

การประเมินผลผลิตและผลตอบแทนของการผลิตมันสำปะหลังภายใต้ระบบ การจัดการน้ำและปุ๋ยแบบแม่นยำ

Evaluation of Yield and Profit of Cassava Production under Precision Water and Fertilizer Management System

ฐิติพร มะชิโกวา^{1*}, นิรุจน์ คำจุมพล¹, สุชานันท์ พุทธเจริญผล¹, ดวงกมล เดชดอน¹, พรอนันต์ เอี่ยมขจรชัย²
และสฤตชล วุ่นประเสริฐ¹

Thitiporn Machikowa^{1*}, Nirut Kamchumpol¹, Suchanan Putthacharoenphol¹,
Duangkamon Dechdorn¹, Porn-anant Iamkhajornchai² and Sodchol Wonprasaid¹

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา 30000

² สำนักวิทยาศาสตร์และศิลปดิจิทัล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา 30000

¹ School of Crop Production Technology, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, 30000

² Institute of Digital Arts and Science, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, 30000

* Corresponding author: E-mail: machiko@sut.ac.th Tel : 0-44224579

Received: August 2, 2025;

Revised: September 23, 2025;

Accepted: October 7, 2025

การประเมินผลผลิตและผลตอบแทนของการผลิตมันสำปะหลังภายใต้ระบบ การจัดการน้ำและปุ๋ยแบบแม่นยำ

Evaluation of Yield and Profit of Cassava Production under Precision Water and Fertilizer Management System

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลผลิต คุณภาพผลผลิต และผลตอบแทนของการผลิตมันสำปะหลังภายใต้ระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยแบบแม่นยำ เปรียบเทียบกับระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกร การทดสอบดำเนินการในแปลงเกษตรกรจังหวัดนครราชสีมาจำนวน 10 แปลง โดยแต่ละแปลงมีพื้นที่ในช่วง 5–10 ไร่ และมีชนิดของดินแตกต่างกัน ได้แก่ ดินร่วนเหนียว ดินเหนียว ดินร่วนทราย ทุกแปลงปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 และให้น้ำแบบน้ำหยดตลอดระยะเวลาการปลูก ใช้ระบบการจัดการน้ำและปุ๋ย 2 วิธี ได้แก่ T1: ระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยแบบแม่นยำ และ T2: ระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกร เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพผลผลิต รวมถึงผลตอบแทนจากการผลิตมันสำปะหลังจากทั้งสองระบบ ผลการศึกษาพบว่ามันสำปะหลังในระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยแบบแม่นยำมีผลผลิตเฉลี่ย 6.91 ตันต่อไร่ และเปอร์เซ็นต์แป้ง 24.74 % ซึ่งสูงกว่าระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกรที่มีผลผลิตเฉลี่ย 5.02 ตันต่อไร่ และเปอร์เซ็นต์แป้ง 23.17 % คิดเป็นผลผลิตและแป้งเพิ่มขึ้นร้อยละ 40.37 และ 7.07 สำหรับผลการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนพบว่า ต้นทุนการผลิตของทั้ง 2 ระบบแตกต่างกันทางสถิติ (การจัดการแบบแม่นยำมีต้นทุนการผลิต 11,211 บาทต่อไร่ และการจัดการตามวิธีเกษตรกรมีต้นทุนการผลิต 12,198 บาทต่อไร่) แต่ระบบให้รายได้เฉลี่ย 15,915 บาทต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าวิธีปฏิบัติของเกษตรกรที่มีรายได้ 10,848 บาทต่อไร่ นอกจากนี้ ผลตอบแทนเฉลี่ยของระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยแบบแม่นยำ 4,704 บาท/ไร่ ขณะที่ระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกรขาดทุน 1,350 บาทต่อไร่ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยแบบแม่นยำในการเพิ่มผลผลิต และคุณภาพผลผลิต ในการผลิตมันสำปะหลัง

คำสำคัญ: เกษตรแม่นยำ, ระบบน้ำหยด, การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน, เกษตรกรรายย่อย

Abstract

The research evaluated the yield, quality, and economic profitability of cassava when precision water and fertilizer management were compared with farming practices. The experiment was conducted in Nakhon Ratchasima Province in 10 farmer fields, which spanned 5–10 rai with different soil textures (clay loam, clay, and sandy loam soils). Cassava cultivar ‘Rayong 72’ was planted across all fields, with drip irrigation providing a water supply. Two water and fertilizer management practices were compared (T1: The precision management, T2: Farmer practice). These systems were compared in terms of their effects on cassava growth, yield, starch content, and production profitability. The results revealed that precision management produced 6.91 tons/rai of cassava with 24.74% starch content, which exceeded the farmer practice output of 5.02 tons/rai with 23.17% starch. The tuber yield from precision management increased by 40.37% and starch content rose by 7.07% compared to farmer practice. The production costs between these systems did not show any significant statistical difference (T1 = 11,211 THB/rai; T2 = 12,198 THB /rai). The income generated by precision management reached 15,915 THB/rai, whereas farmer practice produced 10,848 THB/rai. The precision management produced a net profit of 4,704 THB/rai, but farmer practice resulted in a net loss of 1,350 THB/rai. The research demonstrates that precision water and fertilizer management lead to improved cassava yield and quality, as well as enhanced economic performance.

