

ISSN 2821-9228 (Print)
ISSN 2821-9244 (Online)



วารสารเกษตรและอาหาร มจร. VRU Agricultural and Food Journal

คณะเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

ปีที่ 3 ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน 2567

VOL.3 NO.1 JANUARY - JUNE 2024



วารสารเกษตรและอาหาร มรวอ. (VRU Agricultural and Food Journal)

❖ วารสารเกษตรและอาหาร มรวอ. (VRU Agricultural and Food Journal) เป็นวารสารของคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ เป็นวารสารที่เผยแพร่บทความวิจัย และบทความวิชาการ มีกำหนดเผยแพร่ปีละ 2 ฉบับ ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน และฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม วารสารนี้มีการตรวจสอบคุณภาพของบทความ โดยผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบบทความ (peer reviewer) ซึ่งเป็นบุคคลภายในและภายนอกจากหลากหลายสถาบัน อย่างน้อย 3 ท่าน และทางวารสารยินดีเป็นอย่างยิ่งที่จะรับต้นฉบับของทุกท่าน เพื่อประกอบการพิจารณา ตีพิมพ์บทความโดยไม่มีค่าใช้จ่าย

❖ เรื่องที่ลงตีพิมพ์ ได้แก่ เกษตรทั่วไป พืชศาสตร์ พืชไร่ พืชสวน ปฐพีวิทยา สัตวศาสตร์ วิทยาศาสตร์การอาหาร ภูมิทัศน์ ป่าไม้ วาริชศาสตร์ และกีฏวิทยา

❖ ติดต่อสอบถาม รายละเอียดต่าง ๆ เกี่ยวกับวารสารเกษตรและอาหาร มรวอ. สามารถติดต่อได้ที่บรรณาธิการวารสารเกษตรและอาหาร มรวอ. คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ เลขที่ 1 หมู่ที่ 20 ถ.พหลโยธิน ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 13180 โทร: 02-5293002 ต่อ 10, 12 E-mail: afj@vru.ac.th Website: <http://afj.vru.ac.th/> Line OA:



❖ คณะที่ปรึกษา

ศ.ดร.สายันต์ ทัดศรี	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ศ.ดร.ชัยภูมิ บัญชาศักดิ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.ธานี ศรีวงศ์ชัย	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.สุภารัตน์ เจียมยังยืน	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.हरรรษา เวียงวะลัย	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ผศ.ดร.ณัฐ พิษกรรม	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

❖ บรรณาธิการ

ผศ.ดร.กรรณิกา อัมพข	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
---------------------	------------------------------

❖ รองบรรณาธิการ

ผศ.ดร.อัมณา สุขลิ้ม	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ผศ.ดร.ศิริพร นามเทศ	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
อ.ดร.ธนกร วังสว่าง	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
อ.ศิริวิมล ศรีมิตรภัย	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
อ.วรุณยุพา จัตุศรี	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์

❖ บรรณาธิการจัดเตรียมต้นฉบับ

นายสัมพันธ์ อ่ำสุรา	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
---------------------	------------------------------

❖ พิมพ์ที่

ศูนย์เรียนรู้การผลิตและจัดการธุรกิจสิ่งพิมพ์ดิจิทัล มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ 1 ม.20 ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 13180 โทรศัพท์: 02-5290674-7 ต่อ 127 Email: vruprinting@gmail.com

❖ ภาพปก

1. มันสำปะหลัง
ภาพ: สายน้ำ อุดพัวย
2. ผักโขมแดง
ภาพ: ธนวัฒน์ บัววัน

ข้อความและบทความในวารสารนี้เป็นความคิดเห็นของผู้เขียนโดยเฉพาะ กองบรรณาธิการไม่ส่วนรับผิดชอบในเนื้อหาและข้อคิดเห็นนั้น ๆ แต่อย่างใด

บทบรรณาธิการ

วารสารเกษตรและอาหาร มรวอ. ดำเนินการตีพิมพ์บทความตามสาขาวิชาต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง พร้อมการวางมาตรฐานและคุณภาพของวารสารที่ทุกบทความที่ได้ตีพิมพ์ได้ผ่านการพิจารณาให้ความเห็นชอบและตรวจแก้ไขทางวิชาการจากผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Reviewer) อย่างน้อย 3 ท่าน จากหลากหลายสถาบันเพื่อเตรียมพร้อมเข้าสู่การประเมินคุณภาพวารสารวิชาการตามมาตรฐานศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI) และรองรับการนำผลงานไปประกอบการขอกำหนดตำแหน่งทางวิชาการ ตลอดจนเพื่อเผยแพร่ผลงานอันเป็นประโยชน์ในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ ๆ ทางด้านการเกษตร เทคโนโลยีภูมิทัศน์ และวิทยาศาสตร์การอาหาร ให้กับผู้สนใจทุกคน

วารสารเกษตรและอาหาร มรวอ. ฉบับนี้ก้าวเข้าสู่ปีที่ 3 โดยเริ่มด้วยฉบับที่ 1 ประจำเดือนมกราคม-มิถุนายน 2567 ยังคงรวบรวมบทความวิจัยที่น่าสนใจจากคณาจารย์และนักศึกษาในระดับปริญญาตรี ตลอดจนนักวิชาการจากหน่วยงานจากภาครัฐอย่างต่อเนื่อง โดยในฉบับนี้มีบทความเกี่ยวข้องทางด้านพืชไร่ และเกษตรทั่วไป รวมทั้งสิ้น 3 บทความ

ในโอกาสนี้กองบรรณาธิการวารสารเกษตรและอาหาร มรวอ. ขอขอบพระคุณนักวิชาการทุกท่านได้ส่งบทความที่น่าสนใจเข้ามาเผยแพร่อย่างต่อเนื่องและมีความยินดีรับบทความจากนักวิจัยและบุคคลทั่วไปที่มีความสนใจในการเผยแพร่ผลงานวิจัยในลักษณะบทความวิจัยด้านการเกษตรและอาหาร โดยครอบคลุมสาขาดังต่อไปนี้ เกษตรทั่วไป พืชศาสตร์ พืชไร่ พืชสวน ปฐพีวิทยา สัตวศาสตร์ วิทยาศาสตร์การอาหาร ภูมิทัศน์ ป่าไม้ วาริชศาสตร์ และกีฏวิทยา และขออนุญาตเชิญชวนผู้สนใจศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่ เว็บไซต์วารสารเกษตรและอาหาร มรวอ. <http://afj.vru.ac.th/> และส่งต้นฉบับบทความได้ที่อีเมล afj@vru.ac.th ตลอดทั้งปีโดยไม่มีค่าใช้จ่ายใดๆ

กองบรรณาธิการ

วารสารเกษตรและอาหาร มรวอ. (VRU Agricultural and Food Journal)

ปีที่ 3 ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน 2567

VOLUME 3 NUMBER 1 January-June 2024

บทความวิจัย

หน้า

- | | |
|--|-------|
| การประเมินเสถียรภาพการให้ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมในสภาพดินนาฤดูแล้ง
Evaluation for Yield Stability of Hybrid Maize on Paddy Field in Dry Season
ชัยวัฒน์ นันทโชติ, สาคร รจนัย, อรอนงค์ วรรณวงษ์, มลลณี ลิทธิ์ชา, เพ็ญรัตน์ เทียมเพ็ง
และ สุริพัฒน์ ไทยเทศ | 1-9 |
| ผลของการพรางแสงในโรงเรือนและการไม่พรางแสงในสภาพธรรมชาติต่อการเจริญเติบโต
ของผักโขมแดง (<i>Amaranthus tricolor</i> L.)
Effects of Shading in Greenhouse and Non-shading in Natural Conditions on
the Growth of Red Amaranth (<i>Amaranthus tricolor</i> L.)
ธนวัฒน์ บัววัน, สุธิมา พลศักดิ์, ธนภัทร เกสรราช และ สมภาพร เรืองสังข์ | 10-16 |
| ผลของปุ๋ยโพแทสเซียมต่อผลผลิตและคุณภาพแป้งของมันสำปะหลังที่ปลูกใน
ดินร่วนปนทราย จังหวัดกำแพงเพชร
Effect of Potassium Fertilizer on Yield and Starch Quality of Cassava in
Sandy Loam Soil at Kamphaeng Phet Province
สายน้ำ อุดพ้วย, จิณณจาร์ หาญเศรษฐสุข และ วลัยพร ศะศิประภา | 17-27 |

การประเมินเสถียรภาพการให้ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสม
ในสภาพดินนาฤดูแล้ง
Evaluation for Yield Stability of Hybrid Maize on Paddy Field
in Dry Season

ชัยวัฒน์ นันทโชติ^{1*}, สาคร รจนัย², อรอนงค์ วรรณวงษ์², มลลิส ลิทธิษา², เพ็ญรัตน์ เทียมเพ็ง³
และ สุริพัฒน์ ไทยเทศ⁴

Chaiyawat Nantachot^{1*}, Sakorn rodjanai², Orn-anong Wannawong²,
Malulee Sittisa², Penrat Thiempeng³ and Suriphat Thaitad⁴

¹ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ อ.ตากฟ้า จ.นครสวรรค์ 60190

¹Nakhon Sawan Field Crops Research Center, Tak Fa, Nakhon Sawan, 60190

²ศูนย์วิจัยพืชไร่อุบลราชธานี อ.สว่างวีระวงศ์ จ.อุบลราชธานี 31490

²Ubonratchathani Field Crops Research Center, Sawang Wirawong, Ubon Ratchathani, 31490

³ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเพชรบูรณ์ ต.เสด็จ อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ 67000

³Phetchabun Agricultural Research and Development Center, Mueang, Phetchabun, 67000

⁴สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพมหานคร 10900

⁴Field and Renewable Energy Crops Research Institute, Department of Agriculture, Bangkok 10900

*Corresponding author: Chaiyawat_sermod@hotmail.com

Received: 21 December 2023; Accepted: 27 February 2024; Published: 1 June 2024

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินเสถียรภาพการให้ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมที่ปลูกทดสอบในสภาพดินนาฤดูแล้ง โดยปลูกทดสอบข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมดีเด่น จำนวน 5 ลูกผสม ร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมที่เป็นพันธุ์การค้า จำนวน 5 พันธุ์ จำนวน 4 แปลง ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2564 ถึงเดือนเมษายน 2565 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก จำนวน 4 ซ้ำ จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลรวม พบว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมดีเด่นให้ผลผลิตเฉลี่ยระหว่าง 1,035-1,269 กิโลกรัมต่อไร่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมที่เป็นพันธุ์การค้า 1,152-1,401 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อวิเคราะห์เสถียรภาพตามวิธีของ Eberhart และ Russel พันธุ์ที่ดี และมีเสถียรภาพ ต้องมีผลผลิตสูง มีค่า b ไม่แตกต่างจาก 1 และค่า S²d ไม่แตกต่างจาก 0 คือพันธุ์ CP303 Pac789 NS5 และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมดีเด่น NSX152067 ตามลำดับ ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบกับ NS3 (1,152 กิโลกรัม/ไร่) ร้อยละ 10 - 22 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมดีเด่น NSX152067 มีลำดับความมีคุณค่าของพันธุกรรมด้อยกว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์ CP303 Pac789 และ NS5 แต่เหนือกว่าข้าวโพดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสม พันธุ์ NS3 NS4 และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมดีเด่นอื่นทุกลูกผสม ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมดีเด่น NSX152067 มีเสถียรภาพการให้ผลผลิตและเหมาะสมกับสภาพดินนาในฤดูแล้ง

คำสำคัญ: ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสม; สภาพนา; เสถียรภาพการให้ผลผลิต

ABSTRACT

The experiment has aimed to evaluate the yield stability of maize hybrids on paddy field in dry season. 5 elite maize hybrids compared to 5 commercial maize varieties in four locations during November 2021 - April 2022. The experimental design was RCBD with four

replications. The results from combined analysis showed that the elite maize hybrids yielding an average between 1,035-1,269 kg.rai-1 and 1,152-1,401 kg.rai-1 for the commercial hybrid maize varieties. The stability analyzed Eberhart and Russell method good and stability varieties must have high yields. The b are not different from 1 and the S²d are not different from 0, CP303 Pac789 NS5 and elite maize hybrid NSX152067 respectively, yielding 10 - 22% higher yields than check varieties NS3 (1,152 kg.rai-1). The order of desirable genotype of NSX152067 was inferior to CP303, Pac789 and NS5 but superior to NS3 NS4 and all other elite maize hybrids. NSX152067 has yield stability and suitable for paddy field in dry season.

