

การพัฒนาคำแนะนำการจัดการธาตุอาหารหลักเฉพาะพื้นที่สำหรับอ้อยในชุดดินกำแพงแสน เขตภาคกลางฝั่งตะวันตก ประเทศไทย

The Development of Site-specific Nutrient Management Recommendations for Sugarcane Culture in Kamphaeng Saen Soil Series, Central Western Region of Thailand

สุชาดา กรุณา¹, นภาพร พันธุ์มลศิลป์¹, ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย¹, วิภาวรรณ ห้ายเมือง¹, อัญธิชา พรมเมืองคุ้¹ และสิรินภา ช่างโสภา¹
Suchada Karuna¹, Napaporn Phankamolsil¹, Tawatthai Inboonchuay¹, Wipawan Thaymuang¹, Aunthicha Phommuangkuk¹
and Sirinapa Chungopast¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาคำแนะนำการจัดการธาตุอาหารหลักเฉพาะพื้นที่ และความเป็นไปได้ในการปรับใช้คำแนะนำธาตุอาหารหลักเฉพาะพื้นที่สำหรับอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในเขตภาคกลางฝั่งตะวันตก พร้อมทั้งหาแนวทางการจัดการปุ๋ยอ้อยเพื่อให้ได้ผลตอบแทนสูงสุด สร้างคำแนะนำการใช้ปุ๋ยโดยนำเข้าข้อมูลดิน ภูมิอากาศ การจัดการของพื้นที่ศึกษา สัมประสิทธิ์พันธุกรรมพืช ร่วมกับฐานข้อมูลปุ๋ยสั่งตัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในแบบจำลองการปลูกพืช DSSAT (Decision Support System for AgroTechnology Transfer) เพื่อกำหนดอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่มีความเป็นไปได้ในพื้นที่ศึกษา และทดสอบความแม่นยำผ่านแปลงทดลอง เปรียบเทียบผลของคำแนะนำที่มีอยู่เดิม 2 คำแนะนำ ได้แก่ คำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับอ้อยของกรมวิชาการเกษตร (T1) และคำแนะนำปุ๋ยสั่งตัดสำหรับอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (T2) กับคำแนะนำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ (T3 T4 T5) คือ คำแนะนำปุ๋ยอ้อยเฉพาะพื้นที่สำหรับแปลงทดลอง (T3) คำแนะนำอัตราปุ๋ยไนโตรเจน 0.5 เท่าของตำรับ T3 (T4) และคำแนะนำอัตราปุ๋ยไนโตรเจน 1.5 เท่าของตำรับ T3 (T5) ทำการทดลองบนชุดดินกำแพงแสน ผลการวิจัยพบว่าตำรับ T3 (คำแนะนำ ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่) ให้ค่าเฉลี่ยผลผลิตใกล้เคียงกับตำรับ T2 และให้ผลผลิตสูงกว่าตำรับ T1 ทั้งอ้อยปลูกและอ้อยตอ และผลผลิตจากการใส่ปุ๋ยแบบเกษตรกร นอกจากนี้ยังพบว่า ตำรับ T3 ประหยัดต้นทุนค่าปุ๋ยและให้ผลตอบแทนสุทธิสูงกว่าวิธีเดิมของเกษตรกรอย่างชัดเจน จึงมีความเป็นไปได้ในการนำคำแนะนำที่สร้างขึ้นใหม่และการประยุกต์ใช้คำแนะนำปุ๋ยสั่งตัดสำหรับอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือมาใช้เพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยในพื้นที่ภาคกลางฝั่งตะวันตก

คำสำคัญ: การจัดการธาตุอาหารหลักเฉพาะพื้นที่ ชุดดินกำแพงแสน อ้อย ภาคกลางฝั่งตะวันตกของประเทศไทย

Abstract

This research aims to develop the site-specific nutrient recommendation and the scope for devising site-specific macronutrient recommendations for sugarcane in Northeast Thailand's central western region. We further investigate optimal nutrient management for profit maximisation. The nutrient recommendations used here were created from DSSAT (Decision Support System for AgroTechnology Transfer), using spatial soil data, climate, management, genetic coefficient and tailored fertilizer mixes generating various nitrogen rates specific to each study site. The proposed nutrient regimes were validated using experimental growth plots. The two original recommendations (based on soil analysis for sugarcane from DOA (Department of Agriculture (T1) and site-specific nutrient recommendation for sugarcane in Northeast (T2)) were compared to the DSSAT generated recommendations: site-specific nutrient recommendations for sugarcane (T3), one-half DSSAT recommended T3 N-rate (T4) and 1.5 times recommended T3 N-rate (T5). The experiment was carried out on plots comprised of the Kamphaeng Saen soil series. The result indicated that T3 (the DSSAT generated recommendation) did not significantly diverge from average yield of T2 (site-specific nutrient recommendation for sugarcane in Northeast) for both plant cane and first ratoon cane. However, the DSSAT

¹ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

¹Department of Soil Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140

^{*}Corresponding author, Email: agrscdk@ku.ac.th

recommendations significantly enhanced the yield over DOA (T1) and local farmer yields. The DSSAT generated recommendation not only reduced the cost of fertilizer, but resulted in increased profit over typical farmer practice. Therefore, we conclude that the wider use of DSSAT generated nutrient recommendations and applied site-specific nutrient recommendations for sugarcane in Northeast for similar soils could enhance sugarcane yield in central western region.

Keywords: site-specific nutrient management, Kamphaeng Saen soil series, sugarcane, central western region of Thailand

