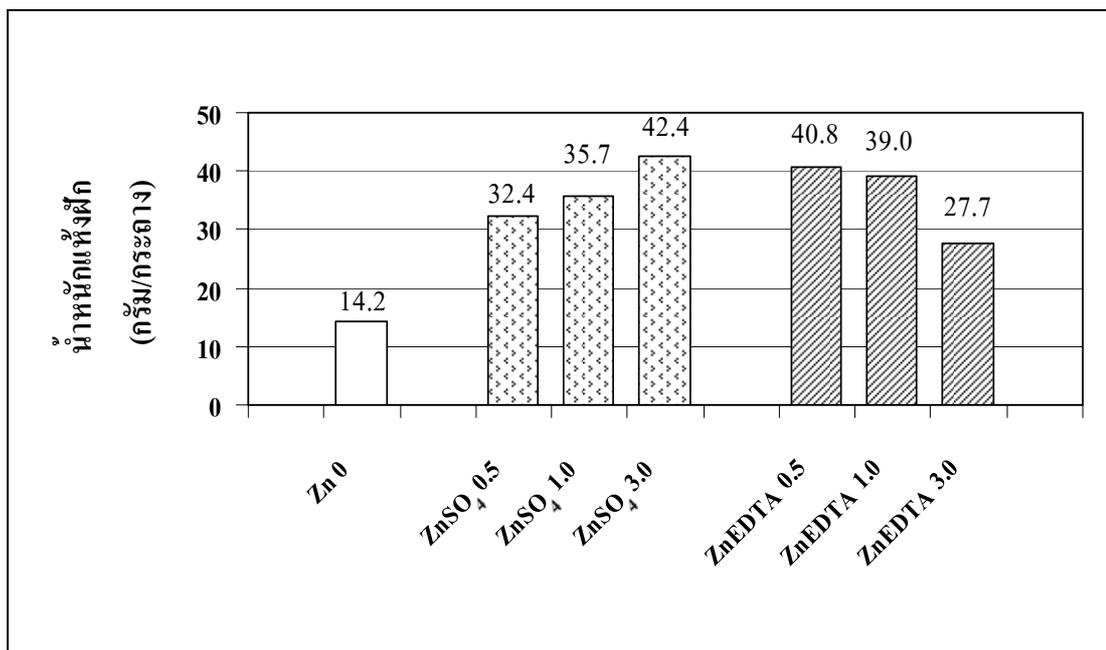
การใส่ปุ๋ยสังกะสีทั้งในรูปซิงค์ซัลเฟตและซิงค์อีดีทีเอ มีผลในการเพิ่มน้ำหนักแห้งต่อซังของข้าวโพด โดยน้ำหนักแห้งต่อซังของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีทั้งสองรูปสูงกว่าข้าวโพดในตำรับการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ยสังกะสีเลยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 5 และภาพที่ 4) พบว่าข้าวโพดในตำรับที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูปซิงค์ซัลเฟต น้ำหนักแห้งต่อซังจะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการใส่สังกะสีเพิ่มขึ้น ส่วนในตำรับการทดลองที่ใส่ซิงค์อีดีทีเออัตราต่างๆ พบว่าน้ำหนักแห้งต่อซังของข้าวโพดไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งต่อซังของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีทั้งสองรูป พบว่าน้ำหนักแห้งของต่อซังของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ซิงค์อีดีทีเอ อัตรา 0.5 1.0 และ 3.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ไม่แตกต่างกับที่ได้รับการใส่ซิงค์ซัลเฟต อัตรา 1.0 และ 3.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม แต่สูงกว่าที่ได้รับการใส่ซิงค์ซัลเฟต อัตรา 0.5 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม

ตารางที่ 5 ผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อผลผลิตน้ำหนักแห้งฝัก และน้ำหนักแห้งต่อซัง
ของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล

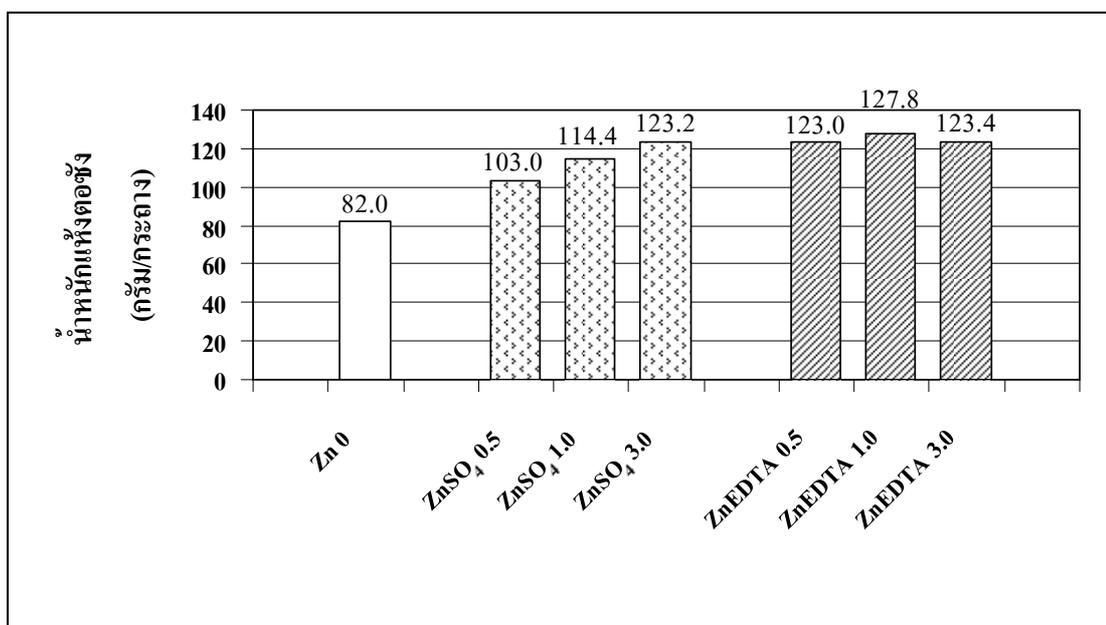
ตำรับการทดลอง	ผลผลิตน้ำหนักแห้งของข้าวโพด (กรัม ต่อกระถาง)	
	น้ำหนักแห้งฝัก ^{1/}	น้ำหนักแห้งต่อซัง ^{1/}
Zn 0	14.2 e	82.0 c
ZnSO ₄ 0.5	32.4 c	103.0 b
ZnSO ₄ 1.0	35.7 bc	114.4 ab
ZnSO ₄ 3.0	42.4 a	123.2 a
ZnEDTA 0.5	40.8 a	123.0 a
ZnEDTA 1.0	39.0 ab	127.8 a
ZnEDTA 3.0	27.7 d	123.4 a
F-test	**	**
CV(%)	8.0	6.7

หมายเหตุ ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

^{1/} ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 3 เปรียบเทียบผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อผลผลิตน้ำหนักแห้งฝักของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล



ภาพที่ 4 เปรียบเทียบผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อผลผลิตน้ำหนักแห้งตอซังของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล

2.3 ผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล

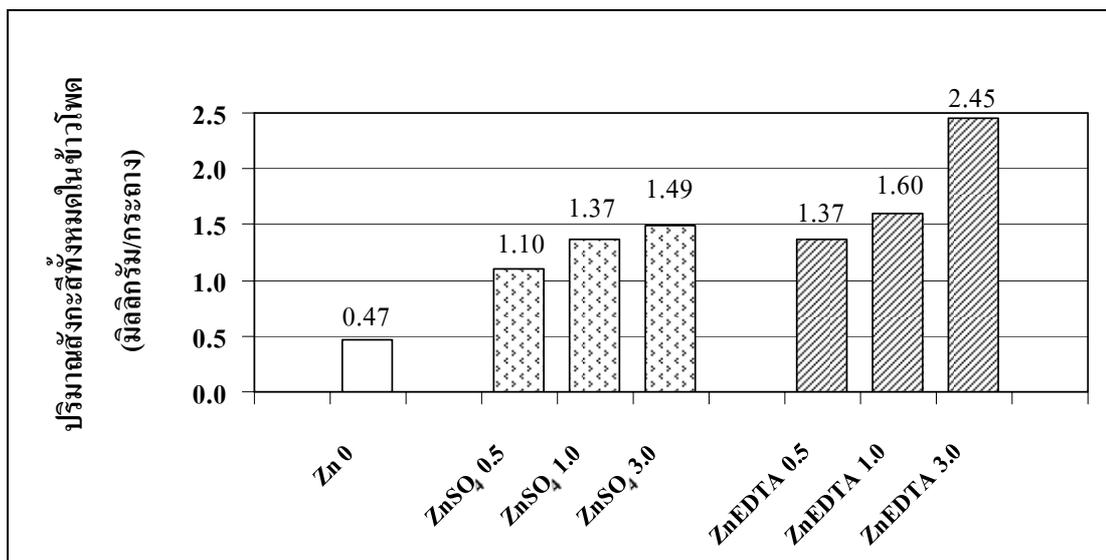
ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีทั้งในรูปซิงค์ซัลเฟตและซิงค์อีดีทีเอ มีปริมาณการดูดใช้สังกะสีสูงกว่าข้าวโพดที่ได้รับการทดลองที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยสังกะสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 6 และภาพที่ 5) พบว่าข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูปซิงค์อีดีทีเอ อัตรา 3.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม มีปริมาณการดูดใช้สังกะสีสูงสุด เท่ากับ 2.45 มิลลิกรัม ต่อกระถาง รองลงมาคือ ดำรับที่ได้รับการใส่ซิงค์อีดีทีเอ อัตรา 1.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีทั้งสองรูป จะเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่ปุ๋ยสังกะสีที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูปซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอที่อัตราการใส่ปุ๋ยสังกะสีที่เท่ากัน พบว่า ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูปซิงค์อีดีทีเอมีปริมาณการดูดใช้สังกะสี สูงกว่าที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูปซิงค์ซัลเฟต พบว่าปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ซิงค์อีดีทีเอ อัตรา 0.5 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ที่ได้รับการใส่ซิงค์ซัลเฟต อัตรา 1.0 และ 3.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 6 ผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพด
ที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล

ตำรับการทดลอง	ปริมาณสังกะสีทั้งหมดในข้าวโพด ^u (มิลลิกรัม ต่อกระถาง)
Zn 0	0.47 e
ZnSO ₄ 0.5	1.10 d
ZnSO ₄ 1.0	1.37 c
ZnSO ₄ 3.0	1.49 bc
ZnEDTA 0.5	1.37 c
ZnEDTA 1.0	1.60 b
ZnEDTA 3.0	2.45 a
F-test	**
CV(%)	9.9

หมายเหตุ ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

^u ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 5 เปรียบเทียบผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล

2.4 ผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อปริมาณการดูดใช้ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล

2.4.1 ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจน

ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีทั้งในรูปซิงค์ซัลเฟตและซิงค์อีดีทีเอ มีปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนเพิ่มขึ้น สูงกว่าดำรับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยสังกะสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 7 และภาพที่ 6) พบว่าข้าวโพดที่ได้รับการใส่ซิงค์อีดีทีเอ อัตรา 1.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม มีปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนสูงสุด แต่ไม่แตกต่างกับดำรับที่ได้รับการใส่ซิงค์ซัลเฟต อัตรา 3.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม การใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูปซิงค์ซัลเฟตในอัตราที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนของข้าวโพดเพิ่มขึ้น การใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูปซิงค์อีดีทีเอในอัตราที่เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 1.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม มีผลทำให้ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนของข้าวโพดเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนของข้าวโพดจะลดลงเมื่อเพิ่มอัตราการใส่ซิงค์อีดีทีเอเป็น 3.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม พบว่าที่อัตราการใส่ปุ๋ยสังกะสีที่เท่ากัน คือ 0.5 1.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ซิงค์อีดีทีเอสูงกว่าที่ได้รับการใส่ซิงค์ซัลเฟต แต่ที่อัตราการใส่ปุ๋ยสังกะสี 3.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ซิงค์ซัลเฟตสูงกว่าที่ได้รับการใส่ซิงค์อีดีทีเอ

2.4.2 ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัส

ผลการศึกษาพบว่า การใส่ปุ๋ยสังกะสีทั้งสองรูป คือ ชิงค์ซัลเฟตและซิงค์อีดีทีเอ มีผลในการเพิ่มปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสของข้าวโพด โดยสูงกว่าค่ารับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยสังกะสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 7 และภาพที่ 6) ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ซิงค์อีดีทีเอ อัตรา 0.5 และ 1.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ที่ได้รับการใส่ซิงค์ซัลเฟต อัตรา 3.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม มีปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสไม่แตกต่างกันและสูงกว่าค่ารับที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีอื่น ๆ การใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูปซิงค์ซัลเฟตในอัตราที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสของข้าวโพดเพิ่มขึ้น ส่วนการใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูปซิงค์อีดีทีเอ พบว่า ที่อัตราการใส่ซิงค์อีดีทีเอ 0.5 และ 1.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสของข้าวโพดใกล้เคียงกันและสูงกว่าที่อัตราการใส่ซิงค์อีดีทีเอ 3.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการใส่ปุ๋ยสังกะสีที่เท่ากัน คือ 0.5 และ 1.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ซิงค์อีดีทีเอ สูงกว่าที่ได้รับการใส่ซิงค์ซัลเฟต แต่ที่อัตราการใส่ปุ๋ยสังกะสี 3.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ซิงค์ซัลเฟต สูงกว่าที่ได้รับการใส่ซิงค์อีดีทีเอ

