

การจัดการข้อจำกัดในชั้นสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดินร่วนปนกรวด (Ldr⁺km) เพื่อการปลูกอ้อยในจังหวัดสระแก้ว

Constraint Management for Fertility Capability Class of Loamy Skeleton Soil (Ldr⁺km) for Sugarcane Cultivation in Sa Kaeo Province

มนีทิพย์ ขุนทอง¹ เสาวนุช ทาวอร์นพฤษ^{1,*} ณัฐพล จิตมัตย์¹ และ เอิบ เขียวรัตน์¹

Maneetip Khunthong¹, Saowanuch Tawornpruek^{1,*}, Natthapol Chittamat¹ and Irb Kheoruenromne¹

¹ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

¹ Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

รับเรื่อง: 9 พฤศจิกายน 2563

Received: 9 November 2020

ปรับแก้ไข: 16 ธันวาคม 2563

Revised: 16 December 2020

รับตีพิมพ์: 22 ธันวาคม 2563

Accepted: 22 December 2020

*Corresponding author: agrsnt@ku.ac.th

ABSTRACT: Managing constraints according to the fertility capability class of a loamy soil (Ldr⁺km) for sugarcane plantation can be used as a guideline for increasing yield and quality of sugarcane, consequently improving soil productivity. The objective of this study was to study soil management according to soil fertility capability class to reduce soil constraints in Ldr⁺km unit for sugarcane plantation. The study was carried out in the Ldr⁺km unit containing major limitations for sugarcane cultivation, including low organic matter content (m), low nutrient reserve (k), high gravel content (r⁺), and risk of water stress in the dry season (d). The experiment was continuously conducted on plant cane and 1st ratoon cane of Khonkaen 3 cultivar. The experimental design was a complete randomized block (RCBD) with 4 treatments and 4 replications, including T1 = control, T2 = applying secondary nutrients and micronutrients, T3 = applying macronutrients, T4 = applying macronutrients, secondary nutrients, micronutrients, and soil amendments. Soil samples were collected before and after experiments for analysis of soil physical and chemical properties. Cane growth data were collected every 2 months and sugarcane yield was collected at 12 months of age. The results revealed that the application of nutrient fertilizers and soil amendments resulted in no significant difference in soil properties after the experiment, but the yield of sugarcane was significantly different only in ratoon cane. Treatment 4 gave the highest sugarcane yield at 13.37 and 13.23 tons per rai in plant cane and 1st ratoon cane, respectively. When considering economic return after deducting the cost of fertilizers, there was no significant difference between the experimental treatments.

Keywords: Skeleton soil, sugarcane, fertility capability soil classification



บทคัดย่อ

การจัดการข้อจำกัดของดินตามชั้นสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดินร่วนปนกรวด (Ldr⁺km) ที่ใช้ปลูกอ้อยเพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพอ้อยและการปรับปรุงผลิตภาพของดิน การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการจัดการดินตามชั้นสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดินเพื่อลดข้อจำกัดของดินในหน่วย Ldr⁺km สำหรับการปลูกอ้อย ทำการศึกษาในแปลงทดลองในหน่วยดิน Ldr⁺km ซึ่งมีข้อจำกัดในการปลูกอ้อย ได้แก่ ดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (m) และปริมาณธาตุอาหารในดินต่ำ (k) มีกรดปะปนในดิน (r⁺) และมีความเสี่ยงต่อการขาดน้ำในฤดูแล้ง (d) โดยทำการศึกษาต่อเนื่องในอ้อยปลูกและอ้อยต่อพันธ์ุซ้อนกัน 3 วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (RCBD) 4 ดำรับการทดลอง 4 ซ้ำ ได้แก่ T1 = ดำรับควบคุม, T2 = ใส่ธาตุอาหารรองและจุลธาตุอาหาร, T3 = ใส่ธาตุอาหารหลัก, T4 = ใส่ธาตุอาหารหลักธาตุอาหารรองและจุลธาตุอาหารร่วมกับวัสดุปรับปรุงดิน เก็บตัวอย่างดินก่อนและหลังการทดลองเพื่อการวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของดิน เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของอ้อยทุก 2 เดือน และผลผลิตอ้อยที่อายุ 12 เดือน ผลการศึกษาพบว่า การใส่ปุ๋ยธาตุอาหารและวัสดุปรับปรุงดินตามดำรับการทดลองส่งผลให้สมบัติดินหลังการทดลองไม่แตกต่างกัน แต่ทำให้ผลผลิตอ้อยต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเฉพาะในอ้อยต่อ โดย T4 ให้ผลผลิตอ้อยสูงที่สุดเท่ากับ 13.37 และ 13.23 ตันต่อไร่ ในอ้อยปลูกและอ้อยต่อตามลำดับ เมื่อพิจารณาผลตอบแทนหลังหักค่าปุ๋ยพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างดำรับการทดลอง

คำสำคัญ: ดินปนกรวด, อ้อย, สมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดิน

บทนำ

การจำแนกสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Fertility capability soil classification, FCC) เป็นระบบการจำแนกดินที่รวมกลุ่มดินที่มีสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีที่เป็นปัญหาต่อการจัดการด้านการเกษตรเข้าไว้ด้วยกัน (Sanchez *et al.*, 1982; 2003; Kheoruenromne, 2005) การแปลความหมายของการจัดชั้นสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดินสะท้อนให้เห็นความแตกต่างของการจัดการธาตุอาหารและการวางแผนการผลิตพืช ซึ่งเน้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชเป็นหลัก (Bolbol *et al.*, 2013) การจัดการดินตามหน่วยสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ถูกประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลาย เช่น การจัดทำคู่มือจัดการดินตามข้อจำกัดของดินที่ตอนในเขตร้อน ในดินที่มีอินทรีย์วัตถุต่ำ (m) ได้มีการแนะนำให้เพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุ โดยการปล่อยเศษเหลือจากการเก็บเกี่ยวเพื่อรักษาปริมาณอินทรีย์วัตถุ การใช้ปุ๋ยคอกหรือวัสดุอินทรีย์เพื่อเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุ นอกจากนี้ การเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุยังถูกแนะนำให้ใช้ในดินที่พบกรวด (r) เพื่อเพิ่มปริมาณสัดส่วนที่เป็นดินอีกด้วย ส่วนการขาดโพแทสเซียมในดิน (k) ได้มีการแนะนำให้ใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมแต่ต้องระวังสมดุลของแคลเซียมและแมกนีเซียมด้วย (Moody and Cong, 2008) การจัดการความเสี่ยงต่อการขาดน้ำในฤดูแล้ง (d) เกี่ยวข้องกับสมบัติทางฟิสิกส์ที่ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศของพื้นที่ ดังนั้น การเลือกช่วงเวลาปลูกอ้อยให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศจึงเป็นแนวทางในแก้ปัญหาความเสี่ยงต่อการขาดน้ำในฤดูแล้งได้ หน่วยสมรรถนะ Ldr⁺km เป็นดินปนกรวดที่พบมากที่สุดที่ใช้ปลูกอ้อยในจังหวัดสระแก้ว เช่น ชุดดินเชียงคาน (Ch) ชุดดินบางคล้า (Bka) คิดเป็นร้อยละ 11 ของพื้นที่ปลูกอ้อย ข้อจำกัดในการเจริญเติบโตต่อการปลูกพืชที่พบในหน่วย Ldr⁺km คือ ความเสี่ยงต่อการขาดน้ำในฤดูแล้ง (d) ปริมาณกรวดในดิน (r) ปริมาณโพแทสเซียมต่ำ (k) และปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำ (m) (Tawornpruek

