

การพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการธาตุอาหารเพื่อปรับปรุงคุณภาพผลผลิต ในการผลิตมะขามหวานในพื้นที่จังหวัดอุดรดิตถ์

วันที่รับ : 29 ตุลาคม 2567

วันที่แก้ไข : 13 มีนาคม 2568

วันที่ตอบรับ : 17 มีนาคม 2568

นันทนา บุญสนอง^{1*} และ สุภชัย วรรณมณี¹

¹ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรอุดรดิตถ์

กรมวิชาการเกษตร จังหวัดอุดรดิตถ์

*Corresponding author e-mail: table4188@gmail.com



บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการจัดการธาตุอาหารที่เหมาะสมสำหรับมะขามหวานด้วยการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ และศึกษาผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่ายการลงทุนที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ มี 4 กรรมวิธี 5 ซ้ำๆ ละ 2 ต้น กำหนดในวิธีการ 2 - 4 ให้มีปริมาณธาตุอาหารรวมทั้งปียูในอัตรา 0.8-0.4-1.2 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อต้น โดยวิธีการที่ 1 ใส่ปุ๋ยและสารปรับปรุงดินตามวิธีเกษตรกร วิธีการที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราที่กำหนด วิธีการที่ 3 ใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราที่กำหนด + ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตอัตรา 500 กรัม/ต้น และวิธีการที่ 4 ใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราที่กำหนด + ใส่ปุ๋ยคอก (มูลวัวอัตรา 20 กิโลกรัม/ต้น) + ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตอัตรา 500 กรัม/ต้น ทดสอบในแปลงมะขามหวานของเกษตรกรต้นแบบพื้นที่อำเภอปากท่า จังหวัดอุดรดิตถ์ เดือนตุลาคม 2565 - กันยายน 2566 ผลการทดลองพบว่า วิธีการที่ 4 ให้ปริมาณผลผลิตสูงสุดที่สุด 554 กิโลกรัม/ไร่ น้ำหนักเนื้อมากที่สุด 450 กรัม น้ำหนักฝักเฉลี่ยสูงสุด 30.30 กรัม สำหรับอัตราผลตอบแทนการลงทุน พบว่าวิธีการที่ 3 เป็นการลงทุนที่ให้ผลตอบแทนสูงที่สุดเท่ากับ 3.05 ทั้งนี้เกษตรกรสามารถนำเทคโนโลยีที่มีการทดสอบในพื้นที่นำมาปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง เกิดเป็นองค์ความรู้การจัดการธาตุอาหารสำหรับมะขามหวานในพื้นที่อำเภอปากท่า เกิดกระบวนการเรียนรู้ร่วมกันควบคู่กับการพัฒนาคุณภาพของผลผลิต ทำให้ชุมชนเป็นแหล่งผลิตมะขามหวานคุณภาพดี สร้างภาพลักษณ์ที่ดีให้กับจังหวัดอุดรดิตถ์

คำสำคัญ: มะขามหวาน, ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต, การจัดการธาตุอาหาร

DEVELOPMENT OF NUTRIENT MANAGEMENT TECHNOLOGY TO ENHANCE SWEET TAMARIND PRODUCTION EFFICIENCY IN UTTARADIT PROVINCE

Received : October 29, 2024

Revised : March 13, 2025

Accepted : March 17, 2025

Nuntana Boonsanong^{1*} and Supachai Wanmanee¹

¹Uttaradit Agricultural Research And Development Center,

Department of Agriculture, Uttaradit, Thailand

*Corresponding author e-mail: table4188@gmail.com



Abstract

The objectives of this study were to develop optimal nutrient management for sweet tamarind by using chemical fertilizers combined with biofertilizers, and examine the return on investment costs using chemical fertilizers in combination with biofertilizers. The experiment was conducted using a randomized complete block design (RCBD) with four treatments and five replications of 2 plants each. Treatments 2–4 were set to provide all-year nutrient rates of 0.8-0.4-1.2 kg N-P₂O₅-K₂O per tree. For Treatment 1, fertilizer and soil amendments were applied according to the farmers' conventional practices. For Treatment 2, Chemical fertilizers were applied at the specified rates. For Treatment 3, Chemical fertilizers at the specified rates and phosphate-solubilizing biofertilizers were applied at 500 g/tree. For Treatment 4, Chemical fertilizers at the specified rates and manure (cow dung at 20 kg/tree) and phosphate-solubilizing biofertilizers were applied at 500 g/tree. The experiments were conducted in farmers' sweet tamarind fields in Fak Tha District, Uttaradit Province, from October 2022 to September 2023. The result showed that Treatment 4 produced the highest yield at 554 kg/rai, with the highest pulp weight of 450 g. and the highest average pod weight of 30.30 g. Regarding the Benefit-Cost Ratio (BCR), Treatment 3 yielded the highest return on investment at 3.05. Farmers could adopt the tested technologies to improve their practices effectively which could lead to the development of nutrient management knowledge for sweet tamarind cultivation in Fak Tha District. Collaborative learning emerged alongside the development of product quality, transforming the community into a source of high-quality sweet tamarind. This also created a positive image for Uttaradit Province.

