



วารสาร วิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ

JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCE AND MANAGEMENT
วารสารวิชาการของคณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปีที่ 8 ฉบับที่ 3 กันยายน - ธันวาคม 2568

ขวดลีโอนาร์ดส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวฟ่าง การครอบครองรากและการสร้างสปอร์ของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา สิรินภา ช่วงโสภาส ธงชัย มาลา และเกวลิน ศรีจันทร์.....	6
ผลของปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่างๆ ต่อผลผลิต องค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลัง และสมบัติบางประการของดิน ธนากร คุ่มตรีทอง ชัยสิทธิ์ ทองจุ วัชชัย อินทร์บุญช่วย และจุฑามาศ ร่มแก้ว.....	16
การศึกษาความรุนแรงของเชื้อราสาเหตุโรคของแมลงเพื่อควบคุมแมลงพาหะ (เพลี้ยจักจั่นลายจุดสีน้ำตาล) โรคใบขาวอ้อย ณิชานันท์ เกินอาษา.....	28
การพัฒนาตัวแบบการพยากรณ์ผลผลิตลำไยรายแปลงโดยใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล วินัย บังคมเนตร.....	38
การค้นหาลักษณะทางสัณฐานวิทยา-กายวิภาคที่เกี่ยวข้องกับการหักล้มของลำต้นและการสูญเสียผลผลิตภายใต้การเก็บเกี่ยวล่าช้า ในข้าวลูกผสม (<i>Oryza sativa</i> L.) Myo Myo Aye สามารถ วันชนะ กัญญณัฐ ศิริธัญญา ธีรยุทธ ตูจินดา วันชนะ เอี่ยมณี ศรีสวัสดิ์ ชันทอง เจริณี นกน้อย ชเนษฎ์ ม้าลำพอง และมีชัย เชียงหลิว.....	48
แนวทางการสร้างมูลค่าเพิ่มสินค้าสิ่งปฏิกูลทางภูมิศาสตร์ข้าวหอมมะลิดินภูเขาไฟบุรีรัมย์ กลุ่มข้าวหอมมะลิดินภูเขาไฟบ้านสนวนนอก อำเภอห้วยราช จังหวัดบุรีรัมย์ เบญจวรรณ สิลินทา และยศ บริสุทธิ.....	69
ปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการการส่งเสริมการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังคุณภาพของเกษตรกร ในตำบลวังชะพลู อำเภอขามเฒ่า จังหวัดกำแพงเพชร พัชรพร ไชยหลัก นารีรัตน์ สิริสาร และบำเพ็ญ เขียวหวาน.....	84
แนวทางการสร้างมูลค่าเพิ่มปลาร้าแม่น้ำโขงของวิสาหกิจชุมชนคนคมพัฒนา อำเภอเชียงคาน จังหวัดเลย วิศณีย์ ทาสี และยศ บริสุทธิ.....	93
สารประกอบซีลีเนียมต่อการออกและสารพิษเคมีของต้นกล้าผักบุ้งจีน ปิยะพงษ์ แสนโคตร อินทิดา ชูตแก้ว ศุภชัย อำคา และพรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง.....	109
การรับรู้ถึงผลกระทบของการเผาทิ้งข้าวและฟางข้าวของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในพื้นที่ อำเภอท่าตะโก จังหวัดนครสวรรค์ ลาวัลย์ อินทะจักร จิรฐินาถ ถึงเงิน และคณินรัตน์ คำมณี.....	121
การปรับตัวของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในพื้นที่อำเภอน้ำเกลี้ยง จังหวัดศรีสะเกษ สุณิภา ใจงาม จิรฐินาถ ถึงเงิน และคณินรัตน์ คำมณี.....	131
บทบาทการดำเนินโครงการยุวเกษตรกรของสมาชิกกลุ่มยุวเกษตรกรในจังหวัดชัยภูมิ วนศักดิ์ เกื้อหนุน และสุกัลยา เขียวขวัญ.....	142
ผลของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และเอพิฟอน ต่อการแตกของอับเรณูมะพร้าว น้ำหอม และความเข้มข้นของอาหารต่อการงอกของ ละอองเรณู สมบัติวรรณ นนทแดง วีระ หะวานนท์ กฤษณา กฤษณพุกต์ และ เกียรติสุดา เหลืองวิลัย.....	153
การใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอชนิด SRAP ในการจำแนกเส้นใยเห็ดสกุลนางรม และเห็ดถังเช่าสีทอง เพ็ญแข รุ่งเรือง อติศักดิ์ แก้วคำ สนธิชัย จันทรไพรม และเสริมศิริ จันทรไพรม.....	162
ดัชนีบ่งชี้ความหวานของน้ำมะพร้าว Naoki Hiraiwa อุซุรุ ลีสุขสาม กมลวรรณ แสงสร้อย วีระ หะวานนท์ และเกียรติสุดา เหลืองวิลัย.....	174

การเตรียมต้นฉบับ

1. ภาษา เป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ

2. การพิมพ์ พิมพ์หน้าเดียวบนกระดาษ A4 ด้วยไมโครคอมพิวเตอร์โปรแกรม ไมโครซอฟท์เวิร์ด ตัวอักษร Cordia New ขนาด 14 ขนาด 14 ตัวอักษรต่อนิ้ว ความยาวไม่ควรเกิน 10 หน้า (รวมบทคัดย่อภาษาไทยและภาษาอังกฤษ)

3. การเรียงลำดับเนื้อหา

3.1 ชื่อเรื่อง (Title) ควรสั้น ชัดเจน และต้องสื่อเป้าหมายหลักของการศึกษาวิจัย ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

3.2 ชื่อผู้เขียนและหน่วยงานที่สังกัด (Author names and affiliations) ชื่อผู้เขียน ให้ใช้ชื่อเต็มทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ หากผู้เขียนมีหลายคน และมีที่อยู่หรือสังกัดแตกต่างกัน ให้ใช้เลขตัวยก (superscript) ที่ต่างกัน กำกับไว้ท้ายนามสกุลของผู้เขียนที่มีที่อยู่ต่างกันนั้น หากมีผู้เขียนคนเดียว หรือหลายคนที่มีที่อยู่หรือสังกัดเดียวกัน ไม่ต้องใช้เลขตัวยกกำกับท้ายนามสกุลของผู้เขียน และให้ใส่เครื่องหมายดอกจัน (*) กำกับไว้ท้ายนามสกุลของผู้เขียนที่ให้ติดต่อ (corresponding author) ด้วย

ที่อยู่หรือสังกัดของผู้เขียน ให้พิมพ์เป็นเชิงอรรถ (footnote) ในหน้าแรกของบทความ ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ พร้อมกับระบุจังหวัด และรหัสไปรษณีย์ หากที่อยู่มีหลายแห่งให้พิมพ์ภาษาไทยของที่อยู่แห่งแรกก่อน แล้วตามด้วยภาษาอังกฤษ จากนั้นพิมพ์ภาษาไทยของที่อยู่แห่งที่สองแล้วตามด้วยภาษาอังกฤษ สลับกันไป ลักษณะนี้เรื่อยไป ในกรณีผู้เขียนเป็นนิสิตนักศึกษา ให้ระบุที่อยู่ตามที่อยู่หรือสังกัดของอาจารย์ที่ปรึกษาเท่านั้น นอกจากนี้บรรทัดถัดจากที่อยู่ ให้พิมพ์ที่อยู่อีเมล (email address) ของผู้เขียนที่ให้ติดต่อ (corresponding author) ด้วย

3.3 บทคัดย่อ (Abstract) มีทั้งภาษาไทย และภาษาอังกฤษ ควรมีเนื้อหาที่สั้น ชัดเจนและเข้าใจง่าย โดยรวมเหตุผลในการศึกษาวิจัย อุปกรณ์ วิธีการ ตลอดจนผลการศึกษาและสรุปด้วย บทคัดย้อมีความยาวไม่เกิน 250 คำ และให้ระบุคำสำคัญ (keywords) ไว้ท้ายบทคัดย่อแต่ละภาษาด้วย คำสำคัญไม่ควรเกิน 5 คำ ให้ใช้เครื่องหมายจุลภาค (,) คั่นคำสำคัญแต่ละคำทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ และไม่ควรซ้ำซ้อนกับคำที่ปรากฏในชื่อเรื่องต้นฉบับที่เป็นภาษาไทยให้พิมพ์บทคัดย่อ ภาษาอังกฤษก่อนบทคัดย่อภาษาไทย หากต้นฉบับเป็นภาษาอังกฤษ ให้พิมพ์บทคัดย่อภาษาไทยก่อนบทคัดย่อ ภาษาอังกฤษ

3.4 คำนำ (Introduction) แสดงความเป็นมาและเหตุผลที่นำไปสู่การศึกษาวิจัย รวมถึงการตรวจเอกสารที่เกี่ยวข้อง และวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย

3.5 อุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods) ให้บอกรายละเอียดของวัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ ในการทดลอง ตลอดจนวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติ และแบบจำลองการศึกษาวิจัยที่ชัดเจนและสมบูรณ์

3.6 ผลการศึกษาหรือผลการทดลอง (Results) ให้บรรยายผลการศึกษาวิจัย พร้อมเสนอข้อมูลในรูปแบบตารางหรือภาพประกอบได้โดยตารางหรือภาพให้จัดทำเป็นภาษาอังกฤษทั้งหมด และต้องมีการอ้างถึงตารางหรือภาพนั้นในเนื้อหาด้วย โดยระบุเป็นภาษาอังกฤษ ต่อท้ายข้อความ เช่น (Table 1) หรือ (Figure 1)

3.7 วิจารณ์ (Discussion) ควรเชื่อมโยงกับผลการศึกษาว่าสอดคล้องกับสมมติฐาน หรือแตกต่างไปจากผลงานวิจัยที่มีผู้รายงานไว้ก่อนหรือไม่อย่างไร และด้วยเหตุผลใด โดยมีพื้นฐานการอ้างอิงที่เชื่อถือได้วิจารณ์อย่างนำไปรวมกับผลการศึกษา เป็น ผลการศึกษาและวิจารณ์ (Results and Discussion)

3.8 สรุป (Conclusion) ควรสรุปผลที่ได้รับจากการศึกษาวิจัยว่า เป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่ อาจมีข้อเสนอแนะ หรือระบุอุปสรรคและแผนงานวิจัยที่จะดำเนินการต่อไป

3.9 กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement) อาจมีหรือไม่ก็ได้ เป็นการแสดงความขอบคุณแก่ผู้ให้ทุนวิจัย หรือผู้ที่ช่วยเหลือในงานวิจัย แต่ไม่ได้เป็นผู้ร่วมงานวิจัย

3.10 เอกสารอ้างอิง (References)

3.10.1 ในชื่อเรื่อง ไม่ควรอ้างอิงถึงเรื่องที่ไม่เกี่ยวข้อง

3.10.2 บัญชีเอกสารอ้างอิง ให้เรียงลำดับเอกสารอ้างอิงภาษาไทยมาก่อนเอกสารอ้างอิงภาษาอังกฤษ โดยเรียงลำดับเอกสารอ้างอิงตามลำดับตัวอักษรของชื่อผู้เขียนชื่อแรก สำหรับเอกสารอ้างอิงภาษาไทย ให้เรียงลำดับอักษรตามชื่อตัว-ชื่อสกุล ส่วนเอกสารอ้างอิงภาษาอังกฤษ ให้เรียงตามลำดับอักษรตามชื่อสกุล-ชื่อตัว ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

1) วารสาร (Journals)

ชื่อผู้เขียน. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่อง. ชื่อวารสาร (ใช้ชื่อเต็ม) ปีที่(ฉบับที่): เลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าสิ้นสุด.

นุชจิรา ไชยวัน, รุจ มรกต และจริยา รอดดี. 2562. การเปลี่ยนแปลงประชากรตามฤดูกาลของแมลงศัตรูเมล็อน. เกษตร 47(1): 937-946.

มณีมัย ชยานนท์กุล และนันทศักดิ์ ปิ่นแก้ว. 2563. ชนิดของเพลี้ยอ่อน (Hemiptera: Aphididae) กับพืชอาหารและมดที่อยู่ร่วมกันในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ 3(2): 63-69.

Bhanuvally, M., Y.M. Ramesha and H. Yogeeshappa. 2017. Effect of slow releasing nitrogen fertilizers on growth and yield of sugarcane. International Journal of Current Microbiology and Applied Science 6(10): 570-577.

Watada, A.E. and L. Qi. 1999. Quality of fresh-cut produce. Postharvest Biology and Technology 15: 201-205. ในกรณีที่เป็นการวารสารออนไลน์ ไม่สามารถระบุเลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าสิ้นสุดได้ ให้ระบุเป็น doi แทน

Bukhari, T., W. Takken and C.J.M. Koenraadt. 2011. Development of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* formulations for control of malaria mosquito larvae. Parasites & Vectors 4: 23, doi: 10.1186/1756-3305-4-23.

2) หนังสือ และตำรา (Books & Textbooks)

ชื่อผู้เขียน. ปีที่พิมพ์. ชื่อหนังสือ/ตำรา. สำนักพิมพ์, เมืองที่พิมพ์. จำนวนหน้าทั้งหมด.

สุรินทร์ปิยะโชคณากุล. 2552. เครื่องหมายดีเอ็นเอ: จากพื้นฐานสู่การประยุกต์. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 269 หน้า.

Gullan, P.J. and P.S. Cranston. 2005. The Insects: An Outline of Entomology. 3rd ed. Blackwell Publishing, Malden. 505 p

คำแนะนำรูปแบบในการใช้ภาษาอังกฤษในชื่อเรื่องภาษาไทยและการส่งเรื่องเพื่อตีพิมพ์ได้ในภายหลัง



วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ

Journal of Agricultural Science and Management

ผู้จัดพิมพ์	คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน	Publisher	Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen Kasetsart University
กำหนดการพิมพ์	วารสารราย 4 เดือน (3 ฉบับ / 1 ปี) คือ ฉบับที่ 1 มกราคม - เมษายน ฉบับที่ 2 พฤษภาคม - สิงหาคม ฉบับที่ 3 กันยายน - ธันวาคม	Publication	Tri-annually Issue 1 January-April Issue 2 May-August Issue 3 September-December
วัตถุประสงค์	เพื่อส่งเสริม พัฒนา และยกระดับ การผลิต ผลงานวิจัย ตลอดจนเพิ่ม ทางเลือกให้กับบุคลากรวิจัยและ นิสิตในการพิจารณาส่งผลงานวิจัย ลงตีพิมพ์ เผยแพร่	Objective	To promote, develop and raise the level of research production. As well as increasing options for researchers and students to consider submitting research for publication/distribution.
ที่ปรึกษา	คณบดีคณะเกษตร กำแพงแสน	Consultants	Dean, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen
บรรณาธิการ	รศ.ดร.ชนเชษฐ์ ม้าลำพอง	Editor	Assoc. Prof. Chanate Malumpong Kasetsart University
รองบรรณาธิการ	ผศ.ดร.ชัยสิทธิ์ ทองจุ	Vice Editor	Assist. Prof. Dr. Chaisit Thongjoo Kasetsart University
กองบรรณาธิการฝ่ายวิชาการ		Editorial Board (Academic)	
ผศ.ดร.ลพ ภวภูตานนท์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ รศ.สนธิชัย จันทน์ปรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ รศ.ดร.พนัธจิตต์ สีเหนียง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ผศ.ดร.อรประพันธ์ ส่งเสริม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศ.ดร.ยงยุทธ โอสธสภา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ รศ.ดร.จินตนา อันอาดมิ่งาม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ผศ.ดร.วรรณวิไล อินทนู มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ รศ.ดร.อรอุมา เพี้ยซ้าย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ผศ.ดร.สนธิยา ส้าภาทอง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ผศ.ดร.จิรจินาญ ถังเงิน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ รศ.ดร.ทศพล พรพรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์		Assist. Prof. Dr. Lop Phavaphutanon Kasetsart University Assoc. Prof. Sontichai Chanprame Kasetsart University Assoc. Prof. Dr. Panchit Seeniang Kasetsart University Assist. Prof. Dr. Ornprapun Songserm Kasetsart University Prof. Dr. Yongyuth Osotsapa Kasetsart University Assoc. Prof. Dr. Jintana An-atmangam Kasetsart University Assist. Prof. Dr. Wanwilai Inthanu Kasetsart University Assoc. Prof. Dr. Ornuma Piasae Kasetsart University Assist. Prof. Dr. Sonthaya Sampaothong Kasetsart University Assist. Prof. Dr. Jirattinart Thungngern Kasetsart University Assoc. Prof. Dr. Tosapon Pornprom Kasetsart University	



วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ

Journal of Agricultural Science and Management

ผศ.ดร.คณิศร คำนวณ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.รพี ดอกไม้เทศ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.พนามาต ตวีวรรณกุล
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.ศุภชัย อำคา
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.ศวิตา ตั้งวงศ์กิจ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.โสภณ อุไรชื่น
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.ชลลธร จูเจริญ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.ปิยะพันธุ์ ผกามาต
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.อรอุมา ตนะดุลย์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.กนกกร สีนมา
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.กนกวรรณ เทียงธรรม
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.คัทลียา จันทร์เที่ยง
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.ดลชิดา วาทินพุมิพร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.เชิดพงษ์ ชีระจิตต์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.สุภาภรณ์ เลิศศิริ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.หทัยรัตน์ ไชยทวีพานิชย์
วิทยาลัยบูรณาการศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.ศิริภา กออินทร์ศักดิ์
ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยี
ชีวภาพแห่งชาติ
ผศ.ดร.สมพงษ์ จันทรแก้ว
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รศ.ดร.ยศ บริสุทธิ
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รศ.ดร.ภาณุพล หงษ์ภักดี
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผศ.ดร.สุกัลยา เขียวขวัญ
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Assist. Prof. Dr. Kanungrat Kummanee
Kasetsart University
Assist. Prof. Dr. Rapee Dokmaithes
Kasetsart University
Assist. Prof. Dr. Panamas Treewannakul
Kasetsart University
Assist. Prof. Dr. Supachai Amka
Kasetsart University
Dr. Sawita Tangwongkit
Kasetsart University
Assoc. Prof. Dr. Sapon Uraichuen
Kasetsart University
Assist. Prof. Dr. Chalathorn Jucharoen
Kasetsart University
Assist. Prof. Dr. Piyanat Phakamas
Kasetsart University
Assist. Prof. Dr. Oruma Tanadun
Kasetsart University
Assist. Prof. Dr. Kanokkorn Sinma
Kasetsart University
Assist. Prof. Dr. Kanokwan Thiangtham
Kasetsart University
Assist. Prof. Dr. Kattleeya Chatthiang
Kasetsart University
Dr. Dolchida Wathinputthiphon
Kasetsart University
Assist. Prof. Dr. Chetphong Khirajit
Kasetsart University
Assist. Prof. Dr. Suphaphon Lertsiri
Kasetsart University
Assist. Prof. Dr. Hathairat Choktaweephanit
College of Integrative Sciences
Kasetsart University
Dr. Siripa Koinsak
National Center for Genetic Engineering
and Biotechnology
Assist. Prof. Dr. Sompong Chankaew
Khon Kaen University
Assoc. Prof. Dr. Yos Borisut
Khon Kaen University
Assoc. Prof. Dr. Phanuphol Hongphakdee
Khon Kaen University
Assist. Prof. Dr. Sukanya Cheunkhwan
Khon Kaen University



วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ

Journal of Agricultural Science and Management

ผศ.ดร.พิไลวรรณ ประพฤติ
มหาวิทยาลัยสุโขทัยนครินทร์
ผศ.ดร.บุศรา ลิมนรินทร์กุล
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รศ.ดร. ภาณุพันธุ์ ประภาติกุล
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.ดร.ณัฐตากานต์ พยัคฆา
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.ดร.จิตติมา สิงห์เวชกุล
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รศ.ดร.พัชรินทร์ ครุฑเมือง
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ. จีรวรรณ กิจชัยเจริญ
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.ดร.พรสิริ สืบพงษ์สังข์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รศ.ดร.วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ
มหาวิทยาลัยนครสวรรค์
รศ.ดร.นารีรัตน์ สิริสาร
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
รศ.ดร.สินีนุช ครุฑเมือง แสนเสริม
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
รศ.บำเพ็ญ เขียวหวาน
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
รศ.ดร.จักรพงษ์ พวงงามชื่น
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รศ.ดร.อรประภา เทพศิลป์พิสุทธิ
มหาวิทยาลัยศิลปากร
ดร.กฤษณะ เรืองฤทธิ์
มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขต
สารสนเทศเพชรบุรี
ผศ.ดร.ทินน์ พรหมโชติ
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผศ.ดร.ธีรยุทธ คล้าชื่น
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
ธัญบุรี
ผศ.ดร.พันทิพา ลิ้มสงวน
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
ธัญบุรี
ผศ.ดร.สายชล สุขญาณกิจ
มหาวิทยาลัยราชภัฏ
พระนครศรีอยุธยา
รศ.ดร.วีรเวทย์ อุทโท
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

Assist. Prof. Dr. Pilaiwan Prathom
Prince of Songkla University
Assist. Prof. Dr. Budsara Limnirunkul
Chiang Mai University
Assoc. Prof. Dr. Panupan Prapatikul
Chiang Mai University
Assist. Prof. Dr. Natitakarn Phayakkha
Chiang Mai University
Assist. Prof. Dr. Jittima Singwetsakul
Chiang Mai University
Assoc. Prof. Dr. Patcharin Krutmuang
Chiang Mai University
Assist. Prof. Jirawan Kitchaijaroen
Chiang Mai University
Assist. Prof. Dr. Phonsri Suebpongsangk
Chiang Mai University
Assoc. Prof. Dr. Weerathep Pongprasert
Naresuan University
Assoc. Prof. Dr. Nareerat Sirasam
Sukhothai Thammathirat Open University
Assoc. Prof. Dr. Sineenuch Khrutmung Sanserm
Sukhothai Thammathirat Open University
Assoc. Prof. Bampen Khiawwan
Sukhothai Thammathirat Open University
Assoc. Prof. Dr. Jukkaphong Puangngamchuen
Maejo University
Assoc. Prof. Dr. Onprapha Thepsilpavisut
Silpakorn University
Dr. Krishna Ruangrit, Silpakorn
Silpakorn University Phetchaburi
IT Campus
Assist. Prof. Dr. Tinn Promchot
Ubon Ratchathani University
Assoc. Prof. Dr. Thirayut Klamchuen
Rajamangala University of Technology
Thanyaburi
Assoc. Prof. Dr. Pantipa Limsanguan
Rajamangala University of Technology
Thanyaburi
Assist. Prof. Dr. Saichon Sukyanakij
Phra Nakhon Si Ayutthaya Rajabhat
University
Assoc. Prof. Dr. Weerawet Utho
Ubon Ratchathani University



วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ

Journal of Agricultural Science and Management

รศ.ดร.เสาวภา ไชยวงศ์
มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
ดร.เกรียงไกร มีถาวร
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
ผศ.ดร.เสาวณี คงศรี
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
ดร.สุไลมาน เจ๊ะอาบู
มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์
ผศ.ดร.รักษนก โคโต
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
รศ.ดร.ลดาวัลย์ เลิศเลทอง
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผศ.ดร.ขวัญตา ขาวมี
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
รศ.ดร.ปฐมพงษ์ จอห์นส์ แซงวิลโล
มหาวิทยาลัยมหิดล
ผศ.ดร.ชนากานต์ ลักษณะ
มหาวิทยาลัยบูรพา
ผศ.ดร.อรสุรางค์ โสภีพันธ์
มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว
ดร.ปิยนุช ศรีชัย
กรมวิชาการเกษตร
ดร.อมรรัตน์ ใจยะเสน
กรมวิชาการเกษตร
ดร.ประกอบกิจ ดังไธสง
กรมการข้าว
ดร.ไพรัช พงษ์วิเชียร
กรมพัฒนาที่ดิน

Assoc. Prof. Dr. Saowapha Chaiwong
Mae Fah Luang University
Dr. Kriangkrai Meethawon
Nakhon Pathom Rajabhat University
Assist. Prof. Dr. Saowani Kongsri
Nakhon Pathom Rajabhat University
Dr. Sulaiman Jeaboo
Narathiwat Rajabhat University
Assist. Prof. Dr. Rakchanok Koto
Srinakharinwirot University
Assoc. Prof. Dr. Ladawan Lertlewang
Srinakharinwirot University
Assist. Prof. Dr. Kwanta Khaomee
Srinakharinwirot University
Assoc. Prof. Dr. Pathompong Johns Saengwilai
Mahidol University
Assist. Prof. Dr. Chanakan Laksana
Burapha University
Assist. Prof. Dr. Orsurang Sopiphan
Burapha University, Sakaeo Campus
Dr. Piyanuch Sornchai
Department of Agriculture
Dr. Amornrat Chaiyasen
Department of Agriculture
Dr. Prakobkit Dangtaisong
Rice Department
Dr. Phraiwat Phongwicha
Department of Land Development

กองบรรณาธิการฝ่ายการจัดการ

นางชลนัฐชา ตันทอง
งานแผนและวิชาการ
คณะเกษตร กำแพงแสน
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาเขตกำแพงแสน
จังหวัดนครปฐม

Editorial Board (Management)

Mrs. Chonnatcha Tantong
Planning and Technical Division
Faculty of Agriculture at
Kamphaeng Saen,
Kasetsart University
Nakhon Pathom Province.



วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ

Journal of Agricultural Science and Management

บทบรรณาธิการ

วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ (Journal of Agricultural Science and Management) เป็นวารสารที่มีผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer review) มีการตีพิมพ์ 3 ฉบับต่อปี ทุก 4 เดือน ฉบับที่ 1 มกราคม-เมษายน ฉบับที่ 2 พฤษภาคม-สิงหาคม และ ฉบับที่ 3 กันยายน-ธันวาคม ครอบคลุมเนื้อหาวิชาการทุกสาขาที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ ได้แก่ เกษตรกลไก สัตวบาล กีฏวิทยา ปฐพีวิทยา โรคพืช พืชสวน พืชไร่ นา ส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร เทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตร เพื่อส่งเสริม พัฒนา และยกระดับการผลิตผลงานวิจัย ตลอดจนเพิ่มทางเลือกให้กับบุคลากรวิจัยรุ่นใหม่ และนิสิตในการส่งผลงานวิจัยลงตีพิมพ์ เผยแพร่ โดยผ่านความเห็นและได้รับคำแนะนำจากผู้ทรงคุณวุฒิ ทั้งจากภายในและภายนอกหน่วยงาน เพื่อเป็นประสบการณ์สำหรับการส่ง และเสนอผลงานวิจัยเข้ารับการพิจารณาตีพิมพ์

คณะเกษตร กำแพงแสนได้เห็นความสำคัญของการพัฒนาและส่งเสริมผลงานวิจัยเพื่อเผยแพร่เชิงบูรณาการให้มีคุณภาพ เกิดประโยชน์อย่างแท้จริง สำหรับฉบับนี้มีบทความวิจัยด้วยกัน 15 เรื่อง ประกอบด้วย สาขาปฐพีวิทยา 3 เรื่อง สาขากีฏวิทยา 1 เรื่อง สาขานวัตกรรมธุรกิจดิจิทัล 1 เรื่อง สาขาพืชไร่ 3 เรื่อง สาขาพืชสวน 1 เรื่อง สาขาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร 6 เรื่อง ซึ่งกองบรรณาธิการขอขอบคุณผู้เขียนทุกท่าน ที่ได้กรุณาแบ่งปันข้อมูลดีๆ ที่เป็นประโยชน์ เพื่อเผยแพร่สู่สาธารณะต่อไป

รศ.ดร.ชนเชฏ มัลลารัต

บรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ

ขบวนการเจริญเติบโตของข้าวฟ่าง การครอบครองรากและการสร้างสปอร์ของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

Leonard Jar Assembly Enhanced Sorghum Growth, Root Colonization and Sporulation of Arbuscular Mycorrhizal Fungi

สิรินภา ช่งโสภาส¹ ธงชัย มาลา¹ และเกวลิน ศรีจันทร์^{1*}

Sirinapa Chungopast¹, Thongchai Mala¹ and Kavalin Srichan^{1*}

Received: February 2, 2024

Revised: March 26, 2024

Accepted: April 9, 2024

Abstract: The effect of different watering methods was studied for host-plant cropping systems on the arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) abundance from pot inoculum production in a greenhouse using sorghum as the host plant. A factorial experiment in a completely randomized design was used with 2 factors and 3 replications: first factor was mycorrhizal fungus 4 strains: *Rhizoglossum aggregatum*, *Claroideoglossum etunicatum*, *Funneliformis geosporum* and *Rhizoglossum irregularis* and second factor was watering method: showering, dripping and Leonard jar assembly (LJA). Sorghum growth, mycorrhizal root colonization and spore were analysis. The LJA watering method exhibited that the maximum height and dry matter were considerably greater for sorghum. The mycorrhizal root colonization intensity and mycorrhizal spores in the LJA treatment were also significantly higher. *R. aggregatum* and *F. geosporum* had the highest root colonization with sorghum (64.24 and 61.71%, respectively). *R. aggregatum* had the highest levels of spore production (33.13 spores/g) with the LJA treatment. *C. etunicatum* and *R. irregularis* had lower root colonization (20.51 and 30.46%, respectively). The mycorrhizal spore numbers of *R. aggregatum* and *F. geosporum* using the LJA treatment were higher than those of *C. etunicatum* and *R. irregularis*. Consequently, plant watering regime of the LJA that provided constant moisture and nutrients along with the AMF species affected the root colonization and spore of the inoculum.

Keywords: mycorrhizal fungi, Leonard jar, plant watering regimes

บทคัดย่อ: ศึกษาวิธีการให้น้ำแบบต่างๆ สำหรับระบบการปลูกพืชอาศัยที่มีผลต่อความอุดมสมบูรณ์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (AMF) จากการผลิตหัวเชื้อกระถางภายใต้โรงเรือน โดยใช้ข้าวฟ่างเป็นพืชอาศัย วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จัดตั้งทดลองแบบแฟคทอเรียล จำนวน 2 ปัจจัย 3 ซ้ำ โดย ปัจจัยที่ 1 คือ ชนิดของเชื้อราไมคอร์ไรซา 4 สายพันธุ์ ได้แก่ *Rhizoglossum aggregatum*, *Claroideoglossum etunicatum*, *Funneliformis geosporum* and *Rhizoglossum irregularis* ปัจจัยที่ 2 คือ วิธีการให้น้ำ 3 กรรมวิธี ได้แก่ การรดน้ำ การให้น้ำหยด และการใช้ขบวนการเจริญเติบโตของข้าวฟ่าง การครอบครองรากและสปอร์ไมคอร์ไรซา ผลของการใช้ขบวนการเจริญเติบโตของข้าวฟ่างมีความสูงเฉลี่ยสูงสุดและ

¹ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

¹ Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kamphaeng Saen, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

*Corresponding author: kskavalins@gmail.com

มีน้ำหนักแห้งสูงสุด การครอบครองรากและจำนวนสปอร์ของอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีการใช้ขุยมะพร้าว (64.24 และ 61.71 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) *R. aggregatum* มีระดับการผลิตสปอร์สูงสุด (33.13 สปอร์ต่อกรัม) การใช้ขุยมะพร้าวมีผลทำให้ราก *C. etunicatum* และ *R. irregularis* มีการครอบครองรากต่ำกว่า (20.51 และ 30.46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) และเมื่อใช้ขุยมะพร้าวทำให้จำนวนสปอร์ของไมคอร์ไรซา *R. aggregatum* และ *F. geosporum* มีมากกว่าของ *C. etunicatum* และ *R. irregularis* ดังนั้น ระบบการให้น้ำโดยใช้ขุยมะพร้าวทำให้ความชื้นและสารอาหารคงที่ร่วมกับสายพันธุ์ AMF จึงส่งผลต่อการครอบครองรากและสปอร์ของหัวเชื้อ

คำสำคัญ: เชื้อราไมคอร์ไรซา, ขุยมะพร้าว, ระบบการให้น้ำพืช

คำนำ

การผลิตหัวเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีความสำคัญในการปลูกพืชเกษตรเชิงพาณิชย์ทั่วโลก กลุ่มเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (AMF) ได้แก่ *Acaulospora*, *Entrophospora*, *Gigaspora*, *Glomus*, *Pacispora* และ *Sclerocystis* มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกับพืชหลายชนิด (Liu et al., 2021) AMF ผลิตเส้นใยที่งอกออกมาจากรากดูดซึมฟอสเฟตและสารอาหารอื่นๆ แก่พืชอาศัย กิจกรรมของฟอสฟาเตสหรือการหลั่งกรดอินทรีย์ของ AMF ก่อให้เกิดฟอสเฟตรูปที่เป็นประโยชน์สำหรับพืช (Duponnois et al., 2005) การใช้ AMF ช่วยขยายระบบรากและปรับปรุงการงอกของเมล็ด การเจริญเติบโตของพืช และการดูดซึมน้ำและแร่ธาตุโดยพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับการดูดซึมฟอสฟอรัส (Smith and Read, 2010) นอกจากนี้ AMF ยังสามารถปรับปรุงความสามารถในการปรับตัวของพืชให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงและสภาวะเครียดหลายประการเช่น ความเค็ม ความร้อน การปนเปื้อนโลหะหนัก ความแห้งแล้ง และอุณหภูมิที่รุนแรง (Begum et al., 2019) ยังมีรายงานผลเชิงบวกสำหรับ *Acaulospora mellea* ZZ ต่อการเจริญเติบโตของข้าวฟ่างหวาน 2 พันธุ์ (Liaotian5 และ Yajin 2) ในดินเค็ม (Wang et al., 2019) AMF มีประสิทธิภาพสำหรับดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ดังนั้น AMF มีบทบาทสำคัญในระบบฟาร์มเกษตรที่ยั่งยืน (Mahmood and Rizvi, 2010) อย่างไรก็ตาม การใช้ AMF ในปริมาณมากต้องการหัวเชื้อ AMF

คุณภาพสูง ส่งผลให้งานวิจัยในปัจจุบันมีความสนใจอย่างมากในการผลิตหัวเชื้อโดยการเพิ่มปริมาณสปอร์ที่สามารถนำไปใช้กับพืชผลทางการเกษตรได้ ซึ่งการผลิตในปริมาณมากต้องอาศัยพืชอาศัยที่เหมาะสม เช่น หญ้าชุดาน หญ้าบาเฮีย หญ้าเซนซัส โคเลเวอร์ สตรอเบอรี่ ข้าวฟ่าง ข้าวโพด หัวหอม และโคลธัส (Mukerji, 1996) การใช้วัสดุปลูก ได้แก่ ทรายและเวอร์มิคูไลต์เพิ่มการครอบครองรากในการผลิตสปอร์ (Silva et al., 2005) ความชื้นในดินส่งผลต่อการครอบครองรากและปริมาณสปอร์ของ AMF (Shukla et al., 2010) ซึ่งการสังเกตโครงสร้างรากที่มีราไมคอร์ไรซาเข้าอาศัยเป็นการประเมินการครอบครองของราก (Feldmann and Idczak, 1992) เป็นไปได้ว่าระบบการให้น้ำแก่พืชจะส่งผลต่อสัญญาณวิทยาและการเจริญเติบโตของพืช โดยทั่วไปแล้วมีความเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาทางชีวเคมีของการเผาผลาญภายในสิ่งมีชีวิตซึ่งเป็นส่วนประกอบของเซลล์ ช่วยในการละลายสารอาหาร และปรับอุณหภูมิและความสมดุลของความเป็นกรด-ด่างในเซลล์ (Doussan et al., 1998) AMF สามารถเพิ่มการสังเคราะห์แสง และช่วยให้พฤติกรรมปากใบมีความเชื่อมโยงกับการคายน้ำและสมดุลน้ำของพืช (Augé, 2001) น้ำ สารอาหาร และจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดินเป็นปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมบางประการที่มีอิทธิพลต่อการพัฒนาของรากบริเวณไรโซสเฟียร์ที่มีเชื้อรา AMF มีอิทธิพลต่อระบบนิเวศในด้านการเจริญเติบโตและ สุขภาพของพืช มีการทำงานร่วมกันระหว่าง AMF และพืชอาศัย โดย AMF จะให้น้ำและ

สารอาหาร และพืชให้พลังงานสำหรับการเจริญเติบโตของ AMF (Finlay, 2008) การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลของวิธีการให้น้ำแบบต่างๆ (การรดน้ำ การให้น้ำหยด และการใช้ขวดลิโอราร์ด) ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อไมคอร์ไรซาชนิดต่างๆ และข้าวฟ่าง เนื่องจากรยังไม่มีรายงานการเปรียบเทียบวิธีการให้น้ำทั้งสามวิธีนี้สำหรับการขยายพันธุ์ AMF และคุณภาพของหัวเชื้อ ตรวจสอบโดยพิจารณาจากการครอบครองรากและปริมาณสปอร์ใน AMF 4 สายพันธุ์ ซึ่งปลูกในข้าวฟ่างโดยการเพาะเลี้ยงในกระถาง

อุปกรณ์และวิธีการ สายพันธุ์เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาและวิธีการเพาะเลี้ยง

การทดลองออกแบบเป็นแฟคทอเรียล 4x3 แบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ มี 2 ปัจจัย 3 ขั้ว โดยปัจจัยที่ 1 คือ เชื้อราไมคอร์ไรซา มี 4 สายพันธุ์ ได้แก่ *Rhizoglyphus aggregatum*, *Claroideoglobus etunicatum*, *Funneliformis geosporum* และ *Rhizoglyphus irregularis* จากห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาของดิน ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน และปัจจัยที่ 2 คือ วิธีการให้น้ำ 3 แบบ

ได้แก่ 1) การรดน้ำ โดยรดน้ำลงด้านบนและปล่อยให้ น้ำส่วนเกินระบายออกไป (Hillock and Needham, 2006) 2) การให้น้ำหยด เป็นการปล่อยหยดน้ำในอัตราช้าๆ และค่อยๆ ซึมลงสู่ด้านล่าง และ 3) การใช้ขวดลิโอราร์ด เป็นการดูดน้ำจากด้านล่างขึ้นด้านบนผ่านเชือกในขวด (Leonard, 1943) จากนั้นเตรียมเมล็ดข้าวฟ่างที่ใช้ในการทดลอง โดยฆ่าเชื้อบนพื้นผิวเมล็ดข้าวฟ่างด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นเพื่อเตรียมการเพาะเลี้ยง ใช้ทรายเป็นวัสดุปลูกในการเพาะเลี้ยงในสภาพกระถาง ล้างทรายให้สะอาดแล้วนำไปอบฆ่าเชื้อในเตาอบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นใส่ทรายประมาณ 2 กิโลกรัม ลงในกระถาง 6 นิ้ว และทำหลุมหนึ่งหลุมบนพื้นผิวทราย (ลึกประมาณ 5 เซนติเมตร) สำหรับการเพาะเชื้อ AMF (100 สปอร์ต่อหลุม) และเพาะเมล็ดข้าวฟ่าง 3 เมล็ดต่อกระถาง รดน้ำด้วยสารละลายธาตุอาหาร (Asher, 1975) เมื่อเมล็ดงอกถึงระยะใบเลี้ยงสองใบแล้ว ถอนแยกเหลือ 1 ต้น และให้น้ำที่แตกต่างกันสามแบบตามการทดลองจนกระทั่งเก็บเกี่ยว (Figure 1) แสดงแบบจำลองระบบรดน้ำ 3 แบบ ของข้าวฟ่างที่มีเชื้อไมคอร์ไรซา

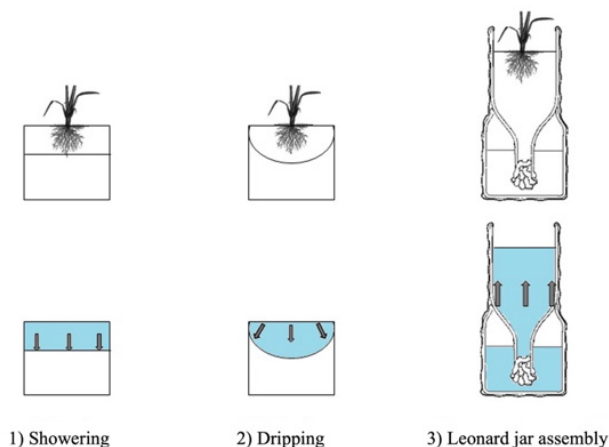


Figure 1 Three watering system models for AMF colonization in sorghum root where arrows indicate direction of water and nutrient movement (Leonard jar assembly image modified from Mullette, 1976)

การวิเคราะห์การเจริญเติบโตของข้าวฟ่างเมื่อใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

การติดตามการเจริญเติบโตของข้าวฟ่างที่ 13 สัปดาห์หลังปลูกเชื้อ (week post inoculation, wpi) โดยพิจารณาจากความสูงของต้นและน้ำหนักแห้งของรากและยอด ความสูงวัดจากส่วนฐานของรากถึงโคนใบที่สูงที่สุด น้ำหนักแห้งของข้าวฟ่างคำนวณหลังจากการอบแห้งในเตาอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 วัน

การตรวจสอบการครอบครองรากของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

ใส่ตัวอย่างรากข้าวฟ่างที่ 13 wpi ในสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ ที่ให้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การครอบครองรากของ AMF} = \frac{(\text{จำนวน segments ที่มีการครอบครองราก}) \times 100}{\text{จำนวน segments ที่ตรวจสอบ}}$$

การตรวจสอบจำนวนสปอร์ของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

สปอร์ของไมคอร์ไรซานับจากทรายที่มีหัวเชื้อ AMF ขยายตัวในรากข้าวฟ่างที่ 13 wpi แยกสปอร์โดยใช้วิธีร่อนผ่านตะแกรงแบบเปียก (wet sieving) (Gerdemann and Nicolson, 1963) โดยผสมทรายในแต่ละกระถาง จำนวน 5 กรัม จากนั้นเติมน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว 200 มิลลิลิตร ใส่ในขวดพลาสติกสะอาดแล้วเขย่าเป็นเวลา 30 นาที หลังจากการเขย่าเสร็จสิ้น เทสารละลายที่ได้ผ่านขึ้นตะแกรงเปียกที่มีช่องขนาด 425, 250 และ 45 ไมโครเมตร และใช้น้ำฉีดเพื่อล้างตัวอย่างสปอร์ประมาณ 15 มิลลิลิตร เทสปอร์บนตะแกรงแต่ละอันลงในหลอดปั่นเหวี่ยงแยกกัน จากนั้นใช้ไซริงใสสารละลายซูโครส 50 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 20 มิลลิลิตร ที่ก้นหลอดอย่างช้าๆ เพื่อไม่ให้สารละลายผสมกันนำไปปั่นแยกสปอร์ที่ 2,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 3-4 นาที จะทำให้เกิดตะกอนของสปอร์ตรงรอยต่อของสารละลาย ใช้ปิเปตดูดสารละลายตรงรอยต่อนั้น ใส่ตะแกรงขนาด 45 ไมโครเมตร และใช้น้ำฉีดล้างน้ำตาลออกให้หมด จากนั้นกรองสปอร์ผ่านกระดาษกรอง Whatman No. 1 และนำไปศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ นับจำนวนสปอร์ต่อกรัมของทรายแห้ง

ความร้อน ตามด้วยการล้างน้ำจนกระทั่งไม่มีทรายหรืออินทรีย์วัตถุเหลืออยู่บนพื้นผิวราก จากนั้น ฟอกขาวรากด้วยอัลคาไลน์ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ผสมใหม่ ล้างน้ำให้สะอาดและย้อมสีรากโดยการแช่ไว้เป็นเวลา 4 นาที ในไฮโดรคลอริก 1 เปอร์เซ็นต์ และทริปแฟนบลู 0.05 เปอร์เซ็นต์ ในแลคโตฟีนอล (Phillips and Hayman, 1970) ตัดรากข้าวฟ่างที่ย้อมสีเป็นท่อนขนาด 1 เซนติเมตร เพื่อประเมินการครอบครองราก โดยดำเนินการจำนวน 50 segments ต่อหนึ่งตัวอย่าง เปอร์เซ็นต์ของการครอบครองรากของไมคอร์ไรซาประเมินภายใต้กล้องจุลทรรศน์และคำนวณตามสมการ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลปริมาณของสปอร์ การครอบครองรากและการเจริญเติบโตของข้าวฟ่าง วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยโปรแกรม R V.4.1.2 (R Core Team, 2018) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละสายพันธุ์ของรา AMF และเปรียบเทียบความแตกต่างของวิธีการให้น้ำโดยวิธีการ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ผลการทดลอง

การเจริญเติบโตของข้าวฟ่าง

การเจริญเติบโตของข้าวฟ่างวัดจากความสูงและน้ำหนักแห้ง สายพันธุ์ของ AMF และวิธีการรดน้ำส่งผลให้เกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในความสูงเฉลี่ยของข้าวฟ่างที่ 13 wpi (Table 1) โดยการใช้ขวดลิโณนาร์ด ทำให้ข้าวฟ่างมีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด (152.10 เซนติเมตร) เมื่อเทียบกับวิธีการรดน้ำและการใช้น้ำหยดทำให้ข้าวฟ่างมีความสูงเฉลี่ย 104.10 และ 101.40 เซนติเมตรตามลำดับ ความสูงของข้าวฟ่างเฉลี่ยสูงสุดคือ 155 เซนติเมตร สำหรับข้าวฟ่างที่ได้รับเชื้อ *F. geosporum* โดยใช้วิธีการใช้ขวดลิโณนาร์ด ที่ 13 wpi ระบายรดน้ำส่งผลให้น้ำหนักแห้งของข้าวฟ่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (Table 2)

การใช้ขดลีโอนาร์ดมีน้ำหนักแห้งข้าวฟ่างเฉลี่ย (47.47 กรัม) มากกว่าวิธีรดน้ำและให้น้ำหยด ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ AMF และระบบการให้น้ำ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญต่อน้ำหนักแห้ง

ข้าวฟ่าง น้ำหนักแห้งข้าวฟ่างเฉลี่ยสูงสุดคือ 49.70 กรัม ในข้าวฟ่างที่ได้รับเชื้อ *R. aggregatum* โดยวิธี การใช้ขดลีโอนาร์ด

Table 1 Plant height of Sorghum inoculated with 4 species of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and different watering methods (showering, dripping and Leonard Jar Assembly) at 13 weeks post inoculation.