Keywords: Precision agriculture, Drip fertigation, Cost-benefit analysis, Smallholder farmer

บทนำ (Introduction)

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* Crantz) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย เนื่องจากประเทศเป็นหนึ่งในประเทศผู้ผลิต และส่งออกมันสำปะหลังรายใหญ่ของโลก โดยมีพื้นที่ปลูกมากกว่า 8 ล้านไร่ต่อปี และผลผลิตรวมมากกว่า 30 ล้านตันต่อปี อีกทั้งประเทศไทยยังเป็นผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังที่สำคัญ เช่น แป้งมันสำปะหลัง มันเส้น มันอัดเม็ด ซึ่งสร้างรายได้ให้แก่ประเทศ (สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า, 2568) นอกจากนี้ มันสำปะหลังสามารถนำไปใช้ในการผลิตพลังงานชีวภาพได้ มันสำปะหลังเป็นพืชที่ปรับตัวได้ดี สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม อย่างไรก็ตาม ผลผลิตเฉลี่ยในประเทศไทยยังคงอยู่ที่ประมาณ 3.50 ตันต่อไร่ ซึ่งต่ำกว่าศักยภาพสูงสุดของของมันสำปะหลังที่สามารถให้ผลผลิตได้ถึง 7–8 ตันต่อไร่ (Polthance & Srisutham, 2018; FAO, 2021) สาเหตุหลักมาจากพื้นที่ปลูกพืชนี้ส่วนใหญ่อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งมีลักษณะของดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เนื้อดินหยาบ และมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปีน้อยกว่าพื้นที่อื่น แม้มันสำปะหลังสามารถเจริญเติบโต และให้ผลผลิตได้ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และทนแล้งได้ดี แต่หากเกษตรกรมีการจัดการที่ไม่เหมาะสม โดยเฉพาะการจัดการน้ำและปุ๋ย (Ezui et al., 2016) จะส่งผลให้ผลผลิตมันสำปะหลังที่ได้รับลดลง ยิ่งไปกว่านั้น เกษตรกรจำนวนมากยังคงใส่ปุ๋ยโดยไม่พิจารณาถึงความอุดมสมบูรณ์ของดิน และมีการให้น้ำตามประสบการณ์ส่วนบุคคลมากกว่าการใช้ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ ส่งผลให้การใช้ทรัพยากรไม่เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้น และเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การชะล้างธาตุอาหาร ความไม่สมดุลของธาตุอาหารในดิน (Burns et al., 2010; Vanlauwe et al., 2014) ดังนั้น การจัดการน้ำและปุ๋ยแบบแม่นยำเป็นแนวทางที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ การผลิต โดยสามารถปรับปริมาณการให้ปุ๋ยและน้ำให้เหมาะสม กับระยะการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การให้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินและการให้น้ำตามความต้องการของพืช (โดยคำนึงถึงอายุของพืช ชนิดของดินและสภาพแวดล้อม) เป็นการจัดการน้ำและปุ๋ยแบบแม่นยำ ซึ่งช่วยให้สามารถควบคุมปริมาณ และความถี่ในการให้น้ำให้สอดคล้องกับความต้องการที่แท้จริงของพืช ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ (Water Use Efficiency, WUE) ในส่วนของการให้ปุ๋ยนั้น การกำหนดสูตรปุ๋ยให้เหมาะสมกับความต้องการของมันสำปะหลัง โดยอ้างอิงจากค่าวิเคราะห์ดินรายแปลงถือเป็นหัวใจสำคัญของการจัดการแบบแม่นยำ ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหาร (Nutrient Use Efficiency, NUE) ลดต้นทุนการผลิต และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Chien et al., 2009; Gebbers & Adamchuk, 2010) โดยการให้ปุ๋ยในรูปแบบที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ทันที เช่น การให้ปุ๋ยผ่านระบบน้ำหยด (Drip fertigation) เป็นเทคโนโลยีที่ผสานการให้น้ำและปุ๋ยเข้าด้วยกันโดยละลายปุ๋ยในน้ำแล้วส่งผ่านระบบหยดน้ำลงสู่รากพืชโดยตรง ซึ่งช่วยให้อัตราการให้ธาตุอาหารแก่พืชมีความสม่ำเสมอ และสอดคล้องกับความต้องการของพืชในแต่ละช่วงของการเจริญเติบโต (López-Bellido et al., 2005) สำหรับมันสำปะหลังนั้น เป็นพืชที่มีความต้องการไนโตรเจนสูงในระยะเริ่มต้นของการเจริญเติบโต และต้องการโพแทสเซียมสูงในช่วงสร้างหัวและสะสมแป้ง (Howeler, 2018) ทั้งนี้ การควบคุมระบบน้ำหยดตามค่าการคายน้ำของพืช (ETc) และปริมาณความชื้นในดิน สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำได้มากถึงร้อยละ 30–50 และลดปริมาณการใช้น้ำลงได้ถึงร้อยละ 20–60 (Ayars et al., 1999; Kaushal et al., 2012) แม้เทคโนโลยีดังกล่าวมีศักยภาพสูงในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต แต่การยอมรับในระดับเกษตรกรยังมีข้อจำกัด เนื่องจากต้นทุนเริ่มต้นสูง ความจำเป็นในการใช้ความรู้ทางเทคนิคและการประเมินความคุ้มค่าของการนำไปใช้ในพื้นที่ปลูก เนื่องจากการคำนวณการให้น้ำและปุ๋ยที่เหมาะสมกับมันสำปะหลังทำได้ยาก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ได้พัฒนาโปรแกรมสำหรับคำนวณรูปแบบการจัดการน้ำและปุ๋ยแบบแม่นยำ โดยใช้หลักการให้น้ำและปุ๋ยตามความต้องการของพืช และให้ตามระยะการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง นอกจากนี้