Keywords: maize hybrid; paddy field; yield stability

คำนำ

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย เนื่องจากเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ ปี 2564/2565 ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 6.74 ล้านไร่ มีผลผลิต 4.89 ล้านตัน (Office of Agricultural Economics, 2022) แต่มีความต้องการข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในตลาดเฉลี่ยปีละ 7.95 ล้านตัน (Office of Agricultural Economics, 2018) ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ผลิตภายในประเทศมีปริมาณไม่เพียงพอความต้องการของตลาด เนื่องจากความต้องการใช้เพื่อเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์มีมากขึ้น ตามการขยายตัวของการเลี้ยงปศุสัตว์ (Department of Internal Trade, 2022) จึงมีการขยายพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในฤดูแล้งสภาพนาในเขตชลประทานตามพื้นที่ความเหมาะสมของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (Zoning) เพื่อให้สอดคล้องกับปริมาณความต้องการใช้ในประเทศ ตั้งแต่ปี 2557 ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ประมาณ 71.8 ล้านไร่ มีผลผลิตประมาณ 32.63 ล้านตัน ในขณะที่ความต้องการใช้ทั้งในประเทศและขายไปยังต่างประเทศเฉลี่ย 5 ปี ประมาณ 30.88 ล้านตัน ดังนั้นจึงเกิดผลผลิตส่วนเกิน 1.75 ล้านตัน (Office of Agricultural Economics, 2022) ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชไร่ที่มีศักยภาพปลูกในพื้นที่นาหลังเก็บเกี่ยวข้าวนาปี เนื่องจากมีอายุสั้น ประมาณ 100-110 วัน และใช้น้ำน้อยกว่าการทำนาประมาณ 2-3 เท่า ยังสามารถช่วยลดการแพร่ระบาดของแมลง และมีคุณภาพผลผลิตดีขึ้นปราศจากสารแอฟลาทอกซิน มีราคาดีเนื่องจากมีผลผลิตออกสู่ตลาดน้อย และผลผลิตสูงกว่าการปลูกในฤดูฝนประมาณ 15-20 % เนื่องจากสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมและการจัดการที่ดี และผลตอบแทนสูงกว่าการทำนา รวมทั้งเพิ่มปริมาณการผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการใช้บริโภคในประเทศ และส่งออกไปยังต่างประเทศ (Kongpob and Choosak, 2021) ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ดำเนินการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมอย่างต่อเนื่อง ได้สร้างข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมและคัดเลือกลูกผสมดีเด่นที่ผ่านการคัดเลือกในขั้นตอนต่างๆ จึงได้นำมาประเมินเสถียรภาพในการให้ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมดีเด่นในสภาพดินนา ซึ่งเป็นการประเมินพันธุ์ในสภาพแวดล้อมที่มีความหลากหลาย ซึ่งการประเมินผลผลิตของพืชที่ปลูกทดสอบในหลายสภาพแวดล้อมมีความสำคัญในการกำหนดพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน (Yan, 2001) ดังนั้น การพัฒนาพืชพันธุ์ใหม่ที่ให้ผลผลิตสูงและประสบความสำเร็จ พันธุ์พืชนั้นควรมีเสถียรภาพของผลผลิตในหลายสภาพแวดล้อม ปัจจุบันการวิเคราะห์ข้อมูลการทดสอบผลผลิตพันธุ์พืชในหลายสภาพแวดล้อมมีหลายตัววัด เช่น ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันของพันธุ์ (b) (Eberhart and Russel, 1966) หรือการวิเคราะห์อิทธิพลแบบผลบวกและปฏิสัมพันธ์แบบคูณ (AMMI) (Gauch, 1992) ที่นำมาประยุกต์ใช้ในการทดสอบเสถียรภาพผลผลิตข้าวโพดอย่างกว้างขวาง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินเสถียรภาพการให้ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมที่สามารถปรับตัวกับสภาพดินนาฤดูแล้งในแหล่งปลูกต่าง ๆ

อุปกรณ์และวิธีการ

สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

1. พันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมดีเด่น และพันธุ์การค้า จำนวน 10 พันธุ์ ประกอบด้วย NSX102005, NSX112017, NSX152016, NSX152067, NSX152097, NS4, NS5, Pac789, CP303 และ NS3 ที่ใช้เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ
2. ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0, 21-0-0 และ 15-15-15
3. สารเคมีควบคุมวัชพืช และแมลงศัตรูข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
4. วัสดุอุปกรณ์ใช้ในการปลูกและเก็บเกี่ยว

แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ

วิธีการ

หลังจากเก็บเกี่ยวข้าวประมาณเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม ไถเตรียมดินทันที ปลูกพันธุ์ละ 6 แถว ยาว 5 เมตร ระยะปลูก 75x20 เซนติเมตร หยอด 2 เมล็ด/หลุม หลังปลูกพ่นสารเคมีควบคุมวัชพืชอะทราซีนและอะลาคลอร์ อัตรา 200 กรัม+300 ซีซี/ไร่หลังขณะดินมีความชื้น พร้อมกับใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน เมื่อข้าวโพดอายุ 3 สัปดาห์ ถอนแยกเหลือ 1 ต้น/หลุม การปฏิบัติอื่น ๆ จัดการตามความเหมาะสม เก็บเกี่ยวเมื่อข้าวโพดอายุ 115-120 วัน เก็บเกี่ยว 4 แถวกลาง รวมพื้นที่เก็บเกี่ยว 15 ตารางเมตร/แปลงย่อย

การบันทึกข้อมูล

บันทึกข้อมูลผลผลิตเมล็ดเฉลี่ย ที่ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์ โดย คำนวณจาก

$$\text{ผลผลิตต่อไร่ (กก.)} = \frac{\text{น้ำหนักฝัก} \times 1,600 \times \text{เปอร์เซ็นต์กะเทาะ} \times (100 - \text{ความชื้นขณะเก็บเกี่ยว})}{\text{พื้นที่เก็บเกี่ยว} \times 100 \times (100 - \text{ความชื้นมาตรฐาน}^*)}$$

*ความชื้นมาตรฐานในการคำนวณผลผลิตต่อไร่ คือ 15 เปอร์เซ็นต์

การวิเคราะห์ข้อมูลความแปรปรวนของลักษณะที่ศึกษา เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) และวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม (combine analysis) โดยใช้โปรแกรม MSTAT-C และวิเคราะห์เสถียรภาพการให้ผลผลิตของพันธุ์ตามวิธีของ Eberhart and Russel (1966) โดยพันธุ์ที่มีเสถียรภาพดี ควรประกอบด้วย 3 ลักษณะคือ 1) มีค่าเฉลี่ยของผลผลิตสูง 2) มีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน (b) เท่ากับ 1 หรือไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 3) มีค่าความแปรปรวนเนื่องจากเบี่ยงเบนจากรีเกรสชัน (S^2_d) มีค่าน้อยที่สุดจนไม่มี และวิธี GGE-biplot ที่เสนอโดย Yan et al. (2000) โดยใช้โปรแกรม Plant Breeding Tools, Version 1.4 (IRRI, 2014)

สถานที่ดำเนินการแปลงนาเกษตรกร จำนวน 4 แปลง ได้แก่ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี อำเภอดงหลวง จังหวัดอุบลราชธานี และอำเภอศรีรัตน จังหวัดศรีสะเกษ ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2564 ถึงเดือนเมษายน 2565

ผลการทดลองและวิจารณ์

การประเมินผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมในสภาพนาฤดูแล้ง

การวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม (combined analysis of variance) ของผลผลิต พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) ของสภาพแวดล้อม (environment) (M.S. = 1712598**) พันธุกรรม (genotype) (M.S. = 255938**) และมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ของปฏิสัมพันธ์ระหว่าง พันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม (G x E interaction) (M.S. = 30714*) แสดงว่า สภาพแวดล้อม พันธุกรรม และ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม อิทธิพลต่อการให้ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสม (Table 1)

Table 1 Combined analysis of variance on grain yield across four environments.

SOV.	Df.	S.S.	M.S.
Environment(E)	3	5137794	1712598**
Genotype(G)	9	2303443	255938**
Block/E	12	167533	13961
GxE	27	829283	30714*
Error	108	1791442	16587
Total	159	10229495	

*, ** = Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

การประเมินผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมดีเด่นในสภาพนาฤดูแล้ง ทั้ง 4 สภาพแวดล้อม พบว่า พันธุ์ CP303 ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด 1,401 กิโลกรัม/ไร่ (Table 2) ซึ่งสูงกว่าพันธุ์ NS3 ที่มีผลผลิตเฉลี่ย 1,152 กิโลกรัม/ไร่ ถึง 22 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ Pac789 และพันธุ์ NS5 โดยให้ผลผลิตระหว่าง 1,367 – 1,389 กิโลกรัม/ไร่ พันธุ์ CP303 ให้ผลผลิตสูงที่สภาพแวดล้อม อำเภอมือง จังหวัดอุบลราชธานี (UBN1) และอำเภอมือง และอำเภอเดชอุดม จังหวัดอุบลราชธานี (UBN2) โดยมีผลผลิตเฉลี่ยทั้ง 4 สภาพแวดล้อม เท่ากับ 1,401 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งนอกจาก 3 พันธุ์ข้างต้นแล้วยังมีพันธุ์ลูกผสมดีเด่น NSX152067 ที่มีผลผลิตสูงกว่าค่าเฉลี่ยการทดลอง และมีผลผลิตแตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ NS3 โดยมีผลผลิตสูงกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ (Table 2)

การวิเคราะห์เสถียรภาพของพันธุ์ด้วยวิธีของ Eberhart and Russell (1966) พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน (b) ของพันธุ์ไม่แตกต่างจาก 1 ($P > 0.05$) ยกเว้นพันธุ์ NS3 ($b = 0.79^{**}$) โดยพันธุ์ที่มีค่า b เท่ากับ 1 จะเป็นพันธุ์ที่มีเสถียรภาพดี ในขณะที่ b มากกว่า 1 จะให้ ผลผลิตดีในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตต่ำกว่าค่าเฉลี่ยในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต (Eberhart and Russell, 1966) พันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงสุด CP303 ($b = 0.77^{ns}$) และรองลงมา Pac789 ($b = 1.04^{ns}$), NS5 ($b = 1.18^{ns}$) และ NSX152067 ($b = 0.89^{ns}$) เป็นพันธุ์ที่มีเสถียรภาพดีและให้ผลผลิตสูงกว่าค่าเฉลี่ยทั้ง 4 สภาพแวดล้อม (Table 2)

Table 2 Combined analysis of yield, regression coefficient (b) and standard deviation of (S^2d) of maize hybrids evaluated across four environments in the 2022 dry season.

Entry	Hybrid	Environment ¹				Average (kg./rai)	Relative Check (%)	b	S^2d
		PBN	UBN1	UBN2	SSK				
1	NSX102005	1,143b	781b	1,115bc	1,563b	1,150	100	1.08	0.18
2	NSX112017	1,178b	629c	987c	1,347c	1,035	90	1.06	0.08
3	NSX152016	1,229b	731bc	1,143bc	1,587ab	1,173	102	1.21	0.10
4	NSX152067	1,391ab	979ab	1,133bc	1,572b	1,269	110	0.89	1.14
5	NSX152097	1,256b	930ab	1,100c	1,576b	1,216	106	0.92	0.16
6	Pac789	1,576a	941ab	1,400ab	1,638ab	1,389	121	1.04	0.23
7	CP303	1,557a	1,019a	1,488a	1,541bc	1,401	122	0.77	0.30
8	NS3 (check)	1,216b	862b	1,116bc	1,412bc	1,152	100	0.79**	0.02
9	NS4	1,317b	855b	1,047c	1,582b	1,200	104	1.07	0.16
10	NS5	1,425ab	972ab	1,273b	1,799a	1,367	119	1.18	0.12
	Mean	1,329	870	1,273	1,329	1,235	107	-	-
	F-test	*	*	*	*	*			
	LSD (0.05)	194	138	164	213	87	-	-	-
	CV (%)	10.07	10.94	9.57	9.40	10.02	-	-	-

*,** = Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

¹Environment testing; PBN = Mueang District, Phetchabun province, UBN1 = Mueang District, Ubon Ratchthani province, UBN2 = Det Udom District, Ubon Ratchthani province, SSK = Si Rattana District, Sisaket province

การวิเคราะห์อิทธิพลหลักของพันธุกรรมบวกปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม (GGE)

ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพแวดล้อม (relationships among test environments) (Figure 1) วงกลมร่วมศูนย์กลางจากจุดกำเนิดช่วยวัดความยาวของเวกเตอร์ (vector) แต่ละสภาพแวดล้อม ซึ่งเป็นสัดส่วนกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ภายในของสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง และความยาวของเวกเตอร์บ่งบอกถึงความสามารถในการแยกแยะ (discriminating ability) การแสดงออกของพันธุกรรม ซึ่งสภาพแวดล้อมอำเภอเดชอุดม จังหวัดอุบลราชธานี (UBN2) มีความสามารถนี้มากที่สุด รองลงมา คือ สภาพแวดล้อม อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ (PBN) และ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี (UBN1) ตามลำดับ ในขณะที่สภาพแวดล้อมอำเภอศรีรัตนะ จังหวัดศรีสะเกษ (SSK) มีความสามารถนี้น้อยที่สุด มุมระหว่างเวกเตอร์แต่ละสภาพแวดล้อมอธิบายถึงแนวโน้มในการแสดงออกของพันธุกรรม สภาพแวดล้อมทั้งหมดทำมุมแหลม ($<90^\circ$) แสดงว่า การแสดงออกของพันธุกรรมของข้าวโพดหวานไปในทิศทางเดียวกัน

เมื่อพิจารณา Figure 2 จะเห็นว่าสภาพแวดล้อมอำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี (UBN1) เป็นสภาพแวดล้อมที่มีความใกล้เคียงตำแหน่งของสภาพแวดล้อมในอุดมคติ (ideal test environment) เนื่องจากมีมุมระหว่างเส้นเวกเตอร์สภาพแวดล้อมกับเส้น AEA เป็นมุมแคบ แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการเป็นตัวแทนที่ดี (representative) และมีเส้นเวกเตอร์สภาพแวดล้อมยาว แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการแยกแยะ (discriminating) พันธุกรรมได้ดี เป็นสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการใช้คัดเลือกพันธุ์ที่ปรับตัวได้ทั่วไป แต่ควรมีการทำให้ซ้ำเพื่อยืนยันความสามารถในการแยกแยะ (discriminating) (Yan and Tinker, 2006) และในขณะที่สภาพแวดล้อมอำเภอศรีรัตนะ จังหวัดศรีสะเกษ (SSK) เป็นสภาพแวดล้อมที่มีความสามารถในการ

แยกแยะพันธุ์กรรมได้ดี แต่เป็นตัวแทนของสภาพแวดล้อมไม่ดี จึงเหมาะต่อการคัดเลือกพันธุ์กรรมที่เฉพาะเจาะจงต่อสภาพแวดล้อมนั้นๆ

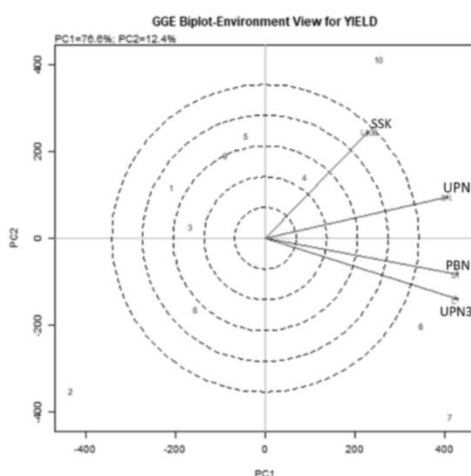


Figure 1 The GGE biplot-environment view show the discriminating ability and representativeness the test environments for yield.