คำนำ

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ในปีการผลิต 2563/2564 ภาคกลางมีพื้นที่ปลูกอ้อยรวม 2,939,319 ไร่ (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2564) โดยพื้นที่ปลูกประมาณ 55% อยู่ในภาคกลางฝั่งตะวันตก (1,641,476 ไร่) พันธุ์อ้อยที่นิยมปลูกในเขตนี้ ได้แก่ พันธุ์ LK92-11 และพันธุ์ขอนแก่น 3 (KK-3) อ้อยในเขตภาคกลางให้ผลผลิตเฉลี่ย 7.36 ตันต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยผลผลิตต่อไร่ของประเทศ (7.21 ตันต่อไร่) (ปีการผลิต 2563/2564) (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2564) ผลผลิตอ้อยของประเทศค่อนข้างลดลง สาเหตุหนึ่งของปัญหามาจากการจัดการปุ๋ยที่ไม่เหมาะสมกับพื้นที่ ซึ่งปุ๋ยถือว่าเป็นต้นทุนหลักของการผลิต ประกอบกับสถานการณ์การระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19 ส่งผลให้ปัจจัยการผลิตทางการเกษตรโดยเฉพาะปุ๋ยเพิ่มสูงขึ้นมาก (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) การใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพบนพื้นฐานการคำนึงถึงทรัพยากรดินและสภาพแวดล้อมจะช่วยเพิ่มผลผลิต ลดต้นทุนและเพิ่มกำไรให้เกษตรกรได้ ทั้งนี้แนวทางการใช้ปุ๋ยนั้นมีความหลากหลาย เช่น 1) คำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับอ้อยของกรมวิชาการเกษตร 2) คำแนะนำปุ๋ยเฉพาะพื้นที่สำหรับอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ หรือโปรแกรมคำแนะนำ “ปุ๋ยสั่งตัด” (Attanandana et al., 2008; Phinchongsakuldit, 2014) ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืช (crop model) ในการประเมินอัตราการใส่ปุ๋ยที่เหมาะสมกับทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม และงานวิจัยนี้ยังได้รับการยอมรับในวงการเกษตรอย่างกว้างขวาง (สุวรรณ ประณีตวตกุล และสมพร อิศวิลานนท์, 2553) ภาคกลางฝั่งตะวันตกแม้จะเป็นพื้นที่ปลูกอ้อยที่สำคัญของประเทศ (1,641,476 ไร่ คิดเป็นพื้นที่มากกว่าร้อยละ 50 ของพื้นที่ปลูกอ้อยภาคกลาง) ผลผลิตเฉลี่ยต่อพื้นที่ (7.36 ตันต่อไร่ ปีการผลิต 2563/2564) สูงกว่าผลผลิตเฉลี่ยของทั้งประเทศ (7.21 ตันต่อไร่ ปีการผลิต 2563/2564) จึงเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพในการผลิตอ้อยของประเทศ แต่ในเขตนี้ยังไม่มีคำแนะนำการจัดการธาตุอาหารหลักที่เหมาะสมอย่างแท้จริง ส่วนคำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับอ้อยของกรมวิชาการเกษตร แม้ว่าอัตราปุ๋ยจะกำหนดจากค่าวิเคราะห์ดินก่อนปลูกแต่ไม่ได้แนะนำปัจจัยอื่น ๆ เช่น ภูมิอากาศ ฐานข้อมูลระดับชุดดิน การจัดการแปลง มาพิจารณาด้วย นอกจากนี้ การใช้ปุ๋ยของเกษตรกรส่วนใหญ่ยังไม่ทราบความต้องการธาตุอาหารที่แท้จริงและขาดองค์ความรู้ในการจัดการดินเพื่อให้มีปริมาณและสัดส่วนของธาตุอาหารเพียงพอต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่ดี ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตต่อพื้นที่ยังคงค่อนข้างสูง (นาพร พันธุ์มลิศิลป์ และคณะ, 2560) การวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาคำแนะนำการจัดการธาตุอาหารหลักเฉพาะพื้นที่สำหรับอ้อยในภาคกลางฝั่งตะวันตก และการประยุกต์ใช้คำแนะนำปุ๋ยสั่งตัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือสำหรับชุดดินที่มีสมบัติใกล้เคียงกันกับชุดดินที่มีการปลูกอ้อยมากในภาคกลางฝั่งตะวันตก เพื่อยกระดับประสิทธิภาพการจัดการธาตุอาหารหลักสำหรับอ้อยในพื้นที่ดังกล่าว ช่วยเกษตรกรลดต้นทุนและเพิ่มผลตอบแทน

วิธีการศึกษา

เลือกพื้นที่ปลูกอ้อยบนชุดดินกำแพงแสน (Kamphaeng Saen soil series: Ks, Fine-silty, mixed, semiactive, isohyperthermic Typic Haplustalfs) ซึ่งเป็นชุดดินที่มีการปลูกอ้อยมากในเขตภาคกลางฝั่งตะวันตก จากนั้นเทียบเคียงกับชุดดินปลูกอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีสมบัติใกล้เคียงกันมากที่สุดและมีคำแนะนำการจัดการธาตุอาหารแล้ว คือ ชุดดินดงยางเอน (Dong Yang En soil series : Don, Fine-silty, mixed, active, isohyperthermic Oxyaquic (Ultic) Haplustalfs) เพื่อใช้เป็นต้นแบบสำหรับพัฒนาคำแนะนำปุ๋ยอ้อยในภาคกลางฝั่งตะวันตก ดำเนินการเก็บตัวอย่างดินพร้อมทำคำอธิบายหน้าตัดดิน วิเคราะห์สมบัติพื้นฐาน (พีเอช ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ค่าการนำไฟฟ้าของดินอิ่มตัว เนื้อดิน ความหนาแน่นรวม) และปริมาณธาตุอาหารหลักใน

ดิน (ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้) นำข้อมูลดินของพื้นที่ศึกษาพร้อมทั้งข้อมูลการจัดการแปลงทดสอบ ข้อมูลพันธุกรรมพืช ค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมอ้อยพันธุ์ KK-3 ใช้ข้อมูลผลวิจัยของ ทักษิณา คັນสยะวิชัย และคณะ (2548) ข้อมูลสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง เข้าสู่แบบจำลองการปลูกพืช DSSAT 3.5 และ DSSAT 4.6 เพื่อกำหนดอัตราปุ๋ยไนโตรเจนและปรับอัตราให้แตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ ดำรับ T3 (คำแนะนำปุ๋ยอ้อยเฉพาะพื้นที่ซึ่งอัตราไนโตรเจนได้จากแบบจำลองการปลูกพืช) ดำรับ T4 (คำแนะนำอัตราปุ๋ยไนโตรเจน 0.5 เท่าของดำรับ T3) และดำรับ T5 (คำแนะนำอัตราปุ๋ยไนโตรเจน 1.5 เท่าของดำรับ T3) ส่วนอัตราฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมใช้ตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับอ้อยของกรมวิชาการเกษตร และเปรียบเทียบผลของคำแนะนำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ (T3 T4 T5) กับคำแนะนำเดิม 2 คำแนะนำ ได้แก่ คำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับอ้อยของกรมวิชาการเกษตร (T1) และคำแนะนำปุ๋ยสั่งตัดสำหรับอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (T2) ทำการทดลองในอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 (KK-3) ทั้งอ้อยปลูกและอ้อยต่อ ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561 ถึง เดือนเมษายน พ.ศ. 2562 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (Randomized Complete Block Design ; RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ 5 ดำรับการทดลอง (Table 1) ใช้แม่ปุ๋ยผสมเพื่อให้ได้ธาตุอาหารหลักตามที่กำหนด ทั้งยูเรีย (46-0-0) ไคแอมโมเนียมฟอสเฟต (18-46-0) และโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) แบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งแรก 22 วัน และครั้งที่ 2 110 วัน หลังปลูก เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตที่อายุ 4 8 และ 12 เดือน ได้แก่ ความสูงต้น จำนวนต้นต่อแปลง ข้อมูลผลผลิต ได้แก่ จำนวนลำต่อไร่ ผลผลิตต่อไร่ คุณภาพผลผลิต ได้แก่ ค่าความหวานของอ้อย (Commercial Cane Sugar ; CCS) คำนวณได้จากค่าเปอร์เซ็นต์โพลาไรเซชัน (Polarization; Pol) และเปอร์เซ็นต์บริกซ์ (%Brix) ของน้ำอ้อยที่ได้จากลูกหีบชุดแรก รวมถึงเปอร์เซ็นต์เยื่อใย (fiber) (กาญจนา กิระศักดิ์ และคณะ, 2558) พร้อมเปรียบเทียบผลผลิตจากวิธีของเกษตรกร วิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะที่ศึกษา (F-test) ตามแผนการทดลองแบบ RCBD และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) รวบรวมข้อมูลต้นทุนการผลิตอ้อยของเกษตรกรในพื้นที่ศึกษา ข้อมูลจากราคาปุ๋ยเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2561 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) เพื่อเปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์

