

แนวทางการจัดการธาตุอาหารหลักเฉพาะพื้นที่สำหรับอ้อยในชุดดินกำแพงเพชรภาคเหนือของประเทศไทย

สุชาดา กรุณา^{1*} วิทยาพรรณ ห้ายเมือง¹ ศิริพร รัตนศักดิ์ภักดี² พวิตร เกตุยิ้ม² ปริมาภรณ์ คงหล้า² ชุตินณทน เกตุยิ้ม²
อำนาจ กลัดปรี² สุกัญญา จินเฮียง³ สุภารัตน์ รัชวรวงศ์³ และ รังสิมันต์ มีสุวรรณ³

¹ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

²บริษัท เกษตรไทย อินเตอร์เนชั่นแนล ชูการ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) นครสวรรค์ 60000

³บริษัท น้ำตาลไทยเอกลักษ์ณ์ จำกัด อุตรดิตถ์ 53000

Corresponding author: suchada.k@ku.th

(Received: July 21, 2025; Revised: October 20, 2025; Accepted: October 22, 2025)

บทคัดย่อ

ภาคเหนือเป็นพื้นที่ปลูกอ้อยที่สำคัญอีกแห่งหนึ่งของประเทศไทย แม้ปัจจุบันเทคโนโลยีการผลิตอ้อยจะมีประสิทธิภาพสูง แต่ในส่วนการจัดการปุ๋ยที่เฉพาะเจาะจงกับลักษณะดินยังมีการศึกษาค่อนข้างน้อย งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการหาแนวทางการจัดการปุ๋ยอ้อยที่เฉพาะเจาะจงพื้นที่หรือชนิดของดิน ทดสอบกับชุดดินกำแพงเพชร ทำการเปรียบเทียบวิธีการจัดการปุ๋ย 4 ตำรับ ได้แก่ T1=การใช้ปุ๋ยตามคำแนะนำปุ๋ยอ้อยเฉพาะพื้นที่สำหรับชุดดินกำแพงเพชร T2=การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับอ้อยของกรมวิชาการเกษตร T3=การใช้ปุ๋ยตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกร และ T4=การใช้ปุ๋ยแบบผสมผสานตามวิธี T1+T2 ในอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ทั้งอ้อยปลูก และอ้อยต่อ เก็บข้อมูลการเจริญเติบโต คือ ความสูง และจำนวนต้น ที่ระยะ 4 6 8 และ 10 เดือน ข้อมูลผลผลิตที่ 12 เดือน ได้แก่ ผลผลิตต่อไร่ ผลผลิตน้ำตาลต่อไร่ ค่า C.C.S. และประเมินผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์จากราคาอ้อยปี 67/68 (1,160 บาท/ตัน) ผลการวิจัยพบว่า การเจริญเติบโตทุกตำรับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>.05$) ในทุกระยะ ทั้งอ้อยปลูกและอ้อยต่อ ส่วนผลผลิตอ้อยปลูก T1 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (23.33 ตันต่อไร่) มากกว่าตำรับ T2, T3 และ T4 (20.16-20.20 ตันต่อไร่) ผลผลิตน้ำตาลต่อไร่และค่า C.C.S. สูงที่สุดในตำรับ T3 (2.74 ตัน C.C.S.ต่อไร่ และ 13.25 C.C.S.) สำหรับอ้อยต่อ T4 ให้ค่าเฉลี่ยผลผลิต (16.31 ตันต่อไร่) และน้ำตาลสูงที่สุด (2.72 ตัน C.C.S./ไร่) มากกว่าตำรับ T1, T2 และ T3 (14.06-14.72 ตันต่อไร่) ส่วนค่า C.C.S. ของอ้อยต่อทุกตำรับทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ T1 ให้ผลตอบแทนและกำไรต่อพื้นที่สูงที่สุด เนื่องจากมีต้นทุนปุ๋ยต่อไร่ต่ำที่สุด (501.79 บาทต่อไร่) เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับ T3 (วิธีเดิมของเกษตรกร 1,512 บาทต่อไร่) สรุปว่าการใช้ปุ๋ยตามคำแนะนำปุ๋ยที่เฉพาะเจาะจงสำหรับชุดดินสามารถลดต้นทุนปัจจัยการผลิต (ปุ๋ย) ได้และให้ผลตอบแทนสุทธิสูงกว่า

คำสำคัญ: การจัดการธาตุอาหารหลักเฉพาะพื้นที่; ชุดดินกำแพงเพชร; อ้อย; ภาคเหนือของประเทศไทย

Site-specific Nutrient Management Recommendations for Sugarcane Culture in Kamphaeng Phet series (Kp), Northern of Thailand

Suchada Karuna^{1*}, Wipawan Thaymuang¹, Siriporn Rattanasakphakdee², Piwat Ketyim², Paramaporn Konglam², Chutimon Ketyim², Amnat Kladpree², Sukunya Jeenhang³, Suparat Ruchworawong³ and Rangsiman Meesuan³

¹Soil Science Department, Faculty of Agriculture at Kamphaengsaen, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140

²Kaset Thai International Sugar Corporation Public Company Nakhon Sawan 60000

³Thai Identity Sugar Factory Company Limited Uttaradit 53000

Corresponding author: suchada.k@ku.th

(Received: July 21, 2025; Revised: October 20, 2025; Accepted: October 22, 2025)

Abstract

The North is another important sugarcane growing area in Thailand. Although sugarcane production technology is currently highly efficient, there is still relatively little research on fertilizer management specific to soil characteristics. Therefore, this research aims to find guidelines for area-specific or soil-type-specific sugarcane fertilizer management, tested on the Kamphaeng Phet soil series. The study compares 4 fertilizer management methods: T1 = using fertilizer according to the area-specific sugarcane fertilizer recommendations for the Kamphaeng Phet soil series, T2 = using fertilizer based on the Department of Agriculture's soil analysis for sugarcane, T3 = using fertilizer according to farmers' practices, and T4 = using integrated fertilizer management according to the T1+T2 method in Khon Kaen 3 sugarcane variety, both for planted and ratoon sugarcane. Growth data collected included height and number of stalks at 4, 6, 8, and 10 months. Yield data collected at 12 months included yield per rai, sugar yield per rai, and C.C.S. value. And evaluate the economic returns from the 2024/2025 sugarcane price (1,160 baht/ton: Sor., 2024). The research results showed that the growth of all formulas was not statistically different ($P>.05$) at all stages, both for planted and ratoon sugarcane. For planted sugarcane, formula T1 had the highest average yield (23.33 tons per rai), which was higher than formulas T2, T3, and T4 (20.16-20.20 tons per rai). Sugar yield per rai and C.C.S. values Highest in the T3 recipe (2.74 tons C.C.S. per rai and 13.25 C.C.S.) For the T4 ratoon cane, the highest average yield (16.31 tons per rai) and sugar content (2.72 tons

