



<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/index>

บทความวิจัย

การจัดการปุ๋ยแบบผสมผสานเพื่อเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนการผลิตมันสำปะหลัง ในพื้นที่จังหวัดกาฬสินธุ์

นิมิตร วงศ์สุวรรณ* และ สุพัตรา ขาววงจักร์

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาฬสินธุ์ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 กรมวิชาการเกษตรอำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์ 46120

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 19 มิถุนายน 2566

แก้ไข: 21 กรกฎาคม 2566

ตอบรับการตีพิมพ์: 25 สิงหาคม 2566

ตีพิมพ์ออนไลน์: 24 ตุลาคม 2566

คำสำคัญ

มันสำปะหลัง

ปุ๋ยเคมี

ปุ๋ยอินทรีย์

ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์อาร์-ทรี

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนการผลิตมันสำปะหลังด้วยการจัดการปุ๋ยแบบผสมผสาน เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม ดำเนินการในแปลงมันสำปะหลังของเกษตรกรพื้นที่อำเภอเมืองและอำเภอสหัสขันธ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 10 แปลง ในปี 2564-2566 ประกอบด้วย 2 กรรมวิธี คือ 1) วิจัยทดสอบเป็นการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์อาร์-ทรี ร่วมกับมูลไก่เกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยเคมีครึ่งอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินของกรมวิชาการเกษตร และ 2) วิจัยเกษตรกรเป็น การจัดการปุ๋ยที่เกษตรกรปฏิบัติอยู่เดิม พบว่าการเจริญเติบโต น้ำหนักหัวสด และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของวิธีทดสอบมากกว่าวิธีเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยวิธีทดสอบทำให้มันสำปะหลังมีน้ำหนักหัวสดเฉลี่ยต่อไร่เพิ่มขึ้นร้อยละ 42 รายได้สุทธิเฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 80 อัตราผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่ายการลงทุน (BCR) เฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 28 และสามารถลดต้นทุนการผลิตต่อหน่วยได้เฉลี่ยร้อยละ 27 เมื่อเทียบกับวิธีเกษตรกร ดังนั้น เทคโนโลยีการจัดการปุ๋ยแบบผสมผสานนี้จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ช่วยเพิ่มผลผลิต ลดต้นทุน และเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่จังหวัดกาฬสินธุ์

บทนำ

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* L. Crantz) เป็นพืชไร่เศรษฐกิจที่สร้างรายได้ให้กับเกษตรกรจังหวัดกาฬสินธุ์ ในปี 2564 มีพื้นที่ปลูก 296,494 ไร่ ผลผลิตเฉลี่ย 3,562 กิโลกรัมต่อไร่ (Office of Agricultural Economics, 2021) ถึงแม้ว่ามันสำปะหลังจะเป็นพืชที่ทนแล้งและปรับตัวได้ดีเกือบทุกสภาพแวดล้อม (Howeler, 2014) แต่การปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่ที่กลับประสบปัญหาผลผลิตต่อไร่ที่มีแนวโน้มลดต่ำลงเรื่อย ๆ ซึ่งเกิดจากพื้นที่ปลูกส่วนใหญ่ดินมีลักษณะเป็นดินทรายหรือดินทรายปนดินร่วนที่มีอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารในปริมาณต่ำ ประกอบกับมีการใช้พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังอย่างต่อเนื่องโดยขาดการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินอย่างเหมาะสม โดยเฉพาะการใส่ปุ๋ยที่ไม่สอดคล้องกับความต้องการของมันสำปะหลัง และใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว การปฏิบัติในลักษณะดังกล่าวนอกจากจะส่งผลต่อผลผลิตแล้วยังทำให้ต้นทุนการผลิตของมันสำปะหลังสูงขึ้นอีกด้วย เนื่องจากราคาปุ๋ยเคมีในปัจจุบันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้เกษตรกรที่ปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่อาจเสี่ยงต่อภาวะขาดทุน ดังนั้น เพื่อเป็นการแก้ปัญหาดังกล่าว ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาฬสินธุ์ ซึ่งเป็นหน่วยงานวิจัยของกรมวิชาการเกษตร จึงได้นำเทคโนโลยีการจัดการปุ๋ยแบบผสมผสานโดยการใช้ปุ๋ยชีวภาพที่สามารถลดปุ๋ยเคมีในโตรเจน และฟอสฟอรัสได้ร้อยละ 25 ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน (Meunchang et al., 2012)

การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่ช่วยเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดิน ทำให้ดินมีโครงสร้างดีขึ้นและให้ทั้งธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุ (Agbede et al., 2008) และการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำในดินทรายและดินร่วนปนทรายอัตรา 16-8-16 กิโลกรัมต่อไร่ของ $N-P_2O_5-K_2O$ หรือใส่ปุ๋ยอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน (Department of Agriculture, 2010) มาปรับใช้ร่วมกันแล้วนำไปทดสอบร่วมกับเกษตรกร ดังนั้นหากมีการจัดการปุ๋ยแบบผสมผสานอย่างเหมาะสมสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนการผลิตมันสำปะหลังได้หรือไม่เมื่อเทียบกับวิธีการใส่ปุ๋ยของเกษตรกร งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาเทคโนโลยีการจัดการปุ๋ยแบบผสมผสานที่เหมาะสมกับพื้นที่ เพื่อเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนการผลิตมันสำปะหลัง เมื่อได้เทคโนโลยีที่เหมาะสมแล้ว จึงขยายผลเทคโนโลยีไปสู่เกษตรกรในชุมชนจังหวัดกาฬสินธุ์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

อุปกรณ์

1. พันธุ์มันสำปะหลัง ได้แก่ เกษตรศาสตร์ 50 ห้วยบง 60 และห้วยบง 80
2. วัสดุปรับปรุงดิน ได้แก่ ปูนขาว
3. ปุ๋ย ได้แก่ ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์อาร์-ทรี ปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่เกลบ และปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0, 18-46-0, 0-0-60, 15-15-15, 15-5-35, 16-8-8 และ 16-16-8

*Corresponding author

E-mail address: nimit2524@hotmail.com (N. Wongsuwan)

Online print: 24 October 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.26>

4. สารเคมีกำจัดวัชพืช ได้แก่ สารเคมีอะลาคลอร์ พุ่มออกซาซิน และ ไกลโฟเสต

5. อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน ได้แก่ จอบ ถังน้ำ ถูพลาสติก และปากกาเมจิก

6. อุปกรณ์เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิต ได้แก่ ไม้มตร ตลับเมตร ถูตาข่าย เครื่องชั่งน้ำหนัก และเครื่องวัดปริมาณ

แป้งในหัวมันสด Reman Scale

วิธีการวิจัย

แผนการวิจัย

ไม่ใช่แผนการทดลอง เป็นการทดสอบเปรียบเทียบเทคโนโลยี ประกอบด้วย 2 กรรมวิธี ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 วิธีทดสอบเป็นการจัดการปุ๋ยแบบผสมผสาน คือ การใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทรี ร่วมกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่เกลบ อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งอัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน (Wongsuwan et al, 2021) และกรรมวิธีที่ 2 วิธีเกษตรกร เป็นวิธีใส่ปุ๋ยของเกษตรกรที่ปฏิบัติอยู่เดิม คือ การแช่ท่อนพันธุ์ด้วยฮอร์โมน หรือปุ๋ยเกล็ดสูตร 25-5-5 นาน 5 นาที แปลงที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์หว่านรองพื้นก่อนปลูกอัตรา 200-500 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ปุ๋ยเคมีสูตรทั่วไปตามท้องตลาดที่มีจำหน่ายในพื้นที่ ได้แก่ สูตร 15-15-15, 16-16-8, 16-8-8, 15-5-35, 0-0-60

วิธีปฏิบัติการวิจัย

1. คัดเลือกพื้นที่วิจัยที่อำเภอเมืองและอำเภอสหัสขันธ์ ซึ่งเป็นแหล่งปลูกมันสำปะหลังที่สำคัญของจังหวัดกาฬสินธุ์

2. ประชุมเพื่อชี้แจง วางแผน และรับสมัครเกษตรกรที่สนใจ และพร้อมจัดทำแปลงทดสอบร่วมกับนักวิจัย จำนวน 10 ราย รายละ 4 ไร่ รวมพื้นที่ 40 ไร่ พร้อมทั้งถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการใช้เทคโนโลยีการผลิตการมันสำปะหลัง

3. แบ่งพื้นที่แปลงทดสอบมันสำปะหลังออกเป็น 2 กรรมวิธี ๑ ละ 2 ไร่ จากนั้นเก็บตัวอย่างดินในที่ระดับ 0-20 เซนติเมตร จำนวนอย่างน้อย 15 จุดต่อแปลง นำตัวอย่างดินไปรวมกันแล้วสุ่มจำนวน 1 กิโลกรัม เพื่อนำไปวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางเคมีในห้องปฏิบัติการ