2.4.3 ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียม

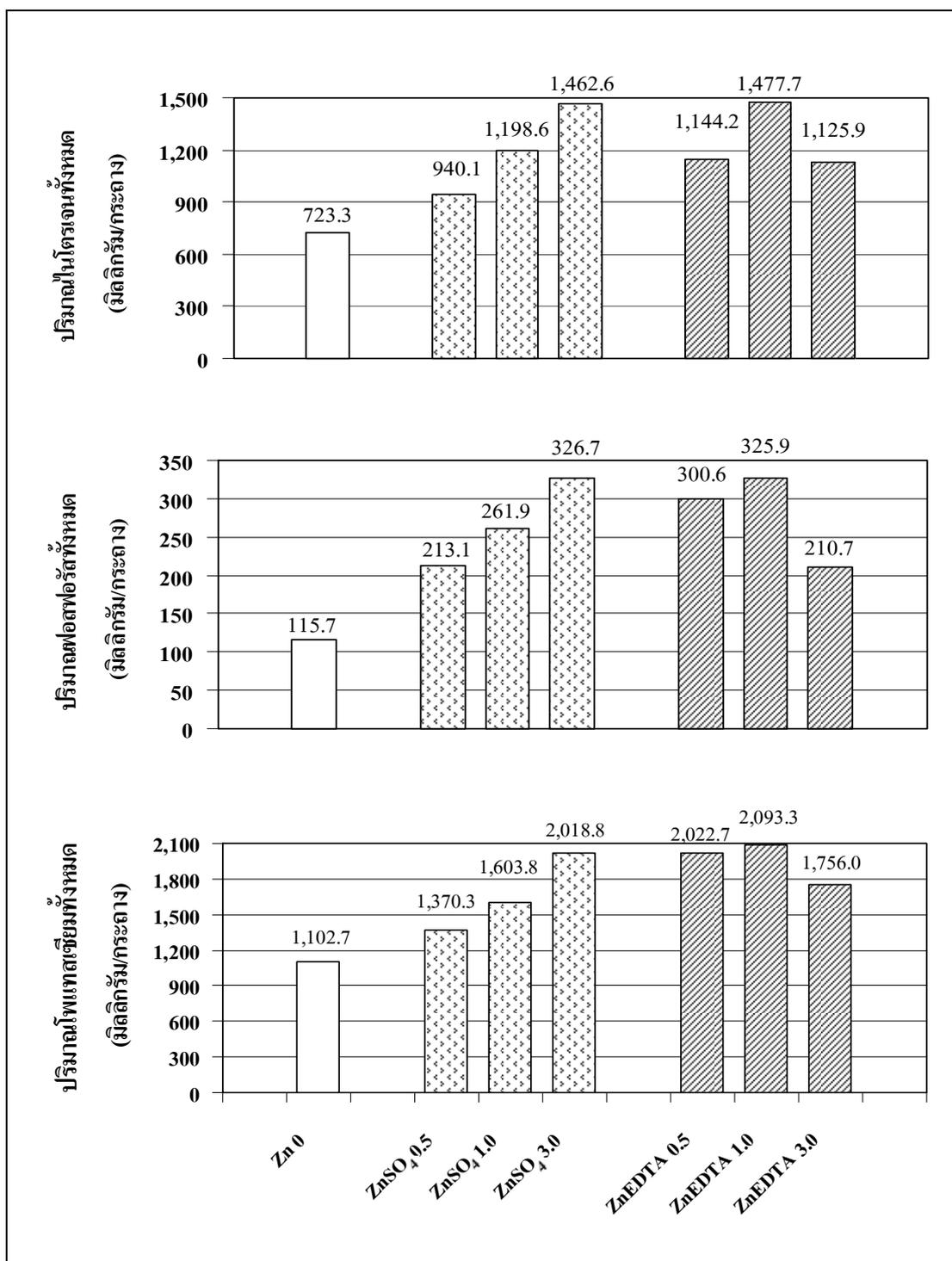
ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีทั้งสองรูป คือ ชิงค์ซัลเฟตและซิงค์อีดีทีเอ สูงกว่าค่ารับการทดลองที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยสังกะสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 7 และภาพที่ 6) ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ซิงค์อีดีทีเอ อัตรา 0.5 และ 1.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม และที่ได้รับการใส่ซิงค์ซัลเฟต อัตรา 3.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม มีปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมใกล้เคียงกัน และสูงกว่าที่ได้รับการใส่ซิงค์ซัลเฟตและซิงค์อีดีทีเออัตราอื่นๆ พบว่าการใส่ซิงค์ซัลเฟตในอัตราที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมของข้าวโพดเพิ่มขึ้น การใส่ซิงค์อีดีทีเอในอัตรา 0.5 และ 1.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมของข้าวโพดไม่แตกต่างกันและจะลดลงเมื่ออัตราการใส่ซิงค์อีดีทีเอเพิ่มเป็น 3.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบการใส่ปุ๋ยสังกะสีทั้งสองรูปที่อัตราที่เท่ากัน พบว่า ที่อัตราการใส่ปุ๋ยสังกะสี 0.5 และ 1.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ซิงค์อีดีทีเอ สูงกว่าที่ได้รับการใส่ซิงค์ซัลเฟต แต่ที่อัตราการใส่ปุ๋ยสังกะสี 3.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ซิงค์ซัลเฟต สูงกว่าที่ได้รับการใส่ซิงค์อีดีทีเอ

ตารางที่ 7 ผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อปริมาณการดูดใช้ใน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โปแทสเซียมของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล

ตำรับการทดลอง	ปริมาณธาตุอาหารในข้าวโพด (มิลลิกรัม ต่อกระถาง)		
	ไนโตรเจนทั้งหมด ^{1/}	ฟอสฟอรัสทั้งหมด ^{1/}	โปแทสเซียมทั้งหมด ^{1/}
Zn 0	723.3 d	115.7 d	1,102.7 d
ZnSO ₄ 0.5	940.1 c	213.1 c	1,370.3 c
ZnSO ₄ 1.0	1,198.6 b	261.9 b	1,603.8 b
ZnSO ₄ 3.0	1,462.6 a	326.7 a	2,018.8 a
ZnEDTA 0.5	1,144.2 b	300.6 a	2,022.7 a
ZnEDTA 1.0	1,477.7 a	325.9 a	2,093.3 a
ZnEDTA 3.0	1,125.9 b	210.7 c	1,756.0 b
F-test	**	**	**
CV(%)	8.5	7.7	6.7

หมายเหตุ ** แสดงต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

^{1/} ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 6 เปรียบเทียบผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อปริมาณการดูดใช้ใน โตรเจน ฟอสฟอรัส และ โปรตีนของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล

2.5 ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดิน ชุดดินชัยบาดาลที่ปลูกข้าวโพด

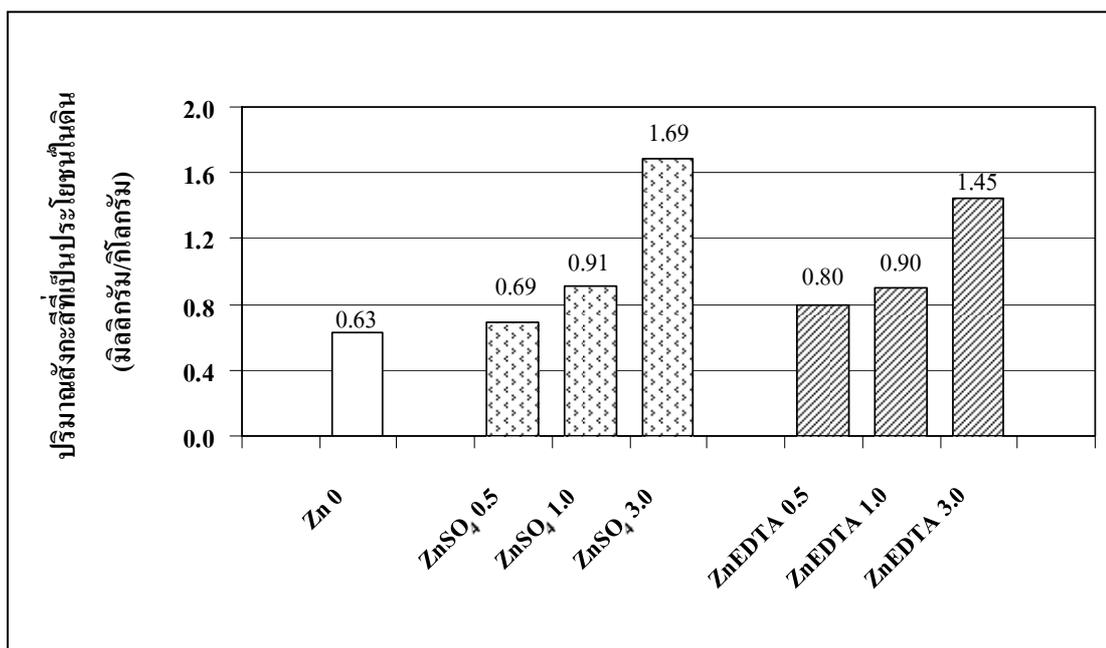
ผลการศึกษาปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในชุดดินชัยบาดาลหลังเก็บเกี่ยวข้าวโพด พบว่า ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินปลูกข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีทั้งในรูปแบบซิงค์ซัลเฟตและซิงค์อดีทีเอ สูงกว่าในดินปลูกข้าวโพดที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีเลย (ตารางที่ 8 และภาพที่ 7) ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่ปุ๋ยสังกะสีที่เพิ่มขึ้น ทั้งเมื่อใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูปแบบซิงค์ซัลเฟตและในรูปแบบซิงค์อดีทีเอ ที่อัตราการใส่ปุ๋ยสังกะสี 0.5 และ 1.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีทั้งสองรูป ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ที่อัตราการใส่ปุ๋ยสังกะสี 3.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินที่ได้รับการใส่ซิงค์ซัลเฟตสูงกว่าซิงค์อดีทีเอ พบว่าปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินที่ปลูกข้าวโพดมีความสัมพันธ์กับปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพด อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.8921 และมีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (r^2) เท่ากับ 0.7959 (ภาพที่ 8)

ตารางที่ 8 ผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดิน
ปลูกข้าวโพดชูดินชัยบาดาล

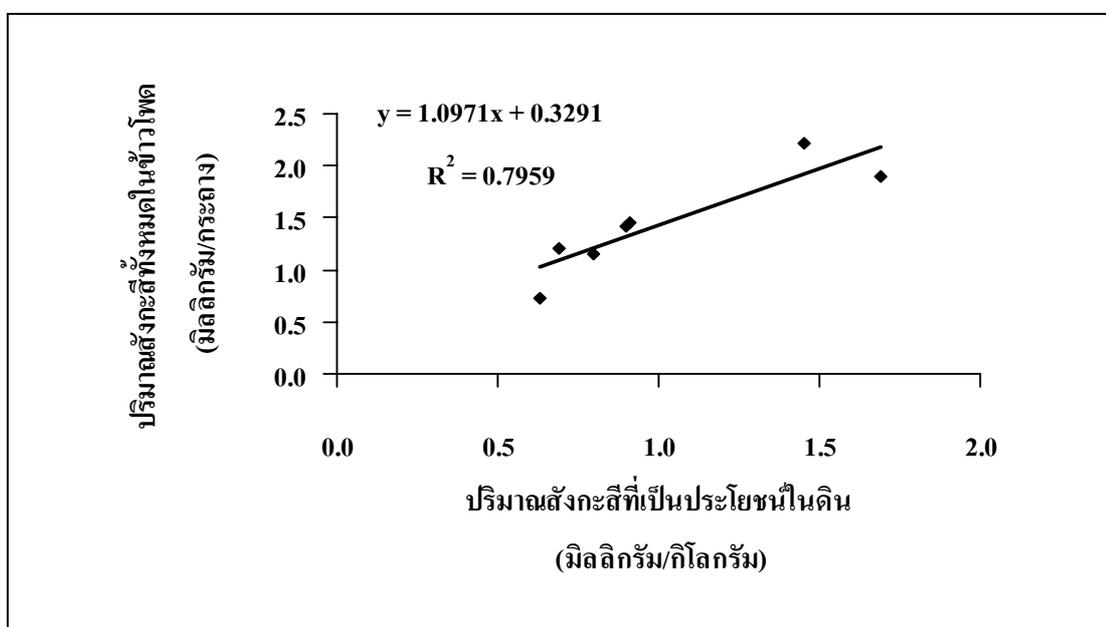
ตำรับการทดลอง	สังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดิน ^๑ (มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัม)
Zn 0	0.63 e
ZnSO ₄ 0.5	0.69 de
ZnSO ₄ 1.0	0.91 c
ZnSO ₄ 3.0	1.69 a
ZnEDTA 0.5	0.80 cd
ZnEDTA 1.0	0.90 c
ZnEDTA 3.0	1.45 b
F-test	**
CV(%)	6.7