Keywords: Site-specific nutrient management; Sugarcane; Kamphaeng Phet series (Kp); Northern region of Thailand

บทนำ

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยในปีการผลิต 2567/2568 ภาคเหนือมีพื้นที่ปลูกอ้อย 2,620,455 ไร่ ซึ่งเพิ่มขึ้น 12,861 ไร่ (ร้อยละ 0.49) และคิดเป็นสัดส่วนพื้นที่ปลูกอ้อยอันดับสามของประเทศ รองจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลาง (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2567) พื้นที่ปลูกอ้อยในภาคเหนือครอบคลุมจังหวัดแพร่ อุตรดิตถ์ สุโขทัย ตาก กำแพงเพชร นครสวรรค์ พิจิตร และเพชรบูรณ์ ชุดดินกำแพงแสนเพชร (Kp) จัดว่าเป็นชุดดินที่มีการปลูกอ้อยมากในพื้นที่ พันธุ์อ้อยที่เกษตรกรนิยมปลูกในเขตนี้ ได้แก่ พันธุ์ขอนแก่น 3 (KK-3) อ้อยในเขตภาคเหนือมีผลผลิตเฉลี่ย 9.24 ตันต่อไร่ ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศเล็กน้อย (9.40 ตันต่อไร่, ปีการผลิต 2567/2568) (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2567) โดยศักยภาพของพื้นที่ทั้งเรื่องชนิดดินที่มีความเหมาะสมต่อการปลูกอ้อย ปริมาณน้ำตลอดจนการขนส่งต่างๆ ในพื้นที่แห่งนี้ถือว่ามีความศักยภาพสูงอีกแห่งหนึ่งในการผลิตอ้อยของประเทศ ปัจจุบันแม้เทคโนโลยีและเครื่องจักรกลการผลิตอ้อยจะมีประสิทธิภาพสูง แต่ผลผลิตอ้อยในพื้นที่ก็ยังไม่เพิ่มขึ้นเท่าที่ควร ค่าเฉลี่ยผลผลิตย้อนหลัง 4 ปี ประมาณ 8.85 ตันต่อไร่ ซึ่งถือว่าค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับผลผลิตเฉลี่ยภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (9.04 และ 9.94 ตันต่อไร่ ตามลำดับ) จากการศึกษาพื้นที่ปลูกอ้อยภาคเหนือโดยเฉพาะจังหวัดนครสวรรค์ พิจิตร สุโขทัย อุตรดิตถ์ ซึ่งมีพื้นที่ปลูกค่อนข้างมากแต่การจัดการปุ๋ยยังเป็นไปตามวิธีเดิมที่ปฏิบัติสืบทอดกันมา เกษตรกรใช้ปุ๋ยในปริมาณที่สูงมากโดยไม่มีการพิจารณาถึงสมบัติของดินที่เป็นปัจจัยการผลิตพื้นฐานที่สำคัญและส่งผลกระทบต่อผลผลิตอ้อยอย่างมาก ปุ๋ยที่มากเกินไปจนความจำเป็นจะก่อให้เกิดพิษอ่อนแอต่อการทำลายของโรคพืชได้ง่าย เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลผลิตของพื้นที่ดังกล่าว น้อยกว่าศักยภาพที่ควรจะเป็น ปุ๋ยถือว่าเป็นต้นทุนหลักของปัจจัยการผลิต จากสถานการณ์การระบาดของโรคโควิด-19 และภาวะความไม่สงบในประเทศผู้ผลิตและส่งออกปุ๋ยของโลก ส่งผลให้ราคาปุ๋ยมีความแปรปรวนค่อนข้างมากและมีแนวโน้มสูงขึ้น (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566) การใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพบนพื้นฐานการคำนึงถึงลักษณะเฉพาะของทรัพยากรดินและสภาพแวดล้อมจะช่วยเพิ่มผลผลิต ลดต้นทุนและเพิ่มกำไรให้เกษตรกรได้ ทั้งนี้แนวทางการใช้ปุ๋ยนั้นมีหลากหลายไม่ว่าจะเป็นคำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับอ้อยของกรมวิชาการเกษตร 2) คำแนะนำปุ๋ยเฉพาะพื้นที่สำหรับอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ หรือโปรแกรมคำแนะนำ “ปุ๋ยสั่งตัด” (Attanandana et al., 2008; Phinchongsakuldit, 2014) ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืช (crop model) ในการประเมินอัตราการใช้ปุ๋ยที่เหมาะสมกับทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม งานวิจัยนี้ได้รับการยอมรับในวงการเกษตรอย่างกว้างขวาง (สุวรรณ และสมพร, 2553) การจัดการปุ๋ยที่เฉพาะเจาะจงกับลักษณะดินเป็นแนวทางการจัดการธาตุอาหารหลักสำหรับอ้อยที่สามารถใช้เพิ่มผลผลิตอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือมาแล้ว เนื่องจากลดต้นทุนการผลิต (ปุ๋ย) ได้ และการได้รับปุ๋ยในปริมาณที่เหมาะสมยังช่วยให้พืชมีความแข็งแรงต้านทานโรคได้มากขึ้น ส่งผลให้ผลผลิตต่อพื้นที่เพิ่มขึ้นผลตอบแทนสูงขึ้น ภาคเหนือเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพในการผลิตอ้อยของประเทศ แต่ก็ยังไม่มีคำแนะนำการจัดการธาตุอาหารหลักที่เฉพาะเจาะจงกับพื้นที่หรือชนิดดินอย่างแท้จริง การวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะหาแนวทางการจัดการธาตุอาหารหลักเฉพาะพื้นที่สำหรับอ้อยใน