การให้ปุ๋ยแบบแม่นยำยังแตกต่างจากวิธีปฏิบัติของเกษตรกรทั่วไปเป็นการให้ปุ๋ยที่ละลายน้ำได้ดีไปในระบบน้ำหยดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดูดใช้ปุ๋ย ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลผลิต คุณภาพผลผลิต ประสิทธิภาพการใช้น้ำและปุ๋ยในมันสำปะหลัง รวมถึงผลตอบแทนเมื่อผลิตมันสำปะหลังภายใต้ระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยแบบแม่นยำโดยใช้หลักการสมดุลน้ำ (Water balance) เปรียบเทียบกับวิธีการจัดการน้ำและปุ๋ยตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกร เพื่อยกระดับผลผลิตและคุณภาพผลผลิตมันสำปะหลัง และเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรรายย่อย

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ (Material and Methodology)

พื้นที่ทดลองและการเก็บตัวอย่างดิน การทดลองดำเนินการในพื้นที่ของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังจำนวน 10 แปลงในจังหวัดนครราชสีมา เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีการปลูกมันสำปะหลังจำนวนมาก โดยแต่ละแปลงมีขนาดพื้นที่อยู่ในช่วง 5–10 ไร่ เริ่มปลูกมันสำปะหลังในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2567 ก่อนการปลูกมันสำปะหลัง ได้มีการสุ่มเก็บตัวอย่างดินจากแต่ละแปลงตามวิธีมาตรฐาน (Anderson & Ingram, 1994) เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน ได้แก่ เนื้อดิน (เพื่อกำหนดการให้น้ำหยดที่เหมาะสมตามชนิดของดิน) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avai. P) โพแทสเซียมและแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exc. K, Ca) ซึ่งผลการวิเคราะห์ดินใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดสูตรปุ๋ยที่เหมาะสมเฉพาะสำหรับแต่ละพื้นที่ ทั้งนี้ ในการทดลองแต่ละแปลงได้เปรียบเทียบบระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยภายใต้ระบบน้ำหยด 2 วิธี ได้แก่ T1 ระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยแบบแม่นยำ โดยให้น้ำตามหลักสมดุลน้ำ และให้ปุ๋ยทางระบบน้ำตามผลการวิเคราะห์ดิน T2 ระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกร

พันธุ์และการปลูกมันสำปะหลัง มันสำปะหลังที่ใช้ในการทดลองทั้ง 10 แปลงเป็นพันธุ์ระยอง 72 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ปลูกกันโดยส่วนใหญ่ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือก่อนปลูกมีการเตรียมดินโดยการไถพรวน 2 ครั้ง และยกร่องปลูกกว้าง 100 เซนติเมตร ใช้ท่อนพันธุ์ความยาว 15–20 เซนติเมตร ระยะปลูก 1 × 1 เมตร สำหรับการควบคุมวัชพืชดำเนินการโดยพ่นสารคุมวัชพืชอัตรา 500 มิลลิกรัมต่อน้ำ 60 ลิตร ก่อนวัชพืชงอก หลังจากนั้นจัดการน้ำและให้ปุ๋ยตามกรรมวิธีที่กำหนด

ระบบน้ำหยด แปลงทดลองทั้งหมดติดตั้งระบบน้ำหยด โดยใช้เทปน้ำหยดที่มีระยะห่างระหว่างหัวหยด 30 เซนติเมตร และมีอัตราการไหล 2 ลิตรต่อชั่วโมง ใช้ท่อประธานขนาด 63 มิลลิเมตร ซึ่งสามารถจ่ายน้ำได้ประมาณ 17,488 ลิตรต่อชั่วโมง ติดตั้งระบบกรองน้ำเพื่อกรองสิ่งสกปรกก่อนจ่ายน้ำ และแบ่งโซนการให้น้ำออกเป็นพื้นที่ละ 2–2.5 ไร่ (ขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่) โดยแต่ละแนวของเทปน้ำหยดมีความยาวไม่เกิน 100 เมตร เพื่อให้การให้น้ำมีความสม่ำเสมอภายในโซน

การกำหนดการให้น้ำและการให้ปุ๋ย การจัดการน้ำและปุ๋ยในแต่ละแปลงแบ่งเป็น 2 วิธี ดังแสดงในตารางที่ 1 ได้แก่ T1 การให้น้ำคำนวณจากค่าการคายน้ำรวมตามวิธีของ FAO (Allen et al., 1998) โดยควบคุมความชื้นของดินให้อยู่ในระดับ Field capacity ที่ความลึก 10–20 เซนติเมตร ในช่วง 1–2 เดือนแรก และที่ความลึก 30 เซนติเมตร ในระยะอายุมากกว่า 2 เดือน สำหรับการให้ปุ๋ยให้ตามค่าวิเคราะห์ดิน ซึ่งมีรายละเอียดตามตารางที่ 1 สำหรับการจัดการน้ำและปุ๋ยตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกร ให้น้ำผ่านระบบน้ำหยด 2–3 ครั้งต่อเดือน (ช่วงอายุ 1–5 เดือน) ให้น้ำ 1 ครั้งต่อเดือน (ช่วงอายุ 6–9 เดือน) และงดให้น้ำในช่วงอายุ 10–12 เดือน การให้ปุ๋ยทางดิน 2 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 เป็นปุ๋ยรองพื้น และครั้งที่ 2 เมื่อมันสำปะหลังอายุ 3 เดือน

ตารางที่ 1 ระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยสำหรับการผลิตมันสำปะหลัง