et al., 2015) ดินปนกรวดเป็นดินที่มีศักยภาพในทางการเกษตรต่ำ (Sritongchim et al., 1997) คำแนะนำการจัดการดินปนกรวดส่วนใหญ่เป็นคำแนะนำทั่วไป เช่น คำแนะนำของกรมพัฒนาที่ดินที่แนะนำการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและเพิ่มผลผลิตพืช แต่ยังไม่มีความแนะนำการจัดการดินเฉพาะพื้นที่โดยเฉพาะสำหรับอ้อย ซึ่งอ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของจังหวัดสระแก้ว โดยในปีการผลิต 2561/62 มีพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งสิ้น 453,878 ไร่ ผลผลิตเฉลี่ย 10.09 ตันต่อไร่ ซึ่งมีปริมาณผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ต่ำกว่าค่าปริมาณผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ของทั้งประเทศ (10.75 ตันต่อไร่; Office of Cane and Sugar Board, 2019) ส่วนปีการผลิต 2562/63 มีพื้นที่ปลูกอ้อย 451,897 ไร่ ผลผลิตเฉลี่ย 7.82 ตันต่อไร่ โดยมีค่าเฉลี่ยของปริมาณผลผลิตสูงกว่าค่าปริมาณผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ของทั้งประเทศ (7.09 ตันต่อไร่; Office of Cane and Sugar Board, 2020) ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการจัดการดินตามข้อจำกัดที่พบในหน่วยสมรรถนะ Ldr⁺km ทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยต่อ เพื่อให้ได้คำแนะนำที่เหมาะสมกับดินปนกรวดที่ใช้ปลูกอ้อยในจังหวัดสระแก้ว และสามารถประยุกต์ใช้กับดินที่มีลักษณะใกล้เคียงกันได้

อุปกรณ์และวิธีการ

แปลงทดลอง

แปลงทดลองที่ใช้ในการทดลองเป็นดินร่วนปนกรวดและจัดอยู่ในชั้นสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์คือ Ldr⁺km ตั้งอยู่ในพื้นที่บ้านห้วยโจด ตำบลห้วยโจด อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว (48P 200644 E 1522934 N) มีสภาพภูมิประเทศค่อนข้างราบเรียบ ความลาดชัน ร้อยละ 2

สภาพภูมิอากาศ

อุณหภูมิเฉลี่ยของจังหวัดสระแก้วในปี พ.ศ. 2560 อยู่ที่ 27.70 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 80.60 ปริมาณน้ำฝนสะสม เท่ากับ 1,474

มิลลิเมตร (Thai Meteorological Department, 2018) ปี พ.ศ. 2561 อุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 28.40 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 74.90 และปริมาณน้ำฝนสะสม เท่ากับ 1,490 มิลลิเมตร (Thai Meteorological Department, 2019) อุณหภูมิและความชื้นอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอ้อย นอกจากนี้ ปริมาณน้ำฝนยังเพียงพอต่อความต้องการของอ้อย

ลักษณะดิน

ดินในแปลงทดลองจัดอยู่ในชั้นสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ Ldr⁺km ตามการจำแนกชั้นสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ดิน (Sanchez et al., 2003) จำแนกตามระบบอนุกรมวิธานดินได้เป็น Clayey-skeletal, isohyperthermic Typic Paleustalfs เป็นดินร่วนปนกรวด มีการระบายน้ำดีปานกลาง การซึมผ่านของน้ำดี ข้อจำกัดในการเจริญเติบโตต่อการปลูกพืชที่พบในหน่วย Ldr⁺km คือ ความเสี่ยงต่อการขาดน้ำในฤดูแล้ง (d) ปริมาณกรวดในดินสูง (r) ปริมาณโพแทสเซียมสำรองต่ำ (k) และปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำ (m) ผลวิเคราะห์สมบัติของดินในแปลงทดลองที่ระดับความลึก 0–30 เซนติเมตร (Table 1) พบว่า เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายมีกรวดปะปน ร้อยละ 32 (Gravelly sandy loam) จัดเป็นดินเนื้อหยาบปานกลาง ซึ่งเป็นผลจากอิทธิพลของวัตถุต้นกำเนิดดินที่เกิดจากวัสดุตกค้างจากการสลายตัวของหินฟิลไลต์และควอร์ตไซต์ และลูกรังส่วนใหญ่ที่พบเป็นเศษหินที่ถูกเคลือบด้วยสารประกอบออกไซด์ของเหล็ก ซึ่งส่งผลให้ความหนาแน่นรวมของดินอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างสูง สภาพการนำน้ำของดินบนขณะอิ่มตัวอยู่ในเกณฑ์ต่ำ ดินมีค่าพีเอชเป็นกรดเล็กน้อย มีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในเกณฑ์ต่ำ ปริมาณไนโตรเจนรวมอยู่ในเกณฑ์ต่ำ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในเกณฑ์ต่ำ แต่พบว่า ดินมีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) ค่อนข้างสูงเนื่องจากอิทธิพลของแร่ดินเหนียวและปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน และค่าร้อยละความอิ่มตัว

เบส (%BS) ปานกลาง ปริมาณธาตุอาหารรองได้แก่ แคลเซียม และแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในเกณฑ์ต่ำ ปริมาณซัลเฟอร์ที่สกัดได้อยู่ในเกณฑ์ต่ำ ส่วนปริมาณจุลธาตุอาหาร ได้แก่ แมงกานีส และเหล็กที่สกัดได้อยู่สูงกว่าระดับวิกฤตในดิน (ระดับวิกฤตในดิน Mg = 1.0–2.0 mg/kg, Fe = 2.5–5.0 mg/kg) ซึ่งเป็นผลมาจากอิทธิพลของวัตถุต้นกำเนิดดิน ส่วนปริมาณทองแดง และสังกะสีที่สกัดได้อยู่ในระดับ

วิกฤต (ระดับวิกฤตในดิน Cu = 0.12–2.50 mg/kg, Zn = 0.5–2.0 mg/kg; Prasithikhetra, 1999) ปริมาณโบรอนที่สกัดได้อยู่ในระดับปานกลาง จากผลวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินก่อนปลูก พบว่า ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ดินมีปัญหาด้านการขาดธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุอาหารโดยเฉพาะ ทองแดงและสังกะสี

Table 1 Physio-chemical properties of the soil in experiment plot before starting the experiment

Soil properties	Depth 0–30 cm	Soil properties	Depth 0–30 cm
Soil texture	Gravelly sandy loam	pH (1:1 H ₂ O)	5.04
		CEC (cmol/kg)	14.51
Particle-sizes distribution (g/kg)		Base saturation (%)	55.00
Sand	655	Organic matter (g/kg)	6.95
Silt	194	Total nitrogen (g/kg)	1.10
Clay	151	Available P (mg/kg)	13.19
Gravel (%)	32	Available K (mg/kg)	50.15
Bulk density (Mg/m ³)	1.61	Available Ca (mg/kg)	240.00
Hydraulic conductivity (cm/hr)	0.46	Available Mg (mg/kg)	50.00
		Extractable sulphate (mg/kg)	0.31
Fertility level ¹ (point)	Medium (8)	Extractable Mn (mg/kg)	54.70
		Extractable Cu (mg/kg)	0.83
		Extractable Zn (mg/kg)	0.70
		Extractable Fe (mg/kg)	116.40
		Extractable B (mg/kg)	0.60

¹ Sum of scores from CEC, BS, OM, Available P and Available K; ≤7 = low, 8–12 = medium, ≥13 = high, CEC (cmol/kg) <10 = 1, 10–20 = 2, >20 = 3, BS (%) <35 = 1, 35–75 = 2, >75 = 3, OM (g/kg) <15 = 1, 15–35 = 2, >35 = 3, Available P (mg/kg) <10 = 1, 10–25 = 2, >25 = 3, Available K (mg/kg) <60 = 1, 60–90 = 2, >90 = 3

แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized complete block design, RCBD) 4 ตำรับทดลอง 4 ซ้ำ ได้แก่ ตำรับที่ 1 (T1) ตำรับควบคุม ตำรับที่ 2 (T2) ใส่ปุ๋ยธาตุอาหารรองและจุลธาตุอาหาร ตำรับที่ 3 (T3) ใส่ปุ๋ยธาตุอาหารหลัก และตำรับที่ 4 (T4) ใส่ปุ๋ยธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและจุลธาตุอาหาร และวัสดุปรับปรุงดิน ทั้งนี้ ปุ๋ยธาตุอาหารหลัก NPK ได้แก่ ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (18-46-0) และโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) ปุ๋ยธาตุอาหารรองและจุลธาตุเป็นปุ๋ยผสมที่มีขายทั่วไป (ปุ๋ยผสมสูตร 1 (Mixed fertilizer 1; Zn 19%, S 13%) สูตร 2 (Mixed fertilizer 2; Zn 2.85%, S 4.75%, Ca 13.25%, Cu 0.3%, Mg 9.44%, B 0.95%,

Fe 1.90%, Mn 1.43%) วัสดุปรับปรุงดินเป็นกาก ตะกอนหม้อกรองหมัก (Filter cake) จากโรงงาน น้ำตาลและอ้อยตะวันออก (pH 6.44, OM 10.18%, N 0.91%, P 0.24%, K 0.26%) โดยอัตราการใส่ปุ๋ยได้ มาจากคำแนะนำการใส่ปุ๋ยตามหน่วย FCC ของ Tawornpruek *et al.* (2018) สำหรับดินหน่วย Ldr⁺km ซึ่งเป็นดินร่วนปนกรวดของแปลงทดลองพบว่า มีปริมาณไนโตรเจนรวมต่ำ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็น ประโยชน์ปานกลางและปริมาณโพแทสเซียมที่เป็น ประโยชน์ต่ำตามผลการวิเคราะห์ดินที่แสดงใน Table 1 จึงได้อัตราปุ๋ยสำหรับแปลงทดลอง ดังแสดงใน Table 2 ทั้งนี้ อัตราปุ๋ยที่ทำการใส่สำหรับอ้อยตอนนั้น ได้มาจาก ค่าวิเคราะห์ดินหลังเก็บผลผลิตอ้อยปลูกที่แสดงใน Table 3

Table 2 Fertilizer rate in experimental plots

Treatment	N (kg/rai)	P ₂ O ₅ (kg/rai)	K ₂ O (kg/rai)	Mixed fertilizer 1 ¹ (kg/rai)	Mixed fertilizer 2 ² (kg/rai)	Soil amendment ³ (ton/rai)
Plant cane						
T1	–	–	–	–	–	–
T2	–	–	–	2	2	–
T3	20	10	26	–	–	–
T4	20	10	26	2	2	2
Ratoon cane						
T1	–	–	–	–	–	–
T2	–	–	–	2	2	–
T3	24	10	26	–	–	–
T4	24	10	26	2	2	2

¹ Mixed fertilizer 1 = Zn 19%, S 13%

² Mixed fertilizer 2 = Zn 2.85%, S 4.75%, Ca 13.25%, Cu 0.3%, Mg 9.44%, B 0.95%, Fe 1.90%, Mn 1.43%

³ Soil amendment = pH 6.44 (1:1 H₂O), OM 10.18%, N 0.91%, P 0.24%, K 0.26%

การเตรียมแปลงทดลอง

เตรียมแปลงทดลองในปีแรก (อ้อยปลูก) เตรียมแปลงโดยไถระเบิดดานที่ความลึก 50–75 เซนติเมตร ไถตะ ไถพรวน และยกร่องปลูกขนาด 1.5 เมตร ในแปลงย่อยของ T4 ใส่วัสดุปรับปรุงดินอัตรา 2 ตันต่อไร่ ก่อนปลูกอ้อย 2 สัปดาห์ จากนั้น นำดินพันธุ์ที่ได้จากการเพาะข้อตาอ้อย (พันธุ์ขอนแก่น 3) ที่มีอายุ 30 วัน ลงปลูก โดยมีระยะห่างระหว่างต้น 50 เซนติเมตร ใส่ปุ๋ยผสมสูตร 1 สูตร 2 และปุ๋ยไนโตรเจนครึ่งหนึ่งพร้อมปลูกโดยการผสมคลุกเคล้ากัน (ปุ๋ยส่วนที่เหลือผสมคลุกเคล้าแล้วใส่หลังจากอ้อยเจริญเติบโตได้ 2 เดือน) รดน้ำแบบท่วมร่องหลังปลูก ภายหลังจากปลูก 7–10 วัน ฉีดยาคุมวัชพืชโดยใช้ไดยูรอนและเพนดิเมทาลินผสมอิมาซาฟิก ในปีที่สอง (อ้อยต่อ) หลังจากเก็บผลผลิตอ้อยปลูกแล้วทำการตัดแต่งต่อและใส่ปุ๋ยผสมสูตร 1 สูตร 2 และปุ๋ยไนโตรเจนครึ่งหนึ่ง ผสมคลุกเคล้ากับวัสดุปรับปรุงดิน โดยโรยข้างแถวปลูกแล้วพรวนกลบ ส่วนที่เหลือผสมคลุกเคล้าแล้วโรยข้างแถวปลูกหลังจากตัดแต่งต่อได้ 60 วัน

การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ดิน

เก็บตัวอย่างดินบน (0–30 เซนติเมตร) ก่อนและหลังปลูกในแปลงทดลอง เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์ของดิน ได้แก่ เนื้อดิน (Soil texture) ความหนาแน่นรวมของดิน และสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดิน สมบัติทางเคมีของดิน ได้แก่ ค่าความเป็นกรดต่างของดิน (pH 1:1 H₂O) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Walkley and Black, 1934) ปริมาณไนโตรเจนรวมโดยวิธี Kjeldahl method (Jackson, 1965) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ สกัดด้วยน้ำยา Bray II (Bray and Kurtz, 1945) โพแทสเซียมแคลเซียม แมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ และค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) สกัดด้วย 1 N NH₄OAc pH 7.0 (Thomas, 1982) ปริมาณซัลเฟอร์ที่สกัดได้ ด้วย 0.01 M Ca (H₂PO₄)₂ และโบรอนที่สกัดได้ โดยการสกัดด้วยน้ำร้อน (Attanandana and Chanchareonsook, 1999)

ปริมาณจุลธาตุที่สกัดได้ (Fe, Zn, Cu, Mn) ด้วย DTPA (Viets and Lindsay, 1973)

การเก็บข้อมูล

เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของอ้อยทุก 2 เดือน และองค์ประกอบผลผลิต ประกอบด้วย จำนวนลำต่อไร่ เส้นผ่านศูนย์กลางลำ (วัดจากกลางปล้องที่อยู่บริเวณกลางลำต้น) ความยาวลำ (วัดจากส่วนล่างตัดชิดดินถึงส่วนบนต่ำกว่าจุดหักธรรมชาติ 3 ปล้อง) ผลผลิตอ้อยสด ซี.ซี.เอส ที่อายุ 12 เดือน และคำนวณปริมาณน้ำตาลโดยใช้ข้อมูลผลผลิตอ้อยสด และค่า ซี.ซี.เอส อ้อยปลูกเริ่มปลูกในเดือนกุมภาพันธ์ 2560 เก็บเกี่ยวในเดือนมกราคม 2561 อ้อยต่อเก็บผลผลิตในเดือนกุมภาพันธ์ 2562 (การปลูกอ้อยแบบข้ามแล้ง)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลผลวิเคราะห์ดิน ข้อมูลการเจริญเติบโต ปริมาณผลผลิตและคุณภาพของผลผลิต และต้นทุนค่าปุ๋ยมาวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยใช้ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการทดลองและวิจารณ์

การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดิน

สมบัติทางเคมีของดินหลังเก็บผลผลิตอ้อยปลูก (ปีที่ 1)

