

บทความวิจัย (Research Article)

อิทธิพลของสายพันธุ์และพื้นที่ปลูกต่อผลผลิตและสมบัติบางประการของแป้งมันสำปะหลัง Effects of cultivar and growing area on yield and selected starch properties of cassava

สิทธิชัย ไชยลังกา^{1*} และ เอกรินทร์ สาริพัฏ²

Sittichai Chailangka^{1*} and Eakrin Sareepua²

¹หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

¹Master of Science Program in Agricultural Technology, Faculty of Agricultural Technology, Kalasin University

²สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

²Department of Plant Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, Kalasin University

*Corresponding author; email: bassjesstar@gmail.com

วันที่รับบทความ (Received)

12 มีนาคม 2569

วันที่ได้รับบทความฉบับแก้ไข (Revised)

27 พฤษภาคม 2569

วันที่ตอบรับบทความ (Accepted)

27 พฤษภาคม 2569

บทคัดย่อ

การศึกษาอิทธิพลของสายพันธุ์และพื้นที่ปลูกต่อคุณสมบัติแป้งมันสำปะหลัง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสายพันธุ์ พื้นที่ปลูก และปฏิสัมพันธ์ระหว่างทั้งสองปัจจัยต่อผลผลิตและคุณสมบัติของแป้งมันสำปะหลัง โดยใช้มันสำปะหลัง 4 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ห้วยยาง 60 พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 พันธุ์ระยอง 3 และพันธุ์พิจิตร 1 ปลูกในพื้นที่ 4 จังหวัด ได้แก่ ยโสธร กาฬสินธุ์ มุกดาหาร และสกลนคร ดำเนินการทดลองระหว่างวันที่ 15 มกราคม-25 ธันวาคม พ.ศ. 2567 วางแผนการทดลองแบบ Factorial in Randomized Complete Block Design (RCBD) 4x4 จำนวน 3 ซ้ำ และวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล สายพันธุ์และพื้นที่ปลูกมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อผลผลิตและคุณสมบัติของแป้งมันสำปะหลังหลายลักษณะ โดยพันธุ์ ห้วยยาง 60 ให้จำนวนหัวต่อต้นสูงที่สุด (16.33 หัวต่อต้น) มีเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยสูงที่สุด (26.5 %) และให้ผลผลิตแป้งต่อไร่สูง ที่สุด (1,955.6 กิโลกรัมต่อไร่) ขณะที่พันธุ์พิจิตร 1 ให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งต่ำที่สุด ส่วนผลของพื้นที่ปลูก พบว่า จังหวัด ยโสธรให้ผลผลิตหัวมันสดเฉลี่ยสูงที่สุด (7,100 กิโลกรัมต่อไร่) ในขณะที่จังหวัดสกลนครให้เปอร์เซ็นต์แป้งสูงที่สุด (25.0 %) ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสายพันธุ์และพื้นที่ปลูกมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อผลผลิตและคุณภาพแป้ง โดยพันธุ์ห้วยยาง 60 ที่ปลูกในจังหวัด สกลนครให้จำนวนหัวและเปอร์เซ็นต์แป้งสูงที่สุด (17 หัวต่อต้น และ 27.5 % ตามลำดับ) แสดงให้เห็นว่าสายพันธุ์มันสำปะหลัง ตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมแตกต่างกันตามพื้นที่ปลูก สรุปได้ว่า การเลือกสายพันธุ์ให้เหมาะสมกับพื้นที่ปลูกเป็นปัจจัยสำคัญใน การเพิ่มผลผลิตและคุณภาพแป้งมันสำปะหลัง โดยพันธุ์ห้วยยาง 60 มีศักยภาพสูง เหมาะสำหรับการผลิตเชิงพาณิชย์และ อุตสาหกรรมแปรรูปแป้งมันสำปะหลังในประเทศไทย

คำสำคัญ: มันสำปะหลัง, สายพันธุ์, พื้นที่ปลูก, คุณสมบัติแป้ง, ผลผลิต

Abstract

This study aimed to investigate the effects of cassava varieties, planting locations, and their interactions on cassava yield and starch properties. Four cassava varieties, namely Huay Bong 60, Kasetsart 50, Rayong 3, and Piroon 1, were cultivated in four provinces of Thailand: Yasothon, Kalasin, Mukdahan, and Sakon Nakhon. The experiment was conducted from January 15 to December 25, 2024, using a 4 × 4 Factorial Randomized Complete Block Design (RCBD) with three replications. Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA). The results revealed that cassava varieties and planting locations had significant effects on several yield and starch quality characteristics. Huay Bong 60 produced the highest number of roots per plant (16.33 roots/plant), the highest average starch content (26.5%), and the highest starch yield (1,955.6 kg/rai), whereas Piroon 1 showed the lowest yield and starch content. Regarding planting locations, Yasothon province produced the highest fresh root yield (7,100 kg/rai), while Sakon Nakhon province showed the highest starch content (25.0%). In addition, the interaction between cassava varieties and planting locations significantly affected yield and starch quality. Huay Bong 60 grown in Sakon Nakhon produced the highest number of roots and starch content (17 roots/plant and 27.5%, respectively). These findings indicate that cassava varieties respond differently to environmental conditions in different planting areas. In conclusion, selecting appropriate cassava varieties for suitable planting locations is an important factor in improving cassava yield and starch quality. Huay Bong 60 demonstrated the greatest potential for commercial production and starch-processing industries in Thailand.

Keywords: Cassava, Variety, Planting location, Starch properties, Yield

บทนำ

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* Crantz) เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญในระดับโลก โดยเฉพาะในประเทศไทย ซึ่งมีทรัพยากรดินจำกัด เนื่องจากมีความสามารถในการเจริญเติบโตได้ดีในสภาพแวดล้อมที่เป็นดินเสื่อมโทรม ให้ผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ค่อนข้างสูง และมีต้นทุนการผลิตต่ำ [1] สำหรับประเทศไทย มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจหลักที่มีบทบาทสำคัญทั้งในภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมแปรรูป โดยเฉพาะอุตสาหกรรมแป้งซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักสำหรับการผลิตเอทานอล พลาสติกชีวภาพ และแป้งดัดแปร ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาเศรษฐกิจชีวภาพอย่างยั่งยืนทั้งในระดับประเทศและระดับนานาชาติ [2] คุณสมบัติของแป้งมันสำปะหลัง ได้แก่ ความหนืด อุณหภูมิการเกิดเจลลาติไนเซชัน ความคงตัวของเพสต์ ความสามารถในการดูดซับน้ำ ความขาว และความโปร่งแสงของเจล เป็นปัจจัยกำหนดความเหมาะสมของแป้งสำหรับการใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมแต่ละประเภท คุณสมบัติเหล่านี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบโครงสร้างของแป้ง โดยเฉพาะสัดส่วนและโครงสร้างโมเลกุลของแป้ง ซึ่งได้รับอิทธิพลโดยตรงจากทั้งพันธุกรรมของสายพันธุ์และสภาพแวดล้อมในการปลูก [3]

อย่างไรก็ตาม เกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยส่วนใหญ่ประสบปัญหาผลผลิตและคุณภาพแป้งมันสำปะหลังลดลงอย่างต่อเนื่อง อันเป็นผลมาจากการปลูกซ้ำในพื้นที่ดินทรายหรือดินร่วนปนทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและการขาดการปรับปรุงบำรุงดินอย่างเหมาะสม สภาพดินเสื่อมโทรมที่มีค่าความเป็นกรดสูง ปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำ และการขาดแคลนธาตุอาหารหลัก ทำให้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงและการลำเลียงคาร์โบไฮเดรตไปสะสมในหัวลดลง ส่งผลให้ปริมาณแป้งและคุณสมบัติของแป้งที่ได้เสื่อมลง ซึ่งมีผลกระทบโดยตรงต่อประสิทธิภาพการแปรรูปในอุตสาหกรรมชีวภาพ [4] ทั้งนี้ คุณภาพแป้งและผลผลิตของมันสำปะหลังไม่ได้ถูกกำหนดโดยพันธุกรรมของสายพันธุ์เพียงปัจจัยเดียว แต่เกิดจากอิทธิพลร่วมระหว่างสาย

