



รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ “อิทธิพลของสัณฐานต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต
และค่าความหวานของอ้อยในพื้นที่ดินต่างและดินนาอนที่มีปริมาณฟอสฟอรัสสูง”

โดย

ผศ.ดร. วรณวิภา แก้วประดิษฐ์ พลพินิจ และคณะ

พฤษภาคม 2561

สัญญาเลขที่ RDG5950048

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ “อิทธิพลของสังกะสีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต
และค่าความหวานของอ้อยในพื้นที่ดินต่างและดินนาดอนที่มีปริมาณฟอสฟอรัสสูง”

โดย

ผศ.ดร. วรณวิภา แก้วประดิษฐ์ พลพินิจ และคณะ

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย(สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย วช.-สกว.ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทสรุปผู้บริหาร

พื้นที่ปลูกอ้อยในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น การขยายพื้นที่เพาะปลูกลงสู่พื้นที่ดินที่มีปัญหาจึงมีความจำเป็น ดินต่างเป็นดินที่มีปัญหาชนิดหนึ่ง ซึ่งมีพื้นที่กระจายในประเทศไทยกว่าประมาณ 800,00 ไร่ เป็นเหตุการณ์หนึ่งที่ส่งผลให้ผลผลิตอ้อยต่อพื้นที่ต่ำ เนื่องจากดินที่มีความเป็นด่างนั้น ส่งผลให้ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตของอ้อยบางชนิดเช่นสังกะสีอยู่ในรูปที่อ้อยไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ส่งผลให้อ้อยที่ปลูกในพื้นดินต่างมีผลผลิตต่อพื้นที่ต่ำ ปัจจุบันรัฐบาลกำหนดนโยบายส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกอ้อยในพื้นที่นาตอน โดยที่พื้นที่ดังกล่าวถูกใช้ในการเกษตรติดต่อกันมาอย่างยาวนาน มักจะพบการสะสมฟอสฟอรัสในดินในปริมาณค่อนข้างสูง นอกจากนี้ดินที่มีความชื้นสูงและมีน้ำท่วมขังยังมีแนวโน้มที่ปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกมาสู่สารละลายดินมากขึ้นด้วย ดินที่มาจากวัตถุดิบกำเนิดดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงย่อมส่งผลให้ดินนั้นมีปริมาณฟอสฟอรัสสูงตามไปด้วย สภาวะที่ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่สูงนั้นจะส่งผลให้อ้อยมีความสามารถในการดูดใช้ธาตุสังกะสีลดลง ส่งผลให้อ้อยมีการเจริญเติบโตต่ำ โดยเฉพาะการยืดตัวของข้อปล้องที่ลดลง อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงต่ำลง จนกระทั่งทำให้จำนวนลำและน้ำหนักลำ รวมถึงค่าความหวานของอ้อยลดลงตามไปด้วย ดังนั้นหากมีการศึกษาการจัดการธาตุสังกะสีในสภาพดินต่างและดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงนั้น ย่อมเป็นแนวทางที่สามารถเพิ่มศักยภาพการผลิตอ้อยในสภาพดินต่างและนาตอนที่มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงให้มีผลผลิตต่อพื้นที่ที่สูงขึ้น อันก่อให้เกิดความยั่งยืนของระบบการผลิตอ้อยต่อไป การให้ปุ๋ยสังกะสีแก่อ้อยที่ปลูกภายใต้สภาพแปลงที่มีเนื้อดินร่วนเหนียวปนทรายและร่วนเหนียว โดยทั้งสองแปลงนั้นเป็นดินต่าง พบว่าการให้ปุ๋ยสังกะสีไม่มีอิทธิพลต่อความเป็นกรด-ด่าง ความชื้นในระหว่างการเจริญเติบโต รวมทั้งการเจริญเติบโตของอ้อย อย่างไรก็ตามการให้ปุ๋ยสังกะสีในอัตรา 1.28 กิโลกรัมต่อไร่มีแนวโน้มที่อ้อยจะมีผลผลิตสูงขึ้น และเกษตรกรได้รับผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงตามไปด้วย

บทคัดย่อ

งานทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ทดสอบอิทธิพลของการให้สังกะสีและปริมาณน้ำในระดับที่ต่างกันต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและค่า CCS ของอ้อยที่ถูกปลูกในดินต่างภายใต้สภาพไร่ (2) ทดสอบอิทธิพลของการให้สังกะสีในระดับที่ต่างกันต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและค่า CCS ของอ้อยที่ถูกปลูกในดินนาที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่สูงภายใต้สภาพกระถาง และ (3) วิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากอิทธิพลของการให้สังกะสีต่อผลผลิตของอ้อยที่ถูกปลูกทั้งในสภาพไร่และกระถาง ประกอบด้วย 2 งานทดลองคืองานทดลองในสภาพไร่และงานทดลองในสภาพแปลงดำเนินการทดลอง ณ อำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ 2 สถานที่ที่มีลักษณะดินร่วนเหนียวปนทรายและร่วนเหนียว ดำเนินการจัดการปลูกอ้อยพันธุ์ csb. 2006-4-162 ใส่ปุ๋ยพร้อมปลูกสูตร 16-16-8 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ดำเนินการทดลองโดยใช้แผนการทดลอง RCBD 4 ซ้ำ กรรมวิธีการให้ปุ๋ยสังกะสีได้แก่ (1) Control กรรมวิธีควบคุม ให้ปุ๋ยเคมีสูตรและอัตราแนะนำ (2) Zn1 ให้ปุ๋ยเคมีสูตรและอัตราแนะนำ ร่วมกับการให้ Zn อัตรา 0.32 กิโลกรัมต่อไร่พร้อมปลูก (3) Zn2 ให้ปุ๋ยเคมีสูตรและอัตราแนะนำร่วมกับการให้ Zn อัตรา 0.64 กิโลกรัมต่อไร่พร้อมปลูก และ (4) Zn3 ให้ปุ๋ยเคมีสูตรและอัตราแนะนำร่วมกับการให้ Zn อัตรา 1.28 กิโลกรัมต่อไร่พร้อมปลูก เมื่ออ้อยอายุ 12 เดือนหลังปลูก ดำเนินการเก็บเกี่ยวอ้อยเพื่อประเมินผลผลิตและวิเคราะห์ปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมและสังกะสีภายในต้นอ้อย รวมทั้งวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีบางประการ งานทดลองในสภาพกระถาง ดำเนินงานทดลองในสภาพกระถาง ณ เรือนทดลอง ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ธาตุอาหารพืช สาขาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ โดยใช้ดินในกลุ่มชุดดินที่ 33 ซึ่งมีปริมาณฟอสฟอรัสในดินสูง ดำเนินการจัดการปลูกอ้อยพันธุ์ csb. 2006-4-162 วางแผนงานทดลองแบบ Factorial in CRD 3 ซ้ำ กำหนดให้ Factor A เป็นระดับของการให้ปุ๋ยฟอสฟอรัส กล่าวคือ (1) control ปุ๋ยเคมีสูตร 16-0-8 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ (2) P1 ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-8 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ และ (3) P2 ปุ๋ยเคมีสูตร 16-32-8 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่ Factor B กำหนดเป็นการให้ปุ๋ยสังกะสี 4 กรรมวิธีกล่าวคือ (1) ควบคุม ให้ปุ๋ยเคมีแต่ไม่ให้ปุ๋ยสังกะสี (2) Zn1 ให้ปุ๋ยเคมีร่วมกับการให้ Zn อัตรา 0.32 กิโลกรัมต่อไร่พร้อมปลูก (3) Zn2 ให้ปุ๋ยเคมีร่วมกับการให้ Zn อัตรา 0.64 กิโลกรัมต่อไร่พร้อมปลูกและ (4) Zn3 ให้ปุ๋ยเคมีร่วมกับการให้ Zn อัตรา 1.28 กิโลกรัมต่อไร่พร้อมปลูก เมื่ออ้อยอายุ 10 เดือนหลังปลูก ดำเนินการเก็บเกี่ยวอ้อยเพื่อประเมินผลผลิตและวิเคราะห์ปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมภายในต้นอ้อย รวมทั้งวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีบางประการ ผลการทดลองพบว่า การให้ปุ๋ยสังกะสีในดินต่างสภาพไร่ 2 สถานที่ไม่มีอิทธิพลต่อความเป็นกรด-ด่าง ความชื้นในระหว่างการเจริญเติบโต รวมทั้งการเจริญเติบโตของอ้อย อย่างไรก็ตามการให้ปุ๋ยสังกะสีในอัตรา 1.28 กิโลกรัมต่อไร่มีแนวโน้มที่อ้อยจะมีผลผลิตสูงขึ้น และเกษตรกรได้รับผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงตามไปด้วย

Abstract

The objectives of this experiment were (i) to evaluate the effect of zinc application on growth, yield and CCS of sugarcane grown under calcareous soil (field experiment) (ii) to evaluate the effect of zinc application on growth, yield and CCS of sugarcane grown under upland paddy soil containing high available P (pot experiment) and (iii) to analyze economic return from zinc application effect on cane yield under field and pot experiment. The study consists of two experiments i.e. field and pot experiments. The field experiment, conducted at two locations (sandy clay loam and clayey loam soil) at Khonsan district, Chiayaphum province. The experimental design was RCBD with 4 replications. Csb. 2006-4-162 cane was planted and 16-16-8 was applied at the rate of 50 kg rai^{-1} . There were 4 treatments (1) control: chemical fertilizer was applied at recommended rate, (2) Zn1: chemical fertilizer was applied at recommended rate and 0.32 kg rai^{-1} of zinc, (3) Zn2: chemical fertilizer was applied at recommended rate and 0.64 kg rai^{-1} of zinc and (4) Zn3 chemical fertilizer was applied at recommended rate and 1.28 kg rai^{-1} of zinc. At final harvest, yield, nitrogen, phosphorus, potassium and zinc contents including some soil chemical properties were analyzed. The pot experiment was conducted at plant nutrition analysis laboratory greenhouse, department of agronomy, faculty of agriculture, Khon Kaen university. Soil series no.33 which containing high available P was used. The experimental design was Factorial in CRD with 3 replications. Factor A was phosphorus levels i.e. (1) control: 16-16-8 at 50 kg rai^{-1} , (2) P1: 16-16-8 at 50 kg rai^{-1} and (3) P2: 16-32-8 at 50 kg rai^{-1} while factor B was zinc levels (1) control: no zinc application, (2) Zn1: zinc application at 0.32 kg rai^{-1} , (3) Zn2: 0.64 at 50 kg rai^{-1} and (4) Zn3: 1.28 at 50 kg rai^{-1} . At 10 months after planting, sugarcane was harvested for yield, nitrogen, phosphorus, potassium and zinc contents including some soil chemical properties were analyzed. Our results found that no effect of zinc application on soil pH, soil moisture including sugarcane growth. However, zinc application at 1.28 kg rai^{-1} tends to improve cane yield and more economic return.

สารบัญ

	หน้า
บทสรุปผู้บริหาร	3
บทคัดย่อ	4
สารบัญ	6
สารบัญตาราง	7
บทที่ 1	
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ	9
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	9
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	9
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	9
บทที่ 2 ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	13
บทที่ 4 ผลการศึกษาและอภิปรายผล	16
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	49
บรรณานุกรม	50
ภาคผนวก	52

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1	ลักษณะเนื้อดิน (soil texture) ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียวปนทราย	20
ตารางที่ 1.2	คุณสมบัติทางเคมี ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียวปนทราย	20
ตารางที่ 1.3	ตารางแสดงจำนวนหน่อต่อตารางเมตร ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียวปนทราย	21
ตารางที่ 1.4	ข้อมูล SCMR ที่ระยะ 4 6 8 10 และ 12 เดือนหลังปลูก ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียวปนทราย	21
ตารางที่ 1.5	ความสูงลำต้นที่ระยะ 4 6 8 10 และ 12 เดือนหลังปลูก ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียวปนทราย	22
ตารางที่ 1.6	การแตกกอที่ระยะ 4 6 8 10 และ 12 เดือนหลังปลูก ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียวปนทราย	22
ตารางที่ 1.7	การยืดปล้องที่ระยะ 10 และ 12 เดือนหลังปลูก ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียวปนทราย	23
ตารางที่ 1.8	ค่า pH ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตรที่ระยะ 9 10 และ 12 เดือนหลังปลูก ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียวปนทราย	23
ตารางที่ 1.9	ความชื้นในดิน ที่ระยะ 9 10 และ 12 เดือนหลังปลูก ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียวปนทราย	24
ตารางที่ 1.10	ผลผลิต และค่าความหวานของอ้อย ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียวปนทราย	25
ตารางที่ 1.11	ปริมาณธาตุอาหารในอ้อยที่ระยะเก็บเกี่ยว ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียวปนทราย	25
ตารางที่ 1.12	ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมี Internal nutrient use efficiency ของอ้อย ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียวปนทราย	26
ตารางที่ 1.13	คุณสมบัติทางเคมีของดินที่ระยะเก็บเกี่ยวอ้อย ที่ระดับความลึก 0-15 ซม. ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียวปนทราย	26
ตารางที่ 1.14	คุณสมบัติทางเคมีของดินที่ระยะเก็บเกี่ยวอ้อย ที่ระดับความลึก 15-30 ซม. ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียวปนทราย	27
ตารางที่ 2.1	ลักษณะเนื้อดิน (soil texture) ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียว	28
ตารางที่ 2.2	คุณสมบัติทางเคมี ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียว	28
ตารางที่ 2.3	ตารางแสดงจำนวนหน่อต่อตารางเมตร ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียว	29
ตารางที่ 2.4	ข้อมูล SCMR ที่ระยะ 4 6 8 10 และ 12 เดือนหลังปลูก ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียว	29
ตารางที่ 2.5	ความสูงลำต้นที่ระยะ 4 6 8 10 และ 12 เดือนหลังปลูก ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียว	30
ตารางที่ 2.6	การแตกกอที่ระยะ 4 6 8 10 และ 12 เดือนหลังปลูก ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียว	30
ตารางที่ 2.7	การยืดปล้องที่ระยะ 10 และ 12 เดือนหลังปลูก ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียว	31
ตารางที่ 2.8	ค่า pH ที่ระยะ 9 10 และ 12 เดือนหลังปลูก ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียว	31

