วิทยานิพนธ์

ผลการใส่สังกะสีต่อการตอบสนองของข้าวโพดและปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูน

EFFECTS OF ZINC APPLICATION ON THE RESPONSE OF CORN AND AVAILABLE ZINC CONTENT IN CALCAREOUS SOILS

นางสาวมนัสนันท์ เกื้อหนุน

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2551

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

ปริญญา

ปฐพีวิทยา	ปฐพีวิทยา
สาขา	**ภาควิชา**

เรื่อง ผลการใส่สังกะสีต่อการตอบสนองของข้าวโพดและปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูน

Effects of Zinc Application on the Response of Corn and Available Zinc Content in Calcareous Soils

นามผู้วิจัย นางสาวมนัสนันท์ เกื้อหนุน

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(รองศาสตราจารย์จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข, D.Agr.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(รองศาสตราจารย์เอ็จ สโรบล, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(รองศาสตราจารย์อัญชลี สุทธิประการ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์วินัย อาจคงหาญ, M.A)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

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

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลการใส่สังกะสีต่อการตอบสนองของข้าวโพดและปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูน

Effects of Zinc Application on the Response of Corn and Available Zinc Content in Calcareous Soils

โดย

นางสาวมนัสนันท์ เกื้อหนุน

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)
พ.ศ. 2551

มนัสนันท์ เกื้อหนุน 2551: ผลการใส่สังกะสีต่อการตอบสนองของข้าวโพดและปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูน ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา) สาขาปฐพีวิทยา ภาควิชาปฐพีวิทยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข, D.Agr. 76 หน้า

ศึกษาผลการใส่สังกะสีต่อการตอบสนองของข้าวโพดและปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูน โดยแบ่งเป็น 2 การทดลอง การทดลองที่ 1 ศึกษาผลการใส่สังกะสีต่อการตอบสนองของข้าวโพดและปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล การทดลองที่ 2 ศึกษาผลการใส่สังกะสีต่อการตอบสนองของข้าวโพดและปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์ ทำการทดลองในเรือนทดลอง วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design มี 6 ตำรับการทดลอง 3 ซ้ำ ตำรับการทดลองประกอบด้วย ไม่ใส่สังกะสีและใส่สังกะสีในรูปซิงค์ซัลเฟต อัตรา 2, 4, 6, 8 และ 10 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ทุกตำรับการทดลองใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (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

ผลการทดลองที่ 1 พบว่า ดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาลขาดสังกะสี เมื่อมีการใส่สังกะสีข้าวโพดจะตอบสนองโดยผลผลิตฝัก น้ำหนักแห้งตอซังของข้าวโพดจะเพิ่มขึ้น ปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดจะเพิ่มขึ้นสูงกว่าที่ไม่ใส่สังกะสีอย่างเด่นชัด พบว่า ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดิน (สกัดโดยวิธี DTPA) ที่ปลูกข้าวโพดเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่สังกะสีที่เพิ่มขึ้นและมีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพด โดยมีค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.902** ผลการทดลองที่ 2 พบว่า ดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์ขาดสังกะสี ซึ่งการขาดสังกะสีรุนแรงกว่าในชุดดินชัยบาดาล การใส่สังกะสีมีผลทำให้การเจริญเติบโต ผลผลิตน้ำหนักแห้งตอซังและปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดสูงกว่าที่ไม่ได้รับการใส่สังกะสีอย่างเด่นชัด พบว่า ปริมาณสังกะสีในดินที่ปลูกข้าวโพดเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่สังกะสีที่เพิ่มขึ้นและปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดิน (สกัดโดยวิธี DTPA) มีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพด โดยมีค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.944** การปลูกข้าวโพดในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาลและชุดดินบุรีรัมย์ จำเป็นต้องมีการใส่สังกะสี ซึ่งอัตราการใส่สังกะสีที่เหมาะสมสำหรับข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาลและชุดดินบุรีรัมย์ จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าเท่ากับ 2 และ 4 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ตามลำดับ

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Manasanan Kernoon 2008: Effects of Zinc Application on the Response of Corn and Available Zinc Content in Calcareous Soils. Master of Science (Soil Science), Major Field: Soil Science, Department of Soil Science. Thesis Advisor: Associate Professor Jongruk Chanchareonsook, D.Agr. 76 pages.

The present work reported the effects of zinc (Zn) application on the response of corn and available Zn content in calcareous soils. Two parts of investigation included the effects of zinc (Zn) application on the response of corn and available Zn content in a calcareous Chai Badan soil series and the effects of zinc (Zn) application on the response of corn and available Zn content in a calcareous Buri Ram soil series. Two pot experiments were carried out using a Completely Randomized design with six treatments and three replicates. The treatments consisted of without and with Zn application at the rate of 2, 4, 6, 8 and 10 mg Zn kg^{-1}soil as $ZnSO_4.7H_2O$. Each treatment received a basal application of nitrogen (N) phosphorus (P) and potassium (K) fertilizer at the rate of 200 mg N kg^{-1} soil 200 mg P_2O_5 kg^{-1} soil and 150 mg K_2O kg^{-1} soil, respectively.

The results of the first experiment showed that the calcareous Chai Badan soil series was deficient in Zn. Zinc application increased corn yield and Zn uptake significantly comparing with no Zn application. Moreover, the amount of available Zn (DTPA extraction) in the soil increased with the increased rate of Zn application and showed a highly significant correlation with total Zn uptake of corn with the correlation coefficient value (r) of 0.902**. The results of the second experiment showed that the calcareous Buri Ram soil series was deficient in Zn and Zn deficiency was more severe than that in the calcareous Chai Badan soil series. Application of Zn significantly increased growth, dry matter yield and total Zn uptake of corn as compared with no Zn application. An increase in the amount of available Zn (DTPA extraction) in the soil caused by an increase in the rate of Zn application and revealed a highly significant correlation with total Zn uptake of corn with the correlation coefficient value (r) of 0.944**. According to the results of these studies, the recommended rates of Zn application for corn grown in the calcareous Chai Badan and Buri Ram soil series were 2 and 4 mg Zn kg^{-1}soil, respectively.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ ดร.เอ็จ สโรบล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องในการเขียนวิทยานิพนธ์ จนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเทพ ทองแพ และ ดร.พิชิต พงษ์สกุล ที่ให้คำแนะนำและตรวจแก้วิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบพระคุณอาจารย์ บุคลากรและเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน ที่ได้อนุเคราะห์ในการใช้สถานที่และอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการและความช่วยเหลือ ขอขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ที่ให้กำลังใจและความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์มาโดยตลอด จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

มนัสนันท์ เกื้อหนุน

มีนาคม 2551

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	14
อุปกรณ์	14
วิธีการ	15
ผลและวิจารณ์	22
ผล	22
วิจารณ์	58
สรุปและข้อเสนอแนะ	62
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	64
ภาคผนวก	70
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	77

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สมบัติบางประการของชุดดินชัยบาดาลที่นำมาศึกษา	23
2	สมบัติบางประการของชุดดินบุรีรัมย์ที่นำมาศึกษา	24
3	อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อความสูง (เซนติเมตร) ของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล	26
4	อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อเส้นรอบวงลำต้น (เซนติเมตร) ของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล	29
5	อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อผลผลิตน้ำหนักแห้งฝักและน้ำหนักแห้งตอซัง (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล	32
6	อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อปริมาณการดูดใช้สังกะสี (มิลลิกรัม/กระถาง) ของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล	34
7	อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม (มิลลิกรัม/กระถาง) ของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล	37
8	ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ในดินที่ปลูกข้าวโพดชุดดินชัยบาดาล หลังเก็บเกี่ยวข้าวโพด	39
9	อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อปฏิกิริยาดิน (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในชุดดินชัยบาดาลที่มีการปลูกข้าวโพด	42
10	อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อความสูง (เซนติเมตร) ของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์	43
11	อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อเส้นรอบวงลำต้น (เซนติเมตร) ของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์	46
12	อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อผลผลิตน้ำหนักแห้งตอซัง (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์	48
13	อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อปริมาณการดูดใช้สังกะสี (มิลลิกรัม/กระถาง) ของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์	49

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
14	อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม (มิลลิกรัม/กระถาง) ของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์	52
15	ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ในดินที่ปลูกข้าวโพดชุดดินบุรีรัมย์ หลังเก็บเกี่ยวข้าวโพดที่ระยะออกดอก (Tasseling)	55
16	อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อปฏิกิริยาดิน (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในชุดดินบุรีรัมย์ที่มีการปลูกข้าวโพด	57

ตารางผนวกที่

1	ความเข้มข้นสังกะสีและปริมาณการดูดใช้สังกะสีในฝักและตอซังข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล	71
2	ความเข้มข้นไนโตรเจนและปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนในฝักและตอซังข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล	71
3	ความเข้มข้นฟอสฟอรัสและปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในฝักและตอซังข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล	72
4	ความเข้มข้นโพแทสเซียมและปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมในฝักและตอซังข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล	72
5	ความเข้มข้นสังกะสีในตอซังข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์	73
6	ความเข้มข้นไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในตอซังข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์	73
7	ข้อจำกัดของสมบัติทางเคมีที่ใช้ประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน	74
8	การแปลความหมายข้อมูลผลการวิเคราะห์ดิน	76

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ความสูง (เซนติเมตร) ที่ระยะต่างๆของการเจริญเติบโตของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล	27
2	ขนาดเส้นรอบวงลำต้น (เซนติเมตร) ที่ระยะต่างๆของการเจริญเติบโตของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล	30
3	อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อผลผลิตน้ำหนักแห้งฝักและน้ำหนักแห้งตอซัง (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล	33
4	อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อปริมาณการดูดใช้สังกะสี (มิลลิกรัม/กระถาง) ของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล	35
5	อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม (มิลลิกรัม/กระถาง) ของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล	38
6	ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ในดินที่ปลูกข้าวโพดชุดดินชัยบาดาล หลังเก็บเกี่ยวข้าวโพด	40
7	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสังกะสีทั้งหมด (มิลลิกรัม/กระถาง) ในข้าวโพดกับปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ในดินปลูกข้าวโพดชุดดินชัยบาดาลที่วิเคราะห์โดยวิธี DTPA และวิธี AB-DTPA	41
8	ความสูง (เซนติเมตร) ที่ระยะต่างๆของการเจริญเติบโตของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์	44
9	ขนาดเส้นรอบวงลำต้น (เซนติเมตร) ที่ระยะต่างๆของการเจริญเติบโตของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์	47
10	อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อผลผลิตน้ำหนักแห้งตอซัง (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์	50
11	อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อปริมาณการดูดใช้สังกะสี (มิลลิกรัม/กระถาง) ของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์	50

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
12	อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม (มิลลิกรัม/กระถาง) ของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์	53
13	ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ในดินที่ปลูกข้าวโพดชุดดินบุรีรัมย์ หลังเก็บเกี่ยวข้าวโพด	56
14	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสังกะสีทั้งหมด (มิลลิกรัม/กระถาง) ในข้าวโพดกับปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ในดินปลูกข้าวโพดชุดดินบุรีรัมย์ที่วิเคราะห์โดยวิธี DTPA และวิธี AB-DTPA	57

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

Zn	=	Zinc
N	=	Nitrogen
P	=	Phosphorus
K	=	Potassium
DTPA	=	Diethylenetriamine pentaacetic acid
AB-DTPA	=	Ammonium bicarbonate - diethylenetriamine pentaacetic acid
EC	=	Electrical Conductivity
Cd	=	Chai Badan soil series
Br	=	Buri Ram soil series
IAA	=	Indoleacetic acid
CRD	=	Completely Randomized Design
DMRT	=	Duncan’s new multiple range test
C.V	=	Coefficient of variation

ผลการใส่สังกะสีต่อการตอบสนองของข้าวโพดและปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูน

Effects of Zinc Application on the Response of Corn and Available Zinc Content in Calcareous Soils

คำนำ

สังกะสีเป็นธาตุชนิดหนึ่งที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช (essential element) ซึ่งรายงานโดย Sommer and Lipman (1926) พืชต้องการสังกะสีในปริมาณที่ไม่มากสังกะสีจึงถูกจัดอยู่ในกลุ่มจุลธาตุ (micronutrient) (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544; Halvin *et al*., 2005) มีรายงานเกี่ยวกับการขาดธาตุสังกะสีของพืชที่ปลูกในพื้นที่ทำการเกษตรหลายแห่งทั้งในต่างประเทศและในประเทศไทย (สุวพันธ์ และคณะ, 2527; สรสิทธิ์ และคณะ, 2533; Berger, 1968; Alloway, 2004) โดยการขาดสังกะสีมักพบในพื้นที่ที่มีการปลูกพืชติดต่อกันอย่างต่อเนื่อง (intensive agriculture) พื้นที่ที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณที่มาก และในดินที่มี pH สูง เช่น ดินเนื้อปูน (calcareous soil) (Brown *et al*., 1970; Rai and Singh, 1978) พืชที่ขาดสังกะสีจะมีการเจริญเติบโต การดูดใช้ธาตุอาหารและผลผลิตต่ำ (Halvin *et al*., 2005)

เนื่องจากประเทศไทยมีการปลูกข้าวโพดซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศในพื้นที่ๆเป็นดินเนื้อปูนเป็นส่วนใหญ่ และข้าวโพดเป็นพืชที่ไวต่อการขาดสังกะสี (Martens *et al*., 1991) จึงได้ทำการศึกษาผลการใส่สังกะสีต่อการตอบสนองของข้าวโพดและปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูน โดยใช้ข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 4452 เป็นพืชทดสอบ การศึกษาแบ่งเป็น 2 การทดลอง การทดลองที่ 1 เป็นการศึกษาผลการใส่สังกะสีต่อการตอบสนองของข้าวโพดและปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล ส่วนการทดลองที่ 2 เป็นการศึกษาผลการใส่สังกะสีต่อการตอบสนองของข้าวโพดและปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลการใส่สังกะสีต่อการตอบสนองของข้าวโพดและปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาลและชุดดินบุรีรัมย์

2. เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานและแนวทางการจัดการธาตุอาหารสังกะสีเพื่อเพิ่มผลผลิตของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูน

การตรวจเอกสาร

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับดินเนื้อปูน

ดินเนื้อปูนหรือดินแคลคาเรียส เป็นดินซึ่งมีแคลเซียมคาร์บอเนตและ/หรือแมกนีเซียมคาร์บอเนตอิสระมากพอที่จะสังเกตเห็นปฏิกิริยากับกรดเกลือ 0.1 โมลาร์ เป็นฟองฟู่ ดินเหล่านี้จะพบแคลเซียมคาร์บอเนตเทียบเท่า 10-200 กรัมต่อกิโลกรัมของดิน (คณะกรรมการจัดทำปทานุกรมปฐพีวิทยา, 2541) ดินดังกล่าวมักพบส่วนใหญ่ในสภาพภูมิอากาศแห้งแล้งและกึ่งแห้งแล้ง ดินเนื้อปูนเกิดจากหินปูนหรือได้รับอิทธิพลจากหินปูน ภายใต้หน้าตัดดินและบริเวณผิวดิน จึงมักจะพบเศษหินปูนหรือหินมาร์ลที่กำลังสลายตัว เนื่องจากสภาพภูมิอากาศที่แห้งแล้งหรือมีปริมาณน้ำฝนน้อย ไม่พอจะชะเอาเกลือต่างๆออกไปได้ ทำให้มีการสะสมของเกลือแคลเซียมและแมกนีเซียมไบคาร์บอเนตในดิน ทำให้ดินมี pH สูง โดยเนื่องจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของ $CaCO_3$ และ $MgCO_3$ โดยปฏิกิริยาจะเกิด ดังนี้

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

อย่างไรก็ตาม ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของ $CaCO_3$ และ $MgCO_3$ มักถูกจำกัดเนื่องจากสมบัติที่ละลายน้ำได้ยาก ดังนั้น ทำให้ pH ของดินไม่มากกว่า 8.0 ถึง 8.2 (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) pH ที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสในดินเนื้อปูน จะทำให้ความเป็นประโยชน์และการละลายของจุลธาตุบางชนิด อาทิ เหล็ก สังกะสี แมงกานีสและทองแดงลดลง (ไพบูลย์, 2546) ในดินเนื้อปูนความเป็นประโยชน์ของสังกะสีจะต่ำ โดยที่ pH < 7.7 สังกะสีจะอยู่ในรูป Zn^{2+} ในกรณีที่ pH > 7.7 สังกะสีจะอยู่ในรูป $Zn(OH)^+$ ในสภาพด่างจัดคือ pH สูงกว่า 9.1 ขึ้นไป สังกะสีจะอยู่ในรูป $ZnCO_3$ หรือ $Zn(OH)_2$ ซึ่งความเป็นประโยชน์ทั้งสองรูปจะน้อยกว่า Zn^{2+} (ยงยุทธ, 2549)

2. การแจกกระจายดินเนื้อปูนที่พบในประเทศไทย

ประเทศไทยส่วนใหญ่พบดินเนื้อปูนบริเวณเทือกเขาสูงทางตอนกลางและที่ราบภาคกลาง แต่ไม่พบในบริเวณคาบสมุทรหรือชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งมีปริมาณฝนตกค่อนข้างชุกและการกระจายของฝนค่อนข้างสม่ำเสมอทั้งปี ดินดังกล่าวเกิดจากวัตถุต้นกำเนิดที่เป็นด่าง เช่น หินปูน หรือหินมาร์ล หรือเกิดจากการทับถมของตะกอนน้ำพาที่มีความสัมพันธ์กับภูเขาหินปูน

(เอิบ, 2533) ดินเนื้อปูนในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นดินในอันดับ Vertisols และ Mollisols ซึ่งเกิดจากวัตถุต้นกำเนิดที่มีแร่มอนต์มอริลโลไนต์ เป็นอนุภาคหลักในขนาดดินเหนียว (Vijarnsorn, 1982)

สรสิทธิ์ และคณะ (2533) รายงานว่า ชุดดินที่สำคัญที่จัดว่าเป็นดินแคลคาเรียสหรือดินเนื้อปูน ได้แก่ ชุดดินตาคลี และ ชุดดินลพบุรี ซึ่งพบมากในเขตจังหวัดลพบุรี สระบุรี นครสวรรค์ และนครราชสีมา ทั้ง 2 ชุดดิน มีพื้นที่รวมใน 4 จังหวัด คือ 1,196,599 และ 930,053 ไร่ พืชหลักที่มีการปลูกมากในดินเนื้อปูน ส่วนใหญ่จะเป็นพืชไร่ อาทิ ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ถั่วเขียว และฝ้าย (Parkpian, 1988)

3. ลักษณะทั่วไปของดินเนื้อปูนที่นำมาศึกษา

3.1 ชุดดินชัยบาดาล (Chai Badan series: Cd)

ชุดดินชัยบาดาล จัดอยู่ใน Fine, smectitic, isohyperthermic Leptic Haplusterts เกิดจากการสลายตัวของวัตถุตกค้างและหินดินดาดเชิงเขา จากหินบะซอลต์ หินแอนดิไซต์ และหินไรโอไรต์ สภาพพื้นที่ที่พบมีลักษณะเป็นลูกคลื่นลอนลาดถึงลูกคลื่นลอนชัน มีความลาดชัน 3-16 เปอร์เซ็นต์ เป็นดินลึกปานกลาง มีการระบายน้ำดีปานกลาง ดินมีความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้เร็วปานกลางถึงช้า มีการไหล่บ่าของน้ำบนผิวดินปานกลางถึงเร็ว ตามปกติระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกกว่า 1.5 เมตรลงไป ดินบนลึกไม่เกิน 23 เซนติเมตร มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายแป้ง สีพื้นเป็นสีเทาเข้มมาก หรือสีเข้มของน้ำตาลปนเทา ปฏิกิริยาดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงด่างปานกลาง (pH 6.5-8.0) ส่วนดินล่างเนื้อดินเป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายแป้ง ซึ่งมีสีเข้มของน้ำตาลปนเทา สีน้ำตาลเข้ม หรือสีน้ำตาล ในฤดูแล้งมีรอยแตกลึกจากผิวดินถึงดินล่าง และมีรอยไถล (slickenside) และมีก้อนหินปูนตกค้าง (secondary lime nodules) ปฏิกิริยาดินเป็นกลางถึงด่างปานกลาง (pH 7.0-8.0) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548ข)

3.2 ชุดดินบุรีรัมย์ (Buri Ram series: Br)

