การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังด้วยปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ และปุ๋ยเคมี[1/]

Enhancing cassava production efficiency using PGPR biofertilizer and chemical fertilizers

ผู้ทำสัมมนา **นางสาวณัฐวดี วรญาน[2/]**

อาจารย์ที่ปรึกษา [3/]

บทคัดย่อ

มันสำปะหลัง (Manihot esculenta Crantz) เป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของประเทศไทย โดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งเป็นแหล่งผลิตหลักของประเทศ อย่างไรก็ตาม ผลผลิตมันสำปะหลังในหลายพื้นที่ยังต่ำกว่าศักยภาพของพันธุ์ เนื่องจากการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน ส่งผลให้ดินเสื่อมโทรมและประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารของพืชลดลง ดังนั้นการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ (Plant Growth Promoting Rhizobacteria; PGPR) ร่วมกับปุ๋ยเคมีจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลัง การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 โดยเปรียบเทียบกรรมวิธีการจัดการปุ๋ยหลายรูปแบบ ได้แก่ ไม่ใส่ปุ๋ย ปุ๋ยชีวภาพเพียงอย่างเดียว ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ และปุ๋ยเคมีครึ่งอัตราร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ ผลการศึกษาพบว่าการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพให้ผลผลิตสูงที่สุด ทั้งในด้านผลผลิตลำต้นและผลผลิตหัวมันในช่วงอายุ 6, 8 และ 12 เดือน โดยเฉพาะในระยะเก็บเกี่ยวที่อายุ 12 เดือน ซึ่งให้ผลผลิตหัวสดสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่น ขณะที่กรรมวิธีไม่ใส่ปุ๋ยให้ผลผลิตต่ำที่สุด นอกจากนี้การใช้ปุ๋ยเคมีครึ่งอัตราร่วมกับปุ๋ยชีวภาพยังสามารถให้ผลผลิตในระดับค่อนข้างสูง แสดงให้เห็นว่าการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ร่วมกับปุ๋ยเคมีสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารของพืช และเป็นแนวทางที่เหมาะสมในการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังและสนับสนุนการเกษตรอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: มันสำปะหลัง, ปุ๋ยชีวภาพ, ปุ๋ยเคมี

[1/]เอกสารประกอบรายวิชา 1201 480 สัมมนาพืชไร่

[2/]นักศึกษาชั้นปีที่ 4 ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

[3/]อาจารย์ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทนำ

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta Crantz*) เป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของประเทศไทย โดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งเป็นแหล่งผลิตหลักของประเทศ แม้ว่าประเทศไทยจะเป็นหนึ่งในผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังรายใหญ่ของโลก แต่ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ในหลายพื้นที่ยังต่ำกว่าศักยภาพของพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีในปริมาณสูงและต่อเนื่องเป็นเวลานาน ปัญหาสำคัญประการหนึ่งคือ ความเสื่อมโทรมของดินจากการทำเกษตรเชิงเดี่ยวและการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างไม่เหมาะสม ส่งผลให้โครงสร้างดินเสื่อม ความหลากหลายของจุลินทรีย์ลดลง และประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารของพืชต่ำลง แม้ว่าปุ๋ยเคมีจะสามารถเพิ่มผลผลิตได้ในระยะสั้น แต่การใช้ในอัตราสูงต่อเนื่องกันอาจทำให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้นและเกิดการสูญเสียธาตุอาหารผ่านการชะล้างหรือการระเหย ซึ่งลดประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย (Nutrient Use Efficiency; NUE) ในระบบการผลิต (นิมิต และพิริยา, 2564) ในขณะเดียวกัน เกษตรกรจำนวนมากยังประสบปัญหาผลผลิตไม่สม่ำเสมอ ขนาดหัวเล็กและปริมาณแป้งต่ำ ซึ่งสะท้อนถึงข้อจำกัดด้านการจัดการธาตุอาหารและสมดุลทางชีวภาพในดิน งานวิจัยของ นิมิต วงศ์สุวรรณ และคณะ (2564) ชี้ให้เห็นว่า การพึ่งพาปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวไม่สามารถเพิ่มผลผลิตได้สูงสุด หากปราศจากการส่งเสริมกิจกรรมจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในบริเวณรากพืช แนวคิดการจัดการธาตุอาหารแบบผสมผสาน (Integrated Nutrient Management) จึงได้รับความสนใจมากขึ้น โดยเฉพาะการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ (Plant Growth Promoting Rhizobacteria; PGPR) ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชผ่านกลไกทางสรีรวิทยาและชีวเคมี เช่น การผลิตฮอร์โมนพืช การตรึงไนโตรเจน และการละลายฟอสเฟต อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของการใช้พีจีพีอาร์ร่วมกับปุ๋ยเคมีในมันสำปะหลังยังต้องการข้อมูลเชิงประจักษ์เพิ่มเติมในบริบทพื้นที่ปลูกของประเทศไทย รายงานของ Srifa et al. (2025) แสดงให้เห็นว่า การใช้ปุ๋ยแบบผสมผสานสามารถเพิ่มการเจริญเติบโตและผลผลิตมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับการใช้ปุ๋ยรูปแบบเดี่ยว ซึ่งสะท้อนให้เห็นศักยภาพของการจัดการธาตุอาหารแบบบูรณาการ

ดังนั้นการศึกษาบทบาทของปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ร่วมกับปุ๋ยเคมีในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังจึงมีความสำคัญทั้งในเชิงเศรษฐกิจและความยั่งยืนของระบบเกษตรกรรม เพื่อแก้ไขปัญหาผลผลิตต่ำ ต้นทุนสูง และความเสื่อมโทรมของดินในระยะยาว

2.มันสำปะหลัง

2.1 ความสำคัญของมันสำปะหลัง

ความสำคัญของมันสำปะหลัง (Cassava; *Manihot esculenta*) สามารถอธิบายได้ในหลายมิติ ทั้งด้านเศรษฐกิจ ดังนี้

2.1.1 ความสำคัญด้านเศรษฐกิจ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของประเทศไทย โดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีบทบาทในการสร้างรายได้ให้เกษตรกรและเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญ เช่น แป้งมันสำปะหลังและมันเส้น (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565)

2.1.2 ความสำคัญด้านการพัฒนาการเกษตร

มันสำปะหลังสามารถใช้ร่วมกับเทคโนโลยีการผลิต เช่น ปุ๋ยชีวภาพ (PGPR) และการจัดการธาตุอาหาร เพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพ ซึ่งช่วยพัฒนาเกษตรกรรมอย่างยั่งยืน (วงศ์สุวรรณ & แข็งขัน , 2564)

2.2 ปัญหาด้านผลผลิต

2.2.1 ผลผลิตต่ำกว่าศักยภาพ

แม้ว่ามันสำปะหลังจะเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญ แต่ผลผลิตเฉลี่ยของเกษตรกรไทยยังต่ำกว่าศักยภาพที่ควรจะเป็น โดยมีรายงานว่าผลผลิตต่ำกว่าศักยภาพประมาณ 3,465.83 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งสะท้อนถึงข้อจำกัดด้านการจัดการแปลงปลูก (ศศพล และคณะ, 2563)

2.2.2 ปัญหาความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังจำนวนมากมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ โดยเฉพาะดินทรายหรือดินเสื่อมโทรม ส่งผลให้พืชเจริญเติบโตไม่เต็มที่และให้ผลผลิตต่ำ (เจริญศักดิ์ และคณะ, 2547)

3.ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์

ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ (PGPR: Plant Growth-Promoting Rhizobacteria) คือ ปุ๋ยชีวภาพที่ประกอบด้วยจุลินทรีย์กลุ่มแบคทีเรียที่อาศัยอยู่บริเวณรากพืช (rhizosphere) และมีบทบาทในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ทั้งทางตรงและทางอ้อม (Vessey, 2003)

3.1 ประเภทของปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์

ชนิดของปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ในประเทศไทย

กรมวิชาการเกษตรได้ทำการศึกษาวิจัยและคัดแยกสายพันธุ์แบคทีเรียที่เหมาะสมกับพืชเศรษฐกิจของไทย โดยแบ่งผลิตภัณฑ์ออกเป็น 3 สูตรหลัก ได้แก่:

1. PGPR-1 (พีจีพีอาร์-วัน): เหมาะสำหรับ ข้าวโพด ข้าวฟ่าง และพืชผัก ช่วยเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนปุ๋ยเคมี (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2567)
2. PGPR-2 (พีจีพีอาร์-ทู): เหมาะสำหรับ ข้าว ประกอบด้วยแบคทีเรียบริเวณราก 3 สกุล (เช่น อะโซสไปริลลัม และ เบอโคเดอเรีย) ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและลดการใช้ปุ๋ยเคมีในนาข้าว (กรมวิชาการเกษตร, ม.ป.ป.)
3. PGPR-3 (พีจีพีอาร์-ทรี): เหมาะสำหรับ อ้อย และ มันสำปะหลัง มีส่วนประกอบของแบคทีเรียที่ทนทานต่อสภาพแวดล้อม และช่วยเพิ่มคุณภาพผลผลิต (กรมวิชาการเกษตร, 2563)

ประโยชน์ที่สำคัญ

การใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร (เช่น เพิ่มผลผลิตข้าวโพดได้ประมาณ 14%) แต่ยังสามารถช่วยเกษตรกรลดการใช้ปุ๋ยเคมีลงได้อย่างน้อย 25% ซึ่งส่งผลดีต่อทั้งการลดต้นทุนและฟื้นฟูระบบนิเวศในดินให้มีความอุดมสมบูรณ์ในระยะยาว (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2567)