Table 1 Nutrient quantity of each treatment for plant cane and first ratoon cane in Kamphaeng Saen soil series, central western region.

Treatment	Nutrient for plant cane (kg/rai)			Nutrient for first ratoon cane (kg/rai)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
T1	12	3	12	18	6	18
T2	16	9	24	16	9	24
T3	24	3	12	32	6	18
T4	12	3	12	16	6	18
T5	36	3	12	48	6	18
Farmer's practice	29	10	0	29	10	0

T1= nutrient recommendation base-on soil analysis for sugarcane from DOA (Department of Agriculture)

T2= site-specific nutrient recommendation for sugarcane in Northeast for similar soil series

T3= site-specific nutrient recommendation for sugarcane in study site (N rate from crop model)

T4= the recommendation N-rate 0.5 times of T3

T5= the recommendation N-rate 1.5 times of T3

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การเจริญเติบโตของอ้อยปลูก

ความสูงต้นอ้อยและจำนวนต้นต่อไร่

การใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำแบบต่าง ๆ ส่งผลให้ความสูงของต้นอ้อยทั้ง 3 ช่วงอายุ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2, P < 0.05) โดยพบว่า ดำรับ T5 ให้ความสูงเฉลี่ยของต้นมากที่สุดช่วงอายุ 8 เดือนแรก แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับ T1 และ T2 (ที่อายุ 8 เดือน) อาจเนื่องจากเป็นช่วงอายุที่อ้อยปลูกมีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นเป็นส่วนใหญ่ (290 วันหลังปลูก) การให้ปุ๋ย

N ในอัตราที่สูง (36 กิโลกรัมต่อไร่) จึงส่งผลต่อการยืดยาวของลำต้นและการเจริญเติบโตที่มากกว่าตัวรับอื่น ๆ (คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา, 2542; ยงยุทธ โอสดสภา, 2556) ส่วนตัวรับ T3 ให้ความสูงเฉลี่ยน้อยกว่า T1 และ T2 เล็กน้อยทั้งที่ปริมาณปุ๋ย N มากกว่า อาจเนื่องจากสัดส่วนของธาตุอาหารหลักที่แตกต่างกัน (N : P : K) ซึ่งพบว่า ในตัวรับ T1 และ T2 มีสัดส่วนของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่สูงกว่าตัวรับ T3 (El-Tilib et al., 2004) และที่อายุ 12 เดือน พบว่า ตัวรับ T2 ให้ความสูงมากที่สุด รองลงมา คือ ตัวรับ T5 แตกต่างจากตัวรับการทดลองอื่น ๆ จากผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดินก่อนปลูกพบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุ 1.57% ไนโตรเจนทั้งหมด 0.05% ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 56.64 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 56.81 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งปริมาณธาตุอาหารค่อนข้างต่ำ (ยกเว้นฟอสฟอรัส) การให้ปุ๋ยที่มีโพแทสเซียมสูงในตัวรับที่ 2 ซึ่งมากกว่าตัวรับอื่น ๆ สองเท่า การสะสมโพแทสเซียมในอ้อยช่วงสุดท้ายอาจส่งผลให้การเจริญเติบโตของอ้อยยังยืดยาวออกไปได้อีกเล็กน้อย ส่วนตัวรับ T3 และ T4 ความสูงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ นอกจากนี้ทั้งสองตัวรับมีค่าความสูงเฉลี่ยน้อยกว่าตัวรับ T1 เล็กน้อยเนื่องจากทั้ง 3 ตัวรับมีปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เท่ากัน สำหรับจำนวนต้นต่อไร่ทั้ง 3 ช่วงอายุ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 2) ผลเนื่องจากไนโตรเจนช่วยเพิ่มน้ำหนักต่อลำของอ้อยแต่ไม่มีผลต่อการแตกกอซึ่งเป็นลักษณะมาจากพันธุกรรมและเขตรกรรม และอ้อยจะตอบสนองต่อปริมาณธาตุไนโตรเจนที่ได้รับมากน้อยเพียงใดยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ เช่น ความชื้นของดิน และการกระจายตัวของปริมาณฝนที่สม่ำเสมอด้วย (อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์, 2552) นอกจากนี้ยังพบว่าจำนวนต้นต่อไร่ลดลงอย่างชัดเจนในอายุ 4 เดือนไปจนถึงอายุ 8 เดือน ทั้งนี้สอดคล้องตามช่วงการเจริญเติบโตของอ้อยที่ระยะการแตกกอ (150 วัน) หลังจากนั้นหน่อที่ไม่สมบูรณ์จะตายลง เหลือเฉพาะหน่อที่สมบูรณ์เจริญเติบโตและเข้าสู่ระยะย่างปล้องต่อไป (150-290 วัน) (คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา, 2542)

Table 2 Growth of plant cane in Kamphaeng Saen soil series: stalk height and number stalk per area at 4, 8 and 12 months (120, 240, and 360 days after plant).