ชุดดินบุรีรัมย์ จัดอยู่ใน Fine, smectitic, isohyperthermic Ustic Epiaquerts จากการสลายตัวผุพังอยู่กับที่และ/หรือเคลื่อนย้ายมาเป็นระยะทางไกลๆ โดยแรงโน้มถ่วงของโลกของหินบะซอลต์ สภาพพื้นที่ที่พบมีลักษณะราบเรียบ มีความลาดชัน 0-2 เปอร์เซ็นต์ เป็นดินลึก มีการ

ระบายน้ำค่อนข้างเลว ดินอุ้มน้ำได้สูง มีความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้ช้า มีการไหล่บ่าของน้ำบนผิวดินช้า ดินบนมีเนื้อดินเป็นดินเหนียวสีดำจนถึงสีเทาเข้มมาก ปฏิกิริยาดินเป็นกลางถึงกรดปานกลาง (pH 6.0-7.0) ดินล่างมีเนื้อดินเป็นดินเหนียวสีเข้มมาก ปฏิกิริยาดินเป็นกลางถึงด่างปานกลาง (pH 7.0-8.0) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548ก)

4. สังกะสีในดิน

4.1 หินและแร่ที่มีสังกะสีเป็นองค์ประกอบ

เปลือกโลกมีธาตุสังกะสีเป็นองค์ประกอบโดยเฉลี่ย 78 มิลลิกรัม/กิโลกรัม หินอัคนีสีเข้ม (Basic Igneous rocks) มีปริมาณสังกะสีมากกว่าพวกสีจาง เช่น หินบะซอลท์และหินแกบโบร มีสังกะสีประมาณ 100 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ส่วนไดโอไรท์และแอนดิไซท์ มีสังกะสีประมาณ 70 มิลลิกรัม/กิโลกรัม หินแกรนิตมีสังกะสีประมาณ 48 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ส่วนหินตะกอน (Sedimentary rocks) พวก Bituminous shales มีสังกะสีประมาณ 200 มิลลิกรัม/กิโลกรัม หินดินดาน (Shales) มีสังกะสีประมาณ 120 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ส่วนหินทรายมีสังกะสีประมาณ 30 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และหินปูนมีสังกะสีประมาณ 20 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (Wedepohl, 1978)

ดินที่เกิดจากหินปูนและหินทราย สลายตัวมีแนวโน้มมีปริมาณสังกะสีต่ำกว่าดินที่เกิดจากการสลายตัวของหินดินดาน ดังนั้น พื้นที่ที่มีปัญหาเกี่ยวกับการขาดสังกะสีทั่วโลก มักจะมีความสัมพันธ์กับดินที่มีเนื้อดินเป็นดินทรายจัดและดินที่มีแคลเซียมคาร์บอเนตมากในดิน (Alloway, 2003)

แร่ในดินที่มีสังกะสีเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ แร่ Sphalerite (ZnS), แร่ Smithsonite ($ZnCO_3$), แร่ Zincite (ZnO), แร่ Zinkosite ($ZnSO_4$), แร่ Franklinite ($ZnFe_2O_4$), แร่ Hopeite ($Zn_3(PO_4)_2.4H_2O$) แร่สังกะสีที่พบมากในดิน คือ แร่ Sphalerite (ZnS) รองลงมา คือ แร่ Smithsonite ($ZnCO_3$) และแร่ Hemimophite ($Zn_4(Si_2O_7)(OH)_2.H_2O$) (อัญชลี, 2529)

4.2 รูปของสังกะสีในดิน

รูปของสังกะสีในดิน จำแนกออกได้ดังนี้ (Kiekens, 1997; จิราณี, 2531)

1. สังกะสีในรูปที่ละลายน้ำได้ (water soluble form) อยู่ในรูป Zn^{2+} และ เกลือที่ละลายน้ำได้

2. รูปไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ ดูดยึดที่ผิวหรือบริเวณ exchange site ของอนุภาคดิน สามารถแลกเปลี่ยนที่กับไอออนอื่นๆได้อย่างรวดเร็ว

3. รูปที่เข้าร่วมในลักษณะ complex หรือ chelate กับอินทรียวัตถุกลายเป็นสาร-ประกอบเชิงซ้อน ซึ่งสามารถปลดปล่อยออกมาเป็นประโยชน์แก่พืชได้

4. รูปที่ถูกดูดยึดหรือเข้าแทนที่ธาตุอื่นในแร่ดินเหนียวและโลหะออกไซด์ที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งอาจอยู่ในเหลือบผลึกหรือถูกยึดอย่างแน่นในผลึกแร่

5. ในรูปที่เป็นส่วนประกอบของแร่ปฐมภูมิ เมื่อแร่สลายตัวผุผัง Zn^{2+} จะถูกปลดปล่อยออกมาเป็นประโยชน์แก่พืช

4.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเป็นประโยชน์ของสังกะสีในดินต่อพืช (Halvin *et al*., 2005)

1. ปฏิกิริยาของดิน (Soil pH) ความเป็นประโยชน์ของสังกะสีในดินจะลดลง เมื่อ pH ของดินเพิ่มขึ้น ดังนั้นการเพิ่มขึ้นของ pH ของดินจึงชักนำให้เกิดการขาดสังกะสี ซึ่งมักพบในดินเนื้อปูน เพราะสังกะสีจะตกตะกอนอยู่ในรูปสังกะสีที่ไม่ละลายน้ำ อาทิ ในรูป $ZnFe_2O_4$ และ/หรือ $ZnSiO_4$ ทำให้ความเป็นประโยชน์ของสังกะสีลดลง นอกจากนี้ สังกะสียังถูกดูดยึดที่พื้นผิวของ $CaCO_3$ ทำให้ Zn^{2+} ที่ละลายได้ลดลง ความเป็นประโยชน์ของสังกะสีจึงลดลง

2. การดูดซับสังกะสี (Zn adsorption) Zn^{2+} จะถูกดูดซับที่พื้นผิวของพวกออกไซด์ นอกจากนี้จะถูกดูดซับที่แร่ดินเหนียว Kaolinite, Illite และ Bentonite และถูกดูดยึดโดย $MgCO_3$ $CaMg(CO_3)_2$ และ $CaCO_3$

3. อินทรียวัตถุในดิน สังกะสีในรูป Zn^{2+} จะรวมกับอินทรียวัตถุในดินเกิดเป็นสารที่เสถียร โดยมีระดับของปฏิกิริยาดังนี้

1. จับกับลิกนิน ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลมาก เกิดเป็นสารประกอบที่ไม่สามารถละลายเป็นประโยชน์ต่อพืชได้

2. จับกับกรดอินทรีย์ ซึ่งสามารถละลายเป็นประโยชน์ต่อพืชได้

3. จับกับสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ง่าย แล้วเปลี่ยนรูปเป็นเกลือที่ไม่ละลายน้ำ

4. ปฏิสัมพันธ์ (Interaction) กับธาตุอื่นๆ ทองแดง เหล็กและแมงกานีส เป็นธาตุที่ขัดขวางการดูดใช้สังกะสีของพืช นอกจากนี้ ถ้าดินมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในปริมาณที่สูง จะก่อให้เกิดการขาดสังกะสีของพืชได้ สังกะสีจะทำปฏิกิริยากับฟอสฟอรัสเกิดเป็น $Zn_3(PO_4)_2.4H_2O$ ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ

5. การขังน้ำ เมื่อมีการขังน้ำในดิน ความเป็นประโยชน์ของสังกะสีจะลดลงเพราะสังกะสีจะตกตะกอนในรูป $ZnFe_2O_4$ (Franklinite) และ ZnS (Sphalerlite) Mandel *et al*. (1998) รายงานว่า ดินที่มีระบบให้ความชื้นแบบ flooded-dried, alternate wetting-drying และ pre-flooding ความสามารถในการปลดปล่อย Zn^{2+} ของดินจะเป็น 61.4, 67.1 และ 47.3 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ผลของการปลดปล่อยที่ต่างกันเนื่องจากการเปลี่ยนแปลง pH, Fe-oxide และแรงดูดยึด Zn^{2+} ของดิน

6. สภาพภูมิอากาศ ในฤดูหนาวและฤดูฝนมักพบการขาดสังกะสีในพืช เนื่องจากสภาพแสงที่น้อยและอุณหภูมิต่ำ แต่ในฤดูร้อนอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นความเป็นประโยชน์ของสังกะสีต่อพืชจะเพิ่มขึ้น

7. ชนิดและพันธุ์พืช ข้าวโพด ถั่ว ส้มเป็นพืชที่ไวต่อการขาดสังกะสี อนึ่ง พืชต่างสายพันธุ์จะมีความสามารถในการดูดใช้สังกะสีจากดินได้ต่างกัน

5. บทบาทและความสำคัญของสังกะสีต่อพืช

พืชดูดใช้สังกะสีในรูป Zn^{2+} ในสารละลายดินและที่แลกเปลี่ยนได้ ในดินกรดสังกะสีมักจะอยู่ในรูป Zn^{2+} ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ง่าย ถ้า pH สูงกว่า 7.7 สังกะสีส่วนใหญ่จะอยู่ในรูป $Zn(OH)^{+}$ จึงเป็นประโยชน์ต่อพืชน้อยลงและถ้า pH สูงกว่า 9.1 สังกะสีจะตกตะกอนเป็น $Zn(OH)_2$ หรือ $ZnCO_3$ สังกะสีมีบทบาทและความสำคัญต่อพืช ดังนี้ (ยงยุทธ, 2549)

1. เอ็นไซม์หลายชนิดในพืชมีสังกะสีเป็นองค์ประกอบหลักในโครงสร้าง

2. มีบทบาทในการสังเคราะห์แสงของพืช โดย 1) เป็นโคแฟคเตอร์ของเอนไซม์คาร์บอนิคแอนไฮเดรส (carbonic anhydrase) ซึ่งช่วยรักษาสมดุล CO_2 และ HCO_3^- เพื่อให้มี CO_2 ที่ละลายในไซโทซอล (cytosol) ของมีโซฟิลล์ (mesophyll) เพียงพอสำหรับการสังเคราะห์แสง และ 2) ร่วมกับโพแทสเซียมในการควบคุมการปิดเปิดของปากใบ เพื่อให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปในใบเต็มที่

3. ช่วยกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ ดีไฮโดรจีเนส (dehydrogenase) แอลโดเลส (aldolase) ไอโซเมอเรส (isomerase) ทรานส์ฟอสฟอรีเลส (transphosphorylase)

4. มีบทบาทในเมแทบอลิซึม (metabolism) ของดีเอ็นเอ (DNA) และอาร์เอ็นเอ (RNA) ช่วยในการสังเคราะห์โปรตีนและการแบ่งเซลล์

5. มีบทบาทสำคัญในการสังเคราะห์ทริปโตเฟน (tryptophane) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ indoleacetic acid (IAA)

6. ช่วยให้เยื่อหุ้มเซลล์และออร์แกเนลล์ (organells) มีความสมบูรณ์ โดยจับกับฟอสโฟลิปิด (phospholipid) และหมู่ซัลไฟดริล (sulfhydril group) อันเป็นองค์ประกอบของเยื่อหรือจับกับส่วนที่เหลือของซีสเทอีนในโซ่พอลิเพบไทด์ (polypeptide chain) สร้างให้เป็นสารเชิงซ้อนที่มีเสถียรภาพ

6. การขาดธาตุสังกะสีของพืช

สังกะสีจัดเป็นจุลธาตุอาหารเพราะพืชต้องการในปริมาณน้อย โดยทั่วไป ปริมาณความเข้มข้นของสังกะสีในเนื้อเยื่อพืชประมาณ 5 - 100 มิลลิกรัม/กิโลกรัม สังกะสีจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช เพราะมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ การสังเคราะห์ indoleacetic acid (IAA) และกระบวนการสังเคราะห์แสง (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) สภาพดินที่เป็นด่าง เป็นปัจจัยหนึ่งที่จำกัดสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดิน (Alvarez *et al*., 2003) เนื่องจากสังกะสีจะถูกดูดซับอยู่กับแคลเซียมคาร์บอเนตและสารละลายดินที่มีไบคาร์บอเนตไอออน (HCO^{-}_{3}) สูง ซึ่งมีผลทำให้ยับยั้งการดูดสังกะสีของรากพืชและการเคลื่อนย้ายสังกะสีจากรากสู่ส่วนเหนือดินของพืช ดังนั้นจึงมีผลทำให้พืชแสดงลักษณะการขาดสังกะสี โดยในพืชใบเลี้ยงคู่ ต้นจะแคระแกร็นเนื่องจากช่วงระหว่างข้อสั้นลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งส่วนยอดซึ่งยืดตัวช้ากว่าปกติ ใบตอนบนจึงเรียงซ้อนกันค่อนข้างชิดหรือเป็นกระจุกแบบกลีบกุหลาบซ้อนกัน ขนาดใบเล็กลง ใบอ่อนอาจมีสีเหลืองซีดกระจายทั้งแผ่นใบหรือเหลืองเป็นหย่อมๆ คล้ายกับอาการโรคที่เกิดจากไวรัส พืชใบเลี้ยงเดี่ยว เช่น ข้าวโพด ใบอ่อนจะเหลืองลามไปถึงขอบใบ แผ่นใบบางส่วนเปลี่ยนเป็นจุดสีแดง (ยงยุทธ, 2549) นอกจากนี้ Cakmak (2005) รายงานว่า การขาดสังกะสีจะทำให้ผลผลิตเมล็ดและคุณภาพของสารอาหารในเมล็ดข้าวสาลีลดลง พืชที่มีปริมาณความเข้มข้นของสังกะสีต่ำ จะอ่อนแอและไม่ต้านทานต่อความเครียดเนื่องจากสภาพแวดล้อม (environment stress) เช่น อุณหภูมิและความเค็มที่มากเกินไป โครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์รั่ว ผลอันเนื่องจากโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ที่ไม่มีเสถียรภาพ ทำให้มีการปลดปล่อยสารเหลวออกมานอกรากมากขึ้น ดังนั้นจึงทำให้มีการแพร่ของเชื้อที่เป็นสาเหตุโรครากเน่าแพร่เข้าไปในรากได้อย่างรวดเร็ว อนึ่ง ในดินเหนียวสีดำกลุ่ม Grumusols และ Rendzinas (ปัจจุบันจัดอยู่ในอันดับ Vertisols และ อันดับ Mollisols ตามลำดับ) ซึ่งมีปฏิกิริยาเป็นกลางถึงด่างและมีระดับแคลเซียมสูง อาทิ ดินชุดตาคลี ลำนารายณ์ อาจพบข้าวโพดที่ปลูกมีอาการต้นเตี้ย ข้อสั้น ใบเหลือง และให้ผลผลิตต่ำเนื่องจากการขาดสังกะสี (สุวพันธ์ และคณะ, 2532)

การขาดธาตุสังกะสีของพืชพบได้ทั่วไป แต่การขาดมักขึ้นอยู่กับชนิดหรือพันธุ์พืช โดยพืชตระกูลถั่วบางชนิด ข้าวโพด ข้าวโพดหวาน ข้าวฟ่าง ข้าว องุ่น หอมหัวใหญ่และส้มเป็นพืชที่ไวต่อการขาดสังกะสีมาก ข้าวบาร์เล่ย์ ฝ้าย มันฝรั่ง ถั่วเหลือง มะเขือเทศ ชูการ์บีทและหญ้าซูดาน ไวต่อการขาดสังกะสีปานกลาง ส่วนพืชตระกูลหญ้าบางชนิด ข้าวโอ๊ต ข้าวไรย์ ข้าวสาลี หน่อไม้ฝรั่ง แครอทและอัลฟัลฟ่าไม่ไวต่อการขาดสังกะสี (Martens *et al*., 1991)

7. แนวทางการแก้ไขการขาดธาตุสังกะสีของพืช

ดินเนื้อปูนเป็นดินมีปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตสูง pH ของดินสูง ความเป็นประโยชน์ของสังกะสีต่อพืชในดินดังกล่าวโดยทั่วไปจะต่ำ จำเป็นต้องมีแนวทางการจัดการที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มความเป็นประโยชน์ของสังกะสีในดิน ซึ่งมีหลายรูปแบบด้วยกัน อาทิ การใส่ปุ๋ยสังกะสี การลด pH ของดิน หลีกเลี่ยงการใช้ปุ๋ยฟอสเฟตมากเกินไป การเพิ่มอินทรียวัตถุเพื่อให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับสังกะสี (Rending and Taylor, 1989) นอกจากนี้ การเคลือบเมล็ดพืชด้วยสังกะสีก่อนปลูก รวมทั้งการเลือกใช้พันธุ์พืชที่มีประสิทธิภาพสูงในการดูดใช้สังกะสี (Zinc-efficiency)ในดินเนื้อปูน

7.1 การใส่ปุ๋ยสังกะสี

ปุ๋ยสังกะสีที่ใส่ลงไปในดิน มีทั้งในรูปสารประกอบอนินทรีย์และโลหะคีเลท สำหรับในรูปสารประกอบอนินทรีย์ที่นิยมใช้เพื่อแก้ปัญหาการขาดธาตุสังกะสีของพืช อาทิ $ZnSO_4.7H_2O$, $Zn(NO_3)_2.3H_2O$, ZnO และ $ZnCl_2$ ส่วนโลหะคีเลทที่นิยมใช้อยู่ในรูป ZnDTPA, ZnEDTA และ ZnHEDTA Mirazapour and Khoshgoftar (2006) ศึกษาผลการใส่สังกะสีในรูป $ZnSO_4.7H_2O$ ต่อผลผลิตของทานตะวันในดินเนื้อปูน พบว่า การใส่สังกะสีในรูป $ZnSO_4.7H_2O$ มีผลทำให้ผลผลิตเมล็ดและน้ำหนักแห้งของต้นทานตะวันเพิ่มขึ้น ซึ่งการใส่สังกะสีมีอิทธิพลต่อการเพิ่มผลผลิตของเมล็ดทานตะวันมาก และเมื่อมีการใส่ $ZnSO_4.7H_2O$ ในอัตราที่เพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้ปริมาณของสังกะสีในต้นทานตะวันเพิ่มมากขึ้น แต่การใส่สังกะสีไม่มีผลต่อความสูงต้นและขนาดของดอกทานตะวัน อนึ่ง การใส่สังกะสีในรูป $ZnSO_4.7H_2O$ เพียงครั้งเดียวสามารถให้ผลตกค้างอยู่ในดินหลายปี เพราะ Zn^{2+} ไม่ถูกชะล้างออกไปจากดินได้ง่าย ดังนั้นผลตกค้างของการใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูป $ZnSO_4.7H_2O$ สามารถเพิ่มผลผลิตพืชที่ปลูกในปีแรก 13-47 เปอร์เซ็นต์ และยังมีอิทธิพลต่อผลผลิตในปีต่อไปอีกไม่น้อยกว่า 2 ปี (Fuehring, 1972)

การเคลือบเมล็ดพืชด้วยสังกะสีก่อนปลูก ลดการสูญเสียสังกะสีจากการถูกชะล้างและการถูกตรึงในดินให้อยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช เพราะธาตุสังกะสีที่เคลือบเมล็ดจะละลายและเข้าสู่รากได้ทันที การใส่ปุ๋ยสังกะสีให้กับข้าวโพดโดยวิธีเคลือบเมล็ดข้าวโพดด้วยสังกะสีในรูป $ZnSO_4.7H_2O$ อัตรา 160 กรัมต่อเมล็ดข้าวโพด 1 กิโลกรัม ในดินที่เป็นกลางหรือดินด่าง มีผลทำ

ให้ผลผลิตเมล็ดข้าวโพดเพิ่มขึ้นร้อยละ 6-12 ซึ่งการใส่ปุ๋ยวิธีนี้สามารถเพิ่มชีวมวลและผลผลิตเมล็ด แต่ไม่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณสังกะสีในต้นหรือในเมล็ด (สุวพันธ์ และคณะ, 2527)