3.2 ผลของการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์

วงศ์สุวรรณ และคณะ (2564) ได้ทำการศึกษาผลของปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์–ทรี ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยเคมี ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 และเกษตรศาสตร์ 50 ในชุดดินโคราชโดยมุ่งเน้น เพิ่มผลผลิต ลดต้นทุนปุ๋ยเคมี โดยวางแผนการทดลองแบบ Split split plot design จัด Main plot แบบ Randomized complete block design จำนวน 3 ซ้ำ โดยปัจจัยหลัก (Main plot) ประกอบด้วย 2 กรรมวิธีคือ ไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์–ทรี และใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์–ทรี อัตรา 1 กิโลกรัมต่อไร่ ปัจจัยรอง (Sub plot) ประกอบด้วย 2 กรรมวิธี คือ มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 และพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และปัจจัยย่อย(Sub sub plot)ประกอบด้วยปุ๋ย 6 ตำรับ ได้แก่ ตำรับที่ 1ไม่ใส่ปุ๋ย ตำรับที่ 2ปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่แกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ตำรับที่ 3ปุ๋ยเคมีอัตรา 16–8–16 กิโลกรัมต่อไร่ของ N –P2O5–K2Oตำรับที่ 4ปุ๋ยเคมีอัตรา 8 –4 –8 กิโลกรัมต่อไร่ของ N –P2O5–K2Oตำรับที่ 5ปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่แกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตรา 16–8–16

กิโลกรัมต่อไร่ของ N –P2O5–K2Oและตำรับที่ 6 ปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่แกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตรา 8 –4 –8 กิโลกรัมต่อไร่ของN –P2O5–K2O พบว่า

Table 1 Effect of PGPR-3-BF, Cassava and fertilizer formula toward growth and yield of cassava on Korat soil, series

Treatment	Height (cm.)	LAI (cm^2/plant)	Dry weight (g./plant)	Starch (%)	Yield (kg./rai)
A. PGPR bio-fertilizer					
A1=Non PGPR – 3	175.80^{b}	162.84^{b}	4,017^{b}	20.91	5,221^{b}
A2=PGPR – 3	183.00^{a}	213.23^{a}	4,579^{a}	21.67	5,946^{a}
F-test	**	**	**	ns	**
CV (%)	6.67	4.68	34.21	10.61	9.41
B. Cassava Varieties					
B1=Rayong 9	180.34	193.11^{a}	4,271	21.11	5,121^{b}
B2=Kasetsart 50	178.46	182.96^{b}	4,325	21.47	6,046^{a}
F-test	ns	*	ns	ns	**
CV (%)	7.49	29.28	22.25	8.14	19.21
C. Fertilizer					
C1=Control	166.53^{c}	132.76^{d}	3,756^{c}	21.52	4,490^{c}
C2=Organic fertilizer 500 kg./rai	177.83^{b}	152.14^{c}	3,868^{cd}	21.54	5,050^{b}
C3= N – P_2O_5 – K_2O 16 – 8 – 16 kg./rai	180.03^{b}	187.76^{b}	4,393^{bc}	20.88	5,259^{b}
C4= N – P_2O_5 – K_2O 8 – 4 – 8 kg./rai	169.20^{c}	174.49^{b}	3,867^{cd}	21.03	5,203^{b}
C5=Organic fertilizer 500 kg./rai+ N – P_2O_5 – K_2O 16 – 8 – 16 kg./rai	192.83^{a}	245.14^{a}	5,114^{a}	21.50	6,794^{a}
C6=Organic fertilizer 500 kg./rai+ N – P_2O_5 – K_2O 8 – 4 – 8 kg./rai	189.97^{a}	235.93^{a}	4,790^{ab}	21.27	6,704^{a}
F-test	**	**	**	ns	**
CV (%)	5.29	19.97	19.23	8.33	14.37
D. Interaction					
F-test A x B	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	6.43	8.99	26.87	16.75	7.39
F-test A x C	ns	**	ns	ns	**
CV (%)	4.78	12.17	17.75	8.39	12.24
F-test B x C	ns	*	ns	ns	ns
CV (%)	5.21	20.16	19.68	11.93	8.60
F-test A x B x C	ns	*	ns	ns	ns
CV (%)	5.21	20.16	19.68	11.93	8.60

*= Significantly different at $p < 0.05$ by DMRT, ** = Significantly different at $p < 0.01$ by DMRT,

ns =Non Significantly different at $p < 0.05$ by DMRT, LAI: Leaf Area Index

ที่มา: วงศ์สุวรรณและคณะ (2564)

Table 1 ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์–ทรี (PGPR–3) มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลังอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยการใส่ PGPR–3 ทำให้ความสูง พื้นที่ใบ การสะสมน้ำหนักแห้ง และผลผลิตหัวมันสดเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพ ทั้งนี้ ผลผลิตหัวมันสดเพิ่มขึ้นจาก 5,221 กิโลกรัมต่อไร่ เป็น 5,946 กิโลกรัมต่อไร่ หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 13.89 อย่างไรก็ตาม เปอร์เซ็นต์แป้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยชีวภาพมีผลต่อการเพิ่มชีวมวลและผลผลิต แต่ไม่ส่งผลต่อคุณภาพแป้งของหัวมัน ในด้านพันธุ์ พบว่า มันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ให้ผลผลิตหัวมันสดเฉลี่ย 6,046 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าพันธุ์ระยอง 9 ซึ่งให้ผลผลิต 5,121 กิโลกรัมต่อไร่ หรือสูงกว่าร้อยละ 18.06 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) ขณะที่ความสูง การสะสมน้ำหนักแห้ง และเปอร์เซ็นต์แป้งไม่แตกต่างกัน แต่พื้นที่ใบมีความแตกต่างกันทางสถิติ