Treatment	4 months		8 months		12 months	
	height (cm)	stalk/rai	height (cm)	stalk/rai	height (cm)	stalk/rai
T1	108.85 ^{ab}	12,328	241.33 ^{ab}	7,359	283.63 ^{ab}	7,370
T2	104.00 ^b	12,688	243.50 ^{ab}	7,447	298.67 ^a	7,454
T3	109.70 ^{ab}	12,550	237.00 ^b	7,463	277.10 ^a	7,401
T4	104.90 ^b	11,799	231.17 ^b	7,265	256.00 ^b	7,130
T5	123.15 ^a	13,175	257.50 ^a	7,846	296.20 ^a	7,790
F-test	*	ns	*	ns	*	ns
CV (%)	9.56	8.98	5.21	10.24	7.66	8.54

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

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

ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยปลูก

การใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำต่าง ๆ ให้ผลผลิตจำนวนต้นต่อไร่และผลผลิตต้นสดไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 3) ยังพบข้อสังเกตว่า T5 สามารถส่งผลให้จำนวนต้นต่อไร่สูงที่สุด (7,790 ต้นต่อไร่) และตัวรับที่ให้จำนวนต้นต่อไร่ น้อยที่สุด คือ ตัวรับ T4 (7,130 ต้นต่อไร่) และตัวรับ T1 (7,370 ต้นต่อไร่) ทั้งนี้อาจเนื่องจากทั้ง 2 ตัวรับมีปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่ต่ำกว่าตัวรับอื่น ในส่วนของผลผลิตน้ำหนักต้นสด พบว่า ตัวรับ T2 ให้ผลผลิตต้นสดสูงที่สุด (17.89 ตันต่อไร่) รองลงมาคือ ตัวรับ T3 (17.00 ตันต่อไร่) ทั้งสองตัวรับให้ผลผลิตใกล้เคียงกัน แต่มีค่าน้ำหนักแห้งแตกต่างกัน (3.70 และ 4.86 ตันต่อไร่ ตามลำดับ) อาจเนื่องจากสัดส่วนธาตุอาหารที่แตกต่างกัน (N : P : K) โดยเฉพาะสัดส่วนฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ซึ่งมีบทบาทต่อการยืดยาวลำต้นและการสะสมน้ำในอ้อย สัดส่วนโพแทสเซียมในตัวรับ T3 ส่งผลให้อ้อยมีการสะสมน้ำในอ้อยมากกว่า ในขณะที่ตัวรับ T2 สัดส่วนฟอสฟอรัสที่สูงจะส่งเสริมการยืดยาวของลำต้น (El-Tilib et al., 2004) ในขณะที่ตัวรับ T4 ให้น้ำหนักต้นสดต่ำที่สุด (14.63 ตันต่อไร่) ใกล้เคียงกับตัวรับ T1 (14.92 ตันต่อไร่) และผลผลิตจากการใส่ปุ๋ยแบบเกษตรกร (14.35 ตันต่อไร่) อาจเนื่องจากไนโตรเจนและโพแทสเซียม (เกษตรกร

ไม่ได้ใส่โพแทสเซียม) จะมีผลต่อการเพิ่มน้ำหนักลำของอ้อย แต่ไม่มีผลต่อการแตกกอซึ่งเป็นลักษณะจากพันธุกรรมและเขตกรรม (อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์, 2552) ประกอบกับการสะสมมวลชีวภาพจะเกิดขึ้นในระยะอ้อยย่างปล้อง ซึ่งระยะนี้อ้อยจะต้องการทั้งไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูงมาก ในตำรับ T2 ที่มีสัดส่วนของไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสที่สูงจึงส่งผลให้น้ำหนักสดของอ้อยมากตามไปด้วย (ยงยุทธ โสสถสภา, 2556) เมื่อพิจารณาผลผลิตน้ำหนักแห้งและค่า CCS พบว่า ให้ผลที่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 3) กล่าวคือ ตำรับ T3 (คำแนะนำปุ๋ยอ้อยเฉพาะพื้นที่สำหรับแปลงทดสอบที่คำนวณได้) ให้น้ำหนักแห้งสูงที่สุด (4.86 ตันต่อไร่) แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับ T2 T4 และ T5 ส่วนตำรับ T1 ให้น้ำหนักแห้งต่ำที่สุด (3.60 ตันต่อไร่) สำหรับค่า CCS พบว่า ตำรับ T2 ให้ค่า CCS สูงที่สุด (16.43%) ในขณะที่ T5 ให้ค่า CCS ต่ำที่สุด (13.33%) และต่ำกว่าตำรับของเกษตรกร (14.52%) ทั้งนี้เนื่องจากตำรับ T5 มีปริมาณไนโตรเจนสูงกว่าตำรับอื่น ๆ อาจทำให้อ้อยเกิดการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นออกไปอีก ทั้งที่เป็นระยะแก่และสุก (หลังจาก 290 วัน) อ้อยจะเริ่มสะสมน้ำตาลในระยะนี้ น้ำหนักแห้งจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ช่วงนี้อ้อยต้องการไนโตรเจนปานกลาง แต่ใช้โพแทสเซียมในปริมาณที่สูงกว่าระยะอื่น และหากในระยะย่างปล้องไปจนถึงระยะแก่และสุกอ้อยได้รับทั้งฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เพียงพอจะส่งผลดีต่อการสะสมน้ำตาล (ยงยุทธ โสสถสภา, 2556) จากข้อมูลผลผลิตและคุณภาพผลผลิตจะเห็นได้ว่า ตำรับ T2 ให้ผลผลิตต้นสดและค่า CCS ซึ่งเป็นดัชนีบ่งบอกคุณภาพผลผลิตสูงที่สุด

Table 3 Cane yield, fresh weight, dry weight and CCS of plant cane in Kamphaeng Saen soil series.

Treatment	Cane yield (stalk /rai)	Fresh weight (ton/rai)	Dry weight (ton/rai)	CCS (%)
T1	7,370	14.92	3.60 ^b	15.88 ^{ab}
T2	7,454	17.89	3.70 ^{ab}	16.43 ^a
T3	7,401	17.00	4.86 ^a	15.11 ^{ab}
T4	7,130	14.63	4.12 ^{ab}	15.11 ^{ab}
T5	7,790	16.95	4.62 ^{ab}	13.33 ^b
F-test	ns	ns	*	*
CV (%)	8.54	15.26	16.34	10.80
Farmer's practice	7,289	14.35	4.43	14.25

*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 $P=0.05$.