Mycorrhizal species	Sorghum height (cm)			Average
	Watering method			
	Showering	Dripping	LJA	
<i>Rhizoglomus aggregatum</i>	108.60 ^e	104.40 ^g	154.40 ^b	122.50 ^A
<i>Claroideoglomus etunicatum</i>	108.40 ^f	100.00 ^j	147.00 ^d	118.50 ^C
<i>Funneliformis geosporum</i>	101.80 ⁱ	102.20 ^h	155.00 ^a	119.70 ^B
<i>Rhizoglomus irregularis</i>	97.60 ^l	98.80 ^k	151.80 ^c	116.10 ^D
Average	104.10 ^B	101.40 ^C	152.10 ^A	
F-test				
AMF		**		
Watering		**		
AMF × Watering		**		

Means in a column followed by the same letter do not significantly different by Duncan's new multiple range test.

** Significant at $P < 0.01$

Table 2 Dry weight of sorghum inoculated with 4 species of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and different watering methods (showering, dripping and Leonard Jar Assembly) at 13 weeks post inoculation.

Mycorrhizal species	Sorghum dry weight (g)			Average
	Watering method			
	Showering	Dripping	LJA	
<i>Rhizoglomus aggregatum</i>	32.29 ^l	33.47 ^h	49.70 ^a	38.49 ^A
<i>Claroideoglomus etunicatum</i>	30.29 ^l	34.81 ^e	46.68 ^c	37.26 ^D
<i>Funneliformis geosporum</i>	32.82 ^j	34.62 ^f	47.25 ^b	38.23 ^B
<i>Rhizoglomus irregularis</i>	32.14 ^k	33.50 ^g	46.25 ^d	37.30 ^C
Average	31.88 ^C	34.10 ^B	47.47 ^A	
F-test				
AMF		**		
Watering		**		
AMF × Watering		**		

Means in a column followed by the same letter do not significantly different by Duncan's new multiple range test.

** Significant at $P < 0.01$

การครอบครองรากของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

สายพันธุ์ AMF ระบบการให้น้ำ และปฏิสัมพันธ์ของปัจจัยทั้งสอง ทำให้เกิดการครอบครองรากของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในระดับที่ต่างกันมากอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 3) การครอบครองรากข้าวฟ่างที่ 13 wpi มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ *F. geosporum* เท่ากับ 48.82 เปอร์เซ็นต์ วิธีการใช้

ขวดลีโอนาร์ด มีการครอบครองรากเฉลี่ยสูงสุด 44.23 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับวิธีการให้น้ำแบบอื่น การเพาะเลี้ยงพืชอาศัยตามวิธีรดน้ำและการใช้น้ำหยด มีระดับการครอบครองรากเฉลี่ย 26.83 และ 34.19 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยปฏิสัมพันธ์ระหว่าง AMF กับระบบการให้น้ำพบว่า *R. aggregatum* มีการครอบครองรากเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 64.24 เปอร์เซ็นต์โดยการใช้ขวดลีโอนาร์ด ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

Table 3 AMF colonization percentage of sorghum roots inoculated with 4 species of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and different watering methods (showering, dripping and Leonard Jar Assembly) at 13 weeks post inoculation.

Mycorrhizal species	Root colonization intensity (%)			Average
	Watering method			
	Showering	Dripping	LJA	
<i>Rhizoglomus aggregatum</i>	32.06 ^f	32.72 ^e	64.24 ^a	43.01 ^B
<i>Claroideoglomus etunicatum</i>	17.22 ^j	25.65 ⁱ	20.51 ^k	21.13 ^D
<i>Funneliformis geosporum</i>	35.82 ^d	48.92 ^c	61.71 ^b	48.82 ^A
<i>Rhizoglomus irregularis</i>	22.21 ^j	29.46 ^h	30.46 ^g	27.38 ^C
Average	26.83 ^C	34.19 ^B	44.23 ^A	
F-test				
AMF		**		
Watering		**		
AMF × Watering		**		

Means in a column followed by the same letter do not significantly differ by Duncan's new multiple range test.

** Significant at P < 0.01

ปริมาณสปอร์ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

สายพันธุ์ของ AMF ส่งผลให้จำนวนสปอร์เฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติในรากข้าวฟ่างที่ 13 wpi (Table 4) โดย *F. geosporum* มีจำนวนสปอร์เฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 19.60 สปอร์ต่อกรัม ตามด้วย *R. aggregatum* (19.13 สปอร์ต่อกรัม) *R. irregularis* (9.03 สปอร์ต่อกรัม) และ สปอร์ของ *C. etunicatum* (2.84 สปอร์ต่อกรัม) สำหรับวิธีการให้น้ำ พบว่าวิธีการใช้ขวดลีโอนาร์ดทำให้จำนวน

สปอร์เฉลี่ยสูงสุด (21.57 สปอร์ต่อกรัม) ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยมีจำนวนสปอร์เฉลี่ยสูงกว่าการให้น้ำแบบหยด (11.73 สปอร์ต่อกรัม) และการรดน้ำ (4.65 สปอร์ต่อกรัม) ปฏิสัมพันธ์ของสายพันธุ์ AMF และระบบการให้น้ำ มีอิทธิพลอย่างมากต่อระดับการสร้างสปอร์ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ การผลิตหัวเชื้อโดยใช้วิธีการใช้ขวดลีโอนาร์ดร่วมกับ *R. aggregatum* ทำให้เกิดสปอร์เฉลี่ยสูงสุด 33.13 สปอร์ต่อกรัม

Table 4 Number of mycorrhizal spores at root zone of Sorghum inoculated with 4 species of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and different watering methods (showering, dripping and Leonard Jar Assembly) at 13 weeks post inoculation.

Mycorrhizal species	Number of spores (spores g ⁻¹)			Average
	Watering method			
	Showering	Dripping	LJA	
<i>Rhizoglomus aggregatum</i>	6.19 ^h	18.06 ^d	33.13 ^a	19.13 ^B
<i>Claroideoglomus etunicatum</i>	2.03 ^l	3.36 ⁱ	3.14 ^j	2.84 ^D
<i>Funneliformis geosporum</i>	8.04 ^f	18.26 ^c	32.50 ^b	19.60 ^A
<i>Rhizoglomus irregularis</i>	2.33 ^k	7.24 ^g	17.51 ^e	9.03 ^C
Average	4.65 ^C	11.73 ^B	21.57 ^A	
F-test				
AMF		**		
Watering		**		
AMF × Watering		**		

Means in a column followed by the same letter do not significantly different by Duncan's new multiple range test.

** Significant at P < 0.01

วิจารณ์

ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (AMF) เป็นราที่อาศัยร่วมกันกับพืชและมีการใช้กันอย่างแพร่หลายเป็นปุ๋ยชีวภาพเพื่อการเกษตร เพื่อให้ได้ AMF คุณภาพสูงและวิธีการผลิตสปอร์ที่ดี ราต้องการพืชอาศัยเพื่อเป็นที่อยู่ แหล่งสารอาหาร และน้ำ การขยายพันธุ์ AMF โดยใช้ข้าวฟ่างเป็นพืชอาศัย ซึ่งสามารถทำให้เกิดการครอบครองรากของ AMF ได้สูง สร้างการเชื่อมโยงระหว่างพืชและนำไปสู่การปรับปรุงชีวมวลและการดูดซึมสารอาหารของพืช มีใช้กันอย่างแพร่หลายในการเพาะเลี้ยงไมคอร์ไรซา (Kumar and Fulekar, 2019; Watts-Williams *et al.*, 2022) เมื่อวิเคราะห์การเจริญเติบโต การครอบครองราก และจำนวนสปอร์ที่ 13 wpi พบว่าในงานวิจัยนี้ วิธีการใช้ขดลิโอนาร์ดเป็นวิธีที่ดีที่สุดในการส่งเสริมให้ข้าวฟ่างมีความสูงและน้ำหนักแห้งที่ดี โดยอาศัยหลักการให้น้ำและสารอาหารเคลื่อนที่จากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบนผ่านไส้ตะเกียงที่เชื่อมต่อไปยังกระถางด้านบน ข้อดีของระบบการให้น้ำด้วยขดลิโอนาร์ด คือประหยัด มีการระเหยต่ำ ไม่มีน้ำไหลบ่า ระดับความชื้นของวัสดุ

ปลูกคงที่ในภาชนะ และตอบสนองความต้องการน้ำของพืชได้ดี (Semananda *et al.*, 2018) พืชตอบสนองต่อความชื้นในระดับต่างๆ (Shukla *et al.*, 2013) ดังนั้นความแตกต่างของระบบการให้น้ำจะทำให้พืชได้รับแร่ธาตุหรือสารอาหารแตกต่างกัน โดย AMF จะช่วยพัฒนาระบบการดูดซึมน้ำและสารอาหารของพืชอาศัยให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น AMF ยังมีผลต่อความสมดุลของน้ำภายในพืชอาศัย ส่งเสริมการเปิด-ปิดปากใบในสภาพดินแห้ง (Auge, 2004) และช่วยเพิ่มความยาวของลำต้น ราก น้ำหนักและพื้นที่ใบ Guo *et al.* (2013) รายงานว่าการใช้ AMF (*Glomus versiforme*) ช่วยเพิ่มความยาวของลำต้น ราก น้ำหนักและพื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งของยอดและรากของข้าวโพดและข้าวฟ่างเพิ่มขึ้น 211–387 และ 70 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ Jin *et al.* (2013) รายงานว่า AMF เกิดผลเชิงบวกต่อพืชหลายชนิด เช่น ส่งผลให้ถั่วมีการเติบโตสูงและชีวมวลเพิ่มขึ้น ในงานวิจัยนี้ การครอบครองรากและจำนวนสปอร์ของ *R. aggregatum* และ *F. geosporum* ตอบสนองเป็นอย่างดีต่อการให้น้ำด้วยการใช้ขดลิโอนาร์ด ซึ่งสอดคล้องกับเทคนิค

การเพาะเลี้ยง AMF ด้วยจานเพาะเชื้อที่ปิดผนึกเพื่อรักษาความชื้นและแพร่กระจายในที่มีดที่อุดมสมบูรณ์ซึ่งซึ่งเป็นประโยชน์ต่อผลผลิตและการสืบพันธุ์ของเชื้อรา AMF (Kokkoris and Hart, 2019) ปัจจัยที่ไม่มีชีวิต เช่น ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความชื้น และอุณหภูมิ ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการตอบสนองของ AMF (Meyer *et al.*, 2017) จากงานวิจัยนี้ความชื้นจากการให้น้ำแบบต่างๆ ด้วยสารละลายธาตุอาหาร ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของข้าวฟ่าง ซึ่งความชื้นมีผลต่อการครอบครองรากและการสร้างสปอร์ AMF ถ้าปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ลดลงจะส่งผลให้การสร้างสปอร์ อย่างไรก็ตาม การสร้างสปอร์ขึ้นอยู่กับไมคอร์ไรซาแต่ละสายพันธุ์ด้วย (Deepika and Kothamasi, 2015; Silva *et al.*, 2015) Akhtar and Siddiqui (2010) รายงานว่า ในถั่วชิกพี สายพันธุ์ของ AMF มีผลต่อการครอบครองราก โดย *R. irregularis* มีการครอบครองรากในเปอร์เซ็นต์ที่สูงที่สุด ตามด้วย *R. aggregatum* และ Martin *et al.* (2012) พบว่าในรากพืช *Plantago lanceolata* รา *F. geosporum* มีการครอบครองราก 16.2 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่งานวิจัยนี้สร้างระดับการครอบครองรากที่สูงขึ้นในรากข้าวฟ่าง โดยระบบการให้น้ำและสายพันธุ์ของราไมคอร์ไรซาเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดการงอกและสร้างสปอร์ของ AMF แสดงความสัมพันธ์เชิงบวกกับการเจริญเติบโตของพืช

สรุป

ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา *Rhizoglyphus aggregatum* ตอบสนองเชิงบวกต่อวิธีให้น้ำด้วยการใช้ขวดลิโวนาร์ดเมื่อใช้ข้าวฟ่างเป็นพืชอาศัย โดยวิธีนี้ข้าวฟ่างจะได้รับน้ำและสารอาหารอย่างต่อเนื่องจากสารละลายธาตุอาหาร ทำให้มีการเจริญเติบโตที่ดี ส่งผลให้น้ำหนักแห้งของข้าวฟ่าง การครอบครองรากและปริมาณสปอร์มีค่าสูง ดังนั้นการให้น้ำด้วยวิธีการใช้ขวดลิโวนาร์ดสามารถเป็นทางเลือกในการสร้างสปอร์เพื่อการขยายพันธุ์ที่ดีของหัวเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต กำแพงแสน ที่สนับสนุนสถานที่และอุปกรณ์เครื่องมือในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Akhtar, M.S. and Z.A. Siddiqui. 2010. Effects of AM fungi on the plant growth and root-rot disease of chickpea. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences 8: 544-549.
- Asher, C. 1975. Plant Nutrition I Practical Notes. Department of Agriculture and Fisheries Qld. Australia, 35 p.
- Augé, R.M. 2001. Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. Mycorrhiza 11: 3-42.
- Augé, R.M. 2004. Arbuscular mycorrhizae and soil/plant water relations. Canadian Journal of Soil Science 84(4): 373-381.
- Begum, N., C. Qin, M.A. Ahanger, S. Raza, M.I. Khan, M. Ashraf, N. Ahmed and L. Zhang. 2019. Role of arbuscular mycorrhizal fungi in plant growth regulation: implications in abiotic stress tolerance. Frontiers in Plant Science 10: 1068.
- Deepika, S. and D. Kothamasi. 2015. Soil moisture—a regulator of arbuscular mycorrhizal fungal community assembly and symbiotic phosphorus uptake. Mycorrhiza 25: 67-75.
- Doussan, C., L. Pagès and G. Vercambre. 1998. Modelling of the hydraulic architecture of root systems: an integrated approach to water absorption—model description. Annals of Botany 81: 213-223.

- Duponnois, R., A. Colombet, V. Hien and J. Thioulouse. 2005. The mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* and rock phosphate amendment influence plant growth and microbial activity in the rhizosphere of *Acacia holosericea*. *Soil Biology Biochemistry* 37: 1460-1468.
- Feldmann, F. and E. Idczak. 1992. Inoculum production of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for use in tropical nurseries, pp. 799-833 In: J. Norris, D. Read, A. Varma (Eds). *Techniques for Mycorrhizal Research Methods in Microbiology*. Academic Press, London.
- Finlay, R.D. 2008. Ecological aspects of mycorrhizal symbiosis: with special emphasis on the functional diversity of interactions involving the extraradical mycelium. *Journal of Experimental Botany* 59: 1115-1126.
- Gerdemann, J. and T.H. Nicolson. 1963. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society* 46: 235-244.
- Guo, W., R. Zhao, W. Zhao, R. Fu, J. Guo, N. Bi and J. Zhang. 2013. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on maize (*Zea mays* L) and sorghum (*S. bicolor* L Moench) grown in rare earth elements of mine tailings. *Applied Soil Ecology* 72: 85-92.
- Hillock, D. and D. Needham. 2006. Houseplant Care. <http://osufacts.okstate.edu> (retrieved: September 1, 2023)
- Jin, H., J.J. Germida and F.L. Walley. 2013. Impact of arbuscular mycorrhizal fungal inoculants on subsequent arbuscular mycorrhizal fungi colonization in pot-cultured field pea (*Pisum sativum* L.). *Mycorrhiza* 23: 45-59.
- Kokkoris, V. and M. Hart. 2019. *In vitro* propagation of arbuscular mycorrhizal fungi may drive fungal evolution. *Frontiers in Microbiology* 10: 2420.
- Kumar, P. and M.H. Fulekar. 2019. Mycorrhizal soil development using *Sorghum bicolor* for rhizospheric bioremediation of heavy metals. *Bioscience Biotechnology Research Communications* 12: 688-697.
- Leonard, L.T. 1943. A simple assembly for use in the testing of cultures of rhizobia. *Journal of Bacteriology* 45: 523-527.
- Liu, R.C., Z.Y. Xiao, A. Hashem, E.F. Abd-Allah, Y.J. Xu and Q.S. Wu. 2021. Unraveling the interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and *Camellia* plants. *Horticulturae* 7: 322.
- Mahmood, I. and R. Rizvi. 2010. Mycorrhiza and organic farming. *Asian Journal of Plant Science* 9: 241.
- Martin, S.L., S.J. Mooney, M.J. Dickinson and H.M. West. 2012. The effects of simultaneous root colonisation by three *Glomus* species on soil pore characteristics. *Soil Biology Biochemistry* 49: 167-173.
- Meyer, M., S. Bourras, J. Gervais, K. Labadie, C. Cruaud, M.H. Balesdent, and T. Rouxel. 2017. Impact of biotic and abiotic factors on the expression of fungal effector-encoding genes in axenic growth conditions. *Fungal Genetics and Biology* 99: 1-12.
- Mukerji, K.G. 1996. Concepts in mycorrhizal research. Springer Science and Business Media, London, 39 p.

- Mullette, K. J. 1976. Mallee and tree forms within Eucalyptus species. Doctoral dissertation, University of New South Wales Sydney.
- Phillips, J.M. and D. Hayman. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society* 55: 158-118.
- R Core Team. 2018. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical
- Semananda, N.P., J.D. Ward and B.R. Myers. 2018. A semi-systematic review of capillary irrigation: The benefits, limitations and opportunities. *Horticulturae* 4: 23.
- Shukla, A., A. Kumar, A. Jha and V. Tripathi. 2010. Effect of soil moisture on growth and arbuscular mycorrhizal colonization of crops and tree seedlings in alfisol. *Indian Phytopathology* 63: 411.
- Shukla, A., A. Kumar, A. Jha, O. Salunkhe and D. Vyas. 2013. Soil moisture levels affect mycorrhization during early stages of development of agroforestry plants. *Biology and Fertility of Soils* 49: 545-554.
- Silva, E.M., L.C. Maia, K.M.S. Menezes, M.B. Braga, N.D. Melo and A.M. Yano-Melo. 2015. Water availability and formation of propagules of arbuscular mycorrhizal fungi associated with sorghum. *Applied Soil Ecology* 94: 15-20.
- Silva, F.S.B., A.M. Yano-Melo, J.A.C. Brandão and L.C. Maia. 2005. Sporulation of arbuscular mycorrhizal fungi using Tris-CHI buffer in addition to nutrient solutions. *Brazilian Journal of Microbiology*. 36: 327-332.
- Smith, S.E. and D.J. Read. 2010. *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic press, New York, 787 p.
- Wang, F., Y. Sun and Z. Shi. 2019. Arbuscular mycorrhiza enhances biomass production and salt tolerance of sweet sorghum. *Microorganisms* 7: 289.
- Watts-Williams, S.J., A.R. Gill, N. Jewell, C.J. Brien, B. Berger, B.T. Tran, E. Mace, A.W. Cruickshank, D.R. Jordan, T. Garnett and T.R. Cavagnaro. 2022. Enhancement of sorghum grain yield and nutrition: A role for arbuscular mycorrhizal fungi regardless of soil phosphorus availability. *Plants, People, Planet* 4(2):143-156.

ผลของปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่างๆ ต่อผลผลิต องค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลัง และสมบัติบางประการของดิน

Effect of Different Nitrogenous Fertilizers on Yield, Yield Components of Cassava
and some Soil Properties

ธนากร คุ่มตรีทอง¹ ชัยสิทธิ์ ทองจู^{1*} ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย¹ และจุฑามาศ ร่มแก้ว²
Thanakorn Koomtritong¹, Chaisit Thongjuu^{1*}, Tawatchai Inboonchuay¹ and Jutamas Romkaew²

Received: February 27, 2024

Revised: April 10, 2024

Accepted: April 10, 2024

Abstract: The effect of different nitrogen fertilizers on yield, yield components of cassava (var. Huay Bong 60) planted in Kamphaeng Saen soil series, and some soil properties were investigated. The experimental design was arranged in Randomized Complete Block (RCB) with 3 replications and consisted of 7 treatments. The results showed that all treatments that applied nitrogen fertilizers had an insignificantly effect on fresh root yield, starch contents, starch yield, and concentrations of total N in fresh root but were significantly different when compared with the control treatment (control, T_1) that had the lowest fresh root yield, starch contents, starch yield, and concentrations of total N in fresh root. Furthermore, the application of controlled release chemical fertilizer (CRCF) provided the yield, yield components, and concentration of N in fresh root better than the application of quick release fertilizer. After experimentation, it was found that the application of CRCF of 50 kg/rai in combination with chemical fertilizer (CF) grade 0-46-0 and 0-0-60 of 4 and 4 kgP₂O₅ and K₂O per rai, respectively (CRCF₅₀, T_7) effected the highest EC_e of soil, which was not different from the application of ammonium sulfate (AS) of 95.24 kg/rai in combination with CF grade 0-46-0 and 0-0-60 of 4 and 4 kgP₂O₅ and K₂O per rai, respectively (AS_{95.24}, T_5) and the application of urea (U) of 43.48 kg/rai in combination with CF grade 0-46-0 and 0-0-60 of 4 and 4 kgP₂O₅ and K₂O per rai, respectively (U_{43.48}, T_6). Furthermore, the application of CRCF of 50 kg/rai in combination with CF grade 0-46-0 and 0-0-60 of 4 and 4 kgP₂O₅ and K₂O per rai, respectively (CRCF₅₀, T_7) effected on the highest of organic matter of soil which were not different from the application of AS of 95.24 kg/rai in combination with CF grade 0-46-0 and 0-0-60 of 4 and 4 kgP₂O₅ and K₂O per rai, respectively (AS_{95.24}, T_5), the application of U of 43.48 kg/rai in combination with CF grade 0-46-0 and 0-0-60 of 4 and 4 kgP₂O₅ and K₂O per rai, respectively (U_{43.48}, T_6), the application of CRCF of 40 kg/rai in combination with CF grade 0-46-0 and 0-0-60 of 4 and 4 kgP₂O₅ and K₂O per rai, respectively (CRCF₄₀, T_4) and the application of U of 34.78 kg/rai in combination with CF grade 0-46-0 and 0-0-60 of 4 and 4 kgP₂O₅ and K₂O per rai, respectively (U_{34.78}, T_3).

