



# วิทยานิพนธ์

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของน้ำยาสกัดในการประเมินสังกะสีที่เป็น  
ประโยชน์ในชุดดินชัยบาดาล ถ่านารายณ์ โชคชัย ทับทรวง และตากลิ

COMPARISON OF EXTRACTANTS IN ESTIMATING  
AVAILABLE ZINC IN CHAI BADAN, LUM NARAI,  
CHOK CHAI, THAP KHWANG AND TAKHLI SOIL SERIES

นางสาวละไม ศรีสวัสดิ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2551





## ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

### ปริญญา

ปฐพีวิทยา

สาขา

ปฐพีวิทยา

ภาควิชา

เรื่อง การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของน้ำยาสกัดในการประเมินสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในชุดดินชัยบาดาล ถ่านารายณ์ โชคชัย ทับทรวง และตากลิ

Comparision of Extractants in Estimating Available Zinc in Chai Badan, Lum Narai, Chok Chai, Thap Khwang and Takhli Soil Series.

นามผู้วิจัย นางสาวละไม ศรีสวัสดิ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

( รองศาสตราจารย์จรงค์ จันทน์เจริญสุข, D.Agr. )

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุเทพ ทองแพ, วท.ด. )

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

( รองศาสตราจารย์อิสรา สุขสถาน, Ph.D. )

หัวหน้าภาควิชา

( รองศาสตราจารย์อัญชลี สุทธิปราการ, Ph.D. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์วินัย อัจจงหาญ, M.A. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ \_\_\_\_\_ เดือน \_\_\_\_\_ พ.ศ. \_\_\_\_\_

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของน้ำยาสกัดในการประเมินสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในชุดดิน  
ชัยบาดาล ลำานารายณ์ โขกชัย ทับทวง และตาคลี

Comparision of Extractants in Estimating Available Zinc in Chai Badan, Lum Narai, Chok Chai,  
Thap Khwang and Takhli Soil Series.

โดย

นางสาวละไม ศรีสวัสดิ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
เพื่อความสะดวกแห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

พ.ศ. 2551

ละไม ศรีสวัสดิ์ 2551: การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของน้ำยาสกัดในการประเมิน  
สังกะสีที่เป็นประโยชน์ในชุดดินชัยบาดาล ลำานารายณ์ โชคชัย ทับทวน และตากลี  
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาปฐพีวิทยา ภาควิชาปฐพีวิทยา  
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์จรงค์ จันทร์เจริญสุข, D.Agr.  
72 หน้า

การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของน้ำยาสกัด Diethylenetriamine Pentaacetic Acid  
(DTPA) Ammonium Bicarbonate-DTPA (AB-DTPA) และ EDTA-Ammonium Carbonate  
(EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) ในการประเมินปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในชุดดินชัยบาดาล  
ลำานารายณ์ โชคชัย ทับทวน และตากลี ในการศึกษาใช้ข้าวโพดเป็นพืชทดสอบหาความสัมพันธ์  
ระหว่างปริมาณสังกะสีที่สกัดได้จากดินด้วยวิธีสกัดด้วยน้ำยา DTPA AB-DTPA และ EDTA-  
(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> กับปริมาณการดูดใช้สังกะสีทั้งหมดของข้าวโพด (total zinc uptake) ที่ปลูกในสภาพ  
เรือนทดลอง และได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสังกะสีที่สกัดได้จากดิน โดยวิธีสกัดด้วย  
น้ำยาสกัดดังกล่าวทั้งสามด้วย

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดินด้วยน้ำยาสกัด DTPA AB-DTPA และ  
EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> มีสหสัมพันธ์กันอย่างน้อยสำคัญทางสถิติ และมีความสัมพันธ์กับปริมาณ  
สังกะสีทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้ โดยพบว่าปริมาณสังกะสีทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้มีสหสัมพันธ์  
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยน้ำยาสกัด DTPA ( $r = 0.976^{**}$ ) และ  
EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ( $r = 0.947^{**}$ ) และมีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปริมาณสังกะสีที่  
สกัดโดยน้ำยาสกัด AB-DTPA ( $r = 0.878^{*}$ ) ปริมาณสังกะสีที่สกัดได้โดยน้ำยาสกัด DTPA  
EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> และ AB-DTPA สามารถใช้คาดคะเนปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดได้  
ร้อยละ 95 77 และ 90 ตามลำดับ ผลการทดลองดังกล่าวแสดงว่าน้ำยาสกัด DTPA AB-DTPA  
และ EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> มีประสิทธิภาพในการประเมินปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินได้  
โดยประสิทธิภาพในการประเมินปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินของน้ำยาสกัด DTPA และ  
EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ก่อนข้างใกล้เคียงกันและสูงกว่า AB-DTPA

Lamai Srisawat 2008: Comparison of Extractants in Estimating Available Zinc in Chai Badan, Lum Narai, Chok Chai, Thap Khwang and Takhli Soil Series. Master of Science (Agriculture), Major Field: Soil Science, Department of Soil Science. Thesis Advisor: Associate Professor Jongruk Chanchareonsook, D.Agr. 72 pages.

Comparison of Diethylenetriamine Pentaacetic Acid (DTPA), Ammonium Bicarbonate-DTPA (AB-DTPA) and EDTA-Ammonium Carbonate ( $\text{EDTA}-(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ) extraction methods in estimating available zinc in Chai Badan, Lum Narai, Chok Chai, Thap Khwang and Takhli Soil Series was studied. The relationships between the amounts of zinc extracted by DTPA, AB-DTPA and  $\text{EDTA}-(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  and total zinc uptake by corn grown in greenhouse condition were investigated. In addition, the relationships among the amount of zinc extracted by DTPA, AB-DTPA and  $\text{EDTA}-(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  were also elucidated.

The results showed that the amounts of Zn extracted by DTPA, AB-DTPA and  $\text{EDTA}-(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  were highly correlated and total zinc uptake by corn was highly correlated with the amount of zinc extracted by DTPA ( $r=0.976^{**}$ ) and  $\text{EDTA}-(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  ( $r=0.947^{**}$ ) and correlated with the amount of zinc extracted by AB-DTPA ( $r=0.878^*$ ). The amounts of Zn extracted by DTPA, AB-DTPA and  $\text{EDTA}-(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  could be used to predict the total- Zn uptake of corn with percentage of 95, 77 and 90, respectively. Therefore, DTPA, AB-DTPA and  $\text{EDTA}-(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  can be used effectively as extraction method for the estimation of available zinc in soils. However, the efficiency of DTPA and  $\text{EDTA}-(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  for evaluating availability of zinc in soils was closely similar but rather higher than that of AB-DTPA.

---

Student's signature \_\_\_\_\_ Thesis Advisor's signature \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

## กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.จรงค์ จันท์เจริญสุข ประธานกรรมการ-  
ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเทพ ทองแพ กรรมการวิชาเอก และรองศาสตราจารย์  
ดร.อิสรา สุขสถาน กรรมการวิชาการ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำปรึกษาในเรื่องการเรียนการค้นคว้า  
วิจัยตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ ขอกราบขอบคุณ  
อาจารย์ ดร.พิชิต พงษ์สกุล อาจารย์ ดร.สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม และรองศาสตราจารย์ วิสุทธิ์  
สุวรรณภินันท์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น  
ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนให้ความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งใน  
การนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป ขอขอบคุณภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
และเจ้าหน้าที่ห้องวิเคราะห์ดินและพืช ที่ได้อนุเคราะห์ให้ใช้สถานที่และอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ  
ตลอดระยะเวลาของการศึกษา

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อบุญช่วย และคุณแม่ละม่อม ศรีสวัสดิ์ ที่ได้อบรมสั่งสอนให้  
การสนับสนุนและให้โอกาสทางการศึกษาแก่ผู้วิจัยเสมอมา ขอขอบคุณ ดร.อรทัย สุกรียพงษ์  
หัวหน้าส่วนวิจัยสิ่งแวดล้อมดิน สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน ที่ให้การ  
สนับสนุนการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบคุณสมาชิกสโมสรบัณฑิตปฐพีวิทยาทุกท่านที่  
ให้การช่วยเหลือตลอดมา

ประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขอมอบแต่ คุณพ่อ คุณแม่ ครู อาจารย์ ทุกท่านที่  
อบรมสั่งสอนให้มีความรู้ และจริยธรรมอันดีในการดำเนินชีวิตแก่ผู้วิจัยเสมอมา

ละไม ศรีสวัสดิ์

มกราคม 2551

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(7)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(8)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	12
อุปกรณ์	12
วิธีการ	14
ผลและวิจารณ์	20
สรุปและข้อเสนอแนะ	38
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	40
ภาคผนวก	46
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	72

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับชุดดินที่นำมาศึกษา	12
2	แสดงรายละเอียดนํ้ายาสกัดสังกะสีที่เป็นประโยชน์ด้วยนํ้ายาสกัดชนิดต่าง ๆ	17
3	แสดงค่าวิเคราะห์สมบัติของดินที่ทำการศึกษา	21
4	ปริมาณสังกะสีในดินที่สกัดด้วยนํ้ายาสกัด DTPA AB-DTPA และ EDTA-(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (เฉลี่ย 3 ซ้ำ)	25
5	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, r) ระหว่างปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดยวิธีที่สกัดด้วยนํ้ายาสกัดต่าง ๆ	26
6	สมการถดถอยเชิงเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดินโดยวิธี DTPA AB-DTPA และ EDTA-(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> และค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด(r <sup>2</sup> )	27
7	พารามิเตอร์การเจริญเติบโตของข้าว โปด (เฉลี่ย 3 ซ้ำ) ที่ใช้หาความสัมพันธ์กับค่าวิเคราะห์ปริมาณสังกะสีในดินที่สกัดด้วยนํ้ายาสกัด DTPA AB-DTPA และ EDTA-(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	29
8	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, r) ระหว่างปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดยวิธีต่างๆ กับพารามิเตอร์การเจริญเติบโตของข้าว โปด	30
9	สมการถดถอยเชิงเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์การเจริญเติบโตของข้าว โปด (Y) และปริมาณสังกะสีที่สกัดได้โดยนํ้ายาสกัด DTPA, AB-DTPA และ EDTA-(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (X) และค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (r <sup>2</sup> )	31

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
1	ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของข้าวโพด ( $\text{g pot}^{-1}$ ) ที่ปลูกในชุดดิน ชัยบาดาล ลำานรายณ์ ไชคชัย ทับทวง และตาคลี ในตำหรับการ ทดลองต่าง ๆ	47
2	การวิเคราะห์ความแปรปรวนผลผลิตน้ำหนักแห้งของข้าวโพดที่ ปลูกในชุดดินชัยบาดาล ลำานรายณ์ ไชคชัย ทับทวง และตาคลี ใน ตำหรับการทดลองต่าง ๆ	48
3	แสดงปริมาณสังกะสีทั้งหมดที่ข้าวโพดคูดใช้ ( $\text{mg Zn pot}^{-1}$ ) ที่ปลูก ในชุดดินชัยบาดาล ลำานรายณ์ ไชคชัย ทับทวง และ ตาคลี ใน ตำหรับการทดลองต่าง ๆ	49
4	การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณสังกะสีทั้งหมดที่ข้าวโพด คูดใช้ ที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล ลำานรายณ์ ไชคชัย ทับทวง และ ตาคลี ในตำหรับการทดลองต่าง ๆ	50
5	แสดงความเข้มข้นของสังกะสีในข้าวโพด ที่ปลูกในชุดดิน ชัยบาดาล ลำานรายณ์ ไชคชัย ทับทวง และ ตาคลี ในตำหรับ การทดลองต่าง ๆ	51
6	การวิเคราะห์ความแปรปรวนความเข้มข้นของสังกะสีในข้าวโพดที่ ปลูกในชุดดินชัยบาดาล ลำานรายณ์ ไชคชัย ทับทวง และตาคลี ในตำหรับการทดลองต่าง ๆ	52
7	แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, r) ระหว่างปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดยวิธีต่าง ๆ และ ระหว่าง ปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดยวิธีต่าง ๆ กับพารามิเตอร์การ เจริญเติบโตของข้าวโพด	53
8	ตาราง ANOVA สำหรับการประเมินสมการถดถอยเชิงเส้นระหว่าง ปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดยวิธี DTPA (y) กับปริมาณสังกะสีที่ สกัด โดยวิธี AB-DTPA (x)	54

### สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
9	การวิเคราะห์การถดถอยเพื่อพยากรณ์ปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดยวิธี DTPA (y) จากปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดยวิธี AB-DTPA (x)	54
10	ตาราง ANOVA สำหรับการประเมินสมการถดถอยเชิงเส้นระหว่างปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดินโดยวิธี DTPA (y) กับปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดินโดยวิธี $\text{EDTA}-(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ (x)	55
11	การวิเคราะห์การถดถอยเพื่อพยากรณ์ปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดยวิธี DTPA (y) จากปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดยวิธี $\text{EDTA}-(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ (x)	55
12	ตาราง ANOVA สำหรับการประเมินสมการถดถอยเชิงเส้นระหว่างปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดินโดยวิธี $\text{EDTA}-(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ (y) กับปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดินโดยวิธี AB-DTPA (x)	56
13	การวิเคราะห์การถดถอยเพื่อพยากรณ์ปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดยวิธี $\text{EDTA}-(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ (y) จากปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดยวิธี AB-DTPA (x)	56
14	ตาราง ANOVA สำหรับการประเมินสมการถดถอยเชิงเส้นระหว่างผลผลิตน้ำหนักรากแห้งของข้าวโพด (y) กับปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดินโดยวิธี DTPA (x)	57
15	การวิเคราะห์การถดถอยเพื่อพยากรณ์ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งของข้าวโพด (y) จากปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดยวิธี DTPA (x)	57
16	ตาราง ANOVA สำหรับการประเมินสมการถดถอยเชิงเส้นระหว่างผลผลิตน้ำหนักรากแห้งของข้าวโพด (y) กับปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดินโดยวิธี AB-DTPA (x)	58
17	การวิเคราะห์การถดถอยเพื่อพยากรณ์ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งของข้าวโพด (y) จากปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดยวิธี AB-DTPA(x)	58

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
18	ตาราง ANOVA สำหรับการประเมินสมการถดถอยเชิงเส้นระหว่างผลผลิตน้ำหนักรากแห้งของข้าวโพด (y) กับปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดินโดยวิธี EDTA-(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (x)	59
19	การวิเคราะห์การถดถอยเพื่อพยากรณ์ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งของข้าวโพด (y) จากปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดยวิธี EDTA-(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (x)	59
20	ตาราง ANOVA สำหรับการประเมินสมการถดถอยเชิงเส้นระหว่างปริมาณสังกะสีทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้ (y) กับปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดยวิธี DTPA (x)	60
21	การวิเคราะห์การถดถอยเพื่อพยากรณ์ปริมาณสังกะสีทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้ (y) จากปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดยวิธี DTPA (x)	60
22	ตาราง ANOVA สำหรับการประเมินสมการถดถอยเชิงเส้นระหว่างปริมาณสังกะสีทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้ (y) กับปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดินโดยวิธี AB- DTPA (x)	61
23	การวิเคราะห์การถดถอยเพื่อพยากรณ์ปริมาณสังกะสีทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้ (y) จากปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดยวิธีวิธี AB- DTPA (x)	61
24	ตาราง ANOVA สำหรับการประเมินสมการถดถอยเชิงเส้นระหว่างปริมาณสังกะสีทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้ (y) กับปริมาณสังกะสีที่สกัดจาก ดินโดยวิธี EDTA-(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (x)	62
25	การวิเคราะห์การถดถอยเพื่อพยากรณ์ปริมาณสังกะสีทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้ (y) จากปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดยวิธีวิธี EDTA-(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (x)	62

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
26	ตาราง ANOVA สำหรับการประเมินสมการถดถอยเชิงเส้นระหว่างความเข้มข้นสังกะสี (y) กับปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยวิธีที่สกัดด้วยน้ำยา DTPA (x)	63
27	การวิเคราะห์การถดถอยเพื่อพยากรณ์ความเข้มข้นสังกะสี (y) จากปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยวิธีที่สกัดด้วยน้ำยา DTPA (x)	63
28	ตาราง ANOVA สำหรับการประเมินสมการถดถอยเชิงเส้นระหว่างความเข้มข้นสังกะสี(y) กับปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยวิธีที่สกัดด้วยน้ำยา AB- DTPA (x)	64
29	ตาราง ANOVA สำหรับการประเมินสมการถดถอยเชิงเส้นระหว่างความเข้มข้นสังกะสี (y) กับปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยวิธีที่สกัดด้วยน้ำยา $\text{EDTA}(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ (x)	65
30	ข้อจำกัดของสมบัติทางเคมีที่ใช้ประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973)	66
31	แสดงระดับความเป็นประโยชน์ของ Zn Cu Fe Mn ในดินซึ่งวิเคราะห์โดยวิธี DTPA และ AB-DTPA	69
32	ระดับความเค็มของดินและอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืช	70
33	แสดงระดับความเป็นประโยชน์ของแคลเซียมและแมกนีเซียมในดินซึ่งวิเคราะห์โดยวิธี $\text{NH}_4\text{OAc}$	70
34	แสดงการเปลี่ยน non SI unit เป็น SI unit	71

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินที่ศึกษา ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT	23
2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสังกะสีที่สกัดได้โดยวิธี (a) AB-DTPA กับ DTPA (b) EDTA-(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> กับ DTPA และ(c) AB-DTPA กับ EDTA-(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	28
3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตน้ำหนักรากแห้งของข้าวโพดกับปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยวิธี (a) DTPA (b) AB-DTPA และ(c) EDTA-(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	32
4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสังกะสีทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้กับปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยวิธี (a) DTPA (b) AB-DTPA และ(c) EDTA-(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	34
5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสังกะสีในข้าวโพดกับปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยวิธี DTPA	36

**คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ**

DTPA	Diethylenetriaminepentaacetic acid
AB-DTPA	Ammonium Bicarbonate- DTPA
EDTA	Ethylenediamine - tetraacetic acid
EDTA-(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	EDTA – Ammonium Carbonate
Cd	Chai Badan Soil Series
Ln	Lum Narai Soil Series
Ci	Chok Chai Soil Series
Tw	Thap Khwang Soil Series
Tk	Takhli Soil Series

# การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของน้ำยาสกัดในการประเมินสังกะสีที่เป็นประโยชน์ใน ชุดดินชัยบาดาล ลำนารายณ์ โขกชัย ทับทรวง และตากลิ

## Comparison of Extractants in Estimating Available Zinc in Chai Badan, Lum Narai, Chok Chai, Thap Khwang and Takhli Soil Series