และหากเปรียบเทียบอิทธิพลของปริมาณไนโตรเจนต่ออัตราการให้ผลผลิตอ้อยระหว่างตำรับการทดลองที่ T3 T4 และ T5 พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่เพิ่มขึ้น 1.5 เท่า ไม่ได้ทำให้อัตราผลผลิตเพิ่มขึ้น ในขณะที่เมื่อลดปุ๋ยไนโตรเจนลง 0.5 เท่า กลับส่งผลให้อัตราผลผลิตอ้อยลดลง อาจกล่าวได้ว่าในกรณีนี้การใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำปุ๋ยอ้อยเฉพาะพื้นที่สำหรับแปลงทดสอบให้อัตราผลผลิตอ้อยต่อหน่วยธาตุอาหารสูงที่สุด

อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจัดการธาตุอาหารหลักจากคำแนะนำเดิม (T1 และ T2) กับคำแนะนำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ (T3) พบว่า การใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำปุ๋ยสั่งตัดสำหรับอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือของชุดดินเทียบเคียง (T2) นั้นยังให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงที่สุด (17.89 ตันต่อไร่) และเมื่อวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลอัตราปุ๋ยแต่ละตำรับการทดลอง (Table 1) จะเห็นได้ว่าตำรับ T3 ซึ่งเป็นคำแนะนำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมากกว่าทั้ง 2 คำแนะนำ (T1 และ T2) แต่ไม่สามารถทำให้เกิดผลผลิตสูงสุดได้ ดังนั้นอาจอธิบายได้ว่า ค่าเฉลี่ยของผลผลิตที่สูงจากตำรับ T2 จึงไม่น่าเป็นผลจากปุ๋ยไนโตรเจนเพียงอย่างเดียว หากแต่น่าจะเกิดจากผลของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ซึ่งจะเห็นได้ว่าตำรับ T2 ใส่ในปริมาณที่สูงกว่าตำรับ T1 และ T3 ผลผลิตที่เพิ่มสูงขึ้นในตำรับ T2 จึงมีความเป็นไปได้ที่ในระยะแก่และสุกจะเกิดจากการตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม (ยงยุทธ โสสถสภา, 2556; Fageria et al., 2011) ผลการศึกษาสอดคล้องกับรายงานของกองปฐพีวิทยา (2538) พบว่า อ้อยตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนสูงสุด รองลงมาได้แก่ โพแทสเซียม และฟอสฟอรัส ตามลำดับ โดยเฉพาะระยะย่างปล้องที่มีการเจริญเติบโตและสะสมมวลชีวภาพสูงที่สุดนั้นอ้อยต้องการฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมสูงไม่ต่างจากไนโตรเจนในช่วงแรก และผลที่

ได้ยังสอดคล้องกับข้อมูลผลผลิตในดำรับการใส่ปุ๋ยแบบเกษตรกร ซึ่งเห็นได้ชัดเจนว่าผลผลิตที่เพิ่มขึ้นน่าจะเกิดจากการตอบสนองของต่อปริมาณโพแทสเซียม ทั้งนี้เกษตรกรใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 29 กิโลกรัม N ต่อไร่ (ดำรับ T2 ใส่ไนโตรเจนเท่ากับ 16 กิโลกรัม N ต่อไร่) และฟอสฟอรัสในอัตรา 10 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ (ดำรับ T2 ใส่ฟอสฟอรัส 9 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่) ในขณะที่ดำรับเกษตรกรไม่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม (ดำรับ T2 ใส่โพแทสเซียม 24 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่) จึงทำให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำปุ๋ยสั่งตัดสำหรับอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือของชุดดินเทียบเคียง (T2) ให้ผลผลิตมากกว่าดำรับเกษตรกรถึง 3.54 ตันต่อไร่

การเจริญเติบโตของอ้อยตอ

ความสูงต้นอ้อยและจำนวนต้นต่อไร่

การใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำทั้ง 5 ดำรับในอ้อยตอ พบว่า ความสูงเฉลี่ยต่อต้นและจำนวนต้นเฉลี่ยต่อไร่ของอ้อยตอทั้ง 3 ช่วงอายุ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 4) เนื่องจากการเจริญเติบโตของอ้อยตอแรกนั้นมักเป็นการแตกหน่อและยืดความยาวของลำต้นซึ่งเป็นอิทธิพลของพันธุกรรมและการเขตรกรรมเป็นหลัก (จุฑามาศ บุริยะ และคณะ, 2563) และการแตกหน่อจากตาบริเวณปล้องของอ้อยตอจะตอบสนองต่อธาตุอื่นมากกว่าไนโตรเจน เช่น โพแทสเซียม (Shukla et al., 2009) จากข้อมูลจะเห็นได้ว่าจำนวนต้นเฉลี่ยต่อไร่มีค่าลดลงอย่างชัดเจนจากอายุ 4 เดือนไปถึงอายุ 8 เดือนเหมือนในอ้อยปลูก ทั้งนี้สอดคล้องตามช่วงการเจริญเติบโตของอ้อยที่ระยะ 4 เดือนจะเป็นระยะการแตกกอ หลังจากนั้นหน่อที่ไม่สมบูรณ์จะตายลง มีเฉพาะหน่อที่สมบูรณ์จะเจริญเติบโตและเข้าสู่ระยะอย่างปล้องต่อไป (คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา, 2542)

ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยตอ

การใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำต่าง ๆ สำหรับอ้อยตอ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ทั้งจำนวนต้นต่อไร่ น้ำหนักต้นแห้ง และค่า CCS ในทุกดำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 5) โดยพบว่า จำนวนต้นต่อไร่ในการใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำปุ๋ยอ้อยเฉพาะพื้นที่สำหรับแปลงทดสอบ (T3) ให้ค่าสูงที่สุด (10,921 ต้นต่อไร่) และคำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับอ้อยของกรมวิชาการเกษตร (T1) ให้จำนวนต้นต่อไร่น้อยที่สุด (10,074 ต้นต่อไร่) สำหรับค่าเฉลี่ยของน้ำหนักต้นแห้งในดำรับ T1 มีค่าสูงที่สุด (3.39 ตันต่อไร่) และการใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำอัตราปุ๋ย N 0.5 เท่าของดำรับการทดลองที่ T3 (T4) ให้ค่าน้ำหนักต้นแห้งต่ำที่สุด (2.81 ตันต่อไร่) ในทางตรงกันข้ามเมื่อพิจารณาคุณภาพผลผลิตกลับพบว่า ค่า CCS ในดำรับ T4 มีค่าสูงที่สุด (14.82) และดำรับ T1 ต่ำที่สุด (12.62) สำหรับผลผลิตน้ำหนักต้นสดของอ้อยตอ พบว่า การใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำที่ต่างกันทำให้น้ำหนักต้นสดมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (Table 5, $P < 0.05$) โดยที่การใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำอัตราปุ๋ย N 1.5 เท่าของดำรับการทดลองที่ T3 (T5) ให้น้ำหนักต้นสดเฉลี่ยสูงที่สุด (14.83 ตันต่อไร่) ไม่แตกต่างทางสถิติกับ T3 ซึ่งให้เห็นว่าปุ๋ยไนโตรเจนที่ให้เพิ่มขึ้นทำให้น้ำหนักต้นสดเพิ่มขึ้น แต่การใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำอัตรา N 0.5 เท่าของดำรับการทดลองที่ T3 (T4) ทำให้น้ำหนักต้นสดต่ำที่สุด (12.15 ตันต่อไร่) อาจกล่าวได้ว่าในกรณีของอ้อยตอแรกการให้ปริมาณธาตุหลักที่ค่อนข้างสูง ทั้งไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ก็ไม่ได้ส่งผลให้การเจริญเติบโตในระยะต่าง ๆ ตลอดจนการให้ผลผลิตของอ้อยแตกต่างกันมากนัก หรือมีความเป็นไปได้ว่าสัดส่วนของธาตุอาหารหลักสำหรับอ้อยตอแรกที่มาจากคำแนะนำต่าง ๆ ในกรณีนี้ ยังไม่ใช้ปริมาณธาตุอาหารที่เหมาะสมสำหรับอ้อยตออย่างแท้จริง