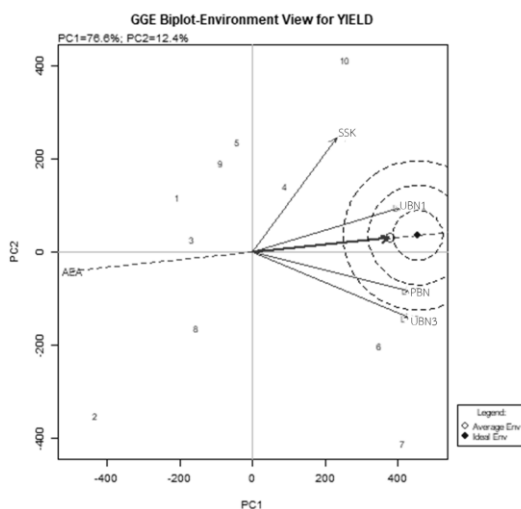


Figure 2 The GGE biplot-environment view show the discriminating ability and ideal test environment for yield.

จาก Figure 3 เส้นลูกศรหัวเดียวบนแกน AEA ชี้ให้เห็นถึงทิศทางการให้ผลผลิตเฉลี่ยทุกสภาพแวดล้อมของพันธุ์กรรม ข้าวโพดลูกผสมพันธุ์ CP 303 (G7) มีระยะทางห่างจากจุดตัดแกน AEA มากที่สุด คือ มีค่าเฉลี่ยผลผลิตจากทุกสภาพแวดล้อมมากที่สุด (1,401 กก./ไร่) (Table 2) รองลงมา คือ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์ PAC789 (G6) พันธุ์ NS5 (G10) และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมดีเด่น NSX152067 (G4) ตามลำดับ

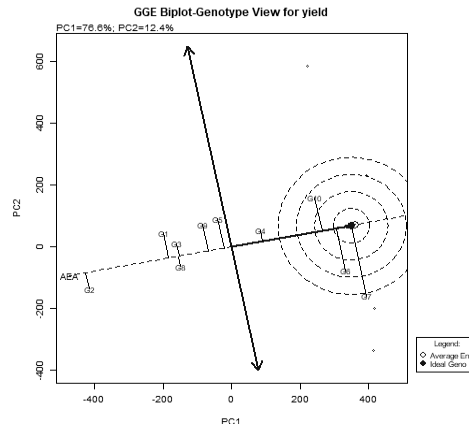


Figure 3 GGE biplot in yield shows the mean performance and stability of the 10 maize hybrids from 4 environment. G1=NSX102005, G2=NSX112017, G3=NSX152016, G4=NSX152067, G5=NSX152097, G6=Pa 789, G7=CP303, G8=NS3, G9=NS4, G10=NS5.

พันธุ์กรรมในอุดมคติ (ideal genotype) ต้องมีการแสดงออกทางพันธุ์กรรมสูง (high performance) และมีเสถียรภาพสูง (high stability) นั่นคือ ต้องมีตำแหน่งอยู่ห่างจากจุดตัดของแกน AEA และวงตัวอยู่บนเส้น AEA คือ ตำแหน่งของวงกลมเล็กที่บิใน Figure 3 ดังนั้น พันธุ์กรรมที่อยู่ใกล้ตำแหน่งของพันธุ์กรรมในอุดมคติจึงถือได้ว่าเป็นพันธุ์กรรมที่มีคุณค่า (desirable genotype) มากกว่าพันธุ์กรรมอื่นๆ (Yan and Tinker, 2006) จะเห็นได้ว่าพันธุ์กรรมที่มีคุณค่าในลักษณะการให้ผลผลิตมากที่สุด คือ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์ CP 303 (G7) ถึงแม้ว่าจะมีขนาดของความแปรปรวนในการให้ผลผลิตแต่มีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันไม่แตกต่างจาก 1.0 รองลงมา ได้แก่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์ PAC789 (G6) พันธุ์ NS5 (G10) และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมดีเด่น NSX152067 (G4) ตามลำดับ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมดีเด่น NSX152067 (G4) มีความแปรปรวนในการให้ผลผลิตน้อยที่สุด แสดงให้เห็นว่ามีคุณค่าของพันธุ์กรรม สอดคล้องกับ Yan and Tinker (2006) ได้กล่าวว่า พันธุ์กรรมที่มีเสถียรภาพสูงจะมีคุณค่าได้เมื่อมีการแสดงออกทางพันธุ์กรรมในลักษณะอื่นๆ สูงด้วย

การพิจารณาความเหมาะสมของพันธุ์ต่อสภาพแวดล้อมจากกราฟ Which-Won-Where biplot (Figure 4) Yan and Kang (2002) ได้แนะนำว่าเป็นประโยชน์ในการจำแนกหรือคัดเลือกพันธุ์ให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่มีความเกี่ยวข้องกับปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กรรมและสภาพแวดล้อมได้ดี และสามารถจัดกลุ่มความสัมพันธ์ของสภาพแวดล้อมได้ด้วย สภาพแวดล้อมถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน สภาพแวดล้อมอำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี (UBN1) และอำเภอศรีรัตนะ จังหวัดศรีสะเกษ (SSK) จัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์ NS5 มีความเหมาะสมต่อการให้ผลผลิตในสภาพแวดล้อมดังกล่าว ในขณะที่สภาพแวดล้อมอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ (PBN) และอำเภอเดชอุดม จังหวัดอุบลราชธานี (UBN2) จัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์ CP303 มีความเหมาะสมต่อการให้ผลผลิตที่ดังกล่าว

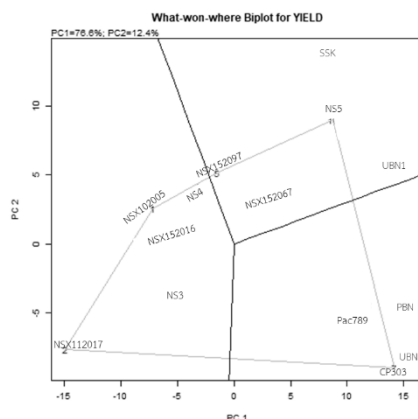


Figure 4 The which-won-where view of the GGE biplot show which genotypes performed best in which environments for yield.

สรุป

การประเมินผลผลิตและวิเคราะห์เสถียรภาพของผลผลิตพบว่า พันธุ์ CP 303 Pac 789 และพันธุ์ NS5 และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมดีเด่น NSX152067 มีเสถียรภาพในการให้ผลผลิตสูงในสภาพนาฤดูแล้ง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ศูนย์วิจัยพืชไร่อุบลราชธานี และศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตร เพชรบูรณ์ กรมวิชาการเกษตร ตลอดจนเกษตรกร เจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่สนับสนุนการทำงานวิจัยให้สำเร็จด้วยดี และกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) สนับสนุนงบประมาณเพื่อการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Department of Internal Trade. Maize coordinates 1 0 0 5 . 9 0 . 9 0 . 0 0 2 . Available from: URL:<https://api.dtn.go.th>, April 26, 2022.
- Eberhart, S.A. and W.L. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6: 36-40.
- Gauch, H.G. 1992. Statistical analysis of regional yield trials. AMMI analysis of factorial designs. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands 53-110.
- IRRI. 2014. PBTools, version 1.4. Biometrics and Breeding Informatics, PBGB Division, International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna
- Kongpob S. and C. Jompuk. 2021 Development of field corn hybrids using line x tester method for growing on irrigated rice fields in the Dry Season. *In Proc. 59th Kasetsart University Annual Conference: Plants, Animals, Veterinary Medicine, Fisheries, Agricultural Extension and Home Economics*, Bangkok, National Research Council of Thailand, Bangkok (Thailand), 2021. หน้า 56-63 Mach 2021. 56-63. (in Thai)

- Office of Agricultural Economics. 2018. Production and marketing situation. Available from: <https://www.moac.go.th/news-preview-401491791323>, February 2, 2018.
- Office of Agricultural Economics. 2022. Agricultural economic data. Available from: URL:<http://www.oae.go.th>, February 2, 2022.
- Yan,W.,Hunt,L. A., Sheng, Q.and Szlavics,Z. 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigation basedon the GGE biplot. Crop science,40(3),597-605.
- Yan, W. 2001. GGE biplot–a Windows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types of two-way data. Agron. J. 93: 1111-1118.
- Yan, W. and M. S. Kang. 2002. GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Yan, W. and N.A. Tinker. 2006. Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications. Can. J. Plant Sci. 86: 623-645.

ผลของการพรางแสงในโรงเรือนและการไม่พรางแสงในสภาพธรรมชาติ
ต่อการเจริญเติบโตของผักโขมแดง (*Amaranthus tricolor* L.)

Effects of Shading in Greenhouse and Non-shading in Natural
Conditions on the Growth of Red Amaranth (*Amaranthus tricolor* L.)

ธนวัฒน์ บัววัน¹, สุธิมา พลศักดิ์¹, ธนภัทร เกสรราช¹ และ สมภาพร เรืองสังข์^{2*}

Tanawat Buawan¹, Sutima Polsak¹, Thanapat Grasornraj¹ and

Samaporn Ruangsanka^{2*}

¹นักศึกษา หลักสูตรเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์
จังหวัดปทุมธานี 13180

¹Student, Agriculture Program, Faculty of Agricultural Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University
under the Royal Patronage, Pathum Thani, 13180

²ผู้ช่วยศาสตราจารย์ หลักสูตรเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
จังหวัดปทุมธานี 13180

²Assistance Professor, Agriculture Program, Faculty of Agricultural Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat
University under the Royal Patronage, Pathum Thani, 13180

*Corresponding author: samaporn@vru.ac.th

Received: 18 March 2024; Accepted: 20 May 2024; Published: 1 June 2024

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักโขมแดงที่ปลูกในโรงเรือนเมื่อมีการพรางแสงและปลูกในสภาพธรรมชาติไม่พรางแสง โดยปลูกเมล็ดผักโขมแดงในกระถางด้วยวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของดิน แกลบดำ มูลวัว มูลไก่ ขุยมะพร้าวและแกลบเหลือทิ้ง หมักรวมกันในอัตราส่วน 7:2:1:4:2:3 ประกอบด้วย 2 กรรมวิธีคือ 1) พรางแสงด้วยซาแรนสีดำ 50% ในโรงเรือน และ 2) ไม่พรางแสง ภายใต้สภาพธรรมชาติ รดน้ำเข้าเย็น เป็นเวลา 4 สัปดาห์ก่อนเก็บเกี่ยว ผลการทดลองพบว่า ผักโขมแดงที่ปลูกในกรรมวิธีที่ 2 ภายใต้สภาวะธรรมชาติซึ่งไม่มีการพรางแสง มีการเจริญเติบโตดีกว่าผักโขมแดงที่ปลูกในกรรมวิธีที่ 1 โดยมีความสูงต้น เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และจำนวนใบมากกว่าผักโขมแดงที่ปลูกโดยมีการพรางแสงของกรรมวิธีที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) แต่การพรางแสงไม่ส่งผลต่อพื้นที่ใบ และค่าสี R G B ของใบ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผักโขมแดงที่ปลูกโดยไม่มีการพรางแสงมีลำต้นสูง 19.70 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น 5.78 เซนติเมตร น้ำหนักสด 21.86 กรัม น้ำหนักแห้ง 2.56 กรัม และจำนวนใบ 10.75 ใบ มีค่าสี R G B เท่ากับ 109.20, 65.00, 71.65 ตามลำดับ ทำให้ใบและลำต้นมีลักษณะภายนอกสีแดงเข้มกว่าผักโขมแดงที่ปลูกในกรรมวิธีที่ 1

คำสำคัญ: ผักโขมแดง (*Amaranthus tricolor*); พรางแสง; โรงเรือน; สภาพธรรมชาติ

ABSTRACT

The objective of this experiment was to compare the growth of red amaranth grown in a greenhouse with shading and grown under natural conditions without shading. Red amaranth seeds were grown in pots with planting material that was a fermented mixtures of soil, black

rice husks cow manure, chicken manure, coconut husks and yellow rice husks with ratio 7:2:1:4:2:3. There were 2 treatments including 1) shading with 50% black salan in the greenhouse and 2) no shading under natural conditions The seeds were watered in the morning and evening for 4 weeks before harvesting. The results of the experiment found that red spinach grown in the treatment 2 under natural conditions without shading grew better than that of red spinach grown in method 1, with a more plant height. stem diameter, fresh weight, dry weight, and number of leaves, which were significantly greater than red amaranth grown with shading in treatment 1 ($P < 0.01$), but shading did not affect leaf area and R G B color value of the leaves, which were not significantly different. Red spinach grown without shading had a stem height of 19.70 centimeters, a stem diameter of 5.78 centimeters, a fresh weight of 21.86 grams, a dry weight of 2.56 grams, and a number of leaves of 10.75. Its color value R G B were equal to 109.20, 65.00 and 71.65, respectively. The exterior characteristic of leaves and stems had a darker red color than red spinach grown in method 1.