### คำนำ

สังกะสีเป็นจุลธาตุอาหารที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช ปัจจุบันพบว่า ดินที่ใช้ทำการเกษตรมีปัญหาการขาดจุลธาตุอาหาร โดยเฉพาะสังกะสี ส่งผลให้การเจริญเติบโตและผลผลิตพืชต่ำ จำเป็นต้องเพิ่มธาตุสังกะสีหรือใส่ปุ๋ยสังกะสีให้กับพืช การวิเคราะห์ดินหรือการทดสอบดิน (soil test) เป็นวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพ ที่ทำให้ทราบสถานะภาพหรือปริมาณของสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินว่าอยู่ในระดับเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืชหรือไม่ ซึ่งข้อมูลจากการวิเคราะห์ดินสามารถนำไปใช้ในการจัดการธาตุอาหารสังกะสีในดินเพื่อเพิ่มผลผลิตพืชได้อย่างถูกต้อง (Peck and Soltanpour, 1990; Havlin *et al.*, 2005) การวิเคราะห์ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินมีหลายวิธีแตกต่างกันตามน้ำยาสกัด (Reed and Martens, 1996) ความน่าเชื่อถือของแต่ละวิธีมักจะพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่วิเคราะห์ได้ของแต่ละวิธีกับการตอบสนองของพืช โดยเฉพาะปริมาณธาตุสังกะสีที่พืชดูดใช้ (total zinc uptake) วิธีที่ให้ค่าสัมพันธ์สูงจะเป็นวิธีที่น่าเชื่อถือในการประเมินความเป็นประโยชน์ของสังกะสีในดิน

เนื่องจากปัจจุบันการศึกษาและข้อมูลเกี่ยวกับวิธีวิเคราะห์หรือน้ำยาสกัดที่เหมาะสมในการประเมินปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินต่าง ๆ ของประเทศไทยยังมีน้อยมาก จึงได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของน้ำยาสกัดในการประเมินปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดิน โดยน้ำยาสกัดที่นำมาศึกษามี 3 ชนิด คือน้ำยา DTPA Ammonium Bicarbonate-DTPA และ EDTA- Ammonium Carbonate ส่วนดินที่ศึกษาคือ ชุดดินชัยบาดาล ลำนารายณ์ โขกชัย ทับทรวง และ ตากลิ โดยใช้ข้าวโพดเป็นพืชทดลอง ผลการศึกษาน่าจะทำให้ทราบแนวทางในการเลือกใช้น้ำยาสกัดที่ถูกต้องเหมาะสมในการประเมินสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินดังกล่าว

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพน้ำยาสกัด DTPA AB-DTPA และ EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ในการประเมินสังกะสีที่เป็นประโยชน์ ใน ชุดดินชัยบาดาล ลำานารายณ์ โชคชัย ทับทวน และ ตากลี

2. เพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานและแนวทางในการใช้น้ำยาสกัดสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินที่ ถูกต้องและเหมาะสม สำหรับการประเมินความเป็นประโยชน์ของสังกะสีในดินต่อพืช

## การตรวจเอกสาร

### 1. บทบาทของสังกะสีต่อการเจริญเติบโตของพืช

สังกะสีเป็นจุลธาตุอาหาร (micronutrient elements) ซึ่งพืชต้องการในปริมาณน้อย (ต่ำกว่า  $100 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ยงยุทธ (2549) สังกะสีมีความสำคัญและจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช พืชดูดกินสังกะสีในรูปของไอออนของสังกะสี (Zn<sup>2+</sup>) โดยแพร่ผ่านราก (diffusion) สมบุญ (2548) อัตราการแพร่ขึ้นกับความชื้นในดิน โดยทั่วไปความเข้มข้นสังกะสีในดินพืชอยู่ระหว่าง  $10\text{--}100 \text{ mg kg}^{-1}$  (พิชิต และ สุรสิทธิ์, 2549) สังกะสีมีบทบาทที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนี้

1.1 สังกะสีมีบทบาทในกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช โดยเป็นโคแฟกเตอร์ของเอนไซม์คาร์บอนิกแอนไฮเดรส ซึ่งช่วยในการรักษาสมดุลระหว่าง CO<sub>2</sub> และ HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> เพื่อให้มี CO<sub>2</sub> ที่ละลายในไซโทซอลของมีโซฟิลล์เพียงพอสำหรับการสังเคราะห์แสง นอกจากนี้สังกะสีทำงานร่วมกับโพแทสเซียมในการควบคุมการปิดและเปิดของปากใบ เพื่อให้ CO<sub>2</sub> เข้าไปในใบได้เต็มที่ (ยงยุทธ, 2546, 2549)

1.2 เป็นองค์ประกอบสำคัญของเอ็นไซม์หลายชนิด เช่น ซูเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเทส คาร์บอนิก แอนไฮเดรส และเอ็นไซม์อื่น ๆ (ยงยุทธ, 2546; สมบุญ, 2548; เอ็จ, 2535)

1.3 ช่วยกระตุ้นกิจกรรมของเอ็นไซม์ เช่น ดีไฮโดรจีเนส แอลโคเลส ไอโซเมอเรส และทรานส์ฟอสฟอริเลส (ยงยุทธ, 2546, 2549; Pendias and Pendias, 2001)

1.4 มีบทบาทในเมแทบอลิซึมของดีเอ็นเอ และ อาร์เอ็นเอ ช่วยในการสังเคราะห์โปรตีน กระบวนการเมแทบอลิซึมของไนโตรเจนในพืช โดยพืชที่ขาดสังกะสีการสังเคราะห์โปรตีนลดลงมีการสะสมกรดอะมิโนในเซลล์พืช เนื่องจากการขาดสังกะสีทำให้เอ็นไซม์ที่มีสังกะสีเป็นองค์ประกอบหยุดกิจกรรมในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน (ยงยุทธ, 2546, 2549; Mengel *et al.*, 2001)

1.5 มีบทบาทสำคัญในการสร้างทรินโทเฟนซึ่งเป็นสารตั้งต้นของการสังเคราะห์ฮอร์โมน IAA (Indole Acetic Acid) โดยฮอร์โมน IAA มีหน้าที่ที่สำคัญคือ กระตุ้นการขยายเซลล์และการเจริญเติบโตของลำต้น กระตุ้นการแตกราก และการแตกใบอ่อน (ยงยุทธ, 2546; สมบุญ, 2548)

1.6 ช่วยให้เยื่อหุ้มเซลล์และออร์แกเนลล์มีความสมบูรณ์ โดยการจับกับฟอสโฟลิปิดและ หมู่ซัลไฟดริลซึ่งเป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์และออร์แกเนลล์ (ยงยุทธ, 2549)

เนื่องจากสังกะสีเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายไม่ได้ภายในพืช ดังนั้นลักษณะอาการผิดปกติที่พืชแสดงออกเมื่อขาดธาตุนี้จะเริ่มเกิดที่ใบอ่อน (ชัยฤกษ์, 2536) โดยพืชจะมีใบขนาดเล็ก เกิดอาการ แคระแกรน ขอบปล้องสั้น ใบเป็นกระจุก (rosette) เนื่องจากพืชขาดออกซิน หรือ IAA ในรัฐพืชและ ไม้ผลหลายชนิดพบลักษณะใบเหลืองระหว่างเส้นใบหรือ interveinal chlorosis เพราะขาดสังกะสี ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสร้างคลอโรฟิลล์ และมักพบขอบใบพืชที่ขาดสังกะสียังเขียวอยู่ในขณะที่แผ่น ใบจะซีดจากโคนใบสู่ปลายใบ เซลล์แห้งตายเป็นจุด ใบมักบิดเบี้ยวเสียรูปทรง ขอบใบม้วนงอ ต้นแคระแกรน การขาดสังกะสีในพืชมักเกิดในดินด่าง ในข้าวโพดเกิดตาขาว (white bud) ทำให้ ดอกผลลดลง ต้นแคระแกรน รากสั้นไม่เจริญตามปกติ (สมบุญ, 2548)

## 2. สถานะและความเป็นประโยชน์ของสังกะสีในดิน

ดินในภาคต่าง ๆ ของประเทศไทยมีปริมาณสังกะสีทั้งหมด (total Zn) อยู่ระหว่าง 0.7-105 mg kg<sup>-1</sup> (พิชิต, 2549) โดยจะแตกต่างกันตามชนิดของดิน ซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุดิบกำเนิดดิน ส่วน ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ขึ้นกับคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และชีววิทยาของดิน ลักษณะของ ดินที่มีปัญหาการขาดธาตุสังกะสีได้แก่ 1) ดินเนื้อหยาบ เช่น ดินทราย ดินร่วนปนทราย ซึ่งวัตถุดิบ กำเนิดดินที่เกิดจากการสลายตัวผุพังของหินอัคนีสีจางซึ่งมีปฏิกิริยาเป็นกรดมีสังกะสีเป็นองค์ ประกอบน้อย และเมื่อสลายตัวให้ดินเนื้อหยาบ ธาตุอาหารที่อยู่ในรูปไอออนถูกชะล้างได้ง่ายดังนั้น ดินเนื้อหยาบและมีอินทรีย์วัตถุต่ำจึงมักจะขาดสังกะสีได้ 2) ดินเนื้อปูน (calcareous soil) ซึ่งเป็น ดินที่มีปฏิกิริยาเป็นด่าง ทำให้สารประกอบเชิงซ้อนของสังกะสีกับอินทรีย์วัตถุ และสารประกอบ คาร์บอเนตของสังกะสีในดินมีการละลายต่ำ ส่งผลให้ความเป็นประโยชน์ของสังกะสี ลดลง 3) ดิน ที่มีฟอสฟอรัสสูง ซึ่งเกิดจากการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสมากเกินไป ทำให้เกิดอันตรกิริยา (interaction) ระหว่างฟอสฟอรัสกับสังกะสีเกิดขึ้นในดิน โดยฟอสฟอรัสส่งเสริมให้สังกะสีดูดซับติดกับผิวของ อนุภาคของแคลเซียมคาร์บอเนต หรือเหล็กและอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ หรือเหล็กและอะลูมิเนียม ออกไซด์ มีผลให้ความเป็นประโยชน์ของสังกะสีในดินลดลง เมื่อสังกะสีถูกยึดไว้อัตราการแพร่สู่ รากพืชย่อมลดลง (ยงยุทธ, 2546) เป็นสาเหตุให้พืชขาดสังกะสีได้ 4) ดินมีปริมาณธาตุอาหารประจวบ กว เช่น Cu<sup>2+</sup> Fe<sup>2+</sup> และ Mn<sup>2+</sup> มากจะเกิดการยับยั้งการดูดสังกะสีของพืช

สำหรับรูปของสังกะสีที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินคือ รูปไอออนบวกของสังกะสีที่ละลายอยู่ในสารละลายดิน และรูปของไอออนบวกของสังกะสีที่แลกเปลี่ยนได้ที่ผิวของคอลลอยด์ดิน (Brady and Weil, 2002) ความสามารถในการละลายของสังกะสีขึ้นอยู่กับสภาพความเป็นกรด-ด่างของดิน สังกะสีในดินจะอยู่ในสภาพที่ละลายง่ายเมื่อดินมีปฏิกิริยาเป็นกรด โดยเฉพาะที่ค่า pH ประมาณ 5 และเมื่อ pH ของดินสูงขึ้นการละลายของสังกะสีในดินจะน้อยลง ดินที่ค่า pH สูงกว่า 7 พืชดูดสังกะสีไปใช้ได้ยากเพราะสังกะสีจะเปลี่ยนสภาพจากไอออนบวกมาเป็น ไอออนลบโดยเป็น zincate ion ในดินด่างที่มีปริมาณแคลเซียมสูง สังกะสีจะอยู่ในรูป calcium zincate ซึ่งละลายน้ำยาก (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) ปัญหาการขาดสังกะสีมักพบในดินเนื้อปูน ซึ่งมี  $\text{CaCO}_3$  สูง โดย  $\text{Zn}^{2+}$  จะเกิดปฏิกิริยาตกตะกอน (occlusion) และปฏิกิริยาคูดซับ (adsorption) กับคาร์บอเนต ซึ่งเป็นสาเหตุใหญ่ที่ทำให้ดินขาดสังกะสี การแก้ปัญหาขาดสังกะสีในดิน มักใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูป Zn-chelate หรือ  $\text{ZnSO}_4$  (Havlin *et al.*, 2005)

### 3. การวิเคราะห์สังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดิน

วิธีวิเคราะห์สังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินแบ่งตามประเภทของน้ำยาสกัดดังนี้

#### 3.1 สารละลายของเกลือที่เป็นกลาง

การสกัดสังกะสีโดยน้ำยาสกัดซึ่งเป็นสารละลายเกลือที่เป็นกลางเช่น  $\text{MgSO}_4$   $\text{MgCl}_2$  จะสกัดสังกะสีในรูปแลกเปลี่ยนได้ Martens *et al.* (1966) ทำการศึกษาในดินรัฐวิสคอนซิน ประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่า ปริมาณสังกะสีที่สกัดได้โดยน้ำยาสกัด 0.2 M  $\text{MgSO}_4$  มีความสัมพันธ์กับปริมาณสังกะสีที่ข้าวโพดดูดใช้ Adiloglu and Kursun (2003) ศึกษาในดินประเทศตุรกี พบว่า น้ำยาสกัด 1 M  $\text{MgCl}_2$  มีสหสัมพันธ์กับปริมาณทั้งหมดสังกะสีในพืช

#### 3.2 สารละลายของกรด

น้ำยาสกัดซึ่งเป็นสารละลายของกรดได้แก่ น้ำยาสกัด 0.1 N HCl และน้ำยา Mehlich 1 ( $0.05 \text{ M HCl} + 0.0125 \text{ M H}_2\text{SO}_4$ ) เป็นต้น น้ำยาสกัด 0.1 N HCl มักใช้สกัดสังกะสีในดินที่มีปฏิกิริยาเป็นกรดเล็กน้อย (slightly acid) สำหรับในดินเนื้อปูนที่มี  $\text{CaCO}_3$  สูง น้ำยาสกัด 0.1 N HCl จะถูกสะเทิน ทำให้สกัดสังกะสีออกมาได้น้อยค่า pH ในระบบของการสกัดจะผันแปรไปตาม

ปริมาณ  $\text{CaCO}_3$  ในดิน (Trierweiler and Lindsay, 1969) น้ำยาสกัด Mehlich 1 ( $0.05 \text{ M HCl} + 0.0125 \text{ M H}_2\text{SO}_4$ ) เป็นน้ำยาที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย Nelson *et al.* (1953) เพื่อใช้ประเมินความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินและถูกนำมาใช้ในการประเมินความเป็นประโยชน์ของจุลธาตุอาหารในดิน โดย Cox (1968) และจากการศึกษาของ Wear and Evans (1968) พบว่า น้ำยา Mehlich 1 สามารถใช้ประเมินปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินได้

### 3.3 สารละลายที่มีสารเคมีเป็นองค์ประกอบ

น้ำยาสกัดที่มีสารละลายเคมีเป็นองค์ประกอบได้แก่ น้ำยา DTPA

EDTA- Ammonium Carbonate (EDTA-  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ) Ammonium Bicarbonate - DTPA (AB-DTPA) และ Mehlich 3 เป็นต้น

#### 3.3.1 Diethylenetriaminepentaacetic acid ( DTPA)

น้ำยา DTPA เป็นน้ำยาสกัดประเภทสารละลายเคมีที่สามารถสกัดธาตุอาหารได้หลายธาตุ (multielement extractant) พัฒนาขึ้นโดย Lindsay and Norvell (1978) ใช้ประเมินความเป็นประโยชน์ของ Zn Fe Mn และ Cu ในดินที่มีปฏิกิริยาค่อนข้างเป็นกลาง และในดินเนื้อปูนที่มี pH สูง น้ำยา DTPA ประกอบด้วย  $0.005 \text{ M DTPA}$   $0.01 \text{ M CaCl}_2$  และ  $0.1 \text{ M TEA}$  (triethanolamine) pH ของน้ำยา 7.3

#### 3.3.2 Ammonium Bicarbonate- DTPA (AB- DTPA)

น้ำยาสกัดชนิดนี้เป็นสารละลายแอมโมเนียมไบคาร์บอเนต – ดีทีพีเอ สกัดสังกะสี และธาตุอื่น ๆ ได้ เช่น ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม เหล็ก แมงกานีส และ ทองแดง น้ำยานี้ถูกพัฒนาขึ้นโดย Soltanpour and Schwab (1977) น้ำยาสกัด AB-DTPA ประกอบด้วย  $1 \text{ M NH}_4\text{HCO}_3$  และ  $0.005 \text{ M DTPA}$  pH ของน้ำยา 7.6

### 3.3.3 EDTA– Ammonium Carbonate pH 8.6 (EDTA– (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)

น้ำยาสกัด EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> คิดค้นโดย Trierweiler and Lindsay (1969) เพื่อศึกษาดินต่างซึ่งขาดสังกะสี น้ำยาสกัดนี้ประกอบด้วย 0.01 M EDTA (ethylenediamine-tetraacetic acid) และ 1M (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> pH ของน้ำยา 8.6

### 3.3.4 Mehlich 3

น้ำยาสกัด Mehlich 3 เป็นน้ำยาสกัดที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อวิเคราะห์ทั้งธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุอาหารในดิน โดย Mehlich (1984) องค์ประกอบของน้ำยาประกอบด้วย 0.2 M CH<sub>3</sub>COOH 0.25 M NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> 0.015 M NH<sub>4</sub>F 0.013 M HNO<sub>3</sub> และ 0.001 M EDTA

## 4. การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำยาสกัดในการวิเคราะห์สังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดิน

Brown *et al.* (1971) ศึกษาเปรียบเทียบน้ำยาสกัด 5 ชนิด คือ DTPA Ammonium-acetate Dithizone 0.1 N HCl และ EDTA เพื่อประเมินความเป็นประโยชน์ของสังกะสีในดิน 92 ตัวอย่างของมลรัฐแคลิฟอร์เนีย พบว่า DTPA เป็นน้ำยาสกัดที่ให้ผลดีที่สุดในการประเมินความเป็นประโยชน์ของสังกะสีในดินต่อพืช สำหรับค่าระดับวิกฤตของสังกะสีที่สกัดได้คือ 0.5 ppm

Haq and Miller (1972) ศึกษา น้ำยาสกัด 4 ชนิดคือ DTPA EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> EDDHA (ethylenediamine di o-hydroxyphenylacetic acid) และ Double acid (0.05 N HCl+ 0.025 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) ในการประเมินความเป็นประโยชน์ของสังกะสีในดิน 85 ชนิด พบว่าสังกะสีที่สกัดได้โดยน้ำยาสกัด EDTA- (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> และ DTPA ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ กับสังกะสีในข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

มงคล (2535) ศึกษาการประเมินปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินชุดปากช่อง กำแพงแสน ตากลิย โสธร วาริน ไคราช สัตหีบ ห้วยโป่ง บ้านบึง และ พังงา โดยวิธีสกัดด้วยน้ำยาสกัด DTPA ผลการศึกษา พบว่า ปริมาณสังกะสีที่สกัดได้โดยวิธีดังกล่าวมีสหสัมพันธ์กับปริมาณการดูดใช้สังกะสีของพืช และรายงานว่ามีปริมาณสังกะสีที่สกัดได้ในชุดดินตากลิ โดยวิธี DTPA มีระดับวิกฤต 0.825 ppm ซึ่งใกล้เคียงกับระดับวิกฤต ในดินเนื้อปูนซึ่งรายงานโดย Lindsay and