หมายเหตุ ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

^๑ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 7 เปรียบเทียบผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินปลูกข้าวโพดชุดดินชัยบาดาล



ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินที่ปลูกข้าวโพด กับปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล

2.6 ผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อปฏิกิริยาดิน (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของชุดดินชัยบาดาลที่ปลูกข้าวโพด

2.6.1 ปฏิกิริยาดิน (pH) ของดินหลังปลูกข้าวโพดแสดงอยู่ในตารางที่ 9 พบว่า pH ของดินในตำรับการทดลองที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีทั้งในรูปแบบซิงค์ซัลเฟตและซิงค์อีดีทีเอในอัตราต่าง ๆ และตำรับการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ยสังกะสีเลยมีค่าใกล้เคียงกัน โดยอยู่ในช่วง 7.0 - 7.2

2.6.2 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของดินหลังปลูกข้าวโพดแสดงอยู่ในตารางที่ 9 พบว่าค่าการนำไฟฟ้าของชุดดินชัยบาดาลในตำรับการทดลองที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีทั้งในรูปแบบซิงค์ซัลเฟตและซิงค์อีดีทีเอในอัตราต่างๆ และตำรับการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ยสังกะสีเลยมีค่าใกล้เคียงกัน โดยอยู่ในช่วง 0.04 - 0.06 dSm^{-1}

ตารางที่ 9 ผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อปฏิกิริยาดิน (pH) และค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) ชุดดินชัยบาดาลที่ปลูกข้าวโพด

ตำรับการทดลอง	pH	EC (dSm^{-1})
Zn 0	7.1	0.04
ZnSO ₄ 0.5	7.2	0.04
ZnSO ₄ 1.0	7.1	0.04
ZnSO ₄ 3.0	7.1	0.04
ZnEDTA 0.5	7.1	0.04
ZnEDTA 1.0	7.0	0.06
ZnEDTA 3.0	7.0	0.04

3. การศึกษาประสิทธิภาพของซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ในการใช้เป็นปุ๋ยสังกะสีสำหรับข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์

3.1 ผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์

3.1.1 ความสูงของข้าวโพด

การเจริญเติบโตทางด้านความสูงของข้าวโพดอายุ 20 และ 40 วัน แสดงในตารางที่ 10 และภาพที่ 9 พบว่าเมื่ออายุ 20 วัน ข้าวโพดในดำรับการทดลองที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยสังกะสีเลย มีความสูงต่ำสุด (11.4 เซนติเมตร) การใส่ปุ๋ยสังกะสีทั้งในรูปแบบซิงค์ซัลเฟตและซิงค์อีดีทีเอ มีผลทำให้ความสูงของต้นข้าวโพดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่าความสูงของข้าวโพดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยสังกะสีที่ใส่เพิ่มขึ้น การใส่สังกะสีทั้งสองรูปที่อัตราเดียวกันข้าวโพดมีความสูงต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ

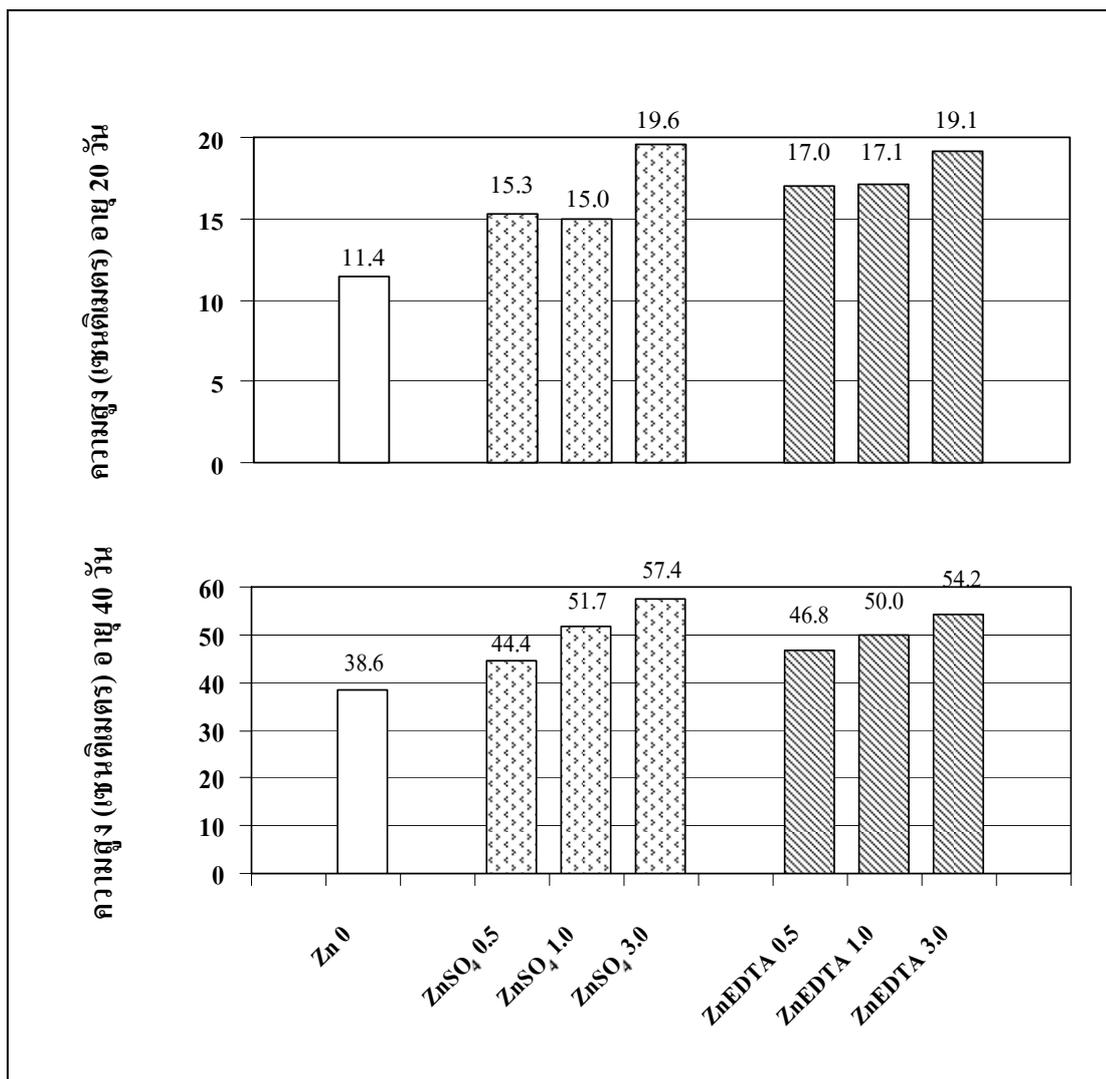
เมื่อข้าวโพดอายุ 40 วัน พบว่า การใส่ปุ๋ยสังกะสีทั้งในรูปแบบซิงค์ซัลเฟตและซิงค์อีดีทีเอ มีผลทำให้ความสูงของต้นข้าวโพดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความสูงของข้าวโพดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยสังกะสีที่ใส่เพิ่มขึ้น การใส่สังกะสีทั้งสองรูปที่อัตราเดียวกันข้าวโพดมีความสูงไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 10 ผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อความสูงของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินบุรีรัมย์

ตำรับการทดลอง	ความสูง (เซนติเมตร)	
	อายุ 20 วัน ^{1/}	อายุ 40 วัน ^{1/}
Zn 0	11.4 b	38.6 c
ZnSO ₄ 0.5	15.3 ab	44.4 bc
ZnSO ₄ 1.0	15.0 ab	51.7 ab
ZnSO ₄ 3.0	19.6 a	57.4 a
ZnEDTA 0.5	17.0 a	46.8 bc
ZnEDTA 1.0	17.1 a	50.0 ab
ZnEDTA 3.0	19.1 a	54.2 ab
F-test	*	*
CV(%)	15.3	10.8

หมายเหตุ * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

^{1/} ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 9 เปรียบเทียบผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อความสูงของข้าวโพดที่ปลูกใน
ชุดดินบุรีรัมย์

3.1.2 เส้นรอบวงลำต้นของข้าวโพด

การเจริญเติบโตทางด้านขนาดลำต้นของข้าวโพด ซึ่งประเมินจากเส้นรอบวงลำต้นที่ข้าวโพดอายุ 20 และ 40 วัน แสดงอยู่ตารางที่ 11 และภาพที่ 10 เมื่อข้าวโพดอายุ 20 วัน เส้นรอบวงลำต้นของข้าวโพดดำรับที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีเลย และที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูปแบบซิงค์ซัลเฟตและซิงค์ออดีทีเอใกล้เคียงกัน โดยอยู่ในช่วง 3.2 - 3.8 เซนติเมตร ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีในอัตราต่างๆ มีเส้นรอบวงลำต้นไม่แตกต่างกัน ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูปแบบซิงค์ซัลเฟตและซิงค์ออดีทีเออัตราเดียวกัน มีเส้นรอบวงลำต้นใกล้เคียงกัน

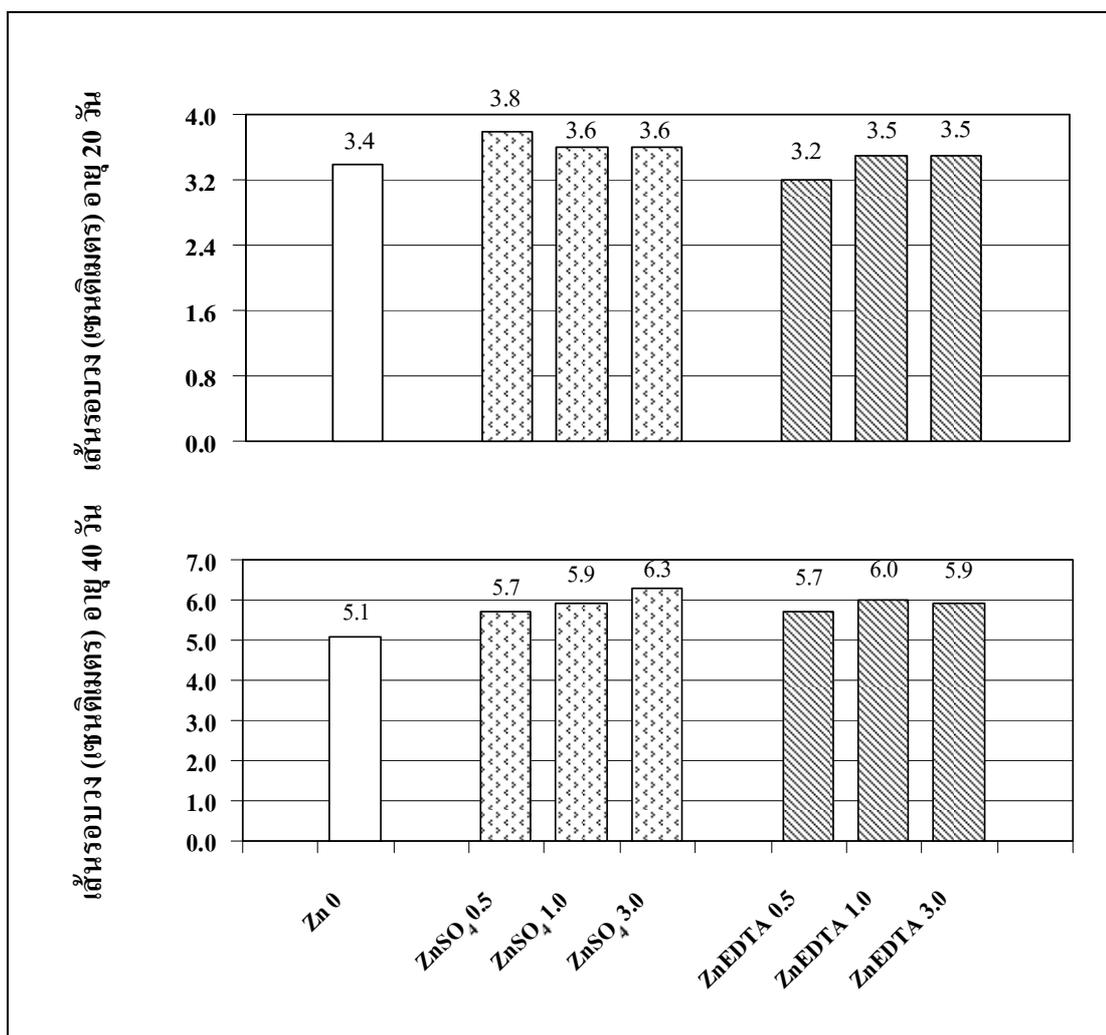
เมื่อข้าวโพดอายุ 40 วัน พบว่าข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีทั้งในรูปแบบซิงค์ซัลเฟตและซิงค์ออดีทีเอ มีแนวโน้มมีเส้นรอบวงลำต้นเพิ่มขึ้นสูงกว่าข้าวโพดที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสี ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีในอัตราต่างๆ มีเส้นรอบวงลำต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูปแบบซิงค์ซัลเฟตและซิงค์ออดีทีเอ อัตราเดียวกันมีเส้นรอบวงลำต้นใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 11 ผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อเส้นรอบวงลำต้นของข้าวโพดที่ปลูกใน
ชุดดินบุรีรัมย์