¹ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

² ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

¹ Department of Soil Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140

² Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakorn Pathom, 73140

*Corresponding author: agrcht@ku.ac.th and thongjuu@yahoo.com

However, all treatments that applied nitrogen fertilizers affected the available P and exchangeable K of soil insignificantly but were significantly different when compared with the control treatment (control, T_1) that resulted in the lowest EC_e , organic matter, available P, and exchangeable K of soil.

Keywords: chemical fertilizer, nitrogenous fertilizers, starch yield, cassava

บทคัดย่อ: ศึกษาผลของปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่าง ๆ ต่อผลผลิต องค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน และสมบัติบางประการของดิน โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ 7 ตำรับทดลอง ผลการทดลอง พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่าง ๆ มีผลให้ผลผลิตหัวสด เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสด ผลผลิตแป้งต่อพื้นที่ และปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนที่สะสมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังใกล้เคียงกัน และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม (control, T_1) ซึ่งมีผลให้ผลผลิตหัวสด เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสด ผลผลิตแป้งต่อพื้นที่ และปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนที่สะสมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังน้อยที่สุด นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้า มีผลให้ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนที่สะสมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังโดยภาพรวมดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ การใส่ปุ๋ยประเภทละลายเร็ว ภายหลังการทดลอง พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าสูตร 40-0-0 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ (CRCF₅₀, T_7) มีผลให้ค่า EC_e ของดินมากที่สุด ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตอัตรา 95.24 กิโลกรัมต่อไร่ (AS_{95.24}, T_5) และการใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 43.48 กิโลกรัมต่อไร่ (U_{43.48}, T_6) นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าสูตร 40-0-0 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ (CRCF₅₀, T_7) ยังมีผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุของดินมากที่สุด ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตอัตรา 95.24 กิโลกรัมต่อไร่ (AS_{95.24}, T_5) การใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 43.48 กิโลกรัมต่อไร่ (U_{43.48}, T_6) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าสูตร 40-0-0 อัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ (CRCF₄₀, T_4) และการใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 34.78 กิโลกรัมต่อไร่ (U_{34.78}, T_3) อย่างไรก็ตาม ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่าง ๆ มีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินใกล้เคียงกัน และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม (control : T_1) ซึ่งมีผลให้ค่า EC_e ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินต่ำที่สุด

คำสำคัญ: ปุ๋ยเคมี, ปุ๋ยไนโตรเจน, ผลผลิตแป้ง, มันสำปะหลัง

คำนำ

ในพ.ศ. 2565 สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร รายงานว่าประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง 10.86 ล้านไร่ ได้ผลผลิตหัวมันสด 34.07 ล้านตัน คิดเป็นผลผลิตเฉลี่ยต่อพื้นที่ 3.43 ตันต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565) ปัจจุบันมันสำปะหลังมีการส่งออกและการเปิดตลาดในกลุ่มประเทศสหภาพยุโรปและสาธารณรัฐประชาชนจีนมากขึ้น ประกอบกับรัฐบาลไทยได้สนับสนุนการสร้างโรงงานผลิตเอทานอลเพื่อใช้ทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 จึงส่งผลให้ความต้องการผลผลิตหัวสดมันสำปะหลัง

เพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) แนวทางหนึ่งที่ส่งเสริมการเพิ่มผลผลิตของ มันสำปะหลัง คือ การเพิ่มผลผลิตหัวสดต่อหน่วยพื้นที่ให้สูงขึ้นซึ่งอาจจะทำได้หลายวิธี เช่น การศึกษาอัตราปุ๋ยที่เหมาะสม (พิชญ์ศิณี และคณะ, 2559) รวมทั้งการลดต้นทุนการผลิตโดยใช้ผลพลอยได้จากภาคเกษตรหรือภาคอุตสาหกรรมเกษตรเพื่อทดแทนปุ๋ยเคมีหรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี (ธีรยุทธ และคณะ, 2560; ณัฐวุฒิ และคณะ, 2565) เป็นต้น โดยทั่วไปการใส่ปุ๋ยเคมีในแปลงพืชมักเกิดการสูญเสียธาตุอาหารไปจาก ระบบรากอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโต

และผลผลิตของพืช ตัวอย่างกรณีของอ้อย พบว่าเมื่ออ้อยมีการแตกกอเต็มที่ หากเกิดการขาดธาตุไนโตรเจนจะทำให้หน่ออ้อยไม่สามารถเจริญเติบโตเป็นท่อนลำที่สมบูรณ์ และส่งผลให้จำนวนท่อนลำที่ตัดส่งโรงงานลดลง Koochekzadeh *et al.* (2009) รายงานว่าธาตุไนโตรเจนช่วยเพิ่มการแตกกอและการยืดตัวของท่อนลำอ้อย สอดคล้องกับ Lofton and Tubana (2015) ที่รายงานว่าธาตุไนโตรเจนสามารถเพิ่มผลผลิตอ้อยให้สูงขึ้น ดังนั้น การลดการสูญเสียธาตุไนโตรเจนจะเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยเพิ่มผลผลิตของพืชได้ (นิพนธ์ และวรรณวิภา, 2561) ปุ๋ยเคมีควบคุมการปลดปล่อย (controlled release chemical fertilizers, CRCF) เป็นปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดที่ธาตุอาหารถูกควบคุมการปลดปล่อยออกมาสู่สารละลายดินอย่างช้า ๆ เมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมีทั่วไป สมบัตินี้เป็นการช่วยให้การดูดซึมธาตุอาหารของพืชเกิดขึ้นได้อย่างต่อเนื่องและยาวนาน ลดการสูญเสียที่เกิดจากการชะละลาย หรือการระเหยของตัวปุ๋ย และประหยัดค่าแรงในการใส่ปุ๋ย จากผลการวิจัยพบว่าการใช้ปุ๋ยเคมีประเภทควบคุมการปลดปล่อย โดยเฉพาะปุ๋ยเคมีไนโตรเจนจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดูดใช้ธาตุไนโตรเจนของพืชได้อย่างมีนัยสำคัญ (Verburg *et al.*, 2017) และสามารถเพิ่มผลผลิตสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีประเภทละลายเร็ว (Garrett *et al.*, 2017) จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการเปรียบเทียบการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่าง ๆ เพื่อการผลิตพืชไร่เศรษฐกิจในประเทศไทยมีค่อนข้างน้อย จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่าง ๆ ต่อผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน ตลอดจนผลต่อสมบัติบางประการของดินในช่วงที่ทำการศึกษานี้ ทั้งนี้เพื่อเป็นข้อมูลที่สำคัญและเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาผลของปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่าง ๆ ต่อผลผลิต องค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 และสมบัติบางประการของดิน ณ

แปลงทดลองของภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ซึ่งเป็นชุดดินกำแพงแสน (Kamphaeng Saen series, Ks; Typic Haplustalfs; fine-silty, mixed, semiactive, isohyperthermic, Soil Survey Staff, 2003) เก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกจากแปลงทดลองที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร เพื่อวิเคราะห์สมบัติบางประการของดิน ตามวิธีการของทัศนีย์ และจรงค์ (2542) ได้แก่ ค่า pH (1:1 water) ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของดินในสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำ (EC_e) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ รวมทั้งเนื้อดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2558) สำหรับสมบัติบางประการของดินก่อนการทดลองได้แสดงไว้ใน (Table 1) ปลูกมันสำปะหลังติดต่อกัน 2 ครั้งในพื้นที่เดิม ได้แก่ การปลูกครั้งที่ 1 ในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2564-เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565 และการปลูกครั้งที่ 2 ในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2565-เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2566 จำนวน 21 แปลงย่อย แต่ละแปลงย่อยมีขนาดกว้าง 6 เมตรยาว 8 เมตร จำนวน 5 แถว ระยะห่างระหว่างแถว 1 เมตร เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลังเฉพาะ 3 แถวกลาง เว้นหัวและท้ายแถวประมาณ 1 เมตร โดยมีพื้นที่เก็บเกี่ยวในแต่ละแปลงย่อยเท่ากับ 3x6 ตารางเมตร วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block จำนวน 3 ซ้ำ 7 ดำรับทดลอง โดยรายละเอียดของดำรับทดลองได้แสดงไว้ใน (Table 2)

ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21% N) ปุ๋ยยูเรีย (46% N) และปุ๋ยเคมีควบคุมการปลดปล่อย (40% N) ส่วนปุ๋ยรองพื้นที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ปุ๋ยทรีปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (46% P_2O_5) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (60% K_2O) โดยการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับมันสำปะหลัง คือ 16, 4 และ 4 กิโลกรัม N, P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ (กรมวิชาการเกษตร, 2553) ดำรับทดลองที่ 2, 3 และ 4 ใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ปุ๋ยยูเรีย และปุ๋ยเคมีควบคุมการปลดปล่อย

เทียบเท่าธาตุไนโตรเจนอัตรา 16 กิโลกรัม N ต่อไร่ ส่วนตำรับทดลองที่ 5, 6 และ 7 ใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ปุ๋ยยูเรีย และปุ๋ยเคมีควบคุมการปลดปล่อยเพิ่มอีก 25 เปอร์เซ็นต์จากอัตราเดิม (20 กิโลกรัม N ต่อไร่) นอกจากนี้ ตำรับทดลองที่ 2-7 ใส่ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์เป็นปุ๋ยรองพื้นอัตรา 4 และ 4 กิโลกรัม P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ

เก็บข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน ได้แก่ ผลผลิตหัวสด เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสด (ใช้เครื่อง Remain Scale) ผลผลิตแป้งต่อพื้นที่ และความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนที่สะสมในผลผลิตหัวสด (ทัศนีย์ และคณะ, 2542) นอกจากนี้ ภายหลังการเก็บเกี่ยว (ปีที่ 2) ดำเนินการเก็บตัวอย่างดินในแต่ละตำรับ

ทดลองเพื่อวิเคราะห์สมบัติบางประการของดิน ได้แก่ ค่า pH (1:1 water) ค่า EC_e ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ จากนั้นนำข้อมูลผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และสมบัติบางประการของดินที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ DMRT (Duncan's multiple range test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม Statistical Package for the Social Science for Windows (SPSS) version 22 นอกจากนี้ เปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลด้านผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลัง (ปีที่ 1 และปีที่ 2) ด้วยวิธีการ t-test Independent

Table 1 Chemical and physical properties of soil (0-30 cm) before the experiment.

Properties	Results	Rating ^{1/}
pH (1:1)	6.85	neutral
EC_e (dS/m)	0.62	non-saline
Organic matter (g/kg)	0.68	low
Available P (mg/kg)	26.89	high
Exchangeable K (mg/kg)	64.23	moderately
Exchangeable Ca (mg/kg)	957	high
Exchangeable Mg (mg/kg)	67.25	moderately
Exchangeable Na (mg/kg)	95.56	-
Texture	sandy loam	-

^{1/} = FAO Project Staff and Land Classification Division (1973)

Table 2 Detail of treatments.

Treatments	Describes	Symbols	Quantity of major elements (kgN-P ₂ O ₅ -K ₂ O per rai)
T ₁	no fertilizer treatment	control	0-0-0
T ₂	the application of ammonium sulfate (AS) of 76.19 kg/rai in combination with chemical fertilizer (CF) grade 0-46-0 and 0-0-60 of 4 and 4 kgP ₂ O ₅ and K ₂ O per rai, respectively	AS _{76.19}	16-4-4
T ₃	the application of urea (U) of 34.78 kg/rai in combination with CF grade 0-46-0 and 0-0-60 of 4 and 4 kgP ₂ O ₅ and K ₂ O per rai, respectively	U _{34.78}	16-4-4

Table 1 (continued)

Treatments	Describes	Symbols	Quantity of major elements (kgN-P ₂ O ₅ -K ₂ O per rai)
T ₄	the application of controlled release chemical fertilizer (CRCF) of 40 kg/rai in combination with CF grade 0-46-0 and 0-0-60 of 4 and 4 kgP ₂ O ₅ and K ₂ O per rai, respectively	CRCF ₄₀	16-4-4
T ₅	the application of AS of 95.24 kg/rai in combination with CF grade 0-46-0 and 0-0-60 of 4 and 4 kgP ₂ O ₅ and K ₂ O per rai, respectively	AS _{95.24}	20-4-4
T ₆	the application of U of 43.48 kg/rai in combination with CF grade 0-46-0 and 0-0-60 of 4 and 4 kgP ₂ O ₅ and K ₂ O per rai, respectively	U _{43.48}	20-4-4
T ₇	the application of CRCF of 50 kg/rai in combination with CF grade 0-46-0 and 0-0-60 of 4 and 4 kgP ₂ O ₅ and K ₂ O per rai, respectively	CRCF ₅₀	20-4-4

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาผลของปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่าง ๆ ต่อผลผลิต องค์ประกอบผลผลิตของ มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในชุดดิน กำแพงแสน และสมบัติบางประการของดิน ปรากฏผล ดังนี้

1. ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของ มันสำปะหลัง

1.1 ผลผลิตหัวสด

การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่าง ๆ รวมทั้ง ดำรับควบคุม (control, T₁) มีผลให้ผลผลิตหัวสดของ มันสำปะหลังที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่าง มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 3) กล่าวคือ การเก็บเกี่ยวปีที่ 1 และปีที่ 2 พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการ ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่าง ๆ มีผลให้ผลผลิตหัวสดของ มันสำปะหลังใกล้เคียงกันในช่วง 9.83-10.89 ตันต่อไร่ และ 10.85-12.91 ตันต่อไร่ ตามลำดับ และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับ ควบคุม (control, T₁) ซึ่งมีผลให้ผลผลิตหัวสดของ มันสำปะหลังน้อยที่สุด (3.48 ตันต่อไร่ และ 3.02 ตันต่อไร่ ตามลำดับ) อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบ ผลผลิตหัวสดของ มันสำปะหลังในการเก็บเกี่ยว

ปีที่ 1 และปีที่ 2 พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการ ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่าง ๆ มีผลให้ผลผลิตหัวสดของ มันสำปะหลังเพิ่มขึ้นในช่วง 10.38-18.55 เปอร์เซ็นต์ โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติในตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยแอมโมเนียม ซัลเฟตอัตรา 76.19 กิโลกรัมต่อไร่ (AS_{76.19}, T₂) และการใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 34.78 กิโลกรัมต่อไร่ (U_{34.78}, T₃) และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ในตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้า สูตร 40-0-0 อัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ (CRCF₄₀, T₄) การ ใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตอัตรา 95.24 กิโลกรัมต่อไร่ (AS_{95.24}, T₅) การใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 43.48 กิโลกรัมต่อ ไร่ (U_{43.48}, T₆) และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อย ช้าสูตร 40-0-0 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ (CRCF₅₀, T₇) ขณะที่ตำรับควบคุม (control : T₁) มีผลให้ผลผลิต หัวสดของ มันสำปะหลังลดลง (13.22 เปอร์เซ็นต์) โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และยูเรียในอัตราที่ เพิ่มขึ้นของการเก็บเกี่ยวปีที่ 2 (ตำรับทดลองที่ 2 กับ 5 และตำรับทดลองที่ 3 กับ 6) พบว่า มีผลต่อการ เพิ่มขึ้นของผลผลิตหัวสดโดยมีความแตกต่างกันอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ

Table 3 Two years of data on the fresh root yield of cassava at harvesting.

Treatments	Fresh root yield (ton/rai)		T-test	(+)/(-) (%)
	1 st year	2 nd year		
T ₁ = control	3.48 ^{b 1/}	3.02 ^{c 1/}	ns	-13.22
T ₂ = AS _{76.19}	10.12 ^a	11.35 ^b	*	+12.15
T ₃ = U _{34.78}	9.83 ^a	10.85 ^b	*	+10.38
T ₄ = SRNF ₄₀	10.23 ^a	11.81 ^{ab}	**	+15.44
T ₅ = AS _{95.24}	10.83 ^a	12.79 ^a	**	+18.10
T ₆ = U _{43.48}	10.76 ^a	12.66 ^a	**	+17.66
T ₇ = SRNF ₅₀	10.89 ^a	12.91 ^a	**	+18.55
F-test	**	**		
C.V. (%)	14.76	13.65		

^{1/} Means within the same column followed by the same letter indicate no statistical difference by DMRT

ns = not significantly different at 0.05 probability * indicates significant difference at P< 0.05

** indicates significant difference at P< 0.01 + = increased fresh root yield

- = decreased fresh root yield

1.2 เปอร์เซ็นต์แบ่งส่วนหัวสด

การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่าง ๆ รวมทั้งดำรับควบคุม (control, T₁) มีผลให้เปอร์เซ็นต์แบ่งส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 4) กล่าวคือ การเก็บเกี่ยวปีที่ 1 และปีที่ 2 พบว่า ทุกดำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่าง ๆ มีผลให้เปอร์เซ็นต์แบ่งส่วนหัวสดของมันสำปะหลังใกล้เคียงกันในช่วง 27.84-28.42 เปอร์เซ็นต์ และ 29.18-31.40 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับดำรับควบคุม (control, T₁) ซึ่งมีผลให้เปอร์เซ็นต์แบ่งส่วนหัวสดของมันสำปะหลังน้อยที่สุด (22.82 เปอร์เซ็นต์ และ 20.24 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ) อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์แบ่งส่วนหัวสดของมันสำปะหลังในการเก็บเกี่ยวปีที่ 1 และปีที่ 2 พบว่า ทุกดำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่าง ๆ มีผลให้เปอร์เซ็นต์แบ่งส่วนหัวสดของมันสำปะหลัง

เพิ่มขึ้นในช่วง 4.81-10.49 เปอร์เซ็นต์ โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในดำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าสูตร 40-0-0 อัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ (CRCF₄₀, T₄) การใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตอัตรา 95.24 กิโลกรัมต่อไร่ (AS_{95.24}, T₅) การใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 43.48 กิโลกรัมต่อไร่ (U_{43.48}, T₆) และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าสูตร 40-0-0 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ (CRCF₅₀, T₇) ขณะที่ดำรับควบคุม (control : T₁) มีผลให้เปอร์เซ็นต์แบ่งส่วนหัวสดของมันสำปะหลังลดลง (11.31 เปอร์เซ็นต์) โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนชนิดเดียวกันในอัตราที่เพิ่มขึ้น (ดำรับทดลองที่ 2 กับ 5, ดำรับทดลองที่ 3 กับ 6 และดำรับทดลองที่ 4 กับ 7) พบว่า มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของเปอร์เซ็นต์แบ่งส่วนหัวสด แม้ว่าจะไม่แตกต่างกันในทางสถิติก็ตาม

Table 4 Two years of data on the starch contents of cassava at harvesting.

Treatments	Starch contents (%)		T-test	(+)/(-) (%)
	1 st year	2 nd year		
T ₁ = control	22.82 ^{b 1/}	20.24 ^{b 1/}	*	-11.31
T ₂ = AS _{76.19}	27.93 ^a	29.82 ^a	ns	+6.77
T ₃ = U _{34.78}	27.84 ^a	29.18 ^a	ns	+4.81
T ₄ = SRNF ₄₀	28.18 ^a	30.85 ^a	*	+9.47
T ₅ = AS _{95.24}	28.36 ^a	31.29 ^a	*	+10.33
T ₆ = U _{43.48}	28.32 ^a	31.19 ^a	*	+10.13
T ₇ = SRNF ₅₀	28.42 ^a	31.40 ^a	*	+10.49
F-test	**	**		
C.V. (%)	11.46	9.59		

^{1/} Means within the same column followed by the same letter indicate no statistical difference by DMRT

ns = not significantly different at 0.05 probability * indicates significant difference at P< 0.05

** indicates significant difference at P< 0.01

+ = increased of starch contents

- = decreased of starch contents

1.3 ผลผลิตแบ่งต่อพื้นที่

การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่าง ๆ รวมทั้งดำรับควบคุม (control, T₁) มีผลให้ผลผลิตแบ่งต่อพื้นที่ของมันสำปะหลังที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 5) กล่าวคือ การเก็บเกี่ยวปีที่ 1 พบว่า ทุกดำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่าง ๆ มีผลให้ผลผลิตแบ่งต่อพื้นที่ของมันสำปะหลังใกล้เคียงกันในช่วง 2.74-3.09 ตันต่อไร่ และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับดำรับควบคุม (control, T₁) ซึ่งมีผลให้ผลผลิตแบ่งต่อพื้นที่ของมันสำปะหลังน้อยที่สุด (0.79 ตันต่อไร่) ส่วนการเก็บเกี่ยวปีที่ 2 พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าสูตร 40-0-0 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ (CRCF₅₀, T₇) มีผลให้ผลผลิตแบ่งต่อพื้นที่ของมันสำปะหลังมากที่สุด (4.05 ตันต่อไร่) ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตอัตรา 95.24 กิโลกรัมต่อไร่ (AS_{95.24}, T₅) และการใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 43.48 กิโลกรัมต่อไร่ (U_{43.48}, T₆) ขณะที่ดำรับควบคุม (control, T₁) มีผลให้ผลผลิตแบ่งต่อพื้นที่ของมันสำปะหลังน้อยที่สุด (0.61 ตันต่อไร่) อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบผลผลิตแบ่งต่อพื้นที่ของมันสำปะหลังในการเก็บเกี่ยวปีที่ 1 และปีที่ 2 พบว่า ทุกดำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่าง ๆ มีผลให้ผลผลิตแบ่งต่อพื้นที่ของมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นในช่วง 15.69-31.07

เปอร์เซ็นต์ โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในดำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตอัตรา 76.19 กิโลกรัมต่อไร่ (AS_{76.19}, T₂) และการใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 34.78 กิโลกรัมต่อไร่ (U_{34.78}, T₃) และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติในดำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าสูตร 40-0-0 อัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ (CRCF₄₀, T₄) การใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตอัตรา 95.24 กิโลกรัมต่อไร่ (AS_{95.24}, T₅) การใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 43.48 กิโลกรัมต่อไร่ (U_{43.48}, T₆) และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าสูตร 40-0-0 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ (CRCF₅₀, T₇) ขณะที่ดำรับควบคุม (control: T₁) มีผลให้ผลผลิตแบ่งต่อพื้นที่ของมันสำปะหลังลดลง (22.78 เปอร์เซ็นต์) โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนยูเรียในอัตราที่เพิ่มขึ้นของการเก็บเกี่ยวปีที่ 1 (ดำรับทดลองที่ 3 กับ 6) พบว่า มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของผลผลิตหัวสดโดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนชนิดเดียวกันในอัตราที่เพิ่มขึ้นของการเก็บเกี่ยวปีที่ 2 (ดำรับทดลองที่ 2 กับ 5, ดำรับทดลองที่ 3 กับ 6 และดำรับทดลองที่ 4 กับ 7) พบว่า มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของผลผลิตแบ่งต่อพื้นที่โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน

Table 5 Two years of data on the starch yield of cassava at harvesting.