พันธุ์และสภาพแวดล้อมของพื้นที่ปลูก (genotype $\times$ environment interaction: G $\times$ E) ซึ่งสายพันธุ์เดียวกันอาจแสดงศักยภาพและคุณสมบัติแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อปลูกในสภาพดินและภูมิอากาศที่ต่างกัน [5] และ [6] การทำความเข้าใจปฏิสัมพันธ์ดังกล่าวจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการวางแผนการผลิตมันสำปะหลังเชิงพาณิชย์ที่มีประสิทธิภาพ แม้จะมีการศึกษาคุณสมบัติแป้งมันสำปะหลังในสายพันธุ์ต่างๆ มาบ้างแล้ว [7] และ [3] แต่ยังคงขาดข้อมูลเชิงระบบเกี่ยวกับผลรวมของสายพันธุ์และพื้นที่ปลูกในภูมิภาคภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย ซึ่งมีความหลากหลายของสภาพดินและภูมิอากาศเฉพาะพื้นที่สูง การขาดข้อมูลดังกล่าวทำให้เกษตรกรและผู้ประกอบการอุตสาหกรรมไม่สามารถตัดสินใจเลือกสายพันธุ์ที่เหมาะสมกับพื้นที่ปลูกได้อย่างเหมาะสม

ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินอิทธิพลของสายพันธุ์ พื้นที่ปลูก และปฏิสัมพันธ์ระหว่างทั้งสองปัจจัย (G $\times$ E interaction) ต่อผลผลิตและคุณสมบัติบางประการของแป้งมันสำปะหลัง 4 สายพันธุ์ที่ปลูกใน 4 จังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ผลที่ได้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการคัดเลือกสายพันธุ์ที่เหมาะสมกับพื้นที่ปลูกเฉพาะ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์อิทธิพลของสายพันธุ์ทั้ง 4 สายพันธุ์ต่อคุณสมบัติของแป้งมันสำปะหลัง
2. เพื่อวิเคราะห์อิทธิพลของพื้นที่ปลูกทั้ง 4 พื้นที่ต่อคุณสมบัติของแป้งมันสำปะหลัง
3. เพื่อทราบถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างสายพันธุ์และพื้นที่ปลูกที่มีต่อคุณสมบัติของแป้งมันสำปะหลัง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การวางแผนการทดลอง

การศึกษาในครั้งนี้ ทำทดลองโดยจะทำการเพาะปลูก 1 ไร่ต่อสายพันธุ์ ตัดท่อนพันธุ์ยาว 25 เซนติเมตร ระยะการปลูกอยู่ที่ 90 เซนติเมตร ปักลึกประมาณ 8 เซนติเมตร ที่มาของต้นพันธุ์ทั้ง 4 สายพันธุ์ได้มาจากกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่ ตำบลโคกเครือ อำเภอนองบุรี จังหวัดกาฬสินธุ์ โดยจะทำการศึกษาแบบ 4 $\times$ 4 Analysis of variance Factorial Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องมี 2 ปัจจัย ได้แก่

ปัจจัยที่ 1 พันธุ์ของมันสำปะหลัง จำนวน 4 สายพันธุ์

- 1) พันธุ์ห้วยบง 60
- 2) พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50
- 3) พันธุ์ระยอง 3
- 4) พันธุ์พิจิตร 1

ปัจจัยที่ 2 พื้นที่ปลูก จำนวน 4 พื้นที่

- 1) พื้นที่ ตำบลสามแยก อำเภอเลิงนกทา จังหวัดยโสธร
- 2) พื้นที่ ตำบลโคกเครือ อำเภอนองบุรี จังหวัดกาฬสินธุ์
- 3) พื้นที่ ตำบลกกตูม อำเภอดงหลวง จังหวัดมุกดาหาร
- 4) พื้นที่ ตำบลเต่างอย อำเภอเต่างอย จังหวัดสกลนคร

2. ขั้นตอนการทดลอง

1) การเลือกท่อนพันธุ์ จะดูที่ความสมบูรณ์โดยสังเกตจากท่อนพันธุ์ที่ปลายแห้งและมีตาถี่ เพราะจะมีโอกาสงอกสูง โดยคัดเลือกท่อนพันธุ์ที่สะอาดปราศจากเพลี้ยแป้ง และถ้าหากไม่แน่ใจว่าปราศจากแมลงศัตรูพืช ให้ทำการแช่ท่อนพันธุ์ เพื่อไม่ให้เกินโรคใบด่างมันสำปะหลัง โดยหลังจากที่ยกร่องแล้วจะลงปลูกทันที

2) การเตรียมดิน โดยการไถดัดเพื่อกลบเศษซากวัชพืชและตากดินประมาณ 2 สัปดาห์เพื่อให้เศษซากพืชแห้งตาย หลังจากนั้นไถแปรเพื่อพรวนดินให้ร่วนซุย และไถยก ร่องปลูกเมื่อดินมีความชื้นเพียงพอ

3) การปลูกมันสำปะหลัง โดยจะใช้ต้นพันธุ์ที่มีอายุ 9 เดือน ใช้ท่อนพันธุ์ความยาวประมาณ 25 เซนติเมตร ระยะปลูก 90 เซนติเมตร ปักท่อนพันธุ์ลึก 10 เซนติเมตร เพราะทำให้ต้นมันสำปะหลังโตง่าย และลงหัวได้ดี ปักลึกไม่เกิน 10 เซนติเมตร จะช่วยให้มีอัตราการงอกที่ดี หากปักท่อนพันธุ์ลึกเกินไปกว่านี้ จะทำให้รากของต้นไปเจอดินที่แน่นเกินไป ส่งผลให้หัวมันสำปะหลังเล็ก

4) การดูแลหลังการปลูก หลังปลูกนาน 3 เดือน กำจัดวัชพืชด้วยวิธีใช้จอบถากหญ้าที่ขึ้นตามสันร่อง เพื่อกำจัดวัชพืชที่จะมาแย่งอาหารต้นมัน และใส่ปุ๋ยสูตร 7.5-7.5-7.5 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อมันสำปะหลังมีอายุ 5 เดือน ใส่โพแทสเซียมในอัตรา 12 กิโลกรัม โดยใช้ปุ๋ยสูตร 0-0-60 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ ใส่ทั้ง 2 ข้างลำต้น โดยช่วยให้มันหัวใหญ่และเพิ่มเปอร์เซ็นต์แป้งสูง จากนั้นร่อนจนมันสำปะหลังได้อายุ 12 เดือน จึงทำการเก็บเกี่ยว

5) การเก็บเกี่ยว ตัดลำต้น ใช้มีดหรือเคียวตัดลำต้นเหนือพื้นดินประมาณ 20-30 เซนติเมตร ลำต้นส่วนบนสามารถเก็บไว้เป็นท่อนพันธุ์สำหรับปลูกครั้งต่อไป ยกหัวมันสำปะหลัง ใช้จอบหรือเสียมขุดรอบ ๆ โคนต้นอย่างระมัดระวัง ไม่ให้หัวขาด หากมีรถไถติดอุปกรณ์ยกหัว (Cassava Uprooter) จะช่วยประหยัดแรงงานและเวลา จับโคนต้นดึงหัวขึ้นพร้อมกันเพื่อลดการหักหรือชำ ทำความสะอาดหัวมัน เขย่าหรือเคาะดินออกเบื้องต้น หลีกเลี่ยงการกระแทกแรง เพราะหัวที่ชำจะเน่าเสียง่าย เลือกหัวที่สมบูรณ์ ขนาดสม่ำเสมอ ไม่มีรอยชำหรือเน่า บรรจุ ใส่กระสอบหรือเชิงโปรง เพื่อให้อากาศถ่ายเทได้ดี การขนส่ง: ควรรีบส่งเข้าโรงงานหรือแปรรูปภายใน 24-48 ชั่วโมงหลังเก็บเกี่ยว เพื่อป้องกันการเสื่อมคุณภาพของแป้งในหัว

3. วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

การทํานันทกผลการทดลองและวิเคราะห์ ความแตกต่างของ 2 ปัจจัย คือ 1) พันธุ์ของมันสำปะหลังจำนวน 4 สายพันธุ์ 2) ดินในพื้นที่ปลูกจำนวน 4 พื้นที่ จึงทำการเก็บข้อมูลผลผลิต โดยทำการบันทึก ดังนี้
ข้อมูลลักษณะผลผลิต ได้แก่