ตำรับการทดลอง	เส้นรอบวงลำต้น (เซนติเมตร)	
	อายุ 20 วัน [∟]	อายุ 40 วัน [∟]
Zn 0	3.4	5.1
ZnSO ₄ 0.5	3.8	5.7
ZnSO ₄ 1.0	3.6	5.9
ZnSO ₄ 3.0	3.6	6.3
ZnEDTA 0.5	3.2	5.7
ZnEDTA 1.0	3.5	6.0
ZnEDTA 3.0	3.5	5.9
F-test	ns	ns
CV(%)	9.2	8.0

หมายเหตุ ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

[∟] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ
ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 10 เปรียบเทียบผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อเส้นรอบวงลำต้นของข้าวโพด ที่ปลูกในชุดดินบุรีรัมย์

3.2 ผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อผลผลิตน้ำหนักรวมต่อชั่งของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินบุรีรัมย์

การใส่ปุ๋ยสังกะสีทั้งในรูปซิงค์ซัลเฟตและซิงค์อีดีทีเอ มีผลในการเพิ่มผลผลิตน้ำหนักรวมต่อชั่งของข้าวโพด ที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 12 และภาพที่ 11) ผลผลิตน้ำหนักรวมของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูปซิงค์อีดีทีเอ และในรูปซิงค์ซัลเฟต อัตรา 3.0 มก. Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ใกล้เคียงกัน และสูงกว่าที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีอัตราอื่น ๆ ผลผลิตน้ำหนักรวมของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูปซิงค์ซัลเฟตเพิ่มขึ้นตาม

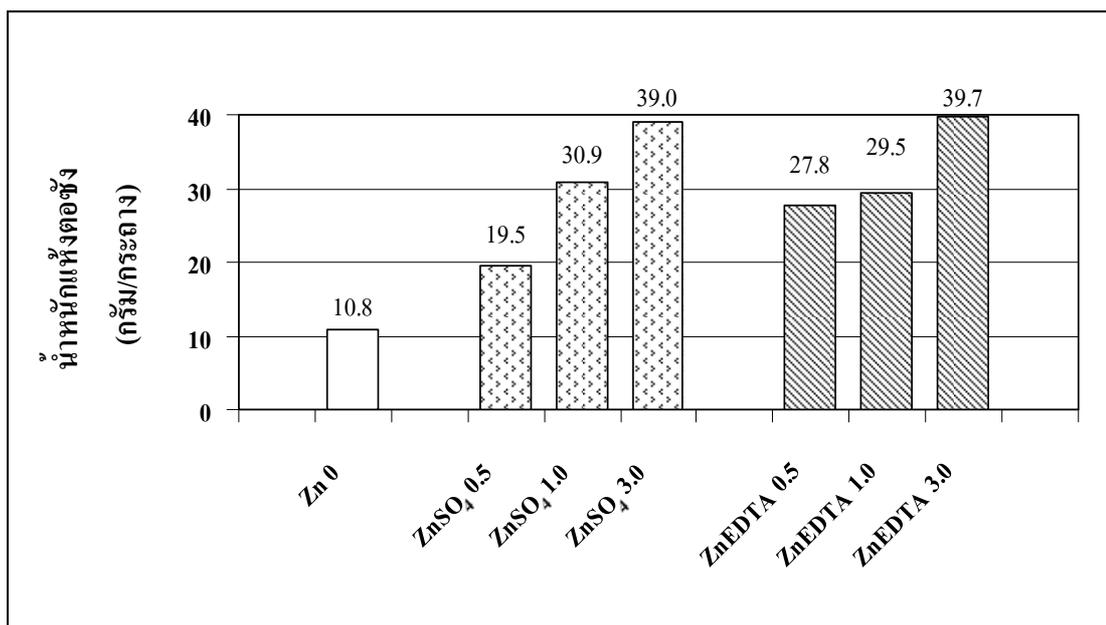
อัตราการใส่ปุ๋ยสังกะสีที่เพิ่มขึ้น ส่วนผลผลิตน้ำหนักรากแห้งของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูปซิงค์อีดทีเอ พบว่า ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ซิงค์อีดทีเอ อัตรา 0.5 และ 1.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ใกล้เคียงกัน และน้อยกว่าที่ได้รับการใส่ซิงค์อีดทีเอ อัตรา 3.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบผลผลิตน้ำหนักรากแห้งของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูปซิงค์อีดทีเอและในรูปซิงค์ซัลเฟตที่อัตราเดียวกัน พบว่า ที่อัตราการใส่ปุ๋ยสังกะสี 0.5 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ซิงค์อีดทีเอสูงกว่าที่ได้รับการใส่ซิงค์ซัลเฟต แต่ที่อัตราการใส่ปุ๋ยสังกะสี 1.0 และ 3.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งต่อชั่งข้าวโพดที่ได้รับการใส่ซิงค์อีดทีเอ และที่ได้รับการใส่ซิงค์ซัลเฟตใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 12 ผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดทีเอ ต่อผลผลิตน้ำหนักรากแห้งต่อชั่งของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินบุรีรัมย์

ตำรับการทดลอง	น้ำหนักรากแห้งต่อชั่ง ^u (กรัม ต่อกระถาง)
Zn 0	10.8 d
ZnSO ₄ 0.5	19.5 c
ZnSO ₄ 1.0	30.9 b
ZnSO ₄ 3.0	39.0 a
ZnEDTA 0.5	27.8 b
ZnEDTA 1.0	29.5 b
ZnEDTA 3.0	39.7 a
F-test	**
CV(%)	10.1

หมายเหตุ ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

^u ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 11 เปรียบเทียบผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อผลผลิตน้ำหนักรีดแห้งต่อซังของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินบุรีรัมย์

3.3 ผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินบุรีรัมย์

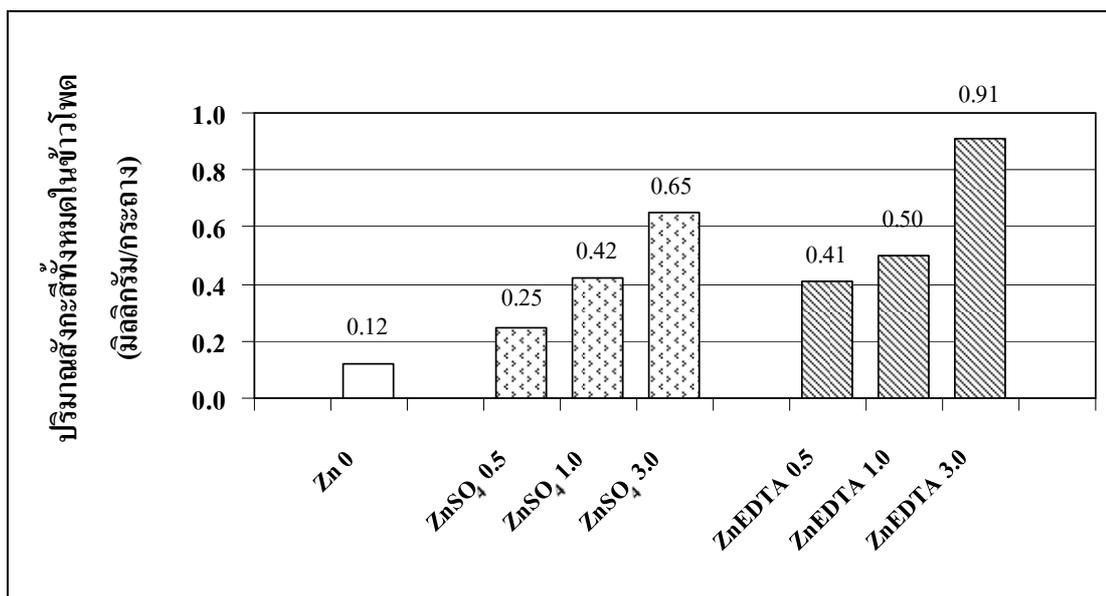
ตารางที่ 13 และภาพที่ 12 การใส่ปุ๋ยสังกะสีทั้งในรูปซิงค์ซัลเฟตและซิงค์อีดีทีเอ มีผลทำให้ข้าวโพดดูดใช้สังกะสีเพิ่มขึ้นมากกว่าที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ซิงค์อีดีทีเอ อัตรา 3.0 มก. Zn/ดิน 1 กิโลกรัม มีปริมาณการดูดใช้ธาตุสังกะสีสูงสุด พบว่าปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดจะเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยสังกะสีที่ใส่เพิ่มขึ้น และที่อัตราการใส่ปุ๋ยสังกะสีที่เท่ากันปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ซิงค์อีดีทีเอ สูงกว่าที่ได้รับการใส่ซิงค์ซัลเฟต

ตารางที่ 13 ผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพด
ที่ปลูกในชุดดินบุรีรัมย์

ตำรับการทดลอง	ปริมาณสังกะสีทั้งหมดในข้าวโพด ^U (มิลลิกรัม ต่อกระถาง)
Zn 0	0.12 e
ZnSO ₄ 0.5	0.25 d
ZnSO ₄ 1.0	0.42 c
ZnSO ₄ 3.0	0.65 b
ZnEDTA 0.5	0.41 c
ZnEDTA 1.0	0.50 c
ZnEDTA 3.0	0.91 a
F-test	**
CV(%)	11.5

หมายเหตุ ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

^U ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 12 เปรียบเทียบผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินบุรีรัมย์

3.4 ผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อปริมาณการดูดใช้ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินบุรีรัมย์

3.4.1 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในข้าวโพด

ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีทั้งในรูปแบบซิงค์ซัลเฟตและซิงค์อีดีทีเอ มีปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนเพิ่มขึ้น สูงกว่าค่ารับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยสังกะสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 14 และภาพที่ 13) พบว่าเมื่อใส่ปุ๋ยสังกะสีทั้งสองรูปในอัตราที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนของข้าวโพดเพิ่มขึ้น ที่อัตราการใส่ปุ๋ยสังกะสี 0.5 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ซิงค์อีดีทีเอสูงกว่าที่ได้รับการใส่ซิงค์ซัลเฟต แต่ที่อัตราการใส่ปุ๋ยสังกะสี 1.0 และ 3.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีทั้งสองรูปไม่แตกต่างกันทางสถิติ

3.4.2 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในข้าวโพด

ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีทั้งในรูปซิงค์ซัลเฟตและซิงค์ออดีทีเอ มีปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น สูงกว่าค่ารับการทดลองที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยสังกะสี (ตารางที่ 14 และภาพที่ 13) พบว่า เมื่ออัตราการใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูปซิงค์ซัลเฟตเพิ่มขึ้น ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสของข้าวโพดจะเพิ่มขึ้น และเมื่ออัตราการใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูปซิงค์ออดีทีเอเพิ่มขึ้น ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสของข้าวโพดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีทั้งสองรูปในอัตราที่เท่ากัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