ภาคเหนือ โดยดำเนินการทดลองเพื่อเปรียบเทียบผลของคำแนะนำการใช้ปุ๋ยอ้อยจากแหล่งต่างๆ ที่มา การศึกษามาบ้างแล้ว เพื่อยกระดับประสิทธิภาพการจัดการธาตุอาหารหลักสำหรับอ้อยในพื้นที่ดังกล่าว ช่วย เกษตรกรลดต้นทุนและเพิ่มผลตอบแทน

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลองปลูกอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 และบำรุงอ้อยตอ บนชุดดินกำแพงเพชร (Kamphaeng Phet series: Kp, Fine-silty, mixed, active, isohyperthermic Oxyaquic (Ultic) Haplustalfs) ซึ่งเป็นชุด ดินที่มีการปลูกอ้อยมากในเขตนี้ ลักษณะเป็นดินสีลมมาก เนื้อดินเป็นดินร่วนหรือดินร่วนปนทรายแป้ง ปฏิกริยา ดินเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกลาง (pH 6.0-7.0) มีการระบายน้ำดีปานกลาง ถือว่าเป็นดินที่มีความเหมาะสม ต่อการปลูกอ้อย ทำการทดลองที่แปลงปลูกอ้อยของบริษัท เกษตรไทย อินเตอร์เนชั่นแนล ซูการ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) อำเภอกำแพงเพชร จังหวัดนครสวรรค์ ตรวจสอบชนิดของชุดดินในแปลงที่ทำการทดลองและ ดำเนินการเก็บตัวอย่างดินแบบ composite sample ที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร วิเคราะห์สมบัติ พื้นฐานและปริมาณธาตุอาหารหลักในดิน (ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสที่ แลกเปลี่ยนได้, Table 1) เพื่อประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินและกำหนดปริมาณธาตุอาหารหลักแต่ ละตำรับทดลอง คำนวณปริมาณปุ๋ยที่ต้องใช้ในแต่ละแปลงย่อย (Table 2, Table 3) ทั้งอ้อยปลูกและอ้อยตอ (อ้อยปลูก, 15°53'41.2"N 100°05'46.2"E และอ้อยตอ, 15°53'47.2"N 100°05'49.4"E) ระยะเวลาตั้งแต่เดือน กุมภาพันธ์ 2567 ถึงเมษายน 2568

Table 1. Chemical property of soil before and after the experiment of plant cane and ratoon cane

Cane type		Plant cane			Ratoon cane			
Soil	pH (1:1)	OM	Avai.P	Avai.K	pH (1:1)	OM	Avai.P	Avai.K
property		(g/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)		(g/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)
Before	7.22 (neutral)	22.8 (M)	776 (VH)	175 (VH)	7.05 (neutral)	18.7 (M)	332 (VH)	178 (VH)
-----After experiment -----								
Tr 1	6.20 (slightly acid)	17.8 (M)	911 (VH)	100 (H)	6.53 (slightly acid)	16.2 (M)	467 (VH)	300 (VH)
Tr 2	6.44 (slightly acid)	17.9 (M)	1026 (VH)	142 (VH)	6.86 (neutral)	14.5 (ML)	353 (VH)	181 (VH)
Tr 3	6.20 (slightly acid)	16.1 (M)	1017 (VH)	97 (H)	6.95 (neutral)	15.5 (M)	414 (VH)	290 (VH)
Tr 4	6.55 (neutral)	15.9 (M)	1007 (VH)	82 (M)	6.89 (neutral)	13.4 (ML)	316 (VH)	270 (VH)

VH =very high, H =high, M =medium, ML =moderately low

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (Randomized Complete Block Design ; RCBD) 4 ตำรับการทดลอง จำนวน 4 ซ้ำ ขนาดแปลงทดลองแต่ละตำรับ 10 x 12 เมตร ระยะห่างแต่ละร่อง 1.6 เมตร ระยะปลูก 50 เซนติเมตร ตำรับทดลอง ได้แก่ T1=การใช้ปุ๋ยตามคำแนะนำปุ๋ยอ้อยเฉพาะพื้นที่สำหรับชุดดิน กำแพงเพชร (Table 4) (สุชาติ, 2565) T2=การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับอ้อยของกรมวิชาการเกษตร (กรมวิชาการเกษตร, 2564) T3=การใช้ปุ๋ยตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกร และ T4=การใช้ปุ๋ยแบบผสมผสานตาม

วิธี T1+T2 ใช้แม่ปุ๋ยผสมเพื่อให้ได้ธาตุอาหารหลักตามที่กำหนด (Table 4) ทั้งยูเรีย (46-0-0) โพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) และปุ๋ยสูตรที่เกษตรกรใช้อยู่ปัจจุบัน คือ 16-20-0 15-7-18 แบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งแรกรองพื้นตอนปลูก (หรือในช่วงอ้อยอายุประมาณ 1 เดือน) และครั้งที่ 2 อ้อยอายุ 3-4 เดือน เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตที่อายุ 4 6 8 10 และ 12 เดือน ได้แก่ ความสูงต้น จำนวนต้นต่อไร่ ข้อมูลผลผลิต ได้แก่ จำนวนลำต่อไร่ ผลผลิตต่อไร่ ผลผลิตน้ำตาลต่อไร่ คุณภาพผลผลิต ได้แก่ ค่าความหวานของอ้อย (Commercial Cane Sugar ; C.C.S.) คำนวณได้จากค่าเปอร์เซ็นต์โพลาไรเซชัน (Polarization; Pol) และเปอร์เซ็นต์บริกซ์ (%Brix) ของน้ำอ้อยที่ได้จากลูกหีบชุดแรก รวมถึงเปอร์เซ็นต์เยื่อใย (Fiber) (กาญจนา กิระศักดิ์ และคณะ, 2558) วิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะที่ศึกษา (F-test) ตามแผนการทดลองแบบ RCBD และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) รวบรวมข้อมูลต้นทุนการผลิตอ้อยของเกษตรกรต้นทุนคงที่ได้แก่ ค่าเตรียมแปลง ค่าปลูก ค่าท่อนพันธุ์ ค่าจัดการศัตรูพืช ส่วนต้นทุนผันแปร ได้แก่ ราคาปุ๋ย ข้อมูลจากราคापุ๋ยเดือนมิถุนายน 2566 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566) เพื่อเปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์