7.2 การลด pH ของดิน

การใส่วัสดุที่เป็นกรดหรือให้ผลตกค้างเป็นกรดในดินเนื้อปูน อาทิ การใส่ผงกำมะถัน และสารประกอบซัลไฟด์ต่างๆ การใส่ผงกำมะถันทำให้ธาตุกำมะถันถูกออกซิไดซ์เป็นอนุมูลซัลเฟต (SO_4^{2-}) และไฮโดรเจนไอออน (H^+) ซึ่งจะทำให้ pH ของดินและปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตในดินลดลง เป็นผลทำให้สังกะสีซึ่งไม่ละลายในสภาพดินเนื้อปูน ละลายเป็นประโยชน์ต่อพืช Cui and Wang (2005) รายงานว่า การใส่สังกะสีร่วมกับผงกำมะถัน มีผลทำให้ pH ของดินลดลงอย่างเด่นชัด ปริมาณสังกะสีที่ละลายเป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ การใส่สังกะสีร่วมกับผงกำมะถันมีผลทำให้ปริมาณและการดูดใช้สังกะสีทั้งหมดในต้นข้าวสาลีเพิ่มสูงขึ้น Gupta and Gupta (1984) รายงานว่า การใส่สังกะสีในรูป $ZnSO_4.7H_2O$ มีผลทำให้ผลผลิตต้นถั่วลิสงเพิ่มสูงขึ้นอย่างเด่นชัด และการใส่ $ZnSO_4.7H_2O$ ร่วมกับเกลือซัลเฟต (SO_4^{2-}-salt) เป็นผลทำให้ผลผลิตและการดูดใช้สังกะสีในต้นถั่วลิสงเพิ่มสูงขึ้น แต่ไม่มีผลต่อปริมาณสังกะสีในต้นถั่วลิสง จากการศึกษาของ Shuka and Prasad (1979) พบว่า การใส่ผงกำมะถันทำให้ปริมาณสังกะสีในต้นถั่วลิสงเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นถั่วลิสง และการใส่ผงกำมะถันร่วมกับสังกะสีมีผลทำให้น้ำหนักตอซังและฝักเพิ่มขึ้นแต่ต่ำกว่าการใส่สังกะสีอย่างเดียว นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยที่มีผลตกค้างเป็นกรด อาทิ แอมโมเนียมซัลเฟต ยูเรีย เป็นอีกแนวทางในการลด pH ของดิน ซึ่งจะทำให้สังกะสีอยู่ในรูปเป็นประโยชน์ต่อพืชเพิ่มขึ้น Chaudhry *et al*. (1977) รายงานว่า การใส่ไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมซัลเฟต มีผลทำให้ความเข้มข้นของสังกะสีในต้นข้าวที่ปลูกในดินเนื้อปูนสูงกว่าการใส่ไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมไนเตรท

7.3 หลีกเลี่ยงการใช้ปุ๋ยฟอสเฟตมากเกินไป

มีรายงานว่า การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในปริมาณมากและต่อเนื่องติดต่อกันเป็นเวลานาน จะทำให้สังกะสีทำปฏิกิริยากับฟอสเฟตและอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ มีผลทำให้ข้าวโพดแสดงอาการขาดสังกะสีมากขึ้น ปริมาณความเข้มข้นและสังกะสีทั้งหมดในต้นข้าวโพดเพิ่มขึ้นเมื่อใส่ปุ๋ยสังกะสี แต่จะลดลงถ้าใส่ปุ๋ยฟอสเฟตเพิ่มมากขึ้นและปริมาณที่ลดลงจะมากกว่าในใบและในราก แสดงให้เห็นว่าฟอสเฟตขัดขวางการดูดใช้และการเคลื่อนย้ายสังกะสีในต้นข้าวโพด (สุรศักดิ์, 2516)

7.4 การเพิ่มอินทรียวัตถุเพื่อให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับสังกะสี

จุลธาตุอาหารประจุบวกทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ประเภทต่างๆ อาทิ ฮิวมัส กรดอะมิโนโปรตีน กรดฟอสฟอริกและกรดอินทรีย์อื่นๆ กลายเป็นสารประกอบเชิงซ้อน ซึ่งสารประกอบเชิงซ้อนที่มีโมเลกุลขนาดเล็กจะละลายน้ำ ไม่ตกตะกอนและจะเป็นประโยชน์ต่อพืชง่าย เป็นผลทำให้การปลดปล่อยจุลธาตุอาหารประจุบวกเหล่านี้เป็นประโยชน์ต่อพืช Ozkutlu *et al*. (2005) ทำการศึกษาผลการใช้ Zinc-humate และ $ZnSO_4.7H_2O$ ต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองและข้าวสาลีในดินที่ขาดสังกะสี พบว่าการใช้ Zinc-humate มีผลทำให้น้ำหนักแห้งถั่วเหลืองและข้าวสาลีเพิ่มร้อยละ 50 และ 120 ตามลำดับ ในข้าวสาลีปุ๋ยสังกะสีไม่ทำให้น้ำหนักแห้งต่างกัน แต่ในถั่วเหลืองการใช้ Zinc-humate ให้น้ำหนักแห้งถั่วเหลืองมากกว่า $ZnSO_4.7H_2O$ และการใช้ Zinc-humate และ $ZnSO_4.7H_2O$ ให้ความเข้มข้นของสังกะสีในต้นข้าวสาลี 36 และ 34 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนถั่วเหลืองเท่ากับ 18 และ 13 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ นอกจากนี้ Prasad *et al*. (1995) รายงานว่า การใส่สังกะสีในรูป Zinc fulvate มีผลทำให้ต้นข้าวโพดมีน้ำหนักแห้งและการดูดใช้สังกะสีในต้นข้าวโพดเพิ่มขึ้นมากกว่าการใส่สังกะสีในรูป $ZnSO_4.7H_2O$

7.5 การใช้พันธุ์พืชที่มีประสิทธิภาพสูงต่อสังกะสี

การเลือกใช้พันธุ์พืชที่เหมาะสมในดินเนื้อปูน พืชแต่ละชนิดหรือแม้พืชชนิดเดียวกันแต่ต่างสายพันธุ์ มีประสิทธิภาพในการดูดใช้สังกะสี (Zinc-efficiency) ไม่เท่ากัน พืชแต่ละชนิดมีความสามารถในการสกัดและดูดดึงธาตุสังกะสีขึ้นมาใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกัน ทำให้พืชแสดงอาการขาดสังกะสีมากน้อยต่างกัน Cakmak *et al*. (1996) ทำการศึกษาการปลูกข้าวไรย์และข้าวสาลีพันธุ์ Durum และ พันธุ์ Bread ในดินเนื้อปูนร่วมกับการใส่สังกะสีในรูปซิงค์ซัลเฟต พบว่า ข้าวสาลีพันธุ์ Durum จะแสดงอาการข้อปล้องสั้น พบจุดที่เป็นเซลล์ตายบนแผ่นใบ โดยปรากฏอาการให้เห็นเร็วกว่าข้าวสาลีพันธุ์ Bread นอกจากนี้ ความเข้มข้นของสังกะสีในต้นและปริมาณสังกะสีทั้งหมดในต้นของข้าวสาลีพันธุ์ Durum ต่ำกว่าข้าวสาลีพันธุ์ Bread ส่วนข้าวไรย์แสดงอาการข้อปล้องสั้นเพียงเล็กน้อยและปริมาณสังกะสีทั้งหมดในต้นของข้าวไรย์สูงกว่าข้าวสาลีทั้งสองพันธุ์ แสดงให้เห็นว่า ประสิทธิภาพในการดูดใช้สังกะสีในข้าวไรย์ > ข้าวสาลีพันธุ์ Bread > ข้าวสาลีพันธุ์ Durum

8. ลักษณะทั่วไปของข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 4452

ข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 4452 เป็นข้าวโพดลูกผสมเดี่ยวได้จากการนำสายพันธุ์แท้เกษตร-ศาสตร์ 47 ผสมกับสายพันธุ์แท้ Kei 0102 มีบทบาทสำคัญมากในการเพิ่มผลผลิตต่อไร่และผลผลิตรวมของประเทศไทยและมีเสถียรภาพสูงในการให้ผลผลิตในแหล่งปลูกข้าวโพดต่างๆ เพราะสามารถปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมเลวถึงดี จากผลการทดสอบพบว่า ข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 4452 ให้ผลผลิตเฉลี่ย 1,151 - 1,430 กิโลกรัม/ไร่ สูงกว่าพันธุ์สุวรรณ 3851 (21.7%), ลูกผสมเดี่ยวพันธุ์ CP-DK 888 (27.4%), ลูกผสมเดี่ยวนครสวรรค์ 72 (23.8%) และพันธุ์สุวรรณ 1 รอบคัดเลือก 11, 12 และ 13 (38.4 %) ตามลำดับ การปลูกในสภาพแล้ง ข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 4452 ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ต่างๆดังกล่าว

อายุวันสลัดละอองเกสร 50 % 54 วัน วันออกไหม 50 % 54 วัน ความสูงต้น 217 เซนติเมตร ต้านทานการหักล้ม ต้านทานโรคราน้ำค้าง ราสนิม เปลือกหุ้มฝักมิดชิด จำนวนฝักต่อต้นสูงและมีเปอร์เซ็นต์กระเทาะเมล็ดสูงถึง 81.9 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดสีส้มเหลืองหัวแข็ง

อายุการเก็บเกี่ยวเมล็ดแห้ง 110 - 120 วัน แต่ข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 4452 เหมาะสมดีในการทำข้าวโพดหมัก ดังนั้น จะเก็บเกี่ยวเมื่อข้าวโพดอายุประมาณ 85 วันหลังจากปลูก
(สำนักบริการคอมพิวเตอร์, 2549)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เมล็ดพันธุ์พืชทดลอง

   1.1 เมล็ดข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 4452

2. ปุ๋ยเคมี

   2.1 ยูเรีย (NH_2CONH_2)

   2.2 โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4)

   2.3 โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl)

   2.4 ซิงค์ซัลเฟต ($ZnSO_4.7H_2O$)

3. ดินที่ใช้ในการทดลอง คือ ชุดดินชัยบาดาล และ ชุดดินบุรีรัมย์

4. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างดินและพืช

5. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างดินและพืช

   5.1 Atomic absorption spectrophotometer

   5.2 Spectrophotometer

   5.3 Micro - Kjeldahl distillation apparatus

5.4 pH meter

5.5 Electrical Conductivity

5.6 Digestion apparatus

5.7 ตู้อบควบคุมอุณหภูมิ

5.8 เครื่องชั่ง 1 และ 2 ตำแหน่ง

5.9 เครื่องบดตัวอย่างดินและตะแกรงร่อนดิน ขนาด 2 มิลลิเมตร

5.10 เครื่องบดตัวอย่างพืช

5.11 สารเคมีที่จำเป็นในการวิเคราะห์ตัวอย่างดินและพืช

5.12 อุปกรณ์ที่จำเป็นในการวิเคราะห์ดิน พืชและในการปลูกพืชทดสอบในเรือนทดลอง

วิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่างดิน

นำตัวอย่างดินชุดดินชัยบาดาลและชุดดินบุรีรัมย์ ที่เก็บที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร จากแปลงข้าวโพดเกษตรกรในจังหวัดลพบุรี นำมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม เก็บเศษซากพืชออก ผสมคลุกเคล้าเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนที่หนึ่งสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ขั้นพื้นฐานในห้องปฏิบัติการ ย่อยดินให้ละเอียดผ่านตะแกรงร่อนขนาด 2 มิลลิเมตร และส่วนที่เหลือสำหรับใช้ในการปลูกพืชทดสอบในโรงเรือนทดลอง

2. การศึกษาและการทดลองในห้องปฏิบัติการ

2.1 การศึกษาสมบัติของดินที่ใช้ในการทดลองก่อนปลูกข้าวโพด

2.1.1 วิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน

(1) ปฏิกิริยาดิน (pH) วัดโดยใช้เครื่อง pH meter อัตราส่วนระหว่างดินต่อน้ำเท่ากับ 1:1 (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542)

(2) วัดค่าการนำไฟฟ้าของดิน (Electrical Conductivity, EC) วัดโดยอัตราส่วนดินต่อน้ำ 1:5 (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542)

(3) ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (Organic matter) โดยวิธี Walkley and Black Titration (Walkey and Black, 1934; ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542)

(4) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus) สกัดโดยวิธี Bray II และวิเคราะห์ปริมาณโดยวิธี colorimetric (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542)

(5) ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available potassium) สกัดโดยวิธี NH_4OAc pH 7.0 วิเคราะห์ปริมาณโดย atomic absorption spectrophotometer (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542)

(6) ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable Ca and Mg) สกัดโดยวิธี NH_4OAc pH 7.0 วิเคราะห์ปริมาณโดย atomic absorption spectrophotometer (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542)

(7) ปริมาณจุลธาตุสังกะสี เหล็ก แมงกานีสและทองแดงที่เป็นประโยชน์ในดิน โดยการสกัดด้วย 0.005 M DTPA pH 7.3 และวิเคราะห์ด้วย atomic absorption spectrophotometer (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542)

2.1.2 วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดิน

(1) เนื้อดินวิเคราะห์โดยวิธี Pipette method

3. การปลูกข้าวโพดในเรือนทดลอง

แบ่งการทดลองเป็น 2 การทดลอง ดังนี้

3.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาผลการใส่สังกะสีต่อการตอบสนองของข้าวโพดและปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูน ชุดดินชัยบาดาล

3.1.1 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) มี 6 ตำรับการทดลอง 3 ซ้ำ ดังนี้

ตำรับที่ 1 ไม่ใส่สังกะสี (Zn_0)

ตำรับที่ 2 ใส่สังกะสี 2 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม (Zn_2)

ตำรับที่ 3 ใส่สังกะสี 4 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม (Zn_4)

ตำรับที่ 4 ใส่สังกะสี 6 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม (Zn_6)

ตำรับที่ 5 ใส่สังกะสี 8 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม (Zn_8)

ตำรับที่ 6 ใส่สังกะสี 10 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม (Zn_{10})

3.1.2 การปลูกพืชทดสอบ

นำตัวอย่างดินชุดดินชัยบาดาล ที่เก็บเศษซากพืชออกหมด ชั่งใส่กระถางที่เตรียมไว้ 8 กิโลกรัมต่อกระถาง โดยใช้กระถางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางบน 28 เซนติเมตร สูง 28.5 เซนติเมตร ผสมคลุกเคล้าดินก่อนปลูกด้วยปุ๋ยไนโตรเจนในรูปยูเรีย (NH_2CONH_2) อัตรา 200 มก.N/ดิน 1 กิโลกรัม ฟอสฟอรัสใส่ในรูปโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) อัตรา 200 มก. P_2O_5/ดิน 1 กิโลกรัม โพแทสเซียมใส่ในรูปโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) และโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต(KH_2PO_4) อัตรา 150 มก.K_2O/ดิน 1 กิโลกรัม สำหรับสังกะสีใส่ในรูปซิงค์ซัลเฟต ($ZnSO_4.7H_2O$) อัตรา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ตามตำรับการทดลอง โดยละลายน้ำรดดินก่อนปลูก ปล่อยทิ้งไว้ 1 วัน ทำการปลูกข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 4452 จำนวน 4 เมล็ดต่อกระถาง เมื่อต้นกล้าแตกใบจริง ถอนแยกให้เหลือ 1 ต้น/กระถาง รดด้วยน้ำกรองตลอดการทดลอง วัดการเจริญเติบโตเมื่ออายุ 20, 40 และ 60 วันหลังหยอดเมล็ด โดยวัดความสูงต้นและเส้นรอบวงต้นสูงเหนือผิวดิน 5 เซนติเมตร ทำการเก็บเกี่ยวเมื่อข้าวโพดแก่ (อายุ 65 วันหลังหยอดเมล็ด) แยกฝักและต้นส่วนเหนือดิน นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส แล้วชั่งน้ำหนักแห้งของฝักและต้นส่วนเหนือดิน แล้วบดเพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณ สังกะสี ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในฝักและต้นข้าวโพด

3.1.3 การวิเคราะห์ตัวอย่างพืช

นำตัวอย่างฝักและต้นข้าวโพดส่วนเหนือดินที่บดละเอียดมาย่อยสลายด้วย digestion mixture (H_2SO_4-Na_2SO_4-Se mixture) เพื่อวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนโดยวิธีการกลั่น Micro-Kjeldahl method วิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสโดยวิธี Vanado-molybdate yellow colour และวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542) และย่อยตัวอย่างข้าวโพดด้วย Triacid mixture (conc.HNO_3 : conc.H_2SO_4 : conc.$HClO_4$ 5:1:2) วิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีทั้งในฝักและต้นข้าวโพดส่วนเหนือดินโดย atomic absorption spectrophotometer (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542)

3.1.4 การเก็บและการวิเคราะห์ตัวอย่างดินหลังการเก็บเกี่ยว

หลังตัดต้นข้าวโพดในแต่ละกระถางผสมคลุกเคล้าดินให้เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินประมาณ 1 กิโลกรัม ใส่ถุงพลาสติก นำดินมาผึ่งในที่ร่มจนแห้ง แล้วบดตัวอย่างดินผ่านตระแกรงร่อนขนาด 2 มิลลิเมตร แล้วนำมาวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) และปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์โดยสกัดดินด้วย 0.005 M DTPA pH 7.3 และวิเคราะห์ปริมาณสังกะสีโดย atomic absorption spectrophotometer (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542)

3.1.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการและการทดลองปลูกข้าวโพดในกระถาง นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) เพื่อหาค่า F-value และค่าทางสถิติอื่นๆไว้สำหรับการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี DMRT (Duncan's new multiple range test) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติของ IRRISTAT Version 3/93

3.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาผลการใส่สังกะสีต่อการตอบสนองของข้าวโพดและปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูน ชุดดินบุรีรัมย์

3.2.1 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) มี 6 ตำรับการทดลอง 3 ซ้ำ ดังนี้

ตำรับที่ 1 ไม่ใส่สังกะสี (Zn_0)

ตำรับที่ 2 ใส่สังกะสี 2 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม (Zn_2)

ตำรับที่ 3 ใส่สังกะสี 4 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม (Zn_4)

ตำรับที่ 4 ใส่สังกะสี 6 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม (Zn_6)

ตำรับที่ 5 ใส่สังกะสี 8 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม (Zn_8)

ตำรับที่ 6 ใส่สังกะสี 10 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม (Zn_{10})

3.2.2 การปลูกพืชทดสอบ

นำตัวอย่างดินชุดดินบุรีรัมย์ ที่เก็บเศษซากพืชออกหมด ชั่งใส่กระถางที่เตรียมไว้ 8 กิโลกรัมต่อกระถาง โดยใช้กระถางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางบน 28 เซนติเมตร สูง 28.5 เซนติเมตร ผสมคลุกเคล้าดินก่อนปลูกด้วยปุ๋ยไนโตรเจนในรูปยูเรีย (NH_2CONH_2) อัตรา 200 มก.N/ดิน 1 กิโลกรัม ฟอสฟอรัสใส่ในรูปโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) อัตรา 200 มก. P_2O_5/ดิน 1 กิโลกรัม โพแทสเซียมใส่ในรูปโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) และโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต(KH_2PO_4) อัตรา 150 มก.K_2O/ดิน 1 กิโลกรัม สำหรับสังกะสีใส่ในรูปซิงค์ซัลเฟต ($ZnSO_4.7H_2O$) อัตรา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ตามตำรับการทดลอง โดยละลายน้ำรดดินก่อนปลูก ปล่อยทิ้งไว้ 1 วัน ทำการปลูกข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 4452 จำนวน 4 เมล็ดต่อกระถาง เมื่อต้นกล้าแตกใบจริง ถอนแยกให้เหลือ 1 ต้น/กระถาง รดด้วยน้ำกรองตลอดการทดลอง วัดการเจริญเติบโตเมื่ออายุ 20 และ 40 วันหลังหยอดเมล็ด โดยวัดความสูงต้นและเส้นรอบวงต้นสูงเหนือผิวดิน 5 เซนติเมตร ทำการเก็บเกี่ยวต้นข้าวโพดเมื่อข้าวโพดออกดอก (Tasseling) (อายุ 50 วันหลังหยอดเมล็ด) นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส แล้วชั่งน้ำหนักแห้ง ทำการบดเพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณสังกะสี ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในต้นข้าวโพด

3.2.3 การวิเคราะห์ตัวอย่างพืช

นำตัวอย่างต้นข้าวโพดส่วนเหนือดินที่บดละเอียดมาย่อยสลายด้วย digestion mixture (H_2SO_4-Na_2SO_4-Se mixture) เพื่อวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนโดยวิธีการกลั่น Micro-Kjeldahl method วิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสโดยวิธี Vanado-molybdate yellow colour และวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542) และย่อยตัวอย่างข้าวโพดด้วย Triacid mixture (conc.HNO_3 : conc.H_2SO_4 : conc.$HClO_4$ 5:1:2) วิเคราะห์ปริมาณสังกะสีในต้นข้าวโพดโดย atomic absorption spectrophotometer (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542)