- 1) ปริมาณหัวต่อต้น (หัว)
- 2) เปอร์เซนต์แป้งในหัวสด (% starch content)
- 3) จำนวนน้ำหนักต่อไร่ (กิโลกรัมต่อไร่)
- 4) ปริมาณผลผลิตแบ่งที่ได้ (กิโลกรัม)

ข้อมูลคุณสมบัติของแป้ง ได้แก่

- 1) ปริมาณความชื้น (Moisture) (%) (AOAC)
- 2) ความขาว (Whiteness) (%) (Whiteness Tester)
- 3) ค่าความหนืดสูงสุด (Viscosity) (BU) (Brabender Viscograph-E)
- 4) ไซยาไนด์ (ppm)

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากเก็บข้อมูลลักษณะที่ศึกษาแล้ว นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยใช้โปรแกรม SPSS เพื่อประเมินผลของสายพันธุ์มันสำปะหลัง พื้นที่ปลูก และปฏิสัมพันธ์ระหว่างสายพันธุ์กับพื้นที่ปลูก ที่มีต่อผลผลิต ปริมาณแป้ง และคุณสมบัติแป้งเชิงอุตสาหกรรม ในการวิเคราะห์ กำหนดให้สายพันธุ์มันสำปะหลังเป็นปัจจัยหลัก และพื้นที่ปลูกเป็นปัจจัยรอง โดยใช้การวิเคราะห์แบบสองปัจจัย Factorial in RCBD เพื่อทดสอบทั้งผลหลัก และผลปฏิสัมพันธ์ หากพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะนำค่าเฉลี่ยมาเปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัย

1. ข้อมูลลักษณะผลผลิต

จากผลการศึกษาปริมาณผลผลิตและปริมาณแป้งของมันสำปะหลังที่ปลูกในพื้นที่ที่แตกต่างกัน 4 จังหวัด จากผลการศึกษา พบว่า พื้นที่ปลูกมีผลต่อปริมาณหัวต่อต้น ปริมาณผลผลิตหัวมันสด และปริมาณแป้งที่ผลิตได้ของมันสำปะหลังอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ขณะที่ปริมาณแป้ง (%) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยจังหวัดยโสธร (A1) ให้จำนวนหัวต่อต้นสูงที่สุดเท่ากับ 15.50 หัวต่อต้น และให้ผลผลิตหัวมันสดสูงที่สุด เท่ากับ 7,100 กิโลกรัมต่อไร่ แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ดังกล่าวมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการสร้างหัวของมันสำปะหลัง อาจเนื่องมาจากความอุดมสมบูรณ์ของดิน สภาพภูมิอากาศ และการจัดการแปลงปลูกที่เหมาะสม ในขณะที่จังหวัดสกลนคร (A4) ให้จำนวนหัวต่อต้นต่ำกว่า คือ 14.16 หัวต่อต้น และผลผลิตหัวมันสดต่ำกว่า คือ 4,400 กิโลกรัมต่อไร่ แต่กลับมีเปอร์เซ็นต์แป้งสูงที่สุด เท่ากับ 25.00 เปอร์เซ็นต์ และให้ปริมาณแป้งรวมสูงที่สุด เท่ากับ 1,515.7 กิโลกรัม สะท้อนให้เห็นว่าพื้นที่ปลูกมีผลต่อทั้งการสร้างผลผลิตและการสะสมแป้งในหัวมันสำปะหลังแตกต่างกัน สายพันธุ์มันสำปะหลังมีบทบาทสำคัญต่อการกำหนดศักยภาพการให้ผลผลิตและคุณภาพแป้ง เนื่องจากแต่ละพันธุ์มีลักษณะทางพันธุกรรมแตกต่างกัน ทั้งในด้านการสร้างหัว การสะสมแป้ง และความสามารถในการปรับตัวต่อสภาพแวดล้อม บางสายพันธุ์มีศักยภาพในการให้ผลผลิตหัวสดสูง ขณะที่บางสายพันธุ์มีเปอร์เซ็นต์แป้งสูงและเหมาะสมต่อการใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูป เช่น อุตสาหกรรมแป้ง เอทานอล และพลาสติกชีวภาพ การเลือกสายพันธุ์ที่เหมาะสมจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยเฉพาะเมื่อปลูกในพื้นที่ที่มีข้อจำกัดด้านดินและสภาพแวดล้อม เพราะสายพันธุ์ที่สามารถปรับตัวได้ดีจะช่วยรักษาระดับผลผลิตและคุณภาพแป้งให้มีความสม่ำเสมอมากขึ้น ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ปลูกและสายพันธุ์เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อผลผลิตและคุณสมบัติแป้งของมันสำปะหลัง โดยพบว่าสายพันธุ์เดียวกันอาจให้ผลผลิตแตกต่างกันเมื่อปลูกในพื้นที่ต่างกัน หรือในทางกลับกัน พื้นที่เดียวกันอาจทำให้แต่ละสายพันธุ์แสดงศักยภาพได้ไม่เท่ากัน ผลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า การประเมินศักยภาพของมันสำปะหลังไม่สามารถพิจารณาจากสายพันธุ์หรือพื้นที่ปลูกเพียงปัจจัยเดียวได้ แต่ต้องพิจารณาผลรวมกันของทั้งสองปัจจัย เนื่องจากบางสายพันธุ์อาจเหมาะสมกับพื้นที่หนึ่งแต่ไม่เหมาะกับอีกพื้นที่หนึ่ง

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณผลผลิตและปริมาณแป้งของมันสำปะหลังที่ปลูกในพื้นที่ที่แตกต่างกัน 4 จังหวัด

พื้นที่ปลูก	ปริมาณหัวต่อต้น (หัว)	ปริมาณแป้ง (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณผลผลิตหัวมันสด (กิโลกรัมต่อไร่)	ปริมาณแป้งที่ผลิตได้ (กิโลกรัม)
จังหวัดยโสธร (A1)	15.50a	24.16	7,100a	1,508.0ab
จังหวัดกาฬสินธุ์ (A2)	15.33ab	24.50	6,800b	1,421.6c
จังหวัดมุกดาหาร (A3)	14.12ab	23.00	5,500c	1,376.9d
จังหวัดสกลนคร (A4)	14.16b	25.00	4,400d	1,515.7a
Mean	14.85	24.16	5,962	1,455.5
F-test	*	ns	*	*
% CV	10.15	14.27	14.55	14.37

หมายเหตุ

ns และ * หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P \leq 0.05$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรยกกำกับต่างกันในกลุ่มเดียวกัน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P \leq 0.05$

พันธุ์มันสำปะหลังที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณหัวต่อต้น ปริมาณแป้ง ปริมาณผลผลิตหัวมันสด และปริมาณแป้งที่ผลิตได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพันธุ์ห้วยบง 60 (B1) ให้ค่าปริมาณหัวต่อต้นสูงที่สุดเท่ากับ 16.33 หัว ซึ่งแตกต่างจากพันธุ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากพันธุ์ห้วยบง 60 เป็นพันธุ์ที่มีศักยภาพในการแตกหัวได้ดี มีการเจริญเติบโตของระบบรากและการสะสมอาหารในหัวได้มาก จึงทำให้มีจำนวนหัวต่อต้นสูงกว่าพันธุ์อื่น ในด้านปริมาณแป้ง พบว่าพันธุ์ห้วยบง 60 (B1) มีเปอร์เซ็นต์แป้งสูงที่สุดเท่ากับ 26.51 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างจากพันธุ์พิจิตร 1 (B4) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่แตกต่างจากพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 (B2) และพันธุ์ระยอง 3 (B3) แสดงให้เห็นว่าลักษณะทางพันธุกรรมของแต่ละพันธุ์มีผลต่อความสามารถในการสะสมแป้งในหัวมันสำปะหลัง สำหรับปริมาณผลผลิตหัวมันสด พบว่า พันธุ์ห้วยบง 60 (B1) ให้ผลผลิตสูงที่สุดเท่ากับ 7,000 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 (B2) เท่ากับ 6,500 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนพันธุ์ระยอง 3 (B3) และพันธุ์พิจิตร 1 (B4) ให้ผลผลิตต่ำกว่า คือ 5,200 และ 5,000 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ความแตกต่างดังกล่าวอาจเกิดจากศักยภาพของพันธุ์ในการเจริญเติบโต การปรับตัวต่อสภาพแวดล้อม และประสิทธิภาพในการใช้ธาตุอาหาร ในส่วนของปริมาณแป้งที่ผลิตได้ พบว่าพันธุ์ห้วยบง 60 (B1) ให้ปริมาณแป้งสูงที่สุดเท่ากับ 1,955.6 กิโลกรัม รองลงมา คือ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 (B2) เท่ากับ 1,517.7 กิโลกรัม และพันธุ์ระยอง 3 (B3) เท่ากับ 1,307.9 กิโลกรัม ส่วนพันธุ์พิจิตร 1 (B4) ให้ปริมาณแป้งต่ำที่สุดเท่ากับ 1,041.0 กิโลกรัม โดยความแตกต่างดังกล่าวมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปริมาณแป้งที่ผลิตได้ขึ้นอยู่กับทั้งผลผลิตหัวสดและเปอร์เซ็นต์แป้งของแต่ละพันธุ์