ตารางที่ 2.9	ความชื้นในดิน ที่ระยะ 9 10 และ 12 เดือนหลังปลูก ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียว	32
ตารางที่ 2.10	ผลผลิต และค่าความหวานของอ้อย ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียว	32
ตารางที่ 2.11	ปริมาณธาตุอาหารในอ้อยที่ระยะเก็บเกี่ยว แปลงทดลองดินร่วนเหนียว	33
ตารางที่ 2.12	ประสิทธิภาพการใช้น้ำปุ๋ยเคมี Internal nutrient use efficiency ของอ้อย แปลงทดลองดินร่วนเหนียว	33
ตารางที่ 2.13	คุณสมบัติทางเคมีของดินที่ระยะเก็บเกี่ยว ระดับความลึก 0-15 ซม. ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียว	34
ตารางที่ 2.14	คุณสมบัติทางเคมีของดินที่ระยะเก็บเกี่ยว ระดับความลึก 15-30 ซม. ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียว	35
ตารางที่ 3.1	คุณสมบัติทางเคมีบางประการของดินที่ใช้ในการทดลองในกระถาง	36
ตารางที่ 3.2	ข้อมูล SCMR ที่ระยะ 4 6 8 และ 10 เดือนหลังปลูกงานทดลองในสภาพกระถาง	37
ตารางที่ 3.3	ความสูงลำต้นที่ระยะ 4 6 8 และ 10 เดือนหลังปลูกงานทดลองในสภาพกระถาง	38
ตารางที่ 3.4	การยืดปล้อง ที่ระยะ 8 และ 10 เดือนหลังปลูกงานทดลองในสภาพกระถาง	39
ตารางที่ 3.5	ผลผลิต และค่าความหวานของอ้อย งานทดลองในกระถาง	40
ตารางที่ 3.6	ค่า C.C.S. ในแต่ละกรรมวิธีที่ได้รับระดับฟอสฟอรัสและระดับสังกะสีที่แตกต่างกัน	41
ตารางที่ 3.7	ปริมาณธาตุอาหารในอ้อยที่ระยะเก็บเกี่ยว งานทดลองในกระถาง	42
ตารางที่ 3.8	ประสิทธิภาพการใช้น้ำปุ๋ยเคมี Internal nutrient use efficiency ในอ้อยที่ระยะเก็บเกี่ยว งานทดลองในกระถาง	43
ตารางที่ 3.9	คุณสมบัติทางเคมีบางประการของดินที่ระยะเก็บเกี่ยว ระดับความลึก 0-15 ซม. งานทดลองในกระถาง	44
ตารางที่ 3.10	Mineral N และ Soil total Zn ในแต่ละกรรมวิธีที่ได้รับระดับฟอสฟอรัสและระดับสังกะสีที่แตกต่างกัน	45
ตารางที่ 3.11	คุณสมบัติทางเคมีบางประการของดินที่ระยะเก็บเกี่ยว ระดับความลึก 15-30 ซม. งานทดลองในกระถาง	46
ตารางที่ 4.1	ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจของอ้อยแปลงดินร่วนเหนียวปนทราย	47
ตารางที่ 4.2	ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจของอ้อยแปลงดินร่วนเหนียว	47
ตารางที่ 4.3	ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจ งานกระถาง	48

1. ชื่อโครงการ

อิทธิพลของสังกะสีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและค่าความหวานของอ้อยในพื้นที่ดินต่างและดินนา
ดอนที่มีปริมาณฟอสฟอรัสสูง

(Effect of Zinc on Growth, Yield and Commercial Cane Sugar of Sugarcane Grown
Under Calcareous Soil and Upland Paddy Soil Containing High Available P)

2. ชื่อนักวิจัยและหน่วยงาน

- (1) ผศ.ดร. วรณวิภา แก้วประดิษฐ์ พลพินิจ (หัวหน้าโครงการ)

หน่วยงาน สาขาพืชไร่ ภาควิชา พืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร

ที่อยู่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002

โทรศัพท์/โทรสาร 062 427 4341/ 043 364 636 E-mail wanwka@kku.ac.th

- (2) ศ.ดร.อนันต์ พลธานี

หน่วยงาน สาขาพืชไร่ ภาควิชา พืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร (ผู้ร่วมวิจัย)

ที่อยู่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002

โทรศัพท์ 081 047 7800 โทรสาร 043 364636 E-mail panan@kku.ac.th

- (3) ดร. ศรีสุตา ทิพย์รักษ์ (ผู้ร่วมวิจัย)

ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

โทรศัพท์ 043 203-506 โทรสาร 043 203 505 e-mail address: tsisuda@hotmail.com

ที่ปรึกษาโครงการวิจัย

ดร.บวรียง ทুমแสน

ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002

โทรศัพท์ 0-4334-2949 โทรสาร 0-4336-4636 e-mail address: banyang@kku.ac.th

3. วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 3.1 เพื่อทดสอบอิทธิพลของการให้สังกะสีและปริมาณน้ำในระดับที่ต่างกันต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และค่า CCS ของอ้อยที่ถูกปลูกในดินต่างภายใต้สภาพไร่
- 3.2 เพื่อทดสอบอิทธิพลของการให้สังกะสีในระดับที่ต่างกันต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและค่า CCS ของอ้อยที่ถูกปลูกในดินนาที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่สูงภายใต้สภาพกระถาง
- 3.3 วิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากอิทธิพลของการให้สังกะสีต่อผลผลิตของอ้อยที่ถูกปลูกทั้งในสภาพไร่และกระถาง

ขอบเขตของงานทดลอง

งานทดลองในสภาพแปลงดินต่างที่มีปริมาณสังกะสีต่ำ 2 สถานที่และงานทดลองในสภาพกระถาง โดยใช้ดินในกลุ่มชุดดินที่ 33 ซึ่งมีปริมาณฟอสฟอรัสสูง

ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) เกษตรกรชาวไร่อ้อยที่เพาะปลูกอ้อยในสภาพดินต่าง ได้ทราบแนวทางการจัดการธาตุสังกะสี เพื่อการผลิตอ้อยอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน
- 2) เกษตรกรชาวไร่อ้อยที่เพาะปลูกอ้อยนาตอนที่มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงสามารถเพิ่มผลิตอ้อยนาตอนต่อพื้นที่ได้สูงมากยิ่งขึ้น

บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

สถานการณ์การผลิตอ้อย

อ้อยเป็นวัตถุดิบของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลที่มีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศไทย ในปีการผลิต 2556/2557 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกอ้อยรวม 8.4 ล้านไร่ ผลผลิตรวมกว่า 104 ล้านตัน และมีผลผลิตเฉลี่ย 12.4 ตันต่อไร่ (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2558) การผลิตอ้อยและน้ำตาลของประเทศไทยมีแนวโน้มที่จะเพิ่มมากขึ้นเพื่อให้เพียงพอกับความต้องการของโรงงานน้ำตาลที่เพิ่มจำนวนขึ้นเช่นกัน ดังนั้นการผลิตอ้อยและน้ำตาลจึงจำเป็นต้องอย่างยิ่งที่จะเพิ่มศักยภาพเพื่อตอบสนองต่อความต้องการวัตถุดิบของโรงงานน้ำตาลที่เพิ่มขึ้น

ดินต่างคือดินที่มีค่าความเป็นกรดต่างสูงกว่า 7 เป็นดินที่มีปัญหาที่สำคัญของประเทศไทย มีพื้นที่กระจายตัวประมาณ 800,00 ไร่ พืชที่ถูกปลูกในพื้นที่ดินต่างนั้นจะมีผลผลิตต่อพื้นที่ต่ำ (บุญแสน, มปป) ในขณะที่ความต้องการอ้อยเข้าโรงงานมีเพิ่มสูงขึ้น ทั้งโรงงานน้ำตาลมีความต้องการอ้อยซึ่งเป็นวัตถุดิบเพิ่มมากขึ้น รัฐบาลยังกำหนดนโยบายส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกอ้อยในพื้นที่นาดอน ตามแผนงานตามนโยบายของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (1 ก.พ. 2558 - 31 ม.ค. 2559) เพื่อปรับพื้นที่ปลูกข้าวที่ไม่เหมาะสมเป็นพื้นที่ปลูกอ้อยโรงงาน 700,000 ไร่ (แถลงนโยบายขับเคลื่อนงานกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2558) แต่อย่างไรก็ตามพื้นที่นาดอนเดิมที่เคยเพาะปลูกติดต่อกันยาวนานหรือดินที่มีวัตถุต้นกำเนิดดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่สูง อาจจะมีปัญหาเรื่องผลผลิตอ้อยต่อพื้นที่

ปัญหาการผลิตอ้อยในพื้นที่ดินต่าง

ดินต่างคือดินที่มีค่าความเป็นกรดต่างสูงกว่า 7 เป็นดินที่มีปัญหาที่สำคัญของประเทศไทย มีพื้นที่กระจายตัวประมาณ 800,00 ไร่ พืชที่ถูกปลูกในพื้นที่ดินต่างนั้นจะมีผลผลิตต่อพื้นที่ต่ำ (บุญแสน, มปป) เนื่องจากในสภาพดังกล่าวนี้ลดความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งสังกะสี (Mengel and Kirkby, 1987) เนื่องจากสังกะสี (Zn) จะละลายน้ำได้ดีที่ pH ต่ำกว่า 5.0 แต่เมื่อ pH สูงกว่า 7.0 สังกะสีจะเปลี่ยนจากไอออนบวกไปเป็นลบ ในรูป zincate ซึ่งละลายได้ยาก จึงเป็นประโยชน์แก่พืชน้อยลง ธาตุอาหารพืชในสารละลายดินที่ดินมีสภาพต่างนั้น จึงอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชน้อย อ้อยที่ถูกปลูกในพื้นที่ดินต่างจึงได้รับธาตุอาหารน้อยส่งผลให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อยต่ำตามไปด้วย (Gasho et al., 1993)

ปัญหาการผลิตอ้อยในเขตดินทราย

เนื้อดินของพื้นที่เพาะปลูกอ้อยที่เป็นดินทราย ซึ่งมีความสามารถในการรักษาความชื้นในดินได้ต่ำ อีกทั้งยังมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) ต่ำอีกด้วย ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกนั้นจะช่วยให้ดินสามารถรักษาธาตุอาหารที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของอ้อย ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมไว้ในเขตรากพืช หากดินมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกต่ำย่อมทำให้ดินสูญเสียธาตุอาหารต่างๆได้อย่างรวดเร็ว เมื่อเกษตรกรใส่ปุ๋ยลงสู่แปลงอ้อย ดินก็ไม่สามารถเก็บธาตุอาหารไว้ได้ ผลผลิตอ้อยต่อพื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจึงต่ำมากและมีความสามารถในการไว้ต่อได้เพียง 1-2 ต่อเท่านั้น (Hemwong et al., 2008)

สถานะธาตุอาหารในสภาพนาดอน

พื้นที่การเกษตรที่ได้รับการเพาะปลูก โดยเฉพาะอย่างยิ่งได้รับปุ๋ยเคมีติดต่อกันอย่างยาวนาน มักมีแนวโน้มที่จะเกิดการสะสมปุ๋ยฟอสฟอรัสซึ่งเป็นปุ๋ยที่ละลายออกมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ค่อนข้างช้า ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในสารละลายดินนั้นมีปริมาณสูงตามไปด้วย นอกจากนี้ดินที่มีความชื้นในดินที่สูงรวมไปถึงสภาพน้ำขังนั้นจะส่งเสริมให้ฟอสฟอรัสถูกปลดปล่อยออกมาสู่สารละลายดินในปริมาณมาก (Loeb et al., 2008a; Loeb et al., 2008b) เนื่องจากในสภาพความชื้นสูงนั้น ธาตุอาหารในสารละลายดินจะถูกใช้เป็นตัวรับอิเล็กตรอนผ่านการรีดิวซ์ เช่น NO_3^- , Mn^{4+} , Fe^{3+} และ SO_4^{2-} ภายหลังการรีดิวซ์ Fe^{3+} นั้นจะถูกเปลี่ยนเป็น Fe^{2+} พร้อมๆกับการปลดปล่อยฟอสฟอรัสให้ออกมาเป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นอีก ดังนั้นจะเห็นได้ว่าในสภาพนาดอนที่ได้รับปุ๋ยเคมีอย่างต่อเนื่องมีแนวโน้มสะสมฟอสฟอรัสอย่างมาก

พฤติกรรมของฟอสฟอรัสและสังกะสี

ปริมาณที่สูงของฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชนั้นสามารถขัดขวางการดูดใช้ธาตุสังกะสี (Mengel and Kirkby, 1987) ได้ เนื่องจากธาตุอาหารทั้งสองนั้นมีปฏิสัมพันธ์กันแบบเป็นปฏิปักษ์ต่อกัน (antagonism) ส่งผลให้อ้อยมีปริมาณสังกะสีในต้นอ้อยที่ลดลงตามไปด้วย (Broadley et al., 2012) สอดคล้องกับ กอบเกียรติ และคณะ (2554) ที่กล่าวว่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในพืชที่มากเกินไปนั้น จากการจัดการดินและปุ๋ยไม่เหมาะสม เกิดการสะสมฟอสฟอรัสในดินมากเกินไป ขัดขวางการดูดใช้ธาตุอื่นๆ มีธาตุสังกะสีและแมกนีเซียมในอ้อยน้อยกว่าปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ในขณะที่สังกะสีนั้นช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ carbonic anhydrase ซึ่งเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปว่ามีความสำคัญอย่างมากในพืช C_4 ทำให้พืช C_4 มีความเข้มข้นของ HCO_3^- ภายในไซโตซอลมากกว่าความเข้มข้นของ CO_2 ในพืช C_3 กว่า 10 เท่า อันส่งผลให้พืช C_4 นั้นมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงตามไปด้วย จึงกล่าวได้ว่าสังกะสีนั้นสำคัญอย่างมากต่ออ้อยซึ่งเป็นพืช C_4 ในแง่กระบวนการสังเคราะห์อันเป็นแหล่งในการสร้างน้ำตาลและน้ำหนักลำ นอกจากนี้ยังพบว่าพืชที่ขาดสังกะสีจะมีอัตราการยืดตัวของข้อปล้องลดลง สังกะสีมีความจำเป็นในการสังเคราะห์ IAA (Indole Acetic Acid) ที่จำเป็นในการยืดตัวของข้อปล้อง ดังนั้นหากสารละลายดินมีฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในปริมาณสูงย่อมชักนำให้อ้อยดูดใช้สังกะสีได้อย่างไม่เพียงพอ

การศึกษาสังกะสีในอ้อย

สังกะสีในดินอาจมีปริมาณเพียงเล็กน้อย นอกจากนี้ยังสามารถถูกชะล้างหายไปจากหน้าตัดของดินได้ โดยเฉพาะในดินทรายที่มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกต่ำ สังกะสีจะเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ ฮอรโมนออกซินที่ปลายยอด ใบอ่อนและตาอ่อน ดังนั้นในกรณีของอ้อยหากขาดสังกะสีจะทำให้ลำต้น แคร่แกร็น การแตกกอ ลดลง ปล้องสั้น ใบเล็ก มีแถบ สีซีดจางทั้งสองข้างของเส้นกลางใบ (ปรีชา และคณะ, 2543 อ้างตาม รัชนิ และคณะ 2554) ณัฐฤณี และคณะ (มปป.) พบว่าการให้สังกะสีทางดินในอัตรา 8 กิโลกรัมต่อไร่ส่งผลให้อ้อยมีผลผลิตสูงกว่าอ้อยที่ไม่ได้รับปุ๋ยสังกะสี พืชดูดใช้สังกะสีโดยทั่วไปไม่น้อยกว่า 0.5 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ต่อปี ซึ่งในพืชที่ขาดสังกะสีนั้นสามารถให้ปุ๋ยสังกะสีทั้งทางใบและทางดิน การให้ปุ๋ยสังกะสีในอัตราประมาณ 4 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์จะแก้ไขอาการขาดสังกะสีได้ 3 ถึง 8 ปี (Mengel and Kirkby, 1987)

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานทดลองประกอบด้วยงานทดลองในสภาพแปลง 2 สถานที่และงานทดลองในสภาพกระถาง 1 งานทดลอง

(3.1) งานทดลองในสภาพแปลง

ดำเนินงานทดลอง ณ สถานีทดลองและขยายพันธุ์อ้อยชัยภูมิ ตำบลทุ่งนาเลา อำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิและแปลงเกษตรกรตำบลห้วยยาง อำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ ซึ่งทั้งสองสถานที่ห่างกันประมาณ 7 กิโลเมตร