3.2.4 การเก็บและการวิเคราะห์ตัวอย่างดินหลังการเก็บเกี่ยว

หลังตัดต้นข้าวโพดในแต่ละกระถางผสมคลุกเคล้าดินให้เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินประมาณ 1 กิโลกรัม ใส่ถุงพลาสติก นำดินมาผึ่งในที่ร่มจนแห้ง แล้วบดตัวอย่างดินผ่านตระแกรงร่อนขนาด 2 มิลลิเมตร แล้วนำมาวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) และปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์โดยสกัดดินด้วย 0.005 M DTPA pH 7.3 และวิเคราะห์ปริมาณสังกะสีโดย atomic absorption spectrophotometer (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542)

3.2.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการและการทดลองปลูกข้าวโพดในกระถาง นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) เพื่อหาค่า F-value และค่าทางสถิติอื่นๆไว้สำหรับการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี DMRT (Duncan's new multiple range test) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติของ IRRISTAT Version 3/93

4. สถานที่ทำการทดลอง

ทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการและเรือนทดลองภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพมหานคร

5. ระยะเวลาในการทดลอง

เดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึง เดือนมกราคม 2551

ผลและวิจารณ์

ผล

1. การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

1.1 สมบัติของชุดดินชัยบาดาล

สมบัติของชุดดินชัยบาดาลที่นำมาศึกษา แสดงอยู่ในตารางที่ 1 พบว่า ชุดดินชัยบาดาลมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว (clay) ปฏิกิริยาดินเป็นด่าง pH 7.4 มีค่าการนำไฟฟ้า 0.08 เดซิซีเมนต์/เมตร ปริมาณอินทรียวัตถุ 28 กรัม/กิโลกรัม มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 25 มิลลิกรัม/กิโลกรัม มีปริมาณโพแทสเซียมและแคลเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงมาก (195 และ 4433 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ) มีปริมาณแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูง (504 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) มีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำ (0.68 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ปริมาณเหล็ก แมงกานีส และทองแดงที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 13.6, 18.42 และ 1.85 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ

1.2 สมบัติของชุดดินบุรีรัมย์

สมบัติของชุดดินบุรีรัมย์ที่นำมาศึกษา แสดงอยู่ในตารางที่ 2 พบว่า ชุดดินบุรีรัมย์มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว (clay) ปฏิกิริยาดินเป็นด่าง pH 8.0 มีค่าการนำไฟฟ้า 0.11 เดซิซีเมนต์/เมตร ปริมาณอินทรียวัตถุ 30 กรัม/กิโลกรัม มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 20 มิลลิกรัม/กิโลกรัม มีปริมาณโพแทสเซียมและแคลเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงมาก (160 และ 6000 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ) มีปริมาณแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ 100 มิลลิกรัม/กิโลกรัม มีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมาก (0.36 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ปริมาณเหล็ก แมงกานีสและทองแดงที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 5.5, 11 และ 0.92 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 1 สมบัติบางประการของชุดดินชัยบาดาลที่นำมาศึกษา

สมบัติและองค์ประกอบ	Analysis
Soil texture[1/]	clay
pH[2/]	7.4
EC (dSm^{-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/]	4433
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/]	13.6
Available copper ($mg\ kg^{-1}$)[7/]	1.85

[1/] Pipette method

[2/] pH meter (soil : water = 1:1)

[3/] Electrical Conductometer (soil : water = 1:5)

[4/] Walkey and Black method (Walkey and Black, 1934)

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

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

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

ตารางที่ 2 สมบัติบางประการของชุดดินบุรีรัมย์ที่นำมาศึกษา

สมบัติและองค์ประกอบ	Analysis
Soil texture[1/]	clay
pH[2/]	8.0
EC (dSm^{-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/]	6000
Available magnesium ($mg\ kg^{-1}$)[6/]	100
Available zinc ($mg\ kg^{-1}$)[7/]	0.36
Available manganese ($mg\ kg^{-1}$)[7/]	11
Available iron ($mg\ kg^{-1}$)[7/]	5.5
Available copper ($mg\ kg^{-1}$)[7/]	0.92

[1/] Pipette method

[2/] pH meter (soil : water = 1:1)

[3/] Electrical Conductometer (soil : water = 1:5)

[4/] Walkey and Black method (Walkey and Black, 1934)

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

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

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

2. การศึกษาผลการใส่สังกะสีต่อการตอบสนองของข้าวโพดและปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล

2.1 อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล

2.1.1 ความสูงของข้าวโพด

ที่ข้าวโพดอายุ 20 วัน พบว่า การใส่สังกะสีมีแนวโน้มช่วยเพิ่มความสูงของข้าวโพด โดยข้าวโพดที่ไม่ได้รับการใส่สังกะสีเลย มีความสูง 16.50 เซนติเมตร ขณะที่ข้าวโพดที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตราต่างๆ มีความสูงอยู่ในช่วง 17.03 - 18.93 เซนติเมตร (ตารางที่ 3 และภาพที่ 1) ข้าวโพดที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตราต่างๆ (2, 4, 6, 8 และ 10 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม) มีความสูงไม่แตกต่างกันทางสถิติ

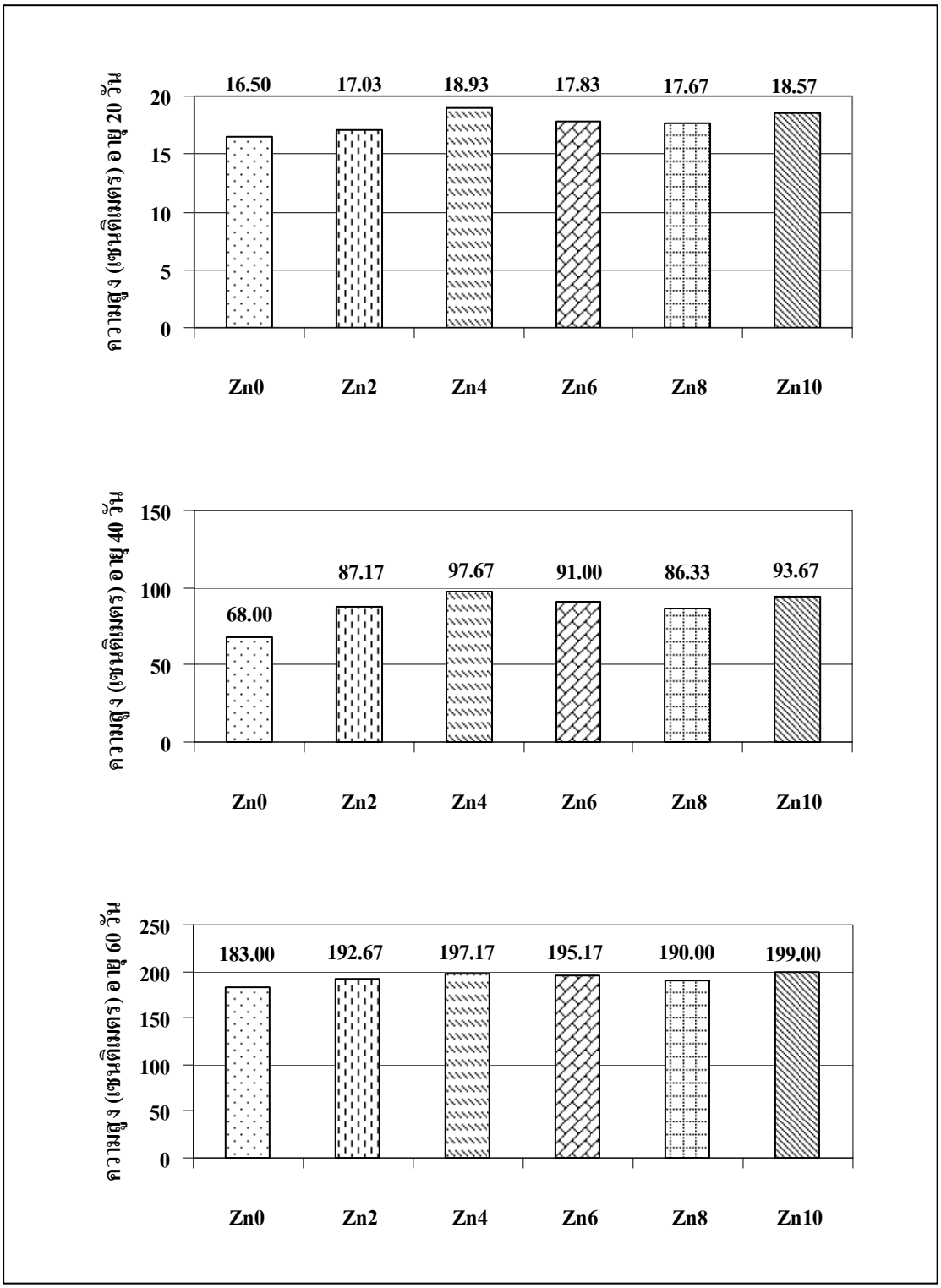
ความสูงของข้าวโพดที่อายุ 40 วัน พบว่า ข้าวโพดที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตราต่างๆ มีความสูงไม่แตกต่างกันทางสถิติและมีแนวโน้มสูงกว่าตำรับที่ไม่ได้รับการใส่สังกะสีเลย ซึ่งข้าวโพดมีความสูงเท่ากับ 68.00 เซนติเมตร (ตารางที่ 3 และภาพที่ 1) ข้าวโพดที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตรา 4 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม มีแนวโน้มมีความสูงมากที่สุดเท่ากับ 97.67 เซนติเมตร

ที่ข้าวโพดอายุ 60 วัน พบว่า การใส่สังกะสีมีแนวโน้มช่วยเพิ่มความสูงของข้าวโพด โดยข้าวโพดที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตราต่างๆ มีความสูงอยู่ในช่วง 190.00 - 199.00 เซนติเมตร ขณะที่ความสูงของข้าวโพดที่ไม่ได้รับการใส่สังกะสีเลยเท่ากับ 183.00 เซนติเมตร (ตารางที่ 3 และภาพที่ 1) ข้าวโพดตำรับที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตรา 2, 4, 6, 8 และ 10 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม มีความสูงไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 3 อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อความสูง (เซนติเมตร) ของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินชัยบาดาล

ตำรับการทดลอง	ความสูงเฉลี่ย (เซนติเมตร)		
	อายุ 20 วัน	อายุ 40 วัน	อายุ 60 วัน
Zn 0	16.50	68.00	183.00
Zn 2	17.03	87.17	192.67
Zn 4	18.93	97.67	197.17
Zn 6	17.83	91.00	195.17
Zn 8	17.67	86.33	190.00
Zn 10	18.57	93.67	199.00
F-test	ns	ns	ns
C.V (%)	9.0	11.8	3.9

หมายเหตุ ^{ns} ไม่แตกต่างกันทางสถิติ



ภาพที่ 1 ความสูง (เซนติเมตร) ที่ระยะต่างๆของการเจริญเติบโตของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินชัยบาดาล

2.1.2 เส้นรอบวงลำต้นของข้าวโพด

ที่ข้าวโพดอายุ 20 วัน พบว่า การใส่สังกะสีมีแนวโน้มช่วยเพิ่มขนาดเส้นรอบวงลำต้นของข้าวโพด ข้าวโพดที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตราต่างๆ มีขนาดเส้นรอบวงลำต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4 และภาพที่ 2) ตำรับที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตรา 4 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม มีแนวโน้มมีขนาดเส้นรอบวงลำต้นข้าวโพดสูงที่สุด

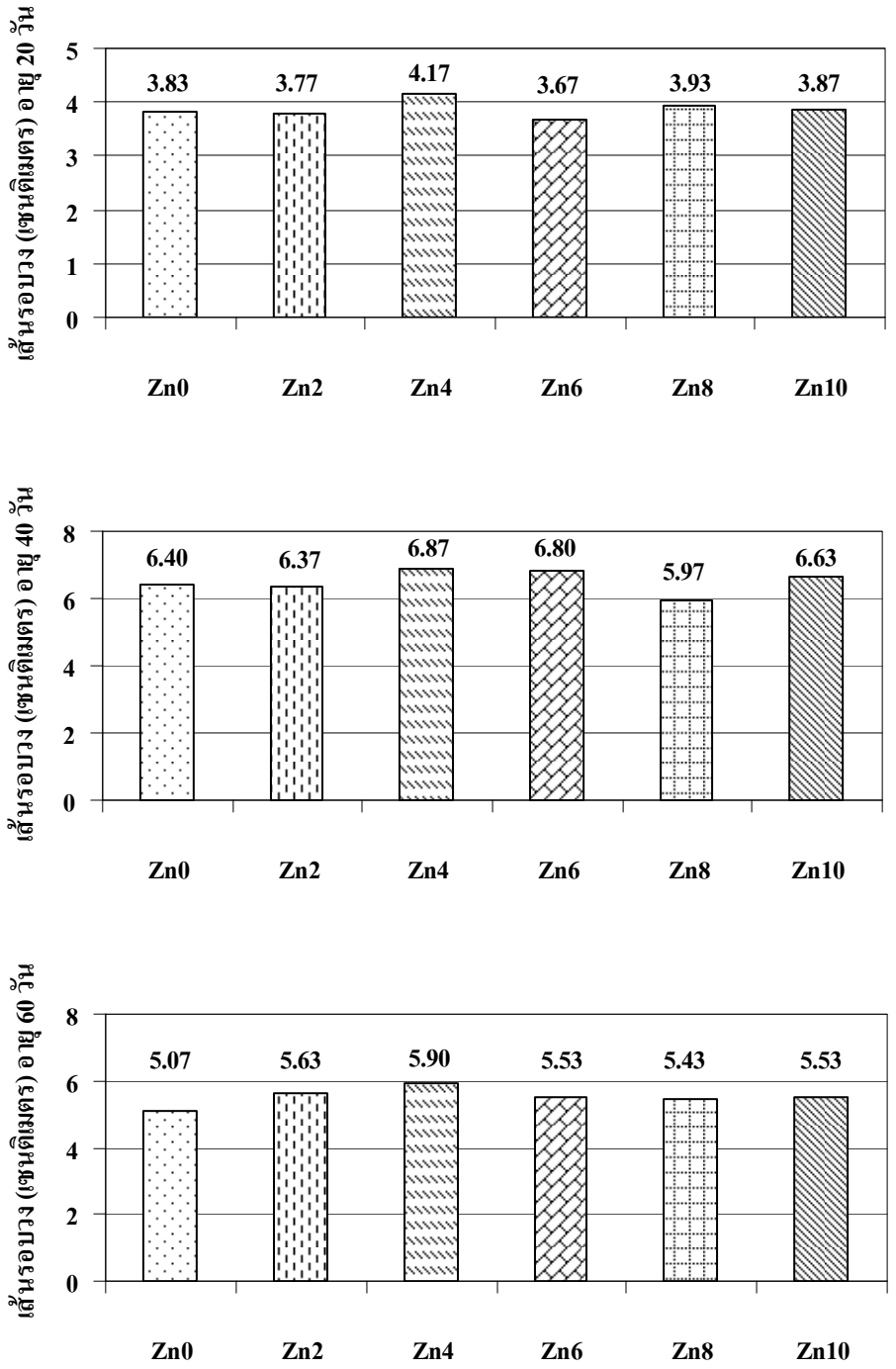
ที่ข้าวโพดอายุ 40 วัน พบว่า เส้นรอบวงลำต้นของข้าวโพดที่ไม่ได้รับการใส่สังกะสีและที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตราต่างๆ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยอยู่ในช่วง 5.97 - 6.87 เซนติเมตร (ตารางที่ 4 และภาพที่ 2)

ที่ข้าวโพดอายุ 60 วัน พบว่า ขนาดเส้นรอบวงลำต้นของข้าวโพดที่ไม่ได้รับการใส่สังกะสีเลย มีแนวโน้มต่ำสุดเท่ากับ 5.07 เซนติเมตร (ตารางที่ 4 และภาพที่ 2) เส้นรอบวงลำต้นของข้าวโพดที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตรา 4 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม เท่ากับ 5.90 เซนติเมตร มีแนวโน้มสูงกว่าเส้นรอบวงลำต้นของข้าวโพดที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตรา 2, 6, 8 และ 10 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 5.43 - 5.63 เซนติเมตร

ตารางที่ 4 อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อเส้นรอบวงลำต้น (เซนติเมตร) ของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล

ตำรับการทดลอง	เส้นรอบวง (เซนติเมตร)		
	อายุ 20 วัน	อายุ 40 วัน	อายุ 60 วัน
Zn 0	3.83	6.40	5.07
Zn 2	3.77	6.37	5.63
Zn 4	4.17	6.87	5.90
Zn 6	3.67	6.80	5.53
Zn 8	3.93	5.97	5.43
Zn 10	3.87	6.63	5.53
F-test	ns	ns	ns
C.V (%)	14.9	7.4	8.2

หมายเหตุ ^{ns} ไม่แตกต่างกันทางสถิติ



ภาพที่ 2 ขนาดเส้นรอบวงลำต้น (เซนติเมตร) ที่ระยะต่างๆของการเจริญเติบโตของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล

2.2 อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อผลผลิตน้ำหนักแห้งของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล

2.2.1 น้ำหนักฝัก

พบว่า การใส่สังกะสีมีผลทำให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งฝักของข้าวโพดเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด (ตารางที่ 5 และภาพที่ 3) โดยผลผลิตน้ำหนักแห้งฝักของข้าวโพดที่ไม่ได้รับการใส่สังกะสีเลย มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 49.09 กรัม/กระถาง ขณะที่ข้าวโพดที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตรา 2, 4, 6, 8 และ 10 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม มีผลผลิตน้ำหนักแห้งฝักเท่ากับ 64.98, 65.13, 66.92, 61.04 และ 61.82 กรัม/กระถาง ตามลำดับ ผลผลิตน้ำหนักฝักแห้งของข้าวโพดที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตรา 2, 4, 6, 8 และ 10 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

2.2.2 น้ำหนักแห้งตอซัง

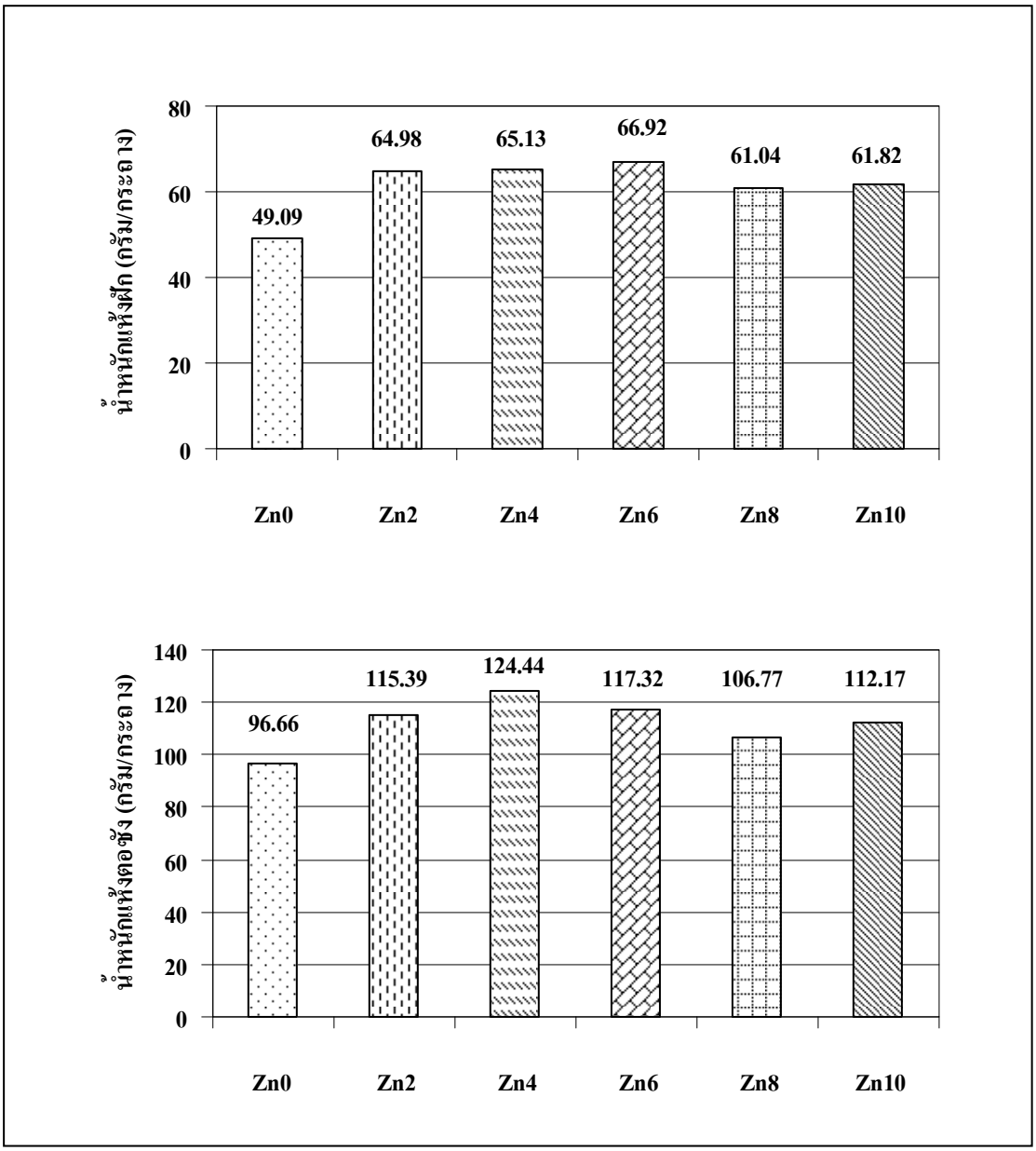
พบว่า น้ำหนักแห้งตอซังของข้าวโพดที่ได้รับการใส่สังกะสีสูงกว่าข้าวโพดที่ไม่ได้รับการใส่สังกะสีเลยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 5 และภาพที่ 3) น้ำหนักแห้งตอซังข้าวโพดที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตรา 4 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม มีแนวโน้มสูงที่สุดเท่ากับ 124.44 กรัม/กระถาง แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับน้ำหนักแห้งตอซังของข้าวโพดที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตรา 2, 6 และ 10 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม น้ำหนักแห้งตอซังของข้าวโพดที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตรา 2, 6, 8 และ 10 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 5 อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อผลผลิตน้ำหนักแห้งฝักและน้ำหนักแห้งตอซัง (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล

ตำรับการทดลอง	น้ำหนักแห้ง (กรัม/กระถาง)	
	ฝัก[1/]	ตอซัง[1/]
Zn 0	49.09b	96.66c
Zn 2	64.98a	115.39ab
Zn 4	65.13a	124.44a
Zn 6	66.92a	117.32ab
Zn 8	61.04a	106.77bc
Zn 10	61.82a	112.17ab
F-test	*	*
C.V (%)	8.9	6.7

หมายเหตุ * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

[1/] ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 3 อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อผลผลิตน้ำหนักแห้งฝักและน้ำหนักแห้งตอซัง (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล

2.3 อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล

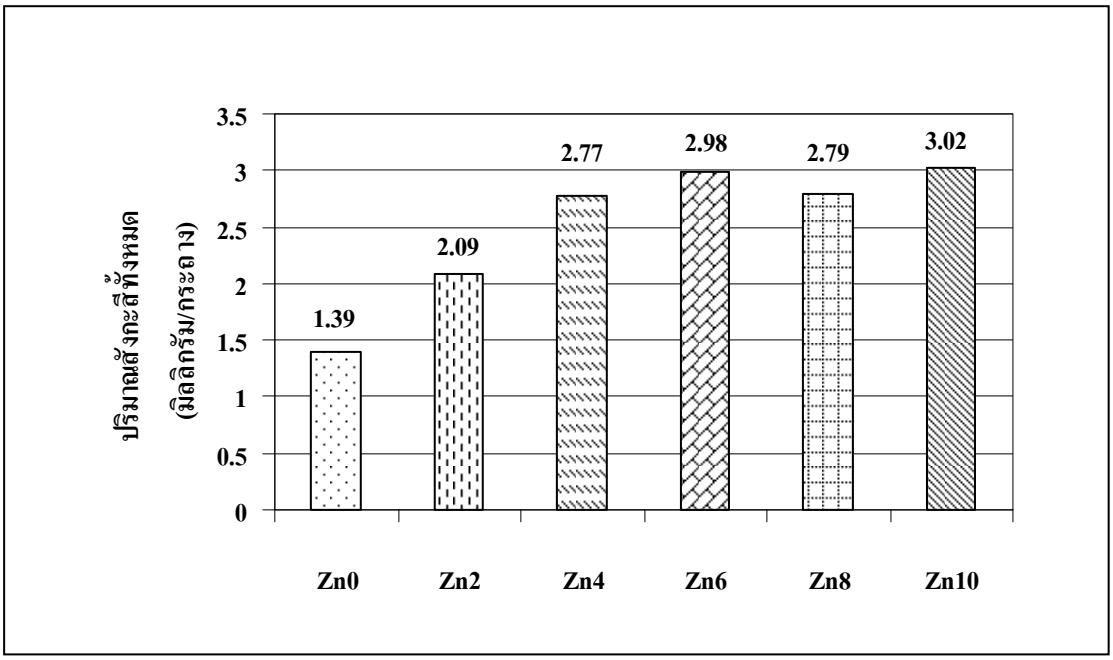
ปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพด ประเมินจากปริมาณสังกะสีทั้งหมดในข้าวโพด พบว่า ข้าวโพดที่ไม่ได้รับการใส่สังกะสีเลย มีปริมาณการดูดใช้สังกะสีต่ำสุด (1.39 มิลลิกรัม/กระถาง) (ตารางที่ 6 และภาพที่ 4) เมื่อมีการใส่สังกะสี มีผลทำให้ปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด ปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตรา 4, 6, 8 และ 10 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ไม่แตกต่างกันทางสถิติและสูงกว่าปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตรา 2 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 6 อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อปริมาณการดูดใช้สังกะสี (มิลลิกรัม/กระถาง) ของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล

ตำรับการทดลอง	ปริมาณสังกะสีทั้งหมด[1/] (มิลลิกรัม/กระถาง)
Zn 0	1.39c
Zn 2	2.09b
Zn 4	2.77a
Zn 6	2.98a
Zn 8	2.79a
Zn 10	3.02a
F-test	**
C.V (%)	11.2

หมายเหตุ ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 4 อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อปริมาณการดูดใช้สังกะสี (มิลลิกรัม/กระถาง) ของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล

2.4 อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล

2.4.1 ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจน

ข้าวโพดที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตราต่างๆ มีปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนไม่แตกต่างกันและมีแนวโน้มมีปริมาณการดูดไนโตรเจนสูงกว่าข้าวโพดที่ไม่ได้รับการใส่สังกะสีเลย ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนของข้าวโพดตำรับที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตรา 4 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม มีแนวโน้มสูงกว่าปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนของข้าวโพดที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตรา 2, 6, 8 และ 10 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม (ตารางที่ 7 และภาพที่ 5)

2.4.2 ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัส

ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสของข้าวโพดที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตราต่างๆและที่ไม่ได้รับการใส่สังกะสีไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสทั้งหมดของข้าวโพดอยู่ในช่วง 222 - 235 มิลลิกรัม/กระถาง (ตารางที่ 7 และภาพที่ 5)

2.4.3 ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียม

ข้าวโพดที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตราต่างๆ มีปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมสูงกว่าที่ไม่ได้รับการใส่สังกะสีเลยอย่างเด่นชัด (ตารางที่ 7 และภาพที่ 5) ข้าวโพดที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตรา 4 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม มีปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียม 3014 มิลลิกรัม/กระถาง โดยมีแนวโน้มสูงกว่าปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมของข้าวโพดที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตรา 2, 6 และ 10 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม

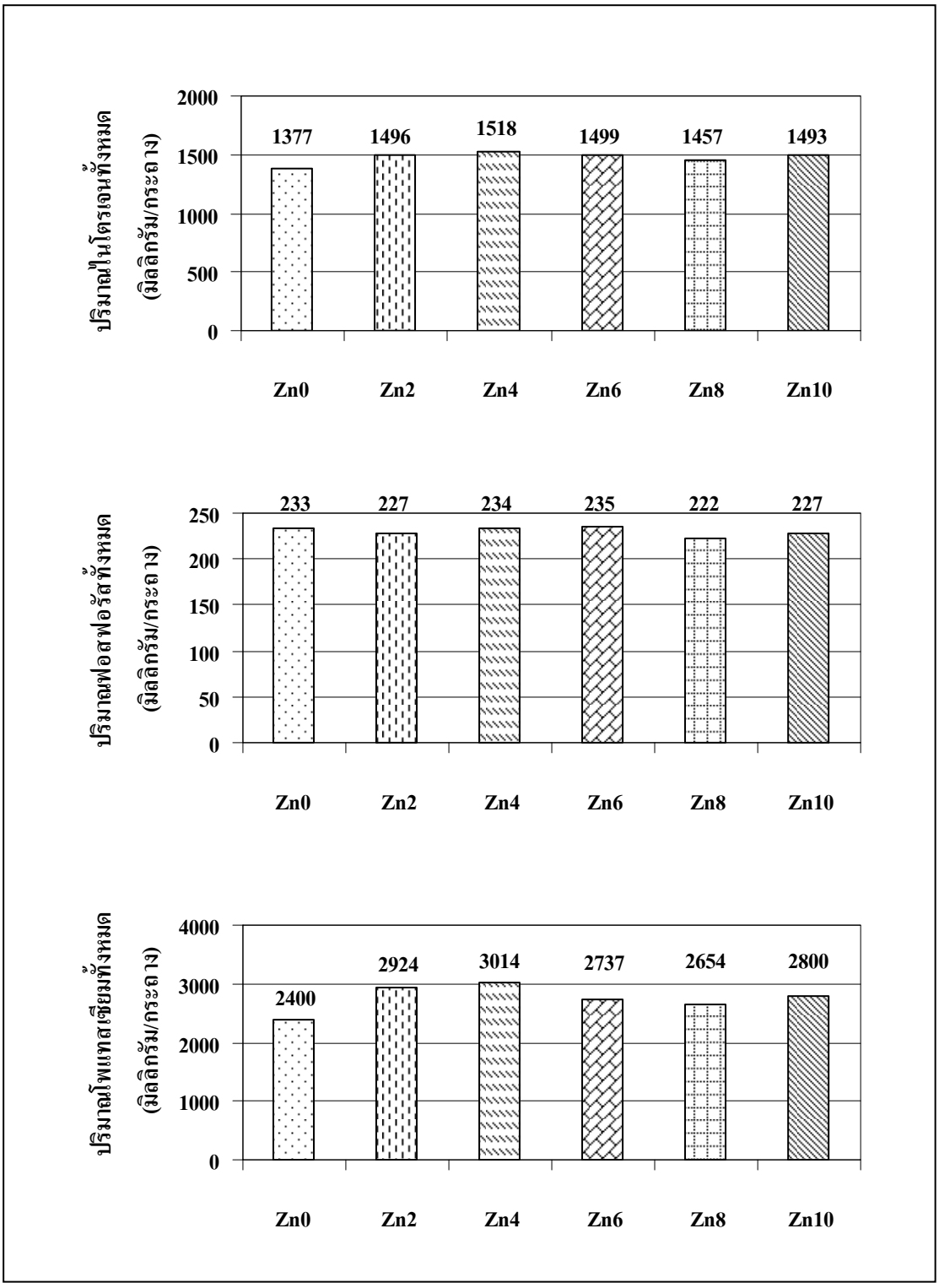
ตารางที่ 7 อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม (มิลลิกรัม/กระถาง) ของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล

ตำรับการทดลอง	ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหาร (มิลลิกรัม/กระถาง)		
	ไนโตรเจนทั้งหมด[1/]	ฟอสฟอรัสทั้งหมด[1/]	โพแทสเซียมทั้งหมด[1/]
Zn 0	1377	233	2400c
Zn 2	1496	227	2924ab
Zn 4	1518	234	3014a
Zn 6	1499	235	2737ab
Zn 8	1457	222	2654bc
Zn 10	1493	227	2800ab
F-test	ns	ns	**
C.V (%)	4.7	9.8	5.6

หมายเหตุ [ns] ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 5 อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม (มิลลิกรัม/กระถาง) ของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล

2.5 อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินที่ปลูกข้าวโพด ชุดดินชัยบาดาล

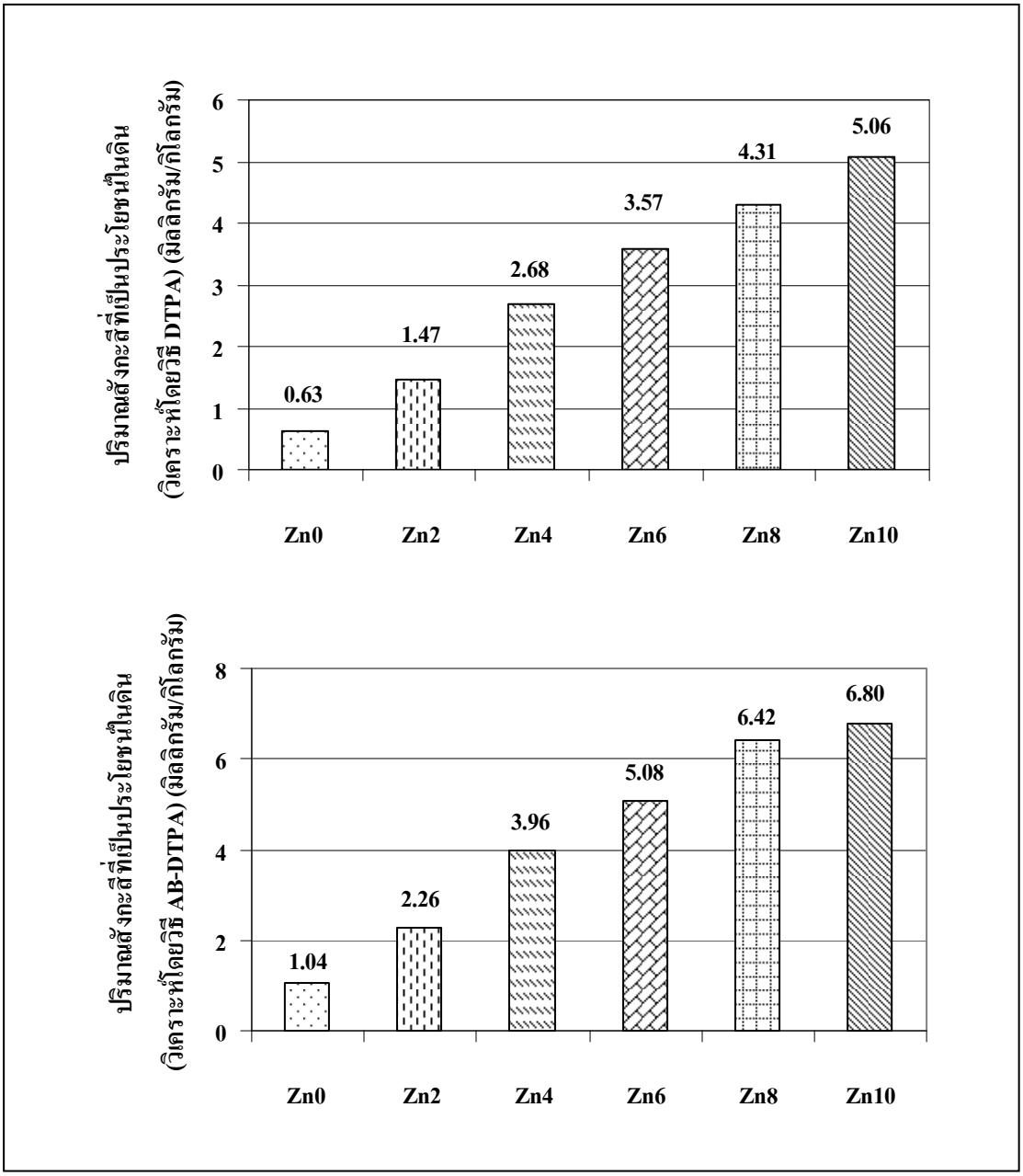
ผลการวิเคราะห์ดินหลังเก็บเกี่ยวข้าวโพด พบว่า ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินในตำรับที่มีการใส่สังกะสีสูงกว่าในตำรับที่ไม่มีการใส่สังกะสีอย่างเด่นชัด (ตารางที่ 8 และภาพที่ 6) ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้น ตามอัตราการใส่สังกะสีที่เพิ่มขึ้น ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกันทั้งเมื่อวิเคราะห์ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินโดยวิธี DTPA และ Ammonium bicarbonate-DTPA (AB-DTPA) พบว่า ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินที่วิเคราะห์โดยวิธี DTPA และ AB-DTPA มีสหสัมพันธ์กับปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.902** และ 0.905** ตามลำดับ และมีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (r^2) เท่ากับ 0.814 และ 0.820 ตามลำดับ (ภาพที่ 7)

ตารางที่ 8 ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ในดินที่ปลูกข้าวโพดชุดดินชัยบาดาล หลังเก็บเกี่ยวข้าวโพด

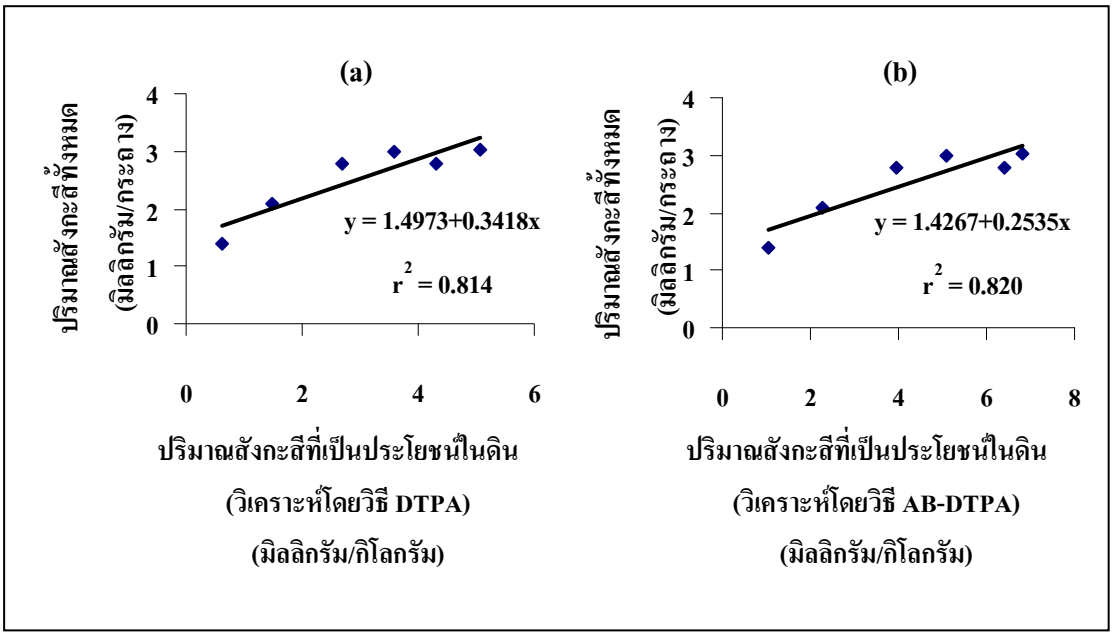
ตำรับการทดลอง	สังกะสีที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	
	DTPA[1/]	AB-DTPA[1/]
Zn 0	0.63f	1.04e
Zn 2	1.47e	2.26d
Zn 4	2.68d	3.96c
Zn 6	3.57c	5.08b
Zn 8	4.31b	6.42a
Zn 10	5.06a	6.80a
F-test	**	**
C.V (%)	9.0	5.9

หมายเหตุ ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 6 ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ในดินที่ปลูกข้าวโพดชุดดินชัยบาดาล หลังเก็บเกี่ยวข้าวโพด



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสังกะสีทั้งหมด (มิลลิกรัม/กระถาง) ในข้าวโพดกับปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ในดินปลูกข้าวโพดชุดดินชัยบาดาลที่วิเคราะห์โดยวิธี DTPA และวิธี AB-DTPA

2.6 อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อปฏิกิริยาดิน (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในชุดดินชัยบาดาลที่มีการปลูกข้าวโพด

2.6.1 ปฏิกิริยาดิน (pH) ของดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด แสดงอยู่ในตารางที่ 9 พบว่า pH ของดินที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตราต่างๆและตำรับที่ไม่ได้รับการใส่สังกะสีเลยใกล้เคียงกัน โดยอยู่ในช่วง 7.4 - 7.6

2.6.2 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด แสดงอยู่ในตารางที่ 9 พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าของชุดดินชัยบาดาลในตำรับที่ไม่ได้รับการใส่สังกะสีเลย มีค่า 0.08 เดซิซีเมนต์/เมตร ในตำรับที่ได้รับการใส่สังกะสี มีค่าอยู่ในช่วง 0.10 - 0.20 เดซิซีเมนต์/เมตร ซึ่งไม่ต่างกับตำรับที่ไม่ใส่สังกะสีมากนัก

ตารางที่ 9 อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อปฏิกิริยาดิน (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในชุดดินชัยบาดาลที่มีการปลูกข้าวโพด