Keywords: Sweet tamarind, Phosphate-solubilizing biofertilizers, Nutrient management



บทนำ

มะขามหวานเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของจังหวัดอุดรธานี ในปี 2566 มีพื้นที่ปลูก 21,240 ไร่ (สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดอุดรธานี, 2567) สร้างมูลค่าให้กับจังหวัด 628.35 ล้านบาท พื้นที่ปลูกมะขามหวานของจังหวัดอุดรธานีส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่อาศัยน้ำฝน ดินมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง-ต่ำ ในบางพื้นที่พบว่าการปลูกในพื้นที่ที่มีความลาดชันมากกว่า 20% ซึ่งจะมีปัญหาการพังทลายของหน้าดิน นอกจากนี้การบริหารจัดการแปลงที่ไม่ถูกต้องของเกษตรกร ปัญหาฝนแล้ง ฝนทิ้งช่วง ส่งผลให้ปริมาณผลผลิตมีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ โดยเฉพาะปี 2562 เกิดสภาวะฝนแล้งในพื้นที่จังหวัดอุดรธานี ทำให้มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยอยู่ที่ 842.8 มิลลิเมตร ในขณะที่ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของจังหวัดอุดรธานีอยู่ที่ 1,384 มิลลิเมตร (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2567) ส่งผลกระทบทางลบต่อปริมาณและคุณภาพผลผลิตมะขามหวานในพื้นที่ ซึ่งสามารถอ้างอิงได้จากประธานกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปผลไม้บ้านเสี้ยวนางกมลรัตน์ ท้าวน้อย พบว่าเมื่อมะขามในปีดังกล่าวมีรสชาติติดเปรี้ยว ไม่หวานฉ่ำ เนื้อบาง และมีปริมาณน้อยลง ปริมาณมะขามข้อมีมากขึ้น 20% มะขามฝักลดลง 30% ทำให้กลุ่มมีวัตถุดิบในการจำหน่ายและแปรรูปน้อยกว่าทุกปี ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ และความเครียดจากสภาพแวดล้อมมีส่วนสำคัญ ทำให้ศักยภาพการผลิตลดลงผลผลิตลดลงร้อยละ 54-82 (Tuteja et al., 2011, p.39) เพื่อลดผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นต่อคุณภาพผลผลิตมะขามหวาน ที่อยู่ในพื้นที่ที่ดินขาดความอุดมสมบูรณ์และประสบปัญหาภัยแล้ง จึงจำเป็นต้องพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการธาตุอาหาร เพื่อปรับปรุงโครงสร้างของดินให้สามารถปลดปล่อยธาตุอาหารให้ดีขึ้นด้วยการใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต และปุ๋ยอินทรีย์ และมีการจัดการธาตุอาหารหลักให้เหมาะสม ด้วยการใช้ปุ๋ยเคมีที่เหมาะสมสำหรับมะขาม คือ อัตรา 0.8-0.4-1.2 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อต้นทั้งฤดูกาลผลิตทั้งนี้สามารถแบ่งอัตราการใช้ปุ๋ยแบ่งเป็น 2 ระยะ คือ ระยะเตรียมดิน ให้ปุ๋ยในอัตรา 0.5-0.3-0.5 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ และระยะบำรุงผลผลิต ให้ปุ๋ยในอัตรา 0.3-0.1-0.7 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ (สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2, 2562) เพื่อให้พืชมีความแข็งแรง ทนทานต่อสภาพอากาศที่แปรปรวน และเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ชนิดดี เพื่อฟื้นสภาพให้กับพืชหลังจากการเก็บผลผลิตหรือผ่านสภาพอากาศที่แปรปรวนด้วยการใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต (ละเอียด บันสุข และคนอื่นๆ, 2557) ได้ทดสอบเทคโนโลยีการฟื้นฟูดินส้มโอขาวแตงกวาหลังประสบอุทกภัยจังหวัดชัยนาท ด้วยการฟื้นฟูดินส้มโอตามการปฏิบัติของเกษตรกร เปรียบเทียบกับกรรมวิธีทดสอบคือมีการปฏิบัติแปลงเช่นเดียวกับเกษตรกร และเพิ่มการใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต อัตรา 500 กรัม/ต้น ปุ๋ยชีวภาพไมโครไรซา อัตรา 10 กรัม/ต้น หลังน้ำลด พบว่ากรรมวิธีทดสอบฟื้นฟูดินจากสภาพโทรมได้ไวกว่ากรรมวิธีของเกษตรกร โดยดูจากคุณสมบัติของไบโอสโม ในส่วนของผลผลิตเฉลี่ยพบว่า กรรมวิธีของเกษตรกรให้ผลผลิตเฉลี่ย 1,298 กิโลกรัม/ไร่ และกรรมวิธีทดสอบให้ผลผลิตเฉลี่ย 1,411 กิโลกรัม/ไร่ ผลผลิตในกรรมวิธีทดสอบให้ผลผลิตสูงกว่ากรรมวิธีเกษตรกรร้อยละ 8.7 และมีรายได้สุทธิเฉลี่ยสูงกว่ากรรมวิธีเกษตรกรร้อยละ 9.6

ดังนั้น เมื่อสิ้นสุดงานวิจัยเกษตรกรในชุมชนจะได้เรียนรู้การจัดการธาตุอาหารด้วยปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยชีวภาพ ที่ใช้ร่วมกันอย่างถูกต้อง ส่วนเพิ่มคุณภาพของผลผลิตมะขามหวาน เพื่อให้มะขามหวานเป็นพืชหมุนเวียนเศรษฐกิจในชุมชน เกิดการขยายผลผลิตจากในชุมชนให้กับกลุ่มวิสาหกิจ ซึ่งจะนำไปสู่การจ้างงานกันในชุมชน การซื้อขายผลผลิตที่มีคุณภาพกันระหว่างชุมชน เกิดเงินทุนหมุนเวียนในชุมชน และที่สำคัญ ชุมชนจะมีภาพลักษณ์ที่ดี ในการผลิตมะขามหวานที่มีคุณภาพ



วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาการจัดการธาตุอาหารที่เหมาะสมสำหรับมะขามหวานด้วยปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ
2. เพื่อศึกษาผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่ายการลงทุนที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ



วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้รูปแบบการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD) โดยมีวิธีดำเนินการ ดังนี้