ทรีตเมนต์	รายละเอียด
T1	ระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยแบบแม่นยำ: การให้น้ำ ใช้ระบบให้น้ำแบบน้ำหยด งดให้น้ำในช่วงอายุ 10-12 เดือน การให้ปุ๋ย ใช้สูตรปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน (แต่ละแปลงจะมีสูตรปุ๋ยที่แตกต่างกัน) ให้ปุ๋ยผ่านระบบน้ำหยด (fertigation) รวมทั้งสิ้น 8 ครั้ง (เริ่มให้ปุ๋ยเมื่อมันสำปะหลังอายุ 1 เดือน และให้ปุ๋ยทุก 15 วัน โดย 4 ครั้งแรกให้ปุ๋ยที่มีไนโตรเจนสูง ส่วนการให้ปุ๋ย 4 ครั้งหลังให้ปุ๋ยที่มีโพแทสเซียมสูง
T2	ระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกร: การให้น้ำ ให้น้ำผ่านระบบน้ำหยด 2-3 ครั้งต่อเดือน (ช่วงอายุ 1-5 เดือน) ให้น้ำ 1 ครั้งต่อเดือน (ช่วงอายุ 6-9 เดือน) และงดให้น้ำในช่วงอายุ 10-12 เดือน การให้ปุ๋ย ให้ปุ๋ยโดยการหว่านทางดินโดยใช้ปุ๋ยสูตรผสม 46-0-0 และ 16-8-8 ในอัตรา 80-100 กิโลกรัมต่อไร่ แบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ใส่รองพื้นก่อนปลูก และครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ยเมื่อมันสำปะหลังมีอายุ 3 เดือน

การบันทึกข้อมูล ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่ออายุครบ 10 เดือน โดยสุ่มเก็บตัวอย่างจากพื้นที่ ขนาด 4 × 8 ตารางเมตรต่อซ้ำในแต่ละแปลงทดลอง แล้วชั่งน้ำหนักหัวสดและคำนวณผลผลิตเป็น หน่วยกิโลกรัมต่อไร่ (Prammanee et al., 2010) สำหรับเปอร์เซ็นต์แป้ง สุ่มเก็บตัวอย่างหัวมัน สำปะหลังจากแต่ละแปลงเพื่อวัดเปอร์เซ็นต์แป้ง โดยใช้วิธีวิเคราะห์ตาม Reimann scale ซึ่งแสดงผล ในหน่วยเปอร์เซ็นต์

การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน ต้นทุนการผลิตมีค่าใช้จ่ายทั้งหมดประกอบด้วย 1) ค่าแรงงาน ในการปลูก ดูแลรักษา การเตรียมดิน และเก็บเกี่ยว โดยค่าแรงงานคำนวณจากอัตราค่าจ้างแรงงานใน ท้องถิ่น ซึ่งระบบการจัดการแบบแม่นยำมีต้นทุน 6,100 บาท/ไร่ ส่วนวิธีจัดการตามแนวปฏิบัติของ เกษตรกรมีต้นทุน 6,900 บาท/ไร่ 2) ปัจจัยการผลิต ได้แก่ ค่าท่อนพันธุ์ ปุ๋ยเคมี (ราคาปุ๋ยตามระบบของ เกษตรกรคิดราคา ณ ปัจจุบันที่เกษตรกรซื้อ ส่วนปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินได้จากการผสมโดยใช้แม่ปุ๋ย 46-0-0, 12-60-0, 0-0-60) และค่าสารเคมีกำจัดศัตรูพืช (ยาคุมวัชพืช และยาฆ่าแมลงแช่ท่อนพันธุ์) ซึ่งปริมาณปุ๋ยและสารเคมีคำนวณจากปริมาณที่ใช้จริงและราคาตลาดเฉลี่ย โดยเฉลี่ยค่าปุ๋ยที่ใช้ในระบบ การจัดการแบบแม่นยำมีต้นทุน 1,647 บาท/ไร่ ส่วนวิธีจัดการตามแนวปฏิบัติของเกษตรกรมีค่าปุ๋ยเคมี 2,558 บาท/ไร่ 3) ค่าพลังงานในการสูบน้ำ ได้แก่ ค่าน้ำมัน หรือค่าเสื่อมโซลาเซลล์ และค่าวัสดุระบบน้ำ ได้แก่ เทปน้ำหยด ท่อประธาน บั๊มน้ำ ข้อต่อ และอุปกรณ์ระบบน้ำหยดที่เกี่ยวข้องที่ใช้จริงในแต่ละ แปลง ซึ่งทั้งสองวิธีมีต้นทุนใกล้เคียงกันระหว่าง 3,600-3,700 บาท รายได้รวม คำนวณจากผลผลิตมัน สำปะหลัง (กิโลกรัมต่อไร่) คูณด้วยราคาขาย (ราคามันสำปะหลัง ณ ช่วงเวลาที่เก็บเกี่ยว เชื่อแบ่งที่ 25% ราคา 2.28-2.32 บาทต่อกิโลกรัม)ผลตอบแทน คำนวณจากส่วนต่างระหว่างรายได้รวมและต้นทุนการ ผลิต ซึ่งแสดงถึงผลตอบแทนหรือกำไรสุทธิจากการผลิตมันสำปะหลังแต่ละแปลง

ผลและอภิปราย (Result and Discussion)

ผลการวิเคราะห์ดินของพื้นที่ทดลองทั้ง 10 แปลงพบว่า ดินที่ในการทดลองมี 3 ชนิด ได้แก่ ดินร่วนเหนียว ดินเหนียว ดินร่วนทราย ซึ่งมีสมบัติทางกายภาพและเคมีที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 2) โดยค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน อยู่ในช่วง 5.01-7.54 จัดอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของ มันสำปะหลัง ค่า EC ของดินทุกแปลงมีค่าต่ำกว่า 0.4 dS/m ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไม่มีปัญหาดินเค็ม ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ในดินร่วนเหนียวมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูง โดยบางแปลงมีค่าสูงถึงร้อยละ 3.98 ขณะที่ดินร่วนทรายส่วนใหญ่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำกว่าร้อยละ 0.5 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ อยู่ใน ช่วง 17.1-58.8 ppm โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ อยู่ในช่วง 7.0-118.0 ppm ในบางแปลงพบว่ามีค่า ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงมาก ซึ่งอาจเป็นผลจากการสะสมของ ปุ๋ยเคมีที่ใส่ในฤดูปลูกก่อนหน้า