แบบการวิจัย

วางแผนงานทดลองแบบ RCBD 4 ซ้ำ

ขั้นตอนและวิธีในการวิจัย การเก็บข้อมูล การกำหนดพื้นที่

เลือกแปลงทดลองในสภาพดินต่างที่มีปริมาณสังกะสีต่ำ 2 สถานที่ ซึ่งอยู่ในเขตสถานีตรวจอากาศเดียวกัน แปลงทดลองขนาด 10.8 x 6 ตร.ม. ดำเนินการจัดการปลูกอ้อยพันธุ์ csb. 2006-4-162 โดยยกร่องกว้าง 1.8 เมตร วางพันธุ์อ้อยแบบวางลำคู่ การใส่ปุ๋ยพร้อมปลูกสูตร 16-16-8 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่

การให้ปุ๋ย 4 กรรมวิธีกล่าวคือ

- 1) Control กรรมวิธีควบคุม ให้ปุ๋ยเคมีสูตรและอัตราแนะนำ
- 2) Zn1 ให้ปุ๋ยเคมีสูตรและอัตราแนะนำรวมกับการให้ Zn อัตรา 0.32 กิโลกรัมต่อไร่พร้อมปลูก
- 3) Zn2 ให้ปุ๋ยเคมีสูตรและอัตราแนะนำรวมกับการให้ Zn อัตรา 0.64 กิโลกรัมต่อไร่พร้อมปลูก
- 4) Zn3 ให้ปุ๋ยเคมีสูตรและอัตราแนะนำรวมกับการให้ Zn อัตรา 1.28 กิโลกรัมต่อไร่พร้อมปลูก

เมื่ออ้อยอายุ 12 เดือนหลังปลูก ดำเนินการเก็บเกี่ยวอ้อยเพื่อประเมินผลผลิตและวิเคราะห์ปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมและสังกะสีภายในต้นอ้อย

การเก็บข้อมูลแบ่งออกเป็น

(i) ข้อมูลดินก่อนการทดลอง

สุ่มเก็บตัวอย่างดินก่อนการทดลองที่ระดับความลึก 2 ระดับ ได้แก่ ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร จากพื้นที่ 6 x 10 ตารางเมตร เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี

ก. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของดิน

1. ลักษณะเนื้อดิน (soil texture) ร่อนดินผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร หรือขนาด 10 เมช (mash) เพื่อหา ลักษณะเนื้อดิน (% sand, % silt, % clay) โดยวิธี Hydrometer (Kilmer and Mullins, 1954)
2. ความชื้นในดิน (moisture content in soil) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547)

$$\text{ความชื้นในดิน} = \frac{\text{น้ำหนักดินก่อนอบ} - \text{น้ำหนักดินหลังอบ}}{\text{น้ำหนักดินหลังอบ} - \text{น้ำหนักกระป๋อง}} \times 100$$

ข. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดิน

1. ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน (soil pH) โดยวิธี pH meter (potentionmetric method) ในสัดส่วนดินต่อน้ำ เท่ากับ 1: 2.5 จากนั้นนำไปวัดด้วยเครื่อง pH meter และบันทึกผลค่าที่ได้เป็น soil pH measured in water EC meter (Black, 1965)
2. ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (electrical conductivity; EC) โดยวิธี EC meter ในสัดส่วนดินต่อน้ำเท่ากับ 1: 5 จากนั้นนำไปวัดด้วยเครื่อง และบันทึกผลการวัดเป็นหน่วย dS m^{-1} (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547)
3. ความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน (cation exchange capacity; CEC) โดยวิธี Ammonium acetate extract ของ Schollerger and Simmon (1945) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547) ด้วยเครื่องวิเคราะห์ธาตุอาหารพืชแบบอัตโนมัติ (Flow Injection Analyzer; FIA) และนำค่าที่อ่านได้จากเครื่อง FIA ไปคำนวณหาค่า CEC จากสูตรสำเร็จ ดังนี้

$$\text{CEC (c mol/kg)} = \frac{[(\text{ppm NH}_4^+ \text{ จากเครื่อง FIA}) \times B \times 100 \times 10^3]}{[A \times 10^6 \times 14.007]}$$

เมื่อ A คือ น้ำหนักดินที่ใช้ในการสกัด (กรัม)

B คือ ปริมาณของสารละลาย 1 N KCl ที่ใช้ในการชะดินเพื่อทำการแลกเปลี่ยนแอมโมเนียม (NH_4^+) ที่ดูดซับกับอนุภาคดิน (มิลลิลิตร)

4. อินทรีย์วัตถุในดิน (soil organic matter; OM) โดยวิธี Wet oxidation ของ Walkley and Black (1934) และสามารถใช้สูตรสำเร็จในการคำนวณ ดังนี้

$$\% \text{ organic matter} = \frac{[0.6717 \times (\text{DE} - \text{CB})]}{A}$$

เมื่อ A คือ น้ำหนักของตัวอย่างดิน (กรัม)

B คือ ปริมาณสารละลาย FeSO_4 ที่ใช้ไตเตรตกับตัวอย่างดิน (มิลลิลิตร)

C คือ ความเข้มข้นของสารละลาย FeSO_4 ที่ใช้ (N)

D คือ ความเข้มข้นของสารละลาย $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ที่ใช้ (N)

E คือ ปริมาตรของสารละลาย $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ที่ใช้ (มิลลิลิตร)

5. อนินทรีย์ไนโตรเจนในดิน (mineral N in soil; NO_3^- , NH_4^+) เติม 2 N KCl ในอัตราส่วน 1: 5 (ดินเปียก 20 กรัม: 2 N KCl 100 มิลลิลิตร) และนำไปวิเคราะห์หาอนินทรีย์ไนโตรเจน โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ธาตุอาหารพืชแบบอัตโนมัติ (Flow Injection Analyzer; FIA) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547)
6. ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (total N in soil) โดยการย่อยตามวิธี Kjeldahl nitrogen method และวิเคราะห์ไนโตรเจน โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ธาตุอาหารพืชแบบอัตโนมัติ (Flow Injection Analyzer; FIA) และสามารถใช้สูตรสำเร็จในการคำนวณ ดังนี้ (Jackson, 1967)

$$\% \text{ N} = \frac{\text{ppm N} \times 75 \times 100}{A \times 10^6}$$

เมื่อ A คือ น้ำหนักของตัวอย่างดินที่ใช้ในการย่อยตัวอย่าง (กรัม)

ppm N คือ ค่าที่อ่านได้จากเครื่อง Flow Injection Analyzer (FIA)

7. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (available P in soil) โดยวิธี Murphy and Riley ตามวิธี Bray II ของ Bray and Kurtz (1945) วัดความเข้มข้นสีของสารละลายด้วยเครื่อง spectrophotometer นำค่าที่ได้มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับค่าที่อ่านได้ และสามารถคำนวณหาความเข้มข้นของ P ในตัวอย่างได้จากสูตรสำเร็จ ดังนี้

$$\text{Available P (mg/kg)} = \frac{(\text{ppm P จาก std. curve} \times B \times D)}{(A \times C)}$$

เมื่อ A คือ น้ำหนักดินที่ใช้สกัด (กรัม)

B คือ ปริมาตรน้ำยา Bray II ที่ใช้สกัด (มิลลิลิตร)

C คือ ปริมาตรสารสกัดที่ใช้ในการปรับสี (มิลลิลิตร)

D คือ ปริมาตรสุดท้ายที่ปรับสี (มิลลิลิตร)

ppm จาก std. curve = (ค่า Abs. / Y จากสมการ linear regression)

8. ปริมาณโพแทสเซียมและแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (extractable K, Ca in soil) โดยวิธี Ammonium acetate เป็นตัวสกัด วิเคราะห์หาปริมาณโพแทสเซียมและแคลเซียมด้วยเครื่อง Flame photometer นำค่าที่ได้มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับค่าที่อ่านได้ และสามารถคำนวณหาความเข้มข้นของโพแทสเซียมและแคลเซียมในตัวอย่างได้จากสูตรสำเร็จ ดังนี้ (Pratt, 1965)

$$\text{Extractable K, Ca (mg/kg)} = \frac{(\text{ppm P จาก std. curve} \times B \times D)}{(A \times C)}$$

เมื่อ A คือ น้ำหนักดินที่ใช้สกัด (กรัม)

B คือ ปริมาตรของสารละลาย 1 N ammonium acetate ที่ใช้สกัด (มิลลิลิตร)

C คือ ปริมาตรของสารละลายตัวอย่าง ที่ใช้ในการเจือจาง (มิลลิลิตร)

D คือ ปริมาตรที่ปรับหลังทำการเจือจาง (มิลลิลิตร)

ppm จาก std. curve = (ค่า Abs. / Y จากสมการ linear regression)

9. ปริมาณสังกะสีในดิน วิเคราะห์โดยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer
10. ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดิน (total P)

(ii) ข้อมูลการเจริญเติบโตของอ้อย

1) เปอร์เซ็นต์ความงอก

นับจำนวนหน่อแรกที่เกิดในดิน เมื่ออ้อยอายุ 2 เดือน เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความงอกเฉลี่ยต่อแปลงในแต่ละซ้ำ

2) ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ

สุ่มวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ 5 ใบต่อแปลง (วัดจากลำที่สุ่มนับจำนวนต้นต่อกอ) เมื่ออ้อยอายุ 4, 6, 8, 10 และ 12 เดือนหลังปลูก จะวัดจากใบที่อยู่ส่วนยอดสุด (ควรเป็นใบที่แพร่ขยายเต็มที่แล้ว หรือใบที่ 2) ใช้เครื่อง SPAD chlorophyll meter ในการวัด โดยสุ่มวัด 3 จุดต่อใบ บริเวณโคน กลาง และปลายใบ คำนวณค่าเฉลี่ยของแต่ละใบ แล้วหาค่าเฉลี่ยต่อแปลงในแต่ละซ้ำ

(iii) ข้อมูลอ้อยระยะเก็บเกี่ยว

ทำการเก็บข้อมูลเมื่ออ้อยอายุ 12 เดือน ณ วันที่ 25 ธันวาคม 2559 แปลงทดลองดินร่วนเหนียวปนทรายและวันที่ 26 ธันวาคม 2559 แปลงทดลองดินร่วนเหนียว

โดยเก็บข้อมูลจาก 4 แถวกลาง ยกเว้นต้นหัว-ท้ายแถว และยกเว้น 2 แถวริม บันทึกข้อมูลดังนี้

1) นับจำนวนลำ

เก็บข้อมูลจากพื้นที่เก็บเกี่ยว เพื่อคำนวณเป็นจำนวนลำต่อพื้นที่ จากนั้นทำการตัดลำต้นอ้อย โดยจะตัดลำต้นให้ชิดดินตัดช่อดอกและตึงใบออก แล้วจึงนำไปชั่งน้ำหนักสดเพื่อคำนวณผลผลิตต้นสดเป็นต้นต่อไร่

2) ค่าความหวาน (องศาบริกซ์)

เก็บข้อมูลจากพื้นที่เก็บเกี่ยว จำนวน 4 ซ้ำ ตรววัด 3 จุด โดยวิธีเจาะน้ำหวานจากลำต้นอ้อยบริเวณส่วนยอด กลาง และโคนต้น ซึ่งวัดจาก 5 ต้นเดิมที่เก็บบันทึกข้อมูลจำนวนต้นต่อกอในข้อ 1) โดยใช้ hand refractometer แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์บริกซ์

3) ค่า C.C.S. (commercial cane sugar)

เก็บข้อมูลจากพื้นที่เก็บเกี่ยวจำนวน 4 ซ้ำ โดยวัดจาก 5 ต้นเดิมที่เก็บบันทึกข้อมูลจำนวนต้นต่อกอในข้อ 2) ค่า C.C.S. คำนวณจากสูตร (Blackburn, 1984)

$$C.C.S. = \frac{3P}{2} (1 - \frac{E}{100} + 5) - \frac{B}{2} (1 - \frac{E}{100} + 3)$$

เมื่อ P คือ เปอร์เซ็นต์โพลาไรเซชันของน้ำอ้อยที่หีบด้วยลูกหีบชุดแรก

F คือ ค่าบริกซ์ของอ้อยที่หีบด้วยลูกหีบชุดแรก

F คือ เปอร์เซ็นต์ไฟเบอร์ในอ้อย

(iv) ข้อมูลดินหลังเก็บเกี่ยวอ้อย

สุ่มเก็บตัวอย่างดินหลังการทดลองจากแปลงที่ได้รับปุ๋ยเคมี ที่ระดับความลึก 2 ระดับ ได้แก่ ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดินประกอบด้วย ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน (soil pH) ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (electrical conductivity; EC) ปริมาณความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน (cation exchange capacity; CEC) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (soil organic matter; OM) ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (total N in soil) อนินทรีย์ไนโตรเจนในดิน (mineral N in soil; NO_3^- , NH_4^+) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (available P in soil) ฟอสฟอรัสทั้งหมดในดิน (total P) และโพแทสเซียม แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (extractable K, Ca in soil) ปริมาณสังกะสีในดินโดยวิธีเช่นเดียวกับตัวอย่างดินก่อนการทดลอง

(v) ข้อมูลปริมาณธาตุอาหารในอ้อยที่ระยะเก็บเกี่ยว

สุ่มเก็บตัวอย่างอ้อย เพื่อวิเคราะห์ธาตุอาหารแต่ละชนิดในต้นอ้อยดังนี้

1) ไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen)

โดยวิธี Micro Kjeldahl (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547) วิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนโดยใช้เครื่อง Flow Injection Analyzer (FIA) และสามารถใช้สูตรสำเร็จในการคำนวณปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ดังนี้

$$= \frac{\text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน} \times \text{น้ำหนักแห้ง}}{100}$$

100

2) ฟอสฟอรัสทั้งหมด (total phosphorus)

โดยย่อยตัวอย่างพืชด้วยกรดไนตริก (HNO_3) และกรดเปอร์คลอริก (HClO_4) แล้ววิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดด้วยเครื่อง Spectrophotometer (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547)

3) โพแทสเซียม (total potassium)

นำสารละลายที่สกัดจากตัวอย่างพืชมา dilute และนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Flame photometer (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547)

4) สังกะสีทั้งหมด (total zinc)

นำสารละลายที่สกัดจากตัวอย่างพืชวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีโดยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer

(vi) ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมีในของอ้อย

คำนวณประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมและสังกะสีได้แก่ IE และ AE ซึ่ง IE หรือ Internal nutrient use efficiency คำนวณจากสัดส่วนของการดูดใช้ในโตรเจน ฟอสฟอรัสโพแทสเซียมและสังกะสีในลำอ้อยต่อการดูดใช้ในโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมและสังกะสีทั้งหมดในต้นพืช (kg kg^{-1}) และ AE คำนวณจากการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักลำอ้อยเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุมต่อปริมาณปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมและสังกะสีที่ให้ (kg kg^{-1}) (Kaewpradit et al., 2009)

(3.2) งานทดลองในสภาพกระถาง

แบบการวิจัย

วางแผนงานทดลองแบบ Factorial in CRD 3 ซ้ำ

ขั้นตอนและวิธีในการวิจัย การเก็บข้อมูล การกำหนดพื้นที่

ดำเนินงานทดลองในสภาพกระถาง ณ เรือนทดลอง ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ธาตุอาหารพืช สาขาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์