สำหรับผลของตำรับปุ๋ย พบว่า ตำรับปุ๋ยมีผลต่อความสูง พื้นที่ใบ การสะสมน้ำหนักแห้ง และผลผลิตหัวมันสดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) แต่ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์แป้ง โดยตำรับที่ให้ผลผลิตสูงสุด คือ ปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่แกลบ 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตรา 16–8–16 กิโลกรัม N–P_2O_5–K_2O ต่อไร่ ซึ่งให้ผลผลิต 6,794 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือสูตรอินทรีย์ 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี 8–4–8 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งให้ผลผลิต 6,704 กิโลกรัมต่อไร่ แสดงให้เห็นว่าการใช้ปุ๋ยแบบผสมผสานให้ผลผลิตสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเดี่ยวหรือไม่ใส่ปุ๋ย เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมของปัจจัย พบว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่าง PGPR–3 กับพันธุ์ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต อย่างไรก็ตาม ปฏิสัมพันธ์ระหว่าง PGPR–3 กับตำรับปุ๋ยมีผลต่อพื้นที่ใบและผลผลิตหัวมันสดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ขณะที่ปฏิสัมพันธ์สามทาง (PGPR × พันธุ์ × ตำรับปุ๋ย) มีผลเฉพาะต่อพื้นที่ใบเท่านั้น ไม่ส่งผลต่อผลผลิต ตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลชัดเจนต่อผลผลิตหัวมันสด ได้แก่ การใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์–ทรี พันธุ์มันสำปะหลัง และตำรับปุ๋ย โดยเฉพาะการใช้ปุ๋ยแบบผสมผสานซึ่งให้ผลผลิตสูงสุด ขณะที่เปอร์เซ็นต์แป้งไม่ได้รับอิทธิพลจากปัจจัยทดลองใด ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Table 2 Effect of PGPR-3-BF, and fertilizer formula toward growth and yield of cassava on Korat soil, series

Treatment	Height (cm.)	LAI (cm^2/plant)	Dry weight (g./plant)	Starch (%)	Yield (kg./rai)
PGPR – 3 + Fertilizer					
Non PGPR – 3 + Control	158.87	121.64^{g}	3,830	21.40	4,490^{f}
Non PGPR – 3 + Organic fertilizer 500 kg./rai	179.33	140.57^{fg}	3,756	21.45	4,908^{ef}
Non PGPR – 3 + N – P_2O_5 – K_2O 16 – 8 – 16 kg./rai	178.17	175.07^{ef}	3,962	20.27	4,975^{def}
Non PGPR – 3 + N – P_2O_5 – K_2O 8 – 4 – 8 kg./rai	164.83	148.68^{efg}	3,498	20.78	4,845^{ef}
Non PGPR – 3 + Organic fertilizer 500 kg./rai + N – P_2O_5 – K_2O 16 – 8 – 16 kg./rai	187.32	201.02^{cd}	4,417	20.62	6,167^{bc}
Non PGPR – 3 + Organic fertilizer 500 kg./rai + N – P_2O_5 – K_2O 8 – 4 – 8 kg./rai	186.27	190.08^{cde}	4,640	20.95	5,938^{bcd}
PGPR – 3 + Control	174.20	143.88^{efg}	3,684	21.63	4,489^{f}
PGPR – 3 + Organic fertilizer 500 kg./rai	176.33	150.33^{def}	3,982	21.63	5,192^{def}
PGPR – 3 + N – P_2O_5 – K_2O 16 – 8 – 16 kg./rai	181.88	200.45^{cd}	4,824	21.48	5,543^{cde}
PGPR – 3 + N – P_2O_5 – K_2O 8 – 4 – 8 kg./rai	173.57	200.30^{cd}	4,237	21.28	5,562^{cde}
PGPR – 3 + Organic fertilizer 500 kg./rai + N – P_2O_5 – K_2O 16 – 8 – 16 kg./rai	198.33	289.27^{a}	5,812	22.38	7,420^{a}
PGPR – 3 + Organic fertilizer 500 kg./rai + N – P_2O_5 – K_2O 8 – 4 – 8 kg./rai	193.67	281.78^{ab}	4,940	21.58	7,470^{a}
F-test	ns	**	ns	ns	**
CV (%)	4.78	12.17	17.75	8.39	12.24

Significantly different at $p < 0.05$ by DMRT, ** = Significantly different at $p < 0.01$ by DMRT,

ns =Non Significantly different at $p < 0.05$ by DMRT, LAI: Leaf Area Index

ที่มา: วงศ์สุวรรณและคณะ (2564)

Table 2 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปฏิสัมพันธ์ระหว่างปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์–ทรี (PGPR–3) กับตำรับปุ๋ย พบว่า การตอบสนองของมันสำปะหลังแตกต่างกันตามรูปแบบการจัดการปุ๋ย โดยเฉพาะด้านพื้นที่ใบและผลผลิตหัวมันสด ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) การใช้ PGPR–3 ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่แกลบ 500 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยเคมีอัตรา 8–4–8 กิโลกรัม N–P_2O_5–K_2O ต่อไร่ ให้ผลผลิตหัวมันสดสูงสุด เท่ากับ 7,470 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่ PGPR–3 ในตำรับปุ๋ยเดียวกันอย่างชัดเจน แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยชีวภาพช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารจากปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในทางตรงกันข้ามกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย หรือใส่ปุ๋ยเดี่ยวโดยไม่ใช้ PGPR–3 ให้ผลผลิตต่ำกว่าอย่างชัดเจน สะท้อนว่าการจัดการปุ๋ยแบบผสมผสานร่วมกับปุ๋ยชีวภาพมีความเหมาะสมมากกว่าในสภาพดินชุดโคราช **ตารางที่ 2** แสดงให้เห็นว่า การใช้ปุ๋ยชีวภาพ PGPR–3 ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีในอัตราที่เหมาะสม ช่วยเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังได้สูงสุด และสามารถลดอัตราปุ๋ยเคมีลงได้โดยยังคงให้ผลผลิตสูง ถือเป็นแนวทางการจัดการธาตุอาหารที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมทางเศรษฐกิจ

วรรณมณี และ มนเดช (2567) ใช้แผนการทดลอง เป็นการทดสอบเปรียบเทียบเทคโนโลยี ประกอบด้วย 2 กรรมวิธีได้แก่ กรรมวิธีทดสอบ ใช้ปุ๋ยเคมี 75%ของค่าวิเคราะห์ดิน (Table 2)แบ่งใส่ 2 ครั้ง คือ ครั้งที่1 ใส่ปุ๋ยรองพื้น ครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ยเมื่อมันสำปะหลังอายุ 2 เดือน ใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทรี 1 กิโลกรัม ละลายน้ำ 20 ลิตร สำหรับพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง 1 ไร่ แช่ท่อนพันธุ์นาน 30 นาที ก่อนปลูกส่วนในกรรมวิธีเกษตรกร ใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน(Table 2)แบ่งใส่ 2 ครั้ง คือ ครั้งที่1 ใส่ปุ๋ยรองพื้น ครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ยเมื่อมันสำปะหลังอายุ 2 เดือน จัดทำแปลงทดสอบ จำนวน 10 แปลง แปลงละ 2 ไร่ แบ่งเป็นกรรมวิธีทดสอบแปลงละ 1 ไร่ และกรรมวิธีเกษตรกรแปลงละ 1 ไร่ โดยเก็บข้อมูลแปลงละ 4จุดจุดละ 20 ตารางเมตรปลูกมันสำปะหลังโดยใช้ระยะห่างระหว่างแถว 100-120 เซนติเมตร ระหว่างต้น60-70เซนติเมตร

Table 3 Fresh root Yield and Root starch in different fertilizer application at Uttaradit 2022-2023 and 2023-2024

Farmer No	2022-2023				2023-2024			
	Fresh root yield (kg./rai)		Root starch (%)		Fresh root yield (kg./rai)		Root starch (%)	
	Farmer	Test	Farmer	Test	Farmer	Test	Farmer	Test
1	2,070	2,104	32.90	33.20	1,920	1,800	24.40	29.30
2	3,470	5,258	32.20	32.40	1,876	1,328	20.70	24.60
3	5,635	6,275	25.70	25.50	1,840	2,594	19.30	21.60
4	4,144	4,220	24.00	25.20	5,384	6,044	20.70	21.50
5	4,600	6,090	23.90	25.40	7,400	9,160	24.10	24.20
6	5,100	5,340	24.80	25.70	4,500	5,200	16.40	19.20
7	1,240	1,370	18.40	19.80	3,080	5,296	18.70	22.40
8	7,330	8,550	26.00	27.00	4,828	3,652	18.30	21.90
9	3,704	4,860	25.60	27.40	4,312	3,620	21.20	20.50
10	5,854	6,692	25.30	26.30	4,720	4,420	21.00	20.30
Average	4,315	5,076	25.90	26.80	3,987	4,310	20.70	22.40
t-test	-3.78**		-4.55**		-0.94^{ns}		-3.19*	

ns = non significant *significant different P<0.05 **significant different P<0.01

ที่มา: วรรณมณีและมนเดช (2567)

Table 3 ในปี 2022-2024 ผลผลิตหัวสดมันสำปะหลังและปริมาณแป้งในหัวสดเฉลี่ยมีความแตกต่างทางสถิติ พบว่ากรรมวิธีทดสอบ 5,076 กิโลกรัมต่อไร่ วิธีเกษตรกร4,135 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งกรรมวิธีทดสอบมีผลผลิตหัวสดมันสำปะหลังมากกว่ากรรมวิธีเกษตรกร คิดเป็นร้อยละ 22.70ปริมาณแป้งในหัวสดกรรมวิธีทดสอบ มีค่าเท่ากับ 26.80 เปอร์เซ็นต์ มากกว่า กรรมวิธีเกษตรกร 25.90 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับ Meunchang (2012) ทำการทดลองโดยใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ร่วมกับปุ๋ยเคมี อัตราต่างๆ พบว่าการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์พบว่ามีแนวโน้มทำให้ผลผลิตหัวมันสด และผลผลิตแป้ง เพิ่มขึ้นจากกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ และ Wongsuwan et al.(2021) ได้ ระบุว่า การใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทรี ทำให้ มันสำปะหลังมีผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 5,946 กิโลกรัมต่อไร่ มากกว่าไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพีจีพีอาร์-ทรี ที่ให้ ผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 5,221 กิโลกรัมต่อไร่ หรือผลผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 13.87 ในปี 2566-2567 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งกรรมวิธีทดสอบให้ผลผลิตหัวสดมากกว่ากรรมวิธีเกษตรกรส่วนปริมาณแป้งในหัวสดเฉลี่ยมีความแตกต่างทางสถิติ พบว่า กรรมวิธีทดสอบ มีค่าเท่ากับ 22.40 เปอร์เซ็นต์ มากกว่า กรรมวิธีเกษตรกร 20.70 เปอร์เซ็นต์