สมบัติทางเคมีของดินหลังเก็บผลผลิตอ้อยปลูกในปีที่ 1 แสดงใน Table 3 พบว่า การจัดการดินในแต่ละตำรับทดลองไม่ส่งผลให้ดินมีสมบัติทางเคมีหลังปลูกแตกต่างกันในทางสถิติ อาจเนื่องจากดินมีความสามารถในการกักเก็บธาตุอาหารได้ค่อนข้างต่ำ เนื่องจากเป็นดินเนื้อหยาบและมีการวดปะปนร่วมกับดิน มีปริมาณอนุภาคดินเหนียวต่ำจึงทำให้มีการสูญเสียธาตุอาหารออกไปได้ง่ายดินจึงมีสมบัติทางเคมีไม่แตกต่างกัน ยกเว้นปริมาณสังกะสีที่สกัดได้ โดยใน T2 มีปริมาณ

สังกะสีที่สกัดได้สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 5.08 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่ไม่แตกต่างจาก T4 ที่มีค่าเท่ากับ 2.53 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทั้งนี้เนื่องจากทั้งสองตำรับการทดลองมีการใส่ปุ๋ยธาตุอาหารรองและจุลธาตุอาหาร โดยที่ T1 และ T3 มีค่าต่ำที่สุดและยังอยู่ในระดับวิกฤต โดยมีค่าเท่ากับ 0.77 และ 0.68 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ทั้งนี้ ดินมีค่าพีเอชเป็นกรดจัดมาก โดยเฉพาะตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยธาตุอาหารหลัก (T3 และ T4) ซึ่งอาจเป็นผลจากการละลายของปุ๋ยที่มีผลตกค้างเป็นกรด (Weil and Brady, 2017) ปริมาณอินทรีย์วัตถุมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นในตำรับที่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดิน ปริมาณไนโตรเจนรวมตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยธาตุอาหารหลัก (T3 และ T4) มีค่าสูงกว่าในตำรับที่ไม่มีมีการใส่ปุ๋ย (T1 และ T2) แต่ยังคงอยู่ในระดับต่ำมาก ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ใน

ระดับสูงโดยมีแนวโน้มเช่นเดียวกับปริมาณไนโตรเจนรวม ส่วนปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์นั้นอยู่ในระดับต่ำทั้ง 4 ตำรับการทดลอง แต่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยธาตุอาหารหลัก ปริมาณธาตุอาหารรอง ได้แก่ แคลเซียมที่เป็นประโยชน์ยังคงอยู่ในระดับต่ำมากในทุกตำรับการทดลอง แต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยธาตุอาหารรองและจุลธาตุอาหารเช่นเดียวกับปริมาณแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์และปริมาณซัลเฟอร์ที่สกัดได้ สำหรับปริมาณจุลธาตุอาหาร ได้แก่ เหล็ก และ แมงกานีสที่สกัดได้มีค่าอยู่สูงกว่าระดับวิกฤตในดินมาก ซึ่งเป็นอิทธิพลจากวัตถุต้นกำเนิดดินที่มีสารประกอบของเหล็กเป็นองค์ประกอบ ส่วนปริมาณทองแดงที่สกัดได้นั้นยังคงอยู่ในระดับวิกฤตในทุกตำรับการทดลอง และปริมาณโบรอนที่สกัดได้ยังคงอยู่ในระดับปานกลางในทุกตำรับการทดลอง

Table 3 Soil chemical properties and plant nutrition in the soil after harvesting in plant cane

Soil properties	Treatment				F-test ¹	SD
	T1	T2	T3	T4		
pH (1:1 H ₂ O)	5.08	5.03	4.86	4.83	ns	0.30
Organic matter (g/kg)	6.64	7.66	7.84	9.24	ns	2.60
Total nitrogen (g/kg)	0.51	0.44	0.51	0.60	ns	0.16
Available P (mg/kg)	13.13	13.99	29.15	39.24	ns	20.17
Available K (mg/kg)	29.82	34.91	35.16	36.94	ns	11.94
Available Ca (mg/kg)	200.00	220.00	170.00	210.00	ns	64.12
Available Mg (mg/kg)	40.00	60.00	50.00	60.00	ns	20.36
Extractable S (mg/kg)	0.39	0.51	0.52	0.64	ns	0.19
Extractable Mn (mg/kg)	53.54	57.40	50.96	54.60	ns	11.41
Extractable Cu (mg/kg)	0.74	0.82	0.57	0.82	ns	0.25
Extractable Zn (mg/kg)	0.77 ^b	5.08 ^a	0.68 ^b	2.53 ^{ab}	*	2.28
Extractable Fe (mg/kg)	117.95	142.62	118.78	136.28	ns	59.92
Extractable B (mg/kg)	0.57	0.95	0.83	0.95	ns	0.45

¹ns = not significant, * = significantly different at 0.05 probability levels, means with different letters within a column indicate a significant difference according to Duncan's multiple range test (DMRT) at P < 0.05



สมบัติทางเคมีของดินหลังเก็บผลผลิต อ้อยต่อ (ปีที่ 2)

สมบัติทางเคมีของดินหลังเก็บผลผลิตอ้อยต่อ (Table 4) พบว่า การจัดการดินในแต่ละตำรับทดลองในปีที่ 2 ไม่ส่งผลให้ดินมีสมบัติทางเคมีหลังปลูกแตกต่างกันในทางสถิติเช่นเดียวกับดินหลังปลูกในปีที่ 1 ซึ่งเป็นลักษณะของดินที่มีการสูญเสียธาตุอาหารออกไปได้ง่ายดินจึงมีสมบัติทางเคมีไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามดินหลังปลูกปีที่ 2 นี้ ดินมีความเป็นกรดเล็กน้อย ปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในเกณฑ์ต่ำโดยเฉพาะในตำรับที่ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดิน (T1, T2 และ T3) ส่วนในตำรับที่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดิน (T4) นั้น ปริมาณอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้นจนอยู่ในระดับปานกลาง ปริมาณไนโตรเจนรวมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยธาตุอาหารหลัก T3 และ T4 แต่ยังคงอยู่ในระดับต่ำมาก ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีปริมาณสูงที่สุดใน T4 ซึ่งเป็นผลจากปุ๋ยธาตุอาหารหลักที่ใส่ลงไปร่วมกับวัสดุปรับปรุงดินที่มีธาตุฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบ ส่วนปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ทุกตำรับการทดลองมีค่าอยู่ในระดับต่ำ แต่ในตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยธาตุอาหารหลัก (T3 และ T4) มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงกว่าตำรับ T1 และ T2 สำหรับปริมาณธาตุอาหารรอง ได้แก่ ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ และปริมาณซัลเฟอร์ที่สกัดได้นั้นมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นในตำรับที่มีการใส่ธาตุอาหารรองและจุลธาตุอาหาร (T2 และ T4) ส่วนปริมาณจุลธาตุอาหาร ได้แก่ ปริมาณเหล็กและแมงกานีสที่สกัดได้มีค่าสูงกว่าระดับวิกฤตในดิน ปริมาณทองแดงที่สกัดได้มีค่าอยู่ในระดับวิกฤตใน T1 และ T3 ซึ่งไม่มีการใส่ปุ๋ยธาตุอาหารรองและจุลธาตุอาหาร ส่วน T2 และ T4 มีค่าสูงกว่าระดับวิกฤต แต่ทั้งนี้ ค่าที่วัดได้ไม่แตกต่างกัน ปริมาณสังกะสีที่สกัดได้ทุกตำรับการทดลองมีค่าอยู่ในระดับวิกฤต และปริมาณโบรอนที่สกัดได้ในทุกตำรับการทดลองมีค่าอยู่ในระดับต่ำ