Norvell (1978) ในการศึกษาสถานะภาพของสังกะสีในดินชุดตาคลีที่ใช้ปลูกข้าวโพดของจิราณี (2531) พบว่า ปริมาณสังกะสีที่สกัดได้ในชุดดินตาคลี โดยวิธี DTPA pH 7.3 ให้ช่วงวิกฤตระหว่าง 1.2 – 1.4 ppm

Abreu *et al.* (2002) ศึกษาประสิทธิภาพน้ำยาสกัดที่ใช้สกัดธาตุอาหารได้หลายธาตุ (multinutrient extractants) เพื่อหาปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินโดยน้ำยาที่ศึกษาคือ DTPA, Mehlich 1, Mehlich 3 และ AB-DTPA และวัดปริมาณสังกะสีที่สกัดได้โดย ICP-AES (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrophotometry) โดยศึกษาดิน 44 ตัวอย่างของประเทศบราซิล พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสังกะสีที่วิเคราะห์ได้กับค่าความเข้มข้นสังกะสีในพืชแตกต่างกันโดยมีลำดับมากน้อยดังนี้ คือ วิธี Mehlich 3 ( $r=0.74$ ) DTPA ( $r=0.73$ ) AB- DTPA ( $r=0.62$ ) และ Mehlich 1 ( $r=0.61$ ) เมื่อใช้ข้าวโพดเป็นพืชทดสอบ และเมื่อใช้ถั่วเหลืองเป็นพืชทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสังกะสีที่วิเคราะห์ได้กับค่าความเข้มข้นสังกะสีในพืชโดยวิธีต่าง ๆ มากน้อยตามลำดับดังนี้ DTPA ( $r=0.71$ ), Mehlich 1 ( $r=0.63$ ), Mehlich 3 ( $r=0.58$ ) และ AB- DTPA ( $r=0.46$ ) ซึ่งสรุปว่าน้ำยา DTPA มีประสิทธิภาพมากที่สุดสำหรับการประเมินความเป็นประโยชน์ของสังกะสีในดินดังกล่าว

Maftoun *et al.* (2003) รายงานการทดสอบน้ำยาสกัด DTPA EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> Mehlich 3 AB- DTPA และ EDTA ในการประเมินปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินนาเนื้อปูนต่อข้าว (*Oryza sativa* L.) พบว่า ปริมาณสังกะสีที่สกัดได้จากดินเนื้อปูน 20 ตัวอย่างด้วยน้ำยาสกัดต่าง ๆ เรียงจากมากไปน้อยคือ Mehlich 3 > EDTA > AB- DTPA > EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> > DTPA และพบว่า มีสหสัมพันธ์เป็นบวก ระหว่างน้ำยาสกัดแต่ละชนิด ยกเว้น EDTA ไม่มีสหสัมพันธ์กับน้ำยาสกัดอื่นที่นำมาเปรียบเทียบ ส่วนปริมาณสังกะสีที่พืชดูดใช้ และน้ำหนักแห้งต่อชั่งพบว่า มีสหสัมพันธ์กับปริมาณสังกะสีที่สกัดด้วยน้ำยาสกัด DTPA EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> Mehlich 3 และ AB- DTPA โดยวิธี DTPA EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> มีสหสัมพันธ์สูงกับน้ำหนักแห้งต่อชั่ง ขณะที่วิธี AB- DTPA มีสหสัมพันธ์สูงกับปริมาณสังกะสีที่พืชดูดใช้

Adiloglu and Kursun (2003) ศึกษาวิธีสกัดสังกะสีที่เป็นประโยชน์ด้วยน้ำยาสกัดชนิดต่าง ๆ ในดินประเทศตุรกี โดยปลูกข้าวโพดเป็นพืชทดสอบในเรือนทดลอง พบว่า วิธีที่ใช้น้ำยาสกัด DTPA AB-DTPA และ EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> เป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับใช้ประเมินสังกะสีที่

เป็นประโยชน์ในดิน ซึ่งวิธีสกัดด้วยน้ำยา DTPA ให้สหสัมพันธ์สูงกับน้ำหนักแห้ง ความเข้มข้น สังกะสีในพืช และปริมาณสังกะสีที่พืชดูดใช้ ขณะที่วิธี AB-DTPA และ EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ใช้ เวลาสกัดเร็วกว่า และ มีความสะดวกในเชิงปฏิบัติมากกว่า

## 5. ความรู้เกี่ยวกับข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 4452

ข้าวโพด (*Zea mays* L.) ที่นำมาใช้เป็นพืชทดสอบพันธุ์สุวรรณ 4452 (Ksx 4452) ได้มาจากการผสมระหว่างสายพันธุ์แท้ Ki 47 กับสายพันธุ์แท้ Kei 0102 ในปี 2543 และทำการทดสอบพันธุ์ ในแหล่งปลูกข้าวโพดต่าง ๆ จนกระทั่งในปี 2546 ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติได้แนะนำ พันธุ์นี้แก่เกษตรกร ภาครัฐ และเอกชนต่าง ๆ ลักษณะดีเด่นเป็นพันธุ์ที่ปรับตัวได้ดีในสภาพ แวดล้อมต่าง ๆ มีระบบรากและลำต้นแข็งแรง ไม่หักล้มง่าย มีความสูงต้น 214 ซม. ใบตั้งสีเขียวเข้ม ลำต้น และช่อดอกสีม่วง มีอายุวันสลัดละอองเกสรประมาณ 53 วัน และวันออกใหม่ประมาณ 54 วัน ด้านทานต่อโรคราน้ำค้างและโรคทางใบ (โซคซัย, 2549) สำหรับการเก็บเกี่ยวนั้นจะใช้เวลา 110-120 วัน (เก็บเมล็ดแห้ง) แต่พันธุ์นี้เหมาะสำหรับปลูกทำข้าวโพดหมักอาหารสัตว์ โดยตัดต้น เมื่ออายุประมาณ 85 วันหลังการปลูก

## 6. ความรู้เกี่ยวกับดินที่นำมาศึกษา

จากรายงานฐานข้อมูลดินกรมพัฒนาที่ดิน (2549) ได้อธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับชุดดินที่ใช้ ศึกษา 5 ชุดดิน ดังนี้คือ

### 6.1 ชุดดินชัยบาดาล (Chai Badan series: Cd )

ชุดดินชัยบาดาลจัดอยู่ใน fine, smectitic, isohyperthermic Leptic Haplusterts เกิดจากการผุพังสลายตัวของหินบะซอลต์ หินแอนดีไซต์ บริเวณพื้นที่ภูเขา รวมถึงที่เกิดจากวัสดุหิน หรือหินที่เคลื่อนย้ายมาเป็นระยะทางไกล ๆ โดยแรงโน้มถ่วงบริเวณเชิงเขา หรือเกิดจากตะกอนน้ำ พาบบริเวณเนินตะกอนรูปพัด สภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อยถึงลูกคลื่นลอนชัน ชุดดินนี้ เป็นดินลึกปานกลางพบชั้นหินผุที่ระดับความลึก 50-100 ซม. ดินบนเป็นดินเหนียวหรือดินเหนียว ปนทรายแป้ง สีเทาเข้มมากหรือสีน้ำตาลปนเทาเข้มมาก ปฏิกิริยาดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นด่าง ปานกลาง (pH 6.5-8.0) ดินล่างเป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายแป้ง ดินล่างบางบริเวณอาจ พบเม็ดปูนสะสม โดยปกติเมื่อดินแห้ง หน้าดินจะแตกกระแหงเป็นร่องลึก การใช้ประโยชน์ที่ดิน

ปลูกพืชไร่ เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ถั่ว ทานตะวัน หรือไม้ผล เช่น น้อยหน่า ขนุน มะม่วง ชุดดินนี้พบมากบริเวณที่สูงตอนกลางของประเทศ

### 6.2 ชุดดินลำานารายณ์ (Lum Narai series: Ln)

ชุดดินลำานารายณ์จัดอยู่ใน fine, smectitic, isohyperthermic Vertic Haplustolls เกิดจากการผุพังสลายตัวของหินบะซอลต์ หินแอนดีไซต์ และหินปูน บริเวณพื้นที่ภูเขา รวมถึงที่เกิดจากวัสดุคินหรือหินที่เคลื่อนย้ายมาเป็นระยะทางไกล ๆ โดยแรงโน้มถ่วงบริเวณเชิงเขา หรือเกิดจากตะกอนน้ำพา บริเวณเนินตะกอนรูปพัด ดินชุดนี้เป็นดินลึกปานกลาง พบชั้นหินผุและก้อนปูนทุติยภูมิที่ระดับความลึก 50-100 ซม. ดินบนเป็นดินร่วนปนดินเหนียวหรือดินเหนียว สีน้ำตาลเข้มหรือสีน้ำตาลปนแดงเข้ม ปฏิกิริยาดินเป็นกลางถึงเป็นด่างปานกลาง (pH 7.0-8.0) ดินล่างเป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายแป้ง และพบก้อนปูนทุติยภูมิปะปนในดินล่าง ๆ และเศษหินผุสีน้ำตาลปนแดงหรือสีแดง ปฏิกิริยาดินเป็นด่างปานกลาง (pH 8.0) เมื่อดินแห้ง อาจแตกกระแหงเป็นร่องลึก ดินชั้นล่างจะพบรอยดูไลเป็นมัน การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปลูกพืชไร่ เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ถั่ว ทานตะวัน หรือไม้ผล เช่น น้อยหน่า มะม่วง ชุดดินนี้พบมากบริเวณที่สูงตอนกลางของประเทศ

### 6.3 ชุดดินโชคชัย (Chok Chai series: Ci)

ชุดดินโชคชัยจัดอยู่ใน very fine, kaolinitic, isohyperthermic Rhodic Kandustox เกิดจากการผุพังสลายตัวอยู่กับที่ และหรือ เศษหินเชิงเขาของหินบะซอลต์ พบบริเวณพื้นที่ลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อยถึงลูกคลื่นลอนลาด ดินชุดนี้เป็นดินลึกมาก ดินบนเป็นดินเหนียวปนทรายแป้งหรือดินเหนียว สีน้ำตาลปนแดงเข้มมาก ดินล่างเป็นดินเหนียว สีแดงหม่นหรือสีแดงหม่นเข้มมาก ดินบนปฏิกิริยาดินเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกลาง (pH 6.0-7.0) การใช้ประโยชน์ ปลูกพืชไร่และไม้ผล ดินชุดนี้พบมากตอนล่างของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

#### 6.4 ชุดดินทับทรวง (Thap Khwang series: Tw)

ชุดดินทับทรวงจัดอยู่ใน fine, mixed, isohyperthermic Ultic Paleustalfs เกิดจากการสลายตัวผุพังอยู่กับที่ หรือ เคลื่อนย้ายมาเป็นระยะทางใกล้ ๆ โดยแรงโน้มถ่วงของโลก ของหินดินดานและหินปูน อยู่บนพื้นผิวที่เหลื่อค้ำจากการกร่อนและเนินเขาที่ถูกชะล้าง สภาพพื้นที่ ล่อนข้างราบเรียบถึงลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดชัน 1-8 เปอร์เซ็นต์ ดินชุดนี้ เป็นดินลึกมาก มีการระบายน้ำดีปานกลาง น้ำซึมผ่านได้ปานกลาง การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินปานกลาง ดินบน เป็นดินร่วนปนดินเหนียวถึงดินเหนียว สีนํ้าตาลปนเทาถึงสีนํ้าตาลเข้ม ดินล่างเป็นดินเหนียว สีนํ้าตาลเข้มจนถึงสีนํ้าตาลปนเทา มีจุดประสีนํ้าตาลแก่และสีนํ้าตาลปนแดง การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปลูกพืชไร่ เช่น ข้าวโพด ข้างฟางและถั่วต่าง ๆ บางแห่งใช้ปลูกไม้ผลยืนต้น (สถานีพัฒนาที่ดิน ลพบุรี, 2549)

#### 6.5 ชุดดินตาคลี (Takhli series: Tk)

ชุดดินตาคลีจัดอยู่ใน loamy-skeletal, carbonatic, isohyperthermic Entic Haplustolls เกิดจากตะกอนน้ำพาที่ถมอยู่บนชั้นปูนมาร์ล บริเวณเนินตะกอนรูปพัด สภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่น ลอนลาดเล็กน้อยถึงลูกคลื่นลอนลาด ชุดดินนี้เป็นดินตื้นถึงชั้นปูนมาร์ลที่พบภายใน 50 ซม.จากผิวดิน ดินบนเป็นดินร่วนปนดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายแป้ง สีดำ สีเทาเข้มมาก สีนํ้าตาลปนเทาเข้มมาก หรือสีนํ้าตาลเข้มมาก ปฏิกิริยาดินเป็นกลางถึงเป็นด่างปานกลาง (pH 7.0-8.0) ดินล่างเป็นดินร่วนปนดินเหนียวหรือดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง และมีเม็ดปูนปน สีนํ้าตาลหรือสีนํ้าตาลเข้ม และมีสีขาวของผงปูนทุติยภูมิหรือปูนมาร์ล ปฏิกิริยาดินเป็นด่างปานกลาง (pH 8.0) ได้ชั้นดินลงไปเป็นชั้นปูนมาร์ลสีขาวทั้งที่เป็นเม็ดและเชื่อมต่อกันหนาแน่นการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปลูกพืชไร่ เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ถั่ว ทานตะวัน หรือไม้ผล เช่น น้อยหน่า ขนุน มะม่วง ชุดดินนี้พบมากบริเวณที่สูงตอนกลางของประเทศต่อกับภาคกลาง

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

1. ดินที่ใช้ศึกษาประกอบด้วย 5 ชนิด คือ ชนิดชัยบาดาล ลำนารายณ์ โขกชัย ทับทวน ตาคลี เก็บจากแปลงพืชไร่ของเกษตรกร ที่ระดับความลึก 0 -15 เซนติเมตร จากแหล่งต่าง ๆ รายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับชนิดดินที่นำมาศึกษา

ชนิดดินที่	ชื่อชนิดดิน	สัญลักษณ์	สถานที่เก็บ
1	ชัยบาดาล	Cd	จังหวัดลพบุรี
2	ลำนารายณ์	Ln	จังหวัดลพบุรี
3	โขกชัย	Ci	จังหวัดนครราชสีมา
4	ทับทวน	Tw	จังหวัดสระบุรี
5	ตาคลี	Tk	จังหวัดสระบุรี

2. เมล็ดข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 4452

3. ปุ๋ยเคมี ใช้สารเคมีที่มีความบริสุทธิ์สูง (AR. Grade)

3.1 ยูเรีย ( $\text{NH}_2\text{CONH}_2$ )

3.2 โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ )

3.3 โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl)

3.4 ซิงค์ซัลเฟต ( $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )

4. อุปกรณ์ที่จำเป็นในการปลูกพืชทดลองในเรือนทดลอง

5. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ดินและพืช

5.1 เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง และ 4 ตำแหน่ง

5.2 เครื่องเขย่าตัวอย่างดิน

5.3 ขวดพลาสติก ขวดแก้ว กรวยพลาสติกขนาดต่าง ๆ

5.4 Atomic absorption spectrophotometer

5.5 เครื่องมือสำหรับย่อยสลายตัวอย่างพืช (block digester)

5.6 Spectrophotometer

5.7 ตู้อบพืช

5.8 สารเคมีสำหรับวิเคราะห์พืช

5.9 อุปกรณ์ที่จำเป็นในการวิเคราะห์พืช

## วิธีการ

### 1. การเตรียมตัวอย่างดิน

การเตรียมตัวอย่างดินแบ่งเป็น 2 ส่วน คือส่วนแรกเพื่อใช้ในการวิเคราะห์คุณสมบัติชั้นพื้นฐาน และสำหรับใช้วิเคราะห์สังกะสีที่เป็นประโยชน์ด้วยน้ำยาสกัดต่าง ๆ ซึ่งเตรียมดินโดยการนำตัวอย่างดินมาผึ่งให้แห้งในที่ร่มแยกตามชุดดิน เมื่อแห้งแล้วนำมาบดให้เล็กลง คลุกเคล้าให้เข้ากันแล้วสุ่มเก็บตัวอย่างแต่ละชุดดินเพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติชั้นพื้นฐาน และวิเคราะห์ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ด้วยน้ำยาสกัดต่าง ๆ ส่วนที่เหลือเก็บแยกชุดดินเพื่อใช้ในการปลูกพืชทดสอบต่อไป ตัวอย่างดินที่จะนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติชั้นพื้นฐาน และวิเคราะห์ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ด้วยน้ำยาสกัดต่าง ๆ ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 20 เมช (2 มิลลิเมตร)

### 2. การศึกษาและทดลองในห้องปฏิบัติการ

2.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติดินชั้นพื้นฐาน ของชุดดิน ชัยบาดาล ลำานารายณ์ ไชคชัย ทับทวน และ ตาคลี

2.1.1 ปฏิกริยาดิน (pH) วัดโดยใช้เครื่อง pH meter อัตราส่วนระหว่างดิน : น้ำ เท่ากับ 1: 1 (ทัศนีย์ และจรงค์, 2542)

2.1.2 ค่าการนำไฟฟ้า (electric conductivity, EC) วัดโดยใช้เครื่อง electric conductometer อัตราส่วนระหว่างดินกับน้ำ เท่ากับ 1: 5 (ทัศนีย์ และจรงค์, 2542)

2.1.3 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (organic matter) โดย Walkley and Black titration (ทัศนีย์ และจรงค์, 2542)

2.1.4 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus) สกัดโดยวิธี Bray II และวิเคราะห์ปริมาณโดย colorimetric (ทัศนีย์ และจรงค์, 2542)

2.1.5 วิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available potassium) สกัดโดยวิธี  $\text{NH}_4\text{OAc}$  pH 7.0 และวิเคราะห์ปริมาณด้วย atomic absorption spectrophotometer (ทัศนีย์ และจรงค์ษ์, 2542)

2.1.6 วิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมแลกเปลี่ยนได้ (exchangeable Ca and Mg) โดยวิธี  $\text{NH}_4\text{OAc}$  pH 7.0 และวิเคราะห์ปริมาณด้วย atomic absorption spectrophotometer (ทัศนีย์ และจรงค์ษ์, 2542)

2.1.7 วิเคราะห์ปริมาณเหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสีที่เป็นประโยชน์ โดยวิธี DTPA pH 7.3 และวิเคราะห์ปริมาณด้วย atomic absorption spectrophotometer (ทัศนีย์ และจรงค์ษ์, 2542)

2.1.8 วิเคราะห์เนื้อดินด้วยวิธี hydrometer method

2.2 การวิเคราะห์สังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินชุดชัยบาดาล, ลำนารายณ์, โชคชัย, ทับทิม และตาคี

2.2.1 การเตรียมน้ำยาสกัดที่ใช้ในการศึกษา

1.) น้ำยาสกัด DTPA pH 7.3 ประกอบด้วย 0.005 M DTPA + 0.01M  $\text{CaCl}_2$  และ 0.1M TEA (triethanolamine) เตรียมโดยละลาย DTPA (diethylenetriaminepenta- acetic acid) 1.967 กรัม ด้วยน้ำกลั่นประมาณ 20 มิลลิลิตร ผสมกับ TEA (triethanolamine) 14.92 กรัม และเติมแคลเซียมคลอไรด์ไดไฮเดรต (calcium chloride dihydrate;  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) 1.47 กรัม คนจนกระทั่งสารละลายผสมละลายหมด เติลงในขวดวัดปริมาตร ขนาด 1 ลิตร แล้วใส่น้ำกลั่นลงไปประมาณ 900 มิลลิลิตร นำไปปรับ pH เป็น  $7.3 \pm 0.05$  ด้วย 1.0 M HCl แล้วปรับให้มีปริมาตร 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น (เก็บสารละลายในที่มืด ได้นาน 3 เดือน) (Lindsay and Norvell, 1978; Reed and Martens, 1996)

2.) น้ำยาสกัด AB-DTPA pH 7.6 ประกอบด้วย 0.005 M DTPA และ 1 M  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  (Soltanpour and Schwab, 1977) เตรียมโดยละลาย 1.97 กรัม ของ DTPA ในน้ำกลั่น

ประมาณ 800 มิลลิลิตร ใน volumetric flask ขนาด 1,000 มิลลิลิตร ผสม 2 มิลลิลิตร ของ 1:1 concentrated  $\text{NH}_4\text{OH}$ : deionize water ลงไป คนจนกระทั่ง DTPA ละลาย ตามด้วย 79.06 กรัม  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  ปรับ pH เป็น 7.6 ด้วย HCl หรือ  $\text{NH}_4\text{OH}$  ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่น.