โดยใช้ดินในกลุ่มชุดดินที่ 33 ซึ่งมีปริมาณฟอสฟอรัสในดินสูง ก่อนทำการทดลองนำดินมาตากและร่อนผ่านตะแกรงเพื่อแยกเอาเศษหินและรากพืชออก จากนั้นบรรจุดินลงกระถางซึ่งมีความกว้างและสูงประมาณ 1 ฟุต บรรจุดินลงในกระถางให้มีความหนาแน่นรวม 1.5 g cm^{-3} จากนั้นให้น้ำในระดับความจุความชื้นสนาม แล้วจึงดำเนินการจัดการปลูกอ้อยพันธุ์ csb. 2006-4-162 ทำการปลูกอ้อยโดยวางท่อนพันธุ์อ้อยกระถางละ 2 ตา ภายหลังการปลูกให้น้ำอ้อยทุก 1 ถึง 2 วันตลอดงานทดลอง โดยคำนวณปริมาณน้ำที่ให้ปริมาณการใช้น้ำ ตามวิธีของ Doorenbos and Pruiit (1992) โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยจาก FAO (2013) เมื่ออ้อยอายุได้ 1 เดือนดำเนินการถอนแยก

ให้เหลือหนึ่งต้นต่อกระถาง การใส่ปุ๋ยนั้นใส่พร้อมปลูก วางแผนงานทดลองแบบ Factorial in CRD 3 ซ้ำ กำหนดให้ Factor A เป็นระดับของการให้ปุ๋ยฟอสฟอรัส กล่าวคือ

- (i) control
ปุ๋ยเคมีสูตร 16-0-8 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่
- (ii) P1
ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-8 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ และ
- (iii) P2
ปุ๋ยเคมีสูตร 16-32-8 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่

ในขณะที่ Factor B กำหนดเป็นการให้ปุ๋ยสังกะสี 4 กรรมวิธีกล่าวคือ

- (1) ควบคุม
ให้ปุ๋ยเคมีแต่ไม่ให้ปุ๋ยสังกะสี
- (2) Zn1
ให้ปุ๋ยเคมีร่วมกับการให้ Zn อัตรา 0.32 กิโลกรัมต่อไร่พร้อมปลูก
- (3) Zn2
ให้ปุ๋ยเคมีร่วมกับการให้ Zn อัตรา 0.64 กิโลกรัมต่อไร่พร้อมปลูก
- (4) Zn3
ให้ปุ๋ยเคมีร่วมกับการให้ Zn อัตรา 1.28 กิโลกรัมต่อไร่พร้อมปลูก

เมื่ออ้อยอายุ 10 เดือนหลังปลูก ดำเนินการเก็บเกี่ยวอ้อยเพื่อประเมินผลผลิตและวิเคราะห์ปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมภายในต้นอ้อย

การเก็บข้อมูลแบ่งออกเป็น

(i) ข้อมูลดินก่อนการทดลอง

วิธีการเช่นเดียวกับที่กล่าวไปแล้วเบื้องต้น

(ii) ข้อมูลการเจริญเติบโตของอ้อย

วิธีการเช่นเดียวกับที่กล่าวไปแล้วเบื้องต้น

(iii) ข้อมูลอ้อยระยะเก็บเกี่ยว

เก็บข้อมูลจำนวนลำต่อต้น น้ำหนักลำต่อต้นและค่าความหวาน เช่นเดียวกับที่กล่าวไปแล้วเบื้องต้น

(iv) ข้อมูลดินหลังเก็บเกี่ยวอ้อย

วิธีการเช่นเดียวกับที่กล่าวไปแล้วเบื้องต้น

(v) ข้อมูลปริมาณธาตุอาหารในอ้อยที่ระยะเก็บเกี่ยว

วิธีการเช่นเดียวกับที่กล่าวไปแล้วเบื้องต้น

(vi) ประสิทธิภาพการให้ปุ๋ยเคมีในของอ้อย

วิธีการเช่นเดียวกับที่กล่าวไปแล้วเบื้องต้น

การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจนั้น พิจารณาโดยใช้ราคาอ้อยขึ้นตันปี 59/60 ราคา 1049.78 บาทคำนวณกับ น้ำหนักอ้อยแต่ละกรรมวิธี แล้วจึงคิดค่าความหวานตาม CCS ๗๖ 62.99 บาท ตามประกาศสำนักคณะกรรมการอ้อย และน้ำตาลทราย เรื่อง การกำหนดราคาอ้อยขึ้นตันและผลตอบแทนการผลิตและจำหน่ายน้ำตาลทรายขึ้นตัน ฤดูกาลผลิตปี 2559/2560 จากนั้นคำนวณราคาค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ยสังกะสีในแต่ละกรรมวิธี จึงได้รายได้สุทธิหลังหักต้นทุนปุ๋ยสังกะสี

บทที่ 4 ผลการศึกษาและอภิปรายผล

4.1 งานทดลองในสภาพแปลง

ดำเนินงานทดลอง ณ สถานีทดลองและขยายพันธุ์อ้อยชัยภูมิ ตำบลทุ่งนาเลา อำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ และแปลงเกษตรกรตำบลห้วยยาง อำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ ซึ่งทั้งสองสถานที่ห่างกันประมาณ 7 กิโลเมตร ดำเนินการจัดการปลูกอ้อยพันธุ์ csb. 2006-4-162 โดยยกร่องกว้าง 1.8 เมตร วางพันธุ์อ้อยแบบลำคู่ การใส่ปุ๋ยพร้อมปลูกสูตร 16-16-8 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ โดยปลูกอ้อย แปลงสถานีทดลองและขยายพันธุ์อ้อยชัยภูมิ ตำบลทุ่งนาเลา อำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิซึ่งดินมีลักษณะเนื้อดินร่วนเหนียวปนทราย ในวันที่ 25 ธันวาคม 2558 และแปลงเกษตรกรตำบลห้วยยาง อำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิซึ่งดินมีลักษณะเนื้อดินร่วนเหนียว ในวันที่ 26 ธันวาคม 2558

(1) แปลงทดลองดินร่วนเหนียวปนทราย ณ สถานีทดลองและขยายพันธุ์อ้อยชัยภูมิ ตำบลทุ่งนาเลา อำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ

ดินที่ระดับ 0-15 ซม. และ 15-30 ซม. มีลักษณะเนื้อดิน (soil texture) และคุณสมบัติทางเคมีดังแสดงในตารางที่ 1.1 และ 1.2

ตารางที่ 1.1 ลักษณะเนื้อดิน (soil texture) ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียวปนทราย

ระดับความลึก (cm)	% Sand	% Silt	% Clay	ลักษณะเนื้อดิน
0-15	47.7	23.7	28.6	ร่วนเหนียวปนทราย
15-30	46.7	23.3	30.0	ร่วนเหนียวปนทราย

ตารางที่ 1.2 คุณสมบัติทางเคมี ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียวปนทราย

ระดับความลึก (cm)	pH (H ₂ O)	EC (dS/m)	CEC (c mol/kg)	OM (%)	Total N (%)	Available P (mg/kg)	Total P (mg/kg)	Extractable		Available Zn (mg/kg)
								K	Ca	
0-15	7.7	0.1253	19.515	2.314	0.104	126.29	330.89	82.21	3,322.25	1.4
15-30	7.7	0.1139	22.715	2.127	0.114	152.38	367.01	85.28	3,176.75	1.7

ตารางที่ 1.3 ตารางแสดงจำนวนหน่อต่อตารางเมตร ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียวปนทราย

Treatment	จำนวนหน่อต่อตารางเมตร
	2 เดือน
ระดับปุ๋ย Zn	
Zn0	5.50
Zn1	5.12
Zn2	5.37
Zn3	5.87
F- test	ns
C.V. (%)	19.30

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย LSD
ดำเนินการเก็บข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความงอก โดยนับจำนวนหน่อแรกที่โผล่พ้นดิน เมื่ออ้อยอายุ 2 เดือน เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความงอกเฉลี่ยต่อแปลงในแต่ละซ้ำ ที่ระยะ 2 เดือนหลังปลูก ดังแสดงในตารางที่ 1.3

จากข้อมูลในตารางพบว่าการให้สังกะสีในอัตราที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอก ในอ้อยที่ระยะ 2 เดือนหลังปลูก

ตารางที่ 1.4 ข้อมูล SCMR ที่ระยะ 4 6 8 10 และ 12 เดือนหลังปลูก ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียวปนทราย

Treatment	SPAD chlorophyll meter reading (SCMR)				
	4 month	6 month	8 month	10 month	12 month
ระดับปุ๋ย Zn					
Zn0	40.79	46.81	46.72	40.21	32.45
Zn1	44.71	44.56	46.22	40.24	34.47
Zn2	41.30	46.19	46.54	40.46	32.12
Zn3	41.49	46.92	46.76	39.95	30.150
F- test	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	7.02	5.95	5.39	5.72	11.49

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย LSD

จากข้อมูลในตารางพบว่าการให้สังกะสีในอัตราที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อค่า SCMR ในอ้อยที่ระยะ 4 6 8 10 และ 12 เดือนหลังปลูก แสดงให้เห็นว่าระดับของสังกะสีในงานทดลองไม่ส่งผลต่อการประเมินกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงทางอ้อมโดยใช้ SPAD

ตารางที่ 1.5 ความสูงลำต้นที่ระยะ 4 6 8 10 และ 12 เดือนหลังปลูก ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียวปนทราย

Treatment	ความสูงลำต้น (เซนติเมตร)				
	4 month	6 month	8 month	10 month	12 month
ระดับปุ๋ย Zn					
Zn0	37.86	129.47	167.44	277.66	310.16
Zn1	49.17	142.94	179.25	294.56	331.09
Zn2	41.90	131.84	175.78	279.22	312.66
Zn3	42.64	136.05	173.62	280.16	323.59
F- test	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	24.21	15.01	13.49	7.14	6.48

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย LSD

จากข้อมูลในตารางพบว่าการให้สังกะสีในอัตราที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อความสูงของลำต้นอ้อยที่ระยะ 4 6 8 10 และ 12 เดือนหลังปลูก

ตารางที่ 1.6 การแตกกอที่ระยะ 4 6 8 10 และ 12 เดือนหลังปลูก ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียวปนทราย

Treatment	การแตกกอ (หน่อ/กอ)				
	4 month	6 month	8 month	10 month	12 month
ระดับปุ๋ย Zn					
Zn0	4.87	5.25	5.12	5.00	4.80
Zn1	4.62	5.12	5.25	5.12	4.84
Zn2	5.00	5.37	5.37	4.87	5.01
Zn3	4.62	5.12	5.25	5.12	5.44
F- test	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	20.62	15.02	15.41	14.65	19.25

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย LSD

จากข้อมูลในตารางพบว่าการให้สังกะสีในอัตราที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อการแตกกอของอ้อยที่ 4 6 8 10 และ 12 เดือนหลังปลูก

ตารางที่ 1.7 การยืดปล้องที่ระยะ 10 และ 12 เดือนหลังปลูก ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียวปนทราย

Treatment	การยืดปล้อง (เซนติเมตร)	
	10 month	12 month
ระดับปุ๋ย Zn		
Zn0	8.48	9.29
Zn1	9.13	9.44
Zn2	8.90	9.52
Zn3	8.61	9.08
F- test	ns	ns
C.V. (%)	6.27	10.99

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย LSD

จากข้อมูลในตารางพบว่าการให้สังกะสีในอัตราที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อการยืดปล้องของอ้อยที่ระยะ 10 และ 12 เดือนหลังปลูก

ตารางที่ 1.8 ค่า pH ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตรที่ระยะ 9 10 และ 12 เดือนหลังปลูก ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียวปนทราย

Treatment	pH ของดิน					
	9 month		10 month		12 month	
ระดับความลึก (cm)	0-15	15-30	0-15	15-30	0-15	15-30
ระดับปุ๋ย Zn						
Zn0	7.55	7.66	7.44	7.60	7.56	7.68
Zn1	7.59	7.83	7.59	7.77	7.59	7.68
Zn2	7.54	7.77	7.54	7.71	7.47	7.61
Zn3	7.58	7.79	7.56	7.75	7.63	7.66
F- test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	2.36	1.71	1.72	1.97	1.27	0.72

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย LSD

จากข้อมูลในตารางพบว่าการให้สังกะสีในอัตราที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อค่า pH ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตรระยะ 9 10 และ 12 เดือนหลังปลูก ทั้งนี้อิทธิพลของสังกะสีอาจไม่ส่งผลในระยะสั้นต่อความเป็นกรด-ด่างของดิน

ตารางที่ 1.9 ความชื้นในดิน ที่ระยะ 9 10 และ 12 เดือนหลังปลูก ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียวปนทราย

Treatment	ระดับความชื้นในดิน (%)					
	9 month		10 month		12 month	
ระดับความลึก (cm)	0-15	15-30	0-15	15-30	0-15	15-30
ระดับปุ๋ย Zn						
Zn0	19.79	20.83	21.82	19.65	8.31	8.89
Zn1	20.97	20.67	19.95	18.91	8.27	9.08
Zn2	19.11	20.25	18.73	18.58	8.84	9.85
Zn3	20.77	21.48	20.08	19.28	8.65	9.97
F- test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	14.39	11.53	16.72	15.11	20.30	17.65

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย LSD

จากข้อมูลในตารางพบว่า การให้สังกะสีในอัตราที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อความชื้นในดินที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตรระยะ 9 10 และ 12 เดือนหลังปลูก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะระหว่างการเก็บข้อมูลนั้นอยู่ในฤดูฝน ดินจึงได้รับความชื้นจากน้ำฝนในปริมาณที่ไม่แตกต่างกันในแต่ละกรรมวิธี

ข้อมูลอ้อยระยะเก็บเกี่ยว

ที่ระยะเก็บเกี่ยวอ้อย ณ แปลงดินร่วนเหนียวปนทราย พบว่ากรรมวิธีการใส่ปุ๋ยสังกะสีที่ระดับ 0.64 และ 1.28 กิโลกรัมต่อไร่ นั้น สามารถเพิ่มผลผลิตอ้อยได้มากกว่ากรรมวิธีควบคุมที่ไม่ได้รับปุ๋ยสังกะสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับงานทดลองของ Wang et al. (2005) ที่พบว่าการให้ปุ๋ยสังกะสีในอัตรา 4.4 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ สามารถเพิ่มผลผลิตในอ้อยที่ถูกปลูกในดินต่างได้ การเพิ่มผลผลิตของอ้อยนั้นอาจเกิดขึ้นจากการเพิ่มน้ำหนักต่อลำดังปรากฏในตารางที่ 1.10

ตารางที่ 1.10 ผลผลิต และค่าความหวานของอ้อย ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียวปนทราย

Treatment	ผลผลิต (ตัน/ไร่)	จำนวนลำ (ลำ/ไร่)	น้ำหนักต่อลำ (กก.)	Brix (%)	C.C.S
ระดับปุ๋ย Zn					

Control	13.25 b	6,754.81	1.7b	21.24	11.51
Zn1	14.60 ab	7,143.33	2.0a	20.95	11.40
Zn2	15.55 a	7,490.74	2.1a	21.26	11.24
Zn3	16.08 a	7,379.63	2.2a	21.21	11.34
F- test	#	ns	#	ns	ns
C.V. (%)	15.19	10.09	16.8	3.01	6.41

หมายเหตุ: # = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 90%, ตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 90% และ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 90% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย LSD

ตารางที่ 1.11 ปริมาณธาตุอาหารในอ้อยที่ระยะเก็บเกี่ยว ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียวปนทราย

Treatment	Total N (กิโลกรัมต่อไร่)	Total P (กิโลกรัมต่อไร่)	Total K (กิโลกรัมต่อไร่)	Total Zn (กรัมต่อไร่)
ระดับปุ๋ย Zn				
Control	25.9	4.9	31.9	42.9b
Zn1	28.3	5.9	35.7	55.4ab
Zn2	28.2	5.6	40.4	75.0a
Zn3	28.5	5.1	31.9	41.3b
F- test	ns	ns	ns	#
C.V. (%)	21.85	14.46	22.36	31.48