Table 2. Nutrient quantity of each treatment for plant cane and ratoon cane in Kamphaeng Phet series, Northern region

Treatment	Nutrient for plant cane (kg/rai)			Nutrient for ratoon cane (kg/rai)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
T1	6	3	6	6	3	6
T2	12	3	6	15	3	6
T3	14	11.5	9	14	11.5	9
T4	21	3	6	21	3	18

Table 3. Fertilizer quantity of each treatment for plant cane and ratoon cane in Kamphaeng Phet series, Northern region

Treatment	Fertilizer for plant cane (kg/rai)*				Fertilizer for ratoon cane (kg/rai)			
	16-20-0	46-0-0	0-0-60	15-7-18	16-20-0	46-0-0	0-0-60	15-7-18
T1	14.40	7.52	9.60	-	14.40	7.52	9.60	-
T2	14.40	20.00	9.60	-	14.40	26.24	9.60	-
T3	40.00	-	-	50	40.00	-	-	50
T4	14.40	38.80	9.60	-	14.40	38.80	28.80	-

*16-20-0=17,300 THB/ton, 46-0-0=15,600 THB/ton, 0-0-60=14,100 THB/ton, 15-7-18=16,400 THB/ton

Table 4. Site-specific Nutrient Management Recommendations for Sugarcane Culture for Kamphaeng Phet series (Kp) (soil group 33)

Soil series	Recommended N-P ₂ O ₅ -K ₂ O amount according to soil fertility status (kg /rai)					Water Management/Yield Forecast
	Major nutrient	Very low	Low	Moderate	High	
Kamphaeng Phet series: Kp	N	24	14	6		Water along the furrows. Expected yield: 20.3 - 20.9 tons/rai Initial yield 8,112.4 - 9,456.0 baht/rai Always include organic matter and do not burn sugarcane leaves.
	P ₂ O ₅		6	6	3	
	K ₂ O		12	12	6	

Source: Suchada, 2022

ผลและวิจารณ์

การเจริญเติบโตด้านความสูงและจำนวนต้นต่อไร่

การจัดการปุ๋ยตามแนวทางคำแนะนำทั้ง 4 ตำรับทดลอง ไม่ได้ส่งผลให้การเจริญเติบโตของอ้อยแตกต่างกันทางสถิติ (Table 5 and Table 6) ทั้งด้านความสูงและจำนวนต้นต่อไร่ ในทุกระยะการเจริญเติบโต ยกเว้นที่อ้อยปลูกอายุ 6 เดือน ที่พบว่าการจัดการปุ๋ยในตำรับ T1 (การใช้ปุ๋ยตามคำแนะนำปุ๋ยอ้อยเฉพาะพื้นที่สำหรับชุดดินกำแพงเพชร; สุชาติ, 2565) ส่งผลให้ความหนาแน่นของอ้อยเฉลี่ยต่อพื้นที่มากที่สุด (20,120 ต้นต่อไร่) รองลงมา คือ ตำรับ T3 T4 และ T2 ตามลำดับ ทั้งนี้จะเห็นว่าการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและการแตกกอของอ้อยในทุกตำรับทดลองมีความแตกต่างกันค่อนข้างน้อย เนื่องจากปริมาณธาตุอาหารพืชที่เหลือค้างในดินก่อนปลูกมีปริมาณค่อนข้างเพียงพอ (Table 1) ต่อการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นในระยะแรก (Vegetative growth) แต่ละตำรับอัตราปุ๋ยไนโตรเจนรองพื้นค่อนข้างสูง ประกอบกับสมบัติดินก่อนการทดลองมีปริมาณอินทรีย์วัตถุปานกลางซึ่งสามารถปลดปล่อยให้นโตรเจนแก่พืชได้ในระยะแรกของการเจริญเติบโต ช่วงที่อ้อยปลูกมีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น (290 วันหลังปลูก) การให้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงจะส่งผลต่อการยืดยาวของลำต้น (คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่ฯ, 2542; ยงยุทธ โอสธสภ, 2556) ไนโตรเจนช่วยเพิ่มน้ำหนักต่อลำของอ้อยแต่ไม่มีผลต่อการแตกกอซึ่งเป็นลักษณะมาจากพันธุกรรมและเขตรกรรม และอ้อยจะตอบสนองต่อปริมาณธาตุไนโตรเจนที่ได้รับมากน้อยเพียงใดยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ เช่น ความชื้นของดิน และการกระจายตัวของปริมาณฝน (อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์, 2552) นอกจากนี้ยังพบว่าจำนวนต้นต่อไร่ลดลงอย่างชัดเจนในอายุ 4 เดือนไปจนถึงอายุ 8 เดือน ทั้งนี้สอดคล้องตามช่วงการเจริญเติบโตของอ้อยที่ระยะการแตกกอ (150 วัน) หลังจากนั้นหน่อที่ไม่สมบูรณ์จะตายลงเหลือเฉพาะหน่อที่สมบูรณ์เจริญเติบโตและเข้าสู่ระยะย่างปล้องต่อไป (150-290 วัน) (คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่ฯ, 2542)

Table 5. Growth of plant cane in Kamphaeng Phet series: stalk height and number stalk per area at 4, 6, 8, 10 and 12 months

Treatment	4 months		6 months		8 months		10 months		12 months	
	height (cm)	stalk/rai	height (cm)	stalk/rai	height (cm)	stalk/rai	height (cm)	stalk/rai	height (cm)	stalk/rai
T1	51.9	27,653	142.2	20,120b	255.0	19,580	294.6	19,700	361.2	12,360
T2	50.4	27,813	142.4	17,260a	254.7	20,787	293.4	19,793	368.0	10,993
T3	54.4	27,500	143.9	19,607b	249.8	20,807	287.6	19,673	350.8	11,813
T4	55.1	28,513	151.0	19,287b	248.3	20,193	286.0	19,507	359.2	11,000
P	0.325	0.689	0.760	0.022	0.731	0.551	0.523	0.983	0.689	0.523
F test	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns

* Significant difference at $P < 0.05$, ns non-significant difference.

Mean in the same column followed by the same latter are not significantly different by DMRT at $P = 0.05$.