3)  $\text{EDTA}-(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  pH 8.6 ประกอบด้วย 0.01 M EDTA และ 1 M  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  เตรียมโดย ละลาย EDTA (ethylenediaminetetraacetic acid) 2.9225 กรัม ด้วยน้ำกลั่น ประมาณ 500 มิลลิลิตร ผสมกับ  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  (ammonium carbonate) 96 กรัม คนจนกระทั่ง สารละลายผสมละลายหมด เติลงในขวดวัดปริมาตร ขนาด 1 ลิตร เติมน้ำกลั่นลงไปประมาณ 600 มิลลิลิตร ปรับ pH เป็น  $8.6 \pm 0.05$  ด้วย HCl หรือ  $\text{NH}_4\text{OH}$  ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น (Trierweiler and Lindsay, 1969)

### 2.2.2 การสกัดสังกะสีในดินด้วยวิธีน้ำยาสกัดที่ศึกษา

นำตัวอย่างดินทั้ง 5 ชุดดิน คือ ชุดดินชัยบาดาล ลำานารายณ์ โชคชัย ทับทิม และตาคี มาสกัดด้วยน้ำยาสกัด DTPA pH 7.3 AB-DTPA pH 7.6 และ  $\text{EDTA}-(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  pH 8.6 ดังรายละเอียดแสดงในตารางที่ 2

### 2.2.3 การวิเคราะห์ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์

สารละลายดินที่สกัดได้ทั้ง 3 วิธี วัดปริมาณสังกะสีด้วย atomic absorption spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 213.9 นาโนเมตร

ตารางที่ 2 แสดงรายละเอียดน้ำยาสกัดสังกะสีที่เป็นประโยชน์ด้วยน้ำยาสกัดชนิดต่าง ๆ

น้ำยาสกัด	องค์ประกอบ	อัตราส่วน ดิน : น้ำยาสกัด	น้ำหนักดิน (กรัม)	น้ำยาสกัด (มล.)	เวลาใน การสกัด (นาที)
DTPA (Lindsay and Norvell, 1978)	0.005 M DTPA 0.01 M CaCl <sub>2</sub> 0.1 M TEA	1 : 2	10	20	120
AB-DTPA (Soltanpour and Schwab, 1977)	0.005 M DTPA 1 M NH <sub>4</sub> HCO <sub>3</sub>	1 : 2	10	20	15
EDTA-(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (Trierweiler and Lindsay, 1969)	0.01 M EDTA 1 M (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	1 : 2	10	20	30

### 3. การศึกษาทดลองในเรือนทดลอง

#### 3.1 ทำการปลูกพืชทดสอบในกระถาง

##### 3.1.1 การวางแผนทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ 5x2 factorial experiment in completely randomized design โดยกำหนดให้ชุดดินเป็นปัจจัยแรกประกอบด้วย ชุดดินชัยบาดาล ลำานารายณ์ โชคชัย ทับทรวง และตากลิ ปัจจัยที่สองเป็นการใส่ปุ๋ย ได้แก่ ใส่ปุ๋ยสังกะสี (+Zn) และไม่ใส่ปุ๋ยสังกะสี (-Zn) รวม 10 ดำรับการทดลอง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ จำนวนหน่วยทดลองทั้งหมด 30 หน่วยทดลอง

##### 3.1.2 การปลูกพืชทดสอบ

ใช้ดิน 7.5 กิโลกรัมต่อกระถาง ผสมกับปุ๋ยตามดำรับการทดลองโดยอัตราปุ๋ยที่ใช้ คือ ไนโตรเจน 250 มก. N/ กก. ในรูปยูเรีย ( $\text{NH}_2\text{CONH}_2$ ) ฟอสฟอรัส 200 มก.  $\text{P}_2\text{O}_5$  / กก. ในรูปโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) โพแทสเซียม 150 มก.  $\text{K}_2\text{O}$  / กก. ในรูปโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) และโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) และสังกะสี 7 มก. Zn/ กก. ในรูป ซิงค์ซัลเฟต ( $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) ส่วนธาตุอื่น ๆ ใส่เพิ่มเติมให้พอเพียงตามผลการวิเคราะห์คุณสมบัติดินชั้นพื้นฐาน ปลูกข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 4452 กระถางละ 5 เมล็ด เมื่อข้าวโพดออกจนปรากฏใบจริง 3 ใบ ถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อกระถาง รดน้ำด้วยน้ำกรอง (deionized water) ตลอดการทดลอง ทำการเก็บเกี่ยวข้าวโพดที่ระยะออกไหม หรือ tasseling stage (ข้าวโพดอายุ 53 วัน) ชั่งน้ำหนักสดตัวอย่างพืช นำไปอบให้แห้งชั่งน้ำหนักแล้วบดให้ละเอียดเพื่อนำไปวิเคราะห์สังกะสีต่อไป

#### 3.2 การวิเคราะห์ปริมาณสังกะสีทั้งหมด (total Zn) ในพืช

นำตัวอย่างพืชที่บดละเอียดมาย่อยสลาย ด้วย triacid mixture ( $\text{HNO}_3$ :  $\text{HClO}_4$ :  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; 5: 2: 1) โดยใช้ Triacid mixture 5 มิลลิลิตรต่อตัวอย่างพืช 0.4 กรัม หลังจากนั้นทำการปรับปริมาตร

สารละลายที่ข่อยได้ด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 50 มิลลิลิตร นำไปวัดหาปริมาณสังกะสี ด้วย atomic absorption spectrophotometer (ทัศนีย์ และจรงค์, 2542)

#### 4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

4.1 ข้อมูลเกี่ยวกับพืช ได้แก่ น้ำหนักแห้ง และปริมาณการดูดใช้สังกะสีทั้งหมด (total zinc uptake) นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) เพื่อหาค่า F-value และตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้การทดสอบแบบ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

4.2 ค่าวิเคราะห์ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในชุดดินต่าง ๆ ซึ่งสกัดด้วยน้ำยา DTPA AB-DTPA และ EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> นำมาหาสหสัมพันธ์กัน (correlation analysis) และประเมินค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, r)

4.3 นำข้อมูลปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินซึ่งสกัดด้วยน้ำยา DTPA AB-DTPA และ EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> มาหาสหสัมพันธ์ (correlation analysis) กับผลผลิตน้ำหนักแห้ง ปริมาณการดูดใช้ธาตุสังกะสีของข้าวโพดซึ่งเป็นพืชทดสอบรวมทั้งความเข้มข้นของสังกะสีในข้าวโพด (ตำรับ - Zn) และประเมินค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, r) จากนั้นนำข้อมูลที่พบว่ามีสหสัมพันธ์กันมาวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (linear regression analysis) และประเมินค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (coefficient of determination, r<sup>2</sup>) ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์และการถดถอยนำมาพิจารณาประสิทธิภาพของน้ำยาสกัดในการประเมินสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินที่นำมาศึกษา

## ผลและวิจารณ์

### 1. สมบัติบางประการของดินที่ศึกษา

สมบัติบางประการของชุดดินชัยบาดาล ลำานารายณ์ ไชคชัย ทับทวง และตาคลีนำมาศึกษาแสดงอยู่ในตารางที่ 3 พบว่า ดินส่วนใหญ่มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว ยกเว้นชุดดินตาคลีนีมีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว (clay loam) ปฏิกริยาดินส่วนใหญ่เป็นค่างยกเว้นดิน ไชคชัยซึ่งปฏิกริยาดินเป็นกรด สภาพการนำไฟฟ้า (EC) ของดินทุกชุดอยู่ในระดับต่ำ ความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) อยู่ในระดับค่อนข้างสูงถึงสูงมาก โดยมีพิสัยอยู่ในช่วง 20-61 cmol(+)kg<sup>-1</sup> soil ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีพิสัยอยู่ในช่วง 16-30 g kg<sup>-1</sup> ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับปานกลางถึงสูงมาก ปริมาณ โปแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก (Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973) ดินส่วนใหญ่มีปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับสูง ยกเว้นชุดดิน ไชคชัย ที่มีปริมาณแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับต่ำ และมีปริมาณแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับปานกลาง ขงยุทธ (2547) ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับต่ำถึงเพียงพอ โดยมีพิสัยอยู่ในช่วง 0.34-2.27 mg Zn kg<sup>-1</sup> ปริมาณ เหล็ก แมงกานีส ทองแดง ที่เป็นประโยชน์ในดินมีพิสัยอยู่ในช่วง 4-155 mg Fe kg<sup>-1</sup>, 3- 52 mg Mn kg<sup>-1</sup> และ 0.2-1 mg Cu kg<sup>-1</sup> ตามลำดับ (Martens and Lindsay, 1990; Ryan *et al.*, 2001)

ผลการวิเคราะห์ดินชี้ให้เห็นว่า ชุดดินที่นำมาศึกษาส่วนใหญ่มีปฏิกริยาเป็นค่างมีความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูง มีปริมาณ โปแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ที่เป็นประโยชน์สูง มีสังกะสีที่เป็นประโยชน์แตกต่างกัน โดยอยู่ในระดับต่ำถึงเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช

ตารางที่ 3 แสดงค่าวิเคราะห์สมบัติของดินที่ทำการศึกษา

สมบัติของดิน	ชุดดิน				
	ชัยบาดาล	ถ้ำนารายณ์	โชคชัย	ทับทิม	ตาคี
Texture <sup>1</sup>	clay	clay	clay	clay	clay loam
pH <sup>2</sup>	7.7	7.8	5.1	7.8	7.6
EC <sup>3</sup> (dS m <sup>-1</sup> )	0.13	0.14	0.02	0.16	0.17
CEC <sup>4</sup> (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )	61	43	20	39	40
OM <sup>5</sup> (g kg <sup>-1</sup> )	16	20	21	21	30
Available P <sup>6</sup> (mg kg <sup>-1</sup> )	41	46	14	99	36
Available K <sup>7</sup> (mg kg <sup>-1</sup> )	320	115	236	1200	468
Available Ca <sup>7</sup> (mg kg <sup>-1</sup> )	9209	8704	632	8,366	11289
Available Mg <sup>7</sup> (mg kg <sup>-1</sup> )	1632	453	188	315	383
Available Fe <sup>8</sup> (mg kg <sup>-1</sup> )	6	5	155	7	4
Available Mn <sup>8</sup> (mg kg <sup>-1</sup> )	4	3	52	3	3
Available Cu <sup>8</sup> (mg kg <sup>-1</sup> )	0.3	0.2	1.0	0.9	0.9
Available Zn <sup>8</sup> (mg kg <sup>-1</sup> )	0.80	0.34	2.27	1.15	1.25

<sup>1</sup> Hydrometer method

<sup>2</sup> pH meter (soil:water, 1:1)

<sup>3</sup> Electric conductometer (soil:water, 1:5)

<sup>4</sup> Ammonium acetate saturation method (Summer and Miller, 1996)

<sup>5</sup> Walkley and Black method (Walkley and Black, 1934)

<sup>6</sup> Bray II method (Bray and Kurtz, 1945)

<sup>7</sup> Ammonium acetate method (Brown and Warnke, 1988)

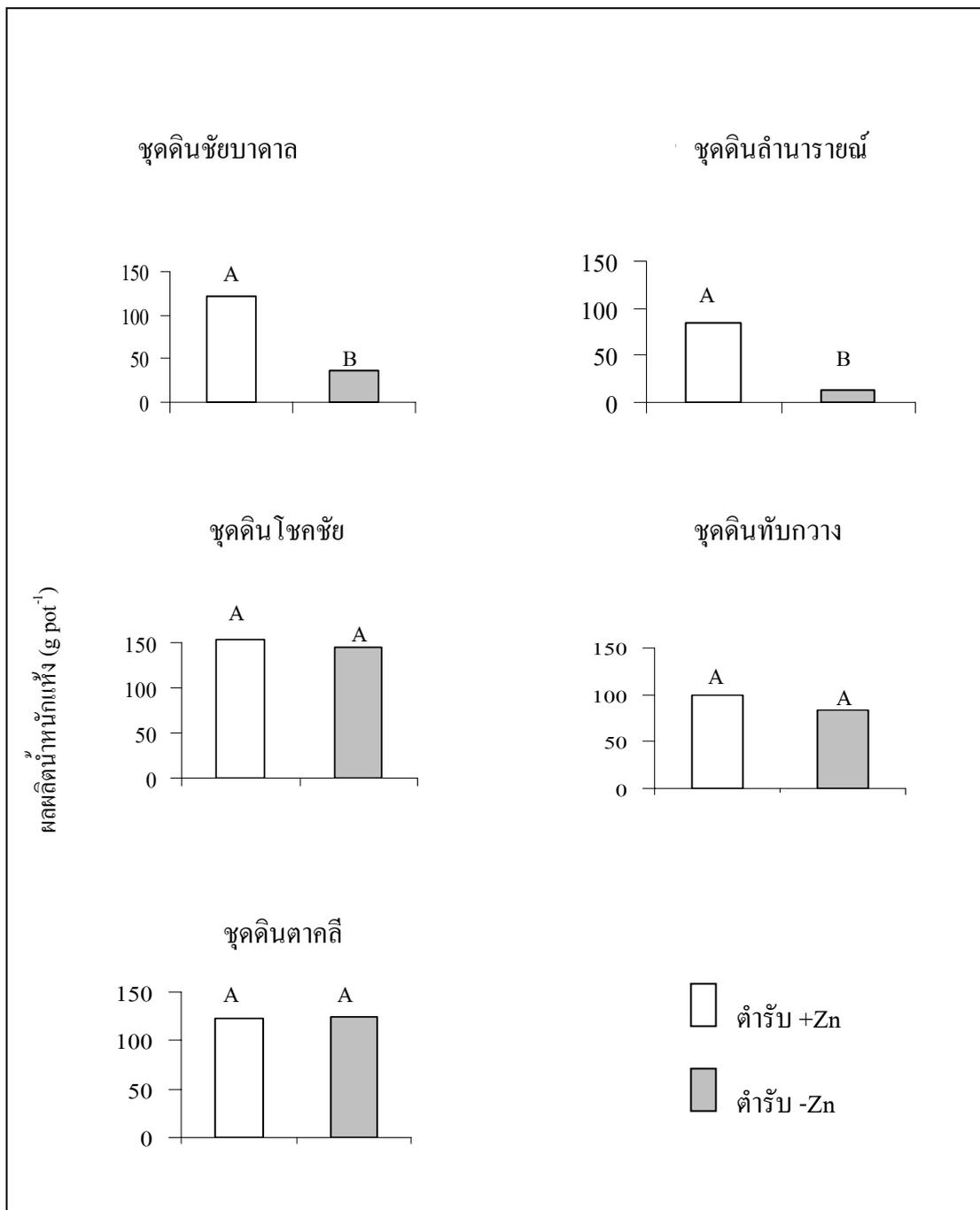
<sup>8</sup> DTPA method (Lindsay and Norvell, 1978)

## 2. การตอบสนองของข้าวโพดที่ปลูกในดินที่นำมาศึกษาต่อการใส่ปุ๋ยสังกะสี

ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล ลำานารายณ์ โขกชัย ทับทวน และตากลิ (แสดงอยู่ในภาพที่ 1) พบว่า ในชุดดินชัยบาดาลและลำานารายณ์ ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งของข้าวโพดที่ปลูกในตำรับซึ่งได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสี (+Zn) สูงกว่าตำรับที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสี (-Zn) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแสดงว่าชุดดินชัยบาดาลและลำานารายณ์ มีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินในระดับที่ไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดเมื่อมีการใส่ปุ๋ยสังกะสี ข้าวโพดที่ปลูกในทั้งสองชุดดินจึงตอบสนองโดยผลผลิตน้ำหนักรากแห้งเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด

สำหรับข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินโขกชัย ทับทวน และตากลิ ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งของข้าวโพดที่ปลูกในตำรับซึ่งได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสี (+Zn) และตำรับ -Zn ซึ่งไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยสังกะสีไม่แตกต่างกัน แสดงว่าชุดดิน โขกชัย ทับทวน และตากลิ มีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในระดับที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด ข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินทั้งสามชุดดินจึงไม่ตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยสังกะสี

ผลการทดลองดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าชุดดินที่นำมาศึกษามีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์แตกต่างกันทั้งในระดับต่ำไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืชและในระดับที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช



ภาพที่ 1 ผลผลิตน้ำหนักแห้งข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินที่ศึกษา ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

### 3. การประเมินสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินโดยวิธีสกัดด้วยน้ำยาสกัด DTPA AB-DTPA และ EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

#### 3.1 ปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยน้ำยาสกัด DTPA AB-DTPA และ EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

ปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดินทั้ง 5 ชุดคือ ชุดดินชัยบาดาล ถ่านารายณ์ โชคชัย ทับทวน และตากลิ โดยน้ำยาสกัด DTPA AB-DTPA และ EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> แสดงอยู่ในตารางที่ 4 พบว่า ปริมาณสังกะสีที่สกัดได้แตกต่างกันในแต่ละน้ำยาสกัดโดยพิสัยของปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยวิธีที่สกัดด้วยน้ำยา DTPA อยู่ในช่วง 0.34-2.27 mgZn kg<sup>-1</sup> ขณะที่สกัดด้วย AB-DTPA อยู่ในช่วง 0.83-3.73 mgZn kg<sup>-1</sup> และวิธีที่สกัดด้วยน้ำยา EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> อยู่ในช่วง 0.69-4.35 mgZn kg<sup>-1</sup> โดยค่าเฉลี่ยของปริมาณสังกะสี ที่สกัดโดยน้ำยาสกัด DTPA AB-DTPA และ EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> เท่ากับ 1.16 2.34 และ 2.29 mgZn kg<sup>-1</sup> ตามลำดับ จากค่าเฉลี่ยปริมาณสังกะสีที่สกัดได้ พบว่า ปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยน้ำยาสกัด AB-DTPA และ EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ใกล้เคียงกันและมากกว่าที่สกัดโดยน้ำยาสกัด DTPA ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของ Maftoun *et al.*(2003) ซึ่งศึกษาในดินเนื้อปูน 20 ตัวอย่าง พบว่า ปริมาณสังกะสีที่สกัดโดย AB-DTPA และ EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> > DTPA และการศึกษาของ Adiloglu and Kursun (2003) ที่ทำการศึกษาวิธีสกัดสังกะสีในดินของประเทศตุรกีจำนวน 45 ตัวอย่าง พบว่า ปริมาณสังกะสีที่สกัดด้วยน้ำยาสกัด AB-DTPA และ EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> > DTPA

ตารางที่ 4 ปริมาณสังกะสีในดินที่สกัดด้วยน้ำยาสกัด DTPA AB-DTPA และ EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>  
(เฉลี่ย 3 ซ้ำ)

ชุดดิน	ปริมาณสังกะสีที่สกัดได้ (mgZn kg <sup>-1</sup> )		
	DTPA	AB-DTPA	EDTA-(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
ชัยบาดาล	0.80	1.44	1.11
ลำานรายณ์	0.34	0.83	0.69
โชนชัย	2.27	3.73	4.35
ทับทวง	1.15	2.62	2.14
ตาคลี	1.25	3.06	3.14
พิสัย	0.34-2.27	0.83-3.73	0.69-4.35
ค่าเฉลี่ย	1.16	2.34	2.29

### 3.2 สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดยวิธีสกัดด้วยน้ำยา DTPA AB-DTPA และ EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

ผลการศึกษา พบว่า ปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยวิธีสกัดด้วยน้ำยา EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> และ AB-DTPA มีสหสัมพันธ์กับวิธีที่สกัดด้วยน้ำยา DTPA อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.960\*\* และ 0.935\*\* ตามลำดับ (ตารางที่ 5) ปริมาณสังกะสีที่สกัดด้วยน้ำยา AB-DTPA มีสหสัมพันธ์กับปริมาณสังกะสีที่สกัดด้วยน้ำยา EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.975\*\* ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของ Maftoun *et al.* (2003) ซึ่งศึกษาปริมาณสังกะสีที่สกัดโดย DTPA EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> และ AB-DTPA ในดินเนื้อปูน 20 ตัวอย่าง พบว่าปริมาณสังกะสีที่สกัดด้วยน้ำยาสกัด DTPA มีสหสัมพันธ์กับปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยน้ำยา AB-DTPA และ EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (r= 0.61\*\* และ 0.72\*\* ตามลำดับ) และปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยวิธีสกัดด้วยน้ำยา AB-DTPA มีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับที่สกัดโดยวิธีที่ใช้น้ำยาสกัด EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (r=0.69\*\*) และ Elrashidi *et al.* (2003) ซึ่งศึกษาวิธีสกัดจุลธาตุอาหารในดินของสหรัฐอเมริกา พบว่า ในดินที่มีปฏิกิริยาเป็นด่าง (alkaline soils) ปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยวิธีสกัดด้วยน้ำยา AB-DTPA มีสหสัมพันธ์กับวิธีที่สกัดด้วยน้ำยา DTPA อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.979\*\*

ตารางที่ 5 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, r) ระหว่างปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดยวิธีที่สกัดด้วยน้ำยาสกัดต่าง ๆ

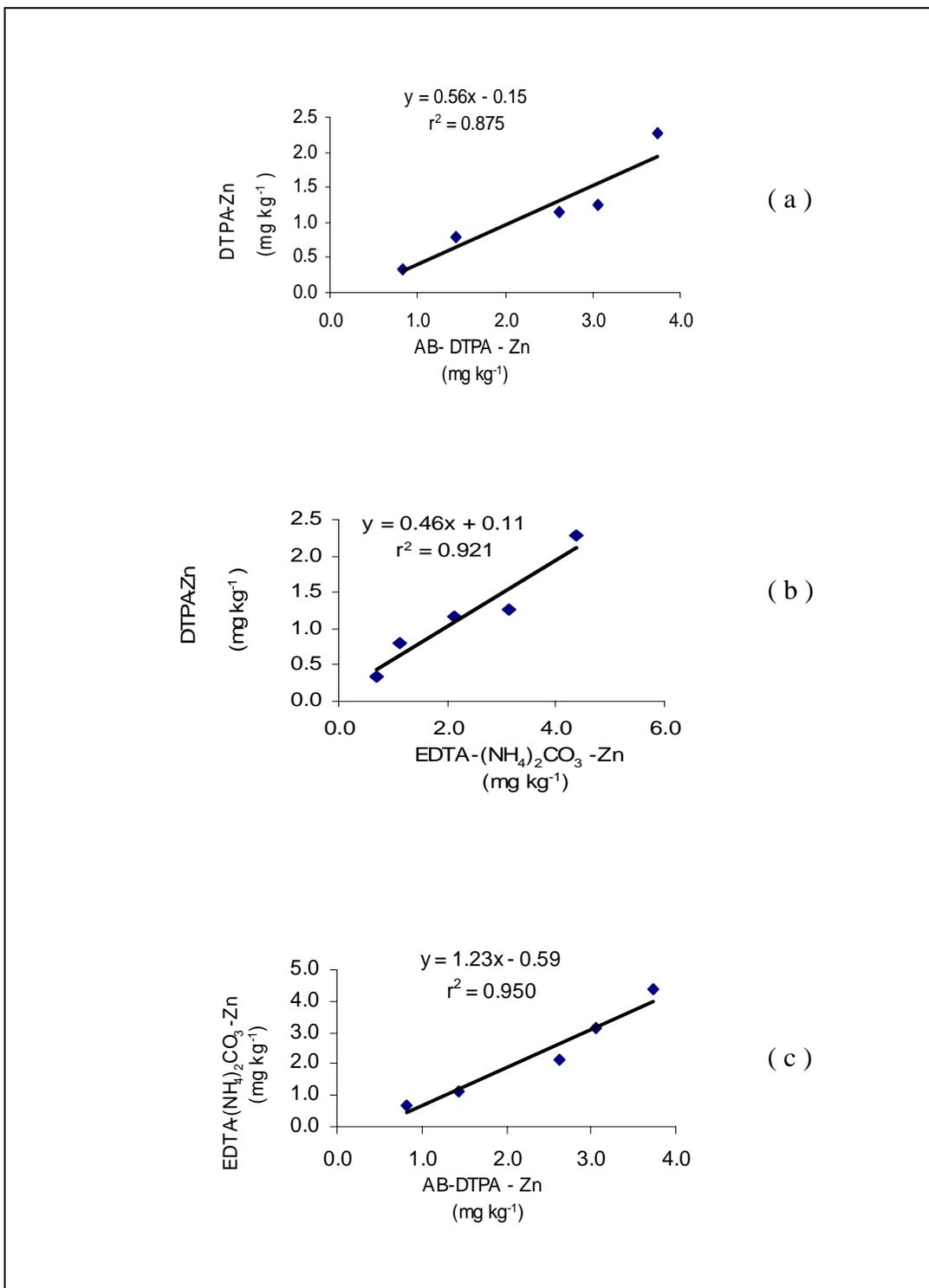
น้ำยาสกัด	น้ำยาสกัด	
	EDTA-(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	AB-DTPA
DTPA	0.960**	0.935**
AB-DTPA	0.975**	-

หมายเหตุ \*\* มีสหสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

เมื่อวิเคราะห์การถดถอยระหว่างปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดินโดยวิธี AB-DTPA กับ DTPA วิธี EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> กับ DTPA และวิธี AB-DTPA กับ EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> สมการถดถอยเชิงเส้นตรง (linear regression equation) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสังกะสีที่สกัดได้โดยน้ำยาสกัดต่าง ๆ ดังกล่าว รวมทั้งสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (r<sup>2</sup>) แสดงอยู่ในตารางที่ 6 และภาพที่ 2 จากค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดแสดงให้เห็นว่าปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยวิธีที่ใช้น้ำยาสกัด AB-DTPA และ EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> สามารถใช้คาดคะเนปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยวิธีที่ใช้น้ำยาสกัด DTPA ได้ร้อยละ 88 และ 92 ตามลำดับ และปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยวิธีที่ใช้น้ำยาสกัด AB-DTPA สามารถใช้คาดคะเนปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยวิธีที่ใช้น้ำยาสกัด EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ได้ร้อยละ 95

**ตารางที่ 6** สมการถดถอยเชิงเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดินโดยวิธี DTPA AB-DTPA และ EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> และค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (r<sup>2</sup>)

น้ำยาสกัด	สมการถดถอยเชิงเส้นตรง	r <sup>2</sup>
AB-DTPA กับ DTPA	y = 0.56x - 0.15 (p ≤ 0.01)	0.875
EDTA-(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> กับ DTPA	y = 0.46x + 0.11 (p ≤ 0.01)	0.921
AB-DTPA กับ EDTA-(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	y = 1.23x - 0.59 (p ≤ 0.01)	0.950



ภาพที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสกัดที่สกัดได้โดยวิธี (a) AB-DTPA กับ DTPA (b) EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> กับ DTPA และ (c) AB-DTPA กับ EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

### 3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสังกะสี ที่สกัดจากดินโดยวิธี DTPA กับ AB-DTPA และ EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> กับพารามิเตอร์การเจริญเติบโตของข้าวโพด

พารามิเตอร์การเจริญเติบโตของข้าวโพดที่นำมาหาความสัมพันธ์กับค่าวิเคราะห์ปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดินโดยน้ำยาสกัด DTPA กับ AB-DTPA และ EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ได้แก่ผลผลิตน้ำหนักแห้ง (dry matter yield) ปริมาณสังกะสีทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้ (total Zn uptake) และความเข้มข้นของสังกะสีในข้าวโพด (Zn concentration in corn) ที่ประเมินจากตำรับ -Zn (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 พารามิเตอร์การเจริญเติบโตของข้าวโพด (เฉลี่ย 3 ซ้ำ) ที่ใช้หาความสัมพันธ์กับค่าวิเคราะห์ปริมาณสังกะสีในดินที่สกัดด้วยน้ำยาสกัด DTPA AB-DTPA และ EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

ชุดดิน	พารามิเตอร์การเจริญเติบโตของข้าวโพด		
	ผลผลิต น้ำหนักแห้ง (g pot <sup>-1</sup> )	ปริมาณสังกะสีทั้งหมด ที่ข้าวโพดดูดใช้ (mg Zn pot <sup>-1</sup> )	ความเข้มข้นของ สังกะสีในข้าวโพด (mg Zn kg <sup>-1</sup> )
ชัยบาดาล	35.82	0.45	12.45
ถ่านารายณ์	13.04	0.16	13.70
โชคชัย	144.05	3.94	27.55
ทับทิม	83.28	1.04	12.51
ตาดลี	124.93	1.53	12.39

ผลผลิตน้ำหนักแห้งและปริมาณสังกะสีทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้ (ตำรับ -Zn) ของข้าวโพดที่ปลูกในดินที่นำมาศึกษาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 1 และ 3)

### 3.3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยวิธีสกัดด้วยน้ำยาต่างๆ กับผลผลิตน้ำหนักรากแห้ง

เมื่อนำปริมาณสังกะสีที่สกัดโดย DTPA AB-DTPA และ EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> มาหาสหสัมพันธ์กับผลผลิตน้ำหนักรากแห้งของข้าวโพดที่ปลูกในตำรับ -Zn พบว่าปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยวิธีที่สกัดด้วยน้ำยา AB-DTPA และ EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> มีสหสัมพันธ์กับผลผลิตน้ำหนักรากแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.990\*\* และ 0.981\*\* ตามลำดับ (ตารางที่ 8) ส่วนปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยวิธีที่สกัดด้วยน้ำยา DTPA มีสหสัมพันธ์กับผลผลิตน้ำหนักรากแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.911\* ผลการทดลองดังกล่าวค่อนข้างสอดคล้องกับการศึกษาของ Adiloglu and Kursun (2003) ซึ่งทำการศึกษาวีธีสกัดสังกะสีในดินของประเทศตุรกี โดยใช้ข้าวโพดเป็นพืชทดสอบซึ่งพบว่าปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยวิธี DTPA AB-DTPA และ EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> มีสหสัมพันธ์กับผลผลิตน้ำหนักรากแห้งของข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

**ตารางที่ 8** สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, r) ระหว่างปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดินโดยวิธีต่าง ๆ กับพารามิเตอร์การเจริญเติบโตของข้าวโพด

น้ำยาสกัด	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างปริมาณสังกะสีที่สกัดได้กับ		
	ผลผลิตน้ำหนักรากแห้ง (g pot <sup>-1</sup> )	ปริมาณสังกะสีทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้ (mg Zn pot <sup>-1</sup> )	ความเข้มข้นของธาตุสังกะสีในข้าวโพด (mg Zn kg <sup>-1</sup> )
DTPA	0.911*	0.976**	0.827*
AB-DTPA	0.990**	0.878*	0.609 <sup>ns</sup>
EDTA-(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.981**	0.947**	0.735 <sup>ns</sup>

หมายเหตุ \*\* มีสหสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

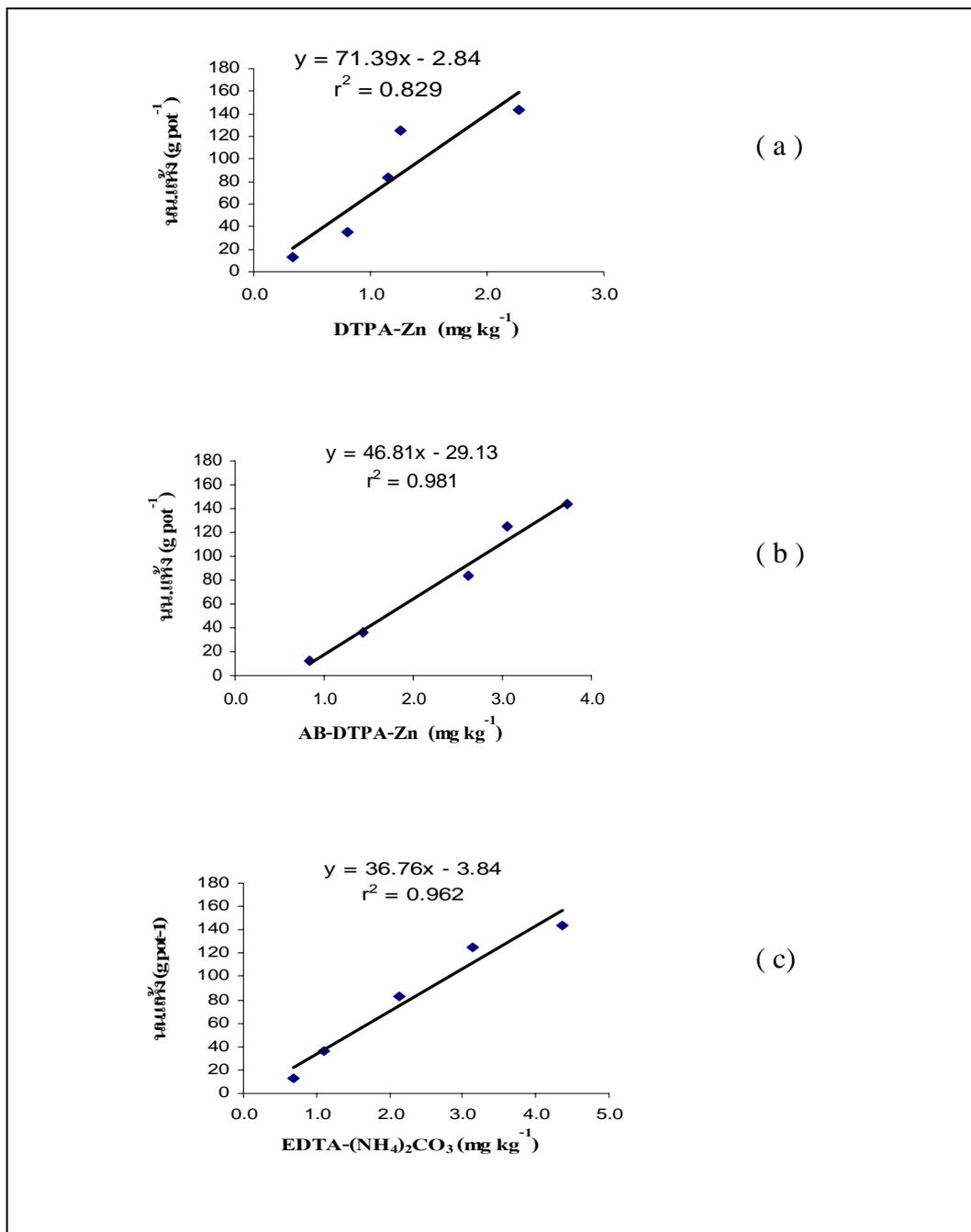
\* มีสหสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

เมื่อวิเคราะห์การถดถอยระหว่างปริมาณสังกะสีที่สกัดได้โดยน้ำยาสกัด DTPA AB-DTPA และ  $\text{EDTA}-(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  กับผลผลิตน้ำหนักแห้งของข้าวโพด สมการถดถอยเชิงเส้นตรง (linear regression equation) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสังกะสีที่สกัดได้โดยน้ำยาสกัดดังกล่าวกับผลผลิตน้ำหนักแห้งของข้าวโพด รวมทั้งสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (coefficient of determination;  $r^2$ ) แสดงอยู่ในตารางที่ 9 และภาพที่ 3 จากค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดแสดงให้เห็นว่าผลผลิตน้ำหนักแห้งของข้าวโพดผันแปรไปตามความแปรปรวนของปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยน้ำยาสกัด DTPA AB-DTPA และ  $\text{EDTA}-(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  ร้อยละ 83.98 และ 96 ตามลำดับ หรืออาจกล่าวได้ว่าปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยวิธีที่ใช้น้ำยาสกัด DTPA AB-DTPA และ  $\text{EDTA}-(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  สามารถใช้คาดคะเนผลผลิตน้ำหนักแห้งของข้าวโพดได้ร้อยละ 83.98 และ 96 ตามลำดับ (ตารางที่ 9)

**ตารางที่ 9** สมการถดถอยเชิงเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์การเจริญเติบโตของข้าวโพด (Y) และปริมาณสังกะสีที่สกัดได้โดยน้ำยาสกัด DTPA AB-DTPA และ  $\text{EDTA}-(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  (X) และค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด ( $r^2$ )