Treatments	Starch yield (ton/rai)		T-test	(+)/(-) (%)
	1 st year	2 nd year		
T ₁ = control	0.79 ^{d 1/}	0.61 ^{d 1/}	ns	-22.78
T ₂ = AS _{76.19}	2.83 ^b ^c	3.38 ^b ^c	*	+19.43
T ₃ = U _{34.78}	2.74 ^c	3.17 ^c	*	+15.69
T ₄ = SRNF ₄₀	2.88 ^{ab} ^c	3.64 ^b	**	+26.39
T ₅ = AS _{95.24}	3.07 ^{ab}	4.00 ^a	**	+30.29
T ₆ = U _{43.48}	3.05 ^{ab}	3.95 ^a	**	+29.51
T ₇ = SRNF ₅₀	3.09 ^a	4.05 ^a	**	+31.07
F-test	**	**		
C.V. (%)	9.49	7.46		

^{1/} Means within the same column followed by the same letter indicate no statistical difference by DMRT

ns = not significantly different at 0.05 probability * indicates significant difference at P< 0.05

** indicates significant difference at P< 0.01 + = increased of starch contents

- = decreased of starch contents

1.4 ปริมาณความเข้มข้นธาตุไนโตรเจนในผลผลิตหัวสด

การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่าง ๆ รวมทั้งตัวควบคุม (control, T₁) มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนที่สะสมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 6) กล่าวคือ การเก็บเกี่ยวปีที่ 1 พบว่าทุกตัวรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่าง ๆ มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนที่สะสมในส่วนหัวสดของมันสำปะหลังใกล้เคียงกันในช่วง 0.221-0.243 เปอร์เซ็นต์ และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตัวควบคุม (control, T₁) ซึ่งมีผลให้ปริมาณความเข้มข้นธาตุไนโตรเจนในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังน้อยที่สุด (0.121 เปอร์เซ็นต์) ส่วนการเก็บเกี่ยวปีที่ 2 พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าสูตร 40-0-0 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ (CRCF₅₀, T₇) มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนที่สะสมในส่วนหัวสดของมันสำปะหลังมากที่สุด (0.256 เปอร์เซ็นต์) ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตอัตรา 95.24 กิโลกรัมต่อไร่ (AS_{95.24}, T₅) และการใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 43.48 กิโลกรัมต่อไร่ (U_{43.48}, T₆) ขณะที่ตัวควบคุม (control, T₁) มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นธาตุไนโตรเจนในผลผลิต

หัวสดของมันสำปะหลังน้อยที่สุด (0.113 เปอร์เซ็นต์) อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นธาตุไนโตรเจนในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังในการเก็บเกี่ยวปีที่ 1 และปีที่ 2 พบว่า ทุกตัวรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่าง ๆ มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นธาตุไนโตรเจนในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นในช่วง 3.17-5.49 เปอร์เซ็นต์ โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในตัวรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าสูตร 40-0-0 อัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ (CRCF₄₀, T₄) การใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตอัตรา 95.24 กิโลกรัมต่อไร่ (AS_{95.24}, T₅) การใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 43.48 กิโลกรัมต่อไร่ (U_{43.48}, T₆) และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าสูตร 40-0-0 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ (CRCF₅₀, T₇) ขณะที่ตัวควบคุม (control : T₁) มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นธาตุไนโตรเจนในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังลดลง (6.61 เปอร์เซ็นต์) โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนชนิดเดียวกันในอัตราที่เพิ่มขึ้นของการเก็บเกี่ยวปีที่ 2 (ตัวรับทดลองที่ 2 กับ 5, ตัวรับทดลองที่ 3 กับ 6 และตัวรับทดลองที่ 4 กับ 7) พบว่า มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณความเข้มข้นธาตุไนโตรเจนในผลผลิตหัวสดโดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Table 6 Two years of data on the concentrations of total N in fresh root of cassava at harvesting.

Treatments	Total N (%)		T-test	(+)/(-) (%)
	1 st year	2 nd year		
T ₁ = control	0.121 ^{b 1/}	0.113 ^{f 1/}	ns	-6.61
T ₂ = AS _{76.19}	0.226 ^a	0.234 ^d	ns	+3.54
T ₃ = U _{34.78}	0.221 ^a	0.228 ^e	ns	+3.17
T ₄ = SRNF ₄₀	0.231 ^a	0.243 ^c	*	+5.19
T ₅ = AS _{95.24}	0.241 ^a	0.254 ^{ab}	*	+5.39
T ₆ = U _{43.48}	0.237 ^a	0.250 ^b	*	+5.49
T ₇ = SRNF ₅₀	0.243 ^a	0.256 ^a	*	+5.35
F-test	**	**		
C.V. (%)	11.63	10.13		

^{1/} Means within the same column followed by the same letter indicate no statistical difference by DMRT

ns = not significantly different at 0.05 probability * indicates significant difference at P< 0.05

** indicates significant difference at P< 0.01 + = increased of starch contents

- = decreased of starch contents

2. สมบัติของดินบางประการภายหลังการปลูกมันสำปะหลัง

การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่าง ๆ รวมทั้งค่าควบคุม (control, T₁) มีผลให้ค่า EC_e, ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 7) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าสูตร 40-0-0 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ (CRCF₅₀, T₇) มีผลให้ค่า EC_e ของดินมากที่สุด (1.63 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร) ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตอัตรา 95.24 กิโลกรัมต่อไร่ (AS_{95.24}, T₅) และการใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 43.48 กิโลกรัมต่อไร่ (U_{43.48}, T₆) นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าสูตร 40-0-0 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ (CRCF₅₀, T₇) ยังมีผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุของดินมากที่สุด (1.39 กรัมต่อกิโลกรัม) ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตอัตรา 95.24 กิโลกรัมต่อไร่

(AS_{95.24}, T₅) การใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 43.48 กิโลกรัมต่อไร่ (U_{43.48}, T₆) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าสูตร 40-0-0 อัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ (CRCF₄₀, T₄) และการใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 34.78 กิโลกรัมต่อไร่ (U_{34.78}, T₃) อย่างไรก็ตาม ทุกค่ารับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่าง ๆ มีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินใกล้เคียงกันในช่วง 39.43-41.60 และ 84.21-86.60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โดยที่ทุกค่ารับทดลองมีผลให้ค่า pH และปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินใกล้เคียงกันในช่วง pH 6.62-6.84 และ 98.59-104.56 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ขณะที่ค่าควบคุม (control, T₁) มีผลให้ค่า EC_e ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินต่ำที่สุด (0.67 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร, 0.75 กรัมต่อกิโลกรัม, 27.32 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 66.61 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ)

Table 7 The properties of the soil after 2 years of planting cassava.

Treatments	pH (1:1 water) ^{1/}	EC _e (dS/m) ^{1/}	OM (g/kg) ^{1/}	Avail. P (mg/kg) ^{1/}	Exch. K (mg/kg) ^{1/}	Exch. Na (mg/kg) ^{1/}
before experiment	6.85	0.62	0.68	26.89	64.23	95.56
T ₁ = control	6.80	0.67 ^e	0.75 ^d	27.32 ^b	66.61 ^b	98.59
T ₂ = AS _{76.19}	6.62	1.24 ^{cd}	1.11 ^c	39.49 ^a	84.36 ^a	100.45
T ₃ = U _{34.78}	6.81	1.12 ^d	1.24 ^b	39.43 ^a	84.21 ^a	100.29
T ₄ = SRNF ₄₀	6.71	1.28 ^c	1.31 ^{ab}	40.22 ^a	85.42 ^a	102.43
T ₅ = AS _{95.24}	6.67	1.51 ^{ab}	1.35 ^a	41.38 ^a	86.36 ^a	104.30
T ₆ = U _{43.48}	6.84	1.42 ^b	1.37 ^a	40.43 ^a	85.58 ^a	102.44
T ₇ = SRNF ₅₀	6.78	1.63 ^a	1.39 ^a	41.60 ^a	86.60 ^a	104.56
F-test	ns	**	**	**	**	ns
C.V. (%)	10.13	11.63	9.38	7.65	11.26	8.32

^{1/} Means within the same column followed by the same letter indicate no statistical difference by DMRT

ns = not significantly different at 0.05 probability ** indicates significant difference at P< 0.01

จากผลการทดลองที่กล่าวมาข้างต้น พบว่า ตำรับทดลองที่มีปริมาณธาตุไนโตรเจนเพิ่มขึ้น 25 เปอร์เซ็นต์ (20 กิโลกรัม N ต่อไร่, ตำรับทดลองที่ 5-7) มีผลให้ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของ มันสำปะหลังโดยภาพรวมดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ ตำรับทดลองที่มีปริมาณธาตุไนโตรเจน 16 กิโลกรัม N ต่อไร่ (ตำรับทดลองที่ 2-4) แม้ว่าจะไม่แตกต่างกันทางสถิติก็ตาม นอกจากนี้ ตำรับทดลองที่มี ปริมาณธาตุไนโตรเจนเท่ากัน (16 หรือ 20 กิโลกรัม N ต่อไร่) พบว่า ตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ปลดปล่อยช้า มีผลให้ผลผลิตหัวสด เปอร์เซ็นต์แป้ง ส่วนหัวสด ผลผลิตแป้งต่อพื้นที่ และปริมาณความ เข้มข้นของธาตุไนโตรเจนที่สะสมในผลผลิตหัวสดของ มันสำปะหลังโดยภาพรวมดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ ตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และ ปุ๋ยยูเรีย ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นเพราะปุ๋ยเคมีปลดปล่อย ช้าสามารถควบคุมการปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนออก มาสู่สารละลายดินอย่างช้า ๆ เมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ย เคมีทั่วไป ทำให้การดูดซึมธาตุอาหารของพืชเกิดขึ้น อย่างต่อเนื่องและยาวนานกว่า (Verburg *et al.*, 2017) จึงส่งผลให้ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต ของมันสำปะหลังโดยภาพรวมดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ การใช้ปุ๋ยเคมีประเภทละลายเร็ว (Garrett *et al.*,

2017) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของณัชชา และคณะ (2566) ที่รายงานว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้า มีผลให้ความสูงต้น ค่าความเขียวของใบ ผลผลิตอ้อย สด น้ำหนักต่อลำ ความยาวลำ เส้นผ่านศูนย์กลางลำ ค่า commercial cane sugar (CCS) ผลผลิตน้ำตาล ปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนที่สะสมใน ท่อนลำอ้อยโดยภาพรวมดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ ตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และ ปุ๋ยยูเรีย ตามลำดับ

สรุป

1. ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ชนิดต่าง ๆ มีผลให้ผลผลิตหัวสด เปอร์เซ็นต์แป้งส่วน หัวสด ผลผลิตแป้งต่อพื้นที่ และปริมาณความเข้มข้น ของธาตุไนโตรเจนที่สะสมในผลผลิตหัวสดของมัน สำปะหลัง ใกล้เคียงกัน และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อ เปรียบเทียบกับตำรับควบคุม (control, T₁) ซึ่งมีผลให้ ผลผลิตหัวสด เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสด ผลผลิตแป้ง ต่อพื้นที่ และปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ที่สะสมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังน้อยที่สุด

2. การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าสูตร 40-0-0 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ (CRCF₅₀, T₇) มีผลให้ ค่า EC_e ของดินมากที่สุด ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับ

การใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตอัตรา 95.24 กิโลกรัมต่อไร่ ($AS_{95.24}$, T_5) และการใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 43.48 กิโลกรัมต่อไร่ ($U_{43.48}$, T_6) นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าสูตร 40-0-0 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ($CRCF_{50}$, T_7) ยังมีผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุของดินมากที่สุด ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตอัตรา 95.24 กิโลกรัมต่อไร่ ($AS_{95.24}$, T_5) การใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 43.48 กิโลกรัมต่อไร่ ($U_{43.48}$, T_6) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าสูตร 40-0-0 อัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ ($CRCF_{40}$, T_4) และการใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 34.78 กิโลกรัมต่อไร่ ($U_{34.78}$, T_3) ขณะที่ค่าควบคุม (control : T_1) มีผลให้ค่า EC_e ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินต่ำที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2553. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 100 หน้า.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2558. คู่มือปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทางดิน ระบบโสตทัศนูปกรณ์. คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 174 หน้า.
- ณัฏฐา ทองนวล, ชัยสิทธิ์ ทองจุ, ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย, อัญธิชา พรหมเมืองคุก, จุฑามาศ ร่มแก้ว, พงษ์เพชร พงษ์ศิวาภัย และณัฏฐา ศรีหิรัญ. 2566. ผลของปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่างๆ ต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของอ้อย. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ 6 (3): 112-120.
- ณัฐวุฒิ อ่อนเฉียบ, ชัยสิทธิ์ ทองจุ, ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย, อัญธิชา พรหมเมืองคุก และธีรยุทธ คล้าชื่น. 2565. การใช้ประโยชน์ผลพลอยได้จากโรงงานผลิตเอทานอลต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ 5 (2): 16-27.
- ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และจรงค์ จันทรเจริญสุข. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 108 หน้า.
- ธีรยุทธ คล้าชื่น, ชัยสิทธิ์ ทองจุ, ทศพล พรพรม และธวัชชัย อินทร์บุญช่วย. 2560. ผลของวัสดุอินทรีย์ผสมจากผลพลอยได้โรงงานผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยต่อผลผลิตของมันสำปะหลัง และสมบัติของดิน. วารสารแก่นเกษตร 45 (4): 711-720.
- นิพนธ์ มาวัน และวรรณวิภา แก้วประดิษฐ์. 2561. ระดับของปุ๋ยเคมีไนโตรเจนต่อผลผลิตประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนเอนไซม์ยูรีเอสและความอุดมสมบูรณ์ของดินหลังการเก็บเกี่ยวอ้อยในสภาพดินทราย. วารสารเกษตรพระวรุณ 15 (1): 74-84.
- พิชญ์สินี แก้ววงศ์หาญ, ชัยสิทธิ์ ทองจุ, จุฑามาศ ร่มแก้ว, ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย, ฑาลินี คงสุด, ธีรยุทธ คล้าชื่น, ปิยะพงศ์ เขตปิยรัตน์, ธนสมณท์ กุลการณย์เลิศ, อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ, รุจิกร ศรีแมนม่วง และศิริสุดา บุตรเพชร. 2559. การจัดการปุ๋ยเคมีร่วมกับสารปรับปรุงดินเพื่อเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลัง (ปีที่ 2). วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 5 (2): 1-16.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2556. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2554-2556. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 237 หน้า.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2565. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2563-2565. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 224 หน้า.
- FAO Project Staff and Land Classification Division. 1973. Soil interpretation handbook for Thailand. Department of Land Development, Ministry of Agriculture and Cooperation, Bangkok. 135 p.

- Garrett, J., B. Tubana, S. Kwakye, W. Paye, F.B. Agostinho, D. Forestieri, M.S. Daren and M. Martins. 2017. Controlled release nitrogen fertilizer and application timing: soil N, leaf N and yield respond in sugarcane *In*: Proceeding of Managing Global Resources for a Secure Future 2017 Annual meeting, USA.
- Koochekzadeh, A., G. Fathi, M.H. Gharineh, S.A. Siadat, S. Jafari and K. Alami-Saeid. 2009. Impacts of rate and split application of N fertilizer on sugarcane quality. *International Journal of Agricultural Research* 4 (3): 116-123.
- Lofton, J. and B. Tubana. 2015. Effect of nitrogen rates and application time on sugarcane yield and quality. *Journal of Plant Nutrition* 38 (2): 161-176.
- Soil Survey Staff. 2003. Key to Soil Taxonomy: Ninth Edition. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Washington, D.C. 332 p.
- Verburg, K., T.H. Muster, Z. Zhao, J.S. Biggs, P.J. Thorburn, J. Kandulu, K. Witter-Schmid, G. McLachlan, K.L. Bristow, J. Poole, M.F.T. Wong and J.I. Mardell. 2017. Roles of controlled release fertilizer in Australian sugarcane system: final report 2014/11. Sugar Research Australia Ltd, Australia.

การศึกษาความรุนแรงของเชื้อราสาเหตุโรคของแมลงเพื่อควบคุมแมลงพาหะ (เพลี้ยจักจั่นลายจุดสีน้ำตาล) โรคใบขาวอ้อย

Study on Virulence of Entomopathogenic Fungi for Controlling Insect Vector, *Matsumuratettix hiroglyphicus* (Matsumura) of Sugarcane White Leaf Disease

ณิชนันท์ เกินอาษา^{1*}

Nichanun Kernasa^{1*}

Received: January 17, 2024

Revised: April 19, 2024

Accepted: April 23, 2024

Abstract: Entomopathogenic fungi are organisms that naturally parasitize and kill insect pests. These fungi, which include species such as *Beauveria bassiana*, *Purpureocillium lilacinum*, and *Metarhizium anisopliae*, have been extensively researched for their potential in biological insect pest control. The objective of this study was to isolate the entomopathogenic fungus *M. anisopliae* from sugarcane longhorn stem borer, *B. bassiana*, and *P. lilacinum* from brown plant hopper, and their pathogenicity was evaluated against *Matsumuratettix hiroglyphicus* (Matsumura) adults using five concentrations of 1×10^5 , 1×10^6 , 1×10^7 , 1×10^8 and 1×10^9 conidia/mL. Every day, insect mortality was observed for up to seven days. The results found that all three fungi at 1×10^9 conidia/mL concentration caused the highest insect mortality against *M. hiroglyphicus*. The entomopathogenic fungi caused 97.6% mortality in *B. bassiana*, 95.56% mortality in *P. lilacinum* and 95% mortality in *M. anisopliae* at seven days post treatment, respectively. Fungi caused lower LC50 values in *B. bassiana* (2.90×10^5 conidia/mL), in *P. lilacinus* (3.76×10^5 conidia/mL), and in *M. anisopliae* (7.39×10^6 conidia/mL) on *M. hiroglyphicus* adults, respectively. The results clearly conclude that entomopathogenic fungus is effective and pollution-free candidates for controlling *M. hiroglyphicus* insect pest.