3.4.3 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในข้าวโพด

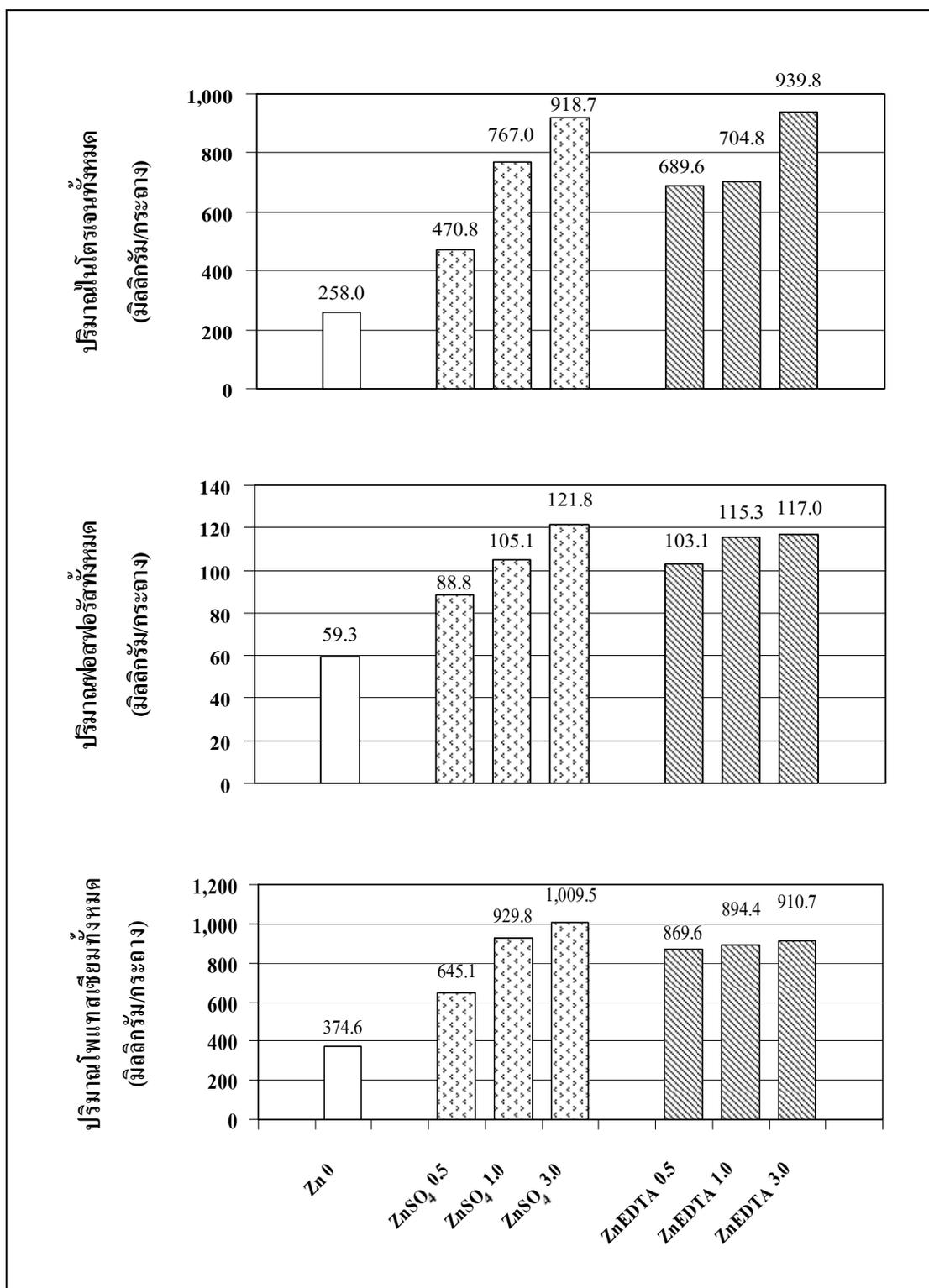
ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีทั้งในรูปซิงค์ซัลเฟตและในรูปซิงค์ออดีทีเอ สูงกว่าที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 14 และภาพที่ 13) พบว่าการใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูปซิงค์ซัลเฟตในอัตราที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมของข้าวโพดเพิ่มขึ้น และการใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูปซิงค์ออดีทีเอในอัตราที่เพิ่มขึ้น ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมของข้าวโพดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น พบว่าที่อัตราการใส่ปุ๋ยสังกะสี 0.5 มก.Zn/দিন 1 กิโลกรัม ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ซิงค์ออดีทีเอสูงกว่าที่ได้รับการใส่ซิงค์ซัลเฟต และที่อัตราการใส่ปุ๋ยสังกะสี 1.0 และ 3.0 มก.Zn/দিন 1 กิโลกรัม ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ซิงค์ออดีทีเอและซิงค์ซัลเฟต ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 14 ผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อปริมาณการดูดใช้ใน โตรเจน ฟอสฟอรัส และ โปแทสเซียมของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินบุรีรัมย์

ตำรับการทดลอง	ปริมาณธาตุอาหารในข้าวโพด (มิลลิกรัม ต่อกระถาง)		
	ไนโตรเจนทั้งหมด ^{1/}	ฟอสฟอรัสทั้งหมด ^{1/}	โปแทสเซียมทั้งหมด ^{1/}
Zn 0	258.0 d	59.3 c	374.6 d
ZnSO ₄ 0.5	470.8 c	88.8 b	645.1 c
ZnSO ₄ 1.0	767.0 b	105.1 ab	929.8 ab
ZnSO ₄ 3.0	918.7 a	121.8 a	1,009.5 a
ZnEDTA 0.5	689.6 b	103.1 ab	869.6 b
ZnEDTA 1.0	704.8 b	115.3 a	894.4 b
ZnEDTA 3.0	939.8 a	117.0 a	910.7 ab
F-test	**	**	**
CV(%)	7.3	12.7	7.1

หมายเหตุ ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

^{1/} ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 13 เปรียบเทียบผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อปริมาณการดูดใช้ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินบุรีรัมย์

3.5 ผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดิน ที่ปลูกข้าวโพดชุดดินบุรีรัมย์

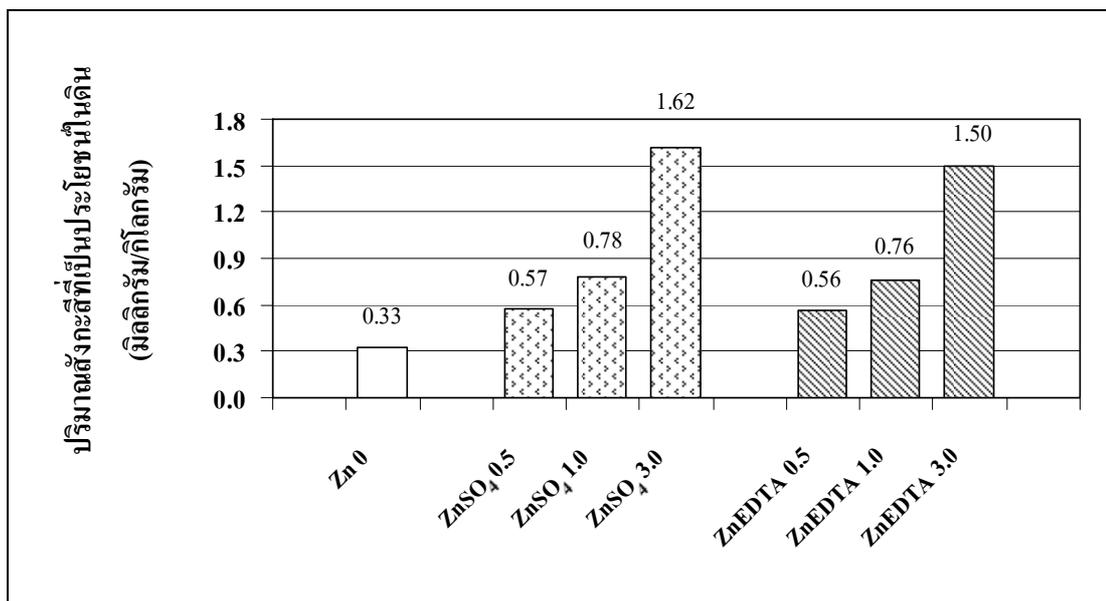
จากการวิเคราะห์ดินหลังปลูกและเก็บเกี่ยวข้าวโพด (ข้าวโพดอายุ 45 วัน) พบว่า ตำรับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยสังกะสีเลย มีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำสุด เท่ากับ 0.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม การใส่ปุ๋ยสังกะสีทั้งในรูปแบบซิงค์ซัลเฟตและซิงค์อีดีทีเอ มีผลทำให้ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 15 และภาพที่ 14) ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินจะเพิ่มขึ้นตามอัตราการใช้ปุ๋ยสังกะสีที่เพิ่มขึ้น ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินปลูกข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีทั้งสองรูปแบบในอัตราที่เท่ากันไม่แตกต่างกันทางสถิติ พบว่าปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินมีความสัมพันธ์กับปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.8958 และมีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (r^2) เท่ากับ 0.8025 (ภาพที่ 15)

ตารางที่ 15 ผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดิน
ปลูกข้าวโพดชุดดินบุรีรัมย์

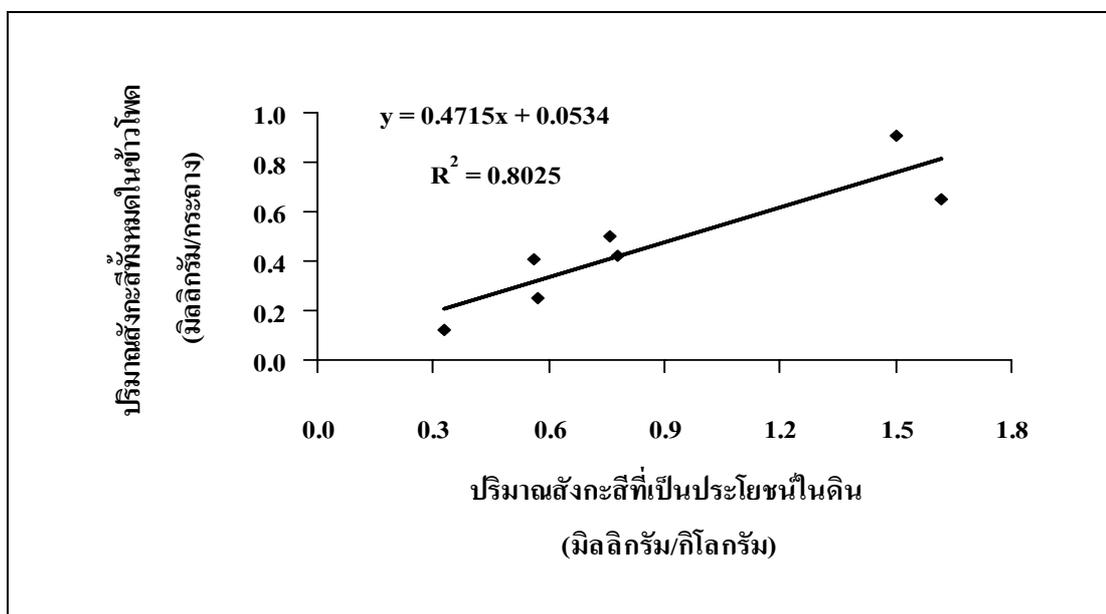
ตำรับการทดลอง	สังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดิน ^๑ (มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัม)
Zn 0	0.33 d
ZnSO ₄ 0.5	0.57 c
ZnSO ₄ 1.0	0.78 b
ZnSO ₄ 3.0	1.62 a
ZnEDTA 0.5	0.56 c
ZnEDTA 1.0	0.76 b
ZnEDTA 3.0	1.50 a
F-test	**
CV(%)	8.8

หมายเหตุ ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

^๑ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 14 เปรียบเทียบผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินปลูกข้าวโพดชุดดินบุรีรัมย์



ภาพที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินที่ปลูกข้าวโพดกับปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินบุรีรัมย์

3.7 ผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อปฏิกิริยาดิน (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในชุดดินบุรีรัมย์ที่มีการปลูกข้าวโพด

3.7.1 ปฏิกิริยาดิน (pH) ของดินที่ปลูกข้าวโพด แสดงอยู่ในตารางที่ 16 พบว่า pH ของดินในตำรับการทดลองที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีทั้งในรูปแบบซิงค์ซัลเฟตและซิงค์อีดีทีเอในอัตราต่าง ๆ และตำรับการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ยสังกะสีเลยมีค่าใกล้เคียงกัน โดยอยู่ในช่วง 7.4-7.7

3.7.2 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของดินที่ปลูกข้าวโพด แสดงอยู่ในตารางที่ 16 พบว่าค่าการนำไฟฟ้าของดินในตำรับการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ยสังกะสี และที่มีการใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูปแบบซิงค์ซัลเฟตและซิงค์อีดีทีเออัตราต่าง ๆ ไม่แตกต่างกันมากนัก

ตารางที่ 16 ผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อปฏิกิริยาดิน (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในชุดดินบุรีรัมย์ที่มีการปลูกข้าวโพด

ตำรับการทดลอง	pH	EC (dSm ⁻¹)
Zn 0	7.4	0.32
ZnSO ₄ 0.5	7.4	0.29
ZnSO ₄ 1.0	7.5	0.22
ZnSO ₄ 3.0	7.6	0.16
ZnEDTA 0.5	7.5	0.22
ZnEDTA 1.0	7.5	0.21
ZnEDTA 3.0	7.7	0.15

วิจารณ์

1. สมบัติของดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล และชุดดินบุรีรัมย์ที่นำมาศึกษา

ดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาลที่นำมาศึกษา มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว (clay) ปฏิกริยาดินเป็นค่า pH 7.4 มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำมาก ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินค่อนข้างสูง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูง เท่ากับ 25 มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียมและแคลเซียมที่เป็นประโยชน์สูงมาก เท่ากับ 195 และ 4,433 มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และมีแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์สูง เท่ากับ 504 มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัม (Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973) สอดคล้องกับผลการศึกษาของบุญแสน (2543) และแสงดาว (2545) เมื่อพิจารณาปริมาณจุลธาตุอาหารในชุดดินชัยบาดาล พบว่ามีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ต่ำ เท่ากับ 0.68 มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัม มีปริมาณเหล็ก แมงกานีส และทองแดงที่เป็นประโยชน์ เท่ากับ 13.6 18.42 และ 1.85 มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัม ซึ่งอยู่ในระดับเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช (Martens and Lindsay, 1990) สำหรับชุดดินบุรีรัมย์ที่นำมาศึกษา พบว่ามีเนื้อดินเป็นดินเหนียว (clay) ปฏิกริยาดินเป็นค่า pH 8.0 ค่าการนำไฟฟ้าต่ำมาก ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินค่อนข้างสูง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปานกลาง เท่ากับ 20 มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียมและแคลเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงมาก เท่ากับ 160 และ 6,000 มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ปริมาณแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ ปานกลาง เท่ากับ 100 มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัม (Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของสุรเชษฐ์ (2550) ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในชุดดินบุรีรัมย์ อยู่ระดับต่ำ เท่ากับ 0.36 มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัม ส่วนปริมาณเหล็ก แมงกานีส และทองแดงที่เป็นประโยชน์ เท่ากับ 5.5 11.0 และ 0.92 มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช (Martens and Lindsay, 1990)