Table 6. Growth of ratoon cane in Kamphaeng Phet series: stalk height and number stalk per area at 4, 6, 8, 10 and 12 months

Treatment	4 months		6 months		8 months		10 months		12 months	
	height ¹ (cm)	stalk/rai	height (cm)	stalk/rai	height (cm)	stalk/rai	height (cm)	stalk/rai	height (cm)	stalk/rai
T1	-	20,307	199.9	21,967	208.6	21,013	222.6	17,833	259.2	11,160
T2	-	20,447	193.6	21,753	202.7	20,627	217.1	17,573	259.3	11,267
T3	-	18,867	200.7	21,207	210.0	20,940	225.3	17,880	256.0	10,967
T4	-	20,920	202.4	21,847	206.2	20,780	223.5	17,987	250.1	12,033
P	-	0.531	0.324	0.869	0.710	0.985	0.445	0.962	0.812	0.965
F test	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

* Significant difference at $P < 0.05$, ns non-significant difference.

Mean in the same column followed by the same latter are not significantly different by DMRT at $P = 0.05$.

¹At 4 months, the ratoon canes are lateral spreading. They will grow straighten around 5-6 months, so it's not possible to measure their height at 4 months.

ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

การจัดการปุ๋ยตามแนวทางคำแนะนำทั้ง 4 ดำรับทดลอง ส่งผลให้อ้อยปลูกมีค่าเฉลี่ยผลผลิตต่อไร่แตกต่างกันทางสถิติ ($P = 0.033$) (Table 7) โดยดำรับ T1 ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่สูงที่สุดเท่ากับ 23.33 ตันต่อไร่ รองลงมา คือ ดำรับ T3, T2 และ T4 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยผลผลิตประมาณ 20 ตันต่อไร่ ยังพบข้อสังเกตว่า T1 ส่งผลให้จำนวนตันต่อไร่สูงที่สุดด้วย (12,360 ตัน/ไร่) ในขณะที่ดำรับอื่นๆ มีปริมาณจำนวนตันต่อไร่ที่น้อยกว่าประมาณ 1,000 ตันต่อไร่ ทั้งนี้เนื่องจากสัดส่วนธาตุอาหารที่แตกต่างกันในแต่ละคำแนะนำ (N:P:K) สัดส่วนธาตุอาหารหลักในดำรับ T1 มีสัดส่วน 2:1:2 ส่งผลให้อ้อยปลูกมีการแตกหน่อ สร้างลำต้น และการสะสม

น้ำหนักมากกว่าตำรับอื่นๆ ซึ่งมีสัดส่วนของไนโตรเจนค่อนข้างสูงอาจส่งผลต่อการยืดขยายเวลาการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นของอ้อยออกไปอีก แม้ว่าไนโตรเจนจะมีบทบาทสำคัญในการเจริญเติบโตช่วงแรก แต่ในช่วงระยะการยืดยาวและยังปล้องอ้อยต้องการไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในปริมาณที่สมดุล เมื่อพิจารณาผลผลิตน้ำตาลต่อไร่ พบว่า ตำรับ T3 ให้ผลผลิตน้ำตาลสูงที่สุด (2.74 ตัน C.C.S.ต่อไร่) รองลงมาคือ ตำรับ T1 (2.51 ตัน C.C.S.ต่อไร่) T2 (2.43 ตัน C.C.S.ต่อไร่) และ T4 (1.18 ตัน C.C.S.ต่อไร่) ตามลำดับ เช่นเดียวกันค่าเฉลี่ย C.C.S. ตำรับ T3 มีค่าเฉลี่ย C.C.S. สูงที่สุด (13.25) รองลงมาคือ ตำรับ T2 (11.98) T1 (10.77) และ T4 (8.92) ตามลำดับ ผลผลิตน้ำตาลและค่า C.C.S. ที่สูงที่สุดในตำรับ T3 เป็นผลมาจากปริมาณโพแทสเซียมที่สูงที่สุดเมื่อเทียบกับตำรับอื่นๆ (9 kg-K/rai) โพแทสเซียมมีบทบาทหลักในการสังเคราะห์และเคลื่อนย้ายซูโครสจากใบไปยังเนื้อเยื่อสะสมอาหารในลำต้น โดยทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นเอนไซม์ในกระบวนการเผาผลาญของพืช และมีบทบาทสำคัญในการควบคุมความชื้นและความเข้มข้นของออสโมซิสภายในเซลล์ปากใบของพืช (Jaiswal et al., 2021) ขณะที่ตำรับ T4 ให้น้ำหนักต้นสด (20.16 ตันต่อไร่) ผลผลิตน้ำตาล (1.81 ตัน C.C.S.ต่อไร่) และค่า C.C.S. (8.92) ต่ำที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากตำรับ T4 มีปริมาณไนโตรเจนสูงกว่าตำรับอื่นๆ จึงทำให้อ้อยยืดการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นออกไปทั้งที่เป็นระยะแก่และสุก ซึ่งระยะนี้อ้อยจะเริ่มสะสมน้ำตาล น้ำหนักแห้งจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยช่วงนี้อ้อยต้องการไนโตรเจนปานกลางแต่ใช้โพแทสเซียมในปริมาณที่สูงกว่าระยะอื่น (ยงยุทธ โอสภสกา, 2556)

Table 7. Cane yield and yield components of plant cane in Kamphaeng Phet soil series.

Treatment	stalk /rai	Yield (ton/rai)	Sugar (ton CCS/rai)	Brix (%cane)	Polarization (%cane)	Fiber (%cane)	Purity	C.C.S.
T1	12,360	23.33b	2.51b	18.81	15.03	11.59	79.88	10.77b
T2	10,993	20.20b	2.43b	18.81	15.82	10.02	84.07	11.98b
T3	11,813	20.72b	2.74b	20.34	17.38	10.34	85.32	13.25c
T4	11,000	20.16a	1.81a	17.74	13.19	11.66	74.35	8.92a
P	0.523	0.033	0.022	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
F test	ns	*	*	**	**	**	**	**

**Significant difference at $P<0.01$, *Significant difference at $P<0.05$, ns non-significant difference.

Mean in the same column followed by the same latter are not significantly different by DMRT at $P=0.05$.