Keywords: entomopathogenic fungi, lethal concentrations, sugarcane white leaf hoppe

บทคัดย่อ: เชื้อราที่ก่อโรคในแมลงคือสิ่งมีชีวิตที่เป็นปรสิตและฆ่าแมลงศัตรูพืช พบได้หลากหลายสายพันธุ์ ยกตัวอย่างเช่น *Beauveria bassiana*, *Purpureocillium lilacinum* และ *Metarhizium anisopliae* เป็นสายพันธุ์ที่มีงานวิจัยอย่างกว้างขวางถึงศักยภาพในการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี การศึกษารั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความรุนแรงของเชื้อราเขียว *M. anisopliae* ที่แยกจากด้วงหนวดยาวเจาะลำต้นอ้อย *B. bassiana* และ *P. lilacinum* ที่แยกจากเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ต่อการควบคุมเพลี้ยจักจั่นลายจุดสีน้ำตาล ประเมินการก่อโรคกับ

^{1*} ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

^{1*} Department of Entomology Faculty of Agriculture at Kamphaengsaen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140

^{1*} ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ ภาคกลาง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

^{1*} National Biological Control Research Center Central Regional Center Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

*Corresponding author: agropk@ku.ac.th

ตัวเต็มวัยเพลี้ยจักจั่นจลายจุดสีน้ำตาล ทดสอบความเข้มข้น 5 ระดับใน 1×10^5 , 1×10^6 , 1×10^7 , 1×10^8 และ 1×10^9 โคเนเดียต่อมิลลิลิตร เก็บผลทุก ๆ วัน สังเกตการตายของแมลง เป็นเวลา 7 วัน ผลการวิจัยพบว่าเชื้อราทั้งสามชนิดที่ระดับความเข้มข้น 1×10^9 โคเนเดียต่อมิลลิลิตร ทำให้เพลี้ยจักจั่นจลายจุดสีน้ำตาลมีอัตราการตายสูงที่สุด โดยเชื้อรา *B. bassiana* ทำให้เกิดอัตราการตาย 97.6 เปอร์เซ็นต์ เชื้อรา *P. lilacinum* ทำให้เกิดอัตราการตาย 95.56 เปอร์เซ็นต์ และเชื้อรา *M. anisopliae* ทำให้เกิดอัตราการตาย 95 เปอร์เซ็นต์ หลังจากปลูกเชื้อ 7 วัน เชื้อราทำให้ค่า LC50 ต่ำกว่าใน *B. bassiana* (2.90×10^5 โคเนเดียต่อมิลลิลิตร) ใน *P. lilacinus* (3.76×10^5 โคเนเดียต่อมิลลิลิตร) และใน *M. anisopliae* (7.39×10^6 โคเนเดียต่อมิลลิลิตร) ตามลำดับ ในเพลี้ยจักจั่นจลายจุดสีน้ำตาลตัวเต็มวัย จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า การใช้เชื้อราที่ก่อโรคในแมลงมีประสิทธิภาพในการควบคุมเพลี้ยจักจั่นจลายจุดสีน้ำตาลได้ในระดับสูง และด้วยวิธีนี้ปราศจากมลภาวะจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสมในการควบคุมแมลงศัตรูพืชเพลี้ยจักจั่นจลายจุดสีน้ำตาลโดยชีววิธี

คำสำคัญ: เชื้อราก่อโรคแมลง, ความเป็นพิษเฉียบพลัน, เพลี้ยจักจั่นจลายจุดสีน้ำตาล

คำนำ

โรคใบขาวอ้อยเป็นโรคที่สำคัญของอ้อย พบครั้งแรกที่จังหวัดลำปาง ในปี พ.ศ.2497 โรคใบขาวเกิดจากเชื้อไฟโตพลาสมา อาการของโรค คือ ใบอ้อยเป็นสีขาว อ้อยชะงักการแตกกอ ถ้าอาการรุนแรงสามารถทำให้อ้อยตายได้ (Hanboonsong and Kobori, 2017) ซึ่ง Hanboonsong et al., (2002) รายงานว่าเพลี้ยจักจั่นจลายจุดสีน้ำตาล *Matsumuratettix hiroglyphicus* (Matsumura) เป็นแมลงพาหะนำโรคใบขาวอ้อย Roddee et al. (2018) ศึกษาการเพิ่มปริมาณของเชื้อไฟโตพลาสมาในต้นอ้อยจากการปลูกเชื้อด้วยเพลี้ยจักจั่นจลายจุดสีน้ำตาล *M. hiroglyphicus* พบว่า ปริมาณเชื้อเพิ่มขึ้น 1-2 เท่า ทุกสัปดาห์ และหลังจากปลูกเชื้อไปแล้ว 6 และ 9 เดือน พบปริมาณเชื้อสะสมสูงที่สุดบริเวณกลางลำต้น Chen et al. (1971) รายงานว่า ระยะตัวอ่อนวัย 4-5 ของ เพลี้ยจักจั่นจลายจุดสีน้ำตาล *M. hiroglyphicus* สามารถเจริญเติบโตบนหญ้าแพรกและหญ้าตีนกาได้ และทำให้หญ้าทั้งสองชนิดแสดงอาการใบขาวด้วย ซึ่งทำให้แมลงชนิดนี้มีพืชอาหารอื่นนอกจากอ้อยและใช้เป็นแหล่งสะสมโรคใบขาวเพื่อพร้อมที่จะระบาดไปสู่อ้อยได้อย่างดี

การใช้เชื้อราสาเหตุโรคแมลงอาจมีความเป็นไปได้ในการใช้ควบคุมปริมาณของเพลี้ยจักจั่นจลายจุดสีน้ำตาล *M. hiroglyphicus* เพราะเป็นแมลงปากดูด

หากใช้เชื้อจุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ แมลงต้องกินเข้าไปจึงจะทำให้แมลงเป็นโรค แต่เชื้อราสามารถเข้าทำลายแมลงได้โดยทางเส้นใยทะลุผ่านผนังลำตัว การนำเชื้อราสาเหตุโรคแมลงมาใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการลดและใช้ทดแทนสารเคมี (กรมส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์, 2563)

เชื้อราสาเหตุโรคแมลง (entomopathogenic fungi) เป็นกลุ่มเชื้อราที่มีความเฉพาะเจาะจงกับแมลงและอาร์โทรพอดอื่น ๆ เช่น แมงมุม ไร เห็บ เป็นสาเหตุทำให้สิ่งมีชีวิตเหล่านี้เกิดโรคตายเท่านั้น โดยไม่ก่อให้เกิดโรคในพืช สัตว์ชนิดต่าง ๆ รวมถึงมนุษย์ แต่อย่างใด (กรมส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์, 2563) เชื้อราที่ทำให้เกิดโรคกับแมลงมีหลายชนิด ที่เป็นเชื้อสาเหตุของโรคที่แท้จริง (obligate parasite) คือเจริญเติบโตเฉพาะในตัวแมลงเท่านั้น แบบ semi parasite คือสามารถเจริญเติบโตได้ทั้งในตัวแมลงและในอาหารเลี้ยงเชื้อ และ saprophyte คือ เชื้อราอาศัยบนซากพืช ซากสัตว์และอินทรีย์วัตถุที่เชื้อราใช้เป็นอาหาร (ศูนย์เรียนรู้เทคโนโลยีการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 2558) เชื้อราทำให้เกิดโรคในแมลงได้ด้วยการแทงเข้าสู่แมลงทางผนังลำตัวหรือรูหายใจ หรือบาดแผลที่ผนังลำตัว โดยสปอร์ของเชื้อราที่ตกลงบนผนังลำตัวของแมลง เมื่อมีความชื้นที่พอเหมาะ เชื้อราจะสร้าง germ tube แทงทะลุผนังลำตัวแมลงเข้าไป โดยปกติจะเข้าบริเวณที่มีผนังบาง ๆ

เช่น รอยต่อระหว่างปล้องหรือข้อต่อของรยางค์ต่าง ๆ เมื่อเชื้อราเข้าไปในช่องว่างภายในตัวแมลง จะเจริญสร้างเส้นใยจนเต็มตัวแมลง แย่งแร่ธาตุอาหาร เบียดเบียนและทำลายอวัยวะต่าง ๆ ในตัวแมลง เมื่อแมลงตายเชื้อราจะแทงทะลุผนังลำตัวแมลงออกมา โดยทั่วไปจะออกมาตรงจุดที่เชื้อราแทงเข้าไป เชื้อราจะเริ่มสร้างสปอร์บนผนังลำตัวของแมลง ซึ่งในที่สุดจะคลุมทั่วตัวแมลง ทำให้แมลงมีลักษณะคล้ายมัมมี่ คือเป็นซากแห้งแข็งและมีสปอร์ขึ้นปกคลุมทั้งตัว เมื่อถูกสัมผัสสปอร์บนผนังลำตัวแมลงจะปลิวกระจายไป เพื่อเข้าทำลายแมลงตัวอื่นต่อไป นอกจากการเข้าเบียดเบียนและทำลายเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของแมลงแล้ว เชื้อราหลายชนิดสร้างสารพิษทำลายแมลงด้วย เช่น เชื้อราในสกุล *Beauveria* จะสร้างสารพิษ beauvericin และ bassianolide สารพิษเหล่านี้มีพิษรุนแรงต่อแมลงมากน้อยแตกต่างกัน (ทิพย์วดี, 2535) ทั้งนี้ยังไม่พบรายงานการวิจัยที่ใช้เชื้อราสาเหตุโรคแมลงในการควบคุมเพลี้ยจักจั่นลายจุดสีน้ำตาล *M. hiroglyphicus* ทั้งในประเทศและต่างประเทศ

การวิจัยที่ใช้เชื้อราสาเหตุโรคแมลงในการควบคุมเพลี้ยจักจั่นลายจุดสีน้ำตาล *M. hiroglyphicus* ยังจำเป็นต้องศึกษาในรายละเอียดให้มากขึ้น เพื่อการนำไปใช้ในการควบคุมแมลงชนิดอื่นนี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แนวทางการควบคุมประชากรของเพลี้ยจักจั่นลายจุดสีน้ำตาล *M. hiroglyphicus* ด้วย

การใช้เชื้อราสาเหตุโรคของแมลงจึงเป็นวิธีการที่จะลดโอกาสการเกิดโรคใบขาวอ้อยได้ ดังนั้น การใช้วิธีการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีเพื่อควบคุมเพลี้ยจักจั่นลายจุดสีน้ำตาล *M. hiroglyphicus* จึงเป็นวิธีการที่สามารถป้องกันการเข้าทำลายและการระบาดของแมลงอ้อยได้ เพลี้ยจักจั่นลายจุดสีน้ำตาล *M. hiroglyphicus* เป็นแมลงพาหะที่สำคัญในการแพร่กระจายโรคใบขาวอ้อย วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อประเมินความรุนแรงของเชื้อราสาเหตุโรคของแมลงที่เหมาะสมในการเข้าทำลายตัวเต็มวัยเพลี้ยจักจั่นลายจุดสีน้ำตาล *M. hiroglyphicus*

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บตัวอย่างเพลี้ยจักจั่นลายจุดสีน้ำตาล *Matsumuratettix hiroglyphicus*

เก็บรวบรวมเพลี้ยจักจั่นลายจุดสีน้ำตาล *M. hiroglyphicus* จากแปลงปลูกอ้อยในเขตจังหวัดกำแพงเพชร โดยการติดตั้งกับดักแสงไฟ (Figure 1) เพื่อให้เพลี้ยจักจั่นลายจุดสีน้ำตาล *M. hiroglyphicus* มาติดกับดักแล้วใช้เครื่องดูดแมลง (aspirator) เก็บรวบรวมใส่กล่องขนาดกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.5 เซนติเมตร สูง 10 เซนติเมตร นำกลับมาที่ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ ภาคกลาง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป



Figure 1 Light trap setting for collecting gray sugarcane leaf hopper, *Matsumuratettix hiroglyphicus*.

การเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณเพลี้ยจักจั่นลายจุดสีน้ำตาล *M. hiroglyphicus*

นำตัวอย่างตัวเต็มวัยเพลี้ยจักจั่นลายจุดสีน้ำตาล *M. hiroglyphicus* จากแปลงปลูกอ้อย เพศเมีย: เพศผู้ สัดส่วน 10:10 เลี้ยงบนต้นอ้อยที่ปลูกในกระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว ครอบ

ด้วยกรงพลาสติกใส (Figure 2) และวางไว้ในที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70-90 เปอร์เซ็นต์ RH เมื่อแมลงวางไข่แยกตัวเต็มวัยออกจากกรง และเลี้ยงแมลงรุ่นลูกตัวเต็มวัยเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป



Figure 2 Rearing cage for *Matsumuratettix hiroglyphicus*.

การเพาะเลี้ยงเชื้อรา

การเพาะเลี้ยงเชื้อราทั้งสามชนิด ได้แก่ เชื้อราเขียว *Metarhizium anisopliae* ที่แยกได้จากตัวหนอนยาวเจาะลำต้นอ้อย (Figure 3-1), เชื้อราขาว *Beauveria bassiana* (Figure 3-2) และเชื้อรา *Purpureocillium lilacinus* (Figure 3-3) ที่แยกได้จากเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ทำการแยกเชื้อให้บริสุทธิ์เลี้ยงบนอาหาร potato dextrose agar (PDA) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75 ± 5 %RH หรือจนกว่าเชื้อราสร้างสปอร์จนสมบูรณ์ จากนั้นเพิ่มปริมาณโคโคนิเดียแขวนลอยเชื้อราแต่ละชนิด โดยล้างเชื้อราด้วยน้ำกลั่นหนึ่งภาเชื้อที่ผสมสาร Triton X ความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 45 ไมโครลิตร แล้วใช้

ข้อנסแตนเลสที่ผิวหน้าอาหาร PDA จากนั้นดูดสปอร์แขวนลอยใส่ในขวดแก้ว แล้วเติมน้ำกลั่นลงไปจนเจือจางประมาณ 2 มิลลิเมตร ล้างสปอร์ใส่ในขวดแก้ว จะได้โคโคนิเดียแขวนลอยแล้วปรับระดับความเข้มข้นของเชื้อรา โดยดูดน้ำกลั่นผสม Triton X 0.05 เปอร์เซ็นต์ ใส่ในหลอดทดลอง หลอดละ 900 ไมโครลิตร จำนวน 3 หลอด ดูดโคโคนิเดียแขวนลอย 100 ไมโครลิตร (ที่เตรียมไว้จากการล้างสปอร์เชื้อรา) ใส่ลงในหลอดทดลองที่เตรียมไว้ เพื่อทำการเจือจางในระดับ 10 100 และ 1,000 เท่า ตรวจวัดความเข้มข้นของโคโคนิเดียแขวนลอยด้วย hemacytometer ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ และทำการปรับความเข้มข้นของโคโคนิเดียแขวนลอยในระดับความเข้มข้นที่ต้องการ เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

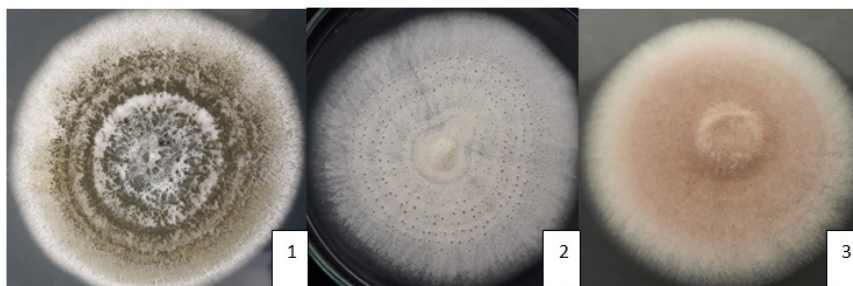


Figure 3 Colonies of tested fungi on agar plate: 1. *Metarhizium anisopliae*, 2. *Beauveria Bassiana* and 3. *Purpureocillium lilacinus* .

การทดสอบความรุนแรงของเชื้อราต่อตัวเต็มวัย เพลี้ยจักจั่นลายจุดสีน้ำตาล *M. hiroglyphicus* ใน ระดับห้องปฏิบัติการ

ทดสอบความรุนแรงของเชื้อราเขียว *M. anisopliae* ที่แยกได้จากด้วงหนวดยาวเจาะลำต้น
อ้อย เชื้อราขาว *B. bassiana* และเชื้อรา *P. lilacinus*
ที่แยกได้จากเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล โดยใช้ความ
เข้มข้นของแต่ละเชื้อที่แตกต่างกัน 5 กรัณวิธี ได้แก่
ความเข้มข้นที่ 1×10^5 , 1×10^6 , 1×10^7 , 1×10^8 และ
 1×10^9 โคนิเดียต่อมิลลิลิตร และชุดควบคุมใช้น้ำกลั่น
ผสม Triton X ความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์ ความ
เข้มข้นละ 10 ข้ำ ใช้เพลี้ยจักจั่นลายจุดสีน้ำตาล
ซัลละ 5 ตัว วางแผนการทดลองแบบ completely
randomized design (CRD) สำหรับการปลูกเชื้อที่
ตัวเพลี้ยจักจั่นลายจุดสีน้ำตาล *M. hiroglyphicus*
ใช้ปิเปตดูดสารโคนิเดียแขวนลอยแต่ละความเข้มข้น
ปริมาตร 1 ไมโครลิตร ใส่ในขวดสเปรย์ แล้วพ่นบนตัว
เต็มวัยเพลี้ยจักจั่นลายจุดสีน้ำตาล *M. hiroglyphicus*
โดยเลี้ยงแมลงที่ปลูกเชื้อราในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ บ่ม
ไว้ที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส บันทึกจำนวนเพลี้ย
จักจั่นลายจุดสีน้ำตาลที่ตายทุก ๆ วัน หรือจนเห็น
เส้นใยเชื้อราแทงออกมาภายนอกลำตัว ตรวจผลเป็น
เวลา 7 วัน คำนวณอัตราการตายของตัวเต็มวัยเพลี้ย
จักจั่นลายจุดสีน้ำตาล แล้วนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณ
หาค่า Median lethal concentration (LC₅₀) ด้วย
โปรแกรม Logit PC

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการทดสอบความรุนแรงของเชื้อราต่อ
ตัวเต็มวัยเพลี้ยจักจั่นลายจุดสีน้ำตาล *M. hiroglyph-*
icus พบว่า โคนิเดียของเชื้อราเขียว *M. anisopliae* ที่
แยกได้จากด้วงหนวดยาวอ้อย ที่ระดับความเข้มข้น
 1×10^5 , 1×10^6 , 1×10^7 , 1×10^8 และ 1×10^9 โคนิเดีย
ต่อมิลลิลิตร สามารถเข้าก่อโรคกับตัวเต็มวัยเพลี้ย
จักจั่นลายจุดสีน้ำตาลได้ และหลังจากแมลงตาย
พบโคนิเดียของเชื้อรา *M. anisopliae* สีเขียวขึ้น
ปกคลุมลำตัวแมลง (Figure 4) โดยมีอัตราการตาย
ที่ 0.00, 20.00, 52.00, 92.00 และ 95.00 เปอร์เซ็นต์
ตามลำดับ มีค่าความเข้มข้นโคนิเดียแขวนลอยของ

เชื้อราเขียว *M. anisopliae* ที่ทำให้ตัวเต็มวัยเพลี้ย
จักจั่นลายจุดสีน้ำตาลมีอัตราการตายที่ 50 เปอร์เซ็นต์
(Median lethal concentration, LC₅₀) 7.39×10^6
โคนิเดียต่อมิลลิลิตร ที่ Probit analysis แสดงค่า R²
เท่ากับ 0.9439 (Table 1 and Figure 7) ทั้งนี้จาก
การศึกษาความรุนแรงของเชื้อราเขียว *M. anisopliae*
ในระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน มีอัตราการตาย
ตั้งแต่ 0-95 เปอร์เซ็นต์ การใช้ระดับความเข้มข้น
ตั้งแต่ 1×10^8 โคนิเดียต่อมิลลิลิตร เป็นต้นไป ทำให้
เปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยจักจั่นลายจุดสีน้ำตาล
M. hiroglyphicus มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ภายหลัง
จากการฉีดพ่นเป็นเวลา 7 วัน พบเชื้อราสร้างโคนิเดีย
สีเขียวที่ผิวแมลงชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย
ของ จุฑามาส และคณะ (2560) รายงานการใช้เชื้อรา
เขียว *Metarhizium* sp. ไอโซเลท BCC30455 กับตัว
เต็มวัยเพลี้ยจักจั่นลายจุดสีน้ำตาล *M. hiroglyphicus*
พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 1×10^8 โคนิเดียต่อ
มิลลิลิตร ภายหลังฉีดพ่นเชื้อรา 12 วัน เชื้อราเขียวมี
ประสิทธิภาพในการเข้าทำลายดีที่สุด คือ ทำให้เพลี้ย
จักจั่นลายจุดสีน้ำตาล ตาย 55 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้
เห็นว่าเชื้อราเขียว *M. anisopliae* สามารถใช้ควบคุม
เพลี้ยจักจั่นลายจุดสีน้ำตาล *M. hiroglyphicus* ได้

ผลการทดสอบความรุนแรงของเชื้อราต่อตัว
เต็มวัยเพลี้ยจักจั่นลายจุดสีน้ำตาล *M. hiroglyphicus*
พบว่า โคนิเดียเชื้อรา *P. lilacinus* ที่แยกจากเพลี้ย
กระโดดสีน้ำตาล ที่ระดับความเข้มข้น 1×10^5 , 1×10^6 ,
 1×10^7 , 1×10^8 และ 1×10^9 โคนิเดียต่อมิลลิลิตร
สามารถเข้าก่อโรคกับตัวเต็มวัยเพลี้ยจักจั่นลายจุด
สีน้ำตาลได้ และหลังจากแมลงตายพบโคนิเดียของ
เชื้อรา *P. lilacinus* สีชมพูขึ้นปกคลุมลำตัวแมลง
(Figure 5) โดยมีอัตราการตายที่ 37.78, 60.00, 73.33,
93.33 และ 95.56 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ มีค่าความเข้ม
ขึ้นโคนิเดียแขวนลอยของเชื้อรา *P. lilacinus* ที่ทำให้
ตัวเต็มวัยเพลี้ยจักจั่นลายจุดสีน้ำตาลมีอัตราการตาย
ที่ 50 เปอร์เซ็นต์ (LC₅₀) 3.76×10^5 โคนิเดียต่อมิลลิลิตร
ที่ Probit analysis แสดงค่า R² เท่ากับ 0.9728
(Table 2 and Figure 8) สำหรับการศึกษาความ
รุนแรงของเชื้อรา *P. lilacinus* ในระดับความเข้มข้น

ที่แตกต่างกัน มีอัตราการตายตั้งแต่ 37.78-95.56 เปอร์เซ็นต์ การใช้ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 1×10^8 โคนิเดียต่อมิลลิเมตร เป็นต้นไป ทำให้เปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยจักจั่นลายจุดสีน้ำตาล *M. hiroglyphicus* มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังจากการฉีดพ่นเป็นเวลา 7 วัน พบเส้นใยเชื้อราที่บริเวณผิวแมลงชัดเจน สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้เชื้อรา *P. lilacinum* ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชในประเทศไทยยังไม่พบรายงาน แต่ในต่างประเทศ มีผลงานวิจัยที่สอดคล้องกันของ Kepenekci *et al.* (2015) รายงานว่า เชื้อรา *P. lilacinum* TR1 สามารถเข้าทำลายเพลี้ยอ่อน *Myzus cerasi* (Fabricus) ได้ดีที่สุดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่ความเข้มข้น 10^8 โคนิเดียต่อมิลลิเมตร ทำให้เพลี้ยอ่อนมีอัตราการตายหลังจากได้รับเชื้อ 6 และ 8 วัน เท่ากับ 73.48 เปอร์เซ็นต์ และ 83.64 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ นอกจากนี้ Toksöz *et al.* (2018) รายงานว่า เชื้อรา *P. lilacinum* TR1 ที่ความเข้มข้น 108 โคนิเดียต่อมิลลิเมตร ทำให้ด้วงแอมโบรเซีย *Xylosandrus germanus* และ *Xyleborus dispar* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) มีอัตราการตาย 94.72 และ 100 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ถึงแม้ว่าการใช้ความเข้มข้นที่สูงของเชื้อรา *P. lilacinum* ทำให้เพิ่มอัตราการตายของเพลี้ยจักจั่นลายจุดสีน้ำตาลได้มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ในทางกลับกัน Luangsa-Ard *et al.* (2011) รายงานว่า เชื้อรา *P. lilacinum* เมื่อใช้ในความเข้มข้นสูงจะมีผลต่อการติดเชื้อในมนุษย์ ดังนั้นการใช้เชื้อราชนิดนี้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชจึงควรใช้ด้วยความระมัดระวัง

ผลการทดสอบความรุนแรงของเชื้อราต่อตัวเต็มวัยเพลี้ยจักจั่นลายจุดสีน้ำตาล *M. hiroglyphicus* พบว่า โคนิเดียเชื้อรา *B. bassiana*