เมื่อพิจารณาปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดิน จะเห็นว่าทั้งดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาลและชุดดินบุรีรัมย์ มีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำ ไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยชุดดินบุรีรัมย์ซึ่ง pH ของดินสูงกว่าชุดดินชัยบาดาล มีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำกว่าชุดดินชัยบาดาลมาก

2. ผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล และชุดดินบุรีรัมย์

จากการศึกษาในชุดดินชัยบาดาลพบว่า ข้าวโพดที่ปลูกขาดสังกะสี เมื่อมีการใส่ปุ๋ยสังกะสี ข้าวโพดตอบสนองอย่างเด่นชัด ปุ๋ยสังกะสีทั้งในรูปแบบซิงค์ซัลเฟตและซิงค์อีดีทีเอ มีประสิทธิภาพในการเพิ่มการเจริญเติบโต ผลผลิตฝัก และน้ำหนักแห้งต่อชั่งของข้าวโพดให้สูงขึ้นมากกว่าที่ไม่ใส่ปุ๋ยสังกะสี (ตารางที่ 3 4 และ 5 , ภาพที่ 1 2 3 และ 4) ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Karak *et al.* (2005) และของ Slaton *et al.* (2005) ที่ศึกษาประสิทธิภาพของซิงค์ซัลเฟตและซิงค์อีดีทีเอในข้าว พบว่าการใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูปแบบซิงค์ซัลเฟต ผลผลิตน้ำหนักแห้งฝักและต่อชั่งของข้าวโพดเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการใส่ซิงค์ซัลเฟตที่เพิ่มขึ้น โดยสูงสุดที่อัตราการใส่ซิงค์ซัลเฟต 3.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ส่วนการใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูปแบบซิงค์อีดีทีเอ ผลผลิตน้ำหนักแห้งฝักของข้าวโพดสูงสุดที่อัตราการใส่ซิงค์อีดีทีเอ 0.5 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม และผลผลิตน้ำหนักแห้งฝักจะลดลงเมื่ออัตราปุ๋ยสังกะสีที่ใส่เพิ่มขึ้น โดยเด่นชัดที่อัตราการใส่ซิงค์อีดีทีเอ 3.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ผลผลิตน้ำหนักแห้งต่อชั่งของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ซิงค์อีดีทีเออัตราต่างๆไม่แตกต่างกัน การใส่ซิงค์อีดีทีเอในอัตราที่มากกว่า 0.5 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ผลผลิตน้ำหนักแห้งฝักของข้าวโพดลดลงโดยเฉพาะที่อัตราการใส่ซิงค์อีดีทีเอ 3.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม น่าจะเนื่องจากการใส่ซิงค์อีดีทีเอในอัตราดังกล่าวมีผลทำให้ข้าวโพดดูดใช้สังกะสี หรือได้รับสังกะสีในปริมาณมากเกินไปเกินความต้องการที่เหมาะสม อาจจะทำให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารในข้าวโพด จึงส่งผลให้ผลผลิตข้าวโพดลดลง (Westerman *et al.*, 1990; Prasad and Power, 1997) พบว่าข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูปแบบซิงค์อีดีทีเอที่อัตรา 0.5 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ให้ผลผลิตฝักและน้ำหนักแห้งต่อชั่งสูงกว่าที่ได้รับการใส่ซิงค์ซัลเฟต อัตรา 0.5 และ 1.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม และใกล้เคียงกับที่ได้รับการใส่ซิงค์ซัลเฟต อัตรา 3.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ผลการทดลองดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า ซิงค์อีดีทีเอมีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาลสูงกว่าซิงค์ซัลเฟต ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Boawn (1973) และของ Goos *et al.* (2000) ที่ศึกษาในข้าวโพด และผลการศึกษาของ Karak *et al.* (2005) ที่ศึกษาในข้าว

ผลการศึกษาในชุดดินบุรีรัมย์ พบว่า ข้าวโพดที่ปลูกขาดสังกะสีรุนแรงกว่าข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ดิน ที่พบว่าปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในชุดดินบุรีรัมย์ต่ำกว่าชุดดินชัยบาดาล เมื่อมีการใส่ปุ๋ยสังกะสีทั้งในรูปแบบซิงค์ซัลเฟตและซิงค์อีดีทีเอ ข้าวโพดมีการตอบสนองต่อปุ๋ยสังกะสีทั้งสองรูปอย่างเด่นชัด โดยการเจริญเติบโต ผลผลิตน้ำหนักแห้ง

ของข้าวโพดเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสี (ตารางที่ 10 11 และ 12, ภาพที่ 9 10 และ 11) แสดงว่าทั้งซิงค์ซัลเฟตและซิงค์ออดีทีเอมีประสิทธิภาพในการเพิ่มการเจริญเติบโต ผลผลิตน้ำหนักรวมต่อชั่งของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล พบว่าผลผลิตน้ำหนักรวมต่อชั่งของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูปแบบซิงค์ซัลเฟต และในรูปแบบซิงค์ออดีทีเอเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่ปุ๋ยสังกะสีที่เพิ่มขึ้น และสูงสุดที่อัตราการใส่สังกะสี 3.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ทั้งในการใส่ซิงค์ซัลเฟตและซิงค์ออดีทีเอ ดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์มีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่าในชุดดินชัยบาดาล ข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินบุรีรัมย์ขาดสังกะสีรุนแรงกว่าที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล ปริมาณซิงค์ออดีทีเอที่ใส่ให้กับข้าวโพดจึงต้องใส่ในปริมาณที่สูงกว่าในชุดดินชัยบาดาล พบว่าที่อัตราการใส่ปุ๋ยสังกะสี 0.5 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ผลผลิตน้ำหนักรวมต่อชั่งของข้าวโพดที่ได้รับซิงค์ออดีทีเอสูงกว่าที่ได้รับการใส่ซิงค์ซัลเฟต และใกล้เคียงกับที่ได้รับการใส่ซิงค์ซัลเฟต อัตรา 1.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ที่อัตราการใส่ปุ๋ยสังกะสี 1.0 และ 3.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ผลผลิตน้ำหนักรวมต่อชั่งของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ซิงค์ออดีทีเอและที่ได้รับการใส่ซิงค์ซัลเฟตไม่แตกต่างกัน

3. ผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์ออดีทีเอ ต่อปริมาณการดูดใช้สังกะสีทั้งหมดในข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล และชุดดินบุรีรัมย์

ปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพด ซึ่งให้เห็นถึงความเป็นประโยชน์ของสังกะสีในดินที่ปลูกข้าวโพด (Westerman *et al.*, 1990; Prasad and Power, 1997) จากการศึกษาพบว่า ผลการทดลองในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาลและชุดดินบุรีรัมย์ให้ผลสอดคล้องกัน กล่าวคือ ข้าวโพดดำรับที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีเลยมีปริมาณการดูดใช้สังกะสีต่ำสุด (ตารางที่ 6 และ 13 และภาพที่ 5 และ 12) ส่วนข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีทั้งในรูปแบบซิงค์ซัลเฟตและซิงค์ออดีทีเอ มีปริมาณการดูดใช้สังกะสีสูงกว่าข้าวโพดดำรับการทดลองที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยสังกะสี แสดงว่าการใส่สังกะสีทั้งสองรูปมีผลทำให้ความเป็นประโยชน์ของสังกะสีในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาลและชุดดินบุรีรัมย์เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ข้าวโพดที่ปลูกในดินดังกล่าวดูดใช้สังกะสีเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kang and Okoro (1976); Prasad and Sinha (1981); Goos *et al.* (2000) และ Slaton *et al.* (2005) ปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีทั้งสองรูปดังกล่าวจะเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่สังกะสีที่เพิ่มขึ้น และที่อัตราการใส่สังกะสีที่เท่ากันปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูปแบบซิงค์ออดีทีเอสูงกว่าในรูปแบบซิงค์ซัลเฟต แสดงว่าซิงค์ออดีทีเอมีประสิทธิภาพในการเพิ่มความเป็นประโยชน์ของสังกะสีในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาลและชุดดินบุรีรัมย์สูงกว่าซิงค์ซัลเฟต

ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Prasad and Sinha (1981), Goos *et al.* (2000) และ Karak *et al.* (2005)

4. ผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์ออดีทีเอ ต่อปริมาณการดูดใช้ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โปแทสเซียมของข้าวโพดที่ปลูกในดินเหนียว ชุดดินชัยบาดาลและชุดดินบุรีรัมย์

จากการศึกษา พบว่า ในชุดดินชัยบาดาลและชุดดินบุรีรัมย์ ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสี ทั้งในรูปซิงค์ซัลเฟตและซิงค์ออดีทีเอมีปริมาณการดูดใช้ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแทสเซียมเพิ่มขึ้น สูงกว่าตำรับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยสังกะสีเลย (ตารางที่ 7 และ 14 และภาพที่ 6 และ 13) ทั้งนี้คงเป็นเพราะ ดินเหนียวทั้งสองชุดดินขาดสังกะสีทำให้การเจริญเติบโต การดูดใช้ธาตุอาหารต่ำ เมื่อมีการใส่ ปุ๋ยสังกะสีจะส่งผลให้ข้าวโพดไม่ขาดสังกะสี เกิดสมดุลของธาตุอาหาร ข้าวโพดเจริญเติบโต ดูดใช้ ธาตุอาหารเพิ่มขึ้น ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแทสเซียมจึงเพิ่มขึ้น (Brady and Weil, 1999; Havlin *et al.*, 2005) ในชุดดินชัยบาดาล การใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูปซิงค์ซัลเฟตในอัตรา ที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแทสเซียมของข้าวโพดเพิ่มขึ้น ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแทสเซียมของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ซิงค์ออดีทีเอ อัตรา 0.5 และ 1.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ใกล้เคียงกับที่ใส่ซิงค์ซัลเฟต อัตรา 3.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม และสูงกว่าที่ใส่ซิงค์ออดีทีเอ อัตรา 3.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ซึ่งค่อนข้างสอดคล้องกับ ผลผลิตของข้าวโพด ที่อัตราการใส่ซิงค์ออดีทีเอ 3.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ปริมาณการดูดใช้ ธาตุอาหารดังกล่าวคงเป็นเพราะซิงค์ออดีทีเอมีประสิทธิภาพในการเพิ่มความชื้นประโยชน์ให้กับ ข้าวโพดได้สูง การใส่ซิงค์ออดีทีเอ อัตรา 3.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพด น่าจะสูงเกินปริมาณที่เหมาะสมอาจทำให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหาร ส่งผลให้ผลผลิต ข้าวโพดลดลง ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแทสเซียมของข้าวโพด จึงลดลงต่ำกว่าที่ใส่ซิงค์ออดีทีเอ อัตรา 0.5 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ในชุดดินบุรีรัมย์การใส่ซิงค์ซัลเฟต ในอัตราที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแทสเซียมของ ข้าวโพดเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับผลผลิตน้ำหนักแห้งต่อชั่งของข้าวโพดส่วนการใส่ซิงค์ออดีทีเอ ใน อัตราที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มมีผลทำให้ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแทสเซียมของ ข้าวโพดเพิ่มขึ้น

5. ผลการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดิน ค่าปฏิกิริยาดิน (pH) และ ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) ของดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาลและชุดดินบุรีรัมย์ที่มีการปลูกข้าวโพด

จากการวิเคราะห์ดินหลังปลูกข้าวโพดในดินชุดดินชัยบาดาลและชุดดินบุรีรัมย์ พบว่าให้ผลสอดคล้องกัน ในตำรับที่ข้าวโพดได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีทั้งในรูปซิงค์ซัลเฟตและในรูปซิงค์อีดีทีเอ ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่าตำรับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยสังกะสี (ตารางที่ 8 และ 15 และภาพที่ 7 และ 14) ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินจะเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่ปุ๋ยสังกะสีให้กับข้าวโพดที่สูงขึ้น สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Goos *et al.* (2000) และ Karak *et al.* (2005) จากผลการทดลองดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า การใส่ปุ๋ยสังกะสีทั้งสองรูปให้กับข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาลและชุดดินบุรีรัมย์ จะมีผลทำให้ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินทั้งสองเพิ่มขึ้น โดยผลตกค้างของสังกะสีน่าจะเป็นประโยชน์ต่อข้าวโพดที่ปลูกครั้งต่อไป พบว่าปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินที่ปลูกข้าวโพดมีความสัมพันธ์กับปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพด ผลการวิเคราะห์ปฏิกิริยาดิน (pH) และค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) ชุดดินชัยบาดาลและชุดดินบุรีรัมย์หลังการปลูกข้าวโพด (ตารางที่ 9 และ 16) พบว่า การใส่ปุ๋ยสังกะสีทั้งในรูปซิงค์ซัลเฟตและซิงค์อีดีทีเอ ไม่มีผลทำให้ค่าปฏิกิริยาดิน (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของทั้งสองชุดดินที่มีการปลูกข้าวโพดเปลี่ยนแปลงมากนัก