น้ำยาสกัด	สมการถดถอยเชิงเส้นตรง	$r^2$
	ผลผลิตน้ำหนักแห้ง	
DTPA	$y = 71.39x - 2.84$ (p ≤ 0.05)	0.829
AB-DTPA	$y = 46.81x - 29.13$ (p ≤ 0.01)	0.981
$\text{EDTA}-(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	$y = 36.76x - 3.84$ (p ≤ 0.01)	0.962
	ปริมาณสังกะสีทั้งหมดที่พืชดูดใช้	
DTPA	$y = 2.05x - 0.96$ (p ≤ 0.01)	0.952
AB-DTPA	$y = 1.11x - 1.18$ (p ≤ 0.05)	0.772
$\text{EDTA}-(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	$y = 0.95x - 0.75$ (p ≤ 0.01)	0.897
	ความเข้มข้นสังกะสีในข้าวโพด	
DTPA	$y = 7.68x + 6.78$ (p ≤ 0.05)	0.684

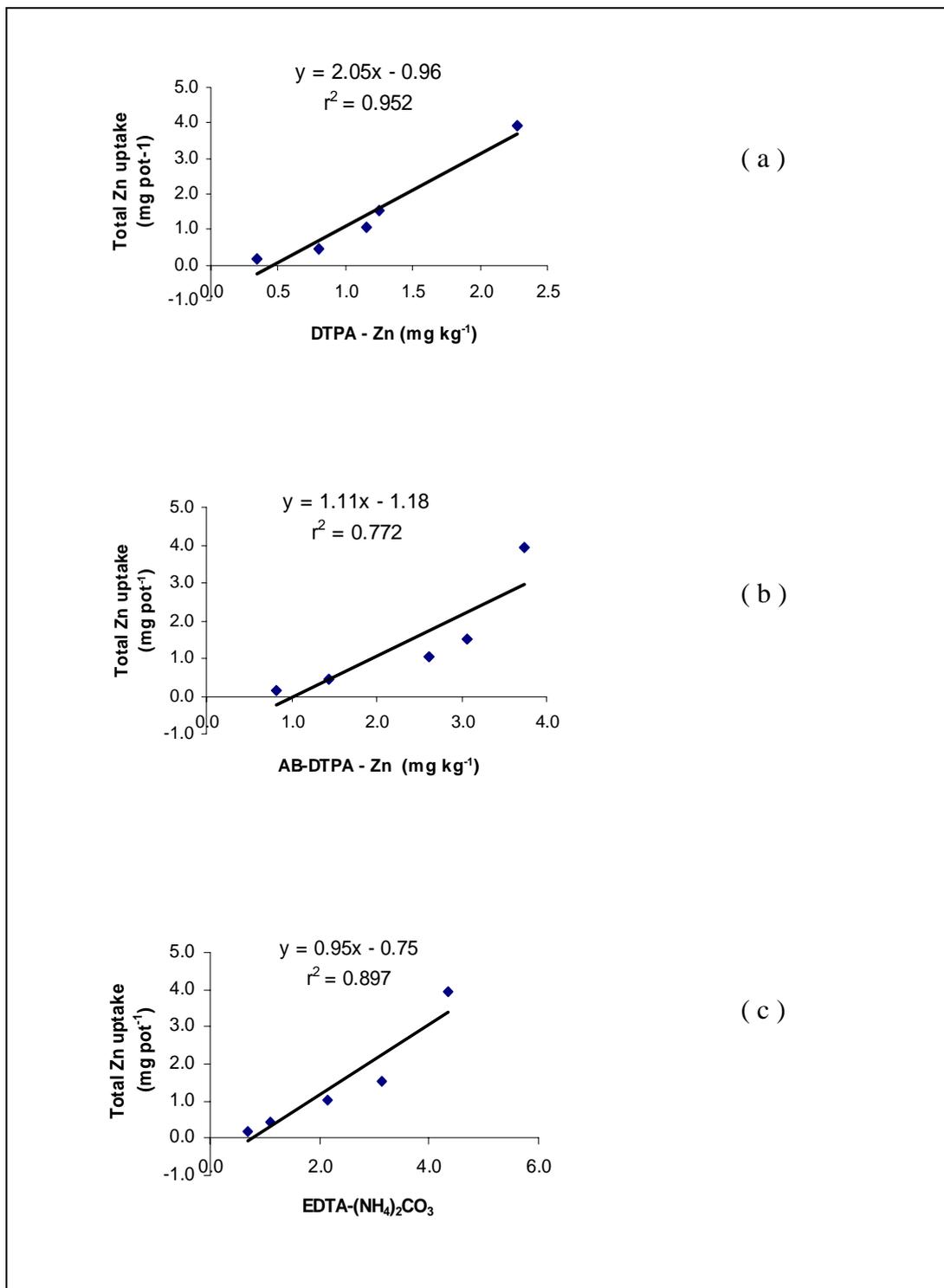


ภาพที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตน้ำหนักรวมแห้งของข้าวโพดกับปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยวิธี (a) DTPA (b) AB-DTPA และ (c) EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

### 3.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยวิธีสกัดด้วยน้ำยา ต่าง ๆ กับ ปริมาณสังกะสีที่ข้าวโพดดูดใช้จากดินที่นำมาศึกษา

พบว่าปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยวิธีที่สกัดด้วยน้ำยา DTPA และ  $\text{EDTA}-(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  มีสหสัมพันธ์กับปริมาณ Zn ที่ข้าวโพดดูดใช้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.976\*\* และ 0.947\*\* ตามลำดับ (ตารางที่ 8) ส่วนปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยวิธีที่สกัดด้วยน้ำยา AB-DTPA พบว่ามีสหสัมพันธ์กับปริมาณสังกะสีที่ข้าวโพดดูดใช้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.878\* ผลการทดลองดังกล่าวค่อนข้างสอดคล้องกับการศึกษาของ Adiloglu and Kursun (2003) ซึ่งทำการศึกษาวิธีสกัดสังกะสีในดินของประเทศตุรกีจำนวน 45 ตัวอย่าง โดยใช้ข้าวโพดเป็นพืชทดสอบซึ่งพบว่าปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยวิธี DTPA AB-DTPA และ  $\text{EDTA}-(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  มีสหสัมพันธ์กับปริมาณสังกะสีที่ข้าวโพดดูดใช้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อวิเคราะห์การถดถอยระหว่างปริมาณสังกะสีที่สกัดได้โดยน้ำยาสกัด DTPA AB-DTPA และ  $\text{EDTA}-(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  กับปริมาณสังกะสีที่พืชดูดใช้ สมการถดถอยเชิงเส้นตรง (linear regression equation) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสังกะสี ที่สกัดได้โดยน้ำยาสกัดดังกล่าวกับปริมาณสังกะสีที่พืชดูดใช้รวมทั้งสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด ( $r^2$ ) แสดงอยู่ในตารางที่ 9 และภาพที่ 4 จากค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดแสดงให้เห็นว่าปริมาณสังกะสีที่ข้าวโพดดูดใช้ผันแปรไปตามความแปรปรวนของปริมาณสังกะสีที่สกัดโดย DTPA AB-DTPA และ  $\text{EDTA}-(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  ร้อยละ 95 77 และ 90 ตามลำดับ หรืออาจกล่าวได้ว่าปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยวิธีที่ใช้น้ำยาสกัด DTPA AB-DTPA และ  $\text{EDTA}-(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  สามารถใช้คาดคะเนปริมาณสังกะสีที่ข้าวโพดดูดใช้ได้ ร้อยละ 95 77 และ 90 ตามลำดับ ( ตารางที่ 9)



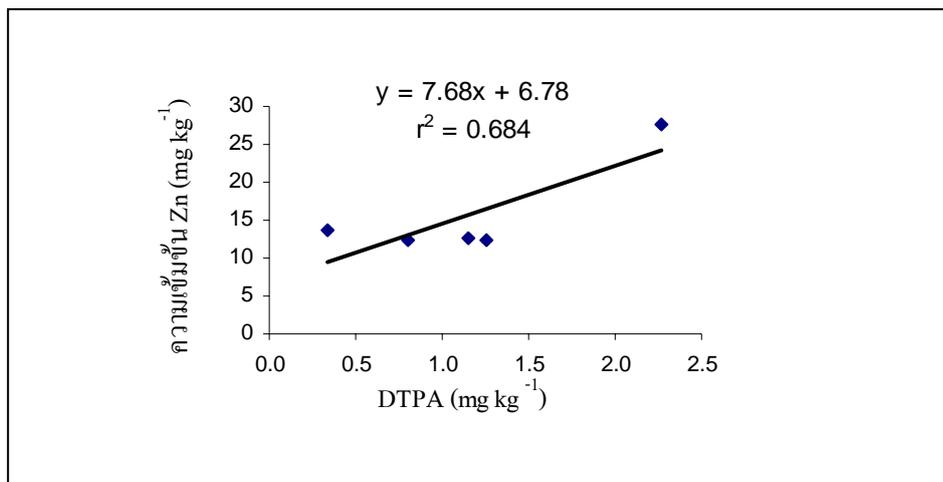
ภาพที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสังกะสีทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้กับปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยวิธี (a) DTPA (b) AB-DTPA และ (c) EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

### 3.3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยวิธีสกัดด้วยน้ำยาต่าง ๆ กับความเข้มข้นของสังกะสีในข้าวโพด

ปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยวิธีสกัดด้วยน้ำยาต่าง ๆ เมื่อนำมาหาความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของสังกะสีในข้าวโพด (ค่ารับ  $-Zn$ ) พบว่าปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยวิธีที่สกัดด้วยน้ำยา DTPA มีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับความเข้มข้นของสังกะสีในข้าวโพดโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ) เท่ากับ  $0.827^*$  (ตารางที่ 8) ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของ Haddad (1985) ซึ่งทำการศึกษาในดินจำนวน 23 ตัวอย่างใน New South Wales ประเทศออสเตรเลีย พบว่าปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยวิธี DTPA มีสหสัมพันธ์กับความเข้มข้นสังกะสีในข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  $r = 0.63^*$  Haq และ Miller (1972) ทำการศึกษาการประเมินปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดิน 25 ตัวอย่างของประเทศแคนาดา พบว่า ปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยวิธี DTPA มีสหสัมพันธ์กับความเข้มข้นสังกะสีในข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $r = 0.603^{**}$ ) และจากการศึกษาของ Adiloglu and Kursun (2003) ซึ่งทำการศึกษาวิธีสกัดสังกะสีในดินของประเทศตุรกีจำนวน 45 ตัวอย่าง โดยใช้ข้าวโพดเป็นพืชทดสอบ พบว่า ปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยวิธี DTPA มีสหสัมพันธ์กับความเข้มข้นสังกะสีในข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $r = 0.5877^{**}$ ) เช่นกัน

สำหรับปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยวิธีที่สกัดด้วยน้ำยา AB-DTPA และ EDTA- $(NH_4)_2CO_3$  พบว่า ไม่มีสหสัมพันธ์กับความเข้มข้นสังกะสีโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์หรือ  $r = 0.609^{ns}$  และ  $0.735^{ns}$  ตามลำดับ

เมื่อวิเคราะห์การถดถอยระหว่างปริมาณสังกะสีที่สกัดได้โดยน้ำยาสกัด DTPA กับความเข้มข้นของสังกะสีในข้าวโพด สมการถดถอยเชิงเส้นตรง (linear regression equation) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสังกะสีที่สกัดได้โดยน้ำยาสกัดดังกล่าวกับความเข้มข้นของสังกะสีในข้าวโพดรวมทั้งสัมประสิทธิ์การกำหนด ( $r^2$ ) แสดงอยู่ในตารางที่ 9 และภาพที่ 5 จากค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดแสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของสังกะสีในข้าวโพดผันแปรไปตามความแปรปรวนของปริมาณสังกะสีที่สกัดโดย DTPA ร้อยละ 68 หรืออาจกล่าวได้ว่าปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยวิธีที่ใช้น้ำยาสกัด DTPA สามารถใช้คาดคะเนความเข้มข้นสังกะสีในข้าวโพดได้ร้อยละ 68 (ตารางที่ 9)



ภาพที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสังกะสีในข้าวโพดกับปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยวิธี DTPA

#### 4. ประสิทธิภาพของน้ำยาสกัด DTPA AB-DTPA และ EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ในการประเมิน สังกะสีที่เป็นประโยชน์

ประสิทธิภาพของน้ำยาสกัด DTPA AB-DTPA และ EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ในการประเมิน สังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินที่นำมาศึกษาน่าจะพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสังกะสี ที่สกัดได้จากดินโดยน้ำยาสกัด DTPA AB-DTPA และ EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> กับปริมาณสังกะสี ทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้จึงจะเหมาะสมที่สุด ทั้งนี้เพราะปริมาณสังกะสีทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้ เป็นผลโดยตรงจากปริมาณสังกะสีในดิน (Vachrotayan *et al.*, 1964; Corey, 1987; Peck and Soltanpour, 1990) ส่วนผลผลิตน้ำหนักรากของข้าวโพด และความเข้มข้นสังกะสีในข้าวโพดนั้น มิได้เป็นอิทธิพลของสังกะสีในดินเพียงอย่างเดียว (Anold and Schmidt, 1951) น่าจะมีอิทธิพลร่วม ของปัจจัยอื่นๆ

จากผลการทดลอง พบว่า ปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดินด้วยน้ำยาสกัด DTPA และ EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> มีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับปริมาณสังกะสีทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ) 0.976\*\* และ  $r=0.947**$  ตามลำดับ (ตารางที่ 8) ส่วนปริมาณ สังกะสีที่สกัดจากดินด้วยน้ำยาสกัด AB-DTPA พบว่ามีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ ปริมาณสังกะสีทั้งหมดที่ข้าวโพดดูดใช้ ( $r=0.878*$ ) สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด ( $r^2$ ) ของสมการถดถอยเส้นตรงที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสังกะสีทั้งหมดที่ข้าวโพด ดูดใช้กับปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยน้ำยาสกัด DTPA EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> และ AB-DTPA เท่ากับ 0.952 0.897 และ 0.772 ตามลำดับ (ตารางที่ 9) ผลการทดลองดังกล่าวแสดงว่าวิธีที่สกัดด้วยน้ำยา DTPA AB-DTPA และ EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> สามารถใช้ประเมินปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ใน ดินได้ โดยประสิทธิภาพในการประเมินปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินของวิธีที่สกัดด้วย น้ำยาสกัด DTPA และ EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ก่อนข้างใกล้เคียงกัน และสูงกว่า AB-DTPA

## สรุปและข้อเสนอแนะ

1. ดินที่นำมาศึกษาส่วนใหญ่มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว ยกเว้นชุดดินตาคลีมีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว (clay loam) ปฏิกริยาดินส่วนใหญ่เป็นด่างยกเว้นดินโซลชัชซึ่งปฏิกริยาดินเป็นกรด สภาพการนำไฟฟ้า (EC) ของดินอยู่ในระดับต่ำ ความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนมีพิสัยอยู่ในช่วง  $20 - 61 \text{ cmol}(+)\text{kg}^{-1}$  ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับปานกลางถึงสูงมาก ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก ปริมาณแคลเซียม และแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูง ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับต่ำถึงเพียงพอ โดยมีพิสัยอยู่ในช่วง  $0.34-2.27 \text{ mg Zn kg}^{-1}$  ปริมาณเหล็ก แมงกานีส และทองแดง มีพิสัยอยู่ในช่วง  $4-155 \text{ mg Fe kg}^{-1}$   $3-52 \text{ mg Mn kg}^{-1}$  และ  $0.2-1.0 \text{ mg Cu kg}^{-1}$  ตามลำดับ

2. ผลการศึกษาจากการปลูกข้าว โปดในเรือนทดลองพบว่าชุดดินชัยบาดาล และลำานรายณ์ ขาดสังกะสี ขณะที่ชุดดินโซลชัช ทับทรวง และ ตาคลี มีสังกะสีในระดับเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของข้าว โปด

3. ปริมาณสังกะสีที่สกัดได้จากดินทั้ง 5 ชุดคือชุดดินชัยบาดาล ลำานรายณ์ โซลชัช ทับทรวง และตาคลี ด้วยน้ำยาสกัด DTPA AB-DTPA และ  $\text{EDTA}-(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  แตกต่างกันในแต่ละน้ำยาสกัดโดยปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยวิธีที่สกัดด้วยน้ำยา DTPA มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $1.16 \text{ mg kg}^{-1}$  ขณะที่สกัดด้วย AB-DTPA และ  $\text{EDTA}-(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $2.34 \text{ mg kg}^{-1}$  และ  $2.29 \text{ mg kg}^{-1}$  ตามลำดับ ปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยน้ำยาสกัด  $\text{EDTA}-(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  และที่สกัดโดยน้ำยาสกัด AB-DTPA ค่อนข้างใกล้เคียงกันและมากกว่าปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยน้ำยาสกัด DTPA

4. ปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยวิธีสกัดด้วยน้ำยา  $\text{EDTA}-(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  และ AB-DTPA มีสหสัมพันธ์กับวิธีที่สกัดด้วยน้ำยา DTPA อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ  $0.960^{**}$  และ  $0.935^{**}$  ตามลำดับ และมีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด ( $r^2$ ) เท่ากับ  $0.921$  และ  $0.875$  ตามลำดับ ปริมาณสังกะสีที่สกัดด้วยน้ำยา AB-DTPA มีสหสัมพันธ์กับปริมาณสังกะสีที่สกัดด้วยน้ำยา  $\text{EDTA}-(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ  $0.975^{**}$  และค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด ( $r^2$ ) เท่ากับ  $0.950$

5. ปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยวิธีที่สกัดด้วยน้ำยา DTPA และ  $\text{EDTA}-(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  มีสหสัมพันธ์กับปริมาณสังกะสีที่ข้าวโพดดูดได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ) เท่ากับ 0.976\*\* และ 0.947\*\* ตามลำดับ และมีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด ( $r^2$ ) เท่ากับ 0.952 และ 0.897 ตามลำดับ ส่วนปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยวิธีที่สกัดด้วยน้ำยา AB-DTPA พบว่ามีสหสัมพันธ์กับปริมาณสังกะสีที่ข้าวโพดดูดได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ) เท่ากับ 0.878\* และมีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด ( $r^2$ ) เท่ากับ 0.772

6. น้ำยาสกัด DTPA AB-DTPA และ  $\text{EDTA}-(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  สามารถใช้ประเมินปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินชัยบาดาล ลำนารายณ์ ไชคชัย ทับทิม และตากดี รวมทั้งชุดดินที่มีสมบัติคล้ายชุดดินดังกล่าวได้ โดยประสิทธิภาพในการประเมินปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินของวิธีสกัดด้วยน้ำยาสกัด DTPA และ  $\text{EDTA}-(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  ค่อนข้างใกล้เคียงกันและสูงกว่า AB-DTPA อย่างไรก็ตามวิธี  $\text{EDTA}-(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  น่าจะเป็นวิธีที่มีความสะดวกรวดเร็วในการปฏิบัติมากกว่าวิธี DTPA เนื่องจากใช้เวลาในการสกัดน้อยกว่าวิธี DTPA อีกทั้งปริมาณสังกะสีที่สกัดได้มีปริมาณมากกว่าซึ่งน่าจะช่วยลดความผิดพลาดในการวัดปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดินในกรณีที่ดินมีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์น้อย

7. ควรมีการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำยาสกัด DTPA  $\text{EDTA}-(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  และ AB-DTPA ในการประเมินสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในชุดดินอื่นๆ ที่มีสมบัติแตกต่างจากดินที่ศึกษาในครั้งนี้อย่างรวมทั้งศึกษาเกี่ยวกับระดับวิกฤต (critical level) ของค่าวิเคราะห์สังกะสีที่สกัดโดยน้ำยาสกัด DTPA  $\text{EDTA}-(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  และ AB-DTPA โดยการทดลองกับพืชในสภาพไร่ นา รวมทั้งประเมินระดับ ต่ำ ปานกลาง และสูงของปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยน้ำยาสกัดดังกล่าว เพื่อประกอบการพิจารณาในการให้คำแนะนำป้อนต่อไป

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2549. **ฐานข้อมูลดินของประเทศไทย.**

แหล่งที่มา : [http://www.ldd.go.th/thaisoils\\_museum/INDEX.HTM](http://www.ldd.go.th/thaisoils_museum/INDEX.HTM), 8 พฤศจิกายน 2549.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2544. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น.** ครั้งที่ 9. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จิราณี วานิชกุล. 2531. **สถานะภาพของธาตุสังกะสีและทองแดงในชุดดินตาคลี เลย และโคราช สำหรับผลิตข้าวโพด.** วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

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

โชคชัย เอกทัศนาวรรณ. 2549. **สุวรรณ4452 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์ใหม่ มก.วิจัยพบต้านทานโรคให้ผลผลิตสูง.** ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
แหล่งที่มา: [http://pr.ku.ac.th/pr\\_news/research/Acrobat/563\\_48.pdf](http://pr.ku.ac.th/pr_news/research/Acrobat/563_48.pdf), 8 พฤศจิกายน 2549.