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณผลผลิตและปริมาณแป้งในพันธุ์มันสำปะหลังที่แตกต่างกัน จำนวน 4 สายพันธุ์

พันธุ์มันสำปะหลัง	ปริมาณหัวต่อต้น (หัว)	ปริมาณแป้ง (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณผลผลิตหัวมันสด (กิโลกรัมต่อไร่)	ปริมาณแป้งที่ผลิตได้ (กิโลกรัม)
พันธุ์ห้วยบง 60 (B1)	16.33a	26.51a	7,000a	1,955.6a
พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 (B2)	14.83b	23.94ab	6,500b	1,517.7b
พันธุ์ระยอง 3 (B3)	14.5b	23.70ab	5,200c	1,307.9c
พันธุ์พิจิตร 1 (B4)	13.75b	22.49b	5,000c	1,041.0d
Mean	14.85	24.16	5,963	1455.5
F-test	*	*	*	**
% CV	10.15	14.27	14.55	14.37

หมายเหตุ

* และ ** หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P \leq 0.05$ และ $P \leq 0.01$

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรยกกำกับต่างกันในกลุ่มเดียวกัน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P \leq 0.05$

จากผลการศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ปลูกและสายพันธุ์มันสำปะหลังต่อปริมาณหัวต่อต้น ปริมาณแป้ง ปริมาณผลผลิตหัวมันสด และปริมาณแป้งที่ผลิตได้ พบว่าการปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่ที่แตกต่างกันร่วมกับสายพันธุ์ที่แตกต่างกันมีผลต่อค่าดังกล่าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะปริมาณผลผลิตหัวมันสดและปริมาณแป้งที่ผลิตได้ แสดงให้เห็นว่าศักยภาพการให้ผลผลิตของมันสำปะหลังขึ้นอยู่กับความเหมาะสมระหว่างสายพันธุ์และสภาพพื้นที่ปลูก ในด้านปริมาณหัวต่อต้น พบว่าการปลูกพันธุ์ห้วยบง 60 (B1) ในจังหวัดกาฬสินธุ์ (A2) ให้จำนวนหัวต่อต้นสูงที่สุดเท่ากับ 17.33 หัว ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 มีความสามารถในการสร้างหัวได้ดีในหลายสภาพพื้นที่ ขณะที่การปลูกพันธุ์พิจิตร 1 (B4) ในจังหวัด

กาฬสินธุ์ให้จำนวนหัวต่อต้นต่ำที่สุดเท่ากับ 12.67 หัว ซึ่งอาจเกิดจากความสามารถในการปรับตัวของพันธุ์ต่อสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน สำหรับปริมาณแป้ง พบว่า การปลูกพันธุ์ห้วยบง 60 (B1) ในจังหวัดสกลนคร (A4) ให้ค่าเปอร์เซ็นต์แป้งสูงที่สุดเท่ากับ 27.53 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าปัจจัยด้านพันธุกรรมของสายพันธุ์ร่วมกับสภาพแวดล้อมของพื้นที่มีผลต่อการสะสมแป้งในหัวมันสำปะหลัง ในด้านปริมาณผลผลิตหัวมันสด พบว่า การปลูกพันธุ์ห้วยบง 60 (B1) ในจังหวัดกาฬสินธุ์ (A2) ให้ผลผลิตสูงที่สุดเท่ากับ 7,600 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมา คือ การปลูกพันธุ์ห้วยบง 60 (B1) ในจังหวัดสกลนคร (A4) และจังหวัดมุกดาหาร (A3) ซึ่งให้ผลผลิตเท่ากับ 7,500 และ 7,300 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ขณะที่การปลูกพันธุ์พิจิตร 1 (B4) ในจังหวัดสกลนคร (A4) ให้ผลผลิตต่ำที่สุดเท่ากับ 4,400 กิโลกรัมต่อไร่ ความแตกต่างดังกล่าวอาจเกิดจากความเหมาะสมของพันธุ์ต่อสภาพดิน สภาพภูมิอากาศ และการจัดการในแต่ละพื้นที่ สำหรับปริมาณแป้งที่ผลิตได้ พบว่า การปลูกพันธุ์ห้วยบง 60 (B1) ในจังหวัดสกลนคร (A4) ให้ปริมาณแป้งสูงที่สุดเท่ากับ 2,065.0 กิโลกรัม ขณะที่การปลูกพันธุ์พิจิตร 1 (B4) ในจังหวัดสกลนคร (A4) ให้ปริมาณแป้งต่ำที่สุดเท่ากับ 990.0 กิโลกรัม ทั้งนี้ปริมาณแป้งที่ผลิตได้ขึ้นอยู่กับทั้งผลผลิตหัวมันสดและเปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลังในแต่ละสภาพพื้นที่

ตารางที่ 3 แสดงผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ปลูกและสายพันธุ์มันสำปะหลังต่อปริมาณหัว ปริมาณแป้ง และผลผลิตมันสำปะหลัง

พื้นที่ปลูก (ปัจจัยที่ A)	สายพันธุ์มันสำปะหลัง (ปัจจัยที่ B)	ปริมาณหัวต่อต้น (หัว)	ปริมาณแป้ง (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณผลผลิตหัวมันสด (กิโลกรัมต่อไร่)	ปริมาณแป้งที่ผลิตได้ (กิโลกรัม)
จังหวัดยโสธร (A1)	พันธุ์ห้วยบง 60 (B1)	16.67ab	25.97ab	7,100b	1,843.6bc
จังหวัดยโสธร (A1)	พันธุ์เกษตรศาสตร์50 (B2)	15.00de	25.10ab	6,800c	1,706.8d
จังหวัดยโสธร (A1)	พันธุ์ระยอง 3 (B3)	15.33cd	22.57c	5,900d	1,331.4g
จังหวัดยโสธร (A1)	พันธุ์ พิจิตร 1 (B4)	15.00de	23.00c	5,000e	1,150.0gh
จังหวัดกาฬสินธุ์ (A2)	พันธุ์ห้วยบง 60 (B1)	17.33a	26.27ab	7,600a	1,996.3ab
จังหวัดกาฬสินธุ์ (A2)	พันธุ์เกษตรศาสตร์50 (B2)	15.00de	25.97ab	5,900d	1,532.0de
จังหวัดกาฬสินธุ์ (A2)	พันธุ์ระยอง 3 (B3)	16.33c	24.30ab	4,900e	1,190.7gh
จังหวัดกาฬสินธุ์ (A2)	พันธุ์ พิจิตร 1 (B4)	12.667ef	21.50c	4,500ef	967.5h
จังหวัดมุกดาหาร (A3)	พันธุ์ห้วยบง 60 (B1)	14.33de	26.27ab	7,300b	1,917.5ab
จังหวัดมุกดาหาร (A3)	พันธุ์เกษตรศาสตร์50 (B2)	15.00de	18.37c	6,100c	1,120.4gh
จังหวัดมุกดาหาร (A3)	พันธุ์ระยอง 3 (B3)	15.00de	24.37ab	5,800d	1,413.3ef
จังหวัดมุกดาหาร (A3)	พันธุ์ พิจิตร 1 (B4)	13.33ef	22.97c	4,600e	1,056.5h
จังหวัดสกลนคร (A4)	พันธุ์ห้วยบง 60 (B1)	17.00a	27.53a	7,500a	2,065.0a
จังหวัดสกลนคร (A4)	พันธุ์เกษตรศาสตร์50 (B2)	14.33df	26.33ab	6,500c	1,711.7d
จังหวัดสกลนคร (A4)	พันธุ์ระยอง 3 (B3)	11.33f	23.57c	5,500d	1,296.2gh
จังหวัดสกลนคร (A4)	พันธุ์ พิจิตร 1 (B4)	14.00df	22.50c	4,400f	990.0h
Mean		14.85	24.16	5,963	1,455.5
F-test		*	*	**	**
% CV		10.15	14.27	14.55	14.37