1. ดำเนินการในพื้นที่ ตำบลบ้านเสี้ยว อำเภอฟากท่า จังหวัดอุดรดิตถ์ เดือน ตุลาคม 2565 – กันยายน 2566 โดยวางแผนการทดลองการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) มี 4 กรรมวิธี จำนวน 5 ซ้ำ ซ้ำละ 2 ต้น โดยวิธีการที่ 1 เป็นการใส่ปุ๋ยตามที่เกษตรกรกำหนด วิธีการที่ 2-4 เป็นการใส่ปุ๋ยตามอัตราที่กำหนดคือ 0.8-0.4-1.2 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อต้นต่อปี และเพิ่มการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยชีวภาพ โดยมีรายละเอียดในแต่ละวิธีการ ดังนี้

วิธีการที่ 1 ใส่ปุ๋ยและสารปรับปรุงดินตามวิธีเกษตรกร คือ ใส่ปุ๋ยในระยะเตรียมต้นสูตร 15-15-15 อัตรา 2 กิโลกรัม/ต้น ระยะบำรุงผลผลิต สูตร 8-24-24 อัตรา 0.5 กิโลกรัม/ต้น

วิธีการที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราที่กำหนด คือ ใส่ปุ๋ยในระยะเตรียมต้นสูตร 46-0-0 อัตรา 0.8 กิโลกรัม/ต้น + สูตร 18-46-0 อัตรา 0.6 กิโลกรัม/ต้น + สูตร 0-0-60 อัตรา 0.8 กิโลกรัม/ต้น ระยะบำรุงผลผลิต สูตร 46-0-0 อัตรา 0.6 กิโลกรัม/ต้น + สูตร 18-46-0 อัตรา 0.2 กิโลกรัม/ต้น + สูตร 0-0-60 อัตรา 1.2 กิโลกรัม/ต้น

วิธีการที่ 3 ใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราที่กำหนด คือ ใส่ปุ๋ยในระยะเตรียมต้นสูตร 46-0-0 อัตรา 0.8 กิโลกรัม/ต้น + สูตร 18-46-0 อัตรา 0.6 กิโลกรัม/ต้น + สูตร 0-0-60 อัตรา 0.8 กิโลกรัม/ต้น + ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต อัตรา 500 กรัม/ต้น ระยะบำรุงผลผลิต สูตร 46-0-0 อัตรา 0.6 กิโลกรัม/ต้น + สูตร 18-46-0 อัตรา 0.2 กิโลกรัม/ต้น + สูตร 0-0-60 อัตรา 1.2 กิโลกรัม/ต้น

วิธีการที่ 4 ใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราที่กำหนด คือ ใส่ปุ๋ยในระยะเตรียมต้นสูตร 46-0-0 อัตรา 0.8 กิโลกรัม/ต้น + สูตร 18-46-0 อัตรา 0.6 กิโลกรัม/ต้น + สูตร 0-0-60 อัตรา 0.8 กิโลกรัม/ต้น + ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต อัตรา 500 กรัม/ต้น + ปุ๋ยคอก (มูลวัวอัตรา 20 กิโลกรัม/ต้น) ระยะบำรุงผลผลิต สูตร 46-0-0 อัตรา 0.6 กิโลกรัม/ต้น + สูตร 18-46-0 อัตรา 0.2 กิโลกรัม/ต้น + สูตร 0-0-60 อัตรา 1.2 กิโลกรัม/ต้น

2. ทำการทดสอบในแปลงเกษตรกรแปลงต้นแบบจำนวน 1 ราย เป็นมะขามพันธุ์ศรีทอง มีอายุ 10 ปี ทรงพุ่มใกล้เคียงกันประมาณ 6-8 เมตร โดยแบ่งการใส่ปุ๋ยเป็น 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ระยะเตรียมต้นช่วงปลายเดือน เมษายนและ ครั้งที่ 2 ระยะบำรุงผลผลิต ในช่วงเดือนพฤษภาคม

3. จัดการแมลงศัตรูพืชตามการระบาดและเลือกใช้สารเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร รายละเอียดดังนี้

3.1 หนอนคืบละหุ่ง แนะนำให้ใช้ คาร์บาริล 85% WP (กลุ่ม 1A) อัตรา 40 กรัมผสมน้ำ 20 ลิตร (ศรีจันทร์ ศรีจันทร์ และพฤทธิชาติ ปุณวัฒน์, 2566)

3.2 เพลี้ยแป้ง แนะนำให้ใช้ไทอะมโทกแซม 25% WG (กลุ่ม 4A) อัตรา 4 กรัมผสมน้ำ 20 ลิตร หรือ อิมิดาโคลพริด 70% WG (กลุ่ม 4A) อัตรา 4 กรัมผสมน้ำ 20 ลิตร หรือ ไดโนทีฟูแรน 10% WG (กลุ่ม 4A) อัตรา 50 กรัมผสมน้ำ 20 ลิตร (ศรีจันทร์ ศรีจันทร์ และพฤทธิชาติ ปุณวัฒน์, 2566)

4. การเก็บข้อมูลโดยเว้นต้นหัว-ท้ายแปลง และเก็บข้อมูลดังนี้ จำนวนการติดฝักอ่อนในพื้นที่ 1 ตารางเมตร ปริมาณผลผลิตต่อไร่ คุณภาพผลผลิต ได้แก่ จำนวนมะขามฝัก มะขามช่อ น้ำหนักเนื้อมะขามต่อน้ำหนักมะขาม 1 กิโลกรัม น้ำหนักฝักเฉลี่ยและปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (%TA) ข้อมูลด้านเศรษฐศาสตร์ ได้แก่ รายได้ รายได้สุทธิ อัตราผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่ายการลงทุน (Benefit Cost Ratio: BCR) (สมพร อิศวิลานนท์ และคนอื่นๆ, 2553)

5. การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ ของค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ผลการวิจัย

1. การจัดการธาตุอาหารที่เหมาะสมสำหรับมะขามหวาน ด้วยการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ

การศึกษาในแปลงเกษตรกรผู้ปลูกมะขามอำเภอปากท่อ จังหวัดอุตรดิตถ์ แบ่งการจัดการธาตุอาหารเป็น 4 วิธีการ พบการตอบสนองของมะขามในด้านปริมาณและคุณภาพของผลผลิต ตามรายละเอียดดังนี้

1.1 จำนวนการติดฝักอ่อนในพื้นที่ 1 ตารางเมตร

จากการสุ่มคัดเลือกพื้นที่ 1 ตารางเมตร บนทรงพุ่มมะขามในแต่ละวิธีการเพื่อนับจำนวนการติดฝักอ่อน พบว่า จำนวนการติดฝักอ่อนของมะขามในพื้นที่ 1 ตารางเมตร ทั้ง 4 วิธีการ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ มีค่าเฉลี่ยจำนวนการติดฝักอ่อนในพื้นที่ 1 ตารางเมตร 51.2-53.3 ฝัก ดังตาราง 1

1.2 ปริมาณผลผลิต

ผลผลิตมะขามพบว่ามีความแตกต่างทางสถิติ โดยวิธีการที่ 4 การใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราที่กำหนด + ใส่ปุ๋ยคอก (มูลวัวอัตรา 20 กิโลกรัม/ต้น) + ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต อัตรา 500 กรัม/ต้น ให้ผลผลิตสูงสุด 554 กิโลกรัม/ไร่ และไม่แตกต่างกับวิธีการที่ 3 การใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราที่กำหนด + ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต อัตรา 500 กรัม/ต้น ให้ผลผลิต 552 กิโลกรัม/ไร่ มากกว่าและแตกต่างทางสถิติกับวิธีการที่ 1 การใส่ปุ๋ยและสารปรับปรุงดินตามวิธีเกษตรกรและวิธีการที่ 2 การใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราที่กำหนด ให้ผลผลิตคือ 533 และ 531 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ดังตาราง 1

ตาราง 1 จำนวนการติดฝักอ่อนในพื้นที่ 1 ตารางเมตร และปริมาณผลผลิต จากแปลงเกษตรกรแปลงต้นแบบผู้ปลูกมะขามหวานในแต่ละวิธีการ ณ ตำบลบ้านเสี้ยว อำเภอปากท่อ จังหวัดอุตรดิตถ์ ปี 2566

วิธีการ	จำนวนมะขามฝักอ่อน (ฝัก)	ปริมาณผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่)
T1	53.0	533b
T2	51.2	531b
T3	53.3	552a
T4	52.7	554a
F-test	ns	*
CV (%)	16.2	27.8

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c,... ที่ต่างกันแนวดิ่งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) โดย

ตัวอักษร a จะกำกับเลขที่ค่ามากที่สุด และไล่ลำดับตัวอักษรไปจนถึงเลขที่มีค่าน้อยที่สุด

ตัวอักษรที่กำกับไว้ในแถว F-test มีความหมายในแต่ละคอลัมน์ ดังนี้

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ, ** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น

($p < 0.01$)

1.3 จำนวนมะขามฝัก และมะขามข้อ ต่อน้ำหนักมะขาม 1 กิโลกรัม

จากการสุ่มเก็บตัวอย่างมะขามในแต่ละวิธีการ เพื่อนับจำนวนมะขามฝักและมะขามข้อ พบว่าจำนวนมะขามฝักทั้ง 4 วิธีการ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ มีค่าเฉลี่ยจำนวนมะขาม 29-32 ฝัก และจำนวน

มะขามข้อ พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติ โดยวิธีการที่ 1 การใส่ปุ๋ยและสารปรับปรุงดินตามวิธีเกษตรกร วิธีการที่ 2 การใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราที่กำหนด และวิธีการที่ 3 การใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราที่กำหนด + ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต อัตรา 500 กรัม/ตัน ให้จำนวนมะขามข้อเท่ากับ 7 ผล 5 ผล และ 4 ผล ตามลำดับ มากกว่าและแตกต่างทางสถิติกับวิธีการที่ 4 การใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราที่กำหนด + ใส่ปุ๋ยคอก (มูลวัวอัตรา 20 กิโลกรัม/ตัน) + ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต อัตรา 500 กรัม/ตัน ให้จำนวนมะขามข้อเท่ากับ 1 ผล ดังตาราง 2

1.4 น้ำหนักเนื้อมะขามส่วนที่สามารถรับประทานได้ต่อมะขาม 1 กิโลกรัม

เนื้อมะขามส่วนที่รับประทานได้ใน 4 วิธีการ พบว่ามีความแตกต่างทางสถิติ โดยวิธีการที่ 4 การใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราที่กำหนด + ใส่ปุ๋ยคอก (มูลวัวอัตรา 20 กิโลกรัม/ตัน) + ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต อัตรา 500 กรัม/ตัน ให้ปริมาณเนื้อมะขามส่วนที่รับประทานได้มากที่สุด คือ 456 กรัม แตกต่างและมากกว่าวิธีการอื่นๆ ที่ให้ปริมาณเนื้อมะขามส่วนที่รับประทานได้เท่ากับ 450-430 กรัม ดังตาราง 2 และภาพ 1

1.5 น้ำหนักฝักเฉลี่ย

น้ำหนักฝักมะขามเฉลี่ยทั้ง 4 วิธีการพบว่า มีความแตกต่างทางสถิติ โดยวิธีการที่ 4 การใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราที่กำหนด+ใส่ปุ๋ยคอก (มูลวัวอัตรา 20 กิโลกรัม/ตัน) + ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต อัตรา 500 กรัม/ตัน และวิธีการที่ 3 การใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราที่กำหนด + ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต อัตรา 500 กรัม/ตัน ให้น้ำหนักฝักมะขามเฉลี่ย 30.30 และ 29.41 กรัม มากกว่าและแตกต่างทางสถิติกับวิธีการที่ 2 การใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราที่กำหนด และวิธีการที่ 1 การใส่ปุ๋ยและสารปรับปรุงดินตามวิธีเกษตรกร ที่ให้น้ำหนักฝักมะขามเฉลี่ย 28.57 และ 27.78 กรัม ดังตาราง 2