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาประสิทธิภาพของซิงค์ซัลเฟต ($ZnSO_4$) และ ซิงค์อีดีทีเอ (ZnEDTA) ในการใช้ เป็นปุ๋ยสังกะสีสำหรับข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล และชุดดินบุรีรัมย์ สรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. ชุดดินชัยบาดาลที่นำมาศึกษามีเนื้อดินเป็นดินเหนียว (clay) ปฏิกริยาดินเป็นด่าง (pH 7.4) มีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับต่ำ 0.68 มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัม มีปริมาณอินทรีย์วัตถุค่อนข้างสูง ปริมาณฟอสฟอรัสและแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์สูง มีปริมาณ โพแทสเซียมและแคลเซียมที่เป็นประโยชน์สูงมาก ปริมาณเหล็ก แมงกานีส และทองแดง ที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับพอเพียง

2. ชุดดินบุรีรัมย์ที่นำมาศึกษา มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว (clay) ปฏิกริยาดินเป็นด่าง (pH 8.0) มีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับต่ำ คือ 0.36 มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัม มีปริมาณ อินทรีย์วัตถุค่อนข้างสูง มีปริมาณฟอสฟอรัส และแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ปานกลาง มีปริมาณ โพแทสเซียม และแคลเซียมที่เป็นประโยชน์สูงมาก มีปริมาณเหล็ก แมงกานีส และทองแดง ที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับพอเพียง

3. ข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาลขาดสังกะสี เมื่อมีการใส่ปุ๋ยสังกะสีทั้งในรูปแบบ ซิงค์ซัลเฟตและซิงค์อีดีทีเอ ข้าวโพดตอบสนองต่อปุ๋ยสังกะสีทั้งสองรูปโดยข้าวโพด มีการเจริญเติบโตให้ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งฝัก และน้ำหนักรากแห้งต่อซังเพิ่มขึ้น ปริมาณการดูดใช้ สังกะสีของข้าวโพดเพิ่มขึ้นสูงกว่าที่ไม่ใส่ปุ๋ยสังกะสีเลยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การใส่ปุ๋ยสังกะสี อัตรา 0.5 1.0 และ 3.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ในรูปซิงค์อีดีทีเอและในรูปซิงค์ซัลเฟตให้กับข้าวโพด ที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล พบว่าผลผลิตน้ำหนักรากแห้งฝักของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ซิงค์อีดีทีเอ จะสูงสุดที่อัตราการใส่ซิงค์อีดีทีเอ 0.5 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม และลดลงเมื่ออัตราการใส่ซิงค์อีดีทีเอ เพิ่มขึ้น ส่วนผลผลิตน้ำหนักรากแห้งฝักของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ซิงค์ซัลเฟตจะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการ ใส่ซิงค์ซัลเฟตเพิ่มขึ้น และสูงสุดที่อัตราการใส่ซิงค์ซัลเฟต 3.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ส่วนปริมาณ การดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดจะเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่ปุ๋ยสังกะสีที่เพิ่มขึ้นทั้งเมื่อใส่ปุ๋ยสังกะสี ในรูปซิงค์อีดีทีเอและซิงค์ซัลเฟต

4. ประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิต น้ำหนักแห้งฝัก และปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินชับบาดาลของซิงค์ออดีทีเอสูงกว่าซิงค์ซัลเฟต โดยพบว่าข้าวโพดที่ได้รับการใส่ซิงค์ออดีทีเอ อัตรา 0.5 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม มีผลผลิตน้ำหนักแห้งฝักสูงกว่าข้าวโพดที่ได้รับการใส่ซิงค์ซัลเฟต อัตรา 0.5 และ 1.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม และใกล้เคียงกับที่ใส่ซิงค์ซัลเฟต อัตรา 3.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม และพบว่าที่อัตราการใส่ปุ๋ยสังกะสีที่เท่ากัน ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ซิงค์ออดีทีเอมีปริมาณการดูดใช้สังกะสีสูงกว่าที่ได้รับการใส่ซิงค์ซัลเฟต

5. ข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์ ขาดสังกะสีรุนแรงกว่าข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชับบาดาล เมื่อมีการใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูปซิงค์ซัลเฟตและในรูปซิงค์ออดีทีเอ ข้าวโพดมีการตอบสนองต่อปุ๋ยสังกะสีทั้งสองรูปอย่างเด่นชัด โดยการเจริญเติบโต ผลผลิตน้ำหนักแห้งต่อชั่ง และปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดเพิ่มขึ้นสูงกว่าดำรับที่ไม่ใส่ปุ๋ยสังกะสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การใส่ปุ๋ยสังกะสี อัตรา 0.5 1.0 และ 3.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ในรูปซิงค์ซัลเฟตและในรูปซิงค์ออดีทีเอให้กับข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินบุรีรัมย์ พบว่า ผลผลิตน้ำหนักแห้งต่อชั่ง และปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดจะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการใส่ปุ๋ยสังกะสีที่เพิ่มขึ้นทั้งเมื่อใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูปซิงค์ซัลเฟตและในรูปซิงค์ออดีทีเอ

6. ในดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์ พบว่า ที่อัตราการใส่ปุ๋ยสังกะสี 0.5 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ผลผลิตน้ำหนักแห้งต่อชั่งของข้าวโพด ของซิงค์ออดีทีเอสูงกว่าซิงค์ซัลเฟต แต่ที่อัตราการใส่ปุ๋ยสังกะสี 1.0 และ 3.0 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ผลผลิตน้ำหนักแห้งต่อชั่งของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ซิงค์ออดีทีเอและซิงค์ซัลเฟตใกล้เคียงกัน ประสิทธิภาพในการเพิ่มปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์ของซิงค์ออดีทีเอสูงกว่าซิงค์ซัลเฟต ซึ่งพบว่าที่อัตราการใส่ปุ๋ยสังกะสีที่เท่ากัน ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ซิงค์ออดีทีเอมีปริมาณการดูดใช้สังกะสีสูงกว่าที่ได้รับการใส่ซิงค์ซัลเฟต

7. การใส่ปุ๋ยสังกะสีทั้งในรูปซิงค์ซัลเฟตและซิงค์ออดีทีเอ ให้กับข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินชับบาดาลและชุดดินบุรีรัมย์ มีผลทำให้ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในชุดดินดังกล่าวเพิ่มขึ้น ซึ่งจากการวิเคราะห์ดินหลังปลูกข้าวโพด พบว่า ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินจะเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่ปุ๋ยสังกะสีที่เพิ่มขึ้น และสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินมีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ กับปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพด สังกะสีที่ตกค้างในดินหลังปลูกข้าวโพดน่าจะเป็นประโยชน์กับข้าวโพดหรือพืชที่ปลูกในดินดังกล่าวในฤดูต่อไป

8. ประสิทธิภาพในการเพิ่มความเป็นประโยชน์ของสังกะสี ต่อข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปุ๋น
ชุดดินชัยบาดาลและชุดดินบุรีรัมย์ ของซิงค์อีดีทีเอสูงกว่าซิงค์ซัลเฟต

9. ควรมีการศึกษาต่อ โดยศึกษาประสิทธิภาพของซิงค์ซัลเฟตและซิงค์อีดีทีเอ ในการใช้
เป็นปุ๋ยสังกะสีสำหรับข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปุ๋นในชุดดินชัยบาดาลและชุดดินบุรีรัมย์ รวมทั้ง
อัตราและผลตกค้างของสังกะสีเมื่อมีการใส่ปุ๋ยสังกะสีทั้งสองรูปดังกล่าว ต่อข้าวโพดในสภาพไร่นา
รวมทั้งศึกษาในดินเนื้อปุ๋นชุดดินอื่นๆ และในพืชชนิดอื่นที่เป็นพืชเศรษฐกิจ

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2548ก. รายงานการจัดการทรัพยากรดินเพื่อการปลูกพืชเศรษฐกิจหลักตามกลุ่ม
ชุดดิน เล่ม 1 ดินบนพื้นที่ราบต่ำ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

_____. 2548ข. รายงานการจัดการทรัพยากรดินเพื่อการปลูกพืชเศรษฐกิจหลักตามกลุ่มชุดดิน
เล่ม 2 ดินบนพื้นที่ดอน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. 2547. เอกสารวิชาการเรื่อง ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ลำดับที่ 11/2547.

คณะกรรมการจัดทำปทานุกรมปฐพีวิทยา. 2541. ปทานุกรมปฐพีวิทยา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2544. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ครั้งที่ 1. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
, กรุงเทพฯ.

จรงค์ษ์ จันท์เจริญสุข. 2550. การวิเคราะห์ดินและพืชทางเคมี. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จิราณี วานิชกุล. 2531. สถานภาพของธาตุสังกะสี และทองแดงในดินชุดตาคลี เลย และโคราช
สำหรับผลิตข้าวโพด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชนิดา จรรย์วรพรรณ. 2546. การศึกษาผลการใส่จุลินทรีย์และน้ำทิ้งจากโรงนมต่อการเจริญเติบโต
ผลผลิตและการดูดใช้ธาตุอาหารของข้าวที่ปลูกในดินนาเนื้อปูน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

โชคชัย เอกทัศนาวรรณ. 2550. ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมเดี่ยวพันธุ์ใหม่ Ksx 4452. แหล่งที่มา:
<http://www.rdi.ku.ac.th/WebprojectRes/Seed/Ksx4452.html>, 26 มิถุนายน 2550.

- ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และ จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2542. **แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการการวิเคราะห์ดินและพืช**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- นงลักษณ์ วิบูลสุข. 2534. บทบาทของธาตุสังกะสีในดินและพืช. **วารสารดินและปุ๋ย** 13 (2): 138-141.
- บุญแสน เตียนกุลธรรม. 2543. **สหสัมพันธ์ระหว่างวิธีวิเคราะห์ N P K ในดิน กับการดูดกินธาตุอาหาร N P K ของข้าวโพดในชุดดินตาคลี ลพบุรี ชัยบาดาล ปากช่อง และสตึก**. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ไพบุลย์ ประพุดิธรรม. 2528. **เคมีของดิน**. ภาควิชาปฐพีวิทยา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 502 น.
- ขงยุทธ โอสถสภ. 2542. **ศัพท์ในวงการปุ๋ย**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- _____. 2546. **ธาตุอาหารพืช**. ครั้งที่ 2. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สุรเชษฐ์ อร่ามรักษ์. 2550. **ประสิทธิภาพของน้ำยาสกัดเมลิคสามและแอมโมเนียไมบคาร์บอนเตดิติฟิเอ ในการประเมินฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในบางชุดดินของประเทศไทย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สุวพันธ์ รัตนะรัต, สำเนา เพชรฉวี และ R.W. Bell. 2532. ผลงานวิจัยจุลธาตุอาหารในพืชตระกูลถั่วและพืชไร่บางชนิดใน "จุลธาตุเพื่อการเกษตรบนที่ดอนของประเทศไทย", น. 65-87. ใน การประชุมสัมมนาทางวิชาการ ครั้งที่ 9. สมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ
- เอิบ เขียวรัตน์มณ. 2533. **ดินของประเทศไทย**. ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

แสงดาว เขาแก้ว. 2545. การศึกษาน้ำยาสกัดธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ (N, P, K) ในชุดดินลพบุรี
ชัยบาดาล ตากลิ สติก และปากช่อง. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
กรุงเทพฯ.

Alloway, B. 2004. **Zinc in Soils and Crop Nutrition**. American Zinc Association, New York.

Bansal, R.L. and V.K. Nayyar. 1989. Effect of zinc fertilization on rice grown on Typic
Ustrochrepts. **Int. Rice Res. Newsl.** 14: 24-25.

Boawn, L.C. 1973. Comparison of zinc sulfate and zinc EDTA as zinc fertilizer sources.
Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 37: 111-115.

Brady, N.C. and R.R. Weil. 1999. **The Nature and Properties of Soils**. 3rd ed. Prentice-Hall, Inc.,
Upper Saddle River, New Jersey.

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

Brown, D.H., R.A. Cappellini and C.A. Price. 1966. Actinomycin D inhibition of zinc-induced
formation of cytochrome C in *Ustilago*. **Plant Physiol** 41: 1543-1546.

Chatterjee, A.K. and L.N. Mandal. 1985. Zinc sources for rice in soil at different moisture
regimes and organic matter levels. **Plant and Soil** 87: 393-404.

Davis, J.G., M.A. Brick, J.J. Mortvedt and R.L. Croissant. 2007. **Fertilizing Dry Beans**.
Colorado State University Extension-Agriculture. Available Source:
<http://www.ext.colostate.edu/Pubs/crops/00539.html>, August 30, 2007.

Dhillon, K.S. and S.K. Dhillon. 1983. Relative efficiency of different chelates in the supply of
applied zinc to maize and wheat. **J. Nucl. Agric. Biol** 12: 93-96.

Diddowson, J.P. and H.M.Watts. 1977. Zinc deficiency in the shallow soils of Niue. 111.