ที่แยกจากเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ที่ระดับความเข้มข้น 1×10^5 , 1×10^6 , 1×10^7 , 1×10^8 และ 1×10^9 โคนิเดียต่อมิลลิเมตร สามารถเข้าก่อโรคกับตัวเต็มวัยเพลี้ยจักจั่นลายจุดสีน้ำตาลได้ และหลังจากแมลงตายพบโคนิเดียของเชื้อรา *P. lilacinus* สีขาวขึ้นปกคลุมลำตัวแมลง (Figure 6) โดยมีอัตราการตาย 46.60, 60.00, 70.00, 92.60 และ 97.60 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ มีค่าความเข้มข้นโคนิเดียแขวนลอยของเชื้อรา *B. bassiana* ที่ทำให้ตัวเต็มวัยเพลี้ยจักจั่นลายจุดสีน้ำตาลมีอัตราการตายที่ 50 เปอร์เซ็นต์ (LC_{50}) 2.90×10^5 โคนิเดียต่อมิลลิเมตร ที่ Probit analysis แสดงค่า R^2 เท่ากับ 0.9556 (Table 3 and Figure 9) ทั้งนี้จากการศึกษาความรุนแรงของเชื้อราเขียว *M. anisopliae* ในระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน มีอัตราการตายตั้งแต่ 46.60-97.60 เปอร์เซ็นต์ ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 1×10^8 โคนิเดีย/มิลลิเมตร เป็นต้นไป ทำให้เปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยจักจั่นลายจุดสีน้ำตาล *M. hiroglyphicus* มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังจากการฉีดพ่นเป็นเวลา 7 วัน พบเชื้อราที่สร้างโคนิเดียสีขาวที่ผิวแมลงชัดเจน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Puterka *et al.* (1994) รายงานว่าเชื้อราขาว *B. bassiana* มีความรุนแรงมากกว่าเชื้อราเขียว *M. anisopliae* เมื่อทดสอบกับตัวอ่อนของเพลี้ยไก่อั่วแ้ว *Cacopsylla pyricola* คือทำให้ตัวอ่อนเพลี้ยไก่อั่วแ้วมีเปอร์เซ็นต์การตาย 92.5-99.6 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเข้มข้น 1×10^7 โคนิเดียต่อมิลลิเมตร ในเวลา 7 วัน และ Wang and Zheng (2012) ที่รายงานเชื้อราขาว *B. bassiana*-CYT5 ความเข้มข้น 1×10^8 โคนิเดียต่อมิลลิเมตร ทำให้เพลี้ยไฟตะวันตก *Frankliniella occidentalis* มีอัตราการตาย 93.08 เปอร์เซ็นต์ ภายในเวลา 6 วัน



Figure 4 Adult of gray sugarcane leafhopper, *Matsumuratettix hiroglyphicus* infected with fungus, *Metarhizium anisopliae*



Figure 5 Adult of gray sugarcane leafhopper, *Matsumuratettix hiroglyphicus* infected with fungus, *Purpureocillium lilacinus*

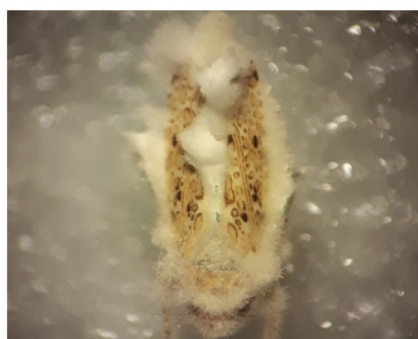


Figure 6 Adult of gray sugarcane leafhopper, *Matsumuratettix hiroglyphicus* infected with fungus, *Beauveria bassiana*

Table 1 Virulence of fungus *Metarhizium anisopliae* against adults of gray sugarcane leafhopper *Matsumuratettix hiroglyphicus* 7 days after fungal inoculation

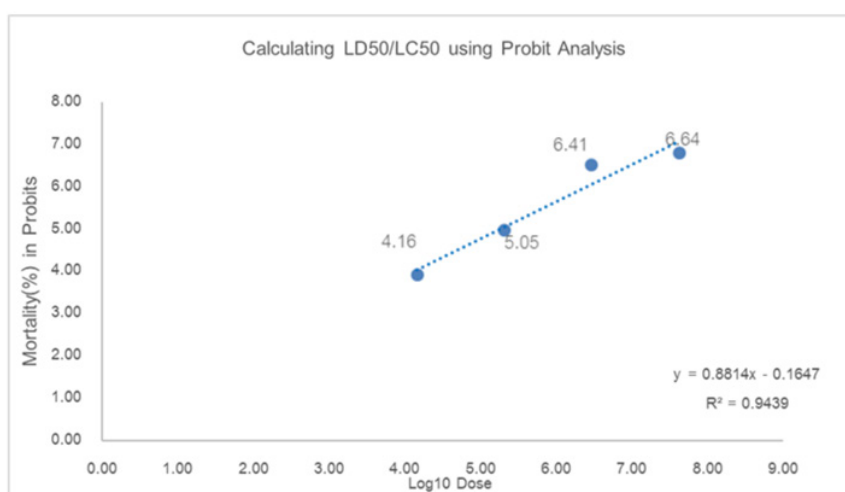
Concentration (conidia/ml)	Mortality (%)	LC ₅₀ (conidia/ml)	95% Fiducial CI	
			Lower	Upper
1x10 ⁵	0.00			
1x10 ⁶	20.00			
1x10 ⁷	52.00	7.39x10 ⁶	2.29x10 ⁶	2.38x10 ⁷
1x10 ⁸	92.00			
1x10 ⁹	95.00			
Control	0.00			

Table 2 Virulence of fungus *Purpureocillium lilacinus* against adults of gray sugarcane leafhopper *Matsumuratettix hiroglyphicus* 7 days after fungal inoculation.

Concentration (conidia/ml)	Mortality (%)	LC ₅₀ (conidia/ml)	95% Fiducial CI	
			Lower	Upper
1x10 ⁵	37.78	3.76x10 ⁵	6.25x10 ⁴	2.26x10 ⁶
1x10 ⁶	60.00			
1x10 ⁷	73.33			
1x10 ⁸	93.33			
1x10 ⁹	95.56			
Control	0.00			

Table 3 Virulence of fungus *Beauveria bassiana* against adults of gray sugarcane leafhopper *Matsumuratettix hiroglyphicus* 7 days after fungal inoculation.

Concentration (conidia/ml)	Mortality (%)	LC ₅₀ (conidia/ml)	95% Fiducial CI	
			Lower	Upper
1x10 ⁵	46.60	2.90x10 ⁵	4.77x10 ⁴	1.76x10 ⁶
1x10 ⁶	60.00			
1x10 ⁷	70.00			
1x10 ⁸	92.60			
1x10 ⁹	97.60			
Control	0.00			

**Figure 7** Median lethal concentration (LC₅₀) of entomopathogenic fungus, *Metarhizium anisopliae* calculated by Probit analysis.

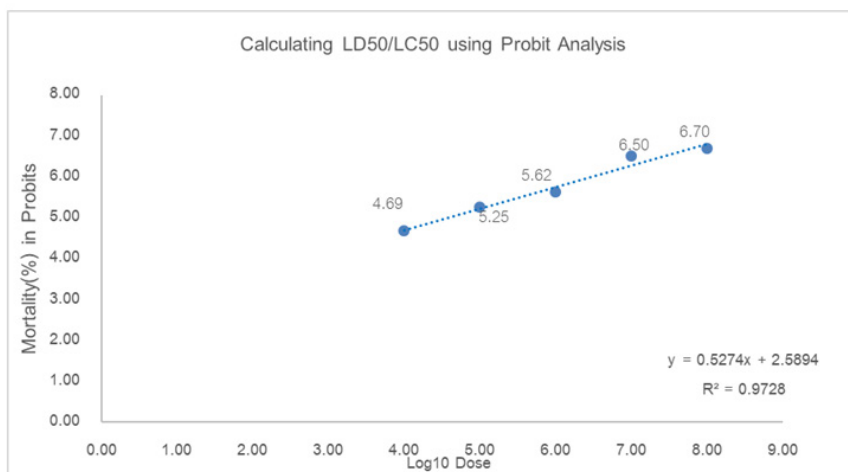


Figure 8 Median lethal concentration (LC_{50}) of entomopathogenic fungus, *Purpureocillium lilacinus* calculated by Probit analysis.

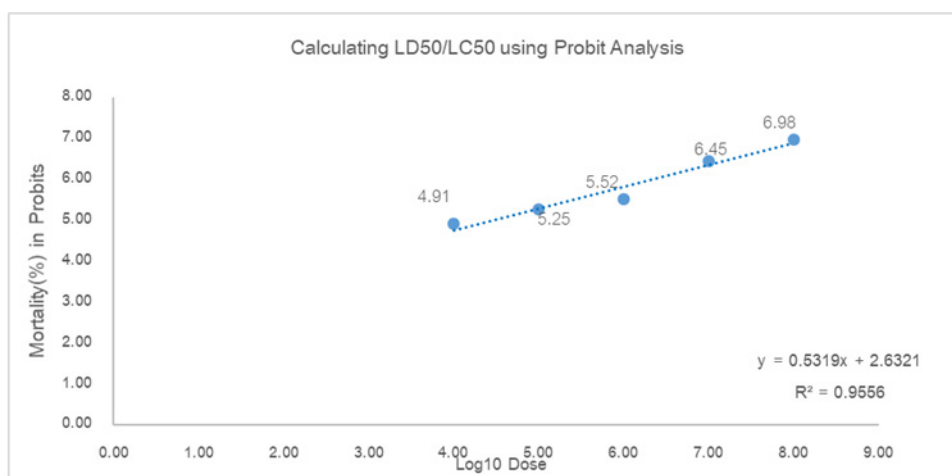


Figure 9 Median lethal concentration (LC_{50}) of entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* calculated by Probit analysis.

สรุป

เชื้อรา *B. bassiana* ให้ค่าความรุนแรงในการเข้าทำลายตัวเต็มวัยเพลี้ยจักจั่นลายจุดสีน้ำตาล *M. hiroglyphicus* สูงกว่าเชื้อราเขียว *M. anisopliae* และเชื้อรา *P. lilacinum* อย่างไรก็ดีตามเชื้อราทั้ง 3 ชนิดสามารถทำให้ตัวเต็มวัยเพลี้ยจักจั่นลายจุดสีน้ำตาล *M. hiroglyphicus* ตายมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ที่ระดับความเข้มข้น 1×10^8 และ 1×10^9 โคนิเดีย/มิลลิลิตร ซึ่งเป็นอัตราที่สามารถใช้เป็นอัตราแนะนำเพื่อการนำไปใช้ควบคุมแมลงชนิดนี้ได้เช่นกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์. 2563. การใช้เชื้อจุลินทรีย์(ชีวภัณฑ์)ในการควบคุมศัตรูพืช. กรุงเทพฯ: สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยีกรมส่งเสริมการเกษตร. 35 หน้า.

จุฑามาส ฮวดประสิทธิ์, จุริมาศ วังศิริ และยุพา หาญบุญทอง. 2560. ประสิทธิภาพของราสกุล *Metarhizium* และ *Beauveria* ในการควบคุมเพลี้ยจักจั่น *Matsumuratettix hiroglyphicus* พาหะนำโรคใบขาวอ้อย. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 25(3): 467-478.

- ทิพย์วดี อรรถธรรม. 2535. โรควิทยาของแมลง. ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 205 หน้า.
- ศูนย์เรียนรู้เทคโนโลยีการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 2558. การพัฒนาฐานข้อมูลและศึกษาบทบาทของการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีในระบบการผลิตเชื้อจุลินทรีย์สาเหตุโรคของแมลงที่พบในระบบปลูกพืชอินทรีย์จังหวัดเชียงใหม่. (ระบบออนไลน์) แหล่งข้อมูล. ฐานข้อมูลองค์ความรู้มหาวิทยาลัยแม่โจ้: <https://kb.mju.ac.th/assets/img/articleFile/256311139d4c2e6922fc47e4ad7687833d7081bc.pdf>
- Chen, C. T, C. S. Lee and S. M. Lee. 1971. Beneficial effects of white leaf infected plants on the leafhopper, *Matsumuratettix hiroglyphicus* Matsumura. In Proceedings of the International Society of Sugar Cane Technologists. Fourteenth Congress, New Orleans, Louisiana, October 22-November 5. 434-438.
- Hanboonsong, Y., C. Choosai, S. Panyim and S. Damak. 2002. Transovarial transmission of sugarcane white leaf phytoplasma in the insect vector *Matsumuratettix hiroglyphicus* (Matsumura). Insect Molecular Biology 11(1): 97–103.
- Hanboonsong, Y. and Y. Kobori. 2017. Effects of Selected Insecticides on *Matsumuratettix hiroglyphicus* (Matsumura), a vector of sugarcane white leaf disease, and on two natural enemies of the sugarcane stem borer in sugarcane fields. Sugar Tech 19(6): 573–578.
- Kepenekci, I., A. Yesilayer, T. Atay and A. Tulek. 2015. Pathogenicity of the entomopathogenic fungus, *Purpureocillium lilacinum* TR1 against the black cherry aphid, *Myzus cerasi* Fabricius (Hemiptera: Aphididae). Mun. Ent. Zool 10(1): 53-60.
- Luangsa-Ard, J., J. Houbaken, T. van Doorn, S.B. Hong, A.M. Borman, N.L. Hywel-Jones and R.A. Samson. 2011. *Purpureocillium*, a new genus for the medically important *Paecilomyces lilacinus*. FEMS Microbiol Lett 321(2): 141-9.
- Puterka, G.J., R.A. Humber and T.J. Poprawski. 1994. Virulence of fungal pathogens (Imperfect Fungi: Hyphomycetes) to pear psylla (Homoptera: Psyllidae). Environmental Entomology 23(2): 514–520.
- Roddee, J., Y. Kobori and Y. Hanboonsong. 2018. Multiplication and distribution of sugarcane white leaf phytoplasma transmitted by the leafhopper, *Matsumuratettix hiroglyphicus* (Matsumura) (Hemiptera: Cicadellidae), in Infected Sugarcane. Sugar Tech 20(4): 445–453.
- Toksöz, S., E. Oksal, I. Saruhan and I. Kepenekci. 2018. Pathogenicity of the entomopathogenic fungus, *Purpureocillium lilacinum* TR1 against ambrosia beetles, *Xylosandrus germanus* (Blandford) and *Xyleborus dispar* (Fabricius) (Coleoptera: Scolytinae). Mun. Ent. Zool 13(2): 471-481.
- Wang, J. and C. Zheng. 2012. Characterization of a newly discovered *Beauveria bassiana* isolate to *Frankliniella occidentalis* Perganda, a non-native invasive species in China. Microbiological Research 167: 116–120.

การพัฒนาตัวแบบการพยากรณ์ผลผลิตลำไยรายแปลงโดยใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล

The Development of Longan Yield Forecasting Models By Using Data Mining Techniques

วินัย บังคมเนตร^{1*}

Winai Bangkhomned^{1*}

Received: October 17, 2023

Revised: April 11, 2024

Accepted: April 23, 2024

Abstract: This research presents a predictive model for longan production using data mining techniques. The model utilizes longan production data from farmers in the Chiang Mai, Lamphun and Phayao provinces, totaling 215 plots in the year 2021. The decision tree technique and relationship rules were employed in the analysis. Factors found to significantly impact longan production from the forecasting model include the month of flowering induction and the type of flowering-inducing agent. It was observed that the use of sodium chlorate as a flowering-inducing agent led to medium to high predicted yields based on confidence levels in both first and second-order relationship rules. Regarding the first rule, applying sodium chlorate in December resulted in medium to high production levels, with 53 transactions occurring simultaneously and a confidence level of 62%. In the second rule, the use of sodium chlorate also resulted in medium to high yields, with 68 transactions happening concurrently and a confidence level of 62%.

Keywords: forecast, data Mining, product, longan, model for forecasting

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้นำเสนอตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณผลผลิตลำไยโดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูลใช้ข้อมูลการผลิตลำไยในฤดูของเกษตรกรผู้ผลิตลำไยในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดลำพูนและจังหวัดพะเยา จำนวน 215 แปลง ปี พ.ศ.2564 ด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ และกฎความสัมพันธ์ พบปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณผลผลิตลำไยจากโมเดลการพยากรณ์คือ เดือนที่ใส่สารกระตุ้นการออกดอกและประเภทของสารกระตุ้นการออกดอกซึ่งพบว่าเมื่อใช้สารโซเดียมคลอเรตจะมีค่าพยากรณ์ปริมาณผลผลิตในระดับปานกลางขึ้นไปพิจารณาจากกฎความสัมพันธ์ที่มีค่าความเชื่อมั่นในลำดับที่ 1 และ 2 สอดคล้องกับกฎความสัมพันธ์ของข้อมูลในกฎที่ 1 แปลงที่มีการใช้สารโซเดียมคลอเรต ในเดือนธันวาคม จำนวน 85 แปลง จะได้ผลผลิตในระดับปานกลาง 53 แปลง ที่ระดับความเชื่อมั่น 62 เปอร์เซ็นต์ และกฎที่ 2 พบว่าแปลงที่มีการใช้สารโซเดียมคลอเรต จำนวน 110 แปลง จะได้ผลผลิตในระดับปานกลาง 68 แปลง ที่ระดับความเชื่อมั่น 62 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: พยากรณ์, เหมืองข้อมูล, ผลผลิต, ลำไย, แบบจำลองเพื่อการพยากรณ์

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมธุรกิจดิจิทัล คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ 50290

¹ Digital Business Innovation, Faculty of Business Administration, Maejo University, 50290

*Corresponding author: winai-b@mju.ac.th

คำนำ

ลำไยเป็นไม้ผลชนิดหนึ่งที่เกษตรกรนิยมปลูกมากในภาคเหนือของประเทศไทยซึ่งประเทศไทยสามารถผลิตลำไยออกสู่ตลาดทั้งในและต่างประเทศเนื่องจากมีสายพันธุ์ที่ดี สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตส่วนใหญ่จะออกสู่ตลาดมากในช่วงฤดูกาลปกติ คือ ปลายเดือนมิถุนายนถึงต้นเดือนกันยายน ส่วนผลผลิตนอกฤดูจะออกสู่ตลาดมากในเดือนมกราคมและเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งตรงกับเทศกาลปีใหม่ ตลาดหลักในการส่งออกได้แก่ ตลาดประเทศจีน อินโดนีเซีย และฮ่องกง การผลิตลำไยของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2563 มีเนื้อที่ให้ผลผลิต 1,583,920 ไร่ ผลผลิต 1,181,652.53 ตัน พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่บริเวณภาคเหนือ มีเนื้อที่ให้ผลผลิต 1,155,359 ไร่ ผลผลิต 817,020 ตัน จังหวัดเชียงใหม่ลำพูนและพะเยามีเนื้อที่ให้ผลผลิตรวม 806,958 ไร่ เป็นร้อยละ 69.85 ของภาคเหนือ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2563) ภาพรวมปัญหาของเกษตรกรส่วนใหญ่คือการขาดองค์ความรู้ดั้งเดิมที่ถ่ายทอดจากรุ่นสู่รุ่น ขาดข้อมูลทางวิชาการและขาดแนวทางในการพยากรณ์ผลผลิตที่มีประสิทธิภาพ ทำให้การวางแผนด้านต้นทุนการผลิตเป็นไปได้ยาก อีกทั้งทั้งปริมาณผลผลิตลำไยไม่แน่นอนในแต่ละปี การไม่ทราบปริมาณผลผลิตส่งผลกระทบต่อการทำงานตลาดจึงควรมีการพยากรณ์ปริมาณผลผลิตลำไยที่จะออกสู่ตลาดในแต่ละปี เพื่อจะได้เตรียมพร้อมในด้านการตลาด ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อราคาและรายได้ของเกษตรกรผู้ปลูกลำไย เป็นต้น ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะใช้เทคโนโลยีสารสนเทศมาเป็นเครื่องมือในการประมวลผลข้อมูลจากรูปแบบการผลิตในอดีตเพื่อพยากรณ์ปริมาณผลผลิตล่วงหน้าโดยเปรียบเทียบจากรูปแบบการผลิตในปัจจุบัน โดยอาศัยเทคนิคเหมืองข้อมูลในการจำแนกประเภท เพื่อให้ผู้ใช้สามารถทราบแนวโน้มของปริมาณผลผลิตล่วงหน้า โดยการพัฒนารูปแบบการพยากรณ์ผลผลิตลำไยและศึกษาปัจจัยด้านการผลิตที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณผลผลิตลำไยในแต่ละฤดูกาลผลิต

การตรวจเอกสาร

งานวิจัยนี้ศึกษาตัวแบบการพยากรณ์ผลผลิตลำไยและศึกษาปัจจัยด้านการผลิตที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณผลผลิตลำไยในแต่ละฤดูกาลผลิตโดยอาศัยทฤษฎีการพยากรณ์ (forecasting) เพื่อประมาณการความต้องการวัตถุดิบหรือวางแผนกลยุทธ์ส่งเสริมการตลาด, การพยากรณ์ ปริมาณผลผลิต เพื่อวางแผนการตลาด เป็นต้นโดยการพยากรณ์จะทำการศึกษาแนวโน้มและรูปแบบการเกิดเหตุการณ์จากข้อมูลในอดีตหรือใช้ความรู้ ความสามารถ ประสบการณ์ และดุลยพินิจของผู้พยากรณ์ โดยอาศัยเทคนิคเหมืองข้อมูล (data mining) ค้นหาแบบและความสัมพันธ์ที่ซ่อนอยู่ในชุดข้อมูลเพื่อสร้างโมเดลการพยากรณ์ ซึ่งต้องผ่านการรวบรวมและเตรียมข้อมูล (Fayyad *et al.*, 1996) ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

- 1) การคัดเลือกข้อมูล (data Selection) เป็นการระบุถึงแหล่งข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการทำเหมืองข้อมูล รวมถึงการนำข้อมูลที่ต้องการออกมาจากฐานข้อมูลเพื่อการใช้งานในเบื้องต้น
- 2) การกรองข้อมูล (data cleaning) เป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดความมั่นใจในคุณภาพของข้อมูลที่จะนำมาใช้ วิเคราะห์ข้อมูลที่มีความถูกต้องโดยการลบข้อมูลที่ไม่ถูกต้องออกจากปัจจัยการพยากรณ์
- 3) การแปลงรูปแบบข้อมูล (data Transformation) เป็นการแปลงข้อมูลที่เลือกมาให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้วิเคราะห์ตามอัลกอริทึม และแบบจำลองที่ใช้ในการทำเหมืองข้อมูลต่อไป การจัดข้อมูลให้เป็นรูปแบบมาตรฐานเดียวกัน (normalization)