หากเปรียบเทียบอิทธิพลของไนโตรเจนต่อการให้ผลผลิตระหว่างดำรับ T3 T4 และ T5 พบว่า ผลผลิตของอ้อยตอมีการตอบสนองต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น แต่เป็นการเพิ่มขึ้นของผลผลิตในอัตราถดถอย เป็นได้ว่าในส่วนของอ้อยตอนั้นแม้จะเข้าสู่ระยะแก่และสุก หากในดินมีปริมาณไนโตรเจนที่สูง พืชก็จะสามารถดูดซับไนโตรเจนไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตในบางส่วนของลำต้น (ยงยุทธ โสภธสภ, 2556; Fageria et al., 2011)

Table 4 Growth of first ratoon cane in Kamphaeng Saen soil series: stalk height and number stalk per area at 4, 8 and 12 months (120, 240, and 360 days after plant).

Treatment	4 months		8 months		12 months	
	height (cm)	stalk/rai	height (cm)	stalk/rai	height (cm)	stalk/rai
T1	119.73	16,489	224.53	12,339	227.66	10,074
T2	114.12	17,312	204.83	12,555	218.80	10,159
T3	118.58	15,501	225.27	12,382	251.37	10,921
T4	113.15	15,467	235.67	10,614	244.73	10,489
T5	121.13	17,141	211.33	10,879	222.47	10,413
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	5.00	10.58	12.01	32.07	11.35	13.57

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

อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจัดการธาตุอาหารหลักจากคำแนะนำเดิมที่มีอยู่แล้ว เช่น ตำรับ T1 และ T2 (ผลผลิต 12.61 และ 12.27 ตันต่อไร่ ตามลำดับ) กับคำแนะนำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ (เฉพาะตำรับ T3) พบว่า คำแนะนำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงกว่า (13.21 ตันต่อไร่) หากวิเคราะห์ร่วมกับอัตราปุ๋ยในแต่ละตำรับการทดลอง (Table 1) จะเห็นได้ว่า ตำรับ T3 ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมากกว่าทั้งสองตำรับ และสูงกว่าในอ้อยปลูก ส่วนอัตราฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในทั้ง 3 คำแนะนำมีปริมาณที่ไม่แตกต่างกันมากนัก หรืออาจกล่าวได้ว่าในกรณีอ้อยตอในชุดดินกำแพงแสน คำแนะนำฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมตามค่าวิเคราะห์ดินที่นำมาปรับใช้ร่วมกับอัตราคำแนะนำไนโตรเจนที่ได้จากแบบจำลองการปลูกพืชนั้นอาจยังไม่ใช่วิธีที่ดีที่สุดของธาตุอาหารหลักสำหรับอ้อยตอแรก สำหรับตำรับการทดลองที่มีผลผลิตเฉลี่ยสูงสุดที่สุด คือ ตำรับ T5 (14.83 ตันต่อไร่) ซึ่งเป็นคำแนะนำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่และเพิ่มระดับไนโตรเจนเป็น 1.5 เท่า ผลผลิตสูงสุดของอ้อยตอในตำรับนี้อาจเป็นผลมาจากปริมาณไนโตรเจนที่สูงกว่าตำรับอื่น ๆ ส่งผลให้การเจริญเติบโตในช่วงแรกของอ้อยตอเร็วกว่า เพราะจากค่าวิเคราะห์ดินพบว่าปริมาณธาตุอาหารตกค้างจากอ้อยปลูกค่อนข้างต่ำ (organic matter 1.43%, Total N 0.05%, Exch. K 44.21 mg/kg) ยกเว้นปริมาณฟอสฟอรัสที่ค่อนข้างสูง (Avai. P 49.83 mg/kg)

แม้ว่าผลผลิตจำนวนตันต่อไร่ของอ้อยตอจะมากกว่าอ้อยปลูกและการเจริญเติบโตในระยะแตกหน่อของอ้อยตอจะมีอัตราสูงกว่า แต่ผลผลิตน้ำหนักต้นสดอ้อยตอจะลดลงจากอ้อยปลูกประมาณร้อยละ 30 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยของพันธุ์ การดูแลรักษา และการจัดการให้เหมาะสมตามสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน (นุชจรินทร์ พึ่งพา และอรรถสิทธิ์ บุญธรรม, 2555)

Table 5 Cane yield, fresh weight, dry weight and CCS of first ratoon cane in Kamphaeng Saen soil series.

Treatment	Cane yield	Fresh weight	Dry weight	CCS
	(stalk/rai)	(ton/rai)	(ton/rai)	(%)
T1	10,074	12.61 ^b	3.39	12.62
T2	10,159	12.27 ^b	3.18	12.73
T3	10,921	13.21 ^{ab}	3.01	13.27
T4	10,489	12.15 ^b	2.81	14.82
T5	10,413	14.83 ^a	3.27	14.38
F-test	ns	*	ns	ns
CV (%)	13.57	19.47	18.19	12.32
Farmer's practice ^{1/}	-	-	-	-

*Significant difference at $P < 0.05$, ns non-significant difference. ^{1/} Farmer's plot was damaged by fire.