หมายเหตุ

* และ ** หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P \leq 0.05$ และ $P \leq 0.01$

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรยกกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P \leq 0.05$

2. ข้อมูลคุณสมบัติของแป้ง

จากการศึกษาคุณสมบัติของแป้งมันสำปะหลังที่ปลูกในพื้นที่แตกต่างกัน 4 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดยโสธร จังหวัดกาฬสินธุ์ จังหวัดมุกดาหาร และจังหวัดสกลนคร พบว่าคุณสมบัติของแป้งมันสำปะหลังในด้านปริมาณความชื้น ของแป้งมันสำปะหลังจากทั้ง 4 พื้นที่มีค่าอยู่ระหว่าง 11.70–12.78% โดยจังหวัดยโสธรมีค่าความชื้นสูงที่สุด (12.78%) ขณะที่จังหวัดสกลนครมีค่าต่ำที่สุด (11.70%) อย่างไรก็ตาม ผลการทดสอบทางสถิติ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ns) แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ปลูกที่แตกต่างกันไม่ได้ส่งผลต่อปริมาณความชื้นของแป้งมันสำปะหลังอย่างชัดเจน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกระบวนการแปรรูปและการอบแห้งแป้งมีมาตรฐานใกล้เคียงกัน ทำให้ความชื้นของผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีค่าค่อนข้างสม่ำเสมอ ค่าความขาวของแป้งมันสำปะหลังมีค่าอยู่ในช่วง 94.69–95.44% โดยจังหวัดยโสธรมีค่าความขาวสูงที่สุด (95.44%) และจังหวัดสกลนครมีค่าต่ำที่สุด (94.69%) ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ns) แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ปลูกไม่มีผลต่อคุณลักษณะด้านความขาวของแป้งอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งความขาวของแป้งมักขึ้นอยู่กับพันธุ์มันสำปะหลัง กระบวนการสกัดแป้ง และการปนเปื้อนของเส้นใยหรือสิ่งเจือปนในระหว่างการผลิตมากกว่าปัจจัยด้านพื้นที่ปลูก ค่า pH ของแป้งมันสำปะหลังจากทั้ง 4 จังหวัดมีค่าอยู่ระหว่าง 5.61–5.72 โดยจังหวัดสกลนครมีค่า pH สูงที่สุด (5.72) และจังหวัดกาฬสินธุ์มีค่าต่ำที่สุด (5.61) อย่างไรก็ตาม ผลการทดสอบทางสถิติ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ns) แสดงให้เห็นว่าสภาพพื้นที่ปลูกไม่มีผลต่อความเป็นกรด-ด่างของแป้งมันสำปะหลังอย่างเด่นชัด ทั้งนี้ค่า pH ของแป้งส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตและการหมักตามธรรมชาติระหว่างการสกัดแป้ง ค่าการนำไฟฟ้าของแป้งมันสำปะหลังมีค่าอยู่ระหว่าง 46.89–55.27 โดยจังหวัดกาฬสินธุ์มีค่าสูงที่สุด (55.27) ซึ่งแตกต่างจากพื้นที่อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในขณะที่จังหวัดยโสธร มุกดาหาร และสกลนครมีค่าใกล้เคียงกัน ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าพื้นที่ปลูกมีผลต่อปริมาณแร่ธาตุหรือสารละลายไอออนที่ตกค้างในแป้ง ซึ่งอาจสัมพันธ์กับความอุดมสมบูรณ์ของดิน องค์ประกอบของธาตุอาหารในดิน หรือสภาพแวดล้อมของพื้นที่เพาะปลูก ค่าความหนืดของแป้งมันสำปะหลังมีค่าอยู่ระหว่าง 865.83–887.67 BU โดยจังหวัดมุกดาหารมีค่าสูงที่สุด (887.67 BU) และจังหวัดกาฬสินธุ์มีค่าต่ำที่สุด (865.83 BU) ผลการทดสอบทางสถิติ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสภาพพื้นที่ปลูกอาจมีผลต่อโครงสร้างเม็ดแป้งหรือองค์ประกอบของอะไมโลสและอะไมโลเพกทินในแป้ง ส่งผลต่อสมบัติด้านความหนืดของแป้ง ปริมาณไซยาไนด์ในแป้งมันสำปะหลังมีค่าอยู่ในช่วง 0.540–0.598 ppm โดยจังหวัดยโสธร กาฬสินธุ์ และมุกดาหารมีค่าเท่ากัน (0.598 ppm) ขณะที่จังหวัดสกลนครมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย (0.540 ppm) แต่ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ns) แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ปลูกไม่ได้มีผลต่อปริมาณไซยาไนด์ในแป้งอย่างชัดเจน และค่าที่พบอยู่ในระดับต่ำซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยต่อการบริโภค

ตารางที่ 4 แสดงผลของคุณสมบัติของแป้งมันสำปะหลังที่ปลูกในพื้นที่ที่แตกต่างกัน 4 จังหวัด

พื้นที่ปลูก	ปริมาณความชื้น (%)	ความขาว (%)	pH	ค่าการนำไฟฟ้า (EC)	ค่าความหนืด (BU)	ไซยาไนด์ (ppm)
จังหวัดยโสธร (A1)	12.78	95.44	5.71	47.35b	871.83ab	0.598
จังหวัดกาฬสินธุ์ (A2)	12.66	95.43	5.61	55.27a	865.83b	0.598
จังหวัดมุกดาหาร (A3)	12.59	95.02	5.65	47.05b	887.67a	0.598
จังหวัดสกลนคร (A4)	11.70	94.69	5.72	46.89b	872.25ab	0.540
Mean	12.42	95.15	5.67	49.14	874.40	0.60
F-test	ns	ns	ns	*	*	ns
% CV	13.55	0.80	4.39	10.52	2.51	31.82

หมายเหตุ

ns และ * หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P \leq 0.05$

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรยกกำกับต่างกันในกลุ่มเดียวกัน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P \leq 0.05$