Keywords: red amaranth (*Amaranthus tricolor*); shading; greenhouse; natural conditions

คำนำ

ผักโขม (amaranth) เป็นพืชเศรษฐกิจของหลายประเทศโดยเฉพาะประเทศในแถบยุโรปและอเมริกาใต้ แต่ละท้องถิ่นมีความนิยมบริโภคผักโขมแตกต่างกันทั้งชนิดและรูปแบบ เช่น ผักโขมชนิด *Amaranthus tricolor* นิยมบริโภคในเขตเอเชีย ส่วน *A. hybridus* นิยมบริโภคในเขตทวีปแอฟริกา และ *A. cruentus* นิยมบริโภคในเขตทวีปอเมริกาใต้ (Benjawan et. al., 2019) ในประเทศไทยบริโภคผักโขมทั้งแบบกินใบและต้นอ่อน ผักโขม โดยนำมาทำผักสลัด แกงเลียง ผัดผัก ผักโขมมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะโปรตีนปริมาณสูง มีกรดอะมิโนครบทุกชนิด ผักโขมมีหลายชนิด เช่น ผักโขมเขียว ผักโขมจีน และผักโขมแดง ชื่อวิทยาศาสตร์ของผักโขมแดง คือ *Amaranthus tricolor* L. และชื่อสามัญคือ Red Amaranth เป็นผักบริโภคใบและยอดอ่อน ใบมีสีแดงอมม่วง อุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิด ได้แก่ แอนโทไซยานิน ฟลาโวนอยด์ สารประกอบฟีนอล จากการศึกษพบว่า ผักโขมแดง (*A. tricolor*) มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และมีสารพฤกษเคมีสำคัญหลายชนิด ดังนี้ โปรตีน 26.60% ไขมัน 4.49% เส้นใย 6.67% คาร์โบไฮเดรต 39.80% โพแทสเซียม 1080.02 mg/100gDW และมีแคลเซียม โซเดียมและเหล็ก กรดอะมิโนที่พบมากคือ glutamic acid 23.61 mg/g ปริมาณฟีนอลทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระทั้งหมด มีค่า 30.27 mg (gallic acid equivalent) 16.75 mg (quercetin equivalent) และ 62.91 mg (ascorbic acid equivalent) ตามลำดับ รวมถึงแคโรทีน 15.37 mg/100g (Jahan et. al., 2022)

การปลูกผักโขมแดง ควรปลูกในสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโต และมีการจัดการดิน น้ำ ปุ๋ย และแสงให้เพียงพอ แสงเป็นปัจจัยของสภาพแวดล้อมที่สำคัญ ในการควบคุมพัฒนาการ และการเจริญเติบโตของพืช การเจริญเติบโตและผลผลิตพืชมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับปริมาณของแสงที่พืชได้รับ ในช่วงของการเจริญเติบโต Kaewthongrach and Yingjajaval (2009) ศึกษาศักยภาพการสังเคราะห์แสงของ ใบผักโขม *Amaranthus tricolor* ซึ่งเป็นพืชใบเลี้ยงคู่ที่มีการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์แบบ C4 โดยวัดการตอบสนองต่อแสง ประสิทธิภาพการใช้แสง ของผักโขมใบสีเขียว 2 สายพันธุ์ และผักโขมใบสีแดง 2 สายพันธุ์ พบว่า ผักโขมทั้ง 4 สายพันธุ์อายุ 8-10 วันหลังจากใบเริ่มคลี่ มีอัตราสังเคราะห์แสงรวมสูงสุด (P_m) อยู่ในช่วง 49-66 $\text{mmolCO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ มีจุดความเข้มแสงอิ่มตัวสูงถึง 1,000 $\text{mmolPPF m}^{-2} \text{s}^{-1}$ อัตราเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนสูงสุดทั้งระบบมีค่าในช่วง 181-212 $\text{mmolE m}^{-2} \text{s}^{-1}$ มีค่านำไหลปากใบสูงสุด อยู่ในช่วง 386-559 mmolH_2O

$\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ มีจุดชดเชย CO_2 เข้าใกล้ศูนย์ และมีค่าประสิทธิภาพการบวกลดของ CO_2 อยู่ในช่วง $475\text{--}577 \text{ mmolCO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ใบผักโขมใช้ปริมาณอิเล็กตรอนต่อหนึ่งหน่วย CO_2 ที่ตรึงได้ต่ำอยู่ที่ $3.3\text{--}4.1 \text{ molE mol}^{-1}\text{CO}_2$ ผักโขมใบสีเขียวสายพันธุ์ AS220 มีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดีที่สุด จึงเป็นสายพันธุ์ที่มีศักยภาพของการสังเคราะห์แสงที่สูงและสูงกว่าอีก 3 สายพันธุ์

การปลูกพืชในสภาพโรงเรือนที่ไม่มีระบบควบคุมอุณหภูมิ มีข้อเสียคือ โรงเรือนที่ได้รับแสงอาทิตย์ตามปกติ จะเกิดความร้อนอบอ้าวภายในโรงเรือนด้วย ส่งผลให้พืชที่ปลูกในโรงเรือนเจริญเติบโตได้ไม่เต็มที่ การให้น้ำจะเกิดปัญหา น้ำระเหยเร็ว สามารถลดปัญหาอุณหภูมิสูงภายในโรงเรือนได้ด้วยการพ่นหมอก พัดลมระบายอากาศ และการพรางแสง เมื่อความเข้มแสงลดลงจากสภาพปกติตามธรรมชาติ ย่อมทำให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนที่มีการพรางแสงลดลงด้วย ผักโขมต้องการแสงในปริมาณที่เหมาะสมเพื่อใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง สร้างอาหารให้เพียงพอต่อการเจริญเติบโต งานวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเปรียบเทียบผลการเจริญเติบโตของผักโขมแดงในกระถางเมื่อปลูกในโรงเรือนที่มีการพรางแสงและปลูกภายใต้สภาพธรรมชาติไม่มีการพรางแสง เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการแสงให้เหมาะสมสำหรับการผลิตผักโขมแดงเพื่อบริโภคและผลิตเพื่อการค้าต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตทางลำต้น พื้นที่ใบ และสีของใบผักโขมแดงที่ปลูกในโรงเรือนเมื่อมีการพรางแสงและปลูกในสภาพธรรมชาติไม่พรางแสง

อุปกรณ์และวิธีการ

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ Completely Randomized Design; CRD แบ่งออกเป็น 2 กรรมวิธี (Treatment; T) กรรมวิธีละ 10 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ต้น ดังนี้

T1 = พรางแสงด้วยซาแรนสีดำ 50% ในโรงเรือน

T2 = ไม่พรางแสง ภายใต้สภาพธรรมชาติ

ขั้นตอนการทดลอง

1. การเตรียมวัสดุปลูก

1) เตรียมวัสดุปลูก ที่มีส่วนประกอบของ ดิน 7 ส่วน แกลบดำ 2 ส่วน มูลวัว 1 ส่วน มูลไก่ 4 ส่วน ขุยมะพร้าว 2 ส่วน แกลบเหลือง 3 ส่วน (สัดส่วนโดยปริมาตร) ผสมเข้าด้วยกัน แล้วหมักไว้ 20 วัน โดยรดน้ำทุกวัน เข้า-เย็น

2) บรรจุดินลงกระถางขนาด 4 นิ้ว หยอดเมล็ดผักโขมแดง (ยี่ห้อเจียไต๋ จากร้าน Thaiseedonline) กระถางละ 3 เมล็ด

3) วางกระถางผักโขมแดงกรรมวิธีที่ 1 ไว้ในโรงเรือนที่มีการพรางแสงด้วยซาแรน 50% และวางกระถางผักโขมแดงกรรมวิธีที่ 2 ไว้นอกโรงเรือน ภายใต้สภาวะธรรมชาติ ไม่มีการพรางแสง รดน้ำทุกวัน เข้า-เย็น

4) เมื่อผักโขมแดงอายุ 7 สัปดาห์หลังปลูก ทำการเก็บเกี่ยวต้นโขมแดงทั้งต้นรวมราก นำไปเก็บข้อมูลการเจริญเติบโต

2. ศึกษาการเจริญเติบโตของผักโขมแดง

1) ความสูงต้น วัดตั้งแต่ส่วนโคนลำต้นเหนือพื้นดินจนถึงปลายยอด ด้วยไม้บรรทัด

2) เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น วัดเหนือพื้นดินที่ระดับ 5 เซนติเมตร โดยใช้เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์

3) จำนวนใบ นับใบที่พัฒนาเป็นใบที่สมบูรณ์ที่ขนาดยาวตั้งแต่ 4 เซนติเมตรเป็นต้นไป

- 4) พื้นที่ใบ ใช้วิธีการวัดแบบ leaf outline โดยวาดรูปใบตามเส้นขอบใบลงบนกระดาษกราฟ แล้วนับช่องตารางพื้นที่ใบ มีหน่วยเป็นตารางเซนติเมตร
- 5) น้ำหนักสด นำส่วนเหนือดินและรากของผักโขมแดงซึ่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง
- 6) น้ำหนักแห้ง นำส่วนเหนือดินและรากของผักโขมแดงอบด้วยตู้อบลมร้อน 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วัน จากนั้นนำออกผึ่งให้คายความร้อนแล้วนำไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง
- 7) สีของใบ วัดค่าสี R G B ต้นละ 3 ใบ ด้วย application: colorimeter Lab Tool

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ โดยหาค่าความแปรปรวนของข้อมูลด้วยวิธี Analysis of Variance; ANOVA

ผลการทดลอง

การปลูกผักโขมแดงภายใต้การควบคุมทั้ง 2 กรรมวิธี พบว่า ผักโขมแดงมีการเจริญเติบโตแตกต่างกัน (ภาพที่ 1) โดยผักโขมแดงที่ปลูกในกรรมวิธีที่ 2 ซึ่งปลูกในสภาพธรรมชาติไม่มีการพรางแสง ทำให้ต้นผักโขมแดงมีความสูงต้น เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง มากกว่าผักโขมแดงที่ปลูกโดยมีการพรางแสงของกรรมวิธีที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) (Table 1)



Figure 1 Red amaranth 7 weeks after planting: shading (left), without shading (right).

Table 1 Growth of red amaranth after being camouflaged with sun shade net inside the greenhouse and not shading in natural conditions

Treatment	Stem height (cm.)	Stem diameter (mm)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)
Shading	16.34±1.41 ^b	3.44±0.64 ^b	7.91±2.81 ^b	0.66±0.22 ^b
No shading	19.70±2.62 ^a	5.78±1.45 ^a	21.86±6.83 ^a	2.56±0.95 ^a
F-test	**	**	**	**
C.V. (%)	11.68	24.32	34.99	43.09

Note: different superscript alphabets in the same column refer to significantly statistic different means at $p < 0.01$

เมื่อปลูกผักโขมแดงในกรรมวิธีต่างกัน ส่งผลให้มีจำนวนใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P < 0.01$ แต่ไม่ส่งผลต่อพื้นที่ใบ และค่าสี R G B ของใบ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงข้อมูลใน Table 2

Table 2 Growth and color of red amaranth leaf.