เมื่อเทียบกับดินหลังเก็บผลผลิตอ้อยปลูกดินมีสมบัติทางเคมีดีขึ้นเล็กน้อย ได้แก่ ค่าความเป็นกรดต่าง และปริมาณอินทรีย์วัตถุที่เพิ่มขึ้น ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ซัลเฟอร์และทองแดงที่สกัดได้มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นใน T1 ซึ่งเป็นผลจากคลุมเศษเหลือจากใบอ้อยที่เก็บเกี่ยวแล้ว แต่ปริมาณสังกะสีที่สกัดได้ใน T2 นั้น กลับลดลงทั้งที่มีการใส่จุลธาตุเนื่องจากดินที่ปลูกอ้อยส่วนใหญ่มีปริมาณสังกะสีน้อยกว่า 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และเป็นดินเนื้อหยาบที่มีความสามารถในการดูดซับประจุบวกได้ต่ำ ธาตุสังกะสีจึงถูกชะละลายไปตามธรรมชาติได้ ส่วนที่หลงเหลือในดินจึงเป็นเพียงส่วนที่ติดกักเก็บไว้เพียงเล็กน้อย ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ลดลงอย่างชัดเจนใน T3 นั้น เป็นผลมาจากอ้อยมีการดูดใช้ธาตุนี้และอาจมีการสูญเสียจากดินโดยกระบวนการชะละลายเนื่องจากเป็นดินเนื้อหยาบ (Calcino *et al.*, 2018)

Table 4 Soil chemical properties and plant nutrition in the soil after harvesting in ratoon cane

Soil properties	Treatment				F-test ¹	SD
	T1	T2	T3	T4		
pH (1:1 H ₂ O)	5.75	5.79	5.36	5.71	ns	0.33
Organic matter (g/kg)	7.38	7.76	6.95	11.87	ns	3.68
Total nitrogen (g/kg)	0.33	0.35	0.46	0.62	ns	0.22
Available P (mg/kg)	10.87	14.24	18.73	20.27	ns	7.40
Available K (mg/kg)	37.33	38.10	39.35	55.61	ns	28.40
Available Ca (mg/kg)	110.00	190.00	220.00	490.00	ns	150.40
Available Mg (mg/kg)	40.00	130.00	20.00	60.00	ns	43.87
Extractable S (mg/kg)	1.23	1.91	1.85	2.55	ns	0.55
Extractable Mn (mg/kg)	69.57	83.2	68.27	72.70	ns	29.84
Extractable Cu (mg/kg)	1.25	3.15	1.66	2.78	ns	0.91
Extractable Zn (mg/kg)	0.69	0.90	0.94	0.18	ns	0.44
Extractable Fe (mg/kg)	125.37	134.97	129.88	148.07	ns	13.26
Extractable B (mg/kg)	0.37	0.38	0.38	0.39	ns	0.01

¹ns = not significant

การเจริญเติบโต และองค์ประกอบของผลผลิตอ้อย การแตกกอ (Tillering)

การแตกกอของอ้อยปลูกและอ้อยต่อ แสดงใน Figure 1a และ Figure 1b ตามลำดับ อ้อยอายุ 6 เดือน มีแนวโน้มการแตกกอลดลงเมื่อเทียบกับอ้อยอายุ 4 เดือน ทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยต่อ เนื่องจากอ้อยเข้าสู่ระยะอย่างปล้อง ซึ่งอ้อยจะมีการเพิ่มความสูงอย่างรวดเร็ว ทำให้หน่อที่เกิดในช่วงระยะหลังไม่ได้รับแสงอย่างเหมาะสม ทำให้เกิดการสะสมของโรคและแมลง จึงทำให้หน่ออ้อยที่เกิดใหม่ไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ (Hansud and Kaewpradit, 2020) ทั้งนี้ การจัดการดินในแต่ละดำรับการทดลองไม่ทำให้การแตกกอของอ้อยทั้งอ้อยปลูกและอ้อยต่อแตกต่างกันเช่นกัน แต่การปรับปรุงดินตามดำรับการทดลองที่ 2-4 (T2-T4) มีแนวโน้มทำให้อ้อยมีการแตกกอที่ดีขึ้น โดย

เฉพาะการใส่ปุ๋ยธาตุอาหารหลักธาตุอาหารรองและจุลธาตุร่วมกับวัสดุปรับปรุงดิน (T4) ที่มีแนวโน้มทำให้อ้อยมีการแตกกอที่ดีกว่าการใส่ธาตุอาหารหลักเพียงอย่างเดียว (T3) หรือการใส่ธาตุอาหารรองและจุลธาตุอาหารเพียงอย่างเดียว (T2) เนื่องจากอ้อยตอบสนองต่อการใส่ธาตุอาหารหลักที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของอ้อย โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจน และฟอสฟอรัสซึ่งเป็นธาตุที่ต้องการในปริมาณมาก และมีบทบาทสำคัญในการแตกกอ การขาดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในระยะนี้จะส่งผลให้แตกหน่อเข้าการแตกหน่อลดลง หน่อไม่เจริญงอกงาม (Calcino *et al.*, 2018) นอกจากนี้ ในดินที่ขาดจุลธาตุอาหารการใส่ปุ๋ยจุลธาตุอาหารร่วมกับธาตุอาหารหลักยังช่วยให้อ้อยมีการแตกกอที่ดีขึ้นมากกว่าการไม่ใส่จุลธาตุอาหาร (Singh *et al.*, 2003)

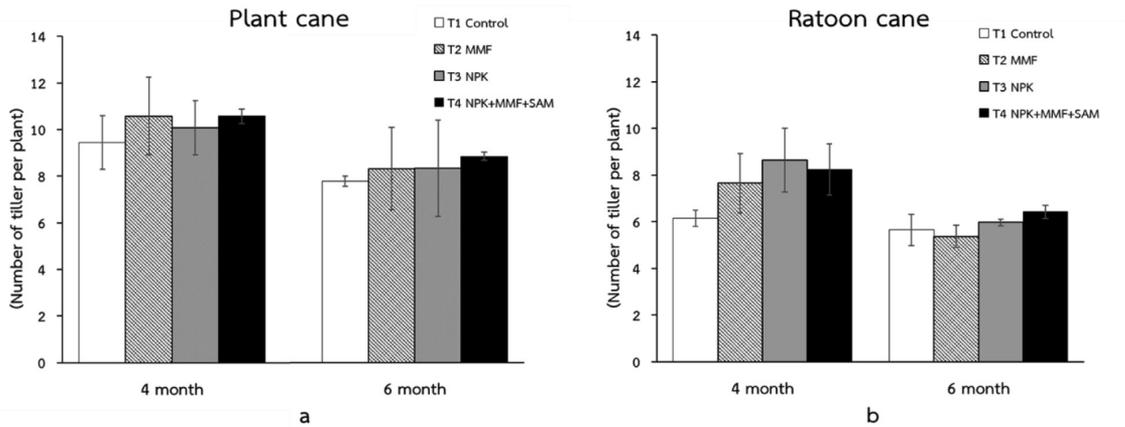


Figure 1 Tillering of plant cane (a) and ratoon cane (b) during the experiment. Non letter above bar is mean that not significantly different at 5% level by DMRT

ความสูง (Height)

ความสูงของอ้อยปลูกและอ้อยต่อแสดงใน Figure 2a และ Figure 2b ตามลำดับ พบว่า การจัดการดินตามดำรับการทดลองไม่ทำให้ความสูงของอ้อยปลูกแตกต่างกัน แต่ทำให้อ้อยต่อมีความสูงแตกต่างกัน ทั้งนี้ T4 ที่มีการใส่ปุ๋ยธาตุอาหารหลักธาตุอาหารรองและจุลธาตุร่วมกับวัสดุปรับปรุงดินมีแนวโน้มทำให้อ้อยมีความสูงเพิ่มขึ้นมากที่สุดเมื่อเทียบกับดำรับควบคุม (T1) แต่ไม่ต่างจากการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินใน T3 เนื่องจากวัสดุปรับปรุงดินนั้นมีปริมาณธาตุอาหารเพียงเล็กน้อย จึงไม่ส่งผลให้อ้อยมีความสูงต่างจากการไม่ใส่ ดำรับที่มีความสูงรองลงมาได้แก่ การใส่ปุ๋ยธาตุอาหารหลักเพียงอย่างเดียว (T3) เป็นผลจากดินที่ขาดธาตุอาหารหลักโดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียม ที่มีบทบาทสำคัญในการเจริญเติบโตในระยะย่างปล้อง (อ้อยอายุ 4 เดือนเป็นต้นไป) ซึ่งต้องการธาตุอาหารและน้ำมากกว่าระยะอื่น ๆ การขาดไนโตรเจน และโพแทสเซียมในระยะนี้จะทำให้ปล้องสั้น น้ำหนักต่อลำลดลง และทำให้ผลผลิตอ้อยลดลง (Khon Kaen University, 2018) การใส่ปุ๋ยธาตุอาหารรองและจุลธาตุอาหารเพียงอย่างเดียวใน