สำหรับอ้อยต่อผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า จำนวนต้นต่อไร่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P=0.965$) แต่ผลผลิตต่อไร่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P=0.026$) โดยตำรับ T4 (การจัดการปุ๋ยแบบผสมผสานระหว่าง T1+T2) ให้ค่าเฉลี่ยผลผลิตอ้อยสูงที่สุด (16.31 ตันต่อไร่) รองลงมาคือ T1 T2 และ T3 มีค่าผลผลิตต่อไร่ประมาณ 14-15 ตันต่อไร่ ซึ่งเห็นว่าสัดส่วนของไนโตรเจนและโพแทสเซียมที่สูงที่สุดในตำรับ T4 (N:K; 21:18) ส่งผลต่อการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและการสะสมน้ำหนักสดของอ้อยต่อได้ เนื่องจากไนโตรเจนและโพแทสเซียมจะมีผลต่อการเพิ่มน้ำหนักลำของอ้อย (อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์, 2552) สอดคล้องกับรายงานของ

กองปฐพีวิทยา (2538) ที่กล่าวว่า อ้อยตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนสูงสุด รองลงมาได้แก่ โพแทสเซียม และฟอสฟอรัส ตามลำดับ โดยเฉพาะระยะอย่างปล้องที่มีการเจริญเติบโตและสะสมมวลชีวภาพสูงที่สุดนั้นอ้อยต้องการฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในปริมาณที่สูงไม่ต่างจากไนโตรเจนในช่วงแรก ผลที่ได้สอดคล้องกับ Ingram and Hilton, 1986 สัดส่วนของปุ๋ยไนโตรเจนและโพแทสเซียมที่ใกล้เคียงกันส่งผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตอ้อยอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งตำรับ T4 มีจำนวนลำต้นต่อไร่ (12,033 ต้นต่อไร่) และผลผลิต (16.31 ตันต่อไร่) ที่สูงกว่าตำรับอื่นๆ ที่มีสัดส่วนโพแทสเซียมต่ำกว่าสองถึงสามเท่า และมีค่าเฉลี่ยผลผลิตต่อพื้นที่ต่ำกว่าเช่นเดียวกัน เห็นได้ชัดว่าผลผลิตที่เพิ่มขึ้นในตำรับ T4 น่าจะเกิดจากการตอบสนองต่อปริมาณโพแทสเซียม แต่เมื่อพิจารณาผลผลิตน้ำตาล และค่า C.C.S. กลับพบว่า ทุกตำรับทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตามผลผลิตน้ำตาลและค่า C.C.S. ของตำรับ T4 ก็ยังมีค่าสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับอื่นๆ อาจกล่าวได้ว่าในกรณีของอ้อยต่อการให้ปริมาณธาตุหลักที่ค่อนข้างสูง ก็ไม่ส่งผลให้การเจริญเติบโตในระยะต่างๆ ตลอดจนการให้ผลผลิตของอ้อยแตกต่างกัน หรือผลผลิตของอ้อยต่อการตอบสนองต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น แต่เป็นการเพิ่มขึ้นของผลผลิตในอัตราถดถอย เป็นได้ว่าในส่วนของอ้อยต่อนั้นแม้จะเข้าสู่ระยะแก่และสุก หากในดินมีปริมาณไนโตรเจนที่สูง พืชก็สามารถดูดซับไนโตรเจนไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตในบางส่วนของลำต้น (ยงยุทธ โอสภสภ, 2556; Fageria et al., 2011)

Table 8. Cane yield and yield components of ratoon cane in Kamphaeng Phet soil series.

Treatment	stalk /rai	Yield (ton/rai)	Sugar (ton CCS/rai)	Brix (%cane)	Polarization (%cane)	Fiber (%cane)	Purity	C.C.S.
T1	11,160	14.06a	2.29	23.84	20.85	9.73	87.47	16.27
T2	11,267	14.52a	2.35	23.92	20.83	9.77	87.05	16.19
T3	10,967	14.72a	2.40	24.08	21.03	9.91	87.34	16.36
T4	12,033	16.31b	2.72	23.99	21.21	9.91	88.43	16.63
<i>P</i>	0.965	0.026	0.561	0.801	0.494	0.925	0.015	0.334
F test	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns

*Significant difference at $P < .05$, ns non-significant difference.

Mean in the same column followed by the same latter are not significantly different by DMRT at $P = .05$.

หากเปรียบเทียบผลผลิตจำนวนต้นต่อไร่ที่ระยะเก็บเกี่ยวของปลูกและอ้อยตอ พบว่า มีปริมาณที่ใกล้เคียงกันค่อนข้างมาก ในขณะที่ค่าเฉลี่ยผลผลิตต่อไร่ของอ้อยปลูกสูงกว่าอ้อยตออย่างชัดเจน จากข้อมูลผลผลิตเฉลี่ยชี้ให้เห็นว่าผลผลิตน้ำหนักลำต้นสดอ้อยตอจะลดลงจากอ้อยปลูกประมาณร้อยละ 20 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยของพันธุ์ การดูแลรักษา และการจัดการให้เหมาะสมตามสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน (นุชรินทร์ พิงพา และอรรณสิทธิ์ บุญธรรม, 2555)

ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์

จากข้อมูลต้นทุนการผลิตอ้อยของโรงงานน้ำตาลและเป็นต้นทุนเดียวกับเกษตรกร (Table 9) พบว่า ต้นทุนการผลิตต่อพื้นที่สำหรับอ้อยปลูกเท่ากับ 8,500 บาท ในขณะที่อ้อยโตอยู่ที่ 4,000 บาท ต้นทุนคงที่นี้คือ ต้นทุนการเตรียมแปลง การปลูก ค่าท่อนพันธุ์ และการกำจัดศัตรูพืช ส่วนต้นทุนผันแปร คือ ต้นทุนค่าปุ๋ย (ค่าปุ๋ย 1,512 บาททั้งอ้อยปลูกและอ้อยโต) ใช้ข้อมูลจากราคาปุ๋ยเดือนมิถุนายน 2566 จากสำนักงานเศรษฐกิจเกษตร (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566) อ้อยโตมีต้นทุนในการผลิตต่ำกว่าอ้อยปลูกในเรื่องค่าท่อนพันธุ์ ค่าปลูก และค่าเตรียมแปลง เปรียบเทียบผลตอบแทนสุทธิแต่ละตำรับการทดลองที่ได้รับ โดยคิดราคาอ้อยจากฤดูกาลเก็บเกี่ยวในปี พ.ศ.2567/2568 ซึ่งมีราคาอ้อยขั้นต้นอยู่ที่ 1,160 บาทต่อตัน และมีเงินเพิ่มจากค่า C.C.S. ที่มากกว่า 10 ในอัตรา 6 บาทต่อ 1 C.C.S. ที่เพิ่มขึ้น สำหรับอ้อยปลูก (Table 10) ตำรับ T1 (การใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำปุ๋ยอ้อยเฉพาะพื้นที่สำหรับชุดดินกำแพงเพชร) ให้ผลตอบแทนต่อไร่สูงที่สุด เนื่องจากมีต้นทุนปุ๋ยต่ำที่สุด (ประมาณ 500 บาทต่อไร่) คิดเป็นร้อยละ 5.57 ของราคาต้นทุนการผลิตทั้งหมด รองลงมาคือ ตำรับ T3 (การใส่ปุ๋ยตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกร) T2 (การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับอ้อยของกรมวิชาการเกษตร) และ T4 (การใส่ปุ๋ยผสมผสานตามวิธี T1+T2) ตามลำดับ ในขณะที่การใส่ปุ๋ยตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกรยังมีต้นทุนค่าปุ๋ยสูงที่สุด (1,512 บาทต่อไร่) แม้จะมีผลผลิตต่อไร่และค่า C.C.S. ที่สูงก็ตาม แต่เมื่อหักลบค่าต้นทุนการผลิตโดยเฉพาะค่าต้นทุนการผลิตในส่วนของการปุ๋ยที่ค่อนข้างสูงคิดเป็นร้อยละ 15.10 ของต้นทุนการผลิตทั้งหมด ส่งผลให้ค่าตอบแทนสุทธิต่อไร่ยังต่ำกว่าตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยที่เฉพาะเจาะจงกับชนิดของดิน (T1)

Table 9. The total cost and income from each treatment for plant cane in Kamphaeng Phet soil series.

Treatment	Yield (ton/rai)	CCS	Fixed cost (bath/rai)	Fertilizer cost (bath/rai)	Total cost (bath/rai)	Income (bath/rai)	Net profit (bath/rai)	Fertilizer (%)
T1	23.33	10.77	8,500	501.79	9,002	32,869	23,868	5.57
T2	20.20	11.98	8,500	696.48	9,196	28,808	19,612	7.57
T3	20.72	13.25	8,500	1,512.00	10,012	29,926	19,914	15.10
T4	20.16	8.92	8,500	989.76	9,490	27,871	18,381	10.43

สำหรับอ้อยโต (Table 10) ตำรับ T4 (การใส่ปุ๋ยแบบผสมผสานตามวิธี T1+T2) ให้ผลตอบแทนสุทธิต่อไร่สูงที่สุด แต่ก็มีต้นทุนปุ๋ยที่ค่อนข้างสูงเช่นเดียวกันคิดเป็นร้อยละ 24 ของต้นทุนการผลิตทั้งหมด รองลงมาคือ ตำรับ T2 (การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับอ้อยของกรมวิชาการเกษตร) มีต้นทุนปุ๋ยร้อยละ 17 ของต้นทุนการผลิตทั้งหมด ตำรับ T1 (การใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำปุ๋ยอ้อยเฉพาะพื้นที่สำหรับชุดดินกำแพงเพชร) มีต้นทุนปุ๋ยต่ำที่สุดร้อยละ 11 ของต้นทุนการผลิตทั้งหมด และตำรับ T3 (การใส่ปุ๋ยตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกร) ให้ผลตอบแทนสุทธิต่อไร่ต่ำที่สุด เพราะมีต้นทุนปุ๋ยสูงที่สุดคิดเป็นร้อยละ 27 ของต้นทุนการ

ผลิตทั้งหมด ดังนั้น สำหรับอ้อยต่อที่ปลูกในชุดดินกำแพงเพชรนี้ แนวทางการจัดการปุ๋ยที่เหมาะสมน่าจะเป็นการผสมผสานระหว่างการใช้ปุ๋ยตามคำแนะนำปุ๋ยอ้อยเฉพาะพื้นที่สำหรับชุดดินกำแพงเพชร และการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับอ้อยของกรมวิชาการเกษตร

Table 10. The total cost and income from each treatment for ratoon cane in Kamphaeng Phet soil series.

Treatment	Yield (ton/rai)	CCS	Fixed cost (bath/rai)	Fertilizer cost (bath/rai)	Total cost (bath/rai)	Income (bath/rai)	Net profit (bath/rai)	Fertilizer (%)
T1	14.06	16.27	4,000	501.79	4,502	20,491	15,989	11
T2	14.52	16.19	4,000	793.82	4,794	21,145	16,351	17
T3	14.72	16.36	4,000	1,512.00	5,512	21,472	15,960	27
T4	16.31	16.63	4,000	1,260.48	5,260	23,854	18,593	24

สรุป

ในอ้อยปลูกการใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำปุ๋ยอ้อยเฉพาะพื้นที่สำหรับชุดดินกำแพงเพชร (T1) ในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทยให้ผลผลิตต่อไร่และผลตอบแทนสุทธิสูงที่สุด ทั้งนี้แนวทางการจัดการธาตุอาหารหลักที่เฉพาะเจาะจงต่อพื้นที่นี้สามารถลดต้นทุนปุ๋ย ซึ่งเป็นต้นทุนการผลิตที่สำคัญในการผลิตอ้อยได้อย่างชัดเจน ส่วนอ้อยตอ นั้นแนวทางการจัดการธาตุอาหารหลักโดยการผสมผสานระหว่างการใช้ปุ๋ยตามคำแนะนำปุ๋ยอ้อยเฉพาะพื้นที่สำหรับชุดดินกำแพงเพชร และการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับอ้อยของกรมวิชาการเกษตร และผลตอบแทนสุทธิสูงที่สุด กล่าวโดยสรุป แนวทางการจัดการธาตุอาหารหลักสำหรับอ้อยบนชุดดินกำแพงเพชรในพื้นที่ภาคเหนือนี้เพื่อให้ได้ผลตอบแทนสูงที่สุด ควรพิจารณาสมบัติของทรัพยากรดินที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชเป็นสำคัญ สถานะความอุดมสมบูรณ์ของดิน ณ เวลาปัจจุบัน ตลอดจนปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่ส่งผลโดยตรงต่อพืช