Treatment	Leaf number (leaves)	Leaf area (cm ²)	Leaf color		
			R	G	B
Shading	8.50±1.65 ^b	70.06±24.86	104.40±15.64	82.13±21.32	69.60±12.39
No shading	10.75±0.72 ^a	98.24±37.69	109.20±33.90	65.00±27.48	71.65±30.00
F-test	**	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	13.22	37.94	24.72	33.43	32.50

Note: different superscript alphabets in the same column refer to significantly statistic different means at $p < 0.01$, ns refers to non-significantly statistic different means ($P > 0.05$)

วิจารณ์

การพร่างแสง

การวิจัยครั้งนี้พบว่า การพร่างแสงด้วยซาแรนสีดำภายในโรงเรือน 50% ทำให้ผักโขมแดงเจริญเติบโตน้อยกว่าผักโขมแดงที่เพาะปลูกภายใต้สภาพธรรมชาติ ทางด้านความสูงต้น เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และจำนวนใบ ($P < 0.01$) สอดคล้องกับงานวิจัยในโพลและหญ้ารีแพร์ โดยการศึกษาในโพล พบว่า เมื่อมีการพร่างแสง 50%, 70% และ 50% สองชั้น จะทำให้โพลมีความสูงพุ่มต้น จำนวนใบ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นเทียม จำนวนหน่อ จำนวนห่วยย่อย ขนาดหัว น้ำหนักหัว และปริมาณสารเคอร์คูมินในหัว ลดลงตามระดับของการพร่างแสงที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่การไม่พร่างแสงให้ผลดีที่สุดในการส่งเสริมการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณสารเคอร์คูมินในหัวโพล การผลิตโพลให้ได้ผลผลิตและปริมาณสารสำคัญสูงควรปลูกต้นโพลในสภาพกลางแจ้ง (Suthon, 2019) ส่วน Detpiratmongkol (2018) ศึกษาผลของการพร่างแสงที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของหญ้ารีแพร์ (*Centotheca lappacea* (L.) Desv.) พบว่า การพร่างแสงที่ 0, 20%, 50%, 60% และ 80% ทำให้หญ้ารีแพร์พันธุ์ปราจีนบุรีมีความสูงของลำต้น น้ำหนักลำต้นแห้ง และน้ำหนักแห้งรวมมีค่ามากกว่าหญ้ารีแพร์พันธุ์นครศรีธรรมราช ส่วนการพร่างแสงให้แก่หญ้ารีแพร์แตกต่างกัน มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของหญ้ารีแพร์ หญ้ารีแพร์ที่ปลูกโดยไม่มีการพร่างแสง มีน้ำหนักลำต้นและใบแห้ง และน้ำหนักแห้งรวมมีค่ามากที่สุด แต่ความสูงของลำต้น น้ำหนักลำต้นและใบแห้ง และน้ำหนักแห้งทั้งหมดมีค่าต่ำสุด

เมื่อมีการพรางแสงให้กับหญ้ารูปร่าง 80% ซึ่งมีค่าน้อยกว่าการพรางแสงให้กับหญ้ารูปร่างที่ระดับ 60, 50 และ 20% ตามลำดับ

นอกจากนี้มีการศึกษาผลของการพรางแสงต่อสารสำคัญในผักโขมแดง ดังงานวิจัยของ Khandaker, Ali and Oba (2008) พบว่าผักโขมแดงที่ปลูกโดยได้รับแสงอาทิตย์เต็มที่ที่ไม่มีการพรางแสง มีสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระในใบมากกว่าผักโขมแดงที่ปลูกโดยมีการพรางแสง ส่วน Areesrisom *et al.* (2018) ศึกษาผลของการพรางแสงระหว่างการเพาะปลูกต่อปริมาณคลอโรฟิลล์และสาร 2-Acetyl-1-Pyrroline ของใบเตยหอม โดยพรางแสงเตยหอมที่ระดับ 0, 50%, 60% และ 70% พบว่า เตยหอมที่ปลูกภายใต้ตาข่ายพรางแสง 50%, 60% และ 70% อายุ 60 วัน มีปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบสูงกว่าเมื่อปลูกแบบไม่พรางแสง คือ 0.89, 0.77 และ 0.84 มิลลิกรัม/กรัมพืชสด ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณสารให้กลิ่นหอม (2-acetyl-1-pyrroline; 2AP) ในใบเตยหอมจะเพิ่มขึ้นเมื่อปลูกในสภาวะที่การพรางแสงลดลง สอดคล้องกับการทดลองครั้งนี้ เมื่อปลูกโดยพรางแสง ผักโขมแดงมีค่าสี G (green) สูงกว่าที่ปลูกแบบไม่พรางแสงเล็กน้อย นั่นคือ 82.13 และ 65.00 (ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ) และมองด้วยตาเปล่าจะเห็นใบมีสีเขียวปนแดง และสีแดงตามลำดับ (ภาพที่ 1)

กรณีสีของชาแรนพรางแสงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช มีการศึกษาเปรียบเทียบผลของการใช้ตาข่ายพรางแสงสีเหลือง สีดำ และไม่พรางแสง ต่อการเจริญเติบโตของผักโขมเขียว (*Amaranthus viridis* L.) พบว่าผักโขมเขียวที่ปลูกโดยมีการพรางแสงด้วยตาข่ายสีเหลืองมีการเจริญเติบโตมากที่สุด คือ มีลำต้นสูง 4.11 ซม. จำนวนใบ 7 ใบ น้ำหนักแห้ง 18.58 มิลลิกรัม จึงเหมาะสมที่จะใช้ตาข่ายสีเหลืองเพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตผักโขมเขียว (Sabri, Lob and Ibrahim, 2020)

สรุป

ผลการทดลองครั้งนี้ทำให้เห็นว่าการปลูกผักโขมภายใต้สภาพธรรมชาติ ไม่มีการพรางแสง สามารถให้ผลผลิตผักโขมที่มีการเจริญเติบโตทางลำต้นงอกงามกว่าการปลูกในโรงเรือนที่มีการพรางแสงด้วยชาแรนสีดำ 50% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะมีจำนวนใบมากและใบมีขนาดใหญ่ซึ่งเป็นส่วนที่นำไปบริโภค และการมีสีแดงเข้มทำให้มีสารพฤกษเคมีสำคัญหลายชนิดที่ออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในปริมาณมาก จึงควรปลูกผักโขมแดงในที่โล่งแจ้ง ซึ่งจำเป็นต้องมีการศึกษาปริมาณสารพฤกษเคมีสำคัญเพิ่มเติมเพื่อยืนยันข้อมูล

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

ผลการวิจัยครั้งนี้ ทำให้ทราบว่า สามารถปลูกผักโขมแดงในสภาวะธรรมชาติหรือกลางแจ้งได้ หากปลูกในโรงเรือนไม่ควรพรางแสง จะทำให้มีการเจริญเติบโตทางลำต้นได้ดี กรณีโรงเรือนได้รับแสงเต็มที่ที่สามารถลดอุณหภูมิได้ด้วยการพ่นหมอก (ไอน้ำ) หรือรดน้ำที่พื้นโรงเรือนเพื่อระบายความร้อนแทนการพรางแสง

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

งานวิจัยครั้งต่อไปควรทดสอบผลของการใช้ชาแรนพรางแสงสีเทาเงิน สีขาว สีเขียว สีแดง และสีน้ำเงิน ที่ระดับเปอร์เซ็นต์การพรางแสงต่างกัน ซึ่งอาจทำให้ผักโขมยังคงได้รับแสงมากแต่ลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนหรือนอกโรงเรือนได้ และควรศึกษาปริมาณสารพฤกษเคมีสำคัญในใบผักโขมแดงเพื่อเปรียบเทียบผลจากปัจจัยด้านแสงให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- Areesrisom, P., Toakaenchan, N., Kawaree, R., Thonnalak, T. and Areesrisom, K. (2018). Effects of shading during cultivation on chlorophyll and 2- acetyl-1-pyrroline contents of *Pandanus amaryllifolius* Roxb. Leaves. *Journal of Agriculture* 34(3): 353-362.
- Benjawan, L., Promdang, S., Sukkhaeng, S. and Doung-ngern, U. (2019). Growth characteristics, protein, fiber and chlorophyll contents of eight amaranth cultivars. *Agricultural Science and Management Journal* 2(3): 84-93.
- Detpiratmongkol, S. (2018). Effects of shading on growth and yield of barbed grass (*Centotheca lappacea* (L.) Desv.). *Khon Kaen Agriculture* 46 (supplement1): 501-507.
- Jahan, F., Bhuiyan, Md. N. H., Islam, Md. J., Ahmed, S., Hasan, Md. S., Bashera, M. A., Waliullah, Md., Chowdhury, A. N., Islam, Md. B., Saha, B. K., and Moulick, S. P. (2022). *Amaranthus tricolor* (red amaranth), an indigenous source of nutrients, minerals, amino acids, phytochemicals, and assessment of its antibacterial activity. *Journal of Agriculture and Food Research*, 10 (100419), 1-7.
- Kaewthongrach, R. and Yingjajaval, S. (2009). Leaf photosynthetic potential of *Amaranthus tricolor*. *Agricultural Science Journal* 40(3): 401-410.
- Khandaker, L., Ali, Md. B. and Oba, S. (2008). Total polyphenol and antioxidant activity of red amaranth (*Amaranthus tricolor* L.) as affected by different sunlight level. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 77(4): 395-401.
- Sabri, S. M., Lob, S. and Ibrahim, N. F. (2020). Effect of photo-selective netting on growth development of green amaranth (*Amaranthus viridis* L.). *Universiti Malaysia Terengganu Journal of Undergrauate Research* 2(3):67-72.
- Suthon, W. (2019). Effect of shading on growth, yield and curcumin content of *Zingiber montanum* [Koenig] Link ex Dietr. *Srinakharinwirot University Journal of Science and Technology* 11(22): 146-156.

ผลของปุ๋ยโพแทสเซียมต่อผลผลิตและคุณภาพแป้งของมันสำปะหลัง ที่ปลูกในดินร่วนปนทราย จังหวัดกำแพงเพชร

Effect of Potassium Fertilizer on Yield and Starch Quality of Cassava in Sandy Loam Soil at Kamphaeng Phet Province

สายน้ำ อุดพวย^{1*}, จินณจาร์ หาญเศรษฐสุข² และ วลัยพร ศะศิประภา³
Sainam Uduay^{1*}, Jinnaja Hansethasuk² and Walaiporn Sasiprapa³

¹กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10900

¹Agricultural Production Sciences Research and Development Office, Department of Agriculture,
Bangkok, 10900

²ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง กรมวิชาการเกษตร ระยอง 21150

²Rayong Field Crops Research Center, Department of Agriculture, Rayong, 21150

³ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10900

³Information and Communication Technology Center, Department of Agriculture, Bangkok, 10900

*Corresponding author: sainam.uduay@gmail.com

Received: 1 April 2024; Accepted: 23 May 2024; Published: 1 June 2024

บทคัดย่อ

โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารหลักที่มีความสำคัญต่อการขนส่งคาร์โบไฮเดรต การเพิ่มปริมาณแป้งช่วยเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลัง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมต่อผลผลิตและคุณภาพแป้งของมันสำปะหลังในดินร่วนปนทราย อำเภอชาณุวรลักษบุรี จังหวัดกำแพงเพชร วางแผนการทดลองแบบ split plot in RCB จำนวน 4 ซ้ำ ปัจจัยหลัก คือ พันธุ์มันสำปะหลัง ได้แก่ (1) สายพันธุ์ CMR 53-106-24 และ (2) พันธุ์ระยอง 15 ปัจจัยรอง คือ อัตราปุ๋ยโพแทสเซียม ได้แก่ (1) 16 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ (อัตราปุ๋ยโพแทสเซียม 1 เท่าของคำแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินเป็นกรรมวิธีควบคุม) (2) 24 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ และ (3) 32 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ โดยใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยฟอสฟอรัสตามค่าวิเคราะห์ดิน คือ 16 กิโลกรัม N ต่อไร่ และ 8 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ในทุกกรรมวิธี ผลการศึกษา พบว่า พันธุ์มันสำปะหลังไม่มีปฏิสัมพันธ์กับอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมต่อผลผลิตและคุณภาพแป้ง แต่การใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมทำให้ผลผลิตหัวสด ผลผลิตแป้งและดัชนีเก็บเกี่ยวแตกต่างกันทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 24 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ ให้ผลผลิตหัวสด ผลผลิตแป้ง และดัชนีการเก็บเกี่ยวสูงสุด และเมื่อพิจารณาผลตอบแทนทางเศรษฐกิจหลังหักค่าปุ๋ยแล้ว พบว่า มันสำปะหลังสายพันธุ์ CMR 53-106-24 และพันธุ์ระยอง 15 ควรใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม ในอัตรา 24 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ ดังนั้น การปลูกมันสำปะหลังสายพันธุ์ CMR 53-106-24 และพันธุ์ระยอง 15 การใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำในอัตรา 16-8-24 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ เป็นวิธีการที่เหมาะสมต่อการผลิตมันสำปะหลังในดินร่วนปนทราย จังหวัดกำแพงเพชร

คำสำคัญ: ธาตุโพแทสเซียม; พันธุ์ระยอง 15; อัตราปุ๋ยตามคำแนะนำ; ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

ABSTRACT

Potassium plays a crucial role as a macronutrient in facilitating carbohydrate transport, enhancing the starch content, and promoting cassava yield. The objective of this study was to investigate the effect of potassium fertilizer on yield and starch content of cassava in sandy

loam soil at Kamphaeng Phet province. The experimental design was split plot in RCB with 4 replications. Main plots comprised of CMR 53–106–24 and Rayong 15 cassava varieties. Sub plots were three levels of potassium fertilizers base on soil test: (1) 16 kg K_2O/rai (the recommended rate based on soil test as control treatment) (2) 24 kg K_2O/rai and (3) 32 kg K_2O/rai , and all treatment were applied to nitrogen and phosphorus fertilizer based on soil test at 16 kg N/rai and 8 kg P_2O_5/rai , respectively. The result showed that the interaction effect of cassava variety and potassium fertilizer was not significant on yield and starch quality. The application of 24 kg K_2O/rai of potassium fertilizer resulted in the highest yields of fresh tubers, starch yield, and harvest index. To achieve a favorable yield while taking into account the cost of fertilizer, it is recommended to apply potassium fertilizer at a rate of 24 kg K_2O/rai to the cassava varieties CMR 53–106–24 and Rayong 15. Therefore, growing of CMR 53–106–24 and Rayong 15 and fertilizing at the recommended rate of 16–8–24 kg N– P_2O_5 – K_2O/rai was suitable practice for cassava production in sandy loam soil at Kamphaeng Phet province.