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

ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์

จากข้อมูลต้นทุนการผลิตอ้อยของเกษตรกร พบว่า ต้นทุนการผลิตต่อพื้นที่สำหรับอ้อยปลูกเท่ากับ 9,934 บาท ในขณะที่อ้อยต่ออยู่ที่ 5,934 บาท (ค่าปุ๋ย 1,738 บาททั้งอ้อยปลูกและอ้อยต่อ) ใช้ข้อมูลจากราคาปุ๋ยเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2561 จากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) อ้อยต่อมีต้นทุนในการผลิตต่ำกว่าอ้อยปลูกในเรื่องค่าทอนพันธุ์ ค่าปลูก และค่าเตรียมแปลง เปรียบเทียบผลตอบแทนสุทธิแต่ละตัวรับการทดลองที่ได้รับ โดยคิดราคาอ้อยจากฤดูกาลเก็บเกี่ยวในปี พ.ศ. 2561/2562 มีราคาอ้อยขั้นต้นอยู่ที่ 700 บาทต่อตัน และมีเงินอุดหนุนจากรัฐบาลและกองทุนอ้อยที่ 50 บาทต่อตัน และ 53 บาทต่อตัน ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีเงินเพิ่มค่า CCS ที่มากกว่า 10 ในอัตรา 6 บาทต่อ 1 CCS ที่เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่า สำหรับอ้อยปลูก (Table 6) การใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำปุ๋ยสั่งตัดสำหรับอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือของชุดดินเทียบเคียง (T2) ให้ค่าตอบแทนสูงที่สุด รองลงมาคือ ค่าแนะนำปุ๋ยอ้อยเฉพาะพื้นที่สำหรับแปลงทดสอบ (T3) ในขณะที่การใส่ปุ๋ยในรูปแบบเดิมของเกษตรกรยังมีต้นทุนค่าปุ๋ยที่สูงและให้ผลตอบแทนสุทธิต่อไร่ต่ำที่สุด (240 บาทต่อไร่) ดังนั้น หากจะพัฒนาคำแนะนำปุ๋ยอ้อยเฉพาะพื้นที่แบบรวดเร็วในเขตภาคกลางฝั่งตะวันตก ที่ยังไม่มีคำแนะนำการจัดการธาตุอาหารหลักเฉพาะพื้นที่ที่สมบูรณ์ หนึ่งในแนวทางที่เป็นไปได้คือ การนำคำแนะนำปุ๋ยสั่งตัดสำหรับอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือของชุดดินเทียบเคียงมาประยุกต์ใช้เพื่อเป็นแนวทางการใส่ปุ๋ยอ้อยเบื้องต้นได้ วิธีการนี้น่าจะเป็นทางเลือกประกอบการตัดสินใจบนพื้นฐานเหตุผลของการลดต้นทุนการผลิตและช่วยเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในส่วนของคำแนะนำที่พัฒนาขึ้นใหม่จากการใช้แบบจำลองการปลูกพืชกำหนดอัตราปุ๋ยไนโตรเจนนั้น อาจต้องพิจารณาแนวทางการกำหนดฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมใหม่ เนื่องจากกรณีในอ้อยปลูกผลการศึกษาลูกค้าแสดงให้เห็นแล้วว่า อัตราฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตรอาจยังไม่เพียงพอต่อการให้ผลผลิตสูงสุด

Table 6 The total cost and income from each treatment for plant cane in Kamphaeng Saen soil series.

Treatment	Cane yield (ton/rai)	CCS	Fixed cost (baht/rai)	Fertilizer cost (baht/rai)	Total cost (baht/rai)	Income (baht/rai)	Net profit (baht/rai)
T1	14.92	15.88	8,196	706	8,902	10,582	1,680
T2	17.89	16.43	8,196	1,297	9,493	12,665	3,172
T3	17.00	15.11	8,196	1,010	9,206	12,034	2,828
T4	14.63	15.11	8,196	706	8,902	10,375	1,473
T5	16.95	13.33	8,196	1,618	9,814	11,988	2,174
Farmer's practice	14.35	14.25	8,196	1,738	9,934	10,174	240

Table 7 The total cost and income from each treatment for first ratoon cane in Kamphaeng Saen soil series.

Treatment	Cane yield (ton/rai)	CCS	Fixed cost (baht/rai)	Fertilizer cost (baht/rai)	Total cost (baht/rai)	Income (baht/rai)	Net profit (baht/rai)
T1	12.61	12.62	4,196	1,103	5,299	8,947	3,648
T2	12.27	12.73	4,196	1,297	5,493	8,710	3,217
T3	13.21	13.27	4,196	1,458	5,654	9,373	3,719
T4	12.15	14.82	4,196	1,052	5,248	8,641	3,393
T5	14.83	14.38	4,196	1,863	6,059	10,515	4,456
Farmer's practice ^{1/}	-	-	4,196	1,738	5,934	-	-

^{1/} Farmer's plot was damaged by fire.

สำหรับอ้อยต่อ (Table 7) การใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำอัตราปุ๋ย N 1.5 เท่าของดำรับการทดลองที่ T3 (T5) แม้จะมีต้นทุนต่อพื้นที่สูง แต่ก็ให้ค่าตอบแทนสูงที่สุด รองลงมาคือ ค่าแนะนำปุ๋ยอ้อยเฉพาะพื้นที่สำหรับแปลงทดสอบ (T3) ซึ่งพัฒนาขึ้นมาใหม่นอกจากนี้คำแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินของกรมวิชาการเกษตร (T1) ก็ยังให้ผลตอบแทนที่ค่อนข้างสูงสำหรับอ้อยต่ออีกด้วย ดังนั้น น่าจะเป็นทางเลือกหนึ่งเพื่อประกอบการวางแผนการจัดการต้นทุนการผลิตสำหรับอ้อยต่อในพื้นที่ภาคกลางฝั่งตะวันตกได้