4. ดำเนินการจัดทำแปลงทดสอบตามกรรมวิธี โดยวิธีทดสอบไถเตรียมดินด้วยผล 5 จำนวน 1 ครั้ง หว่านปูนขาวอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ตากดินไว้ 14 วัน หว่านปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่เกลบรองพื้นให้กระจายทั่วแปลงอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ไถพรวนด้วยผล 5 อีก 1 ครั้ง แล้วกร่องปลูก จากนั้นเตรียมท่อนพันธุ์มันสำปะหลังอายุ 10-12 เดือน ตัดให้มีความยาว 25 เซนติเมตร นำไปแช่ด้วยปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทรี ที่ละลายกับน้ำสะอาดอัตรา 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 20 ลิตรต่อ 1 ไร่ นาน 30 นาที จึงนำไปปลูกด้วยวิธีปักท่อนพันธุ์บนสันร่องให้ตรงลึกลงไปในดิน 1 ใน 3 ของความยาวท่อนพันธุ์ โดยใช้ระยะปลูกระหว่างแถว 0.8-1.5 เมตร ระหว่างต้น 0.7-1 เมตร ปลูกในช่วงปลายฝน (ตุลาคม-พฤศจิกายน) จำนวน 5 แปลง และต้นฤดูฝน (เมษายน-พฤษภาคม) จำนวน 5 แปลง โดยใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งอัตราตามค่าวิเคราะห์ดินของ Department of Agriculture (2010) แบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ใส่รองพื้นก่อนปลูก และครั้งที่ 2 ใส่เมื่อมันสำปะหลังอายุ 2 เดือน โดยโรยข้างแถวหรือขุดหลุมใส่บริเวณต้นแล้วกลบปุ๋ยหลังการกำจัดวัชพืช จากนั้นดูแลรักษาตามวิธีการของเกษตรกรและเก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 10 เดือน ส่วนวิธีเกษตรกรปฏิบัติเช่นเดียวกับวิธีทดสอบยกเว้นวิธีการใส่ปุ๋ย คือ การแช่ท่อนพันธุ์ด้วยฮอร์โมน หรือปุ๋ยเกล็ดสูตร 25-5-5 นาน

เป็นเวลา 5-10 นาที ในแปลงที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์หว่านรองพื้นก่อนปลูก อัตรา 200-500 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ปุ๋ยเคมีสูตรทั่วไปตามท้องตลาด ได้แก่ สูตร 15-15-15, 16-16-8, 16-8-8 และ 15-5-35

การบันทึกข้อมูล

1. คุณสมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลอง ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) วัดโดย pH meter ใช้อัตราส่วน ดิน:น้ำ เท่ากับ 1:1 ตามวิธีของ Peech (1965) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Organic matter) วิเคราะห์ด้วยวิธีการของ Walkley & Black (1934) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช สกัดดินด้วยน้ำยาสกัด Bray II และวัดการเกิดสีตามวิธี Molybdenum blue โดยใช้ Spectrophotometer (Bray & Kurtz, 1945) และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โดยสกัดดินด้วยสารละลายแอมโมเนียมอะซิเตท ความเข้มข้น 1 นอร์มอล ค่า pH 7 แล้ววัดด้วย Flame spectrophotometer (Schollenberger & Simon, 1945) และวัดเนื้อดินด้วยวิธี Hydrometer method

2. การเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง ได้ทำการบันทึกข้อมูลที่อายุ 3 เดือน 6 เดือน และก่อนเก็บเกี่ยว โดยการสุ่มวัดความสูงจากโคนต้นถึงยอดมันสำปะหลังจำนวน 10 ต้นต่อกรรมวิธี กรรมวิธีละ 4 จุด แล้วนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยความสูงของต้น

3. ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต เก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง อายุ 10 เดือน โดยสุ่มเก็บในพื้นที่ 20 ตารางเมตรของแต่ละแปลง จำนวน 4 ซ้ำต่อกรรมวิธี บันทึกข้อมูลดังนี้ 1) ผลผลิตหัวมันสด โดยขุดเอาหัวมันสำปะหลังแยกออกจากต้น นำผลผลิตหัวมันสดที่ได้ไปชั่งน้ำหนักกรรมต่อพื้นที่เก็บเกี่ยวแล้วนำไปคำนวณหาผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ของแต่ละกรรมวิธี 2) จำนวนหัว นับจำนวนหัวทั้งหมดของต้นที่เก็บเกี่ยวแล้วนำไปคำนวณหาจำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้นของแต่ละกรรมวิธี และ 3) ร้อยละของแป้ง สุ่มเก็บหัวมันสำปะหลังจากแปลงของแต่ละกรรมวิธีชั่งน้ำหนักให้ได้ 5 กิโลกรัม นำไปวัดร้อยละของแป้ง โดยใช้เครื่องวัด Reman scale ตามวิธีของ Bainbridge et al. (1996) แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่าเฉลี่ยร้อยละของแป้ง

4. วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ Paired t-test เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างวิธีทดสอบและวิธีเกษตรกร และวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่ายการลงทุน (Benefit cost ratio, BCR) คำนวณได้จาก $BCR = \text{Benefit} / \text{Cost}$ ($BCR > 1$ คຸ້ມຄ່າการลงทุน, $BCR = 1$ เท่าทุน, $BCR < 1$ ไม่คุ้มทุน ขาดทุน)

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

สมบัติทางเคมีของดินและวิธีการจัดการปุ๋ย

จากผลวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินในแปลงทดสอบจำนวน 10 แปลง พบว่า ลักษณะดินส่วนใหญ่เป็นดินทรายปนร่วน มีค่า pH ซึ่งอยู่ระหว่าง 5.42-6.00 อยู่ในระดับเหมาะสม ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 0.18-0.44 อยู่ในระดับต่ำ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ระหว่าง 9-74 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ระหว่าง 15-95 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลางถึงสูง ซึ่งระดับวิกฤติของ pH ในการปลูกมันสำปะหลังคือ 4.6 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ร้อยละ 0.8 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Sittibusaya, 1996) นำผลวิเคราะห์ทางเคมีของดินที่ได้ไปหาปริมาณ

ความต้องการปุ๋ยของมันเป็นค่าเฉลี่ยตามคำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินของกรมวิชาการเกษตร (Table 1) ในวิธีทดสอบให้ผลการใส่ปุ๋ยเคมีครั้งอัตราตามคำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินของกรมวิชาการเกษตรรวมกับการแช่ท่อนพันธุ์ด้วยปุ๋ยชีวภาพฟิสิกซ์-ทรี และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่เกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ เปรียบเทียบกับวิธีเกษตรกรที่ใส่ปุ๋ยเคมีตามท้องตลาดที่มีปริมาณไนโตรเจน 7.5-15.5 กิโลกรัมต่อไร่ของ N ฟอสฟอรัส 2.5-17.5 กิโลกรัมต่อไร่ของ P_2O_5 และ โพแทสเซียม 4-12.5 กิโลกรัมต่อไร่ของ โพแทสเซียมออกไซด์ ร่วมกับการแช่ท่อนพันธุ์ด้วยฮอร์โมนหรือปุ๋ยเคมีชนิดเกล็ดสูตร 25-5-5 และใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 200-500 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 2) จากข้อมูลการใส่ปุ๋ยมันสำปะหลังของวิธีเกษตรกรเมื่อนำมาเทียบกับค่าความต้องการธาตุอาหารตามค่าวิเคราะห์ดินของ

Department of Agriculture (2010) จะเห็นได้ว่าไม่สอดคล้องกับปริมาณธาตุอาหารในดิน และความต้องการธาตุอาหารของมันสำปะหลัง โดยส่วนใหญ่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและโพแทสเซียมในปริมาณที่ไม่เพียงพอ แต่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณที่เกินความต้องการของมันสำปะหลังตามค่าวิเคราะห์ดิน ซึ่งการใส่ปุ๋ยในลักษณะนี้นอกจากจะมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลังแล้ว ยังทำให้ต้นทุนการผลิตมันสำปะหลังของเกษตรกรสูงขึ้นอีกด้วยสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Sukto et al. (2017) ที่ทดสอบการใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ โดยหว่านรองพื้น ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน พบว่า สามารถเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังได้ร้อยละ 58.5 และลดต้นทุนการผลิตต่อหน่วยได้เมื่อเทียบกับวิธีเกษตรกรในสภาพแวดล้อมเดียวกัน

Table 1 Soil properties and fertilizer requirements tailored by specific soil analysis in Kalasin Province during 2021-2023

Season	Farmer no.	Soil property				Texture	Fertilizer grade of N-P ₂ O ₅ -K ₂ O (kg/rai)
		pH (soil:water 1:1)	OM ^{1/} (%)	Avail.P ^{2/} (mg/kg)	Exch.K ^{3/} (mg/kg)		
End of rainy (2021-2022)	1	5.62	0.34	9	36	sandy	16-4-8
	2	5.49	0.31	10	20	sandy	16-8-16
	3	6.00	0.36	31	24	Loamy sand	16-2-16
	4	5.46	0.23	11	57	Loamy sand	16-4-8
	5	5.44	0.23	9	15	Loamy sand	16-4-16
Early of rainy (2022-2023)	6	5.90	0.18	12	80	Loamy sand	16-4-8
	7	5.99	0.37	18	95	Sandy loam	16-4-4
	8	5.86	0.29	74	85	Loamy sand	16-2-8
	9	5.42	0.44	30	26	Sandy loam	16-4-16
	10	5.58	0.28	14	49	Loamy sand	16-4-8

^{1/}OM = Organic matter, ^{2/}Avail. P = Available phosphorus, ^{3/}Exch. K = Exchangeable potassium.