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของตัวอย่างดินในแปลงมันสำปะหลัง (ก่อนการทดลอง)

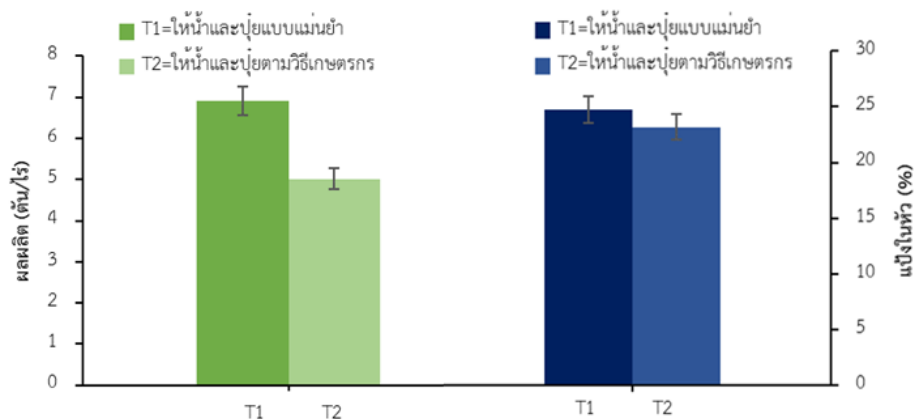
แปลงที่	เนื้อดิน	EC (dS/m)	pH (1:1)	OM (%)	Avai. P (ppm)	Exc. K (ppm)
1	ร่วนเหนียว	0.031	6.96	2.82	22.27	7.0
2	ร่วนทราย	0.061	6.76	0.45	58.80	118.0
3	ร่วนทราย	0.077	6.62	0.46	52.80	116.5
4	ร่วนทราย	0.041	5.45	0.60	31.30	63.4
5	ร่วนทราย	0.053	6.55	3.24	31.80	62.6
6	ร่วนเหนียว (กรวดปน)	0.124	8.09	0.26	17.10	59.0
7	ร่วนทราย (กรวดปน)	0.150	7.54	0.41	20.20	53.4
8	ร่วนเหนียวสีแดง (กรวดปน)	0.048	5.14	3.98	36.20	114.0
9	ร่วนเหนียว (กรวดปน)	0.119	5.01	0.77	25.50	115.0
10	เหนียว (กรวดปน)	0.099	6.80	1.36	23.30	113.4

ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลัง ระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยแบบแม่นยำ (T1) ส่งผลต่อการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลัง โดยมีผลผลิตเฉลี่ย 6.91 ตันต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกร (T2) ที่มีผลผลิตเฉลี่ย 5.02 ตันต่อไร่ (ภาพที่ 1) คิดเป็นการเพิ่มขึ้นร้อยละ 40.37 (ตารางที่ 3) โดยเฉพาะในแปลงที่ 6 ผลผลิตเพิ่มขึ้นสูงถึงร้อยละ 65.53 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการจัดการน้ำและปุ๋ยที่เหมาะสม การให้ปุ๋ยโพแทสเซียมอย่างเหมาะสมตามช่วงอายุของพืชเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลัง สำหรับเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลังภายใต้ระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยแบบแม่นยำมีค่าเฉลี่ย 24.74% ซึ่งมีแนวโน้มสูงกว่าระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกรที่มีค่าเฉลี่ย 23.17% (ภาพที่ 1) ซึ่งผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Siroth et al. (2001) ที่พบว่าโพแทสเซียมมีบทบาทสำคัญในการสังเคราะห์แป้งและเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตจากส่วนเหนือดินไปยังหัวมันสำปะหลังและการจัดการธาตุอาหารพืช โดยเฉพาะโพแทสเซียมสามารถเพิ่มเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลังได้สูงถึง 30% (Howeler, 2018; Zebalho et al., 2025)

ตารางที่ 3 ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งภายใต้ระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยที่แตกต่างกัน

แปลงที่	ผลผลิต (ตัน/ไร่)		แป้ง (%)		ความแตกต่าง		ความแตกต่าง	
	T1	T2	T1	T2	ผลผลิต (ตัน)	แป้ง (%)	ผลผลิต (%)	แป้ง (%)
1	5.00	3.70	26.40	21.68	1.30	4.72	35.14	21.77
2	8.31	5.30	25.24	22.98	3.01	2.26	56.79	9.83
3	7.08	5.09	26.18	22.14	1.99	4.04	39.10	18.25
4	6.23	5.66	25.53	24.26	0.56	1.27	10.07	5.23
5	6.55	4.22	25.54	22.78	2.33	2.76	55.21	12.12
6	6.82	4.12	25.00	25.65	2.70	-0.65	65.53	-2.53
7	5.62	3.97	21.15	20.49	1.65	0.66	41.56	3.22
8	12.75	0.32	22.00	21.30	2.43	0.70	23.55	3.29
9	5.24	3.85	26.65	25.23	1.39	1.42	36.10	5.63
10	5.54	3.94	23.70	25.23	1.60	-1.53	40.61	-6.06
ค่าเฉลี่ย	6.91	5.02	24.74	23.17	1.90	1.57	40.37	7.07
T-test	*		ns					

หมายเหตุ: T1 หมายถึง ระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยแบบแม่นยำ, T2 หมายถึง ระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกร
* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05, ns ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ



ภาพที่ 1 ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งภายใต้ระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยที่แตกต่างกัน