สรุปผลการศึกษา

การใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำปุ๋ยอ้อยเฉพาะพื้นที่ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ (T3) ในอ้อยปลูกโดยอาศัยข้อมูลชุดดิน สภาพแวดล้อมในพื้นที่ภาคกลางฝั่งตะวันตก ในชุดดินกำแพงแสน ให้ผลผลิตเฉลี่ย 17.00 ตันต่อไร่ ซึ่งน้อยกว่าการใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำปุ๋ยสั่งตัดสำหรับอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือในชุดดินเทียบเคียงเพียงเล็กน้อย (T2, 17.89 ตันต่อไร่) ส่วนอ้อยต่อนั้นผลผลิตเฉลี่ยที่ได้ (13.21 ตันต่อไร่) สูงกว่าการใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำปุ๋ยสั่งตัดสำหรับอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือในชุดดินเทียบเคียง (12.27 ตันต่อไร่) อาจกล่าวได้ว่า ค่าแนะนำปุ๋ยอ้อยเฉพาะพื้นที่ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่สำหรับพื้นที่ภาคกลางฝั่งตะวันตกให้ผลผลิตที่ใกล้เคียงกับดำรับคำแนะนำปุ๋ยสั่งตัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือในชุดดินเทียบเคียง และให้ผลผลิตสูงกว่าคำแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินของกรมวิชาการเกษตร (14.92 ตันต่อไร่สำหรับอ้อยปลูก, 12.61 ตันต่อไร่สำหรับอ้อยต่อ) เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีของเกษตรกร พบว่า การนำคำแนะนำปุ๋ยสั่งตัดสำหรับอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือมาประยุกต์ใช้โดยการเทียบเคียงชุดดินนั้นให้ผลผลิตมากกว่าถึง 3.54 ตันต่อไร่ ในขณะที่คำแนะนำปุ๋ยอ้อยเฉพาะพื้นที่ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ให้ผลผลิตมากกว่า 2.65 ตันต่อไร่ (อ้อยปลูก) ดังนั้น ค่าแนะนำปุ๋ยอ้อยเฉพาะพื้นที่จากแบบจำลองการปลูกพืช และคำแนะนำปุ๋ยสั่งตัดสำหรับอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในพื้นที่ภาคกลางฝั่งตะวันตกได้ ทั้งยังช่วยลดปริมาณปุ๋ยในโตรเจนซึ่งเป็นต้นทุนสำคัญในการผลิตได้ ส่วนอัตราฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม นั้นจำเป็นต้องมีการศึกษาและพัฒนาเพิ่มเติม เพราะสัดส่วนธาตุอาหารที่สมดุลยังคงมีความสำคัญ นอกจากนี้จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า หากยังไม่มีการพัฒนาค่าแนะนำปุ๋ยเฉพาะพื้นที่สำหรับอ้อยในพื้นที่ภาคกลางฝั่งตะวันตกที่สมบูรณ์ การนำคำแนะนำปุ๋ยสั่งตัดสำหรับอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือมาปรับใช้โดยการเทียบเคียงชุดดินก็เป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพสำหรับเกษตรกรผู้ปลูกอ้อย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้การสนับสนุนทุนการวิจัยแบบมุ่งเป้า: อ้อย ประจำปีงบประมาณ 2561 ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่สนับสนุนห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดิน และเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยในพื้นที่ภาคกลางฝั่งตะวันตกที่เอื้อเพื่อแปลงทดลอง สำหรับการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กาญจนา กิระศักดิ์, ทักษิณา คັນสยะวิชัย, วีระพล พลรักดี และอัมรารวรรณ ทิพย์วัฒน์. 2558. การวัดค่าความหวานของอ้อยด้วยแสงย่านใกล้อินฟราเรด. *วารสารวิชาการเกษตร* 33(2): 159-168.
- กองปฐพีวิทยา. 2538. *คำแนะนำการใช้ปุ๋ยพืชไร่*. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่. 2542. *พืชเศรษฐกิจ*. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จุฑามาศ บุรียะ, วีรพงษ์ ชำนาญผา, พิชัย บุตรสีภูมิ และอนุพงศ์ วงศ์ดามี. 2563. การประเมินศักยภาพการให้ผลผลิตระหว่างอ้อยปลูกและอ้อยต่อ 1 จำนวน 16 สายพันธุ์ที่ปลูกในสภาพพื้นที่ดินทรายของจังหวัดพิษณุโลก. *วารสารเกษตรนเรศวร* 17(2): 1-8.
- ทักษิณา คັນสยะวิชัย, กอบเกียรติ ไชยบาลเจริญ และปรีชา กาเพชร. 2548. การตอบสนองต่อปุ๋ยของอ้อยพันธุ์ 94-2-200 อ้อยข้ามแล้ง ใน: การศึกษาลักษณะทางพันธุกรรมของโคลนอ้อยชุด 2537. ใน *รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2551*. ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น กรมวิชาการเกษตร.
- นภาพร พันธุ์กมลศิลป์, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์, สุชาดา กรุณา, อัญชิชา พรมเมืองคุก, ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย และธนธร ศรีสุข. 2560. การวิเคราะห์ปัญหาการเกษตรเชิงพื้นที่เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการทรัพยากรการเกษตรอย่างยั่งยืนในเขตภาคกลางฝั่งตะวันตกของประเทศไทย. ใน *รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์*. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.). ปีงบประมาณ 2561.
- นุชจรินทร์ พึ่งพา และอรรถสิทธิ์ บุญธรรม. 2555. การศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมในแต่ละช่วงของอายุการเจริญเติบโตของอ้อย. ใน *เอกสารประกอบการประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9 "ตามรอยพระยุคลบาท เกษตรศาสตร์กำแพงแสน"*. น. 2241-2247. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.
- ยงยุทธ ไสยสกลา. 2556. ธาตุอาหารและการเจริญเติบโตของอ้อย. *วารสารดินและปุ๋ย* 35(1-4): 65-77.

- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2564. รายงานพื้นที่ปลูกอ้อย ปีการผลิต 2563/2564. <http://www.ocsb.go.th/upload/journal/fileupload/9315-6906.pdf> (9 ธันวาคม 2564).
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2562. ราคาขายปลีกปุ๋ยเคมีรายเดือน. <http://www.oae.go.th/view/1/ปัจจัยการผลิต/TH-TH> (2 มิถุนายน 2562).
- สุวรรณา ประณีตกุล และสมพร อิศวิลานนท์. 2553. การประเมินผลกระทบของโครงการจัดการธาตุอาหารพืชเฉพาะพื้นที่เพื่อการผลิตพืชอย่างยั่งยืน. *วารสารวิทยาศาสตร์ สาขาสังคมศาสตร์* 31(2): 231-244.
- อรรถศิษฐ์ วงศ์นิโรจน์. 2552. การพัฒนาระบบคำแนะนำการใช้ปุ๋ยเคมีเพื่อยกระดับการผลิตอ้อย: การทดสอบความแม่นยำของระบบคำแนะนำปุ๋ยอ้อย. ใน *รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการสร้างองค์ความรู้และพัฒนาด้านอ้อย โครงการระยะสั้น ปี 2552*. สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย กระทรวงอุตสาหกรรม.
- Attanandana, T., Verapattanarund, P., and 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., and 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., and Jones, C. A. 2011. *Growth and Mineral Nutrition of Field Crops*. 3rd ed. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Phinchongsakuldit, A. 2014. Site-specific nutrient management (SSNM) in Thailand. Food and Fertilizer Technology Center. <http://www.agnet.org/library.php> (28 August 2016).
- Shukla, S. K., Yadav, R. L., Singh, P. N., and Singh, I. 2009. Potassium nutrition for improving stubble bud sprouting, dry matter partitioning, nutrient uptake and winter-initiated sugarcane (*Saccharum* spp. hybrid complex) ratoon yield. *European Journal of Agronomy* 30(1): 27-33.

วันรับบทความ : (Received date) : 30 ส.ค. 64
 วันแก้ไขบทความ : (Revised date) : 10 ธ.ค. 64
 วันตอบรับบทความ : (Accepted date) : 11 เม.ย. 65