Table 2 Fertilizer application rate of the test method and the farmers' conventional method in farmer fields of Kalasin Province during 2021-2023

Season	Farmer no.	Rate of N-P ₂ O ₅ -K ₂ O (kg/rai)		Organic fertilizers (kg/rai)		Plating	
		Test	Farmer	Test	Farmer	Test	Farmer
End of rainy (2021-2022)	1	8-2-4	7.5-7.5-7.5	500	0	PGPR 3 ^{1/}	plant hormones
	2	8-4-8	8-8-4	500	0	PGPR 3 ^{1/}	plant hormones
	3	8-1-8	7.5-2.5-17.5	500	0	PGPR 3 ^{1/}	plant hormones
	4	8-2-4	7.5-7.5-7.5	500	0	PGPR 3 ^{1/}	chemical fertilizer ^{2/}
	5	8-2-8	7.5-7.5-7.5	500	0	PGPR 3 ^{1/}	chemical fertilizer ^{2/}
Early of rainy (2022-2023)	6	8-2-4	15.5-15.5-11.5	500	450	PGPR 3 ^{1/}	plant hormones
	7	8-2-2	8-8-4	500	200	PGPR 3 ^{1/}	plant hormones
	8	8-1-4	8-4-4	500	0	PGPR 3 ^{1/}	chemical fertilizer ^{2/}
	9	8-2-8	8-4-4	500	500	PGPR 3 ^{1/}	plant hormones
	10	8-2-4	8-4-4	500	0	PGPR 3 ^{1/}	plant hormones

^{1/}PGPR 3 bio-fertilizer, ^{2/}chemical fertilizer grade 25-5-5.

การเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง

ความสูงของมันสำปะหลังทั้งสองกรรมวิธีแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทุกช่วงอายุ (Table 3 & Figure 1) กล่าวคือ ในช่วง

มันสำปะหลังอายุ 3 6 และ 10 เดือน วิธีทดสอบมีความสูงเฉลี่ย 87 135 และ 226 เซนติเมตร มากกว่ากรรมวิธีเกษตรกรที่มีความสูงเฉลี่ย 75 107 และ 172 เซนติเมตร ตามลำดับ



Figure 1 Growth of cassava at 6 months after planting of the test method compare with the farmers' conventional method in Kalasin Province during end of rainy season, 2021-2022

Table 3 Plant height of cassava of the test method and the farmers' conventional method in Kalasin Province during end of rainy season, 2021-2022 and early rainy season, 2022-2023

Season	Farmer no.	Plant height (cm)					
		3 months		6 months		10 months	
		Test	Farmer	Test	Farmer	Test	Farmer
End of rainy (2021-2022)	1	48	40	114	94	297	222
	2	59	53	116	75	257	208
	3	61	48	117	67	229	240
	4	74	69	107	105	292	168
	5	59	56	119	107	258	154
Early of rainy (2022-2023)	6	78	55	164	158	224	172
	7	102	84	144	110	152	112
	8	142	130	182	132	182	146
	9	133	116	162	119	221	173
	10	109	101	125	107	145	128
Average		87	75	135	107	226	172
P-value		0.0004		0.0010		0.0021	
t-test		**		**		**	

** Significant different at $P < 0.01$.

องค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตของมันสำปะหลัง

จำนวนหัวต่อต้นและร้อยละของแป้งมันสำปะหลังไม่มีความแตกต่างกัน โดยวิธีทดสอบมีจำนวนหัวเฉลี่ย 9.08 หัวต่อต้น และวิธีเกษตรกรมีจำนวนหัวเฉลี่ย 8.08 หัวต่อต้น ร้อยละของแป้งวิธีทดสอบเฉลี่ย ร้อยละ 27.0 และวิธีเกษตรกรร้อยละ 26.4 ส่วนผลผลิตมันสำปะหลังที่เก็บเกี่ยวอายุ 10 เดือนของวิธีทดสอบให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 5,180 กิโลกรัมต่อไร่ มากกว่าวิธีเกษตรกรที่มีผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 3,640 กิโลกรัมต่อไร่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 4 & Figure 2) โดยมีค่าเฉลี่ยความแตกต่างของผลผลิต (Yield gap analysis) ระหว่างวิธีทดสอบกับวิธีเกษตรกร เท่ากับ 1,539 กิโลกรัมต่อไร่ สอดคล้องกับ Wongsuwan et al. (2021) ที่ได้ศึกษาผลของปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟาร์-ทรี ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตผลผลิต และคุณภาพในการผลิตมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 และเกษตรกร 50 ในชุดดินโคราช พบว่า การใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟาร์-ทรี

ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่เกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยเคมี 8-4-8 กิโลกรัมต่อไร่ ของ $N-P_2O_5-K_2O$ ทำให้มันสำปะหลังมีผลผลิตหัวสดต่อไร่สูงสุด 7,470 กิโลกรัมต่อไร่ เนื่องจากการใช้ปุ๋ยแบบผสมผสานดังกล่าว การใส่ปุ๋ยเคมีเป็นการให้ธาตุอาหารหลักที่มันสำปะหลังนำไปใช้ได้ทันที การใส่ปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่เกลบเมื่อเกิดการย่อยสลายจะปลดปล่อยธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุซึ่งมันสำปะหลังสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้อย่างต่อเนื่องในระยะยาว อีกทั้งปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ได้จากปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่เกลบยังช่วยเพิ่มความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน ทำให้ธาตุอาหารในดินถูกดูดซับเอาไว้ไม่ให้เกิดการสูญเสียไปกับการชะล้าง และยังเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของจุลินทรีย์ในดินที่มีประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง และการใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟาร์-ทรีที่ประกอบด้วยแบคทีเรีย 2 ชนิด ได้แก่ อะซิโสปิริลลัม บราซิลเลน (*Azospirillum brasilense*) และ กลูคอนอะซิโตนแบคเตอร์ ไดอะโซโทรฟิคัส

(*Gluconacetobacter diazotrophicus*) ซึ่งสามารถตรึงไนโตรเจน ละลายฟอสเฟต และเพิ่มประสิทธิภาพการดูดใช้ธาตุอาหาร ทำให้สามารถลดการใช้ปุ๋ยเคมีในมันสำปะหลังได้อย่างน้อยร้อยละ 25 (Department of Agriculture, 2016) จะเห็นได้ว่าการใส่ปุ๋ยแบบผสมผสานในลักษณะดังกล่าวเป็นการส่งเสริมซึ่งกันและกันทำให้มันสำปะหลังสามารถดูดยึด แลกเปลี่ยน และนำธาตุอาหารไปใช้ได้ อย่างเต็มประสิทธิภาพ ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมัน

สำปะหลัง ซึ่งแตกต่างกับวิธีเกษตรกรที่ส่วนใหญ่ใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว ถึงแม้จะเป็นปุ๋ยที่มันสำปะหลังนำไปใช้ได้ทันที แต่ประสิทธิภาพการดูดใช้ธาตุอาหารของมันสำปะหลังกลับไม่ดีเท่าที่ควร เนื่องจากปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินของแปลงทดสอบมีค่าต่ำมากทุกแปลง จึงส่งผลให้การเจริญเติบโตและผลผลิตมันสำปะหลังของวิธีเกษตรกรต่ำกว่าวิธีทดสอบอย่างชัดเจน



Figure 2 Fresh root yield of cassava of the test method (DOA) compare with the farmers' conventional method (FAR) in Kalasin Province during end of rainy season, 2021-2022 (A) and early rainy season, 2022-2023 (B).

Table 4 Yield and yield components of cassava of the test method compare with the farmers' conventional method in Kalasin Province during end of rainy season, 2021-2022 and early rainy season, 2022-2023

Season	Farmer	Roots		Starch		Yield		(Yield gap)
		(root/plant)		(%)		(kg/rai)		(kg/rai)
		Test	Farmer	Test	Farmer	Test	Farmer	
End of rainy (2021-2022)	1	11.50	8.05	25.0	25.9	6,476	3,268	3,208
	2	7.80	6.30	24.4	23.7	5,492	4,760	732
	3	6.25	4.30	25.6	25.9	5,116	4,220	892
	4	7.85	7.80	26.7	25.6	6,416	3,992	2,424
	5	4.75	5.10	27.7	25.5	4,776	3,272	1,504
Early of rainy (2022-2023)	6	11.15	11.75	29.0	28.3	5,672	5,336	336
	7	8.10	4.50	27.0	29.5	4,512	2,572	1,940
	8	8.80	10.10	29.2	29.9	5,472	3,072	2,400
	9	11.35	12.05	27.0	27.4	3,800	3,608	192
	10	13.20	10.80	28.3	22.6	4,064	2,304	1,760
Average		9.08	8.08	27.0	26.4	5,180	3,640	1,539
P-value		0.1138		0.8603		0.0008		
t-test		ns		ns		**		

ns = Non significant, ** significant different P<0.01.

ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ พบว่า วิธีทดสอบและวิธีเกษตรกรมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยมันสำปะหลังวิธีทดสอบมีผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 5,180 กิโลกรัมต่อไร่ ต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 7,373 บาทต่อไร่ รายได้เฉลี่ย 17,373 บาทต่อไร่ รายได้สุทธิเฉลี่ย 10,000 บาทต่อไร่ และค่า BCR เท่ากับ 2.35 ส่วนวิธีเกษตรกรมีผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 3,640 กิโลกรัมต่อไร่ ต้นทุนการผลิต

เฉลี่ย 6,675 บาทต่อไร่ รายได้เฉลี่ย 12,239 บาทต่อไร่ รายได้สุทธิเฉลี่ย 5,563 บาทต่อไร่ และค่า BCR เท่ากับ 1.84 จะเห็นได้ว่าถึงแม้วิธีทดสอบจะมีต้นทุนการผลิตที่สูงกว่าวิธีเกษตรกร แต่เมื่อนำมาคำนวณค่าหาเฉลี่ยของรายได้ รายได้สุทธิ และค่า BCR พบว่าวิธีทดสอบมีค่ามากกว่าวิธีเกษตรกรร้อยละ 42.80 และ 28 ตามลำดับ (Table 5) นอกจากนี้วิธีทดสอบยังสามารถลดต้นทุนการผลิตต่อหน่วยได้ร้อยละ 27 เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีเกษตรกร

Table 5 Effects of fertilizer management on economic benefits in cassava production of the test method compare with the farmers' conventional method in Kalasin Province during end of rainy season, 2021-2022 and early rainy season, 2022-2023

Farmer	Yield (kg/rai)		Income ¹ (baht/rai)		Total cost ² (baht/rai)		Net income (baht/rai)		BCR (income/cost)	
	No.	Test	Farmer	Test	Farmer	Test	Farmer	Test	Farmer	Test
1		6,476	3,268	19,428	9,804	7,696	5,747	11,732	4,057	2.52
2		5,492	4,760	16,476	14,280	7,240	7,018	9,236	7,262	2.28
3		5,116	4,220	15,348	12,660	7,126	6,621	8,222	6,039	2.15
4		6,416	3,992	19,248	11,976	7,663	6,246	11,585	5,730	2.51
5		4,776	3,272	14,328	9,816	6,999	5,750	7,329	4,066	2.05
6		5,672	5,336	21,440	20,170	8,500	10,569	12,940	9,601	2.52
7		4,512	2,572	17,055	9,722	7,242	6,973	9,813	2,749	2.36
8		5,472	3,072	20,684	11,612	7,815	6,493	12,869	5,119	2.65
9		3,800	3,608	14,364	13,638	7,415	7,194	6,949	6,444	1.94
10		4,064	2,304	15,361	8,709	6,035	4,142	9,326	4,567	2.55
Average		5,180	3,640	17,373	12,239	7,373	6,675	10,000	5,563	2.35
p-value		0.0008		0.0008		0.0921		0.0004		0.0005
t-test		**		**		ns		**		**

ns = Non Significant **: significant different P< 0.01

¹ Income is calculated from the yield multiplied with the price of cassava per kilogram 3.00 baht (no. 1-5 price at August, 2022) and 3.78 baht. (no. 6-10 price at March, 2023).² Price of chemical fertilizer; formula 46-0-0 = 30 baht/kg, formula 18-46-0 = 40 baht/kg, formula 0-0-60 = 36 baht/kg, chicken manure = 2 baht/kg and PGPR-3 = 60 baht/bag (2 bag/rai). Total cost is calculated from plot preparation cost 750 baht/rai, cassava cutting cost 500 baht/rai, cassava cutting preparation cost 150 baht/rai, labor cost for planting 200 baht/rai, labor cost organic fertilizer application 100 baht/rai, labor cost for chemical fertilizer application 100 baht/rai, cost of weeding 2 times 600 baht/rai, and the cost of harvesting and transportation 600 baht/ton.

สรุปผลการวิจัย

การจัดการปุ๋ยแบบผสมผสานด้วยการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-ทรี ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ (มูลไก่เกล็ด) อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยเคมี ครึ่งอัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน สามารถเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลัง ในสภาพแปลงของเกษตรกรจังหวัดกาฬสินธุ์ได้เฉลี่ยร้อยละ 42 รายได้สุทธิเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 80 มีอัตราผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่าย การลงทุน (BCR) เฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 28 และสามารถลดต้นทุนการผลิตต่อหน่วยได้เฉลี่ยร้อยละ 27 เมื่อเทียบกับวิธีใช้ปุ๋ยของเกษตรกร ที่ปฏิบัติอยู่เดิม

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริม วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ในการสนับสนุนงบประมาณการวิจัย ครั้งนี้

ขอขอบคุณ ดร.รัตติกาล ยุทธศิลป์ และ ดร.รัชนีวรรณ ชูเชิด ที่ให้คำแนะนำในการเขียนบทความ และขอขอบคุณทีมงานฝ่ายวิจัยของ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาฬสินธุ์ทุกท่าน ที่มีส่วนทำให้งานวิจัย ครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

References

- Agbede, T. M., Ojeniyi, S. O., & Adeyemo A. J. (2008). Effect of poultry manure on soil physical and chemical properties, growth and grain yield of sorghum in southwest, Nigeria. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*, 2(1), 72-77.
- Bainbridge, Z., Tomlins, K., Wellings, K., & Westby, A. (1996). *Methods for assessing quality characteristics of non-*

grain starch staples. (Part 2 . Field Methods.). Chatham, Kent: Natural Resources Institute.