(T2) ไม่ส่งผลให้อ้อยมีความสูงต่างจากดำรับควบคุม (T1) ทั้งนี้อ้อยปลูกและอ้อยต่อ แสดงให้เห็นว่าปริมาณธาตุอาหารรองและจุลธาตุอาหารมีเพียงพอต่อความต้องการของอ้อยแล้ว แต่ในทางกลับกันการใส่ธาตุอาหารรองและจุลธาตุอาหารกลับทำให้อ้อยมีความสูงอ้อยมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากเกิดจากความไม่สมดุลของธาตุอาหารจากการใส่ธาตุอาหารรองทำให้แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) ในดินมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจากผลวิเคราะห์ดินหลังปลูก โดยเฉพาะอ้อยต่อ ใน T2 ที่มีปริมาณแมกนีเซียมมากกว่าโพแทสเซียมเป็นอย่างมาก จึงทำให้อ้อยไม่สามารถดูดใช้โพแทสเซียมได้ เนื่องจากธาตุทั้งสามเป็นปฏิปักษ์ต่อกัน (Antagonism) (Nguyen *et al.*, 2017) จากการศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างแมกนีเซียมและโพแทสเซียมในดินที่ใช้ปลูกหญ้าไรย์ (Ryegrass) พบว่า ดินควรมีสัดส่วนของแมกนีเซียมต่อโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่ 2-3:1 (Zalewska *et al.*, 2017) และจากการศึกษาการปลูกสตรอว์เบอร์รี่ในวัสดุปลูก พบว่า สัดส่วนระหว่างแคลเซียมต่อโพแทสเซียมที่เหมาะสม คือ 1.4:1 (Masoud *et al.*, 2018)

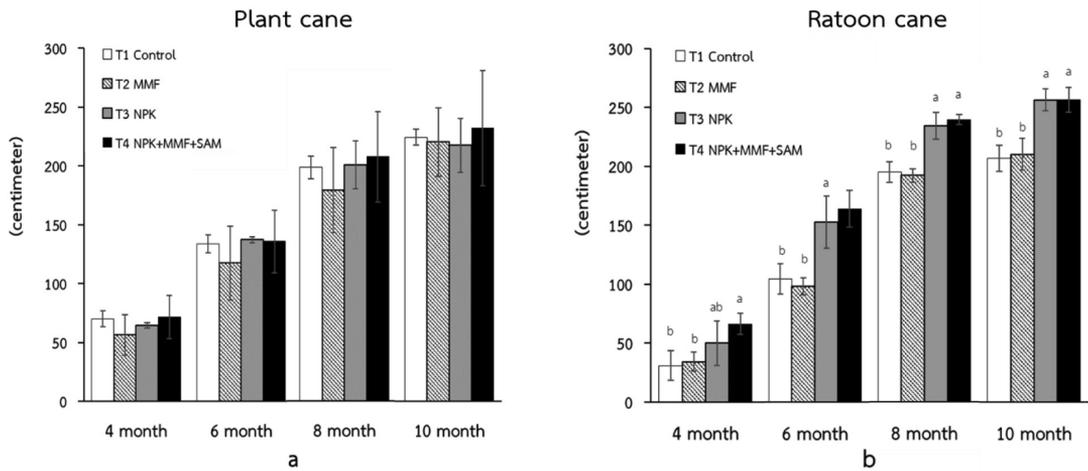


Figure 2 Height of plant (a) and ratoon cane (b) during the experiment. The same letter above the bar is not different, non-letter above the bar is mean that not significantly different at 5% level by DMRT

องค์ประกอบผลผลิตอ้อย (Sugarcane yield component)

องค์ประกอบผลผลิต ประกอบด้วย จำนวนลำต่อไร่ เส้นผ่านศูนย์กลางลำ ความยาวลำ ผลผลิตอ้อยสด ซี.ซี.เอส และปริมาณน้ำตาลของอ้อยปลูกแสดงใน Table 5 พบว่า การจัดการดินในแต่ละตำรับ การทดลองไม่ทำให้องค์ประกอบของผลผลิตแตกต่างกัน แต่การใส่ปุ๋ยธาตุอาหารหลักธาตุอาหารรองและจุลธาตุอาหารร่วมกับวัสดุปรับปรุงดินในตำรับการทดลองที่ 4 (T4) มีแนวโน้มทำให้อ้อยมีจำนวนลำต่อไร่ ความยาวลำ และผลผลิตอ้อยสดมากที่สุด เมื่อ

เปรียบเทียบกับตำรับควบคุม โดยการจัดการดินใน T4 นั้นให้ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่สูงที่สุด เท่ากับ 13.37 ตันต่อไร่ ซึ่งปริมาณผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ของ T4 นี้ ยังมีค่าสูงกว่าผลผลิตอ้อย (พันธุ์ขอนแก่น 3) ที่ได้จากการใช้ปุ๋ยตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ที่ปลูกในดินเนื้อหยาบในจังหวัดสระแก้ว ที่ได้ผลผลิตเพียง 11.70 ตันต่อไร่ (Vutikamolchai *et al.*, 2015) การจัดการดินใน T2 และ T3 ให้ผลไม่ต่างจากตำรับควบคุม และ T4 มากนัก แต่เมื่อเปรียบเทียบกับผลผลิตอ้อยสด และปริมาณน้ำตาลซึ่งเป็นปัจจัยในการกำหนดรายได้แล้ว T4 จึงถือว่าเป็นการจัดการดินที่เหมาะสมที่สุดในอ้อยปลูก

Table 5 Yield components of plant cane

Treatment	Stalk (no./rai)	Diameter (cm)	Length (cm)	Yield (ton/rai)	C.C.S.	Sugar ¹ (ton/rai)
1	10,933	2.34	213.32	12.36	16.60	2.05
2	11,093	2.12	193.80	12.44	16.62	2.06
3	11,502	2.13	198.50	12.00	16.26	1.95
4	11,707	2.23	224.10	13.37	15.80	2.12
F-test ²	ns	ns	ns	ns	ns	ns
SD	540.70	0.23	22.59	1.07	0.91	0.20
Ref ³				11.70		

¹ Sugar = (C.C.S x yield)/100

² ns = not significant, * = significantly different at 0.05 probability level

³ Recommend fertilizer (18-6-12: N-P₂O₅-K₂O) according to soil texture in Khon Kaen 3 sugarcane varieties at Sa Kaeo province (Vutikamolchai *et al.*, 2015)

องค์ประกอบผลผลิตของอ้อยต่อแสดงใน Table 6 พบว่า การจัดการดินตามหน่วย FCC นั้น ส่งผลให้อ้อยมีองค์ประกอบผลผลิตที่ดีขึ้นเมื่อเทียบกับตำรับควบคุมอย่างเห็นได้ชัด และต่างจากอ้อยปลูกเนื่องจากดินก่อนปลูกอ้อยมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง ดังนั้น การจัดการธาตุอาหารในแต่ละตำรับทดลองจึงไม่ส่งผลให้อ้อยมีองค์ประกอบผลผลิตที่ต่างกัน การจัดการธาตุอาหารในอ้อยต่อ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใส่ปุ๋ยธาตุอาหารหลักธาตุอาหารรองและจุลธาตุอาหารร่วมกับวัสดุปรับปรุงดิน (T4) ที่ทำให้จำนวนลำต่อไร่ ความยาวลำ ซึ่งส่งผลต่อผลผลิตอ้อยสดและปริมาณน้ำตาลเพิ่มมากขึ้นมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ การใส่ปุ๋ยธาตุอาหารหลักเพียงอย่างเดียว (T3) และ