ปัจจัยหลักที่ส่งผลให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลังภายใต้ระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยแบบแม่นยำ สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ คือการประยุกต์ใช้ระบบน้ำหยดร่วมกับการให้ปุ๋ยแบบแม่นยำ ซึ่งควบคุมปริมาณและช่วงเวลาในการให้น้ำตามค่าความต้องการน้ำของพืช (ETc) และค่าความชื้นในดิน การจัดการในลักษณะนี้ช่วยให้น้ำและธาตุอาหารถูกส่งไปยังบริเวณโซนราก (Root zone) ของมันสำปะหลังได้อย่างแม่นยำและสม่ำเสมอโดยเฉพาะเมื่อมีการให้น้ำหยดร่วมกับการให้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน และปรับให้เหมาะสมกับช่วงการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง ทำให้มันสำปะหลังสามารถดูดซึมน้ำและธาตุอาหารในรูปที่พร้อมใช้ในช่วงเวลาที่เหมาะสม ส่งผลให้มีการสังเคราะห์แสงที่ต่อเนื่อง การเจริญเติบโตของระบบรากและลำต้นที่สมดุล และการสะสมคาร์โบไฮเดรตในหัวที่มีประสิทธิภาพ (López-Bellido et al., 2005) ส่งผลให้ได้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งที่สูงกว่าการจัดการแบบทั่วไปอย่างชัดเจน

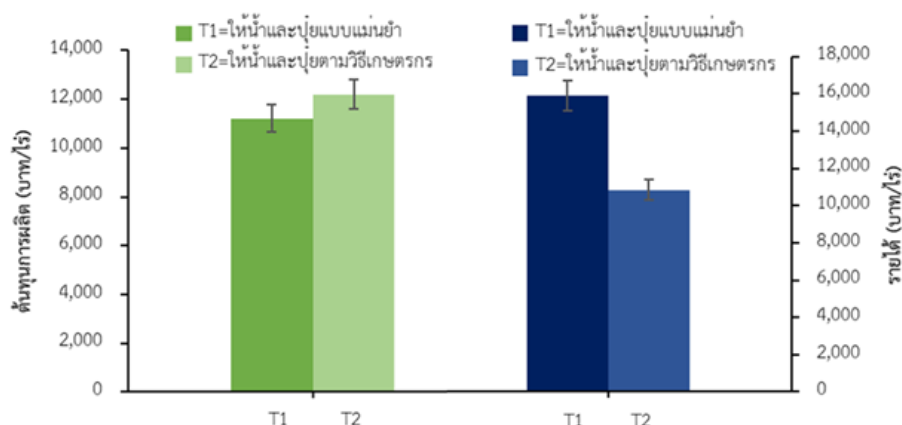
การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนการผลิตมันสำปะหลังภายใต้ระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยที่แตกต่างกัน โดยเปรียบเทียบระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยแบบแม่นยำกับระบบการจัดการ ตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกรพบข้อมูลที่แสดงถึงศักยภาพของระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยแบบแม่นยำในการเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตมันสำปะหลัง

ต้นทุนการผลิต ต้นทุนการผลิตของทั้ง 2 ระบบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4 และภาพที่ 2) โดยระบบจัดการน้ำและปุ๋ยแบบแม่นยำมีต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 11,211 บาทต่อไร่ ขณะที่ระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกรมีต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 12,198 บาทต่อไร่ สาเหตุที่ต้นทุนการผลิตของจัดการน้ำและปุ๋ยแบบแม่นยำต่ำกว่าระบบการจัดการน้ำและปุ๋ย ตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกร แม้จะมีการใช้ระบบน้ำหยดและการวางแผนให้ปุ๋ยแบบเจาะจงรายแปลง เนื่องจากระบบจัดการน้ำและปุ๋ยแบบแม่นยำมีการวิเคราะห์ดิน เพื่อกำหนดสูตรและอัตราการให้ปุ๋ยเคมีที่เหมาะสมร่วมกับการให้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพตามความต้องการของมันสำปะหลัง โดยช่วง 1–3 เดือนหลังปลูก ซึ่งเป็นระยะของการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว มีการให้ธาตุไนโตรเจนในอัตราสูง เพื่อส่งเสริมการเจริญของลำต้นและใบ ขณะที่ช่วงสะสมอาหารมีการเพิ่มอัตราการให้โพแทสเซียม ซึ่งเป็นธาตุอาหารสำคัญในการสังเคราะห์แป้งและสะสมในหัว อย่างไรก็ตามปุ๋ยเคมีที่ใช้ในระบบจัดการน้ำและปุ๋ยแบบแม่นยำใช้ปริมาณน้อยกว่าระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกรซึ่งส่งผลให้ต้นทุนการผลิตของระบบจัดการน้ำและปุ๋ยแบบแม่นยำต่ำกว่าระบบการจัดการน้ำและปุ๋ย ตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อันเนื่องจากการให้น้ำและให้ปุ๋ยที่เหมาะสมตามค่าวิเคราะห์ดิน สรุปได้ว่าระบบจัดการน้ำและปุ๋ยแบบแม่นยำ เป็นแนวทางการจัดการทรัพยากรที่คุ้มค่าและมีประสิทธิภาพ โดยสามารถลดต้นทุนปุ๋ยและน้ำได้ดี พร้อมทั้งรักษาผลผลิตและคุณภาพหัวมันสำปะหลัง อีกทั้งยังช่วยลดการสูญเสียปุ๋ยจากการใช้ทรัพยากรเกินความจำเป็น (Kiziloglu et al., 2009) ทำให้มีต้นทุนการผลิตต่ำ