Bray, R. H., & L. T. Kurtz. (1945). Determination of total organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Science*, 59, 39-45. doi: 10.1097/00010694-194501000-00006

Department of Agriculture. (2016). *PGPR 3 bio-fertilizer*. Bangkok, Thailand: Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai)

Department of Agriculture. (2010). *Recommendations for the use of fertilizers for economic crops*. Bangkok, Thailand: Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai)

Howeler, R. H. (2014). Sustainable soil and crop management of cassava in Asia: a reference manual. Cali, Columbia: CIAT Publication.

Meunchang, P., Amawan, S., Thongra-ar, P., Prongjunteak, K., Kernoon, S., Amonpon, W., & Thipparayugs, S. (2012). Effect of plant growth promoting rhizobacteria on quality and quantity increasing of cassava yield. *Annual report 2011 of research and development on cassava cultural practice management* (pp. 349-363). Bangkok, Thailand: Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai)

Office of Agricultural Economics. (2021). *Cassava factory cultivated area, harvested area, yield and productivity per rai at national, regional, provincial*

- and district in 2021. Accessed June 1, 2023. Retrieve from <https://www.oae.go.th> (in Thai)
- Peech, M. (1965). Soil pH by glass electrode pH meter. In C. A. Black, D. D. Evans, R. L. White, L. E. Ensminger, F. E. Clark & R. C. Dinsuer (Eds.), *Method of soil analysis part 2: physical and menerological propertics, inching statistics of measurement and sampling* (pp. 914-925). Madison, USA: American Society of Agronomy Inc.
- Sittibusaya, C. (1996). *Guidelines for system development of advice on the use of fertilizers for field crops*. Bangkok, Thailand: Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai)
- Schollenberger, C. J., & Simon, R. H. (1945) . Determination of exchange capacity and exchangeable bases in soil-ammonium acetate method. *Soil Science*, 59, 13-24. doi: 10.1097/00010694-194501000-00004
- Sukto, S., Bowonphonmethee, S., Sukto, K., Duangkaew, S., Puksoon, P., & Thaweekul. N. (2017). Manipulation of cassava fertilizer in specific areas in Uthai Thani Province. *Outstanding research results of Department of Agriculture for the year 2016* (pp. 117-131). Bangkok, Thailand: Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai)
- Walkley, A., & Black, I. A. (1934) . An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37(1), 29-38.
- Wongsuwan, N., Khaengkhan, P., & Sinsiri, N. (2021). Effect of biofertilizer (PGPR-3) organic and chemical fertilizers on growth yield and quality of Rayong 9 and Kasetsart 50 cassava varieties on Korat soil series. *Prawarun Agriculture Journal*, 18(2), 103-111. doi: 10.14456/paj.2021.27 (in Thai)

Research article

Integrated fertilizer management for yield improvement and cost cutting of cassava production in Kalasin Province

Nimit Wongsuwan and Supatra Chawkongjuck*

Kalasin Agricultural Research and Development Center, Agricultural Research and Development Region 3, Department of Agriculture, Yang Talat District, Kalasin Province, 46120

ARTICLE INFO**Article history**

Received: 19 June 2023

Revised: 21 July 2023

Accepted: 25 August 2023

Online published: 24 October 2023

Keyword

Cassava

Chemical fertilizer

Organic fertilizer

PGPR-3 biofertilizer

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the effects of integrated fertilizer management on increasing cassava productivity and reducing production costs. This experiment was participatory action research in cassava plots of 10 farmers in Muang and Sahatsakhan districts, Kalasin Province, Thailand during 2021-2023. There were 2 treatments: 1) the test method was an application of PGPR-3 bio-fertilizer, 500 kg/rai of organic fertilizers (chicken manure and husk) combined with 50 % chemical fertilizer according to soil analysis; and 2) the farmers' conventional method. The results showed that the cassava growth, fresh cassava tuber yield, and benefit-cost ratio (BCR) in the test method were significantly higher than in the farmers' conventional method ($p < 0.01$). The test method could increase productivity by 42 %, reduce production costs by 27 %, increase net income by 80 %, and improve the BCR by 27 % compared with the farmers' conventional method. Therefore, the integrated fertilizer management technology is another method to increase yields, reduce costs, and increase income for cassava farmers in Kalasin Province.

*Corresponding author

E-mail address: nimit2524@hotmail.com (N. Wongsuwan)

Online print: 24 October 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.26>