การใส่ปุ๋ยธาตุอาหารรองและจุลธาตุอาหาร (T2) ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลจากการที่อ้อยตอบสนองต่อธาตุอาหารหลัก โดยเฉพาะโพแทสเซียมที่อยู่ในระดับต่ำมากในดิน การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในดินที่ขาดโพแทสเซียมช่วยเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของอ้อย (Wood, 1990; El-Tilib *et al.*, 2004; Ashraf *et al.*, 2008) แต่การปรับปรุงดินทั้ง 3 ตำรับการทดลองนี้ให้องค์ประกอบผลผลิตและปริมาณน้ำตาลไม่ต่างกันทางสถิติ แต่ทั้งนี้ ปริมาณผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ในอ้อยต่อยังคงมีค่าสูงกว่าอ้อยพันธุ์เดียวกันที่ปลูกในดินเนื้อหยาบที่ใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (Vutikamolchai *et al.*, 2015) เล็กน้อย

Table 6 Yield components of ratoon cane

Treatment	Stalk (no./rai)	Diameter (cm)	Length (cm)	Yield (ton/rai)	C.C.S.	Sugar ¹ (ton/rai)
1	8,107 ^b	2.35	200.67 ^b	8.37 ^b	12.90	1.08 ^b
2	9,307 ^{ab}	2.44	220.72 ^{ab}	11.41 ^a	13.89	1.61 ^a
3	9,720 ^a	2.45	245.10 ^a	12.91 ^a	12.78	1.64 ^a
4	10,000 ^a	2.45	245.35 ^a	13.23 ^a	13.37	1.77 ^a
F-test ²	*	ns	*	*	ns	*
CV (%)	3.92	9.58	9.13	8.82	4.16	9.59
Ref ³				12.90		

¹ Sugar = (C.C.S x yield)/100

² ns = not significant, * = significantly different at 0.05 probability level

³ Recommend fertilizer (18-6-12: N-P₂O₅-K₂O) according to soil texture in Khon Kaen 3 sugarcane varieties at Sa Kaeo province (Vutikamolchai *et al.*, 2015)

ผลตอบแทน

การจัดการดินในแต่ละตำรับการทดลองมีต้นทุนค่าปุ๋ยที่แตกต่างกัน แสดงใน Table 7 ทั้งนี้ การจัดการดินตามตำรับการทดลองที่ 4 ที่มีการใส่ปุ๋ยธาตุอาหารหลักธาตุอาหารรองและจุลธาตุอาหารร่วมกับวัสดุปรับปรุงดินทำให้มีต้นทุนค่าปุ๋ยสูงที่สุดในอ้อยปลูก และอ้อยต่อ แต่ไม่ส่งผลให้มีผลตอบแทนหลังหักต้นทุนการใช้ปุ๋ยแตกต่างกัน ทั้งนี้ การใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตรตามที่ Vutikamolchai *et al.* (2015) ได้รายงานไว้ เมื่อคำนวณเฉพาะค่าปุ๋ยพบว่า มีต้นทุนค่าปุ๋ยต่ำกว่าต้นทุนค่าปุ๋ยในการทดลอง จากข้อมูลผลผลิตที่ได้พบว่า การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยการใช้ธาตุอาหารหลักเป็นเกณฑ์ในการประเมินนั้นอาจไม่เพียงพอ เนื่องจากแปลงทดลอง

มีผลการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินในระดับปานกลาง แต่พบว่า การใส่ธาตุอาหารรองและจุลธาตุถึงแม้ว่าจะไม่ได้ทำให้อ้อยมีผลผลิตมากที่สุด แต่เมื่อรวมผลกำไรทั้ง 2 ปี เพาะปลูกแล้วกลับพบว่าทำให้มีรายได้หลังหักค่าปุ๋ยมากที่สุด ดังนั้น หากพิจารณาในด้านรายได้ การใส่ปุ๋ยธาตุอาหารรองและจุลธาตุอาหารเพียงอย่างเดียว (T2) ทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยต่ออาจเป็นทางเลือกให้เกษตรกรสามารถเลือกใช้ในการจัดการดินที่มีลักษณะเดียวกันกับหน่วยสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ Ldr⁺km ที่มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนกรวดในจังหวัดสระแก้ว แต่อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยธาตุอาหารหลักก็ยังคงจำเป็นเพื่อรักษาผลิตภาพของดิน (Sanchez *et al.*, 2003; Weil and Brady, 2017)

Table 7 Cost of fertilizer, income and profit according to the treatments

Treatment	Plant cane production (Baht/rai)			Ratoon cane production (Baht/rai)		
	Income ¹	Fertilizer cost ²	Profit ³	Income	Fertilizer cost	Profit
1	14,673	0	14,673	6,883 ^b	0	6,883
2	14,766	600	14,166	9,962 ^a	600	9,362
3	14,029	1,484	12,545	10,498 ^a	1,592	8,906
4	15,358	2,584	12,774	11,143 ^a	2,692	8,451
F-test ⁴	ns	-	ns	*	-	ns
CV (%)	9.18		9.97	17.15		19.65
Ref ⁵		960			1,198	

¹ In 2017 sugarcane price is 850 bath per ton with an increasing 51 baht per ton if the C.C.S higher than 10, 2018 is 700 bath per ton with an increasing 42 baht per ton if the C.C.S higher than 10

² All fertilizer was bought in 2017. 18-46-0 = 903 baht per 50 kg, 46-0-0 = 618 baht per 50 kg, 0-0-60 = 760 baht per 50 kg, soil amendment 250 baht per ton, mixed fertilizer 1 and mixed fertilizer 2 = 150 baht per kg

³ The profit was calculated from only the income minus the fertilizer cost

⁴ ns = not significant, * = significantly different at 0.05 probability level

⁵ Cost of fertilizer from recommended fertilizer (18-6-12: N-P₂O₅-K₂O, plant cane and 18-9-18: N-P₂O₅-K₂O, ratoon cane) according to soil texture in Khon Kaen 3 sugarcane varieties at Sa Kaeo province (Vutikamolchai *et al.*, 2015)

สรุป

การทดลองการจัดการดินตามลักษณะดินในหน่วยสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดิน Ldr⁺km ที่มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนกรวด ดินมีปัญหาการขาดธาตุอาหารบางชนิด โดยทำการทดลองปลูกอ้อยต่อเนื่อง 2 ปี พบว่าการจัดการดินตามหน่วยสมรรถนะไม่ส่งผลให้ดินมีสมบัติทางเคมีของดินหลังปลูกต่างกันทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยต่อ แต่มีแนวโน้มส่งผลให้ดินมีสมบัติทางเคมีดีขึ้นตามตำรับการทดลองที่มีการใส่ธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง จุลธาตุอาหาร และวัสดุปรับปรุงดิน นอกจากนี้ การจัดการดินยังช่วยให้ผลผลิตอ้อยสูง