1.6 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (%TA)

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (%TA) ในทั้ง 4 วิธีการ พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ให้ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เฉลี่ย 2.31-2.42 % ดังตาราง 2

ตาราง 2 จำนวนมะขามฝัก มะขามข้อ น้ำหนักเนื้อมะขามต่อน้ำหนักมะขาม 1 กิโลกรัม น้ำหนักฝักเฉลี่ยและปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (%TA)

วิธีการ	จำนวนฝัก (ฝัก)		น้ำหนักเนื้อมะขาม (กรัม)	น้ำหนักฝักเฉลี่ย (กรัม)	%TA
	มะขามฝัก	มะขามข้อ			
T1	29	7a	430c	27.78b	2.32
T2	30	5a	438c	28.57b	2.41
T3	30	4a	450b	29.41a	2.42
T4	32	1b	456a	30.30a	2.31
F-test	ns	*	*	*	ns
CV (%)	15.83	15.11	16.97	15.27	16.82

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c, ... ที่ต่างกันในแนวดังแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) โดย ตัวอักษร a จะกำกับเลขที่ค่ามากที่สุด และไล่ลำดับตัวอักษรไปจนถึงเลขที่มีค่าน้อยที่สุด

ตัวอักษรที่กำกับไว้ในแถว F-test มีความหมายในแต่ละคอลัมน์ ดังนี้

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ, ** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น

($p < 0.01$)



ภาพ 1 ส่วนของเนื้อมะขามที่สามารถรับประทานได้ในแต่ละวิธีการ

2. ผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่ายการลงทุนที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ

โดยทำการเปรียบเทียบ 4 วิธีการ สามารถสรุปต้นทุนการผลิต รายได้ที่ได้รับ และรายได้สุทธิ มีรายละเอียดดังนี้

2.1 ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์

จากข้อมูล ต้นทุนเฉลี่ยของทั้ง 4 วิธีการอยู่ที่ 8,600-8,970 บาท/ไร่ ส่วนรายได้เฉลี่ยทั้ง 4 วิธีการอยู่ที่ 34,515-36,010 บาท/ไร่ รายได้สุทธิเฉลี่ยทั้ง 4 วิธีการอยู่ที่ 25,862-27,040 บาท/ไร่ และอัตราผลตอบแทนการลงทุน (Benefit Cost Ratio: BCR) เฉลี่ยของทั้ง 4 วิธีการมีค่าเท่ากับ 2.99-3.05 ซึ่งค่า BCR มีค่ามากกว่า 1 หมายถึง กิจกรรมที่ดำเนินการนั้นมีกำไร มีความเสี่ยงน้อยสามารถทำการผลิตได้ ดังตาราง 3

ตาราง 3 ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ จากเกษตรกรต้นแบบผู้ปลูกมะขามหวาน ตำบลบ้านเสี้ยว อำเภอฟากท่า จังหวัดอุตรดิตถ์ ปี 2566

วิธีการ	ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์			
	ต้นทุนการผลิต (บาท/ไร่)	รายได้ (บาท/ไร่)	รายได้สุทธิ (บาท/ไร่)	BCR
T1	8,600	34,645	26,045	3.03
T2	8,653	34,515	25,816	2.99
T3	8,865	35,880	27,015	3.05
T4	8,970	36,010	27,040	3.01
ค่าเฉลี่ย	8,772	35,263	26,491	3.02

1. การจัดการธาตุอาหารที่เหมาะสมสำหรับมะขามหวานด้วยการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ

เพื่อศึกษาสัดส่วนของการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต และปุ๋ยคอก จากผลการทดลองพบว่า การจัดการธาตุอาหาร ด้วยการใส่ปุ๋ยทั้ง 3 ชนิด สามารถส่งเสริมให้ผลผลิตมะขามมีการติดผลผลิตที่ดีในทุกวิธีการ แสดงว่าปริมาณธาตุอาหารที่แนะนำสามารถนำมาปรับใช้ในพื้นที่อำเภอฟากท่า จังหวัดอุดรธานีได้ ไม่ส่งผลกระทบ ทางลบต่อการติดผล และเมื่อนำคุณภาพผลผลิตมาเปรียบเทียบใน 4 วิธีการ จะพบความแตกต่างด้านปริมาณ น้ำหนักเนื้อมะขามและน้ำหนักฝักเฉลี่ย ซึ่งเป็นวิธีการที่มีการใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตและปุ๋ยคอก ทั้งนี้ การใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตและปุ๋ยคอก อาจมีส่วนช่วยให้พืชได้รับปริมาณธาตุอาหารเพิ่มขึ้นและทันต่อ ช่วงการพัฒนาของผลผลิต เนื่องจากการให้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต เป็นการเพิ่มจุลินทรีย์ที่มีความสามารถ เพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสให้กับต้นพืช จุลินทรีย์ชนิดนี้มีความสามารถเปลี่ยนสารประกอบอินทรีย์ ฟอสเฟต หรือสารประกอบอินทรีย์ฟอสเฟตที่ไม่ละลายน้ำ ให้อยู่ในรูปที่ละลายน้ำช่วยให้พืชสามารถนำไป ใช้ประโยชน์ได้ (วีระพงษ์ เียนอ่วม และคนอื่นๆ, 2563, น.42) ส่วนปุ๋ยคอกมูลวัว ก็เป็นแหล่งของจุลินทรีย์และ ไนโตรเจน ที่ช่วยในการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ (วีระพงษ์ สว่างปัญญางกูร และคนอื่นๆ, 2558, น.67) ช่วยเพิ่ม ปริมาณธาตุอาหารเสริมแมงกานีสที่มีปริมาณเท่ากับ 375.86 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (กรมพัฒนาที่ดิน, 2568) ซึ่งช่วย ในการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาช่วยแยกโมเลกุลของน้ำในกระบวนการสังเคราะห์แสงและ กระบวนการเมตาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต ช่วยเพิ่มผลผลิต ช่วยให้พืชสามารถดูดซึมฟอสฟอรัสและแคลเซียม (วีรวัฒน์ นิลรัตนคุณ, 2558) ทั้งนี้การใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต สามารถเพิ่มปริมาณและคุณภาพของผลผลิตได้ ทั้งในไม้ผลและพืชผัก โดยศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตร กรมวิชาการเกษตร ได้นำเทคโนโลยีการผลิตการใช้ ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต จำนวน 5 กิโลกรัม คลุกผสมกับปุ๋ยอินทรีย์จำนวน 100 กิโลกรัม นำไปรองกันหลุม พร้อมปลูกหรือใส่รอบโคนต้นถั่วฝักยาวที่อายุ 1-2 สัปดาห์ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยตามคำแนะนำ ทำให้ได้ผลผลิต ถั่วฝักยาวสูงถึง 3,850 กิโลกรัม/ไร่ มากกว่าวิธีการผลิตแบบเดิมของเกษตรกรที่ให้ผลผลิตเพียง 2,000 กิโลกรัม/ไร่ (กรมวิชาการเกษตร, 2565) หรือในกรณีไม้ผล เช่น กาแฟ สำหรับบลูชา พานทอง และคนอื่นๆ (2567, น.327) ได้ศึกษาการจัดการปุ๋ย ด้วยการใส่ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยคอกที่มีผลต่อการเติบโตและคุณภาพและผลผลิตกาแฟอาราบิกา ที่ปลูกบนพื้นที่สูง จังหวัดเชียงใหม่ โดยแบ่งเป็น 4 วิธีการคือ 1) ใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราที่เกษตรกรนิยม ปฏิบัติในพื้นที่ (ไนโตรเจน 54.00 กรัม/ต้น ฟอสฟอรัส 54.00 กรัม/ต้น และโพแทสเซียม 54.00 กรัม/ต้น) 2) ใส่ปุ๋ยหมัก อัตรา 3 กิโลกรัม/ต้น 3) ใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราที่ประเมินจากความต้องการธาตุอาหารหลักของกาแฟและ ความอุดมสมบูรณ์ดิน (ไนโตรเจน 49.98 กรัม/ต้น) 4) วิธีการควบคุมคือไม่ใส่ปุ๋ย จากผลการศึกษาพบว่า วิธีการที่ 1-3 ต้นมีการเจริญเติบโตและให้คุณภาพผลผลิต ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่วิธีการที่ 3 มีแนวโน้มช่วยส่งเสริม การเติบโตและปริมาณผลผลิตได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่นๆ

2. ผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่ายการลงทุนที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ

พบว่าวิธีการที่มีการใช้ปุ๋ยคอกมูลวัวและปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต มีต้นทุนเพิ่มขึ้น แต่เมื่อนำมา คำนวณสัดส่วนความคุ้มค่าต่อการลงทุน พบว่ายังมีความคุ้มค่าอยู่ เพราะเมื่อนำมาหาอัตราส่วนผลประโยชน์ ต่อต้นทุน พบว่ามีค่าเท่ากับ 3.05 และ 3.01 ถือว่ายังคุ้มค่าต่อการลงทุน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ทิพวรรณ แก้วหนู และคนอื่นๆ (2567, น.52) ที่ได้ทดสอบการใช้ผลิตภัณฑ์ชีวภาพจุลินทรีย์ร่วมกับชีวมวลในการผลิต กระเจี๊ยบเขียวตาม GAP ในดินเหนียว-ร่วนเหนียว จังหวัดสุพรรณบุรี แบ่งเป็น 7 วิธีการ คือ 1) กรรมวิธีควบคุม 2) ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 18-4-6 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ 3) ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 18-4-6 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ +

มูลวัวอัตรา 1 ตัน/ไร่ 4) ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 18-4-6 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ + มูลวัวอัตรา 1 ตันต่อไร่ + จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตอัตรา 3 กรัม/ต้น+อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอัตรา 3 กรัม/ต้น 5) ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 13.5-3-4.5 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ + มูลวัวอัตรา 1 ตัน/ไร่ 6) ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 13.5-3-4.5 $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ + มูลวัวอัตรา 1 ตัน/ไร่ + จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตอัตรา 3 กรัม/ต้น + อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอัตรา 3 กรัม/ต้น และ 7) ใส่มูลวัวอัตรา 1 ตัน/ไร่ + จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตอัตรา 3 กรัม/ต้น+อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอัตรา 3 กรัม/ต้น พบว่าวิธีการที่ 4 เป็นวิธีการที่ส่งเสริมให้กระเจียบเขียวสูงที่สุดที่อายุ 45 และ 60 วัน คือ 54.98 และ 84.68 เซนติเมตร ตามลำดับ และกระเจียบเขียวให้น้ำหนักรวมสูงที่สุดเท่ากับ 1,303 กิโลกรัมต่อไร่ เกษตรกรได้กำไร 6,706 บาท/ไร่ และเมื่อนำมาหาสัดส่วนระหว่างมูลค่าผลผลิตที่ได้ต่อต้นทุนค่าปุ๋ย มีค่าเท่ากับ 2.19 ซึ่งยังคุ้มค่าต่อการลงทุน เนื่องจากเป็นวิธีการที่ผลผลิตเพิ่มมากที่สุด 493 กิโลกรัม/ไร่



สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมะขามหวาน จังหวัดอุดรธานี ด้วยการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ พบว่า การปรับปรุงโครงสร้างดินด้วยการใส่ปุ๋ยคอก อัตรา 20 กิโลกรัม/ต้น การเพิ่มจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ด้วยการใส่ปุ๋ยชีวภาพ อัตรา 500 กรัม/ต้น ร่วมกับการให้ธาตุอาหารที่เหมาะสม ในช่วงเวลาที่เหมาะสม คือ ระยะเตรียมต้นสูตร 46-0-0 อัตรา 0.8 กิโลกรัม/ต้น ผสมกับสูตร 18-46-0 อัตรา 0.6 กิโลกรัม/ต้น ผสมกับสูตร 0-0-60 อัตรา 0.8 กิโลกรัม/ต้น ระยะบำรุงผลผลิต สูตร 46-0-0 อัตรา 0.6 กิโลกรัม/ต้น ผสมกับสูตร 18-46-0 อัตรา 0.2 กิโลกรัม/ต้น ผสมกับสูตร 0-0-60 อัตรา 1.2 กิโลกรัม/ต้น ช่วยทำให้มะขามหวานมีคุณภาพผลผลิตที่ดีขึ้น ให้คุณภาพฝักที่ดี เนื้อหนา และฝักมีน้ำหนัก จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้านเศรษฐศาสตร์ พบว่าวิธีการที่มีการเพิ่มปุ๋ยชีวภาพ และปุ๋ยอินทรีย์ ทำให้ผลผลิตมีปริมาณ และคุณภาพดี ทำให้เกษตรกรได้กำไรสุทธิต่อไร่ อยู่ในปริมาณที่สูง มีค่า BCR มากกว่าหรือเท่ากับ 3 ทั้งนี้การจัดการธาตุอาหารด้วยการเพิ่มธาตุอาหารในกลุ่มอินทรีย์วัตถุ ในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการจะส่งผลให้พืชมีการตอบสนองที่ดี และมีความยั่งยืน ในแง่ของแหล่งในการจัดหาซึ่งปุ๋ยอินทรีย์ ภายในชุมชนที่ทำการทดสอบมีเพียงพอ ทั้งนี้ หากมีการจัดสรรและวางแผนการจัดการแปลงที่ดี ใส่ปุ๋ยในช่วงเวลาที่เหมาะสม เกษตรกรจะมีต้นทุนในการใส่ปุ๋ยเคมีลดลงอีกอย่างน้อย ร้อยละ 10

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. เกษตรกรสามารถนำกระบวนการใส่ปุ๋ย คือ การใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก และปุ๋ยชีวภาพ สำหรับการปรับปรุงกระบวนการผลิตมะขาม ไปใช้ในแปลงของตนเองเพื่อใช้ปรับปรุงปริมาณและคุณภาพของมะขามหวานให้มีเพียงพอต่อความต้องการของตลาดได้
2. เกษตรกรในชุมชนใกล้เคียง สามารถเรียนรู้กระบวนการใส่ปุ๋ยจากแปลงที่ทำการทดสอบ และนำความรู้ที่ได้มาปรับใช้ในแปลงของตนเองเพื่อพัฒนาคุณภาพผลผลิตให้มีคุณภาพตรงความต้องการของตลาดได้
3. หน่วยงานส่วนราชการในพื้นที่ เช่น สำนักงานเกษตรอำเภอ หรือสหกรณ์การเกษตร ที่เป็นเครือข่ายในกระบวนการทดสอบปุ๋ย สามารถนำความรู้ที่ได้ เช่นการใส่ปุ๋ย ชนิดของปุ๋ย วิธีการใส่ปุ๋ย ไปพัฒนาหน่วยงานพัฒนาตนเองเพื่อให้สามารถแนะนำเกษตรกรให้เลือกใส่ปุ๋ยและปัจจัยการผลิตอื่นๆ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดแต่ต้นทุนต่ำที่สุด
4. การผลิตมะขามให้มีปริมาณผลผลิตสูง และมีคุณภาพนั้น นอกจากการจัดการธาตุอาหารที่ดี ทันเวลา และให้ในปริมาณที่เหมาะสมแล้ว การจัดการแมลงศัตรูพืช และการดูแลความสะอาดในแปลง ถือเป็นปัจจัยที่สำคัญเช่นเดียวกัน ดังนั้น เกษตรกรต้องมีการเรียนรู้ในการใช้สารเคมีให้ถูกต้อง และมีความรู้ในการเลือกใช้สารในกลุ่ม

ที่เหมาะสม เพื่อให้การจัดการแปลงมีประสิทธิภาพสูงสุด ส่งผลให้มีผลผลิตเพียงพอต่อความต้องการในพื้นที่ โดยเฉพาะกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปผลไม้บ้านเสี้ยว ที่มีการแปรรูปผลผลิตมะขามเป็นสินค้าในหลากหลายรูปแบบ เกิดการจ้างงานภายในชุมชน มีเงินทุนหมุนเวียนขับเคลื่อนเศรษฐกิจภายในชุมชน เงินทุนไม่ไหลออกนอกชุมชน เกิดเสถียรภาพ ชุมชนมีรายได้เพิ่มขึ้นอย่างน้อย 2 ช่องทางคือ ช่องทางการจำหน่ายผลผลิต และช่องทางการจ้างแรงงานภายในชุมชน