Srifa et al. (2025) ศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพชนิด PGPR ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณแป้งของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 โดยทำการทดลองที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน จังหวัดฉะเชิงเทรา ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (RCBD) มี 4 ซ้ำ และมี 5 กรรมวิธี ได้แก่ ไม่ใส่ปุ๋ย ปุ๋ยชีวภาพอย่างเดียว ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อย่างเดียว ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ และปุ๋ยเคมีครึ่งอัตราร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ โดยปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 ผลผลิตใบ ลำต้น และหัวมัน

Table 4 Effect of combination fertilizer on rhizome yield of cassava cv. Rayong 9

Treatments	Rhizome yield (kg ha^{-1})					
	6 months		8 months		12 months	
	fresh	dry	fresh	dry	fresh	dry
T1	951.25$^{b1/}$	451.85	871.25^{c}	352.30^{b}	1,142.50^{bc}	393.05^{bc}
T2	1,037.50^{ab}	438.00	1,012.50^{bc}	418.70^{b}	878.75^{c}	296.30^{c}
T3	1,037.00^{ab}	478.92	1,347.50^{a}	538.32^{a}	1,270.00^{ab}	443.40^{ab}
T4	1,184.75^{a}	526.50	1,130.00^{b}	436.75^{b}	1,513.75^{a}	506.00^{a}
T5	1,027.00^{ab}	453.75	1,127.50^{b}	432.02^{b}	1,205.00^{b}	406.32^{b}
f-test	*	ns	*	*	*	*
CV %	10.04	17.56	12.72	14.53	16.30	15.76

$^{1/}$ Means of the same column followed by the same letter were not significantly different at the 0.05 level using Duncan's multiple range test. *= Significantly different at $p<0.05$, ns= non significantly different at $p<0.05$

ที่มา: Srifa et al. (2025)

Table 4 พบว่าการใช้ปุ๋ยในรูปแบบต่าง ๆ ส่งผลต่อผลผลิตหัวมันสำปะหลังในช่วงอายุ 6, 8 และ 12 เดือน ทั้งในด้านน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง โดยที่อายุ 6 เดือน กรรมวิธี T4 ให้ผลผลิตหัวสดสูงที่สุดเท่ากับ 1,184.75 กก./เฮกตาร์ และน้ำหนักแห้ง 526.50 กก./เฮกตาร์ รองลงมาคือ T3 ซึ่งให้ผลผลิตสด 1,037.00 กก./เฮกตาร์ และน้ำหนักแห้ง 478.92 กก./เฮกตาร์ ในขณะที่ T1 ให้ผลผลิตต่ำสุดคือ 951.25 กก./เฮกตาร์ เมื่อพิจารณาที่อายุ 8 เดือน พบว่า T3 ให้ผลผลิตหัวสดสูงที่สุดเท่ากับ 1,347.50 กก./เฮกตาร์ และน้ำหนักแห้ง 538.32 กก./เฮกตาร์ รองลงมาคือ T4 ที่มีผลผลิตสด 1,130.00 กก./เฮกตาร์ และน้ำหนักแห้ง 436.75 กก./เฮกตาร์ ส่วน T1 ให้ผลผลิตต่ำสุดคือ 871.25 กก./เฮกตาร์ ในช่วงอายุ 12 เดือน ซึ่งเป็นระยะเก็บเกี่ยว พบว่า T4 ให้ผลผลิตสูงที่สุด โดยมีน้ำหนักหัวสด 1,513.75 กก./เฮกตาร์ และน้ำหนักแห้ง 506.00 กก./เฮกตาร์ รองลงมาคือ T3 ที่ให้ผลผลิตสด 1,270.00 กก./เฮกตาร์ และน้ำหนักแห้ง 443.40 กก./เฮกตาร์ ขณะที่ T2 ให้ผลผลิตต่ำที่สุดที่ 878.75 กก./เฮกตาร์

Table 5 Effect of combination fertilizer on stem yield of cassava cv. Rayong 9

treatments	Stem yield (kg ha^{-1})					
	6 months		8 months		12 months	
	fresh	dry	fresh	dry	fresh	dry
T1	1,129.50$^{c1/}$	432.63^{b}	895.00^{c}	245.80^{d}	2,572.50^{b}	647.58^{b}
T2	1,381.00^{bc}	443.20^{b}	1,336.25^{bc}	380.30^{cd}	1,677.50^{c}	417.50^{c}
T3	1,940.25^{a}	609.43^{ab}	2,832.50^{a}	685.75^{a}	3,197.50^{ab}	806.70^{ab}
T4	2,230.00^{a}	763.23^{a}	2,111.25^{ab}	553.00^{ab}	3,775.00^{a}	876.35^{a}
T5	1,715.75^{ab}	635.13^{ab}	1,651.25^{bc}	444.80^{bc}	2,740.00^{b}	646.08^{b}
f-test	*	*	*	*	*	*
CV %	22.62	26.82	29.97	24.04	19.77	19.98