Response of sweet corn to sources of zinc. **New Zealand J. Exp. Agric.** 5: 241-248.

Fageria, N.K., V.C. Baligar and C.A. Jones. 1997. **Growth and Mineral Nutrition of Field Crops.** Marcel Dekker, Inc., New York.

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 Fertilizer: An Introduction to Nutrient Management.** 7th ed. Pearson Hall, New Jersey.

Hopkins, B. 2007. **Phosphorus and zinc interaction banding high rate of P can induce Zn deficiency in high pH soils.** Available Source: <http://www.back-to-basics.net/archives/article/pdf/zinc.pdf>, June 26, 2550.

Jahiruddin, M., H. Harada, T. Hatanaka and M.R. Islam. 2000. Status of trace elements in agricultural soils of Bangladesh and relationship with soil properties. **Soil Sci. Plant Nutr.** 46 (4): 963-968.

Kang, B.T. and E.G. Okoro. 1976. Response of flooded rice grown on a vertisol from northern Nigeria to zinc sources and methods of application. **Plant and Soil** 44: 15-25.

Karak, T., U.K. Singh, S. Das, D.K. Das and Y. Kuzyakov. 2005. Comparative efficacy of ZnSO₄ and Zn-EDTA application for fertilization of rice (*Oryza sativa* L.). **Arch. Agron. Soil Sci.** 51 (3): 253-264.

Kiekens, L. 1997. Zinc, pp. 284-305. In A.J. Alloway, ed. **Heavy Metal in Soils.** 2nd ed. Blackie Academic and Profession, London, UK.

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. 1979. **Chemical Equilibria in Soils.** John Wiley and Sons, New York.

_____, W.L and W.A. Norvell. 1978. Development of a DTPA micronutrient soil test.
Agron. Abstracts : p. 84.

Maftoun, M. and N. Karimian. 1989. Relative efficiency of two zinc sources for maize (*Zea mays* L.) in two calcareous soils from an arid area of Iran. **Plant Physiology** 9: 771-775.

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

Mehta, S.C., S.R. Poonia and P. Raj. 1984. Adsorption and immobilization of zinc in calcium and sodium-saturation soils from a semiarid region, India. **Soil Sci** 137: 108-114.

Mortvedt, J.J. 1979. Crop response to zinc sources applied alone or with suspensions.
Fert. Solutions 23: 64 - 79.

_____, P.M. Giordano and W.L. Lindsay. 1972. **Micronutrients in Agriculture.** Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.

Prasad, 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.

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

- 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.
- Ragab, S.M. 1981. Response of barley to two forms of nitrogen and two sources of zinc. **Agrochimica** 25: 5225-534.
- Rehder, V.V. and H.M. Taylor. 1989. **Principle of Soil-Plant Interrelationships**. McGrawHill Publishing Company, New York.
- Sajwan, K.S. and W.L. Lindsay. 1986. Effects of redox on zinc deficiency in paddy rice. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 50:1264-1269.
- Sauchelli, V. 1969. **Trace Elements in Agriculture**. Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- Shukla, U.C. and H.D. Morris. 1967. Relative efficiency of several zinc sources for corn (*Zea mays* L.). **Agron. J.** 59: 200-202.
- Sinha, M.K. 1972. Organic matter transformation in soil humification of ¹⁴C tagged oat root. **Plant and Soil** 36: 283-293.
- Slaton, N.A., R.J. Norman and C.E. Wilson. 2005. Effect of zinc source and application time on zinc uptake and grain yield of flood-irrigated rice. **Agron. J.** 97: 272-278
- Soltanpour, P.N. 1985. Use of ammonium bicarbonate – DTPA soil test to evaluate element availability and toxicity. **Commun. Soil Sci. Plant anal.** 16: 323-338.
- Sparks D.L., A.L. Page, P.A. Helmke, R.H. Loeppert, P.N. Soltanpour, M.A. Tabatabai, C.T. Johnson and M.E. Summer. 1996. **Methods of Soil Analysis Part 3 Chemical Methods**. Soil Science Society of America, Inc., American, Wisconsin, USA.

Tisdale, S.L. and W.L. Nelson. 1963. **Soil Fertility and Fertilizers**. 5th ed. The Macmillan Company, USA.

Troung, E. 1948. Lime in relation to availability of plant nutrients. **Soil Sci.** 65: 1-7.

Udo, E.J., H.L. Bohn and T.C. Tucker. 1970. Adsorption of Zn by calcareous Arizona soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 34: 405.

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

Wang, J.J., C.W. Kennedy, H.P. Viator, A.E. Arceneaux and A.J. Guidry. 2005. Zinc fertilization of sugarcane in acid and calcareous soils. **J. Amer. Soc. Sugarcane Technol.** 25: 49-61.

Westerman, R.L. 1990. **Soil Testing and Plant Analysis**. 3rd ed. Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin, USA.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ความเข้มข้นของสังกะสี และปริมาณสังกะสีทั้งหมดในข้าวโพดที่ปลูกใน
ชุดดินชัยบาดาล

ตำรับการทดลอง	ความเข้มข้นของสังกะสี (มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัม)		ปริมาณสังกะสีทั้งหมด (มิลลิกรัม ต่อกะถาง)	
	ฝัก	ตอซัง	ฝัก	ตอซัง
Zn 0	9.25	5.17	0.13	0.43
ZnSO ₄ 0.5	11.26	6.99	0.36	0.72
ZnSO ₄ 1.0	15.01	7.47	0.53	0.85
ZnSO ₄ 3.0	12.33	7.88	0.52	0.97
ZnEDTA 0.5	10.38	7.68	0.43	0.95
ZnEDTA 1.0	13.50	8.37	0.53	1.07
ZnEDTA 3.0	21.62	15.05	0.60	1.86

ตารางผนวกที่ 2 ความเข้มข้นของสังกะสี ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในตอซังของ
ข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินบุรีรัมย์

ตำรับการทดลอง	ความเข้มข้นของธาตุอาหาร			
	สังกะสี (มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัม)	ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์)	ฟอสฟอรัส (เปอร์เซ็นต์)	โพแทสเซียม (เปอร์เซ็นต์)
Zn 0	10.85	2.38	0.55	3.46
ZnSO ₄ 0.5	12.51	2.42	0.45	3.32
ZnSO ₄ 1.0	13.64	2.49	0.34	3.02
ZnSO ₄ 3.0	16.83	2.37	0.31	2.60
ZnEDTA 0.5	14.92	2.48	0.37	3.13
ZnEDTA 1.0	16.94	2.39	0.39	3.03
ZnEDTA 3.0	22.95	2.37	0.29	2.29

ตารางผนวกที่ 3 ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในฝักข้าวโพดที่ปลูกใน
ชุดดินชัยบาดาล

ตำรับการทดลอง	ความเข้มข้นของธาตุอาหารในฝัก (เปอร์เซ็นต์)		
	ไนโตรเจนทั้งหมด	ฟอสฟอรัสทั้งหมด	โพแทสเซียมทั้งหมด
	Zn 0	0.89	0.31
ZnSO ₄ 0.5	0.82	0.28	0.85
ZnSO ₄ 1.0	0.95	0.33	1.04
ZnSO ₄ 3.0	0.91	0.27	0.97
ZnEDTA 0.5	0.86	0.28	0.98
ZnEDTA 1.0	0.92	0.30	1.04
ZnEDTA 3.0	0.97	0.30	1.10

ตารางผนวกที่ 4 ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในตอซังข้าวโพดที่ปลูก
ในชุดดินชัยบาดาล

ตำรับการทดลอง	ความเข้มข้นของธาตุอาหารในตอซัง (เปอร์เซ็นต์)		
	ไนโตรเจนทั้งหมด	ฟอสฟอรัสทั้งหมด	โพแทสเซียมทั้งหมด
	Zn 0	0.72	0.09
ZnSO ₄ 0.5	0.66	0.12	1.07
ZnSO ₄ 1.0	0.75	0.13	1.08
ZnSO ₄ 3.0	0.88	0.17	1.31
ZnEDTA 0.5	0.65	0.15	1.32
ZnEDTA 1.0	0.88	0.16	1.32
ZnEDTA 3.0	0.69	0.10	1.18

ตารางผนวกที่ 5 ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมทั้งหมดในฝักข้าวโพดที่ปลูกใน
ชุดดินชัยบาดาล

ตำรับการทดลอง	ปริมาณธาตุอาหารในฝัก (มิลลิกรัม ต่อกระถาง)		
	ไนโตรเจนทั้งหมด	ฟอสฟอรัสทั้งหมด	โพแทสเซียมทั้งหมด
Zn 0	126.9	44.0	124.3
ZnSO ₄ 0.5	262.0	91.5	273.5
ZnSO ₄ 1.0	337.1	116.2	371.2
ZnSO ₄ 3.0	383.4	113.5	409.6
ZnEDTA 0.5	347.6	116.0	399.4
ZnEDTA 1.0	356.0	116.5	407.4
ZnEDTA 3.0	269.5	83.4	305.1

ตารางผนวกที่ 6 ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมทั้งหมดในตอซังข้าวโพดที่ปลูก
ในชุดดินชัยบาดาล

ตำรับการทดลอง	ปริมาณธาตุอาหารในตอซัง (มิลลิกรัม ต่อกระถาง)		
	ไนโตรเจนทั้งหมด	ฟอสฟอรัสทั้งหมด	โพแทสเซียมทั้งหมด
Zn 0	596.4	71.7	978.3
ZnSO ₄ 0.5	678.2	121.6	1,096.8
ZnSO ₄ 1.0	861.5	145.7	1,232.6
ZnSO ₄ 3.0	1,079.3	213.2	1,609.2
ZnEDTA 0.5	796.7	184.6	1,623.3
ZnEDTA 1.0	1,121.7	209.4	1,685.9
ZnEDTA 3.0	856.5	127.3	1,450.9

ตารางผนวกที่ 7 แสดงอัตราการใส่ซิงค์ซัลเฟต และซิงค์อีดีทีเอ ต่อพื้นที่ 1 ไร่

อัตราปุ๋ยสังกะสี (มก. Zn/ดิน 1 กก.)	ปุ๋ยสังกะสี (กิโลกรัม ต่อ ไร่)	
	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	ZnEDTA
0.5	0.69	1.11
1.0	1.37	2.23
3.0	4.12	6.69

หมายเหตุ ZnSO₄·7H₂O (22.73%Zn)
ZnEDTA (14%Zn)

ตารางผนวกที่ 8 ข้อจำกัดของสมบัติทางเคมีที่ใช้ประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน
(Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973)

1. ปฏิกริยาดิน (soil reaction), pH (ดิน:น้ำ = 1:1)

ระดับ (rating)		พิสัย (range)
กรดจัดมาก	Extremely acid	< 4.5
กรดจัด	Very strong acid	4.5-5.0
กรดแก่	Strongly acid	5.1-5.5
กรดปานกลาง	Moderately acid	5.6-6.0
กรดเล็กน้อย	Slightly acid	6.1-6.5
กลาง	Neutral	6.6-7.3
ด่างอ่อน	Mildly alkaline	7.4-7.8
ด่างปานกลาง	Moderately alkaline	7.9-8.4
ด่างแก่	Strongly alkaline	8.5-9.0
ด่างจัด	Extremely alkaline	> 9.0

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

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

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) (mg kg ⁻¹)
ต่ำมาก	(VL)	< 3
ต่ำ	(L)	3-6
ค่อนข้างต่ำ	(ML)	6-10
ปานกลาง	(M)	10-15
ค่อนข้างสูง	(MH)	15-25
สูง	(H)	25-45
สูงมาก	(VH)	> 45

5. ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available K) (NH_4OAc)

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

6. ค่าที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable base) (NH_4OAc)

ระดับ (rating)	พิสัย (range) (cmol (+) 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	6.0-1.2	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 9 แสดงระดับความเป็นประโยชน์ของ Zn Cu Fe และ Mn ในดินซึ่งวิเคราะห์โดยวิธี DTPA และ AB-DTPA

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

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

^{2/}Soltanpour (1985)

ตารางผนวกที่ 10 แสดงการเปลี่ยน non SI unit เป็น SI unit (Sparks *et al.*, 1996)

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	1 ppb = 1 μg kg ⁻¹
	ng kg ⁻¹	1 ppt = 1 ng kg ⁻¹
Mass concentration	g L ⁻¹	1% = 10 g L ⁻¹
	mg L ⁻¹	1 ppm = 1 mg L ⁻¹
	μg L ⁻¹	1 ppb = 1 μg L ⁻¹
Density	Mg m ⁻³	1 g/cm ³ = 1 Mg m ⁻³
Specific surface	m ² kg ⁻¹	1 m ² /g = 1000 m ² kg ⁻¹
Pressure	kPa, MPa	1 bar = 0.1 MPa
Radioactivity	Bq	1 Ci = 3.7 x 10 ¹⁰ Bq
Rate, Yield	kg ha ⁻¹	1 kg/10a = 10 kg ha ⁻¹
	Mg ha ⁻¹	1 t/10a = 10 Mg ha ⁻¹

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ -นามสกุล	นางสาวปราณี จอมอ่อน
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 21 มกราคม 2522
สถานที่เกิด	จังหวัด ลพบุรี
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	