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

การทดสอบการใช้น้ำสำหรับมะขามหวานในจังหวัดอุดรดิตถ์ สมควรที่จะมีเวลาในการรวบรวมข้อมูลอีกอย่างน้อย 2-3 ปี เนื่องจากการตอบสนองของไม้ผล จะมีปัจจัยร่วมมากกว่าการทดสอบน้ำสำหรับพืชไร่ ที่สำคัญต้องทดสอบเพิ่มในเรื่องชนิดของมะขามที่เป็นพันธุ์หลัก พันธุ์เบา ว่าจะมีการตอบสนองต่อการให้ธาตุอาหารไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่ เพื่อให้เกษตรกรมีแนวทางการจัดการธาตุอาหารที่สามารถนำไปปฏิบัติได้จริง



กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานเกษตรอำเภอปากทำ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปผลไม้บ้านเสี้ยว อำเภอปากทำ จังหวัดอุดรดิตถ์



เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. (2568). ตารางที่ 10 ปริมาณธาตุอาหารเฉลี่ยสำหรับพืชที่มีในมูลสัตว์แห้งชนิดต่างๆ. https://osd101.ldd.go.th/q/manual/table_compost.pdf
- กรมวิชาการเกษตร. (2565, 7 มิถุนายน). ชู 5 เทคโนโลยีผลิตถั่วฝักยาวผลผลิตพุ่ง รายได้เพิ่มเกินคาด. <https://www.doa.go.th/th/ชู-5-เทคโนโลยีผลิตถั่วฝักยาว/>
- กรมอุตุนิยมวิทยา. (2567, 2 สิงหาคม). ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด และปริมาณฝน ของภาคเหนือ (รายวัน). http://www.cmmet.tmd.go.th/forecast/pt/Max_Min_Rainfall.php
- ทิพวรรณ แก้วหนู, ศุภกาญจน์ ล้วนมณี, วนิดา โนบรเทศ, พิรพงษ์ เขาวนพงษ์, สุปรานี มั่นหมาย, นิศารัตน์ ทวีนุด, ศรีสุตา รื่นเจริญ, และปฐิมาภรณ์ จินจาคาม. (2567). การใช้ผลิตภัณฑ์ชีวภาพจุลินทรีย์ร่วมกับชีวมวลในการผลิตกระเจียบเขียวตาม GAP ในดินเหนียว-ร่วนเหนียว จังหวัดสุพรรณบุรี. *วารสารเทคโนโลยีและนวัตกรรมเกษตร*, 2(1), 45-53. <https://li02.tci-thaijo.org/index.php/jtai/article/view/773>
- ธีระพงษ์ สว่างปัญญากร, ขนวัฒน์ นิตศน์วิจิตร, แสนวสันต์ ยอดคำ, และรชฏ เชื้อวิโรจน์. (2558). การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ปริมาณมากแบบกองแถวยาวไม่พลิกกลับกองวิศวกรรมแม่โจ้ 1 โมเดล. *วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร*, 32(3), 67-78. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20193172333>
- ลลิตา พานทอง, ยุพา จอมแก้ว, ณัฐชนน สันทรทรัพย์, และชูชาติ สันทรทรัพย์. (2567). ผลของการจัดการปุ๋ยที่แตกต่างต่อการเติบโต คุณภาพและผลผลิตกาแฟอาราบิก้าที่ปลูกบนพื้นที่สูง จังหวัดเชียงใหม่. *วารสารเกษตร*, 40(2), 327-340. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/joacmu/article/view/259601>

- ละเอียด บันสุข, จันทนา ใจจิตร, อรัญญา ภู่วิไล, วันชัย ถนอมทรัพย์, และอดิศักดิ์ คำนวนศิลป์. (2567). การทดสอบเทคโนโลยีการฟื้นฟูต้นส้มโอพันธุ์ท้องถิ่นจังหวัดชัยนาท [รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด]. <https://www.doa.go.th/plan/wp-content/uploads/2021/05/260-การทดสอบเทคโนโลยีการฟื้นฟูสวนส้มโอพันธุ์ท้องถิ่นจังหวัดชัยนาท.pdf>
- วีรวัฒน์ นิลรัตนคุณ. (2558). การเพิ่มผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยการใช้ปุ๋ยอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ. พรพรหมการพิมพ์.
- วีระพงษ์ เย็นอ่วม, เพ็ญลักษณ์ ชูติ, และนิลุบล ทวีกุล. (2563). ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต. ใน *การจัดการความรู้เทคโนโลยีการใช้อยู่ชีวภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชในเขตภาคกลางและภาคตะวันตก* (น. 42-50). กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรมวิชาการเกษตร, สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5.
- ศรีจันทร์ ศรีจันทร์ และพฤทธิชาติ ปุญวัฒน์. (2566). *เอกสารวิชาการ คำแนะนำการป้องกันกำจัดแมลง-สัตว์ศัตรูพืชอย่างปลอดภัย...จากงานวิจัยปี 2566*. กรมวิชาการเกษตร, สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช.
- สมพร อิศวิลานนท์, ปิยะทัศน์ พาหอนุรักษ์, และสุวรรณา ประณีตวาทกุล. (2553). *การประเมินผลกระทบจากงานวิจัยด้านการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร*. สถาบันคลังสมองของชาติ.
- สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดอุดรธานี. (2567, 6 กุมภาพันธ์). *ข้อมูลพื้นฐานจังหวัดอุดรธานีที่ใช้สนับสนุนการตรวจราชการและกรม. สัณจรประจำเดือนมกราคม 2567*. <https://www.opsmoac.go.th/uttaradit-dwl-preview-461991791847>
- สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2. (2562). *การใช้ปุ๋ยหมักอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ*. กรมวิชาการเกษตร, สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2.
- Tuteja, N., Singh Gill, S. Tuteja, R. (2011). Plant responses to abiotic stresses: Shedding light on salt, drought, cold and heavy metal stress. In N. Tuteja., S. Singh Gill., & R. Tuteja. (Eds.), *Omics and Plant Abiotic Stress Tolerance* (p.39-64). Material. <https://doi.org/10.2174/978160805058111101010039>