Keywords: Potassium; Rayong 15; Fertilizer recommended rate; Economic return

คำนำ

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* (L.) Crantz) เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยผลผลิตมันสำปะหลังเข้าสู่กระบวนการแปรรูปเป็นแป้งมันสำปะหลัง มันเส้นและเอทานอล เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่อเนื่อง จากสถิติการเกษตรของประเทศไทยของ Office of Agricultural Economics (2023) พบว่า ปีเพาะปลูก 2564/2565 พื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังทั่วประเทศ 9.9 ล้านไร่ มีผลผลิต เฉลี่ย 3,434 กิโลกรัมต่อไร่ และคิดเป็นผลผลิตหัวสดรวมทั้งสิ้น 34.07 ล้านตัน โดยจังหวัดที่เป็นแหล่งปลูกที่สำคัญ ได้แก่ นครราชสีมา กำแพงเพชร ชัยภูมิ กาญจนบุรี และอุบลราชธานี ตามลำดับ ซึ่งจังหวัดกำแพงเพชรเป็นหนึ่งในจังหวัดที่เป็นแหล่งผลิตมันสำปะหลังที่สำคัญ จัดอยู่ในอันดับ 2 ของประเทศ รองจากจังหวัดนครราชสีมา มีเนื้อที่เพาะปลูก 0.76 ล้านไร่ และให้ผลผลิตหัวสดรวมทั้งสิ้น 2.54 ล้านตัน โดยเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง จังหวัดกำแพงเพชร นิยมปลูกพันธุ์ห้วยบง 90 ระยะเวลา 9 และระยะเวลา 15 เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์แป้ง และให้ผลผลิตต่อไร่สูง ซึ่ง Department of Agriculture (2020) ได้รับรองมันสำปะหลังพันธุ์ระยะ 15 เมื่อวันที่ 6 มิถุนายน 2562 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีอายุเก็บเกี่ยวสั้น สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตที่อายุ 8 เดือน โดยให้ผลผลิตหัวสด เฉลี่ย 4,600 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณแป้ง เฉลี่ย 29.2 เปอร์เซ็นต์ และผลผลิตแป้ง เฉลี่ย 1,300 กิโลกรัมต่อไร่

ปัจจุบันเกษตรกรต้องการผลิตมันสำปะหลังให้มีคุณภาพและให้ผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้น ซึ่งศักยภาพในการผลิตมันสำปะหลังขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม สภาพอากาศ วันปลูก ลักษณะเฉพาะของพันธุ์ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Howeler, 2002; Hinthong and Banterng, 2012) และการจัดการ (การจัดการแหล่งน้ำและการจัดการปุ๋ย) จะเห็นว่า พันธุ์และการจัดการปุ๋ย เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง โดยลักษณะของพันธุ์มันสำปะหลังมีผลต่อคุณภาพแป้ง (Masari *et al.*, 2007) เมื่อมันสำปะหลังมีผลผลิตที่ดีและมีเปอร์เซ็นต์แป้งสูง ทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้นตามไปด้วย อย่างไรก็ตามพบว่าในสภาวะทางเศรษฐกิจที่ปุ๋ยมีราคาแพงในปัจจุบัน การปลูกมันสำปะหลังให้ได้ผลผลิตสูงนั้นจำเป็นต้องมีการจัดการปุ๋ยให้เหมาะสม โดยสภาพพื้นที่และสมบัติของดินที่เหมาะสมกับมันสำปะหลังนั้น ควรเป็นพื้นที่ที่มีการระบายน้ำดี ลักษณะดินควรมีเนื้อดินหยาบ ได้แก่ ดินทราย ดินร่วน ดินร่วนปนทราย ความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) 5.0–6.5 เป็นกรดจัดมากถึงกรดเล็กน้อย อินทรีย์วัตถุ 0.65–2.0 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 5–15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ

โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ 38–64 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Department of Agriculture, 2021) สำหรับลักษณะเนื้อดินร่วนปนทราย (sandy loam) เป็นดินที่ประกอบด้วยอนุภาคดินเหนียว 7–20 เปอร์เซ็นต์ มีอนุภาทรายมากกว่า 52 เปอร์เซ็นต์ (Office of the Royal Society, 2019) ซึ่งเป็นดินที่มีการระบายน้ำดีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ เมื่อให้น้ำจะไหลผ่านได้ง่าย จึงทำให้ความสามารถดูดซับธาตุอาหารพืชต่ำ เมื่อมีการปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ โดยไม่มีการใส่ปุ๋ยให้เพียงพอ จะส่งผลให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ลดลงอย่างต่อเนื่อง ทำให้ผลผลิตลดลงตามไปด้วย เนื่องจากการสูญเสียธาตุอาหารโดยติดไปกับผลผลิตทุกปีและจากการชะล้างของหน้าดิน (Pongsivapai *et al.*, 2016) Howeler (1991) รายงานว่า เพื่อรักษาหรือเพิ่มระดับผลผลิตมันสำปะหลังในดินร่วนปนทราย จำเป็นต้องใช้ปุ๋ยเคมีและจัดการดินอย่างเหมาะสม

มันสำปะหลังเป็นพืชที่ต้องการธาตุโพแทสเซียม (K) ในปริมาณมาก ซึ่งโดยปกติแล้วพืชหัวต้องการธาตุโพแทสเซียมมากกว่าพืชที่ผลิตโปรตีน (Chaem-Ngern *et al.*, 2020) เนื่องจากธาตุโพแทสเซียมมีบทบาทสำคัญในการขนส่งคาร์โบไฮเดรตไปยังราก เพื่อเพิ่มปริมาณแป้งของราก (Lenis *et al.* 2006) ช่วยกระตุ้นกิจกรรมชีวเคมีที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ต่าง ๆ ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และการสะสมธาตุอาหาร (Trakoonyingcharoen, 2022) นอกจากนั้นการให้ธาตุโพแทสเซียมไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มผลผลิตหัวเท่านั้น แต่ยังปรับปรุงคุณภาพของหัวอีกด้วย (Chaem-Ngern *et al.*, 2020) โดยดินของประเทศไทย พบว่า มากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ เป็นดินที่มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในช่วงระดับต่ำ (<60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) (Land Development Department, 2015) ซึ่งลักษณะดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำนั้น การใส่ปุ๋ยจะสามารถเพิ่มการเจริญเติบโตของพืชได้อย่างเด่นชัด โดยเฉพาะในดินที่มีเนื้อดินร่วนปนทรายมีความสามารถในการดูดซับธาตุโพแทสเซียมได้น้อย เนื่องจากการชะล้างจากปริมาณน้ำฝน อย่างไรก็ตามการขาดธาตุโพแทสเซียมเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลผลิตพืชต่ำ เมื่อมันสำปะหลังขาดธาตุโพแทสเซียม จะแสดงอาการ คือ การเจริญเติบโตจะลดลง มีการแตกแขนงมากเกินไปจนทำให้ต้นมันสำปะหลังทอดนอนไปกับดิน ใบมีขนาดเล็ก ใบซีดเหลือง ลำต้นหนา มีปล้องสั้น ในบางสายพันธุ์ขอบใบล่างโค้งงอขึ้น คล้ายกับอาการเครียดจากภาวะแล้ง (Howeler, 2002) ดังนั้นการปลูกมันสำปะหลังในดินร่วนปนทราย จึงจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเพิ่มด้วยเสมอ เพื่อให้เพียงพอกับความต้องการของมันสำปะหลัง ปัจจุบันอัตราปุ๋ยที่แนะนำให้ใช้กับมันสำปะหลังในกรณีดินมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ระดับต่ำ คือ 16 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ (Department of Agriculture, 2021) โดยการผลิตมันสำปะหลังผลผลิตหัวสด 5,712 กิโลกรัมต่อไร่ มีความต้องการธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเท่ากับ 9–2–18 กิโลกรัม N–P–K ต่อไร่ เทียบเท่ากับปุ๋ยเคมี 9–5–22 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ (Howeler, 2002) จะเห็นว่าถ้าดินที่มีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำ การให้ปุ๋ยในอัตรา 16 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ ไม่เพียงพอเมื่อเทียบกับความต้องการธาตุโพแทสเซียม เพื่อให้ได้ผลผลิต 5,712 กิโลกรัมต่อไร่ ดังนั้น ธาตุโพแทสเซียมจึงเป็นตัวจำกัดผลผลิตพืชชนิดหนึ่ง อีกทั้งปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาการตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทสเซียมในสายพันธุ์ CMR 53–106–24 และพันธุ์ระยอง 15 ซึ่งเป็นพันธุ์ใหม่ที่เก็บเกี่ยวผลผลิตได้เร็ว เหมาะกับความต้องการของเกษตรกร ในการสร้างรายได้เร็วขึ้น จึงทำการศึกษาทั้งสองพันธุ์นี้ อีกทั้งยังขาดข้อมูลอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมที่เหมาะสมต่อการปลูกมันสำปะหลังทั้งสองสายพันธุ์ในดินร่วนปนทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ซึ่งการผลิตมันสำปะหลังที่ถูกต้องและเหมาะสม จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลที่ได้จากการวิจัยในแต่ละพื้นที่ เพื่อให้ได้ผลผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงสุด (Ratanasriwong *et al.*, 2010) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมตามค่าวิเคราะห์ดินและในอัตราที่สูงขึ้นต่อผลผลิตหัวสดและคุณภาพแป้งของมันสำปะหลังทั้งสองสายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ CMR 53–106–24 และ พันธุ์ระยอง 15 ที่ปลูกในดินร่วนปนทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ในพื้นที่จังหวัดกำแพงเพชร นอกจากนี้ ผลการศึกษาที่ได้สามารถแนะนำให้เกษตรกรเพื่อนำไปใช้เป็นเทคโนโลยีการผลิตในการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราที่เหมาะสมกับพันธุ์และสภาพแวดล้อมในการผลิตมันสำปะหลังในพื้นที่อื่นได้

อุปกรณ์และวิธีการ

สมบัติของดินก่อนการทดลอง

ดำเนินการทดลองที่ไร่นาเกษตรกรรม อำเภอลำลูกเกด จังหวัดกำแพงเพชร ปลูกลำไยในสภาพอาศัยน้ำฝน ระหว่างวันที่ 20 มิถุนายน พ.ศ. 2563 – 23 มีนาคม พ.ศ. 2564 แปลงทดลองตั้งอยู่ในพิกัดละติจูด 16°0'57.40" และลองจิจูด 99°40'44.23" ซึ่งเป็นชุดดินชาลุม (Fine-loamy, mixed, isohyperthermic Typic Paleustults) กลุ่มดิน *Paleustults* นี้มีศักยภาพการผลิตทางการเกษตรต่ำ เนื่องจากมีเนื้อดินปานกลางถึงหยาบ มีการระบายน้ำอย่างรวดเร็ว ความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ ปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำ และความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) ต่ำ ส่งผลให้สูญเสียความชื้นในดินและธาตุอาหารในดินง่าย (Chaem-Ngern *et al.*, 2020) สุ่มเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกที่ระดับความลึก 0–20 และ 20–50 เซนติเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน โดยวิเคราะห์เนื้อดินด้วยวิธี Hydrometer ความเป็นกรด-ด่างของดิน (ค่าพีเอช) อินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ตามวิธีของ Department of Agriculture (2001) พบว่า ดินมีลักษณะเป็นดินร่วนปนทราย โดยมีค่า pH (ดิน:น้ำ 1:1) เท่ากับ 5.0–5.1 ซึ่งอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของลำไย ค่าการนำไฟฟ้า (EC 1:5) เท่ากับ 0.02–0.03 เดซิซีเมนต่อเมตร อยู่ในระดับเค็มเล็กน้อย (Table 1) ปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับต่ำ เท่ากับ 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำ ระหว่าง 2.0–3.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำ ระหว่าง 24.1–29.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จากการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ปลูกลำไยในสภาพดินที่ดัดแปลงจาก Land Development Department (1980) ดินก่อนปลูกมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เมื่อพิจารณาอัตราปุ๋ยแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน สามารถประเมินการใช้ปุ๋ย สำหรับมันสำปะหลัง เป็น 16–8–16 กิโลกรัม N–P₂O₅–K₂O ต่อไร่ (Department of Agriculture, 2021)

Table 1 Chemical and physical properties of soil before cassava planting at Kamphaeng Phet province

Soil depth (cm)	pH (1:1)	EC ^{1/} (1:5) (dS/m)	OM ^{1/} (%) (Walkley and Black)	Avail. P ^{1/} (mg/kg) (Bray II)	Extr. K ^{1/} (mg/kg) (NH ₄ OAc pH7)	Texture (Hydrometer method)
0-20	5.1	0.03	0.5	3.9	29.0	Sandy loam
20-50	5.0	0.02	0.5	2.0	24.1	Sandy loam
Optimum range ^{2/}	5.0-6.5	<0.5	0.65-2.0	>7	>30	Sandy, Loam and Sandy loam

^{1/}EC = Electrical conductivity; OM = Organic matter; Avail. P = Available phosphorus; Extr. K = Extractable potassium

^{2/}source: Department of Agriculture (2021)

วิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ split plot in RCB มี 4 ซ้ำ ประกอบด้วย ปัจจัยหลัก (Main plot) คือ พันธุ์มันสำปะหลัง จำนวน 2 พันธุ์ ได้แก่ 1) สายพันธุ์ CMR 53–106–24 และ 2) พันธุ์ระยอง 15 ปัจจัยรอง (Subplot) คือ อัตราปุ๋ยโพแทสเซียม (K) มี 3 ระดับ ได้แก่ 1) 16 กิโลกรัม K₂O ต่อไร่ (อัตราปุ๋ยโพแทสเซียมตามค่าวิเคราะห์ดินเป็นกรรมวิธีควบคุม; 1K), 2) 24 กิโลกรัม K₂O ต่อไร่ (ปุ๋ยโพแทสเซียม 1.5 เท่าของคำแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน; 1.5K) และ 3) 32 กิโลกรัม K₂O ต่อไร่ (ปุ๋ยโพแทสเซียม 2 เท่าของคำแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน; 2K) โดยทุกกรรมวิธีใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยฟอสฟอรัสตามค่าวิเคราะห์ดิน ในอัตรา 16 กิโลกรัม N

ต่อไร่ และ 8 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ขนาดแปลงย่อย 8.4×6.4 เมตร รวมทั้งสิ้น 24 แปลงย่อย เว้นระยะระหว่างแปลงย่อย 2 เมตร ปลุกหลุมละ 1 ต้น ก่อนปลูกมีการยกร่องโดยใช้ระยะปลูกระหว่างแถว 1.2 เมตร ระยะระหว่างต้น 0.8 เมตร ปักท่อนพันธุ์แบบตั้งตรง ท่อนพันธุ์ยาว 20 เซนติเมตร เมื่อวันที่ 20 มิถุนายน พ.ศ. 2563 ใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำของ Department of Agriculture (2021) โดยแบ่งใส่ปุ๋ย 2 ครั้ง สำหรับดินทราย คือ ครั้งที่ 1 ใส่เมื่อมันสำปะหลังอายุ 1 เดือน ด้วยปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยโพแทสเซียมครึ่งอัตราที่กำหนด ส่วนปุ๋ยฟอสฟอรัสใส่ครั้งเดียวเต็มอัตรา ครั้งที่ 2 เมื่อมันสำปะหลัง อายุประมาณ 2 เดือน เมื่อดินมีความชื้นพอเหมาะ ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยโพแทสเซียมที่เหลือครึ่งอัตรา โรยข้างแถวปลูก พรวนดินกลบ (Department of Agriculture, 2021) โดยใช้ปุ๋ยยูเรีย (46 เปอร์เซ็นต์ N) ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (46 เปอร์เซ็นต์ P_2O_5) และ โพแทสเซียมคลอไรด์ (60 เปอร์เซ็นต์ K_2O) จากนั้นเก็บเกี่ยวผลผลิต วันที่ 23 มีนาคม พ.ศ. 2564 ที่อายุ 9 เดือน พื้นที่เก็บเกี่ยว 6×3.2 เมตรต่อแปลงย่อย (จำนวน 20 ต้น)

ดำเนินการบันทึกข้อมูลผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และคุณภาพ ได้แก่ น้ำหนักต้นสดต่อไร่ น้ำหนักเหง้าสดต่อไร่ ผลผลิตหัวสดต่อไร่ เปอร์เซ็นต์แป้ง ผลผลิตแป้งต่อไร่ และดัชนีเก็บเกี่ยว (Department of Agriculture, 2019) โดยชั่งน้ำหนักหัวสด น้ำหนักต้นสดและน้ำหนักเหง้าสดรวมกัน นำไปคำนวณดัชนีเก็บเกี่ยว (Harvest index, HI) คำนวณจากสูตร (Malipan and Sittinam, 2011) ดังนี้

$$\text{ดัชนีเก็บเกี่ยว} = \frac{\text{น้ำหนักหัวสด (กิโลกรัมต่อไร่)}}{\text{น้ำหนักหัวสด} + \text{น้ำหนักต้นสด} + \text{น้ำหนักเหง้าสด (กิโลกรัมต่อไร่)}}$$

สำหรับปริมาณแป้งในหัวสด สุ่มจากหัวสดในพื้นที่เก็บเกี่ยว สับหัวสดเป็นท่อนยาวประมาณ 5–7 เซนติเมตร ใช้ตัวอย่างหัวสด 5 กิโลกรัมต่อแปลงย่อย วัดด้วยเครื่องชั่ง Reiman scale ภายในวันที่เก็บเกี่ยว ผลผลิตหัวสด และผลผลิตแป้ง นำมาคำนวณโดยการใช้สูตร ดังนี้

$$\text{ผลผลิตแป้ง (กิโลกรัมต่อไร่)} = \frac{\text{ผลผลิตหัวสด (กิโลกรัมต่อไร่)} \times \text{ปริมาณแป้งในหัวสด (เปอร์เซ็นต์)}}{100}$$

การวิเคราะห์ข้อมูล

คำนวณค่าเฉลี่ยผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลัง วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) โดยใช้โปรแกรม SPSS trial version และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honestly Significant Difference (HSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ คำนวณวิเคราะห์ผลตอบแทนหลังหักค่าปุ๋ย (บาทต่อไร่) คือ มูลค่าของผลผลิต (บาทต่อไร่) หักลบมูลค่าปุ๋ย (บาทต่อไร่) (Kunlanit and Sriboonrote, 2017)

ผลการทดลองและวิจารณ์

สภาพภูมิอากาศฤดูปลูกมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังในระยะตั้งตัวที่อายุ 0–60 วัน ได้รับปริมาณน้ำฝน 208 มิลลิเมตร เฉลี่ย 3.5 มิลลิเมตร ต่อวัน โดยมันสำปะหลังระยะนี้มีความต้องการน้ำ เฉลี่ย 1.2 มิลลิเมตรต่อวัน เมื่อมันสำปะหลังเข้าสู่ระยะพัฒนาทรงพุ่มที่อายุ 61–150 วัน ได้รับน้ำฝน 374 มิลลิเมตร เฉลี่ย 4.16 มิลลิเมตรต่อวัน ในระยะนี้มันสำปะหลังต้องการน้ำมากขึ้น เฉลี่ย 1.9 มิลลิเมตรต่อวัน เนื่องจากมันสำปะหลังในระยะนี้มีพื้นที่ที่จะสังเคราะห์ด้วยแสงมากขึ้น

สำหรับมันสำปะหลังระยะพัฒนามากและสะสมอาหาร ที่อายุ 151–300 วัน ได้รับน้ำฝน 4.6 มิลลิเมตร เฉลี่ย 0.03 มิลลิเมตรต่อวัน แต่ในระยะนี้มันสำปะหลังมีความต้องการน้ำในปริมาณมาก เฉลี่ย 3.6 มิลลิเมตรต่อวัน เพราะอัตราการสะสมอาหารที่รากในระยะนี้จะเพิ่มขึ้น จนกระทั่งเข้าสู่ระยะเก็บเกี่ยว จะเห็นว่าตลอดอายุการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง มีปริมาณน้ำฝนไม่เพียงพอต่อความต้องการน้ำของมันสำปะหลัง โดยปริมาณน้ำฝนตั้งแต่ปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว เท่ากับ 587 มิลลิเมตร ซึ่งปริมาณความต้องการน้ำของมันสำปะหลังมีค่าเฉลี่ย 853 มิลลิเมตรต่อฤดูปลูก ดังนั้นผลผลิตหัวมันสดอาจลดลง เพราะน้ำจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังทั้งทางต้นและหัวและลำเลียงธาตุอาหารในดินโดยเฉพาะในช่วงแรกของการเจริญเติบโต (Yongprayoon *et al.*, 2015) อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 36.1 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 22.4 องศาเซลเซียส (Figure 1) ทั้งนี้ อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง อยู่ในช่วง 25–29 องศาเซลเซียส (Department of Agriculture, 2021)

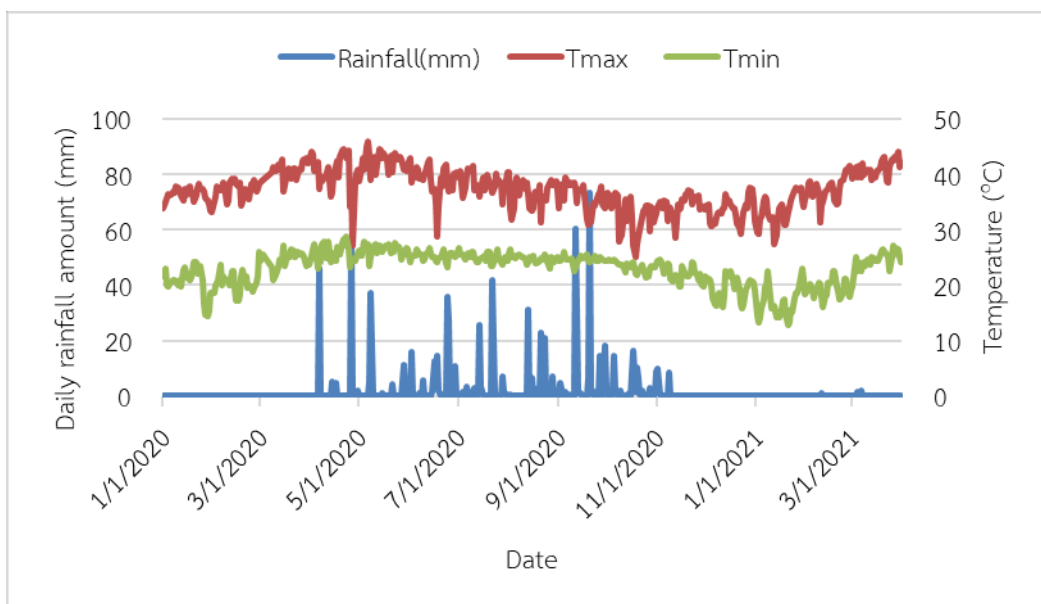


Figure 1 Daily rainfall and temperature from automatic weather station at Tambol Wang Chaphlu, Khanu Worakabsaburi district, Kamphaeng Phet province from January 2020 – March 2021.

ผลผลิตหัวสด องค์ประกอบผลผลิต คุณภาพแป้ง และดัชนีการเก็บเกี่ยว

มันสำปะหลังสายพันธุ์ CMR 53–106–24 และพันธุ์ระยอง 15 ให้ผลผลิตหัวสด องค์ประกอบผลผลิต คุณภาพแป้ง และดัชนีเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลังไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 2) โดยมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 15 ให้น้ำหนักต้นสด และน้ำหนักเหง้าสด เฉลี่ย 2,839 และ 602 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนมันสำปะหลังสายพันธุ์ CMR 53–106–24 ให้น้ำหนักต้นสด และน้ำหนักเหง้าสด เฉลี่ย 2,589 และ 565 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ไม่แตกต่างทางสถิติ ขณะที่เปอร์เซ็นต์แป้ง พบว่า มันสำปะหลังสายพันธุ์ CMR 53–106–24 ให้ปริมาณแป้งในหัวมากกว่าพันธุ์ระยอง 15 เฉลี่ย 27.30 เปอร์เซ็นต์ และ 26.36 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตราต่างกันไม่มีผลให้เกิดความแตกต่างกันทางสถิติในน้ำหนักต้นสด น้ำหนักเหง้าสด และเปอร์เซ็นต์แป้ง และไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และปุ๋ย แต่อัตราการใส่ปุ๋ยมีผลต่อผลผลิตหัวสด ผลผลิตแป้ง และดัชนีเก็บเกี่ยว โดยการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม อัตรา 24 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ หรืออัตราเพิ่มปุ๋ย

โพแทสเซียม 1.5 เท่าของคำแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้ผลผลิตหัวสดต่อไร่ เฉลี่ยสูงสุด 5,129 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาเป็นการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม อัตรา 32 และ 16 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ ให้ผลผลิตหัวสด เฉลี่ย 4,077 และ 3,603 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม จากผลการทดลองแสดงให้เห็นได้ชัดเจนว่า การให้ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราที่สูงกว่าค่าวิเคราะห์ดิน ให้ผลผลิตหัวสดต่อไร่ เพิ่มขึ้น 13 ถึง 42 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 1 เท่าตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรรมวิธีควบคุม) เนื่องจากการให้ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลผลิตมันสำปะหลัง (Adekayode and Adeola, 2009) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Wilson and Ovid (1994) รายงานถึง การตอบสนองเชิงบวกของผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลัง เมื่อดินมีสภาพเป็นดินเหนียวและมีระดับธาตุโพแทสเซียมต่ำ (46 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในหมู่เกาะเวสต์อินดีส์ การให้ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 32 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ ให้ผลผลิตหัวสดเพิ่มขึ้นสามเท่าเมื่อเปรียบเทียบกับ การไม่ใส่ปุ๋ย และ Jitkhamen *et al.*, (2021) รายงานว่า การปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ในดินร่วนปนทราย ชุดดินวาริน ที่มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในระดับต่ำ (15.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) พื้นที่จังหวัด นครราชสีมา พบว่า มันสำปะหลังมีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ อัตรา 16 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่