กว่าการไม่จัดการดินโดยได้ผลผลิตสูงที่สุดเท่ากับ 13.37 และ 13.23 ตันต่อไร่ ในอ้อยปลูกและอ้อยต่อตามลำดับ ถึงแม้ว่าการจัดการดินใน T4 จะมีต้นทุนค่าปุ๋ยสูงที่สุด แต่ผลตอบแทนหลังหักค่าปุ๋ยแล้วไม่แตกต่างกัน ดังนั้น ในการจัดการดินของหน่วยสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ Ldr⁺km นี้ จึงแนะนำให้ใส่ปุ๋ยธาตุอาหารหลักธาตุอาหารรองและจุลธาตุอาหารร่วมกับวัสดุปรับปรุงดินในอ้อยปลูกตามตำรับการทดลองที่ 4 (T4) หรือปุ๋ยธาตุอาหารหลักเพียงอย่างเดียว (T3) ทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยต่อ ทั้งนี้ควรวิเคราะห์ดินก่อนปลูกอ้อยเพื่อดูปริมาณธาตุอาหารต่าง ๆ ในดินเพื่อลดต้นทุนการผลิตอ้อยและรักษาผลผลิตภาพของดินในระยะยาว

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.) ภายใต้ชุดโครงการวิจัยด้านอ้อยและน้ำตาล ปี 2558

เอกสารอ้างอิง

- Ashraf, M.Y., F. Hussain, J. Akhter, A. Gul, M. Ross and G. Ebert. 2008. Effect of different sources and rates of nitrogen and supra optimal level of potassium fertilization on growth yield and nutrient uptake by sugarcane grown under saline conditions. *Pak. J. Bot.* 40: 1521–1531.
- Attanandana, T. and J. Chanchareonsook. 1999. *Practice and Handbook of Soil and Plant Laboratory Analysis*. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Bolbol, H., M.K. Eghbal, H. Torabi and N. Davatgar. 2013. Fertility capability classification of paddy soil in comparison with the soil taxonomy in Guilan province, Iran. *Intl. J. Agric: Res & Rev.* 3: 873–880.
- Bray, R.A. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available from of phosphorus in soil. *Soil Sci.* 59: 39–45.
- Calcino, D., B. Schroeder, J. Panitz, A. Hurney, D. Skocaj, A. Wood and B. Salter. 2018. *Australian Sugarcane Nutrition Manual*. Sugar Research, Australia.
- El-Tilib, M.A., M.H. Elnasikh and E.A. Elamin. 2004. Phosphorus and potassium fertilization effects on growth attributes and yield of two sugarcane varieties grown on three soil series. *J. Plant Nutri.* 27: 663–669.
- Hansud, R. and W. Kaewpradit 2020. The influence of zinc sulphate ($ZnSO_4$) application on growth and total soluble solid in juice of sugarcane grown under sandy soil. *Prawarun Agr. J.* 17: 11–20. (in Thai)
- Jackson, K.L. 1965. *Soil Chemical Analysis Advanced Course*. Department of Soils, University of Wisconsin, USA.
- Kheoruenromne, I. 2005. *Soil Survey Concept and Techniques*. 2nd edition. Department of Soil Science, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Khon Kaen University. 2018. *Knowledge for Sugarcane Development*. Office of Cane and Sugar Board. Available Source: <http://www.ocsb.go.th/upload/learning/fileupload/5336-7406.pdf>, September 26, 2020.



- Masoud, H., A. Mousa and N.M. Javad 2018. Different K:Ca ratios affected fruit color and quality of strawberry 'Selva' in soilless system. *J. Plant Nutri.* 4: 243–252.
- Moody, P.W. and P.T. Cong. 2008. Soil Constraints and Management Package (SCAMP) Guidelines for Sustainable Managements of Tropical Upland Soils. Australian Center for International Agricultural Research, Australian Government, Australia.
- Nguyen, H.H., S. Maneepong and P. Suraninpong. 2017. Effects of potassium, calcium, and magnesium ratios in soil on their uptake and fruit quality of pumelo. *J. Agric. Sci.* 12: 110–121.
- Office of Cane and Sugar Board. 2019. Sugarcane Plantation Area Report 2018/19. Ministry of Industry, Bangkok. (in Thai)
- Office of Cane and Sugar Board. 2020. Report of Sugarcane Situation Planting 2019/20. Ministry of Industry, Bangkok. (in Thai)
- Prasithikhetra, J. 1999. Soil and fertility management base on soil analysis for crop, pp. 159–180. *In Handbook for Fertilizer Use Base on Soil Analysis.* Maruay Garden Hotel, Bangkok. (in Thai)
- Sanchez, P.A., W. Couto and S.W. Buol. 1982. The fertility capability soil classification system interpretation application. *Geoderma* 27: 283–309.
- Sanchez, P.A., C.A. Palm and S.W. Buol. 2003. Fertility capability soil classification: a tool to help assess soil quality in the tropics. *Geoderma* 114: 157–185.
- Singh, A., R.N. Srivastava and S.B. Singh. 2003. Effect of nutrient combinations on sugarcane productivity. *Sugar Tech.* 5: 311–313.
- Sritongchim, S., B. Thaneerat, A. Sukasem and S. Saelim. 1997. Management of Skeleton Soil. Department of Land Development, Ministry of Agriculture and Cooperative, Bangkok. (in Thai)
- Tawornpruek, S., P. Pinjai, N. Chittamart, T. Darunsontaya, R. Chareaonsri, R. Lertpayakarat, S. Watana and K. Homyamyen. 2015. Fertility capability classification and soil productivity index for sugarcane growing soils in Eastern Thailand, pp. 1–67. *In Development of Soil Quality and Productivity Index for Sugarcane Growing in Eastern Thailand.* Research Report RDG5650105. Thailand Research Fund. (in Thai)
- Tawornpruek, S., N. Chittamart, T. Darunsontaya, R. Chareaonsri, S. Watana, K. Homyamyen and D. Waijaroen. 2018. Development of soil management approach according to fertility capability classification units and soil productivity indices for sugarcane growing soils in Sakaeo province, pp. 1–42. *In Studies on Soil Management According to Productivity Potential, Sugarcane Trash and Utilization of Soil Microbial Activities to Maintain Soil Quality and to Increase Sugarcane Yield and Quality in Sa Kaeo Province.* Research Report RDG5850008. Thailand Research Fund. (in Thai)

- Thai Meteorological Department. 2018. The Climate of Sa Kaeo Province. Climate Center of Development Metrological Office, Thai Meteorological Department, Bangkok. (in Thai)
- Thai Meteorological Department. 2019. The climate of Sa Kaeo Province. Climate Center of Development Metrological Office, Thai Meteorological Department, Bangkok. (in Thai)
- Thomas, G.W. 1982. Exchangeable cations, pp. 161–163. *In* C.A. Black, ed. Method of Soil Analysis Part II Chemical and Microbiological Properties. 2nd edition. Agronomy No.9 Amer. Soc. Agron. Inc, Madison, Wisconsin, USA.
- Viets, Jr. F.G. and W.L. Lindsay. 1973. Testing soils for zinc, copper, manganese and iron. pp. 153–172. *In* L.H. Walsh and J.S. Beaton, eds. Soil Testing and Plant Analysis. Soil Science Society of America, Inc, Madison, Wisconsin, USA.
- Vutikamolchai, B., P. Kanlayasilapin, W. Niponkit, P. Sirideach, S. Sawetwech and J. Tisawat. 2015. Integrated testing of sugarcane varieties and sugarcane production technology in eastern Thailand. pp. 103–107. *In* Test and Development on Sugarcane Production Technology for Specific Area. Department of Agriculture, Thailand. (in Thai)
- Walkley, A. and C.A. Black. 1934. An examination of degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37: 29–35.
- Weil, R.R. and N.C. Brady. 2017. The Nature and Properties of Soils. 15th edition. Pearson Education, Inc., New Jersey, USA.
- Wood, R.A. 1990. The roles of nitrogen phosphorus and potassium in the production of sugarcane in South Africa. *Fertilizer Res.* 26: 89–98.
- Zalewska, M., J. Wierzbowska and A. Nogalska 2017. Effect of basic cation saturation ratios on the Mg, K and Ca content of annual ryegrass (*Lolium multiflorum* L.). *J. Elem.* 22: 1507–1523.