ปริมาณความชื้นของแป้งมันสำปะหลังทั้ง 4 สายพันธุ์ มีค่าอยู่ในช่วง 11.67–12.76% โดยพันธุ์ห้วยบง 60 มีค่าความชื้นสูงสุด (12.76 %) รองลงมา คือ พันธุ์พิรุณ 1 (12.70 %) และพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 (12.55 %) ส่วนพันธุ์ระยอง 3 มีค่าต่ำที่สุด (11.67 %) อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ns) แสดงให้เห็นว่าสายพันธุ์ของมันสำปะหลังไม่มีผลต่อปริมาณความชื้นของแป้งอย่างเด่นชัด ทั้งนี้อาจเนื่องจากกระบวนการผลิตและการอบแห้งแป้งมีการควบคุมในระดับใกล้เคียงกัน ค่าความขาวของแป้งมันสำปะหลังมีค่าอยู่ระหว่าง 94.69–95.84% โดยพันธุ์ห้วยบง 60 มีค่าความขาวสูงสุด (95.84%) รองลงมา คือ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 (95.10%) และพันธุ์ระยอง 3 (94.95%) ขณะที่พันธุ์พิรุณ 1 มีค่าความขาวต่ำที่สุด (94.69%) อย่างไรก็ตาม ผลการทดสอบทางสถิติ พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ns) แสดงให้เห็นว่าสายพันธุ์ไม่มีผลต่อค่าความขาวของแป้งมันสำปะหลังอย่างชัดเจน ค่า pH ของแป้งมันสำปะหลังจากทั้ง 4 สายพันธุ์มีค่าอยู่ในช่วง 5.56–5.90 โดยพันธุ์ห้วยบง 60 มีค่า pH สูงที่สุด (5.90) และพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 มีค่าต่ำที่สุด (5.56) อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ns) แสดงให้เห็นว่าสายพันธุ์ของมันสำปะหลังไม่มีผลต่อความเป็นกรด-ด่างของแป้งอย่างชัดเจน ค่าการนำไฟฟ้าของแป้งมันสำปะหลังมีค่าอยู่ระหว่าง 47.71–51.25 โดยพันธุ์พิรุณ 1 มีค่าสูงที่สุด (51.25) รองลงมา คือ พันธุ์ห้วยบง 60 (49.09) ขณะที่พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และพันธุ์ระยอง 3 มีค่าต่ำกว่าและไม่แตกต่างกัน ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่าสายพันธุ์ของมันสำปะหลังมีผลต่อค่าการนำไฟฟ้าของแป้ง ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับปริมาณแร่ธาตุหรือองค์ประกอบทางเคมีที่ต่างกันในแต่ละสายพันธุ์ ค่าความหนืดของแป้งมันสำปะหลังมีค่าอยู่ระหว่าง 858.67–899.17 BU โดยพันธุ์ห้วยบง 60 มีค่าความหนืดสูงที่สุด (899.17 BU) ซึ่งแตกต่างจากสายพันธุ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ขณะที่พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 พันธุ์ระยอง 3 และพันธุ์พิรุณ 1 มีค่าความหนืดใกล้เคียงกัน ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าสายพันธุ์มีผลต่อคุณสมบัติด้านความหนืดของแป้ง ซึ่งอาจเกิดจากความแตกต่างของโครงสร้างเม็ดแป้งหรือสัดส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพกทินในแต่ละสายพันธุ์ ปริมาณไซยาไนด์ของแป้งมันสำปะหลังมีค่าอยู่ในช่วง 0.500–0.675 ppm โดยพันธุ์ระยอง 3 มีค่าสูงที่สุด (0.675 ppm) ขณะที่พันธุ์พิรุณ 1 มีค่าต่ำที่สุด (0.500 ppm) อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่าง

มีนัยสำคัญ (ns) แสดงให้เห็นว่าสายพันธุ์ไม่มีผลต่อปริมาณไนโตรเจนในแป้งมันสำปะหลังอย่างชัดเจน และค่าที่พบยังอยู่ในระดับต่ำที่ปลอดภัยต่อการบริโภค

ตารางที่ 5 แสดงผลของคุณสมบัติของแป้งมันสำปะหลังที่แตกต่างกัน จำนวน 4 สายพันธุ์

พันธุ์มันสำปะหลัง	ปริมาณ ความชื้น (%)	ความ ขาว (%)	pH	ค่าการนำ ไฟฟ้า (EC)	ค่าความหนืด (BU)	ไซยาไนด์ (ppm)
พันธุ์ห้วยบง 60 (B1)	12.76	95.84	5.90	49.09a	899.17a	0.608
พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 (B2)	12.55	95.10	5.56	47.71b	876.83b	0.608
พันธุ์ระยอง 3 (B3)	11.67	94.95	5.66	48.51b	862.92b	0.675
พันธุ์พิรุณ 1 (B4)	12.70	94.69	5.57	51.25a	858.67b	0.500
Mean	12.42	95.15	5.67	49.14	874.40	0.60
F-test	ns	ns	ns	*	*	ns
% CV	13.55	0.80	4.39	10.52	2.51	31.82

หมายเหตุ

ns และ * หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P \leq 0.05$

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรยกกำกับต่างกันในกลุ่มเดียวกัน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P \leq 0.05$

จากการศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ปลูกและสายพันธุ์มันสำปะหลังต่อคุณสมบัติของแป้งมันสำปะหลัง ได้แก่ ปริมาณความชื้น ความขาว ค่า pH ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ค่าความหนืด และปริมาณไซยาไนด์ พบว่า ปริมาณความชื้นของแป้งมันสำปะหลังจากการปลูกในพื้นที่และสายพันธุ์ที่ต่างกันมีค่าอยู่ในช่วง 12.37–13.13 % โดยค่าความชื้นสูงที่สุดพบใน จังหวัดมุกดาหาร พันธุ์ห้วยบง 60 (13.13 %) ขณะที่ค่าต่ำที่สุดพบใน จังหวัดกาฬสินธุ์ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 (12.37 %) อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ปลูกและสายพันธุ์ไม่มีผลต่อปริมาณความชื้นของแป้งมันสำปะหลังอย่างชัดเจน ทั้งนี้อาจเนื่องจากขั้นตอนการผลิตและการอบแห้งแป้งมีมาตรฐานใกล้เคียงกัน ค่าความขาวของแป้งมันสำปะหลังมีค่าอยู่ระหว่าง 94.83–96.10 % โดยค่าความขาวสูงที่สุดพบใน จังหวัดยโสธร พันธุ์ห้วยบง 60 (96.10%) และต่ำที่สุดพบใน จังหวัดกาฬสินธุ์ พันธุ์พิรุณ 1 (94.83 %)

ตารางที่ 6 แสดงผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ปลูกและสายพันธุ์มันสำปะหลังต่อคุณสมบัติของแป้งมันสำปะหลัง

พื้นที่ปลูก (ปัจจัยที่1)	พันธุ์มันสำปะหลัง (ปัจจัยที่2)	ปริมาณ ความชื้น (%)	ความขาว (%)	pH	ค่าการนำไฟฟ้า (EC)	ค่าความหนืด (BU)	ไซยาไนด์ (ppm)
จังหวัดยโสธร (A1)	พันธุ์ห้วยบง 60 (B1)	12.47	96.10	6.23	44.77bc	900.33a	0.675
จังหวัดยโสธร (A1)	พันธุ์เกษตรศาสตร์50 (B2)	12.47	95.00	5.35	40.80c	865.33ab	0.675
จังหวัดยโสธร (A1)	พันธุ์ระยอง 3 (B3)	12.55	95.60	5.58	51.71a	858.67bc	0.675
จังหวัดยโสธร (A1)	พันธุ์ พิรุณ 1 (B4)	12.87	95.07	5.67	52.12a	863.00bc	0.608
จังหวัดกาฬสินธุ์ (A2)	พันธุ์ห้วยบง 60 (B1)	12.90	96.00	5.84	55.33a	866.00ab	0.608
จังหวัดกาฬสินธุ์ (A2)	พันธุ์เกษตรศาสตร์50 (B2)	12.37	95.40	5.57	56.25a	870.00ab	0.608
จังหวัดกาฬสินธุ์ (A2)	พันธุ์ระยอง 3 (B3)	12.88	95.50	5.61	53.20a	857.67bc	0.608
จังหวัดกาฬสินธุ์ (A2)	พันธุ์ พิรุณ 1 (B4)	12.48	94.83	5.42	56.32a	869.67ab	0.608
จังหวัดมุกดาหาร (A3)	พันธุ์ห้วยบง 60 (B1)	13.13	95.90	5.7a	50.64b	926.33a	0.608
จังหวัดมุกดาหาร (A3)	พันธุ์เกษตรศาสตร์50 (B2)	12.73	95.13	5.81	44.37bc	890.67ab	0.500
จังหวัดมุกดาหาร (A3)	พันธุ์ระยอง 3 (B3)	12.46	95.83	5.57	46.05b	884.00ab	0.500
จังหวัดมุกดาหาร (A3)	พันธุ์ พิรุณ 1 (B4)	12.81	95.20	5.52	47.13b	849.67bc	0.500
จังหวัดสกลนคร (A4)	พันธุ์ห้วยบง 60 (B1)	12.53	95.37	5.82	45.63b	904.00a	0.195
จังหวัดสกลนคร (A4)	พันธุ์เกษตรศาสตร์50 (B2)	12.61	95.87	5.50	49.43ab	881.33ab	0.171
จังหวัดสกลนคร (A4)	พันธุ์ระยอง 3 (B3)	12.42	95.87	5.88	43.07b	851.33bc	0.142
จังหวัดสกลนคร (A4)	พันธุ์ พิรุณ 1 (B4)	12.65	95.67	5.67	49.42b	852.33bc	0.117
Mean		12.42	95.15	5.67	49.14	874.40	0.60
F-test		ns	ns	ns	*	*	ns
% CV		13.55	0.80	4.39	10.52	2.51	31.82