รายได้ ระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยแบบแม่นยำส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้สูงกว่าระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4 และ ภาพที่ 2) โดยระบบจัดการน้ำและปุ๋ยแบบแม่นยำมีรายได้เฉลี่ย 15,915 บาทต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกร ที่มีรายได้เฉลี่ย 10,848 บาทต่อไร่ หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 46.71 ทั้งนี้เป็นผลจากผลผลิตหัวสดและเปอร์เซ็นต์แป้งที่สูงกว่าเมื่อจัดการน้ำและปุ๋ยแบบแม่นยำรายได้จากการปลูกมันสำปะหลังขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิตต่อพื้นที่ และเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลังโดยทั่วไปหากเปอร์เซ็นต์แป้งสูงกว่า 25% เกษตรกรจะได้รับค่าตอบแทนเพิ่มประมาณ 0.05 บาทต่อเปอร์เซ็นต์ที่สูงเกินกว่าค่ามาตรฐาน (25%) ดังนั้น การผลิตมันสำปะหลังที่มีทั้งผลผลิตสูงและคุณภาพดี (เปอร์เซ็นต์แป้งสูง) จะสามารถเพิ่มรายได้ของเกษตรกรได้อย่างมีนัยสำคัญ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยแบบแม่นยำนอกจากช่วยเพิ่มผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่แล้ว ยังเพิ่มคุณภาพผลผลิต (แป้งในหัว) ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อราคาขายและรายได้ของเกษตรกร อันเนื่องมาจากการจัดการธาตุอาหารและน้ำอย่างเหมาะสมตามความต้องการของพืชในแต่ละระยะการเจริญเติบโต มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและผลตอบแทน (López-Bellido et al., 2005)

ผลตอบแทน ระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยแบบแม่นยำส่งผลให้เกษตรกรได้รับผลตอบแทนสูงกว่าระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกรอย่างชัดเจน โดยระบบจัดการน้ำและปุ๋ยแบบแม่นยำมีผลตอบแทนเฉลี่ย 4,704 บาทต่อไร่ ขณะที่ระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกรมีผลตอบแทน -1,350 บาทต่อไร่ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการจัดการน้ำและปุ๋ยตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกรประสบภาวะขาดทุน อันเป็นผลมาจากการให้ปุ๋ยไม่เหมาะสมกับความต้องการของพืชส่งผลให้ผลผลิตต่ำรายได้น้อย และขาดทุนในที่สุด ในทางตรงกันข้ามระบบจัดการน้ำและปุ๋ยแบบแม่นยำ มีผลตอบแทนเป็นบวกในทุกแปลงทดลอง โดยเฉพาะในแปลงที่ 8 ซึ่งมีผลตอบแทน 15,158 บาทต่อไร่ ขณะที่แปลงที่ 5 ในระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกรมีผลตอบแทนต่ำที่สุดโดยขาดทุน 4,474 บาทต่อไร่

ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า ระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยแบบแม่นยำสามารถให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าต่อการลงทุน โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีข้อจำกัดด้านน้ำหรือความไม่แน่นอนทางสภาพภูมิอากาศ เนื่องจากการให้น้ำแบบแม่นยำช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ (Sadler et al., 2005) และลดความเสี่ยงจากภัยแล้ง (Fereses & Soriano, 2007) นอกจากนี้ การให้ปุ๋ยแบบแม่นยำตามความต้องการของพืชยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการให้ปุ๋ย ลดต้นทุนแฝงจากการให้ปุ๋ยเกินความจำเป็น และลดค่าแรงงานในการให้ปุ๋ยทางดิน ดังนั้น ระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยแบบแม่นยำจึงเป็นแนวทางที่สอดคล้องกับเป้าหมายในการพัฒนาเกษตรกรรมอย่างยั่งยืนของประเทศไทย



ภาพที่ 2 ต้นทุนการผลิตและรายได้ของการผลิตมันสำปะหลังภายใต้ระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4 ต้นทุน รายได้ และผลตอบแทนของการผลิตมันสำปะหลังภายใต้ระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยที่แตกต่างกัน

แปลงที่	ต้นทุนการผลิต (บาท/ไร่)		รายได้ (บาท/ไร่)		ผลตอบแทน (บาท/ไร่)		ความแตกต่าง (T1-T2, บาท/ไร่)		
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	ต้นทุน	รายได้	ผลตอบแทน
1	10,949	11,522	12,007	8,028	1,057	-3,494	-573	3,979	4,551
2	10,483	12,495	19,287	11,501	8,805	-993	-2,012	7,786	9,798
3	10,310	12,465	16,850	11,042	6,540	-1,423	-2,155	5,807	7,963
4	11,075	12,596	14,942	12,854	3,867	259	-1,520	2,088	3,608
5	11,845	13,834	15,732	9,360	3,887	-4,474	-1,990	6,372	8,361
6	12,134	11,789	16,378	8,525	4,243	-3,264	345	7,853	7,508
7	11,362	11,690	11,684	7,856	323	-3,833	-328	3,828	4,156
8	11,992	12,813	27,150	21,466	15,158	8,653	-820	5,685	6,505
9	11,083	11,407	12,780	8,786	1,696	-2,621	-324	3,994	4,318
10	10,876	11,370	12,343	9,057	1,467	-2,314	-494	3,287	3,781
ค่าเฉลี่ย	11,211	12,198	15,915	10,848	4,704	-1,350	- 987	5,068	6,055
T-test	**		*		**				

หมายเหตุ: T1 หมายถึงระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยแบบแม่นยำ และ T2 หมายถึง ระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกร
* และ ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

สรุปผล (Conclusion)

ระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยแบบแม่นยำช่วยเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของหัวมันสำปะหลังได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยแบบแม่นยำให้ผลผลิตเฉลี่ย 6.91 ตันต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกรที่ให้ผลผลิตเฉลี่ย 5.02 ตันต่อไร่ หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 40.37 ส่วนเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นจาก 23.17% เป็น 24.74% หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 7.07 ในด้านผลตอบแทน ทั้งนี้ต้นทุนการผลิตระหว่างทั้ง 2 ระบบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (11,211–12,198 บาทต่อไร่) ซึ่งระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยแบบแม่นยำให้รายได้เฉลี่ยสูงกว่า โดยมีรายได้เฉลี่ย 15,915 บาทต่อไร่ เปรียบเทียบกับระบบการจัดการตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกรที่มีรายได้เฉลี่ย 10,848 บาทต่อไร่ นอกจากนี้ ระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยแบบแม่นยำยังให้ผลตอบแทนสูงถึง 4,704 บาทต่อไร่ ขณะที่ระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกรขาดทุนเฉลี่ย 1,350 บาทต่อไร่ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าระบบการจัดการน้ำและปุ๋ยแบบแม่นยำสามารถยกระดับประสิทธิภาพการผลิตของมันสำปะหลัง ทั้งในด้านการผลิต ผลผลิต และผลตอบแทน รวมถึงมีความคุ้มค่าต่อการลงทุน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่มีข้อจำกัดด้านทรัพยากรน้ำ

เอกสารอ้างอิง (Reference)

สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า. (2568). พาณิชย์พนัก TDRi เปิดเวทีระดมความคิดเห็นผลักดันนโยบาย หนุนการค้ามันสำปะหลัง ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. ข่าวสารสำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า กระทรวงพาณิชย์.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., and Smith, M. (1998). Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements, FAO Irrigation and Drainage. Rome, Italy.

- Anderson, J.M., and Ingram, J.S. (1994). Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods. *Soil Science*. 157(4), 265.
- Ayars, J., Phene, C., Hutmacher, R., Davis, K., Schoneman, R., Vail, S., and Mead, R. (1999). Subsurface drip irrigation of row crops: A review of 15 years of research at the Water Management Research Laboratory. *Agricultural Water Management*. 42(1), 1-27.
- Burns, A., Gleadow, R., Cliff, J., Zacarias, A., and Cavagnaro, T. (2010). Cassava: the drought, war and famine crop in a changing world. *Sustainability*. 2(11), 3572-3607.
- Chien, S.H., Prochnow, L.I., and Cantarella, A.H. (2009). Recent developments of fertilizer production and use to improve nutrient efficiency and minimize environmental impacts. *Advances in Agronomy*. 102, 267-322.
- Ezui, K.S., Franke, A.C., Mando, A., Ahiabor, B.D.K., Tetteh, F.M., Sogbedji, J., Janssen, B.H., and Giller, K.E. (2016). Fertiliser requirements for balanced nutrition of cassava across eight locations in West Africa. *Field Crops Research*. 185, 69-78.
- FAO. (2021). *Save and Grow: Cassava*. Rome: FAO.
- Fereres, E., and Soriano, M.A. (2007). Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of Experimental Botany*. 58(2), 147-159.
- Gebbers, R., and Adamchuk, V.I. (2010). Precision agriculture and food security. *Science*. 327(5967), 828-831.
- Howeler, R.H. (2018). Mineral Nutrition and Fertilization of Cassava. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. <https://www.researchgate.net/publication/322628495>.
- Kaushal, P., Kumar, V., and Sharma, H.K. (2012). Comparative study of physicochemical, functional, antinutritional and pasting properties of taro (*Colocasia esculenta*), rice (*Oryza sativa*) flour, pigeonpea (*Cajanus cajan*) flour and their blends. *LWT - Food Science and Technology*. 48(1), 59-68.
- Kiziloglu, F.M., Sahin, U., Kuslu, Y., and Tunc, T. (2009). Determining water-yield relationship, water use efficiency, crop and pan coefficients for silage maize in a semiarid region. *Irrigation Science*. 27(2), 129-137.
- López-Bellido, L., López-Bellido, R.J., and Redondo, R. (2005). Nitrogen efficiency in wheat under rainfed Mediterranean conditions as affected by split nitrogen application. *Field Crops Research*. 94(1), 86-97.
- Polthanee, A., and Srisutham, M. (2018). Growth, yield and water use of drip irrigated cassava planted in the late rainy season of Northeastern Thailand. *Indian Journal of Agricultural Research*. 52(5), 554-559.
- Prammanee, S., Kamprerasart, K., Salakan, S., and Sriroth, K. (2010). Growth and starch content evaluation on newly released cassava cultivars, Rayong 9, Rayong 7 and Rayong 80 at different harvest times. *Agriculture and Natural Resources*. 44(4), 558-563.
- Sadler, E.J., Evans, R.G., Stone, K.C., and Camp, C. (2005). Opportunities for conservation with precision irrigation. *Journal of Soil and Water Conservation*. 60(6), 371-379.
- Sriroth, K., Piyachomkwan, K., Santisopasri, V., and Oates, C.G. (2001). Environmental conditions during root development: Drought constraint on cassava starch quality. *Euphytica*. 120(1), 95-102.

- Vanlauwe, B., Coyne, D., Gockowski, J., Hauser, S., Huising, J., Masso, C., Nziguheba, G., Schut, M., and Van Asten, P. (2014). Sustainable intensification and the African smallholder farmer. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 8, 15-22. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cosust.2014.06.001>.
- Zebalho, C.S., Pilecco, I.B., Streck, N.A., Cardoso, P.D.S., Freitas, C.P.D.O.D., Vieira, E.A., Soares, M.F., Tagliapietra, B.L., Ferigolo, A.A., and Swarowsky, A. (2025). Assessing management factors limiting yield and starch content of cassava in the western Brazilian Cerrado. *Agronomy Journal*. 117(1), e21722.