ข้อจำกัดของงานวิจัยนี้ คือทำการทดลองเพียงแค่ 1 ปี ในพื้นที่เดียวดังนั้นหากจะพัฒนาแนวทางการคำแนะนำปุ๋ยอ้อยเฉพาะพื้นที่เขตภาคเหนือ ซึ่งยังไม่มีคำแนะนำการจัดการธาตุอาหารหลักเฉพาะพื้นที่ที่ครอบคลุมทุกชนิดดิน หนึ่งในแนวทางที่เป็นไปได้คือ การขยายพื้นที่ทดสอบคำแนะนำปุ๋ยเฉพาะพื้นที่สำหรับอ้อยที่เจาะจงกับชนิดดินต่าง ๆ ให้มากขึ้นเพื่อให้ได้อัตราปุ๋ยที่มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่สนับสนุนห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดิน บริษัท เกษตรไทย อินเตอร์เนชั่นแนล ชูการ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) และบริษัท น้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จำกัด อุตรดิตถ์ 53000 ที่เอื้อเพื่อแปลงทดลองและเจ้าหน้าที่วิจัยในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กาญจนา กิระศักดิ์, ทักษิณา ศันสยะวิชัย, วีระพล พลรักดี, อัมรารวรรณ ทิพย์วัฒน์. (2558). การวัดค่าความหวานของอ้อยด้วยแสงย่านใกล้อินฟราเรด. *วารสารวิชาการเกษตร*, 33(2), 159–168.
- กองปฐพีวิทยา. (2538). *คำแนะนำการใช้ปุ๋ยพืชไร่*. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา. (2542). *พืชเศรษฐกิจ* (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ทักษิณา ศันสยะวิชัย, กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ และปรีชา กาเพ็ชร. (2548). การตอบสนองต่อปุ๋ยของอ้อยพันธุ์ 94-2-200 อ้อยข้ามแล้ง ใน: การศึกษาลักษณะทางการเกษตรของโคลนอ้อยชุด 2537. ใน *รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2551*. ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น กรมวิชาการเกษตร.
- สุชาติ กรูณา, นภาพร พันธุ์กมลศิลป์, วิภาวรรณ ท้ายเมือง, อัญธิชา พรหมเมืองคุก, ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย และสิรินภา ช่วงโอภาส. (2565). การพัฒนาคำแนะนำการจัดการธาตุอาหารหลักเฉพาะพื้นที่ สำหรับอ้อยภาคกลาง. ใน *รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์*. สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ปีงบประมาณ 2563.
- นุชจรินทร์ พึ่งพา และอรรถสิทธิ์ บุญธรรม. (2555). การศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมในแต่ละช่วงของอายุการเจริญเติบโตของอ้อย. ใน *เอกสารประกอบการประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9 “ตามรอยพระยุคลบาท เกษตรศาสตร์กำแพงแสน”*. น. 2241-2247. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.
- ยงยุทธ โอสดสภา. (2556). ธาตุอาหารและการเจริญเติบโตของอ้อย. *วารสารดินและปุ๋ย*, 35(1-4), 65-77.
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. (23 มิถุนายน 2568). *รายงานพื้นที่ปลูกอ้อย ปีการผลิต 2567/2568*. <http://www.ocsb.go.th/upload/journal/fileupload/9315-6906.pdf>.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (5 มิถุนายน 2568). *ราคาขายปลีกปุ๋ยเคมีรายเดือน*. <http://www.oae.go.th/view 1/ปัจจัยการผลิต/TH-TH>.
- สุวรรณา ประณีตวาทกุล และสมพร อิศวิลานนท์. (2553). การประเมินผลกระทบของโครงการจัดการธาตุอาหารพืชเฉพาะพื้นที่เพื่อการผลิตพืชอย่างยั่งยืน. *วารสารวิทยาศาสตร์ สาขาสังคมศาสตร์*, 31(2), 231-244.
- อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์. (2552). การพัฒนาระบบคำแนะนำการใช้ปุ๋ยเคมีเพื่อยกระดับการผลิตอ้อย: การทดสอบความแม่นยำของระบบคำแนะนำปุ๋ยอ้อย. ใน *รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการสร้างองค์ความรู้*

และพัฒนาด้านอ้อย โครงการระยะสั้น ปี 2552. สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย
กระทรวงอุตสาหกรรม.

- Attanandana, T., Verapattananirund, P., & Yost, R. (2008). Refining and disseminating site-specific nutrient management technology in Thailand. *Agronomy for Sustainable Development*, 28(2), 291–297.
- El-Tilib, M. A., Elnasikh, M. H., & Elamin, E. A. (2004). Phosphorus and potassium fertilization effects on growth attributes and yield of two sugarcane varieties grown on three soil series. *Journal of Plant Nutrition*, 27(4), 663–699.
- Fageria, N. K., Baliga, V. C., & Jones, C. A. (2011). *Growth and mineral nutrition of field Crops* (3rd ed). New York: Marcel Dekker, Inc.
- Ingram, K. T., & Hilton, T. W. (1986). Nitrogen-potassium fertilization and soil moisture effects on growth and development of drip-irrigated sugarcane. *Crop Ecology, Production & Management*, 26(5), 1034–1039.
- Jaiswal, V. P., Shukla, S. K., Sharma, L., Singh, I., Pathak, A. D., Nagargade, M., Ghosh, A., Gupta, C., Gaur, A. Awasthi, S. K., Tiwari, R., Srivastava, A., & Masto, E. (2021). Potassium influencing physiological parameters, photosynthesis and sugarcane yield in subtropical India. *Sugar Tech*, 23, 343–359. <https://doi.org/10.1007/s12355-020-00905-z>
- Phinchongsakuldit, A. (2014). Site-specific nutrient management (SSNM) in Thailand. *Food and Fertilizer Technology Center*. <http://www.agnet.org/library.php>.