หมายเหตุ

ns และ * หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P \leq 0.05$

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรยกกำกับต่างกันในกลุ่มเดียวกัน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P \leq 0.05$

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความขาว และค่า pH ของแป้งมันสำปะหลัง พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ปลูกและสายพันธุ์ไม่มีผลต่อค่าความขาว และค่า pH ของแป้งมันสำปะหลัง ในขณะที่ค่าการนำไฟฟ้าและความหนืดของแป้ง พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ปลูกและสายพันธุ์มีผลต่อค่าการนำไฟฟ้าและความหนืดของแป้ง มีค่าการนำไฟฟ้าของแป้งมันสำปะหลังมีค่าอยู่ระหว่าง 40.80–56.32 โดยค่าที่สูงที่สุดพบใน จังหวัดกาฬสินธุ์ พันธุ์พิรุณ 1 (56.32) ขณะที่ค่าต่ำที่สุดพบใน จังหวัดยโสธร พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 (40.80) ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับปริมาณแร่ธาตุหรือองค์ประกอบทางเคมีในหัวมันสำปะหลังที่แตกต่างกันตามสภาพดินและสภาพของแต่ละสายพันธุ์ในการดูแลใช้ธาตุอาหาร ค่าความหนืดของแป้งมันสำปะหลังมีค่าอยู่ระหว่าง 849.67–926.33 BU โดยค่าความหนืดสูงที่สุดพบใน จังหวัดมุกดาหาร พันธุ์ห้วยบง 60 (926.33 BU) ขณะที่ค่าต่ำที่สุดพบใน จังหวัดมุกดาหาร พันธุ์พิรุณ 1 (849.67 BU) ซึ่งอาจเกิดจากความแตกต่างของโครงสร้างเม็ดแป้ง รวมถึงสัดส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพกทินที่ได้รับอิทธิพลจากทั้งพันธุกรรมของสายพันธุ์และสภาพแวดล้อมในการปลูก ส่วนปริมาณไซยาไนด์ของแป้งมันสำปะหลัง พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ปลูกและสายพันธุ์ไม่มีผลต่อปริมาณไซยาไนด์ในแป้งมันสำปะหลังอย่างชัดเจน และค่าที่พบยังอยู่ในระดับต่ำซึ่งปลอดภัยต่อการบริโภคมีค่าอยู่ในช่วง 0.117–

0.675 ppm โดยค่าที่สูงที่สุดพบใน จังหวัดยโสธร (หลายสายพันธุ์มีค่า 0.675 ppm) และค่าต่ำที่สุดพบใน จังหวัดสกลนคร พันธุ์
พิจิตร 1 (0.117 ppm)

สมบัติดินของพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในแต่ละจังหวัด

จากผลการวิเคราะห์สมบัติดินในพื้นที่ปลูกทั้ง 4 จังหวัด พบว่าค่าความเป็นกรดต่างของดินอยู่ในช่วง 5.10–7.90 ปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง และปริมาณธาตุอาหารพืชแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ ซึ่งอาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผล
ต่อความแตกต่างของผลผลิตมันสำปะหลังที่พบในการทดลอง

ตารางที่ 7 ค่าการวิเคราะห์สมบัติดินของพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในแต่ละจังหวัด

ข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์/สถานที่	จังหวัดยโสธร	จังหวัดกาฬสินธุ์	จังหวัดมุกดาหาร	จังหวัดสกลนคร
pH	7.90	5.10	7.40	7.80
Electrical Conductivity (dS/m)	0.19	0.01	0.14	0.17
Organic Matter (%)	1.88	0.54	1.11	1.59
Total Nitrogen (%)	<0.10	<0.10	<0.14	<0.10
Available Phosphate (P_2O_5) (%)	40.63	39.45	27.43	35.08
Exchangeable potassium (mg/kg)	508.1	259.40	335.30	459.90

หมายเหตุ: ตัวเลขแสดงค่าการวิเคราะห์สมบัติดินเฉลี่ยของพื้นที่ปลูกก่อนการทดลอง

อภิปรายผล

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า พื้นที่ปลูกมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อปริมาณหัวต่อต้น ผลผลิตหัวมันสด และ
ปริมาณแป้งที่ผลิตได้ ($P \leq 0.05$) แต่ไม่ส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวสดในทางสถิติ สะท้อนให้เห็นว่าสภาพแวดล้อมมีผลต่อการ
สร้างชีวมวล (Biomass) โดยรวมมากกว่าการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีภายในหัวมันสำปะหลังโดยตรง โดยจังหวัดยโสธร
ให้ผลผลิตหัวมันสดสูงที่สุด (7,100 กิโลกรัม/ไร่) เนื่องจากมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (1.88 %) และฟอสฟอรัสที่ละลายได้ (40.63 %)
สูงกว่าพื้นที่อื่น ซึ่งเอื้อต่อการพัฒนาระบบรากและการสร้างหัวในระยะแรก ขณะที่จังหวัดสกลนครแม้ให้ผลผลิตหัวสดต่ำกว่า แต่
กลับให้เปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยสูงที่สุด (25.00 %) และมีปริมาณแป้งรวมสูงที่สุด (1,515.7 กิโลกรัม) ปรากฏการณ์นี้อธิบายได้จาก
สมบัติดินของจังหวัดสกลนครที่มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในระดับสูง (459.90 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ซึ่งโพแทสเซียมมี
บทบาทสำคัญในการควบคุมการเปิด-ปิดปากใบเพื่อการสังเคราะห์แสง ตลอดจนเร่งการเคลื่อนย้ายน้ำตาลจากใบไปสะสมในรูป
ของแป้งที่หัวได้ดิน สอดคล้องกับรายงานของ [4] ที่ระบุว่าความอุดมสมบูรณ์ของดินและธาตุอาหารหลักมีผลโดยตรงต่อกิจกรรม
ทางสรีรวิทยาและการสร้างคุณภาพแป้งมันสำปะหลัง

ในด้านอิทธิพลของสายพันธุ์ มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 แสดงศักยภาพทางพันธุกรรมที่สูงสุดอย่างชัดเจน โดยให้
ผลผลิตหัวมันสด (7,000 กิโลกรัมต่อไร่) เปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ย (26.51 %) และปริมาณแป้งที่ผลิตได้ (1,955.6 กิโลกรัม) สูงที่สุด
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงถึงประสิทธิภาพที่สูงในการสังเคราะห์แสง การลำเลียงคาร์โบไฮเดรต และการเปลี่ยนรูปพลังงาน
ไปสะสมในหัว ซึ่งเป็นลักษณะเด่นทางพันธุกรรมที่ปรับตัวได้ดีในสภาพดินทรายของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตรงตามรายงาน
ของ [1] ที่อธิบายว่า ศักยภาพการให้ผลผลิตและการสะสมคาร์โบไฮเดรตในหัวมันสำปะหลังถูกควบคุมโดยลักษณะทางพันธุกรรม
เฉพาะของแต่ละสายพันธุ์

ประเด็นสำคัญที่พบในการวิจัยนี้คือ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ปลูกและสายพันธุ์ (G x E interaction) มีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อปริมาณหัวต่อต้น เปอร์เซ็นต์แป้ง ผลผลิตหัวมันสด และปริมาณแป้งที่ผลิตได้ โดยเฉพาะพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในจังหวัดสกลนคร สามารถแสดงศักยภาพสูงสุดโดยให้เปอร์เซ็นต์แป้งสูงถึง 27.53 % และให้ปริมาณแป้งที่ผลิตได้สูงที่สุด (2,065.0 กิโลกรัม) ยืนยันว่าการแสดงออกทางพันธุกรรมของมันสำปะหลังมีความจำเพาะเจาะจงต่อสภาพแวดล้อมและสมบัติดินในแต่ละพื้นที่ สอดคล้องกับแนวคิดของ [5] ซึ่งระบุว่าการประเมินพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อการส่งเสริมเชิงพาณิชย์ไม่สามารถพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์หรือพื้นที่เพียงอย่างเดียวได้ แต่ต้องอาศัยข้อมูลปฏิสัมพันธ์ร่วมเพื่อระบุความเหมาะสมเฉพาะพื้นที่ (Site-specific suitability) ซึ่งจะช่วยให้เกษตรกรสามารถบริหารจัดการความเสี่ยงและเพิ่มเสถียรภาพของผลผลิตได้อย่างแม่นยำ