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

พิชิต พงษ์สกุล และ สุรสิทธิ์ อรรถจารุสิทธิ์. 2549. **การวิเคราะห์ปัญหาการขาดธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมในดินปลูกพืชไร่นาและแนวทางแก้ไข.** วารสารดินและปุ๋ย. 28 : 142-165.

มงคล พานิชกุล. 2535. **การศึกษาวิธีการตรวจสอบดินเพื่อประเมินความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารเสริมประจุบวก (เหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง) ในดินไร่บางชนิดของประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ขงยุทธ โอสถสภ. 2546. ธาตุอาหารพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_. 2547. พื้นฐานปฐพีวิทยาเพื่อการเกษตรที่ยั่งยืน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

\_\_\_\_\_. 2549. บทบาทของธาตุอาหารรองและจุลธาตุในการผลิตพืช. วารสารดินและปุ๋ย. 28: 123-134.

สถานีพัฒนาที่ดินลพบุรี. 2549. ชุดดินที่พบในพื้นที่สถานีพัฒนาที่ดินลพบุรี. กรมพัฒนาที่ดิน. แหล่งที่มา : [http://www.ldd.go.th/Lddwebsite/WEB\\_r01/des/tw.doc](http://www.ldd.go.th/Lddwebsite/WEB_r01/des/tw.doc), 27 พฤศจิกายน 2549.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2548. สรีรวิทยาของพืช ( **Plant Physiology**). ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เอ็จ สโรบล. 2535. สรีรวิทยาของการผลิตพืชไร่นา. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Abreu, C.A., B.V. Raij, U. Gabe, M.F. Abreu and A.P. Gonzalez. 2002. Efficiency of multinutrient extractants for the determining of available zinc in soil. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.** 33: 3313- 3324.

Adiloglu, A. and I. Kursun. 2003. Determination of suitable chemical extraction methods for available zinc content of paddy soil at thrace region in Turkey. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.** 34: 2607- 2617.

Arnold, C.V.and W.A. Schmidt. 1951. Soil tests as a measure of phosphorus available to tomatoes on heavy soils. **Soil Sci.** 71: 105-115.

- Brady, N.C. and R.R. Weil. 2002. **The Nature and Properties of Soils**. 13<sup>th</sup> ed. Pearson Education, Inc., New Jersey, USA.
- Bray, R.H. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available form of phosphorus in soil. **Soil Sci.** 59: 39-45.
- Brown, A.L., J. Quick and J.L. Eddings. 1971. A comparison of analytical method for soil zinc. **Soil Sci. Soc. Amer. Proc.** 35: 105- 107.
- Brown, J.R. and D. Warncke. 1988. Recommended cation tests and measures of cation exchange capacity, pp. 15-16. *In* W.C. Dahnke, ed. **Recommended Chemical Soil Test Procedures for the North Central Region**. North Dakota Agric. Exp. Stn. Bull. 499.
- Corey, R.B. 1987. Soil test procedures: Correlation, pp. 15-22. *In* J.R. Brown, ed. **Soil Testing: Sampling, Correlation, Calibration and Interpretation**. SSSA Spec. Publ. 21. SSSA, Madison, WI.
- Cox, F.R. 1968. Development of yield response prediction and manganese test interpretation for soybeans. **Agron. J.** 60: 521-524.
- Elrashidi, M.A., M.D. Mays and C.W. Lee. 2003. Assessment of mehlich 3 and ammonium bicarbonate- DTPA extraction for simultaneous measurement of fifteen elements in soils. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.** 34: 2817- 2838.
- Haddad, S.K. and R.G. Weir. 1985. Influence of soil properties on the use of soil and plant zinc to predict zinc response in maize. **Aust. J. Exp. Agri.** 25: 856-862.
- Haq, A.U. and M.H. Miller. 1972. Prediction of available soil Zn, Cu and Mn using chemical extractants. **Agron. J.** 64:779 -782.

- Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale and W.L. Nelson. 2005. **Soil Fertility and Fertilizers and Introduction to Nutrient Management**. 7<sup>th</sup>ed. Pearson Prentice Hall Inc., New Jersey.
- Land Classification Division and FAO Project Staff. 1973. **Soil Interpretation Handbook for Thailand**. Dept. of Land Development, Min. of Agri. And Coop., Bangkok.
- Lindsay, W.L. and W.A. Norvell. 1978. Development of DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. **Soil. Sci. Soc. Am. J.** 42: 421 -428.
- Maftoun, M., H.H. Nia, N. Karimian and A.M. Ronaghi. 2003. Evaluation of chemical extractants for predicting lowland rice response to zinc in highly calcareous soils. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.** 34: 1269- 1280.
- Martens, D.C, and W.L. Lindsay. 1990. Testing soils for copper, iron, manganese and zinc. pp. 229 – 264. In R.L. Westerman, ed. **Soil Testing and Plant Analysis**. 3<sup>rd</sup> ed. Soil Sci. Soc. Am., Madison, WI, USA.
- \_\_\_\_\_, G. Chesters and L.A. Peterson. 1966. Factors controlling the extractability of soil zinc. **Soil Sci. Soc. Amer. Proc.** 15: 268 – 272.
- Mehlich, A. 1984. Mehlich 3 soil test extractant: A modification of mehlich 2 extractant. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.** 15: 1409 – 1416.
- Mengel, K. and E.A. Kirkby. 2001. **Principles of Plant Nutrition**. 5<sup>th</sup> ed. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Nelson, W.L., A. Mehlich and E. Winters. 1953. **The Development, Evaluation and Use of Soil Tests for Phosphorus Availability**. Agron. Monogr. Acad. Press, New York.

- Peck, T.R. and P.N. Soltanpour. 1990. The principles of soil testing, pp. 1-9. *In* R.L. Westerman, ed. **Soil Testing and Plant Analysis**. Soil Science Society of American, Inc., Madison, USA.
- Pendias, A.K. and H. Pendias. 2001. **Trace Elements in Soils and Plants**. 3<sup>rd</sup> ed. CRC Press LCC, New York.
- Reed, S.T. and D.C. Martens. 1996. Methods of soil analysis: copper and zinc, pp. 703-721. *In* D.L. Sparks, A.L. Page, P.A. Helmke, R.H. Loeppert, P.N. Soltanpour, M.A. Tabatabai, C.T. Johnston and M.E. Sumner, eds. **Methods of Soil Analysis: Part 3 Chemical Methods**. Soil Science Society of America, Inc., USA.
- Ryan, J., G. Estefan and A. Rashid. 2001. **Soil and Plant Analysis Laboratory Manual**. 3<sup>rd</sup> ed. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA) and the National Agricultural Research Center (NARC).
- Soltanpour, P.N. 1985. Use of ammonium bicarbonate- DTPA soil test to evaluate element availability and toxicity. **Commun. Soil Sci. Plant anal.** 16: 323 - 338.
- \_\_\_\_\_ and A.P. Schwab. 1977. A new soil test for simultaneous extraction of macro- and micro- nutrient in alkaline soils. **Commun. Soil Sci. Plant anal.** 8: 195-207.
- Sumner, M.E. and W.P. Miller. 1996. Cation exchange capacity and exchange coefficients, pp. 1201-1229. *In* D.L. Sparks, ed. **Methods of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods**. SSSA Inc., ASA Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Trierweiler, J.F. and W.L. Lindsay. 1969. EDTA- ammonium carbonate soil test for zinc. **Soil Sci. Soc. Amer. Proc.** 33: 49 -54.

- Vacharotayan, S., P. Laoparroj, S. Chantawat and Y. Vacharacoop. 1964. Preliminary evaluation of different chemical soil testing method for available phosphorus through correlation with green house test. **Kasetsart. J.** 4: 97-109.
- Walkley, A. and I.A. Black. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chronic acid titration method. **Soil Sci.** 37: 29-38.
- Wear, J. I. and C.E. Evans. 1968. Relationship of zinc uptake by corn and sorghum to soil zinc measured by three extractants. **Soil Sci. Am. Proc.** 32: 543- 546.

**ภาคผนวก**

**ตารางผนวกที่ 1** ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งเฉลี่ยของข้าวโพด ( $\text{g pot}^{-1}$ ) ที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล  
 ถ่านรายนธ์ โชนชัย ทับทิม และตาคลี ในตำรับการทดลองต่าง ๆ

ชุดดิน(S)	ตำรับการใส่ปุ๋ยธาตุอาหารสังกะสี (F)		S-MEAN
	+Zn	-Zn	
ชัยบาดาล	121.55 bA	35.82 cB	78.69
ถ่านรายนธ์	83.54 cA	13.04 dB	48.29
โชนชัย	153.97 aA	144.05 aA	149.01
ทับทิม	99.82 cA	83.28 bA	91.55
ตาคลี	122.60 bA	124.93 aA	123.76
F-Mean	116.30	80.22	98.26

**หมายเหตุ** ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในแถวเดียวกันและตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน  
 ในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น  
 95% โดยวิธี DMRT

**ตารางผนวกที่ 2** การวิเคราะห์ความแปรปรวนผลผลิตน้ำหนักรากแห้งของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดิน  
ชัยบาดาล ลำานารายณ์ โขกชัย ทับทวง และตาคลี ในดำหรับการทดลองต่าง ๆ

Source of variation	Df	SS	MS	F
Treatment	9	55951.93	6216.88	44.37**
Fertilizer (F)	1	9758.56	9758.56	69.64**
Soil (S)	4	36906.24	9226.56	65.84**
F x S	4	9287.12	2321.78	16.57**
Error	20	2802.60	140.12	
Total	29			

หมายเหตุ \*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

CV = 12.0 %

**ตารางผนวกที่ 3** แสดงปริมาณสังกะสีทั้งหมดที่ข้าวโพดคั่วใช้ (mg Zn pot<sup>-1</sup>) ที่ปลูกในชุดดิน  
ชัยบาดาล ลำานารายณ์ โขกชัย ทับทรวง และตากลี ในดำเนินการทดลองต่างๆ

ชุดดิน(S)	ดำเนินการใส่ปุ๋ยธาตุอาหารสังกะสี (F)		S-MEAN
	+Zn	-Zn	
ชัยบาดาล	1.25 bA	0.45 bcA	0.85
ลำานารายณ์	1.40 bA	0.16 cB	0.78
โขกชัย	3.68 aA	3.94 aA	3.81
ทับทรวง	1.19 bA	1.04 bcA	1.12
ตากลี	2.32 bA	1.53 bA	1.92
F-Mean	1.97	1.42	1.70

**หมายเหตุ** ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในแถวเดียวกันและตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน  
ในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น  
95% โดยวิธี DMRT

**ตารางผนวกที่ 4** การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณสังกะสีทั้งหมดที่ข้าวโพดคั่วที่ใช้ที่ปลูกใน  
ชุดดินชัยบาดาล ถิ่นนาทรายณ์ โขกชัย ทัพทวง และตากลี ในดำหรับการทดลอง  
ต่าง ๆ

Source of variation	Df	SS	MS	F
Treatment	9	42.70	4.74	11.98 **
Fertilizer (F)	1	2.22	2.22	5.60 *
Soil (S)	4	38.38	9.60	24.22 **
F x S	4	2.10	0.53	1.33 ns
Error	20	7.92	0.40	
Total	29	50.63		

หมายเหตุ \* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

CV = 37.12%

ตารางผนวกที่ 5 แสดงความเข้มข้นของสังกะสีในข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินชัยบาดาล ลำานรายณ์ โขกชัย ทับทวง และ ตาคลี ในดำหรับการทดลองต่าง ๆ

ชุดดิน(S)	ดำรับการใส่ปุ๋ยธาตุอาหารสังกะสี (F)		S-MEAN
	+Zn	-Zn	
ชัยบาดาล	10.32 b	12.45 a	11.38 b
ลำานรายณ์	16.28 b	13.70 a	14.99 b
โขกชัย	45.07 a	27.55 a	36.31 a
ทับทวง	12.41 b	12.51 a	12.46 b
ตาคลี	19.07 b	12.39 a	15.73 b
F-Mean	20.73	15.60	18.17

หมายเหตุ ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

**ตารางผนวกที่ 6** การวิเคราะห์ความแปรปรวนความเข้มข้นของสังกะสีในข้าวโพดที่ปลูกในชุดดิน  
ชัยบาดาล ลำนำรายณ์ โขกชัย ทับทวน และตาคี ในตำหรับการทดลองต่าง ๆ

Source of variation	Df	SS	MS	F
Treatment	9	3088	343	2.375 <sup>ns</sup>
Fertilizer (F)	1	181	181	1.253 <sup>ns</sup>
Soil (S)	4	2543	635	4.402 <sup>**</sup>
F x S	4	363	91	0.629 <sup>ns</sup>
Error	20	2889	144	
Total	29	5977		

หมายเหตุ \*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

CV = 66.11%

ตารางผนวกที่ 7 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, r) ระหว่างปริมาณ  
 สังกะสีที่สกัดจากดินโดยวิธีต่าง ๆ และ ระหว่างปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน  
 โดยวิธีต่าง ๆ กับพารามิเตอร์การเจริญเติบโตของข้าวโพด

		DTPA	AB- DTPA	EDTA - (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Zn uptake	drymatter	Zn conc.
DTPA	Correlation	1	.935**	.960**	.976**	.911*	.827*
	Sig.(1-tailed)		0.01	0.005	0.002	0.016	0.042
	N	5	5	5	5	5	5
AB- DTPA	Correlation	.935**	1	.975**	.878*	.990**	0.609
	Sig.(1-tailed)	0.01		0.002	0.025	0.001	0.138
	N	5	5	5	5	5	5
EDTA - (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Correlation	.960**	.975**	1	.947**	.981**	0.735
	Sig.(1-tailed)	0.005	0.002		0.007	0.002	0.079
	N	5	5	5	5	5	5
Znuptake	Correlation	.976**	.878*	.947**	1	.868*	.912*
	Sig.(1-tailed)	0.002	0.025	0.007		0.028	0.016
	N	5	5	5	5	5	5
drymatter	Correlation	.911*	.990**	.981**	.868*	1	0.59
	Sig.(1-tailed)	0.016	0.001	0.002	0.028		0.148
	N	5	5	5	5	5	5
Zn conc.	Correlation	.827*	0.609	0.735	.912*	0.59	1
	Sig.(1-tailed)	0.042	0.138	0.079	0.016	0.148	
	N	5	5	5	5	5	5

หมายเหตุ sig. = significance (ค่าความน่าจะเป็นในการยอมรับ H<sub>0</sub>)

ถ้า sig.(1-tailed) ≤ α แล้วปฏิเสธ H<sub>0</sub>

**ตารางผนวกที่ 8** ตาราง ANOVA สำหรับการประเมินสมการถดถอยเชิงเส้นระหว่าง ปริมาณ  
สังกะสีที่สกัดจากดินโดยวิธี DTPA (y) กับปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดยวิธี  
AB-DTPA (x)

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	sig.
Regression	1.79	1	1.79	21	0.02
Residual	0.26	3	0.09		
Total	2.05	4			

หมายเหตุ sig. = significance (ค่าความน่าจะเป็นในการยอมรับ  $H_0$ )

ถ้า  $\text{sig.}(2\text{-tailed}) \leq \alpha$  แล้วปฏิเสธ  $H_0$

**ตารางผนวกที่ 9** การวิเคราะห์การถดถอยเพื่อพยากรณ์ปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดยวิธี DTPA  
(y) จากปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดยวิธี AB-DTPA (x)

ค่าคงที่/ ตัวแปร	b	std. Error	Beta	t	p-value
ค่าคงที่	-0.154	0.316		-0.488	0.659
AB-DTPA-Zn	0.564	0.123	0.935	4.583	0.020

SEest =  $\pm$  0.292  
r = 0.935;  $r^2 = 0.875$

หมายเหตุ p-value = ค่าความน่าจะเป็นในการยอมรับ  $H_0$   
ถ้า  $p\text{-value} \leq \alpha$  จะปฏิเสธสมมติฐาน  $H_0$   
(ค่า p-value ในตารางเป็นรูปแบบของ two-tail test ถ้าเป็น  
one-tail test จะพิจารณาจาก p-value ที่ได้หารสอง)

SEest = standard error of the estimate (ค่าที่แสดงระดับความคลาด  
เคลื่อนที่เกิดจากการใช้ตัวแปรอิสระ(independent variable)  
มาพยากรณ์ตัวแปรตาม (dependent variable))

AB-DTPA-Zn = ปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดยวิธี AB-DTPA

**ตารางผนวกที่ 10** ตาราง ANOVA สำหรับการประเมินสมการถดถอยเชิงเส้นระหว่างปริมาณ  
สังกะสี ที่สกัดจากดิน โดยวิธี DTPA (y) กับปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดย  
วิธี EDTA- (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (x)

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	1.88	1	1.88	34.93	0.01
Residual	0.16	3	0.05		
Total	2.04	4			

หมายเหตุ sig. = significance (ค่าความน่าจะเป็นในการยอมรับ H<sub>0</sub>)

ถ้า sig.(2-tailed) ≤ α แล้วปฏิเสธ H<sub>0</sub>

**ตารางผนวกที่ 11** การวิเคราะห์การถดถอยเพื่อพยากรณ์ปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดยวิธี DTPA  
(y) จากปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดยวิธี EDTA- (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (x)