หมายเหตุ: # = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 90%, ตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 90% และ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 90% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย LSD

ปริมาณธาตุอาหารในอ้อยที่ระยะเก็บเกี่ยวพบว่าอิทธิพลของกรรมวิธีมีผลต่อปริมาณสังกะสีทั้งหมดในอ้อย โดยอ้อยที่ได้รับสังกะสีในอัตรา 1.28 กิโลกรัมต่อไร่ส่งผลให้อ้อยมีปริมาณสังกะสีทั้งหมดสูงที่สุด อย่างไรก็ตามกรรมวิธีต่าง ๆ นั้นไม่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการใช้อ้อยเคมี IE ของอ้อย (ตารางที่ 1.12)

ตารางที่ 1.12 ประสิทธิภาพการใช้อ้อยเคมี Internal nutrient use efficiency ของอ้อย ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียวปนทราย

	IE N	IE P	IE K	IE Zn
Treatment	(กิโลกรัมไนโตรเจนต่อ กิโลกรัมปุ๋ยไนโตรเจน)	(กิโลกรัมฟอสฟอรัสต่อ กิโลกรัมปุ๋ยฟอสฟอรัส)	(กิโลกรัมโพแทสเซียมต่อ กิโลกรัมปุ๋ยโพแทสเซียม)	(กรัมสังกะสีต่อ กิโลกรัมปุ๋ยสังกะสี)

ระดับปุ๋ย Zn				
Control	3.23	1.41	9.68	-
Zn1	3.54	1.69	10.8	173.25
Zn2	3.52	1.61	12.2	117.25
Zn3	3.56	1.46	9.6	31.33
F- test	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	21.85	14.27	22.36	36.33

หมายเหตุ: # = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 90%, ตัวเลขในคอลัมภ์เดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 90% และ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 90% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย LSD

ตารางที่ 1.13 คุณสมบัติทางเคมีของดินที่ระยะเก็บเกี่ยวอ้อย ที่ระดับความลึก 0-15 ซม. ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียวปนทราย

ระดับความ ลึก (0-15)	pH (H ₂ O)	EC (dS/ m)	OM (%)	CEC (c mol/kg)	Mineral N (mg/kg)	Total N (%)	Available P (mg/kg)	Total P (%)	Extractable		Available Zn (mg/kg)	Total Zn (%)
									K	Ca		
									(mg/kg)			
ระดับปุ๋ย Zn												
Control	7.5b	0.11	3.9	56.6	14.4ab	0.12	210	567	120	1,213.9	1.22	30.35
Zn1	7.6ab	0.11	3.9	58.4	10.5c	0.11	158	523	123	1,198.9	1.20	29.26
Zn2	7.7a	0.10	3.6	53.4	15.2a	0.12	143	506	122	1,094.0	1.17	29.02
Zn3	7.7a	0.09	3.8	53.8	10.8bc	0.12	167	534	119	1,168.9	1.24	29.92
F- test	*	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	1.10	40.53	6.71	7.82	18.29	10.68	45.75	16.72	5.25	15.57	15.24	11.26

หมายเหตุ: * = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ตัวเลขในคอลัมภ์เดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย LSD

ดินระดับความลึก 0-15 ซม. ที่ระยะเก็บเกี่ยวอ้อยพบว่ากรรมวิธีที่ให้ปุ๋ยสังกะสีที่ระดับ 0.64 และ 1.28 กิโลกรัมต่อไร่ส่งผลให้ดินมีค่าความเป็นกรดต่างสูงกว่ากรรมวิธีควบคุม นอกจากนี้ยังพบว่ากรรมวิธีที่อ้อยได้รับปุ๋ยสังกะสีระดับ 0.64 กิโลกรัมต่อไร่ยังส่งผลให้ดินมีอินทรีย์ไนโตรเจนสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆแต่ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุม

ตารางที่ 1.14 คุณสมบัติทางเคมีของดินที่ระยะเก็บเกี่ยวอ้อย ที่ระดับความลึก 15-30 ซม. ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียวปนทราย

ระดับความ ลึก (15-30)	pH (H ₂ O)	EC (dS/m)	OM (%)	CEC (c mol/kg)	Mineral N (mg/kg)	Total N (%)	Available P (mg/kg)	Total P (%)	Extractable		Available Zn (mg/kg)	Total Zn (%)
									K	Ca		
									(mg/kg)			
ระดับปุ๋ย Zn												
Control	7.3	0.15a	3.7	57.3	10.9	0.096	209	597	112	1,109.0	1.44	27.83
Zn1	7.5	0.14a	3.6	56.3	11.6	0.092	154	539	119	1,079.0	1.26	24.93
Zn2	7.4	0.11ab	3.6	67.3	10.9	0.090	153	518	116	974.1	1.21	26.66
Zn3	7.4	0.08b	3.7	59.1	10.1	0.091	151	550	115	1,124.0	1.39	29.11
F- test	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	1.24	23.05	6.10	10.42	18.67	6.98	45.87	16.31	5.06	15.65	19.54	11.69

หมายเหตุ: *= แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย LSD

ดินระดับความลึก 15-30 ซม. ที่ระยะเก็บเกี่ยวอ้อยพบว่ากรรมวิธีที่ให้ปุ๋ยสังกะสีที่ระดับ 1.28 กิโลกรัมต่อไร่ส่งผลให้ดินมีค่าการนำไฟฟ้าที่ต่ำกว่ากรรมวิธีอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

(2) แปลงทดลองดินร่วนเหนียวของเกษตรกรตำบลห้วยยาง อำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ

ดินที่ระดับ 0-15 ซม. และ 15-30 ซม. มีลักษณะเนื้อดิน (soil texture) และคุณสมบัติทางเคมี ดังแสดงในตารางที่ 2.1 และ 2.2

ตารางที่ 2.1 ลักษณะเนื้อดิน (soil texture) ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียว

ระดับความลึก	% Sand	% Silt	% Clay	ลักษณะเนื้อดิน
0-15	38.93	27	34.07	ร่วนเหนียว

15-30	38.43	24.5	37.07	ร่วนเหนียว
-------	-------	------	-------	------------

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติทางเคมี ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียว

ระดับ ความลึก (cm)	pH (H ₂ O)	EC (dS/m)	CEC (cmol /kg)	OM (%)	Total N (%)	Available P (mg/kg)	Total P (mg/kg)	Extractable		Available Zn (mg/kg)
								K	Ca	
								(mg/kg)		
0-15	7.91	0.1220	59.675	3.491	0.138	174.59	974.89	132.62	10,111.25	1.28
15-30	7.94	0.1355	55.825	3.471	0.139	158.57	934.33	124.33	10,305.25	1.18
Treatment					จำนวนหน่อต่อตารางเมตร					
					2 เดือน					

ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงจำนวนหน่อต่อตารางเมตร ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียว

ระดับปุ๋ย Zn (B)	
Zn0	4.37
Zn1	4.62
Zn2	5.00
Zn3	4.37
F- test (A)	ns
C.V. (%)	13.14

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย LSD

ดำเนินการเก็บข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความงอก โดยนับจำนวนหน่อแรกที่เกิดที่ผิวดิน เมื่ออายุอายุ 2 เดือน เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความงอกเฉลี่ยต่อแปลงในแต่ละซ้ำ ที่ระยะ 2 เดือนหลังปลูก ดังแสดงในตารางที่ 18 จากข้อมูลในตารางพบว่าการให้สังกะสีในอัตราที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอก ในอ้อยที่ระยะ 2 เดือนหลังปลูก

ตารางที่ 2.4 ข้อมูล SCMR ที่ระยะ 4 6 8 10 และ 12 เดือนหลังปลูก ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียว

Treatment	SPAD chlorophyll meter reading				
	4 month	6 month	8 month	10 month	12 month
ระดับปุ๋ย Zn					
Zn0	41.89	47.95	45.29	41.99	37.92
Zn1	41.04	48.24	47.70	41.65	38.30
Zn2	41.15	46.90	46.57	42.00	37.38
Zn3	40.09	48.25	46.84	41.34	38.30
F- test	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	5.40	4.80	4.14	6.48	8.66

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย LSD

ดำเนินการเก็บข้อมูล SCMR ที่ระยะ 4 6 8 10 และ 12 เดือนหลังปลูก ดังแสดงในตารางที่ 19 จากข้อมูลในตารางพบว่าการให้สังกะสีในอัตราที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อค่า SCMR ในอ้อยที่ระยะ 4 6 8 10 และ 12 เดือนหลังปลูก จากข้อมูลในตารางพบว่าการให้สังกะสีในอัตราที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อค่า SCMR ที่ระยะ 4 6 8 10 และ 12 เดือนหลังปลูก

ตารางที่ 2.5 ความสูงลำต้นที่ระยะ 4 6 8 10 และ 12 เดือนหลังปลูก ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียว

Treatment	ความสูงลำต้น (เซนติเมตร)				
	4 month	6 month	8 month	10 month	12 month

ระดับปุ๋ย Zn					
Zn0	41.81	132.66	174.03	275.63	319.38
Zn1	45.87	140.13	188.28	274.22	320.31
Zn2	44.77	137.53	183.25	277.34	320.28
Zn3	42.54	132.66	172.72	279.06	317.63
F- test	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	14.70	7.97	4.89	6.82	7.23

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย LSD

จากข้อมูลในตารางพบว่าการให้สังกะสีในอัตราที่แตกต่างกันไม่ส่งผลความสูงของลำอ้อย ที่ระยะ 4 6 8 10 และ 12 เดือนหลังปลูก

ตารางที่ 2.6 การแตกกอที่ระยะ 4 6 8 10 และ 12 เดือนหลังปลูก ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียว

Treatment	การแตกกอ (หน่อ/กอ)				
	4 month	6 month	8 month	10 month	12 month
ระดับปุ๋ย Zn					
Zn0	5.62	5.75	5.87	5.75	6.34
Zn1	5.62	5.25	5.00	4.87	5.56
Zn2	5.37	5.62	5.25	5.12	5.67
Zn3	5.25	5.37	5.00	4.87	6.01
F- test	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	16.16	14.71	15.55	14.14	19.61

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย LSD

จากข้อมูลในตารางพบว่าการให้สังกะสีในอัตราที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อการแตกกอของอ้อยที่ระยะ 4 6 8 10 และ 12 เดือนหลังปลูก

ตารางที่ 2.7 การยืดปล้องที่ระยะ 10 และ 12 เดือนหลังปลูก ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียว

Treatment	การยืดปล้อง (เซนติเมตร)	
	10 month	12 month

ระดับปุ๋ย Zn		
Zn0	7.25	8.05
Zn1	7.25	8.36
Zn2	7.25	8.39
Zn3	6.62	7.57
F- test	ns	ns
C.V. (%)	9.43	6.48

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย LSD

จากข้อมูลในตารางพบว่า การให้สังกะสีในอัตราที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อการยืดปล้องของอ้อยที่ระยะ 10 และ 12 เดือนหลังปลูก

ตารางที่ 2.8 ค่า pH ที่ระยะ 9 10 และ 12 เดือนหลังปลูก ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียว

Treatment	pH					
	9 month		10 month		12 month	
ระดับความลึก (cm)	0-15	15-30	0-15	15-30	0-15	15-30
ระดับปุ๋ย Zn						
Zn0	7.44	7.62	7.36	7.48	7.54	7.33
Zn1	7.55	7.66	7.34	7.54	7.63	7.45
Zn2	7.56	7.62	7.35	7.49	7.74	7.43
Zn3	7.51	7.54	7.26	7.40	7.68	7.36
F- test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	3.70	2.50	1.75	1.86	1.10	1.24

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย LSD

จากข้อมูลในตารางพบว่า การให้สังกะสีในอัตราที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อค่า pH ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตรระยะ 9 10 และ 12 เดือนหลังปลูก

ตารางที่ 2.9 ความชื้นในดิน ที่ระยะ 9 10 และ 12 เดือนหลังปลูก ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียว

Treatment	ระดับความชื้นในดิน (%)		
	9 month	10 month	12 month

ระดับความลึก (cm)	0-15	15-30	0-15	15-30	0-15	15-30
ระดับปุ๋ย Zn						
Zn0	32.51	32.71	33.81	34.68	14.40	21.86
Zn1	33.75	33.35	33.63	33.00	15.68	22.17
Zn2	32.21	32.10	33.96	33.52	15.20	21.37
Zn3	32.61	31.87	33.50	35.44	15.83	21.55
F- test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	6.15	6.05	3.86	9.37	8.59	5.65

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย LSD

จากข้อมูลในตารางพบว่าการให้สังกะสีในอัตราที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อความชื้นในดินที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตรระยะ 9 10 และ 12 เดือนหลังปลูก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะระหว่างการเก็บข้อมูลนั้นอยู่ในฤดูฝน ดินจึงได้รับความชื้นจากน้ำฝนในปริมาณที่ไม่แตกต่างกันในแต่ละกรรมวิธี

ตารางที่ 2.10 ผลผลิต และค่าความหวานของอ้อย ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียว

Treatment	น้ำหนักลำ ต้น (ต้น/ไร่)	จำนวนลำ (ลำ/ไร่)	น้ำหนักลำ (กก.)	Brix (%)	C.C.S
ระดับปุ๋ย Zn					
Control	13.150	7,875.18	1.7	20.71	11.81
Zn1	12.775	8,083.33	1.6	20.66	11.80
Zn2	12.824	7,750.00	1.7	21.05	12.12
Zn3	13.142	7,948.89	1.7	20.51	12.02
F- test	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	11.24	12.27	7.41	3.87	4.53

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย LSD

จากข้อมูลในตารางพบว่าการให้สังกะสีในอัตราที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อน้ำหนักลำ จำนวนลำ Brix และ C.C.S. ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Filho et al. (2015) ที่ศึกษาอิทธิพลของการให้อัตราปุ๋ยสังกะสีที่แตกต่างกัน (0, 2.5, 5 และ 10 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) แก่อ้อยที่ปลูกประเทศบราซิล ผลการทดลองพบว่าผลผลิตอ้อยไม่มีความแตกต่างทางสถิติทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยต่อ อย่างไรก็ตามงานทดลองดังกล่าวไม่ได้ดำเนินการในดินทรายที่มีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำ

ตารางที่ 2.11 ปริมาณธาตุอาหารในอ้อยที่ระยะเก็บเกี่ยว แปลงทดลองดินร่วนเหนียว

Treatment	Total N (กิโลกรัมต่อไร่)	Total P (กิโลกรัมต่อไร่)	Total K (กิโลกรัมต่อไร่)	Total Zn (กรัมต่อไร่)
ระดับปุ๋ย Zn				
Control	33.4	5.5	39.2a	48.5
Zn1	30.3	5.9	30.9b	45.9
Zn2	28.9	5.4	44.4a	54.1
Zn3	27.4	5.8	42.6a	66.1
F- test	ns	ns	*	ns
C.V. (%)	15.97	18.09	12.78	20.98

หมายเหตุ: * = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย LSD

อิทธิพลของกรรมวิธีไม่ส่งต่อปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและสังกะสีทั้งหมดในอ้อยที่ระยะเก็บเกี่ยว อย่างไรก็ตามพบว่าอ้อยที่ได้รับสังกะสีระดับ 1.28 กิโลกรัมต่อไร่มีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย Internal nutrient use efficiency ของอ้อย ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 2.12)

ตารางที่ 2.12 ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมี Internal nutrient use efficiency ของอ้อย แปลงทดลองดินร่วนเหนียว