เมื่อพิจารณาสมบัติเชิงหน้าที่ทางอุตสาหกรรม พบว่าพื้นที่ปลูก สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ระหว่างทั้งสองปัจจัย ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อค่าการนำไฟฟ้า (EC) และค่าความหนืดสูงสุด (BU) ค่าการนำไฟฟ้าที่ผันแปรตามพื้นที่ปลูก (โดยเฉพาะในจังหวัดกาฬสินธุ์ พันธุ์พิจิตร 1 ที่มีค่าสูงถึง 56.32) สัมพันธ์โดยตรงกับแร่ธาตุและไอออนที่ละลายได้ในดินที่รากดูดซึมเข้าไปตกค้างในเม็ดแป้ง สำหรับค่าความหนืดสูงสุด พันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในจังหวัดมุกดาหารให้ค่าสูงสุด (926.33 BU) ซึ่งสมบัติด้านความหนืดนี้เกี่ยวข้องโดยตรงกับสัดส่วนและโครงสร้างโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพกทิน โดยดินที่มีปริมาณโพแทสเซียมเด่นชัดจะช่วยส่งเสริมความสมบูรณ์ของโครงสร้างเม็ดแป้ง ทำให้แป้งมีโครงสร้างที่อุ้มน้ำและทนทานต่อแรงเฉือนได้ดีขึ้น เหมาะสำหรับอุตสาหกรรมแปรรูปมูลค่าสูง เช่น แป้งดัดแปร เอทานอล และพลาสติกชีวภาพ ในขณะที่ปัจจัยทั้งหมดไม่ส่งผลกระทบต่อความชื้น ความขาว pH และปริมาณไซยาไนด์อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากความชื้นและความขาวถูกควบคุมด้วยมาตรฐานในกระบวนการผลิตและการอบแห้งแป้ง อีกทั้งปริมาณไซยาไนด์ที่พบมีค่าต่ำมาก (0.117 - 0.675 ppm) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยต่อการบริโภคตามมาตรฐานสากล

สรุปผล

ผลการศึกษาพบว่า สายพันธุ์มันสำปะหลังมีอิทธิพลต่อจำนวนหัวต่อต้น ปริมาณแป้ง และผลผลิตแป้งต่อไร่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพันธุ์ห้วยบง 60 ให้ผลดีที่สุด มีจำนวนหัวเฉลี่ย 16.33 หัวต่อต้น ปริมาณแป้งเฉลี่ย 26.51% และผลผลิตแป้งสูงสุด 1,955.60 กิโลกรัมต่อไร่ แสดงให้เห็นถึงศักยภาพทางพันธุกรรมที่ดีในการสะสมแป้งและการให้ผลผลิตสูง จึงเหมาะสมต่อการปลูกเชิงพาณิชย์มากกว่าสายพันธุ์อื่น พื้นที่ปลูกมีผลต่อผลผลิตหัวมันสดและการสะสมแป้งของมันสำปะหลังอย่างชัดเจน โดยจังหวัดยโสธรให้ผลผลิตหัวมันสดเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 7,100 กิโลกรัมต่อไร่ ขณะที่จังหวัดสกลนครให้เปอร์เซ็นต์แป้งสูงที่สุด เท่ากับ 25.00% แม้ว่าจะมีผลผลิตหัวสดต่ำกว่า แสดงให้เห็นว่าสภาพแวดล้อมของพื้นที่ เช่น ความอุดมสมบูรณ์ของดินและสภาพภูมิอากาศ มีผลต่อการสร้างผลผลิตและการสะสมแป้งในหัวมันสำปะหลัง ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสายพันธุ์และพื้นที่ปลูกมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อผลผลิตและคุณภาพแป้ง โดยเฉพาะพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในจังหวัดสกลนคร ให้ผลผลิตแป้งต่อไร่สูงที่สุด เท่ากับ 2,065 กิโลกรัมต่อไร่ นอกจากนี้ยังพบว่าปฏิสัมพันธ์ดังกล่าวมีผลต่อค่าการนำไฟฟ้า (EC) และค่าความหนืด (BU) ของแป้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สะท้อนให้เห็นว่าการเลือกสายพันธุ์ให้เหมาะสมกับพื้นที่ปลูกมีความสำคัญต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพแป้ง สมบัติดินของพื้นที่ปลูกทั้ง 4 จังหวัดมีความแตกต่างกันในด้านค่า pH ปริมาณอินทรีย์วัตถุ และธาตุอาหารหลัก ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการสะสมแป้งของมันสำปะหลัง โดยเฉพาะจังหวัดยโสธรและสกลนครที่มีค่าฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมค่อนข้างสูง รวมถึงมีค่า pH ใกล้เคียงกลาง ทำให้เหมาะสมต่อการพัฒนาระบบรากและการสร้างหัวมากกว่าพื้นที่ที่มีความเป็นกรดสูง การเลือกสายพันธุ์ให้เหมาะสมกับสภาพดินและสิ่งแวดล้อม เช่น การใช้พันธุ์ห้วยบง 60 ในพื้นที่จังหวัดสกลนครและยโสธร จะช่วยเพิ่มผลผลิต ยกระดับคุณภาพแป้ง และเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมมันสำปะหลังของประเทศไทยในระยะยาว

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ และบริษัท แป้งมันกาฬสินธุ์ จำกัด ที่สนับสนุนการทำงาน งบประมาณและพื้นที่ในการทำงานวิจัย และช่วยดูแลเก็บข้อมูลงานวิจัยในครั้งนี้ จนทำให้งานวิจัยสำเร็จเรียบร้อยสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

1. El-Sharkawy, M. A. Cassava biology and physiology. *Plant Molecular Biology*, 2004; 56(4), 481-501. <https://doi.org/10.1007/s11103-005-2270-7>
2. Piyachomkwan, K., Tanticharoen, M. Cassava Industry in Thailand: Prospects., *The Journal of the Royal Institute of Thailand*. 2011; 111, 160-170. <https://www.thaiscience.info/Journals/Article/TJRI/10990668.pdf>
3. Moorthy, S. N. Physicochemical and functional properties of tropical tuber starches: A review. *Starch-Stärke*. 2002; 54(12), 559-592. [https://doi.org/10.1002/1521-379X\(200212\)54:12%3C559::AID-STAR2222559%3E3.0.CO;2-F](https://doi.org/10.1002/1521-379X(200212)54:12%3C559::AID-STAR2222559%3E3.0.CO;2-F)
4. Howeler, R. H. Cassava mineral nutrition and fertilization. In R. J. Hillocks, J. M. Thresh, A. C. Bellotti (Eds.), *Cassava: Biology, production and utilization*. CABI Publishing. 2002; 115-147. http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_CIAT/cabi_10ch7.pdf
5. Mbe, J. O., Dzidzienyo, D., Abah, S. P., Njoku, D. N., Aghogho, C. I., Onyeka, J., Tongoono, P., Egesi, C. Genotype by environment interaction effect and fresh root yield stability of cassava genotypes under contrasting nitrogen regimes. *Scientific Reports*. 2024; 14(1), Article 20718. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-71157-0>
6. Nassar, N. M. A., Ortiz, R. Cassava improvement: Challenges and impacts. *The Journal of Agricultural Science*. 2007; 145(2), 163-171. <https://doi.org/10.1017/S0021859606006575>
7. Charles, A. L., Sriroth, K., Huang, T. C. Proximate composition, mineral contents, hydrogen cyanide and phytic acid of 5 cassava genotypes. *Food Chemistry*. 2005; 92(4), 615-620. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.08.024>