$^{1/}$ Means of the same column followed by the same letter were not significantly different at the 0.05 level using Duncan's multiple range test. *= Significantly different at $p<0.05$, ns= non significantly different at $p<0.05$

ที่มา: Srifa et al. (2025)

Table 5 พบว่าการใช้ปุ๋ยแบบผสมมีผลต่อผลผลิตลำต้นมันสำปะหลังในช่วงอายุ 6, 8 และ 12 เดือน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทุกช่วงเวลา เมื่ออายุ 6 เดือน พบว่า กรรมวิธี T4 ให้ผลผลิตลำต้นสดสูงที่สุดเท่ากับ 2,230.00 กก./เฮกตาร์ และน้ำหนักแห้ง 763.23 กก./เฮกตาร์ รองลงมาคือ T3 ให้ผลผลิตสด 1,940.25 กก./เฮกตาร์ และแห้ง 609.43 กก./เฮกตาร์ ส่วน T1 ให้ผลผลิตต่ำที่สุดคือ 1,129.50 กก./เฮกตาร์ เมื่ออายุ 8 เดือน พบว่า T3 ให้ผลผลิตลำต้นสดสูงที่สุดเท่ากับ 2,832.50 กก./เฮกตาร์ และน้ำหนักแห้ง 685.75 กก./เฮกตาร์ รองลงมาคือ T4 ซึ่งมีผลผลิตสด 2,111.25 กก./เฮกตาร์ และน้ำหนักแห้ง 553.00 กก./เฮกตาร์ ขณะที่ T1 ให้ผลผลิตต่ำที่สุดคือ 895.00 กก./เฮกตาร์ เมื่ออายุ 12 เดือน พบว่า T4 ให้ผลผลิตลำต้นสูงที่สุด โดยมีน้ำหนักสด 3,775.00 กก./เฮกตาร์ และน้ำหนักแห้ง 876.35 กก./เฮกตาร์ รองลงมาคือ T3 ซึ่งให้ผลผลิตสด 3,197.50 กก./เฮกตาร์ และน้ำหนักแห้ง 806.70 กก./เฮกตาร์ ในขณะที่ T2 ให้ผลผลิตต่ำที่สุดที่ 1,677.50 กก./เฮกตาร์

Table 6 Effect of combination fertilizer on root yield of cassava cv. Rayong 9

Treatments	Root yield (kg ha^{-1})					
	6 months		8 months		12 months	
	fresh	dry	fresh	dry	fresh	dry
T1	8,713.13$^{c1/}$	3,718.93^{c}	7,071.87^{d}	2,830.72^{d}	10,765.62^{d}	3,444.83^{c}
T2	10,810.00^{b}	4,730.15^{ab}	10,509.37^{b}	4,205.36^{bc}	11,034.38^{cd}	3,411.40^{c}
T3	10,381.25^{b}	4,367.25^{b}	15,937.50^{a}	6,626.50^{a}	12,393.75^{bc}	3,814.72^{c}
T4	12,238.12^{a}	5260.03^{a}	11,268.75^{b}	4,350.09^{b}	17,787.50^{a}	5,501.67^{a}
T5	10,768.12^{b}	4671.17^{ab}	9,278.12^{c}	3,790.46^{d}	13,884.38^{b}	4,584.41^{b}
f-test	*	*	*	*	*	*
CV %	24.84	26.74	22.74	25.59	23.76	26.03

$^{1/}$ Means of the same column followed by the same letter were not significantly different at the 0.05 level using Duncan's multiple range test. *= Significantly different at $p<0.05$, ns= non significantly different at $p<0.05$

ที่มา: Srifa et al. (2025)

Table 6 พบว่าการใช้ปุ๋ยแบบผสมมีผลต่อผลผลิตหัวมันสำปะหลังทั้งในน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งในช่วงอายุ 6, 8 และ 12 เดือน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่ออายุ 6 เดือน พบว่า T4 ให้ผลผลิตหัวสดสูงที่สุดเท่ากับ 12,238.12 กก./เฮกตาร์ และน้ำหนักแห้ง 5,260.03 กก./เฮกตาร์ รองลงมาคือ T5 ให้ผลผลิตสด 10,768.12 กก./เฮกตาร์ และแห้ง 4,671.17 กก./เฮกตาร์ ส่วน T1 ให้ผลผลิตต่ำที่สุดคือ 8,713.13 กก./เฮกตาร์ เมื่ออายุ 8 เดือน พบว่า T3 ให้ผลผลิตหัวสดสูงที่สุดเท่ากับ 15,937.50 กก./เฮกตาร์ และน้ำหนักแห้ง 6,626.50 กก./เฮกตาร์ รองลงมาคือ T4 ซึ่งมีผลผลิตสด 11,268.75 กก./เฮกตาร์ และน้ำหนักแห้ง 4,350.09 กก./เฮกตาร์ ขณะที่ T1 ให้ผลผลิตต่ำที่สุดคือ 7,071.87 กก./เฮกตาร์ เมื่ออายุ 12 เดือน ซึ่งเป็นระยะเก็บเกี่ยว พบว่า T4 ให้ผลผลิตหัวมันสูงที่สุด โดยมีน้ำหนักสด 17,787.50 กก./เฮกตาร์ และน้ำหนักแห้ง 5,501.67 กก./เฮกตาร์ รองลงมาคือ T5 ที่ให้ผลผลิตสด 13,884.38 กก./เฮกตาร์ และน้ำหนักแห้ง 4,584.41 กก./เฮกตาร์ ขณะที่ T1 ให้ผลผลิตต่ำที่สุดคือ 10,765.62 กก./เฮกตาร์