Treatment	IE N (กิโลกรัมไนโตรเจนต่อ กิโลกรัมปุ๋ยไนโตรเจน)	IE P (กิโลกรัมฟอสฟอรัสต่อ กิโลกรัมปุ๋ยฟอสฟอรัส)	IE K (กิโลกรัมโพแทสเซียมต่อ กิโลกรัมปุ๋ยโพแทสเซียม)	IE Zn (กรัมสังกะสีต่อ กิโลกรัมปุ๋ยสังกะสี)
ระดับปุ๋ย Zn				
Control	4.2	1.5	11.8a	
Zn1	3.7	1.7	9.4b	143.6a
Zn2	3.6	1.5	13.4a	84.5ab
Zn3	3.4	1.7	12.9a	50.1b
F- test	ns	ns	*	**
C.V. (%)	16.04	17.94	12.81	29.40

หมายเหตุ: * = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย LSD

สอดคล้องกับปริมาณธาตุอาหารทั้งหมดในอ้อยอิทธิพลของกรรมวิธีไม่ส่งต่อประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมี Internal nutrient use efficiency ของไนโตรเจน และฟอสฟอรัส อย่างไรก็ตามพบว่าอ้อยที่ได้รับสังกะสีระดับ 0.32

กิโลกรัมต่อไร่มีประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมี (IE) ของโพแทสเซียมและสังกะสีต่ำกว่ากรรมวิธีอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมี (IE) ของสังกะสีสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ

ตารางที่ 2.13 คุณสมบัติทางเคมีของดินที่ระยะเก็บเกี่ยว ระดับความลึก 0-15 ซม. ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียว

ระดับความลึก (0-15)	pH (H ₂ O)	EC (dS/m)	OM (%)	CEC (c mol/kg)	Mineral N (mg/kg)	Total N (%)	Available P (mg/kg)	Total P	Extractable		Available Zn (mg/kg)	Total Zn (mg/kg)
								(mg/kg)	K	Ca		
								(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)		
ระดับปุ๋ย Zn												
Control	7.6	0.07	2.43	17.6	8.4	0.119	165	460	107	2,967.3	0.46 b	47.90 b
Zn1	7.6	0.07	2.51	17.4	8.1	0.113	156	393	103	3,072.2	0.64 b	50.04 ab
Zn2	7.5	0.06	2.46	16.8	8.8	0.115	157	353	104	2,967.3	0.69 b	49.64 ab
Zn3	7.6	0.08	2.48	17.6	9.3	0.116	171	389	105	2,862.4	1.08 a	50.16 a
F- test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	*
C.V. (%)	1.27	27.17	3.97	11.57	26.92	7.08	16.52	33.43	3.08	5.95	22.92	2.81

หมายเหตุ: *,**= แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99% ตามลำดับ, ตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย LSD

ดินที่ระยะเก็บเกี่ยว ระดับความลึก 0-15 ซม. พบว่าดินที่ได้รับสังกะสีระดับ 1.28 กิโลกรัมต่อไร่มีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์และสังกะสีทั้งหมดสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 2.14 คุณสมบัติทางเคมีของดินที่ระยะเก็บเกี่ยว ระดับความลึก 15-30 ซม. ณ แปลงทดลองดินร่วนเหนียว

ระดับความลึก (15-30)	pH (H ₂ O)	EC (dS/m)	OM (%)	CEC (c mol/kg)	Mineral N (mg/kg)	Total N (%)	Available P (mg/kg)	Total P	Extractable		Available Zn (mg/kg)	Total Zn (mg/kg)
								(mg/kg)	K	Ca		
								(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)		

(mg/k
g)

ระดับปุ๋ย Zn												
Control	7.7	0.08	2.42	19.2	9.9	0.111	180	395	104	3,387.0	0.54 b	50.00
Zn1	7.7	0.07	2.38	17.3	8.8	0.105	146	383	104	3,491.9	0.64 b	49.96
Zn2	7.6	0.06	2.40	19.0	6.5	0.107	141	399	105	3,401.9	0.60 b	49.74
Zn3	7.7	0.07	2.45	18.4	8.2	0.113	169	401	106	3,342.0	1.13 a	49.12
F- test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns
C.V. (%)	0.72	22.52	6.13	14.36	35.41	11.61	27.07	9.02	5.12	4.07	8.38	2.63

หมายเหตุ: *,**= แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99% ตามลำดับ, ตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย LSD

ในขณะที่ดินที่ระยะเก็บเกี่ยว ระดับความลึก 15-30 ซม. พบว่าดินที่ได้รับสังกะสีระดับ 1.28 กิโลกรัมต่อไร่มีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์สูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เบื้องต้นนั้นสมมุติฐานคาดว่าในสภาพดินต่างจะทำให้ความเป็นประโยชน์ของสังกะสีลดลงจนกระทบต่อผลผลิตของอ้อย ดังนั้นการให้ปุ๋ยสังกะสีแก่อ้อยที่ปลูกในสภาพดินต่างย่อมสามารถเพิ่มผลผลิตแก่อ้อยได้ แต่ผลการทดลองพบว่าแปลงดินร่วนเหนียวปนทรายมีแนวโน้มเป็นไปตามสมมุติฐานแต่แปลงดินร่วนเหนียวไม่พบอิทธิพลของกรรมวิธี อาจเพราะแปลงทดลองทั้งสองนั้นมีความแตกต่างกัน 2 ประเด็น

แปลงทดลองดินร่วนเหนียวนั้นเห็นได้ว่าผลผลิตของกรรมวิธีควบคุมนั้นค่อนข้างสูง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะดินของเกษตรกรนั้นมีปริมาณอินทรีย์วัตถุและไนโตรเจนทั้งหมดค่อนข้างสูงและสูงกว่าดินที่แปลงทดลองดินร่วนเหนียวปนทราย ซึ่งไนโตรเจนนั้นเป็นธาตุอาหารหลักที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของอ้อย ดังนั้นอ้อยที่ถูกปลูกในพื้นที่ดังกล่าวจึงมีผลผลิตที่สูง อย่างไรก็ตามสังเกตได้ว่าปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินลดต่ำลงอย่างมาก และลดลงมากกว่าแปลงทดลองดินร่วนเหนียวปนทราย เมื่อเปรียบเทียบกับดินก่อนการทดลอง ซึ่งให้เห็นว่าอ้อยมีการดูดใช้สังกะสีในปริมาณสูงมาก โดยที่การให้สังกะสีในอัตราสูงที่สุดจะส่งเสริมปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินที่ระยะเก็บเกี่ยว

นอกจากนี้แปลงทดลองดินร่วนเหนียวนั้น ดินที่มีสัดส่วนของอนุภาคดินเหนียวสูงกว่าแปลงดินร่วนเหนียวปนทรายที่มีสัดส่วนของอนุภาคดินเหนียวต่ำกว่า ดังนั้นดินอาจดูดยึดสังกะสีไว้ได้มากกว่า สังกะสีจึงอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์กับอ้อย เห็นได้จากปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ที่ระยะเก็บเกี่ยวของดินแปลงดินร่วนเหนียวนั้นต่ำกว่าดินแปลงดินร่วนเหนียวปนทราย ในขณะที่สังกะสีทั้งหมดในดินสูงกว่าแปลงดินร่วนเหนียวปนทรายแสดงให้เห็นว่าสังกะสีอาจถูกดูดซับอยู่กับอนุภาคดินเหนียว ดังนั้นการให้สังกะสีแก่ดินต่างที่มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวที่มีสัดส่วนของอนุภาคดินเหนียวสูงจะต้องให้ในปริมาณที่มากกว่าในงานทดลองนี้ และอิทธิพลของสังกะสีต่อดินต่างที่มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวควรได้รับการศึกษาต่อไป

งานทดลองในสภาพกระถาง

เก็บตัวอย่างดินชุด 33 จากตำบลนาออก อำเภอศรีบุญเรือง จังหวัดหนองบัวลำภู มาใช้ในงานทดลอง เก็บดินจากระดับ 0-15 ซม. มีคุณสมบัติทางเคมีบางประการดังแสดงในตารางที่ 31 และได้ดำเนินการปลูกอ้อยในวันที่ 15 มกราคม 2559 ดำเนินการจัดการปลูกอ้อยพันธุ์ csb. 2006-4-162 ทำการปลูกอ้อยโดยวางท่อนพันธุ์อ้อยกระถางละ 2 ตา ภายหลังการปลูกให้น้ำอ้อยทุก 1 ถึง 2 วันตลอดงานทดลอง โดยคำนวณปริมาณน้ำที่ให้ปริมาณการใช้น้ำตามวิธีของ Doorenbos and Pruiit (1992) โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยจาก FAO (2013) เมื่ออ้อยอายุได้ 1 เดือนดำเนินการถอนแยกให้เหลือหนึ่งต้นต่อกระถาง

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติทางเคมีบางประการของดินที่ใช้ในการทดลองในกระถาง

pH (H ₂ O)	EC (dS/m)	CEC (cmol/kg)	OM (%)	Total N (%)	Extractable		Available P (mg/kg)	Total P (mg/kg)	Available Zn (mg/kg)
					K	Ca			
6.68	0.0056	14.87	1.369	0.0834	109.76	1,576.25	67.355	341.025	1.6825

ดำเนินการเก็บข้อมูล SPAD ของอ้อยที่อายุ 4 6 8 และ 10 เดือน ดังแสดงในตารางที่ 20 จากข้อมูลในตารางพบว่าการให้ฟอสฟอรัสและสังกะสีในอัตราที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อค่า SCMR ในอ้อยที่ระยะ 4 6 8 และ 10 เดือนหลังปลูก

ตารางที่ 3.2 ข้อมูล SCMR ที่ระยะ 4 6 8 และ 10 เดือนหลังปลูกงานทดลองในสภาพกระถาง

Treatment	SPAD chlorophyll meter reading			
	4 month	6 month	8 month	10 month
ระดับปุ๋ย P (A)				

P0	34.07	49.12	40.65	31.61
P1	34.38	48.61	41.41	31.47
P2	35.04	48.32	41.42	31.95
ระดับปุ๋ย Zn (B)				
Zn0	34.52	48.18	40.93	31.86
Zn1	34.30	48.29	41.04	31.72
Zn2	34.56	49.23	41.12	31.31
Zn3	34.61	49.03	41.54	31.81
F- test (A)	ns	ns	ns	ns
F- test (B)	ns	ns	ns	ns
F- test (A*B)	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	8.81	3.54	3.58	7.01

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย LSD

จากข้อมูลในตารางพบว่าระดับปุ๋ย P การให้สังกะสีในอัตราที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อค่า SCMR ที่ระยะ 4 6 8 และ 10 เดือนหลังปลูก

ตารางที่ 3.3 ความสูงลำต้นที่ระยะ 4 6 8 และ 10 เดือนหลังปลูกงานทดลองในสภาพกระถาง

Treatment	ความสูงลำต้น (เซนติเมตร)			
	4 month	6 month	8 month	10 month
ระดับปุ๋ย P (A)				
P0	28.56	93.43	182.93	206.68

P1	29.07	90.33	183.28	208.67
P2	29.51	91.76	180.28	206.11
ระดับปุ๋ย Zn (B)				
Zn0	29.739	92.24	183.87	202.72
Zn1	28.649	93.37	183.70	209.59
Zn2	28.372	91.35	182.81	209.41
Zn3	29.422	90.41	178.26	206.89
F- test (A)	ns	ns	ns	ns
F- test (B)	ns	ns	ns	ns
F- test (A*B)	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	7.88	8.25	6.73	8.61

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย LSD

จากข้อมูลในตารางพบว่าระดับปุ๋ย P การให้สังกะสีในอัตราที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อความสูงของลำอ้อยที่ระยะ 4 6 8 และ 10 เดือนหลังปลูก

ตารางที่ 3.4 การยืดปล้อง ที่ระยะ 8 และ 10 เดือนหลังปลูกงานทดลองในสภาพกระถาง

Treatment	การยืดปล้อง (เซนติเมตร)	
	8 month	10 month
ระดับปุ๋ย P (A)		
P0	3.97	5.97

P1	3.71	5.73
P2	3.75	5.75
ระดับปุ๋ย Zn (B)		
Zn0	3.87	5.77
Zn1	3.88	5.91
Zn2	3.81	5.84
Zn3	3.68	5.75
F- test (A)	ns	ns
F- test (B)	ns	ns
F- test (A*B)	ns	ns
C.V. (%)	7.08	7.06

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย LSD

จากข้อมูลในตารางพบว่าระดับปุ๋ย P การให้สังกะสีในอัตราที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อการยืดปล้องที่ระยะ 4 6 8 และ 10 เดือนหลังปลูก

ตารางที่ 3.5 ผลผลิต และค่าความหวานของอ้อย งานทดลองในกระถาง

Treatment	น้ำหนักลำต้น (กิโลกรัม/ต้น)	Brix (%)	C.C.S
ระดับปุ๋ย P (A)			
P0	1.31	19.72	10.50 B
P1	1.31	19.47	11.19 A

P2	1.28	19.49	10.55 B
ระดับปุ๋ย Zn (B)			
Zn0	1.34	19.62	10.46 b
Zn1	1.32	19.29	10.81 ab
Zn2	1.28	19.94	11.13 a
Zn3	1.27	19.38	10.58 b
F- test (A)	ns	ns	**
F- test (B)	ns	ns	*
F- test (A*B)	ns	ns	**
C.V. (%)	7.20	3.19	4.79

หมายเหตุ: *,**= แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99% ตามลำดับ, ตัวเลขในคอลัมภ์เดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย LSD

จากข้อมูลในตารางพบว่าระดับปุ๋ย P การให้สังกะสีในอัตราที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อน้ำหนักและ Brix แต่พบว่าระดับปุ๋ย P มีอิทธิพลต่อ C.C.S. ของอ้อย โดยอ้อยที่ได้รับฟอสฟอรัสในอัตรา 16 กิโลกรัมต่อไร่มีค่า C.C.S. สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ค่า C.C.S. ยังพบว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและอัตราปุ๋ยสังกะสีดังแสดงในตารางที่ 35 ในขณะที่งานทดลองของ Gianquinto et al. (2000) ที่ได้ศึกษาระดับของสังกะสีในดินที่ได้รับฟอสฟอรัสปริมาณสูงพบว่าหากดินได้รับฟอสฟอรัสในปริมาณสูง (200 มิลลิกรัมฟอสฟอรัสต่อกิโลกรัมดิน) การให้สังกะสีในอัตรา 10 และ 40 มิลลิกรัมสังกะสีต่อกิโลกรัมดิน สามารถเพิ่มผลผลิตฝักได้ในถั่วพราง

โดยพบว่ากรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ย 16-0-8 ร่วมกับปุ๋ยสังกะสีอัตรา 0.64 กิโลกรัมต่อไร่ กรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ย 16-16-8 ที่ไม่ได้รับปุ๋ยสังกะสี กรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ย 16-16-8 ร่วมกับปุ๋ยสังกะสีอัตรา 0.64 กิโลกรัมต่อไร่ กรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ย 16-16-8 ร่วมกับปุ๋ยสังกะสีอัตรา 1.28 กิโลกรัมต่อไร่และกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ย 16-32-8 ร่วมกับปุ๋ยสังกะสีอัตรา 0.32 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลให้อ้อยมีค่า C.C.S. สูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ย 16-0-8 ร่วมกับปุ๋ยสังกะสีอัตรา 0.32 กิโลกรัมต่อไร่ กรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ย 16-0-8 ร่วมกับปุ๋ยสังกะสีอัตรา 1.28 กิโลกรัมต่อไร่ กรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ย 16-16-8 ร่วมกับปุ๋ยสังกะสีอัตรา 0.32 กิโลกรัมต่อไร่ กรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ย 16-32-8 ที่ไม่ได้รับปุ๋ยสังกะสี และกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ย 16-32-8 ร่วมกับปุ๋ยสังกะสีอัตรา 0.64 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่กรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ย 16-0-8 ร่วมกับปุ๋ยสังกะสีอัตรา 1.28 กิโลกรัมต่อไร่ที่ไม่ได้รับปุ๋ยสังกะสีนั้นส่งผลให้อ้อยมีค่า C.C.S. ต่ำที่สุด (ตารางที่ 3.6)