ค่าคงที่/ ตัวแปร	b	std. Error	Beta	t	p-value
ค่าคงที่	0.114	0.206		0.556	0.617
EDTA- (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> -Zn	0.459	0.078	0.960	5.910	0.010

SEest = ± 0.232  
r = 0.960; r<sup>2</sup> = 0.921

หมายเหตุ p-value = ค่าความน่าจะเป็นในการยอมรับ H<sub>0</sub>  
ถ้า p-value ≤ α จะปฏิเสธสมมติฐาน H<sub>0</sub>  
(ค่า p-value ในตารางเป็นรูปแบบของ two-tail test ถ้าเป็น  
one-tail test จะพิจารณาจาก p-value ที่ได้หารสอง)

SEest = standard error of the estimate

EDTA- (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-Zn = ปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดยวิธี EDTA- (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

**ตารางผนวกที่ 12** ตาราง ANOVA สำหรับการประเมินสมการถดถอยเชิงเส้นระหว่างปริมาณ  
สังกะสีที่สกัดจากดินโดยวิธี EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (y) กับปริมาณสังกะสีที่สกัด  
จากดินโดยวิธี AB-DTPA (x)

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	sig.
Regression	8.51	1	8.51	57.40	0.005
Residual	0.44	3	0.15		
Total	8.95	4			

หมายเหตุ sig. = significance (ค่าความน่าจะเป็นในการยอมรับ H<sub>0</sub>)

ถ้า sig.(2-tailed) ≤ α แล้วปฏิเสธ H<sub>0</sub>

**ตารางผนวกที่ 13** การวิเคราะห์การถดถอยเพื่อพยากรณ์ปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดยวิธี  
EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (y) จากปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดยวิธี AB-DTPA (x)

ค่าคงที่/ ตัวแปร	b	std. Error	Beta	t	p-value
ค่าคงที่	-0.59	0.416		-1.406	0.254
AB-DTPA -Zn	1.23	0.162	0.975	7.576	0.005

SEest = ± 0.385  
r = 0.975; r<sup>2</sup> = 0.950

หมายเหตุ p-value = ค่าความน่าจะเป็นในการยอมรับ H<sub>0</sub>  
ถ้า p-value ≤ α จะปฏิเสธสมมติฐาน H<sub>0</sub>  
(ค่า p-value ในตารางเป็นรูปแบบของ two-tail test ถ้าเป็น  
one-tail test จะพิจารณาจาก p-value ที่ได้หารสอง)

SEest = standard error of the estimate

AB-DTPA -Zn = ปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดินโดยวิธี AB-DTPA

**ตารางผนวกที่ 14** ตาราง ANOVA สำหรับการประเมินสมการถดถอยเชิงเส้นระหว่างผลผลิต  
น้ำหนักแห้งของข้าวโพด (y) กับปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดยวิธี DTPA (x)

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	sig.
Regression	10423.12	1	10423.12	14.59	0.032
Residual	2143.86	3	714.62		
Total	12566.98	4			

หมายเหตุ sig. = significance (ค่าความน่าจะเป็นในการยอมรับ  $H_0$ )

ถ้า sig.(2-tailed)  $\leq \alpha$  แล้วปฏิเสธ  $H_0$

**ตารางผนวกที่ 15** การวิเคราะห์การถดถอยเพื่อพยากรณ์ผลผลิตน้ำหนักแห้งของข้าวโพด (y) จาก  
ปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดยวิธี DTPA (x)

ค่าคงที่/ ตัวแปร	b	std. Error	Beta	t	p-value
ค่าคงที่	-2.840	24.819		-0.114	0.916
DTPA - Zn	71.386	18.692	0.911	3.819	0.032

SEest =  $\pm$  26.732  
r = 0.911;  $r^2 = 0.829$

หมายเหตุ p-value = ค่าความน่าจะเป็นในการยอมรับ  $H_0$   
ถ้า p-value  $\leq \alpha$  จะปฏิเสธสมมติฐาน  $H_0$   
(ค่า p-value ในตารางเป็นรูปแบบของ two-tail test ถ้าเป็น one-tail test จะพิจารณาจาก p-value ที่ได้หารสอง)

SEest = standard error of the estimate

DTPA - Zn = ปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดยวิธี DTPA

**ตารางผนวกที่ 16** ตาราง ANOVA สำหรับการประเมินสมการถดถอยเชิงเส้นระหว่างผลผลิต  
น้ำหนักแห้งของข้าวโพด (y) กับปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดยวิธี  
AB-DTPA (x)

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	sig.
Regression	12325.73	1	12325.73	153.27	.001
Residual	241.25	3	80.42		
Total	12566.98	4			

หมายเหตุ sig. = significance (ค่าความน่าจะเป็นในการยอมรับ  $H_0$ )  
ถ้า sig.(2-tailed)  $\leq \alpha$  แล้วปฏิเสธ  $H_0$

**ตารางผนวกที่ 17** การวิเคราะห์การถดถอยเพื่อพยากรณ์ผลผลิตน้ำหนักแห้งของข้าวโพด (y) จาก  
ปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดินโดยวิธี AB-DTPA (x)

ค่าคงที่/ ตัวแปร	b	std. Error	Beta	t	p-value
ค่าคงที่	-29.132	9.701		-3.003	0.058
AB-DTPA - Zn	46.810	3.781	0.990	12.380	0.001

SEest =  $\pm$  8.968  
r = 0.990;  $r^2 = 0.981$

หมายเหตุ p-value = ค่าความน่าจะเป็นในการยอมรับ  $H_0$   
ถ้า p-value  $\leq \alpha$  จะปฏิเสธสมมติฐาน  $H_0$   
(ค่า p-value ในตารางเป็นรูปแบบของ two-tail test ถ้าเป็น  
one-tail test จะพิจารณาจาก p-value ที่ได้หารสอง)

SEest = standard error of the estimate

AB-DTPA - Zn = ปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดยวิธี AB-DTPA

**ตารางผนวกที่ 18** ตาราง ANOVA สำหรับการประเมินสมการถดถอยเชิงเส้น ระหว่างผลผลิตน้ำหนักแห้งของข้าวโพด (y) กับปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดยวิธี EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (x)

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	sig.
Regression	12090.27	1	12090.27	76.09	0.003
Residual	476.70	3	158.90		
Total	12566.98	4			

หมายเหตุ sig. = significance (ค่าความน่าจะเป็นในการยอมรับ H<sub>0</sub>)

ถ้า sig.(2-tailed) ≤ α แล้วปฏิเสธ H<sub>0</sub>

**ตารางผนวกที่ 19** การวิเคราะห์การถดถอยเพื่อพยากรณ์ผลผลิตน้ำหนักแห้งของข้าวโพด (y) จากปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดยวิธี EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (x)

ค่าคงที่/ ตัวแปร	b	std. Error	Beta	t	p-value
ค่าคงที่	-3.836	11.165		-0.344	0.754
EDTA-(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> - Zn	36.756	4.214	0.981	8.723	0.003

SEest = ± 12.606  
r = 0.981; r<sup>2</sup> = 0.962

หมายเหตุ p-value = ค่าความน่าจะเป็นในการยอมรับ H<sub>0</sub>  
ถ้า p-value ≤ α จะปฏิเสธสมมติฐาน H<sub>0</sub>  
(ค่า p-value ในตารางเป็นรูปแบบของ two-tail test ถ้าเป็น one-tail test จะพิจารณาจาก p-value ที่ได้หารสอง)

SEest = standard error of the estimate

EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>- Zn = ปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดยวิธี EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

**ตารางผนวกที่ 20** ตาราง ANOVA สำหรับการประเมินสมการถดถอยเชิงเส้นระหว่างปริมาณ  
สังกะสีทั้งหมดที่ข้าวโพดคั่ว (y) กับปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดยวิธี  
DTPA (x)

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	sig.
Regression	8.59	1	8.59	59.71	0.005
Residual	0.43	3	0.14		
Total	9.03	4			

หมายเหตุ sig. = significance (ค่าความน่าจะเป็นในการยอมรับ  $H_0$ )

ถ้า sig.(2-tailed)  $\leq \alpha$  แล้วปฏิเสธ  $H_0$

**ตารางผนวกที่ 21** การวิเคราะห์การถดถอยเพื่อพยากรณ์ปริมาณสังกะสีทั้งหมดที่ข้าวโพดคั่ว (y)  
จากปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดยวิธี DTPA (x)

ค่าคงที่/ ตัวแปร	b	std. Error	Beta	t	p-value
ค่าคงที่	-0.962	0.352		-2.731	0.072
DTPA -Zn	2.050	0.265	0.976	7.727	0.005

SEest =  $\pm$  0.379  
r = 0.976;  $r^2$  = 0.952

หมายเหตุ p-value = ค่าความน่าจะเป็นในการยอมรับ  $H_0$   
ถ้า p-value  $\leq \alpha$  จะปฏิเสธสมมติฐาน  $H_0$   
(ค่า p-value ในตารางเป็นรูปแบบของ two-tail test ถ้าเป็น  
one-tail test จะพิจารณาจาก p-value ที่ได้หารสอง)

SEest = standard error of the estimate

DTPA -Zn = ปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดยวิธี DTPA

**ตารางผนวกที่ 22** ตาราง ANOVA สำหรับการประเมินสมการถดถอยเชิงเส้นระหว่างปริมาณสังกะสีทั้งหมดที่ข้าวโพดคั่ว (y) กับปริมาณปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดยวิธี AB- DTPA (x)

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	sig.
Regression	6.96	1	6.96	10.13	0.05
Residual	2.06	3	0.69		
Total	9.03	4			

หมายเหตุ sig. = significance (ค่าความน่าจะเป็นในการยอมรับ  $H_0$ )  
ถ้า  $\text{sig.}(2\text{-tailed}) \leq \alpha$  แล้วปฏิเสธ  $H_0$

**ตารางผนวกที่ 23** การวิเคราะห์การถดถอยเพื่อพยากรณ์ปริมาณสังกะสีทั้งหมดที่ข้าวโพดคั่ว (y) จากปริมาณปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดยวิธี AB- DTPA (x)

ค่าคงที่/ ตัวแปร	b	std. Error	Beta	t	p-value
ค่าคงที่	-1.176	0.897		-1.311	0.281
AB-DTPA -Zn	1.113	0.350	0.878	3.183	0.050

SEest =  $\pm$  0.829  
 $r = 0.878$ ;  $r^2 = 0.772$

หมายเหตุ p-value = ค่าความน่าจะเป็นในการยอมรับ  $H_0$   
ถ้า  $p\text{-value} \leq \alpha$  จะปฏิเสธสมมติฐาน  $H_0$   
(ค่า p-value ในตารางเป็นรูปแบบของ two-tail test ถ้าเป็น one-tail test จะพิจารณาจาก p-value ที่ได้หารสอง)

SEest = standard error of the estimate

AB-DTPA -Zn = ปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดยวิธี AB-DTPA

**ตารางผนวกที่ 24** ตาราง ANOVA สำหรับการประเมินสมการถดถอยเชิงเส้นระหว่างปริมาณ  
สังกะสีทั้งหมดที่ข้าวโพดคั่ว (y) กับปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดินโดยวิธี  
EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (x)

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	sig.
Regression	8.09	1	8.09	25.98	0.015
Residual	0.93	3	0.31		
Total	9.03	4			

หมายเหตุ sig. = significance (ค่าความน่าจะเป็นในการยอมรับ H<sub>0</sub>)

ถ้า sig.(2-tailed) ≤ α แล้วปฏิเสธ H<sub>0</sub>

**ตารางผนวกที่ 25** การวิเคราะห์การถดถอยเพื่อพยากรณ์ปริมาณสังกะสีทั้งหมดที่ข้าวโพดคั่ว (y)  
จากปริมาณปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดินโดยวิธี EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (x)

ค่าคงที่/ ตัวแปร	b	std. Error	Beta	t	p-value
ค่าคงที่	-0.751	0.494		-1.520	0.226
EDTA-(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> - Zn	0.951	0.187	0.947	5.097	0.015

SEest = ± 0.558  
r = 0.947; r<sup>2</sup> = 0.897

หมายเหตุ p-value = ค่าความน่าจะเป็นในการยอมรับ H<sub>0</sub>  
ถ้า p-value ≤ α จะปฏิเสธสมมติฐาน H<sub>0</sub>  
(ค่า p-value ในตารางเป็นรูปแบบของ two-tail test ถ้าเป็น  
one-tail test จะพิจารณาจาก p-value ที่ได้หารสอง)

SEest = standard error of the estimate

EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>- Zn = ปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดยวิธี EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

**00ตารางผนวกที่ 26** ตาราง ANOVA สำหรับการประเมินสมการถดถอยเชิงเส้น ระหว่างความเข้มข้นสังกะสี (y) กับปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยวิธีที่สกัดด้วยน้ำยา DTPA (x)

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	sig.
Regression	120.53	1	120.53	6.51	0.084
Residual	55.58	3	18.53		
Total	176.12	4			

หมายเหตุ sig. = significance (ค่าความน่าจะเป็นในการยอมรับ  $H_0$ )  
ถ้า sig.(2-tailed)  $\leq \alpha$  แล้วปฏิเสธ  $H_0$

**ตารางผนวกที่ 27** การวิเคราะห์การถดถอยเพื่อพยากรณ์ความเข้มข้นสังกะสี (y) จากปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยวิธีที่สกัดด้วยน้ำยา DTPA (x)

ค่าคงที่/ ตัวแปร	b	std. Error	Beta	t	p-value
ค่าคงที่	6.788	3.996		1.698	0.188
DTPA - Zn	7.677	3.010	0.827	2.551	0.084

SEest =  $\pm$  4.304  
r = 0.827;  $r^2 = 0.684$

หมายเหตุ p-value = ค่าความน่าจะเป็นในการยอมรับ  $H_0$   
ถ้า p-value  $\leq \alpha$  จะปฏิเสธสมมติฐาน  $H_0$   
(ค่า p-value ในตารางเป็นรูปแบบของ two-tail test ถ้าเป็น one-tail test จะพิจารณาจาก p-value ที่ได้หารสอง)

SEest = standard error of the estimate

DTPA - Zn = ปริมาณสังกะสีที่สกัดจากดิน โดยวิธี DTPA

**ตารางผนวกที่ 28** ตาราง ANOVA สำหรับการประเมินสมการถดถอยเชิงเส้น ระหว่างความเข้มข้น  
สังกะสี (y) กับปริมาณสังกะสีที่สกัดด้วยน้ำยา AB- DTPA (x)

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	sig.
Regression	65.41	1	65.41	1.77	0.28
Residual	110.70	3	36.90		
Total	176.11	4			

ผลจากการประเมินสมการถดถอยเชิงเส้น พบว่า ปริมาณสังกะสีที่สกัด โดยวิธีที่สกัดด้วย  
น้ำยา AB- DTPA ไม่มีความสัมพันธ์ กับความเข้มข้นสังกะสี

ตารางผนวกที่ 29 ตาราง ANOVA สำหรับการประเมินสมการถดถอยเชิงเส้น ระหว่างความเข้มข้น  
สังกะสี(y) กับปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยวิธีที่สกัดด้วยน้ำยา  $\text{EDTA}(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ (x)

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	sig.
Regression	95.12	1	95.12	3.52	0.157
Residual	80.99	3	27.00		
Total	176.12	4			

ผลจากการประเมินสมการถดถอยเชิงเส้น พบว่า ปริมาณสังกะสีที่สกัดโดยวิธีที่สกัดด้วย  
น้ำยา  $\text{EDTA}(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  ไม่มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นสังกะสี

ตารางผนวกที่ 30 ข้อจำกัดของสมบัติทางเคมีที่ใช้ประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน  
(Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973)

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

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

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

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

## 3. ปริมาณไนโตรเจนรวม (total nitrogen)

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

## 4. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) (Bray II)

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

5. ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available K) (NH<sub>4</sub>OAc)

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

6. ค่าที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable base) ( $\text{NH}_4\text{OAc}$ )

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

## 7. ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity)

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

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

ตารางผนวกที่ 31 แสดงระดับความเป็นประโยชน์ของ Zn Cu Fe และ Mn ในดินซึ่งวิเคราะห์โดยวิธี DTPA และ AB-DTPA

Measurement	Soil Test	Low	Marginal (ppm)	Adequate
Zinc	DTPA <sup>1/</sup>	< 0.5	0.5 - 1.0	> 1.0
	AB-DTPA <sup>2/</sup>	< 1.0	1.0 - 1.5	> 1.5
Copper	DTPA <sup>1/</sup>	< 0.2	0.2 - 0.5	> 0.2
	AB-DTPA <sup>2/</sup>	< 0.2		> 0.5
Iron	DTPA <sup>1/</sup>	< 4.5		> 4.5
	AB-DTPA <sup>2/</sup>	< 2.0	2.1 - 4.0	> 4.0
Manganese	DTPA <sup>1/</sup>	< 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
	AB-DTPA <sup>2/</sup>	< 1.8		> 1.8

ที่มา: <sup>1/</sup>Martens and Lindsay (1990); Ryan et al. (2001)

<sup>2/</sup>Soltanpour (1985)

**ตารางผนวกที่ 32** ระดับความเค็มของดินและอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืช

การนำไฟฟ้า (dS m <sup>-1</sup> )	ระดับ ความเค็ม	อิทธิพลต่อพืช
0 – 2	ไม่เค็ม	ไม่กระทบกระเทือนต่อพืช
2 – >4	ไม่เค็ม	พืชที่ไวต่อความเค็มมีการเจริญเติบโตลดลงบ้าง
4 หรือสูงกว่า 4	เค็ม	
4 – 8	เค็มปานกลาง	จำกัดการเจริญเติบโตของพืชหลายชนิด
> 8 – 16	เค็มมาก	พืชทนเค็มเท่านั้นที่เจริญเติบโตได้ดี
> 16	เค็มมาก	พืชทนเค็มบางชนิดเท่านั้นที่เจริญเติบโตได้ดี

ที่มา : คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2544)

**ตารางผนวกที่ 33** แสดงระดับความเป็นประโยชน์ของแคลเซียมและแมกนีเซียมในดินซึ่งวิเคราะห์  
โดยวิธี NH<sub>4</sub>OAc

ระดับ	mgCa Kg <sup>-1</sup>	mgMg Kg <sup>-1</sup>
ต่ำมาก	< 400	< 36
ต่ำ	400 – 1,000	36 – 120
ปานกลาง	1,000 - 2,000	120 – 360
สูง	2,000 - 4,000	360 – 960
สูงมาก	>4,000	>960

ที่มา : ขงยุทธ (2547)

ตารางผนวกที่ 34 แสดงการเปลี่ยน non SI unit เป็น SI unit

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

## ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวละไม ศรีสวัสดิ์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	25 กุมภาพันธ์ 2512
สถานที่เกิด	บ้านห้วยมุด ต.นาสาร อ.บ้านนาสาร จ.สุราษฎร์ธานี
ประวัติการศึกษา	1. วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตรทั่วไป) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 2. วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมี) มหาวิทยาลัย รามคำแหง
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	นักวิทยาศาสตร์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ ทุนการศึกษาที่ได้รับ	