ตำรับการทดลอง	pH	EC (dSm^{-1})
Zn 0	7.6	0.08
Zn 2	7.6	0.10
Zn 4	7.4	0.11
Zn 6	7.5	0.15
Zn 8	7.7	0.20
Zn 10	7.6	0.20

3. การศึกษาผลการใส่สังกะสีต่อการตอบสนองของข้าวโพดและปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์

3.1 อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์

3.1.1 ความสูงของข้าวโพด

เมื่อข้าวโพดอายุ 20 วัน พบว่า ข้าวโพดตำรับที่ไม่ได้รับการใส่สังกะสี มีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงน้อยกว่าตำรับที่ได้รับการใส่สังกะสีอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 10 และภาพที่ 8) โดยความสูงของข้าวโพดตำรับที่ไม่ได้รับการใส่สังกะสีเลย เท่ากับ 11.43 เซนติเมตร ขณะที่ความสูงของข้าวโพดที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตราต่างๆ อยู่ในช่วง 15.50 - 17.50 เซนติเมตร ข้าวโพดที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตราต่างๆ มีความสูงไม่แตกต่างกันทางสถิติ

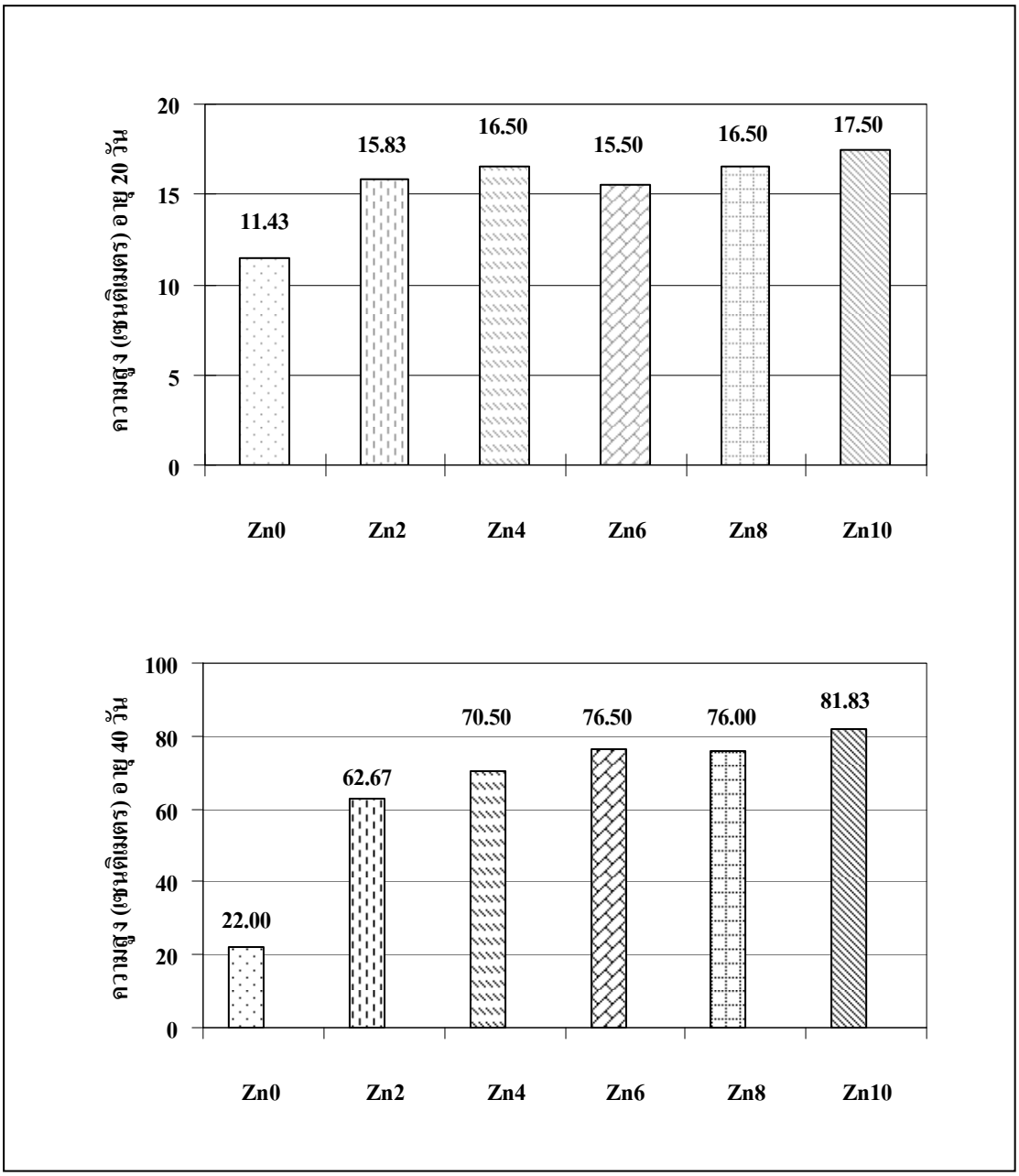
ที่ข้าวโพดอายุ 40 วัน พบว่า ข้าวโพดที่ได้รับการใส่สังกะสีมีความสูงมากกว่าข้าวโพดตำรับที่ไม่ได้รับการใส่สังกะสีเลยอย่างเด่นชัด (ตารางที่ 10 และภาพที่ 8) ข้าวโพดตำรับที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตรา 2 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม มีความสูงต่ำกว่าตำรับที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตรา 6, 8 และ 10 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม

ตารางที่ 10 อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อความสูง (เซนติเมตร) ของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินบุรีรัมย์

ตำรับการทดลอง	ความสูงเฉลี่ย (เซนติเมตร)	
	อายุ 20 วัน[1/]	อายุ 40 วัน[1/]
Zn 0	11.43b	22.00d
Zn 2	15.83a	62.67c
Zn 4	16.50a	70.50bc
Zn 6	15.50a	76.50ab
Zn 8	16.50a	76.00ab
Zn 10	17.50a	81.83a
F-test	**	**
C.V (%)	7.5	7.3

หมายเหตุ ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 8 ความสูง (เซนติเมตร) ที่ระยะต่างๆของการเจริญเติบโตของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูน ชุดดินบุรีรัมย์

3.1.2 เส้นรอบวงลำต้นของข้าวโพด

การเจริญเติบโตทางด้านขนาดลำต้นของข้าวโพด ประเมินจากเส้นรอบวงลำต้น (ตารางที่ 11 และภาพที่ 9) เมื่อข้าวโพดอายุ 20 วัน พบว่า ข้าวโพดตำรับที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตราต่างๆ มีเส้นรอบวงลำต้นมากกว่าตำรับที่ไม่ได้รับการใส่สังกะสีเลยอย่างเด่นชัด โดยข้าวโพดที่ไม่ได้รับการใส่สังกะสี มีเส้นรอบวงลำต้น 2.40 เซนติเมตร ข้าวโพดตำรับที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตราต่างๆ มีเส้นรอบวงลำต้นไม่แตกต่างกัน ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 3.03 - 3.50 เซนติเมตร ข้าวโพดที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตรา 4 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม มีแนวโน้มมีเส้นรอบวงลำต้นสูงที่สุดเท่ากับ 3.50 เซนติเมตร

เมื่อข้าวโพดอายุ 40 วัน พบว่า เส้นรอบวงลำต้นของข้าวโพดที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตราต่างๆและที่ไม่ได้รับการใส่สังกะสีไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 11 และภาพที่ 9) อย่างไรก็ตาม ข้าวโพดตำรับที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตราต่างๆ มีแนวโน้มให้เส้นรอบวงลำต้นสูงกว่าตำรับที่ไม่ได้รับการใส่สังกะสี โดยข้าวโพดตำรับที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตรา 2, 4, 6, 8 และ 10 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม มีเส้นรอบวงลำต้นอยู่ในช่วง 5.43 - 5.90 เซนติเมตร ขณะที่ข้าวโพดที่ไม่ได้รับการใส่สังกะสีมีเส้นรอบวงลำต้น 5.09 เซนติเมตร

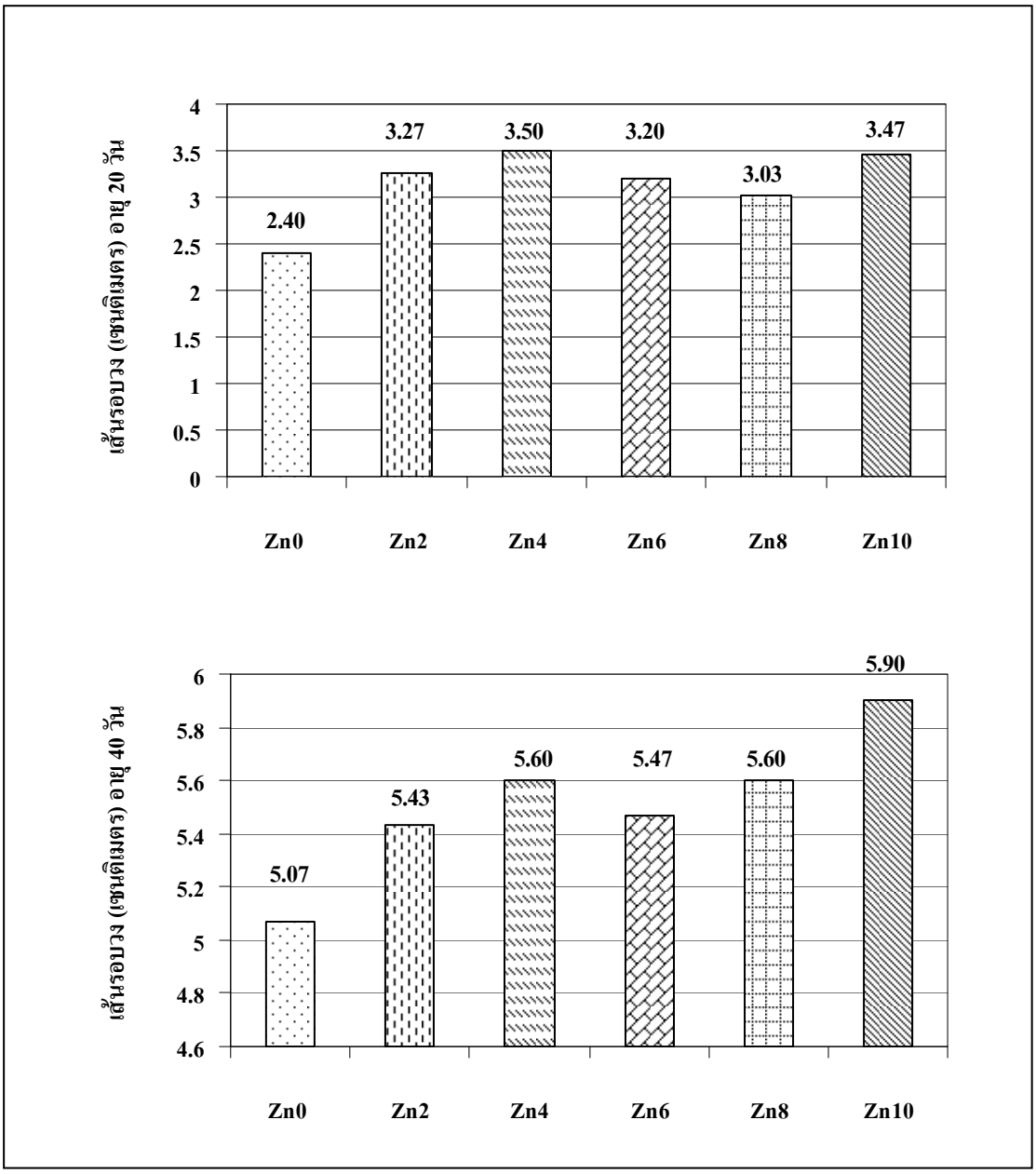
ตารางที่ 11 อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อเส้นรอบวงลำต้น (เซนติเมตร) ของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์

ตำรับการทดลอง	เส้นรอบวง (เซนติเมตร)	
	อายุ 20 วัน[1/]	อายุ 40 วัน[1/]
Zn 0	2.40b	5.07
Zn 2	3.27a	5.43
Zn 4	3.50a	5.60
Zn 6	3.20a	5.47
Zn 8	3.03a	5.60
Zn 10	3.47a	5.90
F-test	**	ns
C.V (%)	8.2	8.4

หมายเหตุ [ns] ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 9 ขนาดเส้นรอบวงลำต้น (เซนติเมตร) ที่ระยะต่างๆของการเจริญเติบโตของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์

3.2 อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อผลผลิตน้ำหนักแห้งตอซังของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์

พบว่า ข้าวโพดที่ได้รับการใส่สังกะสี มีผลผลิตน้ำหนักแห้งตอซังสูงกว่าข้าวโพดที่ไม่ได้รับการใส่สังกะสีอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 12 และภาพที่ 10) ตำรับที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตรา 10 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม มีแนวโน้มให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งตอซังสูงที่สุดเท่ากับ 37.27 กรัม/กระถาง แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับผลผลิตน้ำหนักแห้งตอซังข้าวโพดที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตรา 4, 6 และ 8 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ซึ่งเท่ากับ 34.98, 34.02 และ 35.56 กรัม/กระถาง ตามลำดับ

ตารางที่ 12 อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อผลผลิตน้ำหนักแห้งตอซัง (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์

ตำรับการทดลอง	น้ำหนักแห้งตอซัง[1/] (กรัม/กระถาง)
Zn 0	2.76c
Zn 2	31.27b
Zn 4	34.98ab
Zn 6	34.02ab
Zn 8	35.56ab
Zn 10	37.27a
F-test	**
C.V (%)	8.8

หมายเหตุ ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

3.3 อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์

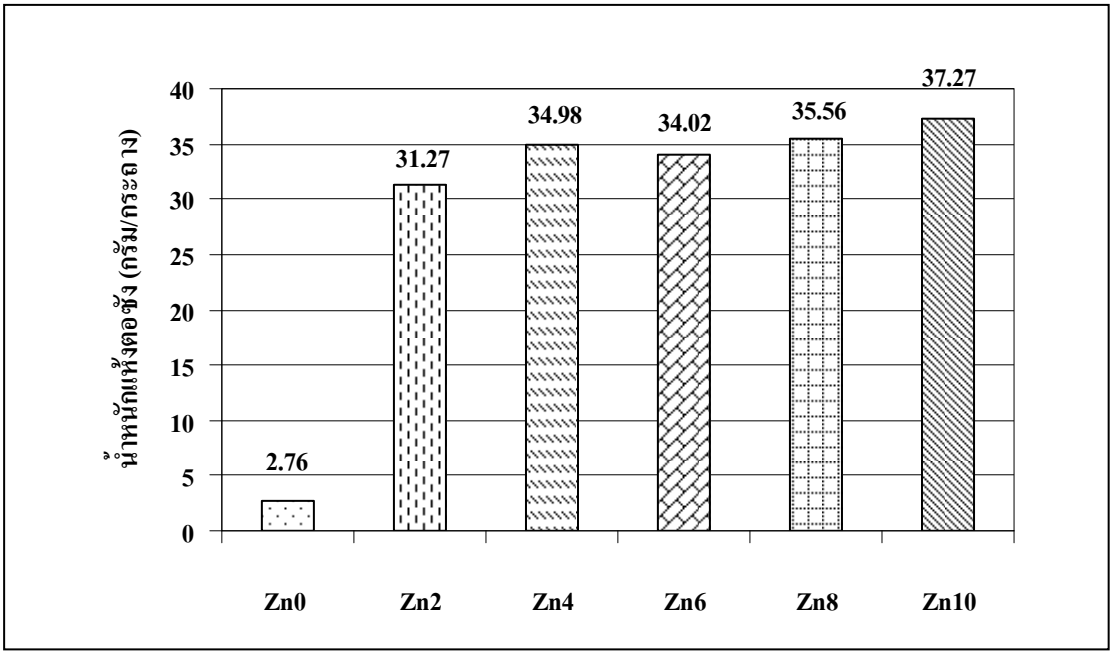
ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารสังกะสีของข้าวโพด ประเมินจากปริมาณสังกะสีทั้งหมดในข้าวโพด (ตารางที่ 13 และภาพที่ 11) พบว่า ข้าวโพดตำรับที่ไม่ได้รับการใส่สังกะสีเลย มีปริมาณการดูดใช้สังกะสีต่ำสุดเท่ากับ 0.05 มิลลิกรัม/กระถาง เมื่อมีการใส่สังกะสี ปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดจะเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด โดยปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตรา 8 และ 10 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม สูงกว่าข้าวโพดที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตรา 2 และ 4 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม แต่ไม่แตกต่างจากข้าวโพดตำรับที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตรา 6 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม

ตารางที่ 13 อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อปริมาณการดูดใช้สังกะสี (มิลลิกรัม/กระถาง) ของ ของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์

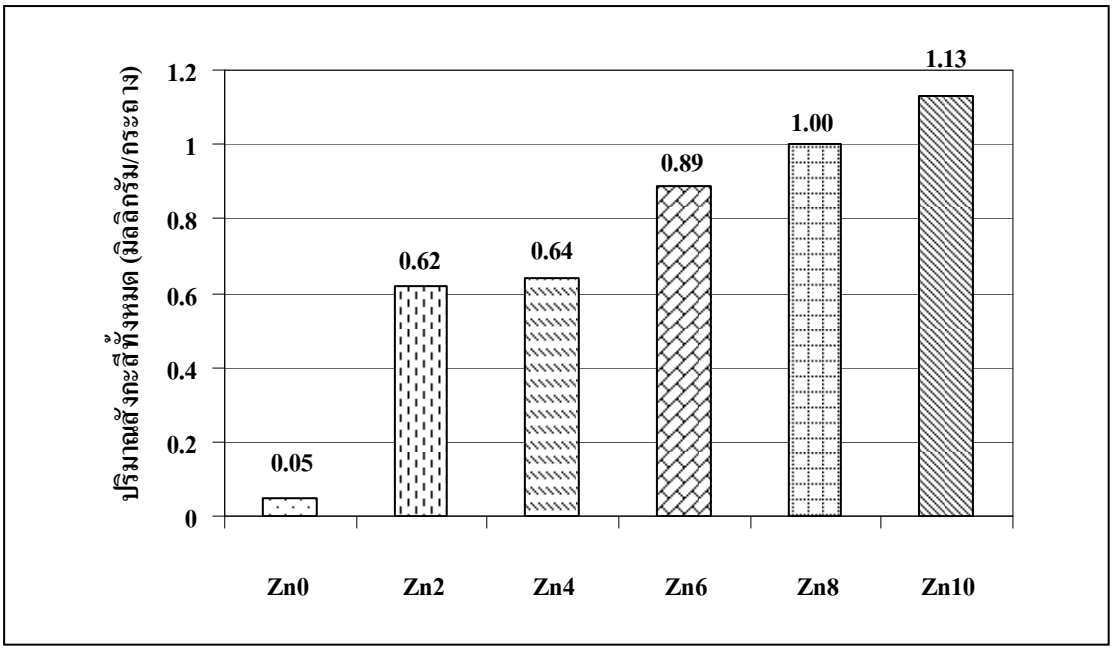
ตำรับการทดลอง	ปริมาณสังกะสีทั้งหมด[1/] (มิลลิกรัม/กระถาง)
Zn 0	0.05d
Zn 2	0.62b
Zn 4	0.64b
Zn 6	0.89ab
Zn 8	1.00a
Zn 10	1.13a
F-test	**
C.V (%)	20.1

หมายเหตุ ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 10 อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อผลผลิตน้ำหนักแห้งตอซัง (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์



ภาพที่ 11 อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อปริมาณการดูดใช้สังกะสี (มิลลิกรัม/กระถาง) ของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์

3.4 อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์

3.4.1 ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจน

พบว่า ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนของข้าวโพดตำรับที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตราต่างๆสูงกว่าตำรับที่ไม่ได้รับการใส่สังกะสีเลยอย่างเด่นชัด (ตารางที่ 14 และภาพที่ 12) ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนของข้าวโพดที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตรา 10 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม เท่ากับ 775.04 มิลลิกรัม/กระถาง มีแนวโน้มสูงกว่าปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนของข้าวโพดที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตรา 4, 6 และ 8 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ซึ่งเท่ากับ 633.63, 717.29 และ 689.21 มิลลิกรัม/กระถางตามลำดับ และมากกว่าปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนของข้าวโพดที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตรา 2 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม อย่างเด่นชัด