ตารางที่ 3.6 ค่า C.C.S. ในแต่ละกรรมวิธีที่ได้รับระดับฟอสฟอรัสและระดับสังกะสีที่แตกต่างกัน

ระดับฟอสฟอรัส	ระดับสังกะสี (กิโลกรัมต่อไร่)	C.C.S.
16-0-8	0	9.01 c

16-0-8	0.32	10.60	ab
16-0-8	0.64	11.49	a
16-0-8	1.28	10.90	ab
16-16-8	0	11.63	a
16-16-8	0.32	10.72	ab
16-16-8	0.64	11.39	a
16-16-8	1.28	11.03	a
16-32-8	0	10.76	ab
16-32-8	0.32	11.11	a
16-32-8	0.64	10.51	ab
16-32-8	1.28	9.83	bc
F-test		**	
C.V. (%)		4.65	

หมายเหตุ: **= แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางที่ 3.7 ปริมาณธาตุอาหารในอ้อยที่ระยะเก็บเกี่ยว งานทดลองในกระถาง

Treatments	Total N (กรัม/ กระถาง)	Total P (กรัม/ กระถาง)	Total K (กรัม/กระถาง)	Total Zn (มิลลิกรัม/กระถาง)
ระดับปุ๋ย P (A)				
P0	6.56	0.24c	6.56	8.19
P1	6.49	0.27b	6.49	8.00
P2	6.64	0.30c	6.64	8.56

ระดับปุ๋ย Zn (B)				
Zn0	7.13a	0.27	7.13a	7.63
Zn1	6.26b	0.27	6.26b	8.62
Zn2	6.35b	0.27	6.35b	7.86
Zn3	6.51ab	0.27	6.51ab	8.90
A	ns	**	ns	ns
B	*	ns	*	ns
A*B	ns	ns	ns	ns
CV%	11.34	10.01	11.34	22.77

หมายเหตุ: #, ** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 90% และ 99% ตามลำดับ, ตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 90% และ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 90% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย LSD

อัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสไม่ส่งผลต่อไนโตรเจน โพแทสเซียมและสังกะสีทั้งหมด แต่อ้อยที่ได้รับฟอสฟอรัสในอัตรา 32 กิโลกรัมต่อไร่ส่งผลให้อ้อยมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงกว่าอ้อยที่ได้รับฟอสฟอรัสอัตรา 0 และ 16 กิโลกรัมต่อไร่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่ากรรมวิธีที่ไม่ได้ให้ปุ๋ยสังกะสีส่งเสริมให้มีปริมาณไนโตรเจนและโพแทสเซียมสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆแต่ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่อ้อยได้รับสังกะสี 1.28 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 3.7)

ตารางที่ 3.8 ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมี Internal nutrient use efficiency ในอ้อยที่ระยะเก็บเกี่ยว งานทดลองในกระถาง

Treatments	IEN (กรัมไนโตรเจน/ กรัมปุ๋ยไนโตรเจน)	IEP (กรัมฟอสฟอรัส/ กรัมปุ๋ยฟอสฟอรัส)	IEK (กรัมโพแทสเซียม/ กรัมปุ๋ยโพแทสเซียม)	IEZn (มิลลิกรัมสังกะสี/ มิลลิกรัมปุ๋ยสังกะสี)
ระดับปุ๋ย P (A)				
P0	11.06	0c	26.53	0.14
P1	10.94	1.03a	26.24	0.14
P2	10.82	0.57b	26.83	0.15

ระดับปุ๋ย Zn (B)

Zn0	11.88a	0.51	28.81 a	-
Zn1	10.44b	0.52	25.32 b	0.34a
Zn2	10.59b	0.54	25.68 b	0.15b
Zn3	10.85ab	0.56	26.32ab	0.09c
A	ns	**	ns	ns
B	*	ns	*	**
A*B	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ: *,**= แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99% ตามลำดับ, ตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย LSD

เนื่องจากอ้อยที่ได้รับสังกะสีทั้งสามระดับกลับมีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดต่ำกว่าอ้อยที่ไม่ได้รับสังกะสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจึงส่งผลให้อ้อยที่ได้รับสังกะสีทั้งสามกรรมวิธีมีประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมีโพแทสเซียม Internal nutrient use efficiency (IEK) ต่ำตามไปด้วย อ้อยที่ได้รับสังกะสีอัตราสูง (1.28 กิโลกรัมต่อไร่) ก็ส่งผลให้อ้อยมีประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยสังกะสี Internal nutrient use efficiency (IEZn) ต่ำที่สุดเช่นกัน ดังแสดงในตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.9 คุณสมบัติทางเคมีบางประการของดินที่ระยะเก็บเกี่ยว ระดับความลึก 0-15 ซม. งานทดลองในกระถาง

หมายเหตุ: *,**= แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99% ตามลำดับ, ตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ระดับความลึก (0-15)	pH (H ₂ O)	EC (dS/ m)	OM (%)	CEC (c mol/kg)	Mineral N (mg/kg)	Total N (%)	Available P (mg/kg)	Total P (%)	Extractable		Available Zn (mg/kg)	Total Zn (mg/kg)
									K	Ca		
ระดับปุ๋ย P (A)												
P0	7.72	0.083	1.41	12.	2.6	0.086	51c	289c	113	1,658.5	2.13 a	32.22
P1	7.73	0.081	1.42	12.5	2.5	0.085	64b	301b	114	1,648.5	2.41 ab	31.58
P2	7.70	0.086	1.45	12.2	3.2	0.084	74a	322a	116	1,628.5	2.64 b	32.90
ระดับปุ๋ย Zn (B)												
Zn0	7.72	0.086	1.43	11.8	2.3ab	0.086	62	307	115	1,651.8	0.88 d	28.94 d
Zn1	7.73	0.084	1.43	12.7	3.1ab	0.083	66	303	112	1,638.5	1.61 c	30.27 c
Zn2	7.73	0.085	1.43	12.5	1.8b	0.088	62	304	114	1,645.2	2.56 b	32.75 b
Zn3	7.70	0.078	1.43	12.0	3.6a	0.083	62	302	116	1,645.2	4.59 a	36.98 a
F- test (A)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	**	ns	ns	*	ns
F- test (B)	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	**	*
F- test (A*B)	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
C.V. (%)	0.71	21.50	3.17	16.54	37.64	6.67	11.58	3.63	3.42	2.28	17.85	3.91

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย LSD

ดินที่ระยะเก็บเกี่ยวอ้อย ระดับความลึก 0-15 ซม. พบว่ากรรมวิธีที่ดินได้รับฟอสฟอรัสในอัตราสูงสุด (32 กิโลกรัมต่อไร่) ส่งผลให้ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่กลับพบว่ากรรมวิธีดังกล่าวมีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกันกรรมวิธีที่ดินได้รับสังกะสีอัตรา 1.28 กิโลกรัมต่อไร่ส่งผลให้ดินมีอนินทรีย์ไนโตรเจนสูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่ได้รับสังกะสี นอกจากนี้กรรมวิธีดังกล่าวยังมีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์และสังกะสีทั้งหมดมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนและสังกะสีทั้งหมดยังพบว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและอัตราปุ๋ยสังกะสี ดังแสดงในตารางที่ 3.9

โดยพบว่ากรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ย 16-32-8 ร่วมกับปุ๋ยสังกะสีอัตรา 0.32 กิโลกรัมต่อไร่และ 1.28 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ย 16-0-8 และ 16-16-8 ที่ไม่ได้รับปุ๋ยสังกะสี รวมทั้งกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ย 16-16-8 ร่วมกับปุ๋ยสังกะสีอัตรา 1.28 กิโลกรัมต่อไร่ อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างทางสถิติของข้อมูลสังกะสีทั้งหมดในดิน (ตารางที่ 3.10)

ตารางที่ 3.10 Mineral N และ Soil total Zn ในแต่ละกรรมวิธีที่ได้รับระดับฟอสฟอรัสและระดับสังกะสีที่ต่างกัน

ระดับฟอสฟอรัส	ระดับสังกะสี (กิโลกรัมต่อไร่)	Mineral N (mg/kg)	Soil total Zn (mg/kg)
---------------	-------------------------------	-------------------	-----------------------

16-0-8	0	2.74	a-d	30.57
16-0-8	0.32	3.44	b-c	32.48
16-0-8	0.64	1.58	cd	32.86
16-0-8	1.28	2.63	b-d	35.71
16-16-8	0	2.74	a-d	30.993
16-16-8	0.32	1.34	D	30.83
16-16-8	0.64	2.16	b-d	30.783
16-16-8	1.28	3.68	Ab	34.47
16-32-8	0	1.58	Cd	30.9
16-32-8	0.32	4.61	A	30.373
16-32-8	0.64	1.93	b-d	33.607
16-32-8	1.28	4.61	A	33.267
F-test		#	ns	
C.V. (%)		49.45	11.31	

หมายเหตุ: # = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 90% ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 90% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย LSD

ตารางที่ 3.11 คุณสมบัติทางเคมีบางประการของดินที่ระยะเก็บเกี่ยว ระดับความลึก 15-30 ซม. งานทดลองในกระถาง

ระดับความ ลึก (15-30)	pH (H ₂ O)	EC (dS/ m)	OM (%)	CEC (c mol/kg)	Mineral N (mg/kg)	Total N (%)	Available P (mg/kg)	Total P (%)	Extractable		Available Zn (mg/kg)	Total Zn (mg/kg)
									K	Ca		
									(mg/kg)			
ระดับปุ๋ย P												
(A)												
P0	7.48	0.088	1.47	12.5	2.1	0.081	52c	294	105a	1,593.6	1.38	30.18
P1	7.52	0.086	1.49	12.1	2.6	0.081	57b	299	104a	1,573.6	1.32	29.42
P2	7.53	0.089	1.50	11.6	2.5	0.079	62a	303	103b	1,578.6	1.27	29.06
ระดับปุ๋ย Zn												
(B)												
Zn0	7.47	0.087	1.49	12.1	2.2	0.078	56.83	295	104	1,585.2	0.96 c	27.68 c
Zn1	7.52	0.093	1.49	12.1	2.4	0.080	57.58	301	103	1,578.6	1.11 c	29.32 bc
Zn2	7.54	0.087	1.48	11.8	2.6	0.080	57.41	299	104	1,585.2	1.37 b	29.83 ab
Zn3	7.51	0.084	1.48	12.3	2.3	0.083	57.96	300	104	1,578.6	1.85 a	31.39 a
F- test (A)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	Ns	**	ns	ns	ns
F- test (B)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	Ns	ns	ns	*	*
F- test (A*B)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	Ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	1.24	10.27	2.35	8.86	55.95	8.31	6.67	3.43	1.23	2.61	19.64	6.04

หมายเหตุ: *,**= แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99% ตามลำดับ, ตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย LSD

ดินที่ระยะเก็บเกี่ยวอ้อย ระดับความลึก 15-30 ซม. พบว่ากรรมวิธีที่ดินได้รับฟอสฟอรัสในอัตราสูงสุด (32 กิโลกรัมต่อไร่) ส่งผลให้ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่กลับพบว่ากรรมวิธีดังกล่าวมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน กรรมวิธีที่ดินได้รับสังกะสีอัตรา 1.28 กิโลกรัมต่อไร่ส่งผลให้ดินมีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์และสังกะสีทั้งหมดมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจ

เมื่อพิจารณาดำเนินการที่เพิ่มขึ้นของการใส่ปุ๋ยสังกะสีแต่ละกรรมวิธีกับผลตอบแทนที่ได้รับ จะเห็นว่าแต่ละกรรมวิธีมีผลต่างที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.1 ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจของอ้อยแปลงดินร่วนเหนียวปนทราย

กรรมวิธี	ผลผลิต (ตันต่อไร่)	CCS	ผลตอบแทน (บาทต่อไร่)			ต้นทุนที่ เพิ่มขึ้น (บาทต่อไร่)	รายได้สุทธิหลังหัก ต้นทุนปุ๋ยสังกะสี (บาทต่อไร่)
			ผลผลิต	CCS	รวม		
Control	13.25	11.51	13909.59	1260.27	15169.85	0	15169.85
Zn1	14.60	11.40	15326.79	1287.51	16614.30	91.4	16522.87
Zn2	15.55	11.24	16324.08	1214.57	17538.65	182.8	17355.79
Zn3	16.08	11.34	16880.46	1357.25	18237.72	365.7	17872.00

ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจของอ้อยแปลงดินเหนียวพบว่ากรรมวิธีที่อ้อยได้รับสังกะสีอัตรา 1.28 กิโลกรัมต่อไร่ นั้นมีผลต่างของผลตอบแทนและต้นทุนที่สูงขึ้นมากที่สุด (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.2 ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจของอ้อยแปลงดินร่วนเหนียว

กรรมวิธี	ผลผลิต (ตันต่อไร่)	CCS	ผลตอบแทน (บาทต่อไร่)			ต้นทุนที่ เพิ่มขึ้น (บาทต่อไร่)	รายได้สุทธิหลังหัก ต้นทุนปุ๋ยสังกะสี (บาทต่อไร่)
			ผลผลิต	CCS	รวม		
Control	13.15	11.81	13804.61	1499.25	15303.86	0	15303.86
Zn1	12.77	11.8	13410.94	1448.45	14859.39	91.4	14767.96
Zn2	12.82	12.12	13462.38	1712.50	15174.88	182.8	14992.02
Zn3	13.14	12.02	13796.21	1672.18	15468.39	365.7	15102.67

ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจของอ้อยแปลงดินเหนียวพบว่ากรรมวิธีควบคุมที่ไม่ได้รับสังกะสีนั้นมีผลต่างของผลตอบแทนและต้นทุนที่สูงขึ้นมากที่สุด (ตารางที่ 4.2) และจากงานทดลองในสภาพกระถางพบว่ากรรมวิธีที่อ้อยได้รับปุ๋ยสูตร 16-0-8 ร่วมกับปุ๋ยสังกะสีอัตรา 1.28 กิโลกรัมต่อไร่ นั้นมีผลต่างของผลตอบแทนและต้นทุนที่สูงขึ้นมากที่สุด (ตารางที่ 4.3)