สรุป

จากการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังด้วยปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ร่วมกับปุ๋ยเคมี พบว่าการจัดการปุ๋ยมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 อย่างมีนัยสำคัญ โดยการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชและเพิ่มผลผลิตทั้งในส่วนของลำต้นและหัวมันได้ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยแบบเดี่ยวหรือการไม่ใส่ปุ๋ยผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้ปุ๋ยแบบผสมผสานช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดูดใช้ธาตุอาหารของพืช ส่งผลให้ผลผลิตหัวมันเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน โดยเฉพาะในช่วงอายุ 12 เดือนซึ่งเป็นระยะเก็บเกี่ยว ขณะที่การใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวให้ผลผลิตในระดับค่อนข้างสูงในบางช่วงอายุ แต่ยังต่ำกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ นอกจากนี้การใช้ปุ๋ยเคมีครึ่งอัตราร่วมกับปุ๋ยชีวภาพยังสามารถให้ผลผลิตในระดับที่ใกล้เคียงกับการใช้ปุ๋ยเคมีเต็มอัตราดังนั้นการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ร่วมกับปุ๋ยเคมีจึงเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลัง ช่วยปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดิน ลดการใช้ปุ๋ยเคมี และส่งเสริมการผลิตมันสำปะหลังอย่างยั่งยืนในระยะยาว

อ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. (2563). *ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-3 สำหรับอ้อยและมันสำปะหลัง*. กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร. แหล่งที่มา: https://www.doa.go.th/itd/?page_id=540. สืบค้นเมื่อวันที่ 3 มีนาคม 2569.

กรมวิชาการเกษตร. (ม.ป.ป.). *คำแนะนำการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทู สำหรับข้าว*. กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร. แหล่งที่มา: https://www.doa.go.th/. สืบค้นเมื่อวันที่ 3 มีนาคม 2569.

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2567ก). *การใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์เพื่อลดต้นทุนและเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร*. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. แหล่งที่มา: https://www.doae.go.th/. สืบค้นเมื่อวันที่ 3 มีนาคม 2569.

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2567ข). *ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-1 สำหรับข้าวโพด ข้าวฟ่าง และพืชผัก*. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. แหล่งที่มา: https://esc.doae.go.th/ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์. สืบค้นเมื่อวันที่ 3 มีนาคม 2569.

เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์, วิชัย วงศ์วัฒนะ, และ กุศล ทองงาม. (2547). *เอกสารวิชาการมันสำปะหลัง* (เอกสารวิชาการลำดับที่ 7/2547). กรมวิชาการเกษตร.

เอกพล มนเดช., และ สุภชัย วรรณมณี. (2024). ทดสอบการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์–ทรีต่อผลผลิตและคุณภาพมันสำปะหลังในกลุ่มชุดดิน 35 จังหวัดกำแพงเพชร. *วารสารเกษตรและอาหาร มรวอ.*, *3*(2), 129–138.

นิมิตร วงศ์สุวรรณ., พีระยศ แข็งขัน และ นริศ สินศิริ. (2564). ผลของปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์–ทรี ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพในการผลิตมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 และเกษตรศาสตร์ 50 ในชุดดินโคราช. *วารสารเกษตรพระวรุณ*, *18*(2), 103–111.

ศศพล คนรู้, อารียา โอบิเดียกวู, และ อิสริยา บุญญะศิริ. (2563). การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการผลิตมันสำปะหลังที่ต่ำกว่าศักยภาพ. ใน *รายงานสืบเนื่องจากการประชุมนำเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 15* (น. 2037–2048). มหาวิทยาลัยรังสิต. แหล่งที่มา: https://rsujournals.rsu.ac.th/index.php/rgrc/article/view/1861. สืบค้นเมื่อวันที่ 3 มีนาคม 2569.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2565). *ภาวะเศรษฐกิจการเกษตรปี 2565 และแนวโน้มปี 2566*. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. แหล่งที่มา: https://www.oae.go.th/view/1/ภาวะเศรษฐกิจการเกษตร/TH-TH. สืบค้นเมื่อวันที่ 3 มีนาคม 2569.

Srifa, T., Somwang, T., Panitnok, K., Yusuk, P., Sarutayophat, T., & Nitthaisong, P. (2025). Effect of combination fertilizer on growth and yield of cassava cv. Rayong 9 in Thailand. *International Journal of Agricultural Technology*, *21*(1), 287–298.

Vessey, J. K. (2003). Plant growth is promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*, *255*(2), 571–586. แหล่งที่มา: https://doi.org/10.1023/A:1026037216893. สืบค้นเมื่อวันที่ 3 มีนาคม 2569.