3.4.2 ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัส

พบว่า ข้าวโพดตำรับที่ไม่ได้รับการใส่สังกะสี มีปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสต่ำสุดเท่ากับ 15.70 มิลลิกรัม/กระถาง (ตารางที่ 14 และภาพที่ 12) ตำรับที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตรา 6, 8 และ 10 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ข้าวโพดมีปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสสูงกว่าตำรับที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตรา 2 และ 4 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม

3.4.3 ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียม

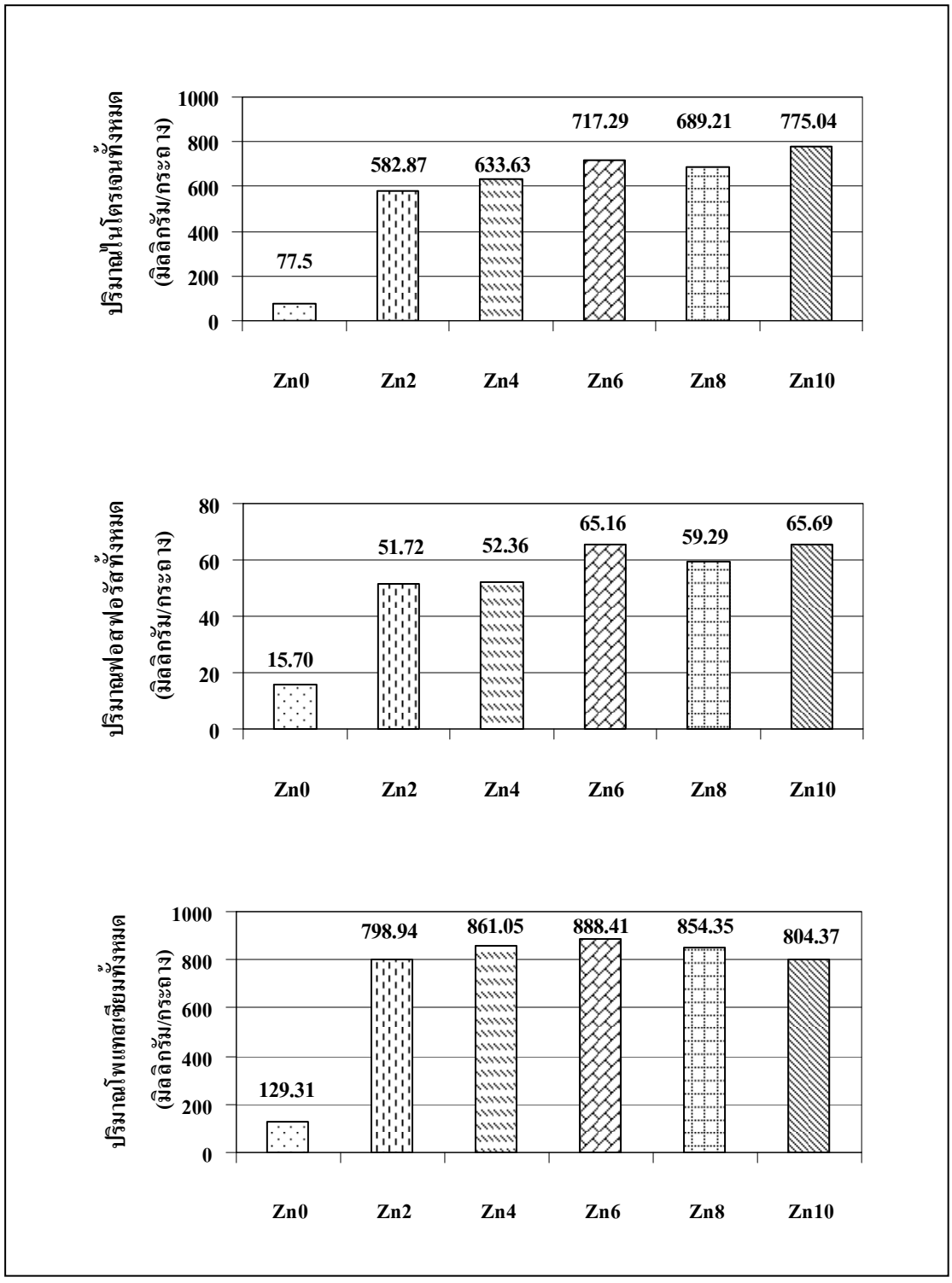
พบว่า ข้าวโพดตำรับที่ไม่ได้รับการใส่สังกะสีเลย มีปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมต่ำสุดเท่ากับ 129.31 มิลลิกรัม/กระถาง (ตารางที่ 14 และภาพที่ 12) ข้าวโพดตำรับที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตราต่างๆ มีปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยอยู่ในช่วง 798.94 - 888.41 มิลลิกรัม/กระถาง

ตารางที่ 14 อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม (มิลลิกรัม/กระถาง) ของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์

ตำรับการทดลอง	ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหาร (มิลลิกรัม/กระถาง)		
	ไนโตรเจนทั้งหมด[1/]	ฟอสฟอรัสทั้งหมด[1/]	โพแทสเซียมทั้งหมด[1/]
Zn 0	77.50c	15.70c	129.31b
Zn 2	582.87b	51.72b	798.94a
Zn 4	633.63ab	52.36b	861.05a
Zn 6	717.29ab	65.16a	888.41a
Zn 8	689.21ab	59.29ab	854.35a
Zn 10	775.04a	65.69a	804.37a
F-test	**	**	**
C.V (%)	13.5	11.3	8.5

หมายเหตุ ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 12 อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม (มิลลิกรัม/กระถาง) ของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์

3.5 อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินที่ปลูกข้าวโพด ชุดดินบุรีรัมย์

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินที่ปลูกข้าวโพด หลังเก็บเกี่ยวข้าวโพดที่ระยะออกดอก (Tasseling) พบว่า ในตำรับที่ไม่มีการใส่สังกะสีเลย ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินจะต่ำสุด (ตารางที่15 และภาพที่ 13) ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินที่ได้รับการใส่สังกะสีจะเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่สังกะสีที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกันทั้งเมื่อวิเคราะห์ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินโดยวิธี DTPA และวิธี Ammonium bicarbonate-DTPA (AB-DTPA) พบว่า ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินที่วิเคราะห์โดยวิธี DTPA และ AB-DTPA มีสหสัมพันธ์กับปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.944** และ 0.967** ตามลำดับ และมีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (r^2) เท่ากับ 0.890 และ 0.936 ตามลำดับ (ภาพที่ 14)

3.6 อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อปฏิกิริยาดิน (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในชุดดินบุรีรัมย์ที่มีการปลูกข้าวโพด

3.6.1 ปฏิกิริยาดิน (pH) ของดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด แสดงอยู่ในตารางที่ 16 พบว่า pH ของดินที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตราต่างๆและตำรับที่ไม่ได้รับการใส่สังกะสีเลยใกล้เคียงกัน โดยอยู่ในช่วง 7.5 - 7.7

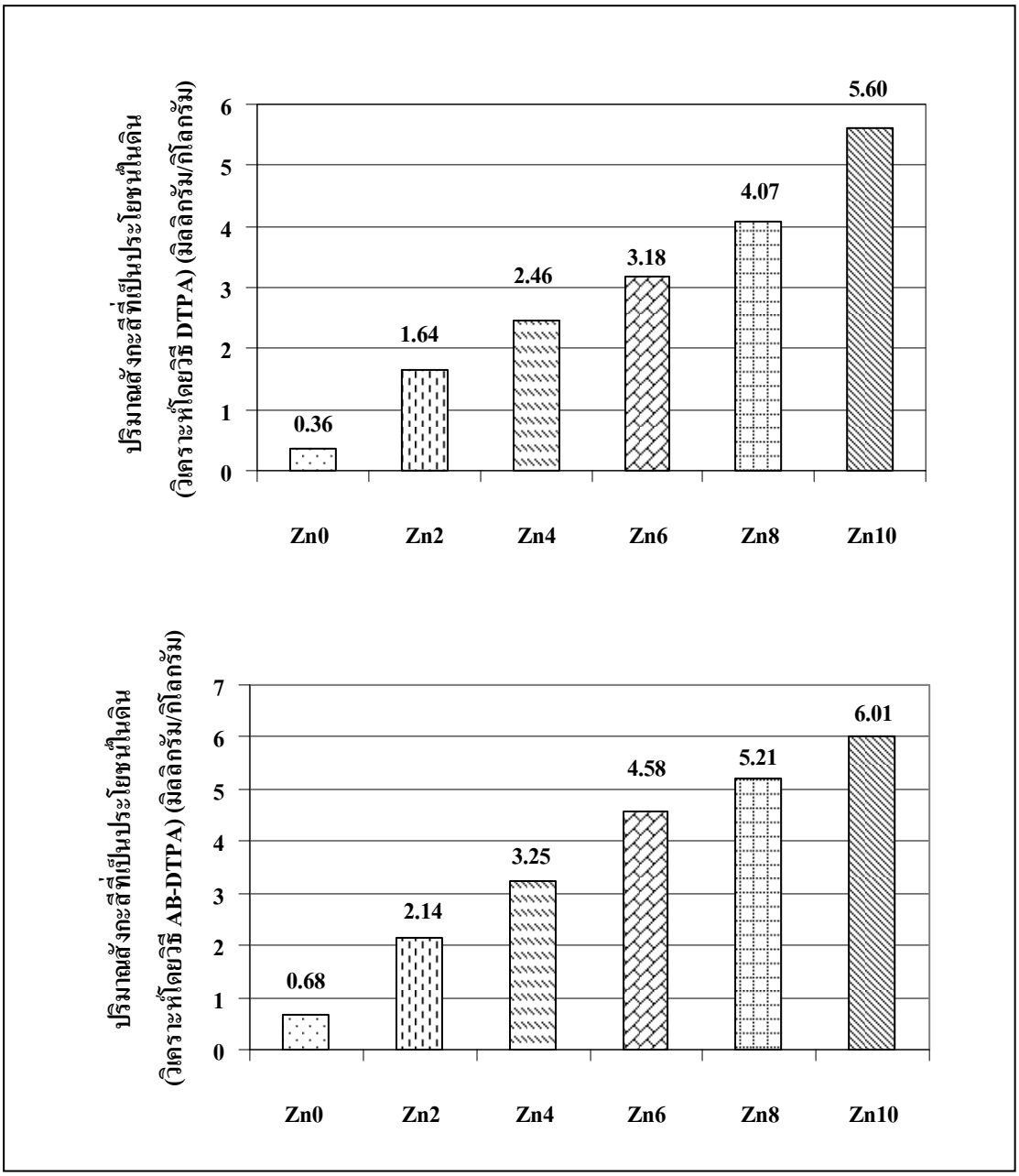
3.6.2 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด แสดงอยู่ในตารางที่ 16 พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าของชุดดินบุรีรัมย์ในตำรับที่ไม่ได้รับการใส่สังกะสีเลยมีค่า 0.42 เดซิซีเมนต์/เมตร ในตำรับที่ได้รับการใส่สังกะสีมีค่าใกล้เคียงกัน โดยอยู่ในช่วง 0.20 - 0.26 เดซิซีเมนต์/เมตร

ตารางที่ 15 ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ในดินที่ปลูกข้าวโพดชุดดินบุรีรัมย์ หลังเก็บเกี่ยวข้าวโพดที่ระยะออกดอก (Tasseling)

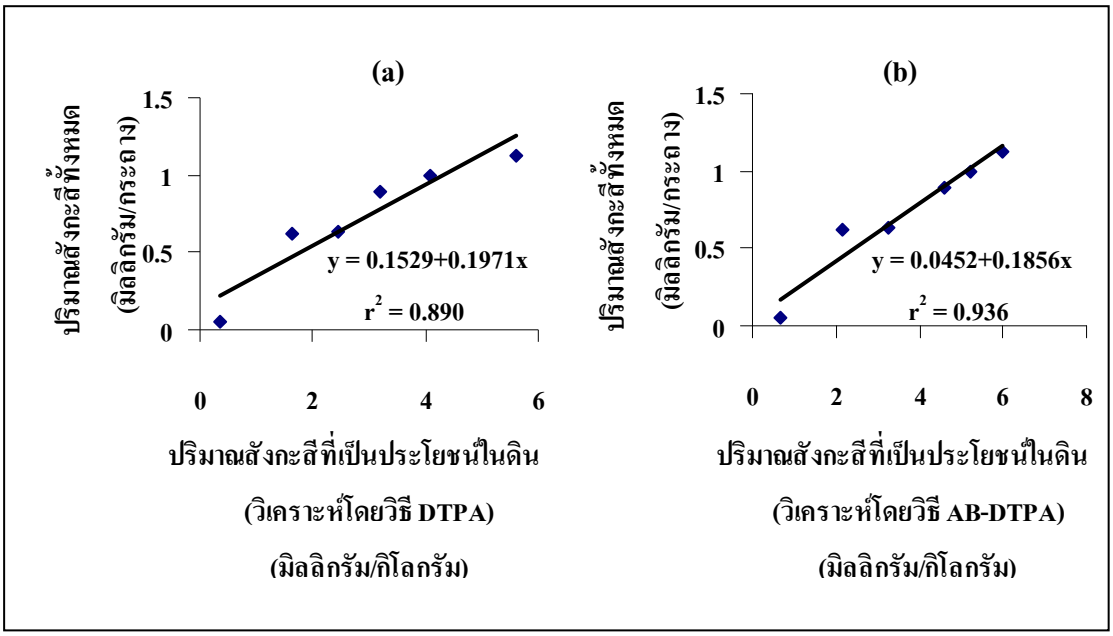
ตำรับการทดลอง	สังกะสีที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	
	DTPA[1/]	AB-DTPA[1/]
Zn 0	0.36f	0.68f
Zn 2	1.64e	2.14e
Zn 4	2.46d	3.25d
Zn 6	3.18c	4.58c
Zn 8	4.07b	5.21b
Zn 10	5.60a	6.01a
F-test	**	**
C.V (%)	12.5	8.0

หมายเหตุ ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1/] ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 13 ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ในดินที่ปลูกข้าวโพดชุดดินบุรีรัมย์ หลังเก็บเกี่ยวข้าวโพด



ภาพที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสังกะสีทั้งหมด (มิลลิกรัม/กระถาง) ในข้าวโพดกับปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ในดินปลูกข้าวโพดชุดดินบุรีรัมย์ที่วิเคราะห์โดยวิธี DTPA และวิธี AB-DTPA

ตารางที่ 16 อิทธิพลของการใส่สังกะสีต่อปฏิกิริยาดิน (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในชุดดินบุรีรัมย์ที่มีการปลูกข้าวโพด

ตำรับการทดลอง	pH	EC (dSm^{-1})
Zn 0	7.5	0.42
Zn 2	7.7	0.24
Zn 4	7.7	0.26
Zn 6	7.7	0.24
Zn 8	7.6	0.24
Zn 10	7.7	0.20

วิจารณ์

1. สมบัติของดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาลและชุดดินบุรีรัมย์ที่นำมาศึกษา

ดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาลที่นำมาศึกษา มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว (clay) (ตารางที่ 1) ปฏิกิริยาเป็นด่าง pH 7.4 ค่าการนำไฟฟ้าของดินต่ำมาก มีปริมาณอินทรียวัตถุค่อนข้างสูง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูง ปริมาณโพแทสเซียมและแคลเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงมาก (195 และ 4433 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ) มีปริมาณแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูง (504 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) (Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973) มีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 0.68 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งอยู่ในระดับต่ำ มีปริมาณเหล็ก แมงกานีสและทองแดงที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับพอเพียง (adequate) ต่อการเจริญเติบโตของพืช เท่ากับ 13.6, 18.42 และ 1.85 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ (Martens and Linsay, 1990)

ดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์ที่นำมาศึกษา มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว (clay) (ตารางที่ 2) ปฏิกิริยาเป็นด่าง pH 8.0 ค่าการนำไฟฟ้าของดินต่ำมาก ปริมาณอินทรียวัตถุค่อนข้างสูง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับปานกลาง ปริมาณโพแทสเซียมและแคลเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงมาก (160 และ 6000 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ) มีปริมาณแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับปานกลาง (100 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) (Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973) มีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 0.36 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งอยู่ในระดับต่ำมาก มีปริมาณเหล็ก แมงกานีสและทองแดงที่เป็นประโยชน์ในระดับพอเพียง (adequate) ต่อการเจริญเติบโตของพืช เท่ากับ 5.5, 11 และ 0.92 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ (Martens and Linsay, 1990)

เมื่อพิจารณาปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูนทั้งสองชุดดินดังกล่าว จะเห็นว่าทั้งดินเนื้อชุดดินชัยบาดาลและชุดดินบุรีรัมย์ มีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับต่ำไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยชุดดินบุรีรัมย์มีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่าชุดดินชัยบาดาล หรืออีกนัยหนึ่ง ชุดดินบุรีรัมย์ขาดสังกะสีมากกว่าชุดดินชัยบาดาล

2. ผลการใส่สังกะสีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาลและชุดดินบุรีรัมย์

จากการศึกษาพบว่า ข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาลที่ได้รับการใส่สังกะสี มีแนวโน้มมีความสูงและขนาดลำต้นสูงกว่าข้าวโพดตำรับที่ไม่ได้รับการใส่สังกะสี (ตารางที่ 3, 4 และภาพที่ 1, 2) ทั้งนี้คงเป็นเพราะสังกะสีเป็นจุลธาตุอาหารที่มีบทบาทสำคัญในการสังเคราะห์ทริปโตเฟน (tryptophane) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของการสังเคราะห์ indoleacetic acid (IAA) ซึ่งสารดังกล่าวมีหน้าที่ควบคุมการขยายตัวของเซลล์และกระตุ้นการแบ่งเซลล์ จึงมีผลทำให้ลำต้นของข้าวโพดมีการยืดขยายและมีการเจริญเติบโตเพิ่มมากขึ้น (Mengkel and Kirkby, 1987; Halvin *et al*., 2005) ผลผลิตฝักและน้ำหนักแห้งตอซังของข้าวโพดที่ได้รับการใส่สังกะสีสูงกว่าข้าวโพดตำรับที่ไม่ได้รับการใส่สังกะสีเลยอย่างเด่นชัด (ตารางที่ 5 และภาพที่ 3) ผลการทดลองดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า ดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาลขาดสังกะสี เมื่อมีการใส่สังกะสีข้าวโพดจึงตอบสนอง โดยผลผลิตฝักและน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด (Rending and Taylor, 1989; Halvin *et al*., 2005) ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของ สุวพันธ์ และคณะ (2527); จิราณี (2531); สรสิทธิ์ และคณะ (2533); Singh and Banerjee (1986) ผลการศึกษายังพบว่า ผลผลิตฝักและน้ำหนักแห้งตอซังของข้าวโพดที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตรา 2, 4, 6, 8 และ 10 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ไม่แตกต่างกัน แสดงว่า การใส่สังกะสีที่อัตรา 2 มก.Zn /ดิน 1 กิโลกรัม น่าจะเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด

ในดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์ พบว่า การใส่สังกะสีมีผลทำให้ข้าวโพดมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น ผลผลิตน้ำหนักแห้งตอซังเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด (ตารางที่ 10, 11, 12 และภาพที่ 8, 9, 10) ข้าวโพดตำรับที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตรา 4, 6, 8 และ 10 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ผลผลิตน้ำหนักแห้งตอซังใกล้เคียงกันและสูงกว่าตำรับที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตรา 2 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ผลการทดลองดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า ดินเนื้อชุดดินบุรีรัมย์ขาดสังกะสี เมื่อมีการใส่สังกะสีข้าวโพดจึงตอบสนอง โดยมีการเจริญเติบโตและผลผลิตน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด (Rending and Taylor, 1989; Halvin *et al*., 2005) ซึ่งการใส่สังกะสีที่อัตรา 4 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม น่าจะเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบดินเนื้อปูนทั้งสองชุดดินดังกล่าว จะเห็นว่า ข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนทั้งชุดดินชัยบาดาลและชุดดินบุรีรัมย์ จำเป็นต้องได้รับการใส่สังกะสี แต่อัตราการใส่สังกะสีที่เหมาะสมที่ใส่ให้แก่ข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล ต่ำกว่าที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์ แสดงว่า การขาดสังกะสีของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์รุนแรงกว่าใน

ดินชุดดินชัยบาดาล ซึ่งก็สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ดินที่พบว่า ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์ต่ำกว่า (ตารางที่ 1, 2) ดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล

3. ผลการใส่สังกะสีต่อปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาลและชุดดินบุรีรัมย์

ปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดประเมินจากปริมาณสังกะสีทั้งหมดในข้าวโพด (Halvin *et al*., 2005) พบว่า ข้าวโพดตำรับที่ไม่ได้รับการใส่สังกะสีเลย มีปริมาณการดูดใช้สังกะสีต่ำสุด เมื่อมีการใส่สังกะสี ปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดจะเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัดทั้งในชุดดินชัยบาดาลและดินชุดดินบุรีรัมย์ (ตารางที่ 6, 13 และภาพที่ 4, 11) แสดงว่าการใส่สังกะสีน่าจะช่วยเพิ่มปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในชุดดินชัยบาดาลและชุดดินบุรีรัมย์ จึงส่งผลให้ข้าวโพดดูดใช้สังกะสีได้เพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ สุรศักดิ์ (2516); Keefer *et al*. (1972); Singh and Banerjee (1986); Goos *et al*. (2000)

4. ผลการใส่สังกะสีต่อปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมของข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาลและชุดดินบุรีรัมย์

ในชุดดินชัยบาดาล พบว่า การใส่สังกะสีมีผลทำให้ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนของข้าวโพดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมสูงขึ้นมากกว่าข้าวโพดตำรับที่ไม่ได้รับการใส่สังกะสี (ตารางที่ 7 และภาพที่ 5) ส่วนในดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์การใส่สังกะสีมีผลทำให้ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมเพิ่มมากขึ้นสูงกว่าที่ไม่ใส่สังกะสีอย่างเด่นชัด (ตารางที่ 14 และภาพที่ 12) ดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาลและชุดดินบุรีรัมย์ขาดสังกะสี ส่งผลให้ข้าวโพดที่ปลูกในดินดังกล่าวมีการเจริญเติบโตไม่ดี การดูดใช้ธาตุอาหารต่ำ (Halvin *et al*., 2005) การใส่สังกะสีมีผลทำให้ข้าวโพดไม่ขาดสังกะสี เกิดสมดุลของธาตุอาหาร ข้าวโพดเจริญเติบโตดูดใช้ธาตุอาหารเพิ่มขึ้น ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมของข้าวโพดจึงสูงขึ้นมากกว่าที่ไม่ใส่สังกะสี (Orabi and Abdel-Aziz, 1982; Harrell, 2005)

5. ผลการใส่สังกะสีต่อปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ pH และ EC ของดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาลและชุดดินบุรีรัมย์

จากการวิเคราะห์ดินหลังปลูกข้าวโพด พบว่า ทั้งในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาลและชุดดินบุรีรัมย์ ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ที่ได้รับการใส่สังกะสีสูงกว่าที่ไม่ได้รับการใส่สังกะสีอย่างเด่นชัด (ตารางที่ 8, 15 และภาพทที่ 6, 13) แสดงว่า การใส่สังกะสีจะเพิ่มปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดิน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ จิราณี (2531) ที่รายงานว่า ตำรับการทดลองที่ได้รับการใส่สังกะสี มีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่าตำรับการทดลองที่ไม่ได้รับการใส่สังกะสีเลย ผลการศึกษายังพบว่า เมื่ออัตราการใส่สังกะสีเพิ่มขึ้นปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินจะเพิ่มมากขึ้นและปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินมีความสัมพันธ์กับปริมาณการดูดใช้ของข้าวโพด ชุดดินบุรีรัมย์ตำรับที่ไม่ได้รับการใส่สังกะสีเลย มีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำกว่าชุดดินชัยบาดาล สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ดินก่อนปลูกข้าวโพด

ผลการวิเคราะห์ปฏิกิริยาดิน (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของชุดดินชัยบาดาลหลังการปลูกข้าวโพด พบว่า ดินที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตราต่างๆและที่ไม่ได้รับการใส่สังกะสีเลย มีค่า pH และ EC ใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 9) แสดงว่า การใส่สังกะสีไม่ทำให้ปฏิกิริยาดินและค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของชุดดินชัยบาดาลเปลี่ยนแปลงมากนัก

ผลการวิเคราะห์ปฏิกิริยาดิน (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของชุดดินบุรีรัมย์หลังการปลูกข้าวโพด พบว่า ดินที่ได้รับการใส่สังกะสีอัตราต่างๆและที่ไม่ได้รับการใส่สังกะสีเลย มีค่า pH และ EC ใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 16) แสดงว่า การใส่สังกะสีไม่ทำให้ปฏิกิริยาดิน (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์เปลี่ยนแปลงมากนัก

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาผลการใส่สังกะสีต่อการตอบสนองของข้าวโพดและปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาลและชุดดินบุรีรัมย์ สรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. ชุดดินชัยบาดาลที่นำมาศึกษา มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว (clay) ปฏิกิริยาดินเป็นด่าง pH 7.4 มีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินในระดับต่ำ 0.68 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ปริมาณอินทรียวัตถุค่อนข้างสูง มีปริมาณฟอสฟอรัสและแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในระดับสูง ปริมาณโพแทสเซียมและแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ในระดับสูงมาก ปริมาณเหล็ก แมงกานีสและทองแดงที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับพอเพียง

2. ชุดดินบุรีรัมย์ที่นำมาศึกษา มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว (clay) ปฏิกิริยาดินเป็นด่าง pH 8.0 มีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับต่ำมากคือ 0.36 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ปริมาณอินทรียวัตถุค่อนข้างสูง มีปริมาณฟอสฟอรัสและแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในระดับปานกลาง มีปริมาณโพแทสเซียมและแคลเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงมาก ปริมาณเหล็ก แมงกานีสและทองแดงที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับพอเพียง

3. ดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาลขาดสังกะสี เมื่อมีการใส่สังกะสี ข้าวโพดจะตอบสนองโดยผลผลิตฝักและน้ำหนักแห้งตอซังของข้าวโพดจะเพิ่มขึ้น ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารสังกะสีจะเพิ่มขึ้นสูงกว่าที่ไม่ใส่สังกะสีอย่างเด่นชัด

4. ดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์ขาดสังกะสี เมื่อมีการใส่สังกะสี ข้าวโพดจะตอบสนองอย่างเด่นชัด การเจริญเติบโต การให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งของข้าวโพดจะเพิ่มขึ้น ปริมาณการดูดใช้สังกะสีจะเพิ่มขึ้นมากกว่าที่ไม่ใส่สังกะสีอย่างเด่นชัด

5. ดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์มีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่าดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล ส่งผลให้ข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินบุรีรัมย์ขาดสังกะสีรุนแรงกว่าข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล การใส่สังกะสีเพื่อแก้ไขการขาดสังกะสีของข้าวโพดในดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์ จึงต้องใส่ในอัตราที่สูงกว่าที่ใส่ในชุดดินชัยบาดาล ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า อัตราการใส่สังกะสีที่

เหมาะสมสำหรับข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินบุรีรัมย์ เท่ากับ 4 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม และในชุดดินชัยบาดาล เท่ากับ 2 มก.Zn/ดิน 1 กิโลกรัม

6. การใส่สังกะสีให้กับข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาลและชุดดินบุรีรัมย์ มีผลทำให้ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินดังกล่าวเพิ่มขึ้น ซึ่งผลการวิเคราะห์ดินในดินหลังปลูกข้าวโพด พบว่า ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่สังกะสีที่เพิ่มขึ้น และสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินมีความสัมพันธ์กับปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพด สังกะสีที่ตกค้างในดินหลังการปลูกข้าวโพด น่าจะเป็นประโยชน์ต่อข้าวโพดหรือพืชที่ปลูกในฤดูต่อไปได้

7. ควรมีการศึกษาต่อโดยศึกษาผลการใส่สังกะสีต่อข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาลและชุดดินบุรีรัมย์ในสภาพไร่นา รวมทั้งศึกษารูปของปุ๋ยสังกะสีต่างๆที่เหมาะสมในการใส่และผลตกค้างของการใส่ปุ๋ยสังกะสีต่อข้าวโพดหรือพืชที่ปลูกต่อไป

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2548ก. **รายงานการจัดการทรัพยากรดินเพื่อการปลูกพืชเศรษฐกิจหลักตามกลุ่มชุดดิน เล่ม 1 ดิบบนพื้นที่ราบต่ำ.** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพ ฯ.

———. 2548ข. **รายงานการจัดการทรัพยากรดินเพื่อการปลูกพืชเศรษฐกิจหลักตามกลุ่มชุดดิน เล่ม 2 ดิบบนพื้นที่ดอน.** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพ ฯ.

คณะกรรมการจัดทำปทานุกรมปฐพีวิทยา. 2541. **ปทานุกรมปฐพีวิทยา**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2544. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 9. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

———. 2548. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 10. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จิราณี วาณิชกุล. 2531. **สถานภาพธาตุสังกะสีและทองแดงในดินชุดตาคลี เลย และโคราช สำหรับการผลิตข้าวโพด**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทัศนีย์ อัตตะนันท์ และ จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2542. **แบบฝึกหัดและคู่มือการปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช.** คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

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

ยงยุทธ โอสถสภา. 2549. **ธาตุอาหารพืช**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2549. บทบาทธาตุอาหารรองและจุลธาตุในการผลิตพืช. **วารสารดินและปุ๋ย** 28:123-134.

สรสิทธิ์ วัชโรทยาน, ทัศนีย์ อัตตะนันท์, ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์ และ จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2533. การแก้ปัญหาการขาดธาตุอาหารจุลธาตุของพืชเศรษฐกิจที่ปลูกในดินด่าง. *ใน* **รายงานการวิจัยโครงการวิจัยการใช้วัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อการเกษตร**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุรศักดิ์ เสรีพงศ์. 2516. **การศึกษาอิทธิพลร่วมของสังกะสีและฟอสฟอรัสในดินเลยต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุวพันธ์ รัตนะรัต, พิชิต พงษ์สกุล, สนั่น รัตนานุกูล, วิทยา มาสร้างสรรค์ และ เธียรชัย อารยางค์กุล. 2527. การใช้ปุ๋ยสังกะสี โมลิบดีนัม และหินปูนบดให้กับพืชไร่โดยวิธีเคลือบเมล็ด. *ใน* **การประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์ ครั้งที่ 21 (สาขาพืชศาสตร์).** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

———, สำเนา เพชรฉวี และ R. W. Bell. 2532. ผลงานวิจัยจุลธาตุอาหารในพืชตระกูลถั่วและพืชไร่บางชนิด, น. 65-87. *ใน* **เอกสารการประชุมทางวิชาการ จุลธาตุเพื่อการเกษตรที่ดอนของประเทศไทย ครั้งที่ 9.** สมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

สำนักบริการคอมพิวเตอร์. 2549. **สุวรรณ 4452 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ใหม่ให้ผลผลิตและต้านทานโรคสูง.** KU-electronic magazine. Available Source: http://www. Ku.ac.th/e-magazine/feb49/agri/rice.htm, March 18, 2007.

อัญชลี สุทธิประการ. 2529. **แร่ในดิน**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เอิบ เขียวรื่นรมย์. 2533. **ดินของประเทศไทย**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Alloway, B.J. 2003. **Zinc.** Zinc in Soils and Crop Nutrition. Available Source: http://www.zinc- crops-org/ crops/ Alloway-ppf, December 12, 2006.

Alloway, B.J. 2004. **Zinc in Soils and Crop Nutrition**. International Zinc Association Communication, IZA Publ., Brussel.

Alvarez, J.M. and M.I. Rico. 2003. Effect of zinc complexes on the distribution of zinc in calcareous soil and zinc uptake by maize. **J. Agr. Food Chem.** 51: 5760-5767.

Berger, K.C. 1968. Micronutrient deficiencies in the United States. **J. Agr. Food Chem**. 10: 178-181.

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

Brown, A.L., B.A. Krantz and J.L. Eddings. 1970. Zinc- phosphorus interactions as measured by plant response and soil analysis. **Soil Sci**. 110: 415-420.

Cakmak, I. 2005. Identification and correction of widespread zinc deficiency problem in Central Anatolia, Turkey. *In* **The 73rd IFA Annual Conference**. Kaula Lumpur, Malasia.

———, A. Yilmaz, M. Kalayci, H. Ekiz, B. Torun, B. Erenoglu and H.J. Braun. 1996. Zinc deficiency as a critical problem in wheat production in Central Anatolia. **Plant and Soil** 180: 165-172.

Chaudhry, F.M., M.A. Kausar, A. Rashid and A. Rahmatullah. 1977. Mechanism of nitrogen effect on zinc nutrition of flooded rice. **Plant and Soil** 46(3): 649-654.

Cui, W. and Q. Wang. 2005. Interaction effect of zinc and elemental sulfur on their uptake by spring wheat. **J. of Plant Nutr**. 28(4): 639-649.

Fuehring, H.D. 1972. **Response of crops grown on calcareous soil to fertilization.** FAO Series of Works Papers on Agriculture and Calcareous Soil**.** Available Source: http://www.fao.org/decrep, December 12, 2006.

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.

Gupta, V.K. and S.P. Gupta. 1984. Effect of zinc sources and levels on the growth and zn nutrition of soybean (*Glycine max*.L.) in the presence of chloride and sulphate salinity. **Plant and Soil** 81: 299-304.

Harrell, L.D. 2005. **Chemistry testing and management of phosphorus and zinc in Calcareous Louisiana soils**. Ph.D. Thesis, Louisiana State University.

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

Keefer, R.F., R.N Singh, D.J. Howath and G. Hengerlou. 1972. Response of corn to time and rate of phosphorus and zinc application. **Proc. Soil. Sci. Soc. Amer**. 36: 628-632.

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.

Linsay, W.L. and W.A. Norvell. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc , iron, manganese and copper. **Soil Sci. Soc. Amer. J**. 42: 421-428.

Mandel, B., G.C. Hazra and L.N. Mandel. 1998. Soil management influences on zinc desorption for rice and maize nutrition. **Soil Sci. Soc. Amer. J**. 64: 1699-1700.

Martens, D.C. and D.T. Westerman. 1991. Fertilizer applications for correcting micronutrient deficiencies, pp. 549-592. *In* J.J. Mortvedt, F.R. Cox, L.M. Schuman and R.M. Welch, eds. **Micronutrient in Agriculture**. 2nd ed. Book Series no. 4. Soil Science Society of America, Madison, Wiscosin.

Martens, D.C. and W.L. Linsay. 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.

Mengkel, A. and E.A. Kirkby. 1987. **Principles of Plant Nutrition**. 4th ed. International Potash Institute, Bern, Switzerland.

Mirazapour, M. and A. Khoshgoftar. 2006. Zinc application effect on yield and seed oil content of sunflower grown on a saline calcareous soil. **J. of Plant Nutr**. 29(10): 1719-1729.

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

Ozkutlu, F., B. Torun and I. Cakmak. 2005. Effect of Zinc –humate on growth of soybean and wheat in zinc- deficiency. **Commun. in Soil Sci. and Plant Anal**. 37: 2769-2778.

Parkpian, P., R.W. Bell, S. Ratanarat and S. Phetchawee. 1988. Iron nutrition of field crops in black calcareous soil of Thailand: A Review. **J. of Plant Nutr**. 11(6-11): 1275-1284.

Prasad B., I. Sarangthem and K.C. Choudhary. 1995. Transformation and availability of applied zinc to maize in calcareous soil. **J. Ind. Soc. Soil. Sci.** 43(1): 84-89.

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.

Rai, R. and S.N. Singh. 1978. Response of wheat to levels of zinc and potash in calcareous soil. **Plant Soil** 49: 675-677.

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

Singh, K and N.K. Banerjee. 1986. Growth and zinc content of maize (*Zea mays* L.) as related to soil – applied zinc. **Field Crop Research** 13: 55-61.

Shuka, V.C. and K.G. Prasad. 1979. Sulfure- zinc interaction in groundnut. **J. Indian Soc. Soil Sci.** 27: 60-64.

Sommer, A.L. and C.B. Lipman. 1926. Evidence on the indispensable nature of zinc and boron for higher green plants. **Plant Physiology** 1: 231-249.

Vijarnsorn , P. 1982. **The Vertisols of Thailand**. Soil Survey Division, Land Development Department, Bangkok.

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

Wedepohl, K.K. 1978. **Handbook of Geochemistry**. Springer, Verlag, New York.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ความเข้มข้นสังกะสีและปริมาณการดูดใช้สังกะสีในฝักและตอซังข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล

ตำรับการทดลอง	ความเข้มข้นสังกะสี (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)		ปริมาณสังกะสีทั้งหมด (มิลลิกรัม/กระถาง)	
	ฝัก	ตอซัง	ฝัก	ตอซัง
Zn 0	13.89	7.33	0.68	0.71
Zn 2	17.17	8.55	1.11	0.98
Zn 4	19.76	11.88	1.29	1.48
Zn 6	19.63	14.15	1.31	1.67
Zn 8	22.45	13.22	1.38	1.41
Zn 10	23.99	13.95	1.46	1.56

ตารางผนวกที่ 2 ความเข้มข้นไนโตรเจนและปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนในฝักและตอซังข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล

ตำรับการทดลอง	ความเข้มข้นไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์)		ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (มิลลิกรัม/กระถาง)	
	ฝัก	ตอซัง	ฝัก	ตอซัง
Zn 0	1.03	0.90	507.27	870.44
Zn 2	0.94	0.77	611.58	884.57
Zn 4	0.92	0.74	599.45	918.74
Zn 6	0.91	0.76	610.54	889.29
Zn 8	0.95	0.83	576.01	881.92
Zn 10	0.98	0.80	603.89	889.21

ตารางผนวกที่ 3 ความเข้มข้นฟอสฟอรัสและปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในฝักและตอซังข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล

ตำรับการทดลอง	ความเข้มข้นฟอสฟอรัส (เปอร์เซ็นต์)		ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (มิลลิกรัม/กระถาง)	
	ฝัก	ตอซัง	ฝัก	ตอซัง
Zn 0	0.22	0.13	108.74	124.69
Zn 2	0.18	0.10	119.52	108.11
Zn 4	0.19	0.09	123.48	110.72
Zn 6	0.18	0.10	122.19	113.23
Zn 8	0.20	0.10	120.19	102.03
Zn 10	0.20	0.09	125.82	101.36

ตารางผนวกที่ 4 ความเข้มข้นโพแทสเซียมและปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมในฝักและตอซังข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินชัยบาดาล

ตำรับการทดลอง	ความเข้มข้นโพแทสเซียม (เปอร์เซ็นต์)		ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (มิลลิกรัม/กระถาง)	
	ฝัก	ตอซัง	ฝัก	ตอซัง
Zn 0	1.54	1.70	759.40	1641.39
Zn 2	1.40	1.74	912.44	2012.12
Zn 4	1.37	1.71	893.08	2121.45
Zn 6	1.31	1.59	874.38	1862.79
Zn 8	1.32	1.74	801.46	1852.57
Zn 10	1.38	1.74	854.09	1946.70

ตารางผนวกที่ 5 ความเข้มข้นสังกะสีในตอซังข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์

ตำรับการทดลอง	ความเข้มข้นสังกะสี (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)
Zn 0	20.30
Zn 2	19.96
Zn 4	18.16
Zn 6	26.24
Zn 8	28.31
Zn 10	30.22

ตารางผนวกที่ 6 ความเข้มข้นไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในตอซังข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินบุรีรัมย์

ตำรับการทดลอง	ความเข้มข้นธาตุอาหาร (เปอร์เซ็นต์)		
	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม
Zn 0	2.76	0.58	4.70
Zn 2	1.88	0.17	2.57
Zn 4	1.81	0.15	2.46
Zn 6	2.08	0.19	2.62
Zn 8	1.91	0.17	2.41
Zn 10	2.07	0.18	2.17

ตารางผนวกที่ 7 ข้อจำกัดของสมบัติทางเคมีที่ใช้ประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน

(Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973)

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

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

2. อินทรียวัตถุ (organic matter) (% organic carbonic x 1.724)

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

ตารางผนวกที่ 7 (ต่อ)

3. 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

4. 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

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 8 การแปลความหมายข้อมูลผลการวิเคราะห์ดิน (Martens and Linsay, 1990)

Measurement	Soil Test	Low	Marginal	Adequate
		…….. mg kg^{-1}……		
Zinc	DTPA	< 0.5	0.5 – 1.0	>1.0
	AB-DTPA	< 1.0	1.0 – 1.5	>1.5
Copper	DTPA	< 0.2	0.2 – 0.5	>0.2
	AB-DTPA	< 0.2		>0.5
Iron	DTPA	< 4.5		>4.5
	AB-DTPA	< 2.0	2.1 – 4.0	>4.0
Manganese	DTPA	< 1.0	1.0 – 2.0	>2.0
	AB-DTPA	< 1.8		>1.8

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวมนัสนันท์ เกื้อหนุน
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 10 พฤศจิกายน 2515
สถานที่เกิด	จังหวัด ชัยภูมิ
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนสนับสนุนงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์