ตารางที่ 4.3 ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจ งานกระถาง

ระดับ	ระดับ สั่งกะสี (กิโลกรัม ต่อไร่)	ผลผลิต (กิโลกรัม ต่อ กระถาง)	CCS	ผลตอบแทน				ต้นทุนที่เพิ่มขึ้น		รายได้สุทธิ หลังหัก ต้นทุนปุ๋ย (บาทต่อ กระถาง)
				(บาทต่อกระถาง)				(บาทต่อกระถาง)		
ผลผลิต	CCS	รวม	ฟอสฟอรัส	สั่งกะสี	รวม					
ฟอสฟอรัส										
16-0-8	0	1.35	9.01	1.41	0.000	1.41	0	0	0	1.41
16-0-8	0.32	1.28	10.60	1.34	0.051	1.40	0	0.000007	0.000007	1.40
16-0-8	0.64	1.28	11.49	1.34	0.126	1.47	0	0.0000014	0.0000014	1.47
16-0-8	1.28	1.34	10.90	1.41	0.080	1.49	0	0.0000027	0.0000027	1.49
16-16-8	0	1.38	11.63	1.45	0.149	1.60	0.18	0	0.18	1.42
16-16-8	0.32	1.32	10.72	1.39	0.063	1.45	0.18	0.000007	0.180007	1.27
16-16-8	0.64	1.27	11.39	1.33	0.117	1.45	0.18	0.0000014	0.180001	1.27
16-16-8	1.28	1.29	11.03	1.35	0.087	1.44	0.18	0.0000027	0.180003	1.26
16-32-8	0	1.28	10.76	1.34	0.064	1.41	0.36	0	0.36	1.05
16-32-8	0.32	1.22	11.11	1.29	0.090	1.38	0.36	0.000007	0.360007	1.02
16-32-8	0.64	1.29	10.51	1.35	0.044	1.40	0.36	0.0000014	0.360001	1.04
16-32-8	1.28	1.33	9.83	1.40	0.000	1.40	0.36	0.0000027	0.360003	1.04

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

แปลงทดลองดินร่วนเหนียวปนทราย

ระดับปุ๋ยสั่งกะสีที่แตกต่างกันไม่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของอ้อย ความเป็นกรด-ด่างของดินและความชื้น นอกจากนี้ที่ระยะเก็บเกี่ยวอิทธิพลของกรรมวิธียังไม่ส่งผลต่อค่าความหวาน (C.C.S.) ของอ้อย อย่างไรก็ตามพบว่า กรรมวิธีการใส่ปุ๋ยสั่งกะสีในอัตรา 1.28 กิโลกรัมต่อไร่ นั้นอ้อยมีผลผลิตสูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่ได้รับปุ๋ยสั่งกะสีอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ระดับปุ๋ยสังกะสีที่แตกต่างกันไม่มีอิทธิพลต่อการดูดใช้ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม แต่กรรมวิธีที่อ้อยได้รับสังกะสี 0.64 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลให้อ้อยมีการดูดใช้สังกะสีสูงกว่าอ้อยที่ไม่ได้รับสังกะสีอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามไม่พบอิทธิพลของกรรมวิธีต่อประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหาร ทั้งนี้อ้อยที่ได้รับใส่ปุ๋ยสังกะสีที่อัตรา 1.28 กิโลกรัมต่อไร่มีผลตอบสนองทางเศรษฐกิจสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆอีกด้วย

แปลงทดลองดินเหนียว

ระดับปุ๋ยสังกะสีที่แตกต่างกันไม่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของอ้อย ความเป็นกรด-ด่างของดินและความชื้น นอกจากนี้ที่ระยะเก็บเกี่ยวอิทธิพลของกรรมวิธียังไม่ส่งผลต่อผลผลิตและค่าความหวาน (C.C.S.) ของอ้อย อย่างไรก็ตามพบว่ากรรมวิธีการใส่ปุ๋ยสังกะสีในอัตราสูงสุด 0.32 กิโลกรัมต่อไร่ มีประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ยสังกะสี IEZn สูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กรรมวิธีการใส่ปุ๋ยสังกะสีในอัตราสูงสุด 1.28 กิโลกรัมต่อไร่มีปริมาณสังกะสีทั้งหมดในดินที่ระดับความลึก 0-15 ซม. สูงที่สุดและมีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ที่ระดับความลึก 15-30 ซม. มากกว่ากรรมวิธีอื่นๆด้วย อย่างไรก็ตามกรรมวิธีดังกล่าวมีผลต่างของผลตอบสนองและต้นทุนน้อยกว่ากรรมวิธีที่ไม่ได้รับปุ๋ยสังกะสี

การศึกษาผลของการให้ปุ๋ยสังกะสีในดินต่างสภาพไร่ 2 สถานที่คือแปลงทดลองดินร่วนเหนียวปนทรายและดินร่วนเหนียว พบว่าไม่มีอิทธิพลต่อความเป็นกรด-ด่าง ความชื้นในระหว่างการเจริญเติบโต รวมทั้งการเจริญเติบโตของอ้อย อย่างไรก็ตามการให้ปุ๋ยสังกะสีในอัตรา 1.28 กิโลกรัมต่อไร่มีแนวโน้มที่อ้อยจะมีผลผลิตสูงขึ้น ดังนั้นในสภาพดินต่างที่ลักษณะของดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย การให้ปุ๋ยสังกะสีในอัตรา 1.28 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีจะส่งเสริมให้อ้อยมีผลผลิตสูงขึ้น และเกษตรกรได้รับผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงตามไปด้วย ในขณะที่การให้ปุ๋ยสังกะสีในสภาพดินต่างที่ลักษณะของดินเป็นดินร่วนเหนียวควรได้รับการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

การศึกษาอิทธิพลของระดับฟอสฟอรัสและสังกะสีในดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสสูง สภาพกระถางพบว่าระดับฟอสฟอรัสและสังกะสีไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อยที่ระยะเก็บเกี่ยว อย่างไรก็ตามหากดินดังกล่าวไม่ได้รับปุ๋ยฟอสฟอรัส การให้ปุ๋ยสังกะสีทุกอัตรานั้นส่งผลให้อ้อยมี C.C.S. สูงขึ้น อ้อยที่ได้รับฟอสฟอรัสในอัตราสูงสุดจะมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในต้นสูงขึ้น ในขณะที่การให้ปุ๋ยสังกะสีอัตรา 0.32 กิโลกรัมต่อไร่ในดินที่ได้รับฟอสฟอรัสทุกอัตราจะส่งผลให้อ้อยมีประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ยสังกะสี (IEZn) สูงที่สุด

จากผลการทดลองเห็นได้ว่าการให้สังกะสีในอัตรา แก้อ้อยที่ถูกปลูกในสภาพดินต่างที่มีเนื้อดินร่วนเหนียวปนทรายมีแนวโน้มที่จะสามารถเพิ่มผลผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจได้ อย่างไรก็ตามควรทำการทดลองกึ่งสาธิตในไร่เกษตรกร โดยทำหลาย ๆ แปลงเพื่อสร้างความมั่นใจ และหาวิธีใส่สังกะสีให้สะดวกและปฏิบัติได้ง่ายที่สุด จึงจะสามารถถ่ายทอดผลการทดลองให้เกิดประโยชน์แก่ชาวไร่ และอุตสาหกรรมอ้อยได้

บรรณานุกรม

กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ ศุภกาญจน์ ล้วนมณี ศุจิรัตน์ สงวนรังศิริกุลและเกษม ชูสอน. 2554. ปัจจัยทางการเกษตรที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคใบขาวอ้อย. เอกสารประกอบการประชุมเสวนาวิชาการอ้อย “วิกฤตและโอกาสอ้อยไทยในเวทีโลก” วันที่ 30-31 สิงหาคม 2554. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุพรรณบุรี สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 กรมวิชาการเกษตร.

- ณัฐจิณี ภัทรกุล สิทธิชัย ลอดแก้ว รัตญา ยานะพันธุ์ อรรถพล เขียวแก้ว เบญจวรรณ ฤกษ์เกษม. มปป. เพิ่มผลผลิต
 อ้อยและน้ำตาลด้วยธาตุอาหารสังกะสี. งานวิจัยธาตุอาหารอ้อยที่กลุ่มวิจัยทรัพยากรพันธุกรรมและธาตุ
 อาหารพืช มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (CMUPNlab) ร่วมมือกับมหาวิทยาลัยสบาญชี ประเทศตุรกี โดยสนับสนุน
 จากสมาคมสังกะสีนานาชาติ (IZA) และโครงการมหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการ
 อุดมศึกษาแห่งชาติ
- บุญแสน เตียวนุกุลธรรม. มปป. บทที่ 8 สมบัติทางเคมี 2. (ค้นเมื่อ 6 พฤศจิกายน 2558) ปรากฏใน
http://elearning.nsruc.ac.th/web_elearning/soil/lesson_8_4.php
- รัชนี ข้าเดช, ศุภิมา ธนะจิตต์ สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม และ อัญชลี สุทธิประการ. 2554. การตอบสนองของอ้อยที่ปลูก
 ในดินเนื้อหยาบต่อการใส่มูลไก่ และการให้ปุ๋ยสังกะสีกับเหล็กทางใบ. เกษตร 39: 197-208
- ศูนย์วิจัยระบบทรัพยากรการเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2558. ความรู้ชุดดินไทย. (ค้นเมื่อ 6 พฤศจิกายน 2558)
 ปรากฏใน <http://www.mcc.cmu.ac.th/dinThai/layers.asp?type=chemi>
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. สถิติการเกษตรประเทศไทย (ค้นเมื่อ 13 สิงหาคม 2558) ปรากฏใน
http://www.oae.go.th/oae_report/stat_agri/form_search.php
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2558. รายงานพื้นที่ปลูกอ้อยประเทศไทย (ค้นเมื่อ 13 สิงหาคม
 2558) <http://www.ocsb.go.th/th/cms/detail.php?ID=923&SystemModuleKey=journal>
- แถลงนโยบายขับเคลื่อนงานกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2558. ผลงานกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ รอบ 6
 เดือน (ค้นเมื่อ 13 สิงหาคม 2558). ปรากฏใน
http://www.moac.go.th/main.php?filename=MOAC_Portfolio6months
- Broadley, M., P. Brown, I. Cakmak, Z. Rengel and F. Zhao. 2012. In P. Marschner (ed). Functions of
 Micronutrients. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. 3rd edition. Elsevier Ltd.
 London NW1 7BY, UK.
- Filho, M.C.M.T., Buzetti, S., Garcia, C.M.P., Benett, C.G.S.B., Benett, K.S.S., Andreotti, M. and Galindo,
 F.S. 2015. Rates and sources of zinc applied in sugarcane grown on sandy soil in Brazil.
 African Journal of Agriculture Research. 10(6): 477-484.
- Gianquinto, G., Abu-Rayyan, A., Tola L.D., Piccotino, D. and Pezzarossa, B. 2000. Interaction effects
 of
 phosphorus and zinc on photosynthesis, growth and yield of dwarf bean in two
 environments. 220: 219-228.
- Gascho, G.J., Anderson, D.L. and Bowen, J.E. 1993. Sugarcane. In Bennett, W.F. (ed), Nutrient
 Deficiencies and Toxicities in Crop Plants. St. Paul, MN: APS Press, The American
 Phytopathological Society, 1993: 37-42.
- Hemwong, S., G. Cadisch, B. Toomsan, V. Limpinuntana, P. Vityakon and A. Patanothai. 2009.

Sugarcane residue management and grain legume crop effects on N dynamics, N losses and growth of sugarcane. *Nutr Cycl Agroecosyst* 83:135–151.

Loeb, R., L.P.M. Lamers and J.G.M. Roelofs. 2008a. Prediction of phosphorus mobilisation in inundated floodplain soils. *Environmental Pollution* 156: 325-331.

Loeb, R., L.P.M. Lamers and J.G.M. Roelofs. 2008b. Effects of winter versus summer flooding and subsequent desiccation on soil chemistry in a riverine hay meadow. *Geoderma* 145: 84–90.

Mengel, K. and E.A. Kirkby. 1987. *Principles of Plant Nutrition*. International Potash Institute. Bern, Switzerland.

Wang, J.J., Kennedy, C.W., Viator, H.P., Arceneaux, A.E. and Guidry, A.J. 2005. Zinc fertilization of sugarcane in acid and calcareous soil. *Journal American Society Sugar Cane Technologies* 25: 49-61.

ภาคผนวก ภาพกิจกรรมในแปลงวิจัย



การปลูกอ้อย ณ แปลงสถานีทดลองและขยายพันธุ์อ้อยชัยภูมิ ตำบลทุ่งนาเลา อำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ ในวันที่ 25 ธันวาคม 2558



การปลูกอ้อย ณ แปลงทดลองของเกษตรกรตำบลห้วยยาง อำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ ในวันที่ 26 ธันวาคม 2558



การปลูกอ้อยในสภาพกระถาง ณ เรือนทดลองห้องปฏิบัติการธาตุอาหารพืช ในวันที่ 15 มกราคม 2559



การปลูกอ้อยในสภาพกระถาง ณ เรือนทดลองห้องปฏิบัติการธาตุอาหารพืช ในวันที่ 15 มกราคม 2559



ณ แปลงสถานีทดลองและขยายพันธุ์อ้อยชัยภูมิ ตำบลทุ่งนาเลา อำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ 19 กุมภาพันธ์ 2559



อ้อยอายุ 2 เดือนหลังปลูก ณ แปลงทดลองของเกษตรกรตำบลห้วยยาง อำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ



อ้อยอายุ 3 เดือนหลังปลูก ณ แปลงทดลองของเกษตรกรตำบลห้วยยาง อำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ



อ้อยอายุ 3 เดือนหลังปลูก ณ แปลงสถานีทดลองและขยายพันธุ์อ้อยชัยภูมิ ตำบลทุ่งนาเลา อำเภอคอนสาร
จังหวัดชัยภูมิ



อ้อยอายุ 4 เดือน ณ แปลงสถานีทดลองและขยายพันธุ์อ้อยชัยภูมิ ตำบลทุ่งนาเลา อำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ



อ้อยอายุ 4 เดือน ณ แปลงทดลองของเกษตรกรตำบลห้วยยาง อำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ



อ้อยอายุ 6 เดือน ณ แปลงสถานีทดลองและขยายพันธุ์อ้อยชัยภูมิ ตำบลทุ่งนาเลา อำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ



อ้อยอายุ 6 เดือน ณ แปลงทดลองของเกษตรกรตำบลห้วยยาง อำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ



อ้อยอายุ 10 เดือน ณ แปลงทดลองของเกษตรกรตำบลห้วยยาง อำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ



อ้อยอายุ 10 เดือน ณ แปลงสถานีทดลองและขยายพันธุ์อ้อยชัยภูมิ ตำบลทุ่งนาเลา อำเภอกอนสาร จังหวัด
ชัยภูมิ



การเก็บเกี่ยวอ้อยอายุ 12 เดือน ณ แปลงสถานีทดลองและขยายพันธุ์อ้อยชัยภูมิ ตำบลทุ่งนาเลา อำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ



การเก็บเกี่ยวอ้อยอายุ 12 เดือน ณ แปลงสถานีทดลองและขยายพันธุ์อ้อยชัยภูมิ ตำบลทุ่งนาเลา อำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ



การเก็บเกี่ยวอ้อยอายุ 12 เดือน ณ แปลงสถานีทดลองและขยายพันธุ์อ้อยชัยภูมิ ตำบลทุ่งนาเลา อำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ



การเก็บเกี่ยวอ้อยอายุ 12 เดือน ณ แปลงทดลองของเกษตรกรตำบลห้วยยาง อำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ



การเก็บเกี่ยวอ้อยอายุ 12 เดือน ณ แปลงทดลองของเกษตรกรตำบลห้วยยาง อำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ



การเก็บเกี่ยวอ้อยอายุ 12 เดือน ณ แปลงทดลองของเกษตรกรตำบลห้วยยาง อำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ



อ้อยในสภาพกระถางอายุ 8 เดือน ณ เรือนทดลองห้องปฏิบัติการธาตุอาหารพืช



เก็บเกี่ยวอ้อยในสภาพกระถางอายุ 10 เดือน ณ เรือนทดลองห้องปฏิบัติการธาตุอาหารพืช



วัดค่าความหวานของอ้อยในสภาพกระถางอายุ 10 เดือน ณ เรือนทดลองห้องปฏิบัติการธาตุอาหารพืช