จากผลการทดลองยังพบว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม อัตรา 24 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ ให้ผลผลิตแบ่งสูงที่สุด 1,328 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม ในอัตรา 16 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ คิดเป็น 37 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการให้ปุ๋ยในอัตรา 16 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ (1 เท่าของ K ตามค่าวิเคราะห์ดิน) ดินยังคงมีธาตุโพแทสเซียมที่จำกัด เมื่อนำมาคำนวณเป็นผลผลิตแบ่งต่อไร่ จึงทำให้ได้ผลผลิตแบ่งที่ต่ำ (Havlin *et al.* 2013) เช่นเดียวกับดัชนีการเก็บเกี่ยว การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม อัตรา 24 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ ให้ค่าดัชนีการเก็บเกี่ยว สูงสุด 0.59 สูงกว่าการใส่ปุ๋ยในอัตรา 16 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ และ 32 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ ที่ให้ค่าดัชนีการเก็บเกี่ยว ระหว่าง 0.52–0.56 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คิดเป็น 5 ถึง 13 เปอร์เซ็นต์ (Table 2) ซึ่งให้เห็นว่า ค่าดัชนีเก็บเกี่ยวสามารถเพิ่มขึ้นเมื่อมีการให้ปุ๋ยสูงกว่าคำแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 1 เท่าตามค่าวิเคราะห์ดิน (16 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่) ที่ปลูกในดินร่วนปนทราย มันสำปะหลังให้ผลผลิตหัวสด ผลผลิตแบ่ง และดัชนีเก็บเกี่ยวลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับ การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตราต่างๆ ในระดับที่สูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจาก การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่มีประสิทธิภาพจะต้องใส่ในอัตราที่เหมาะสมตามสมบัติดิน และลักษณะเฉพาะของพันธุ์มันสำปะหลัง เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด หากใส่ปุ๋ยน้อยเกินไปอาจไม่พอเพียงต่อการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตของพืช ขณะที่การใส่ปุ๋ยมากเกินไปก็อาจเกิดความเป็นพิษต่อพืชและเกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมได้ รวมถึงเพิ่มต้นทุนการผลิตให้สูงขึ้นอีกด้วย

Table 2 Yield and Yield components of cassava under different rates of potassium fertilizer in sandy loam soil at Kamphaeng Phet province

Treatments	Fresh stalk weight (kg/rai)	Fresh rhizome weight (kg/rai)	Fresh tuber yield (kg/rai)	Starch content (%)	Starch yield (kg/rai)	Harvest index
<i>Variety (V)</i>						
CMR 53-106-24	2,589±143	565±28	4,133±345	27.30±0.34	1,123±93	0.56±0.02
Rayong 15	2,839±143	602±33	4,407±324	26.36±0.76	1,155±82	0.56±0.01
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	14.1	22.9	27.0	8.0	20.0	8.0
<i>Potassium fertilizer (F)</i>						
16 kg K ₂ O/rai	2,636±210	537±34	3,603±379 ^b	27.10±0.91	970±105 ^b	0.52±0.02 ^b
24 kg K ₂ O/rai	2,948±112	634±38	5,129±229 ^a	26.03±0.58	1,328±43 ^a	0.59±0.01 ^a
32 kg K ₂ O/rai	2,558±185	580±36	4,077±407 ^{ab}	27.36±0.64	1,119±119 ^{ab}	0.56±0.01 ^{ab}
F-test	ns	ns	**	ns	*	*
CV (%)	17.3	12.8	20.4	7.4	5.3	8.0

Means ± SE within a column followed by the same letter is not significantly different based on Tukey's honest significant difference test at $p \leq 0.05$; **, * and ns indicate $p \leq 0.01$, $p \leq 0.05$ and not significant, respectively

ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการใช้ปุ๋ยในการผลิตมันสำปะหลัง

เมื่อพิจารณาถึงผลตอบแทนหลังหักค่าปุ๋ยในการผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกในดินร่วนปนทราย อำเภอลำลูกเกด จังหวัดกำแพงเพชร พบว่า การปลูกมันสำปะหลังสายพันธุ์ CMR 53-106-24 กับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 24 กิโลกรัม K₂O ต่อไร่ หรือ 1.5 เท่าของคำแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้ผลตอบแทนสูงที่สุดภายหลังหักค่าปุ๋ย เป็นเงิน 12,371 บาทต่อไร่ แต่เมื่อเพิ่มการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเป็นอัตรา 32 กิโลกรัม K₂O ต่อไร่ หรือเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าของคำแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้ผลตอบแทนเป็นเงิน 9,800 บาทต่อไร่ หรือผลตอบแทนลดลง 5.3 เปอร์เซ็นต์ (Table 3) ในทำนองเดียวกัน พบว่า มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 15 กับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ระดับเพิ่มขึ้นเป็นอัตรา 24 กิโลกรัม K₂O ต่อไร่ หรือ 1.5 เท่าของคำแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้ผลตอบแทนเพิ่มขึ้น 36.2 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังหักค่าปุ๋ย เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 16 กิโลกรัม K₂O ต่อไร่ หรือตามค่าวิเคราะห์ดิน ทั้งนี้เนื่องจากการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราที่เพิ่มขึ้นเป็น 24 กิโลกรัม K₂O ต่อไร่ หรือ 1.5 เท่าของคำแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน ทำให้ธาตุโพแทสเซียมในดินมีปริมาณเพิ่มขึ้นและเพียงพอต่อการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตของมันสำปะหลังทั้งสองพันธุ์ จึงส่งผลให้ได้ผลตอบแทนหลังหักค่าปุ๋ยสูงขึ้นไปด้วย แต่เมื่อมีการใส่ปุ๋ยในอัตราที่เพิ่มขึ้นจนเกินความต้องการของพืช กลับเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิตให้สูงขึ้น จึงทำให้การใส่ปุ๋ยในอัตรา 32 กิโลกรัม K₂O ต่อไร่ หรือ 2 เท่าของคำแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินในมันสำปะหลังทั้งสองพันธุ์ให้ผลตอบแทนลดลง ดังนั้นเมื่อพิจารณาถึงการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลัง การลดต้นทุนการผลิตและความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นแล้ว สามารถแนะนำได้ว่า การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 24 กิโลกรัม K₂O ต่อไร่ หรือ 1.5 เท่าของคำแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินเป็นระดับการใส่ปุ๋ยที่เพียงพอและมีความเหมาะสมต่อผลตอบแทนที่ได้รับในการผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกในดินร่วนปนทราย

Table 3 Economic return of cassava under different rates of potassium fertilizer in sandy loam soil at Kamphaeng Phet province

Variety	Potassium fertilizer (kg K ₂ O/rai)	Fertilizer cost (THB/rai)	Fresh tuber yield (kg/rai)	Income (THB/rai)	Economic return over fertilizer cost (THB/rai)	Increasing (%)
CMR 53-106-24	16	748	3,687	9,033	12.1	-
	24	911	5,050	12,371	13.6	38.3%
	32	1,074	4,000	9,800	9.1	5.3%
Rayong 15	16	748	3,857	9,450	12.6	-
	24	911	5,209	12,762	14.0	36.2%
	32	1,074	4,154	10,177	9.5	4.6%

Fertilizer price in June 2020: 46-0-0 (9.87 Baht/kg), 18-46-0 (14.87 Baht/kg), 0-0-60 (12.22 Baht/kg) and yield price: 2.45 Baht/kg. Nitrogen and phosphate fertilizer were applied at 16 kg N/rai and 8 kg P₂O₅/rai, respectively.

Source: Office of Agricultural Economics (2020)

สรุป

การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในการผลิตมันสำปะหลังในพื้นที่ดินร่วนปนทราย อำเภอลำลูกเกด จ.ลำปาง พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำ (24.1–29.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) สามารถสรุปได้ว่า มันสำปะหลังทั้งสองพันธุ์ คือ สายพันธุ์ CMR 53-106-24 และพันธุ์ระยอง 15 ให้ผลผลิตหัวสดองค์ประกอบผลผลิต คุณภาพแป้ง และดัชนีการเก็บเกี่ยวไม่แตกต่างกัน การปลูกมันสำปะหลังทั้งสองสายพันธุ์กับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 24 กิโลกรัม K₂O ต่อไร่ หรือ 1.5 เท่าของคำแนะนำค่าวิเคราะห์ดิน เป็นกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยที่เหมาะสมต่อการผลิตมันสำปะหลังในพื้นที่ดินร่วนปนทราย เนื่องจากให้ผลผลิตที่สูงและให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าแก่การลงทุน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สนับสนุนมูลฐาน (fundamental fund) สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) และได้รับการสนับสนุนด้านโครงสร้างพื้นฐาน ห้องปฏิบัติการ ทรัพยากรวิทยาศาสตร์ และยานพาหนะ สำหรับใช้ในการปฏิบัติงานวิจัยจากกรมวิชาการเกษตร

เอกสารอ้างอิง

- Adekayode, F. O. and O. F. Adeola. 2009. The response of cassava to potassium fertilizer treatments. *Int. j. agric. env. sci.* 7:279–82.
- Chaem-Ngern, C., S. Anusontpornperm, S. Thanachit and I. Kheoruenromme. 2020. Response of cassava, Huay bong 80 variety, grown in an Ustic Quartzipsamment, to chicken manure and potassium fertilizer. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 51:2765-2777.

- Department of Agriculture. 2001. Soil and plant analysis manual. Agricultural Production Sciences Research and Development Division, Department of agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok. (in Thai).
- Department of Agriculture. 2019. Manual for data collection on field crops and renewable energy crops.. Field and renewable energy crops research institute, Department of agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok. (in Thai).
- Department of Agriculture. 2020. Research papers of field and renewable energy crops 2020. Field and renewable energy crops research institute, Department of agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok. (in Thai).
- Department of Agriculture. 2021. Recommendations for the use of fertilizers based on soil analysis values for economic field crops. Agricultural Production Sciences Research and Development Division, Department of agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok. (in Thai).
- Havlin, J. L., S. L. Tisdale, W. L. Nelson and J. D. Beaton. 2013. Soil fertility and fertilizer: An introduction to nutrient management. 8th ed. Upper Saddle, NJ, USA: Pearson Prentice Hall Inc.
- Hinthong, Y. and P. Banterng. 2012. Growth rate and yield of cassava in different planting dates. Khon Kaen Agr. J. 40 Supplement: 394-398. (in Thai)
- Howeler, R. H. 1991. Long-term effect of cassava cultivation on soil productivity. Field Crops Res. 26 (1):1-18.
- Howeler, R. H. 2002. Cassava mineral nutrition and fertilization. In R.J. Hillocks, J.M. Thresh and A.C. Bellotti (Eds.), Cassava: Biology, Production and Utilization (pp. 115-147). CAB international.
- Jitkhamen, S., S. Anusontpornperm, S. Thanachit, I. Kheoruenromne and M. Phun-iam. 2021. Response of cassava, Huay Bong 80 variety, to potassium fertilizer in Warin soil series amended with cassava tails and stalk for 2 consecutive years. Agricultural Sci. J. 52(2): 164-184. (in Thai)
- Kunlanit, B. and W. Sriboonrote. 2017. Fertilizer management on growth, yield and economic return of rice cv. Khao Dawk Mali 105 production. Prawarun Agr. J. 14:61-70. (in Thai)
- Land Development Department. 1980. Manual for classifying land suitability for economic crops, Volume 28. Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok. (in Thai).
- Land Development Department. 2015. State of soil and land resources of Thailand. Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok. (in Thai).
- Lenis, J. I., F. Calle, G. Jaramillo, J. C. Prerez, H. Ceballos, and J. H. Cock. 2006. Leaf retention and cassava productivity. Field Crops Res. 95 (2-3):126-34.
- Malipan, A. and T. Sittinam. 2011. Effect of harvesting times after stem cutting on yield and starch of 4 cassava (*Mahihot esculenta* Crantz) cultivars in Red-brown clayey loam soil in Lopburi province. Thai Agric. Res J. 29: 131-146. (in Thai)

- Masari, A., W. Thanomsub, J. Phoomthaisong and C. Phruetthitthep. 2007. Yield and starch qualities of 4 cassava varieties on Roiet soil series in Uthaitani province. Khon Kaen Agr. J. 35 Supplement: 57-63. (in Thai)
- Office of Agricultural Economics. 2020. Monthly retail price of chemical fertilizers. Office of Agricultural Economics, Ministry of Agriculture and Cooperatives. <https://www.oae.go.th/>, 29 January 2024. (in Thai)
- Office of Agricultural Economics. 2023. Agricultural economic information by product for the year 2022. Office of Agricultural Economics, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok. (in Thai)
- Office of the Royal Society. 2019. Dictionary of soil science. Bangkok. (in Thai).
- Pongsivapai, P., C. Thongjoo, J. Romkaew and T. Inboonchuay. 2016. Effect of fertilizer management in combination with soil conditioner on yield of cassava cultivated on coarse-textured soil in Thailand. Mod. Appl. Sci.10:239-247.
- Ratanasriwong, S., V. Sarawat, W. Sasiprapa, N. Wanasai and S. Somkid. 2010. Application of cassava model for assessment of site specific technology. Thai Agric. Res J. 28:144-156. (in Thai)
- Trakoonyingcharoen, P. 2022. Potassium for plant growth. Thai Journal of soil and fertilizers. 43:10-27. (in Thai)
- Wilson, H. and A. Ovid. 1994. Influence of fertilizers on cassava production under rainfed conditions. J. Plant Nutr. 17(7): 1127-1135.
- Yongprayoon, P., P. Kongsil, N. Pummee and P. Tongpitak. 2015. Growth of cassava Kasetart 50 variety in drought area of Kanchanaburi province. Proceedings of 53rd Kasetart University Annual Conference: Plants, Animals, Veterinary Medicine, Fisheries, Agricultural Extension and Home Economics. 523-530. The Thailand Research Fund, Bangkok (in Thai).