โดยทฤษฎีดังกล่าวถูกนำมาประยุกต์ใช้วิจัยในด้านการพยากรณ์ข้อมูลในหลากหลายด้าน เช่น ทางด้านเศรษฐศาสตร์ (Chen *et al.*, 2000; Sadeghi, 2015) พยากรณ์ราคามันสำปะหลังโดยใช้แบบจำลองอาร์มา (Arima) และวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย (simple exponential smoothing) ซึ่งในมิติทางด้านการเกษตรการ

พยากรณ์ข้อมูลในอนาคตจะช่วยให้เกษตรกรสามารถวางแผนเพื่อเตรียมปัจจัยการผลิตได้อย่างเหมาะสม เช่น การพยากรณ์ด้านราคาผลผลิตล่วงหน้า (Pattranurakyothin and Kumnungkit, 2012) การพยากรณ์น้ำในเขื่อน (วีรศักดิ์, 2560) การพยากรณ์ผลผลิตมันสำปะหลังด้วยเทคนิคการทำเหมืองข้อมูล (ปรีชา และคณะ, 2559) การพยากรณ์ราคาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์รายเดือนของประเทศไทย (ธรรณิทธิ์, 2561) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ต้องการพัฒนาตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณผลผลิตไร่จากข้อมูลรูปแบบการผลิตในระดับแปลงโดยเปรียบเทียบเทคนิค 3 กลุ่ม Technique Tree, Technique rules และ Technique Function

วิธีวิจัย

การศึกษาปัจจัยด้านการผลิตที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณผลผลิตลำไยในแต่ละฤดูกาลผลิตและพัฒนาตัวแบบการพยากรณ์ผลผลิตลำไยรายแปลงเริ่มจากการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับ

การผลิตประกอบด้วย ข้อมูลรูปแบบการผลิต เช่น ความถี่ในการใส่ปุ๋ย สูตรปุ๋ยที่ใช้ การใช้สารกระตุ้นการออกดอก เป็นต้น และข้อมูลปริมาณผลผลิต ใน 1 รอบการผลิตปีเดียวกันจากนั้นนำข้อมูลเข้าสู่กระบวนการเหมืองข้อมูล คือ การเลือกข้อมูล (data selection) การทำความสะอาดข้อมูล (data cleaning) และการแปลงรูปแบบข้อมูล (data Transformation) เพื่อจัดเก็บข้อมูลในอยู่ในรูปแบบฐานข้อมูล(database) เมื่อได้ข้อมูลในรูปแบบของฐานข้อมูลแล้วต่อไปเป็นขั้นตอนการในการสร้างตัวแบบพยากรณ์ โดยทำการ Training ข้อมูล ด้วยโปรแกรม Weka ตามหลักการเรียนรู้ของเครื่องอาศัย (machine learning) โดยเลือกอัลกอริทึม Technique Tree Technique Rules และ Technique Function เป็นตัวแบบในการเรียนรู้ซึ่งใช้ข้อมูลร้อยละ 80 ของข้อมูลทั้งหมด จากนั้นนำตัวแบบพยากรณ์ที่สร้างได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพ โดยประเมินจากค่าความถูกต้อง (accuracy) ความแม่นยำ (precision) เป็นต้น (Figure 1)

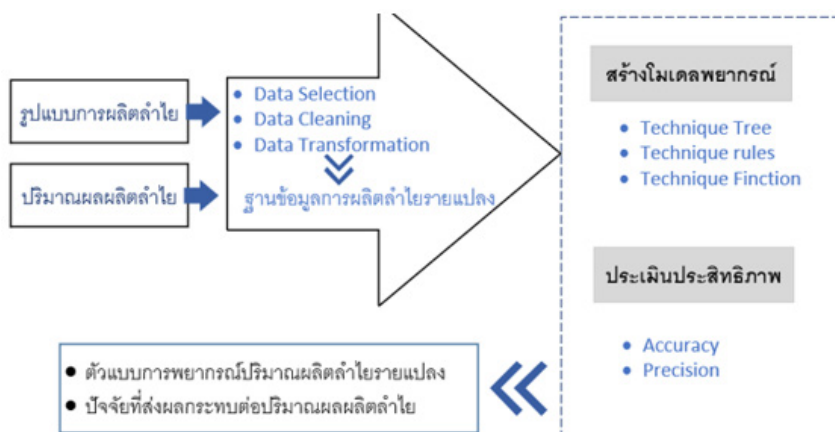


Figure 1 Research Framework.

โดยมีรายละเอียดวิธีวิจัย ทั้ง 3 ขั้นตอน ดังนี้

1) รวบรวมข้อมูลการผลิตลำไยโดยข้อมูลประชากรในการศึกษาวิจัย กำหนดเป็นเกษตรกรผู้ผลิตลำไยสายพันธุ์ชิดอ ที่มีการปลูกมาแล้วไม่น้อยกว่า 5 ปี กำหนดขอบเขตประชากรโดยอาศัยขอบเขตการปกครอง โดยเลือกตามขอบเขตจังหวัดประกอบด้วย พะเยา เชียงใหม่และลำพูน จำนวน 215 แปลง กำหนดกลุ่มตัวอย่างโดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบ

ไม่เป็นไปตามโอกาสทางสถิติ (non probability sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยแบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลการผลิตลำไยของเกษตรกร โดยแบ่งข้อมูลเป็น 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 สภาพแวดล้อมของแปลงผลิต ประกอบด้วย สภาพพื้นที่ (ที่ลุ่ม ที่ดอน) แหล่งน้ำ (คลอง น้ำฝน น้ำบาดาล อ่างเก็บน้ำ) ระบบน้ำ (ปริงเกอร์ น้ำฝน ร่องน้ำ สายยาง) ขนาดแปลง (จำนวนไร่)

อายุต้นลำไย (ปี) ความกว้างทรงพุ่ม (4x4 5x5 6x6 7x7 เมตร) ความสูงของต้นลำไย ระยะปลูก (เมตร)

ส่วนที่ 2 วิธีการผลิต ประกอบด้วย การใช้สารกระตุ้นการออกดอก (โพแทสเซียมคลอไรด์ โซเดียมคลอไรด์) วิธีใส่ (ราดทางดิน พ่นทางใบ) เดือนที่ให้สารกระตุ้นการออกดอก

ส่วนที่ 3 เป็นข้อมูลปริมาณผลผลิต แบ่งเป็นระดับปริมาณผลผลิต เป็น 3 ระดับ

ระดับต่ำ หมายถึง ปริมาณผลผลิต ต่ำกว่า 500 กิโลกรัมต่อไร่

ระดับปานกลาง หมายถึง ปริมาณผลผลิต ระหว่าง 501 – 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

ระดับมาก หมายถึง ปริมาณผลผลิต มากกว่า 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

2) ประมวลผลข้อมูลด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูลประกอบด้วย การคัดเลือกข้อมูล (data selection) พิจารณาข้อมูลจากแบบสอบถามพบว่า มีข้อมูลบางส่วนที่ไม่เป็นประโยชน์และไม่มีความสัมพันธ์ คำตอบที่ต้องการในประเด็นการพยากรณ์ปริมาณ

ผลผลิต เช่น ชื่อเกษตรกร ราคาขาย และทำความสะอาดข้อมูล (data cleaning) พิจารณาจากคุณสมบัติของข้อมูลจะส่งผลโดยตรงต่อความแม่นยำในการพัฒนาตัวแบบ การแปลงข้อมูล (data transformation) เป็นการจัดรูปแบบข้อมูลดิบให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการทำเหมืองข้อมูล เช่น สภาพพื้นที่ (area) ปรับรูปแบบข้อมูล เป็น 2 คำตอบ คือ 0 หมายถึง ที่ลุ่ม 1 หมายถึง ที่ดอน อายุต้นเฉลี่ย (age) ปรับรูปแบบข้อมูลจากตัวเลขอายุต้นลำไย เป็นช่วงอายุ โดยกำหนด เป็น 5 ช่วง 1 หมายถึง อายุ ต่ำกว่า 5 ปี 2 หมายถึง อายุมากกว่า 5 ปี แต่ไม่เกิน 10 ปี 3 หมายถึง อายุมากกว่า 10 ปี แต่ไม่เกิน 15 ปี 4 หมายถึง อายุมากกว่า 15 ปี แต่ไม่เกิน 20 ปี และปริมาณผลผลิต (product) ปรับรูปแบบเป็น 3 ช่วง คือ low (ผลผลิตต่ำกว่า 500 กิโลกรัมต่อไร่) moderate (ผลผลิต 500 - 1,000 กิโลกรัมต่อไร่) high (ผลผลิตมากกว่า 1,000 กิโลกรัมต่อไร่) ดัง (Figure 2)

area	age	distance	height	water	water system	chemical	month	method	product
1	5	6x6	5	3	4	1	Dec.	3	Low
1	2	6x6	1	1	4	2	Dec.	3	medium
1	3	6x6	1	2	1	2	Dec.	1	medium
1	3	6x6	1	2	4	3	Dec.	3	High
1	3	6x6	4	2	1	2	Dec.	3	High
1	3	5x5	1	3	4	2	Dec.	3	Low
1	4	6x6	2	3	4	2	Dec.	3	Low
1	3	8x8	1	3	4	2	Dec.	3	medium
1	4	6x6	4	2	1	2	Dec.	3	Low
1	4	6x6	4	2	4	2	Dec.	3	High
1	3	6x6	3	1	4	1	Dec.	3	medium
1	5	8x8	5	2	1	3	Dec.	3	Low
1	3	6x6	5	3	4	1	Dec.	3	medium
1	5	6x6	5	1	2	2	Dec.	3	medium
1	1	6x6	4	3	4	2	Dec.	3	High
1	1	6x6	5	3	4	2	Dec.	3	medium
1	3	6x6	5	3	4	2	Dec.	3	Low
1	4	6x6	5	3	4	2	Dec.	3	Low
1	4	4x4	5	2	1	2	Dec.	1	medium
1	2	6x6	3	3	4	1	Dec.	2	medium

Figure 2 Example data set.

3) วิเคราะห์ผลด้วยวิธีการจำแนกประเภทข้อมูล (classification) ด้วยโปรแกรม WEKA ด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (decision tree) และการหากฎความสัมพันธ์ (association rules)

ผลการศึกษา

1) สภาพการผลิตลำไยของกลุ่มตัวอย่าง

รวบรวมข้อมูลการผลิตลำไยจากเกษตรกร

จำนวน 215 แปลง สามารถวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นได้ใน 3 ประเด็น คือ ลักษณะทางกายภาพ พบว่า สภาพพื้นที่เป็นที่ลุ่ม ร้อยละ 54.42 และที่ดอน ร้อยละ 45.58 อายุต้นลำไยจะมีอายุระหว่าง 15 – 20 ปี ร้อยละ 28.84 อายุระหว่าง 5 – 10 ปี ร้อยละ 25.12 อายุระหว่าง 10 – 15 ปี ร้อยละ 24.19 อายุต่ำกว่า 5 ปี ร้อยละ 6.51 และอายุมากกว่า 20 ปี ร้อยละ 15.35 ตามลำดับ

ลักษณะระยะปลูกจะใช้ระยะห่างขนาด 8x8 เมตร ร้อยละ 39.07 ขนาด 6x6 ร้อยละ 35.35 และขนาด 4x4 ร้อยละ 12.09 ตามลำดับ ความสูงของต้นลำไย สูงระหว่าง 5.01 – 6.00 เมตร ร้อยละ 29.79 ความสูง ระหว่าง 6.01 – 7.00 เมตร ร้อยละ 22.79 และความ สูงน้อยกว่า 3 เมตร ร้อยละ 19.07 ตามลำดับ แหล่ง

น้ำใช้น้ำจากคลอง ร้อยละ 39.53 น้ำบาดาล ร้อยละ 26.51 อ่างเก็บน้ำ ร้อยละ 18.60 และ น้ำฝน ร้อยละ 13.35 ส่วนระบบน้ำใช้สายยางรดน้ำ ร้อยละ 40.93 ระบบสปริงเกอร์ ร้อยละ 41.86 ปล่อยตามธรรมชาติ ร้อยละ 13.02 และระบบปล่อยน้ำท่วมแปลง ร้อยละ 4.19 ดังแสดงใน (Table 1)

Table 1 The physical characteristics of longan cultivation plot.

Item	Number of plots	Percentage
Characteristics of the area		
1: Upland	117	54.42
2: Lowland	98	45.58
Total	215	100.00
Summary of data from early age		
1: Less Than 5 Year	14	6.51
2: 5 – 10 Year	54	25.12
3: 10 – 15 Year	52	24.19
4: 15 – 20 Year	62	28.84
5: More Than 20 Year	33	15.35
Total	215	100.00
Summary of data from distance		
10x10	13	6.05
4x4	26	12.09
5x5	9	4.19
6x6	76	35.35
7x7	7	3.26
8x8	84	39.07
Total	215	100.00
Summary of data from tree height		
1: Less Than 3 Meter	41	19.07
2 = 3.01 – 4.00 Meter	56	13.02
3 = 4.01 – 5.00 Meter	51	7.91
4 = 5.01 – 6.00 Meter	252	29.30
5 = 6.01 – 7.00 Meter	245	22.79
6 = More Than 7.01 Meter	102	7.91
Total	215	100.00

Table 1 (continued)

Item	Number of plots	Percentage
Summary of data from Water Source		
1: Canal	85	39.53%
2: Rain	33	15.35%
3: Ground water	57	26.51%
4: Reservoir	40	18.60%
Total	215	100.00
Summary of data from Water System		
1: Nature	28	13.02
2: Releasing flood waters	9	4.19
3: Sprinkler	90	41.86
4: Watering hose	88	40.93
Total	215	100.00

เทคนิคการใช้สารกระตุ้นการออกดอกพบว่าใช้สารโซเดียมคลอเรต (NaClO_3) ร้อยละ 51.16 ใช้สารโพแทสเซียมคลอเรต (KClO_3) ร้อยละ 44.19 และใช้ทั้งโซเดียมคลอเรต (NaClO_3) ผสมกับโพแทสเซียมคลอเรต (KClO_3) ร้อยละ 4.65 ตามลำดับ ช่วงเดือนที่ทำให้สารกระตุ้นการออกดอก พบว่าส่วนใหญ่ให้สารกระตุ้นในเดือนธันวาคม ร้อยละ

76.74 เดือน พฤศจิกายน ร้อยละ 12.56 และเดือนกันยายน ร้อยละ 5.12 ตามลำดับ ส่วนวิธีการให้สารกระตุ้นการออกดอก พบว่า ใช้การฉีดพ่นทางใบพร้อมกับรดทางดิน ร้อยละ 59.07 ฉีดพ่นทางใบอย่างเดียว ร้อยละ 39.07 และรดทางดินอย่างเดียว ร้อยละ 8.84 ตามลำดับ ดังข้อมูล (Table 2)

Table 2 Summary of flower-inducing agent application techniques.

Item	Number of plots	Percentage
Flowering stimulants		
1: Sodium chlorate	110	51.16
2: potassium chlorate	95	44.19
3: Both together	10	4.65
Total	215	100.00
Month of application of flowering stimulants		
September	11	5.12
October	2	0.93
December	165	76.74
November	27	12.56
January	10	4.65
Total	215	100.00

Table 2 (continued)

Item	Number of plots	Percentage
Methods of giving flowering stimulants		
1: Leaf	69	32.09
2: Soil	19	8.84
3: Leaf and Soil	127	59.07
Total	215	100.00

ปริมาณผลผลิต พบว่าเกือบครึ่งได้ผลผลิตในระดับ ปานกลาง (ผลผลิต มากกว่า 1,000 กิโลกรัมต่อไร่) ร้อยละ 47.91 รองลงมาได้ผลผลิตในระดับมาก (ผลผลิต มากกว่า 1,000 กิโลกรัมต่อไร่) ร้อยละ 32.56 และ ได้ผลผลิตในระดับต่ำ (ผลผลิต ต่ำกว่า 500 กิโลกรัมต่อไร่) ร้อยละ 19.53 ตามลำดับ ดังข้อมูล (Table 3)

Table 3 Summary of data from Productivity.

Item	Number of plots	Percentage
low	42	19.53
moderate	103	47.91
high	70	32.56
Total	215	100.00

2) ผลการสร้างแบบจำลองด้วยเทคนิค Technique Tree

จากการประมวลผลการสร้างแบบจำลองด้วยอัลกอริทึม J48 Hoeffding Tree และ Random พบว่าแบบจำลองที่สร้างด้วยอัลกอริทึม J48 ได้ค่าความถูกต้อง (correctly) และค่าความแม่นยำเฉลี่ยสูงสุด ร้อยละ 94.77 และ 94.80 รองลงมาเป็นอัลกอริทึม RandomTree ได้ค่าความถูกต้อง (correctly) และค่าความแม่นยำเฉลี่ย ร้อยละ 70.58

และ 29.41 สุดท้ายเป็นอัลกอริทึม HoeffdingTree ได้ค่าความถูกต้อง (correctly) และค่าความแม่นยำเฉลี่ย ร้อยละ 64.53 และ 35.36 ผู้วิจัยเลือกใช้ อัลกอริทึม weka.classifiers.trees.J48 เนื่องจากได้ค่าความถูกต้องและความแม่นยำเฉลี่ยสูงสุด และพบปัจจัยที่ส่งผลต่อการพยากรณ์ปริมาณผลผลิต คือ ชนิดของสารกระตุ้นการออกดอก เดือนที่ใส่สารกระตุ้น และความสูงของต้นลำไย ดังข้อมูล (Table 4)

Table 4 Comparing the efficiency of data classification

Algorithm	Correctly Classified Instances (%)	Incorrectly Classified Instances (%)	precision
weka.classifiers.trees.J48	94.77	5.23	94.80
weka.classifiers.trees.HoeffdingTree	64.53	35.46	64.50
weka.classifiers.trees.RandomTree	70.58	29.41	71.4

3) ผลการสร้างโมเดลด้วยเทคนิค Technique rules การหาความสัมพันธ์ (Association Rules) ด้วยวิธีใช้วิธี apriori ชุดข้อมูลประกอบด้วย

ปัจจัยดังนี้ สภาพพื้นที่ แหล่งน้ำ ระบบน้ำ ขนาดของแปลงผลิด อายุต้นลำไย ความกว้างทรงพุ่ม ความสูงของต้นลำไย ระยะปลูกของต้นลำไย การใช้สารกระตุ้น

การออกดอก วิธีการใช้ เดือนที่ให้สารกระตุ้นการออกดอก และปริมาณผลผลิตต่อไร่ ข้อมูลจำนวน 215 แปลง ด้วยการระบุคำตอบ กำหนดค่า minimum

support ≥ 1 และ ค่า confidence ≥ 0.60 (Li et al., 2017) หาความสัมพันธ์ทั่วไปสามารถแจกแจงกฎได้ดังข้อมูล (Table 5)

Table 5 The Association Rule of the Apriori Algorithm weka.associations.Apriori.

Rules	confidence	support
1 chemical=1 month=Dec. 85 ==> product=medium 53	0.62	53/215 = 0.24
2 chemical=1 110 ==> product=medium 68	0.62	68/215 = 0.31
3 water source=1 85 ==> product=medium 46	0.54	46/215 = 0.21
4 distance=8x8 84 ==> product=medium 45	0.54	45/215 = 0.20
5 month=Dec. 165 ==> product=medium 86	0.52	86/215 = 0.40

สามารถอธิบายกฎความสัมพันธ์ได้ดังนี้

กฎที่ 1 แปลงที่มีการใช้สารโซเดียมคลอเรต ในเดือนธันวาคม จำนวน 85 แปลง จะได้ผลผลิตในระดับปานกลาง 53 แปลง ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 62

กฎที่ 2 แปลงที่มีการใช้สารโซเดียมคลอเรต จำนวน 110 แปลง จะได้ผลผลิตในระดับปานกลาง 68 แปลง ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 62

กฎที่ 3 , 4 และ 5 เป็นกฎที่มีระดับความเชื่อมั่นต่ำกว่า ร้อยละ 60 จึงไม่มีความน่าเชื่อถือ

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยที่นำเสนอประสิทธิภาพของเทคนิคการจำแนกข้อมูลพบว่า Technique Tree อัลกอริทึม weka.classifiers.trees.J48 พบปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณผลผลิตลำไยจากโมเดลการพยากรณ์ คือ เดือนที่ใส่สารกระตุ้นการออกดอก และประเภทของสารกระตุ้นการออกดอกซึ่งเมื่อใช้สารโซเดียมคลอเรตจะมีค่าพยากรณ์ปริมาณผลผลิตในระดับปานกลางขึ้นไปพิจารณาจากกฎความสัมพันธ์ที่มีค่าความเชื่อมั่นในลำดับที่ 1 และ 2 สอดคล้องกับกฎความสัมพันธ์ของข้อมูลในกฎที่ 1 พบว่าหากใส่สารโซเดียมคลอเรตในเดือนธันวาคมปริมาณผลผลิตจะอยู่ในระดับปานกลางขึ้นไปจำนวน 53 แปลงและมีความเชื่อมั่นที่ ร้อยละ 62 และกฎที่ 2 หากมีการใช้สารโซเดียมคลอเรตโดยไม่พิจารณาเดือนที่ใส่พบว่าได้ผลผลิตในระดับปานกลางเช่นกันจำนวน 68 แปลง

และมีความเชื่อมั่นที่ ร้อยละ 62 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาผลของสารกลุ่มคลอเรตต่อการชักนำการเปิดปิดของปากใบและคุณภาพของผลลำไยซึ่งพบว่าค่าการชักนำการเปิดปากใบของต้นลำไยที่ได้รับโพแทสเซียมคลอเรต (KClO_3) สูงกว่าต้นที่ไม่ได้รับโพแทสเซียมคลอเรต (KClO_3) (วินัย, 2564) และการศึกษาผลของสารคลอเรตต่อการออกดอก ติดผล ของลำไยพันธุ์อีดอพบว่าต้นลำไยที่ให้สารโพแทสเซียมคลอเรตหรือโซเดียมคลอเรตในช่วงเดือนธันวาคม ใช้ระยะเวลาเฉลี่ยในการแทงช่อดอกนานที่สุดคือ 45 วันมากกว่าเดือนอื่น ๆ และอัตราการออกดอกมากที่สุด (บุญชาติ, 2551) สอดคล้องกับการศึกษาของ (Manochai et al., 2005) พบว่าการให้สารโพแทสเซียมคลอเรตในเดือนสิงหาคมซึ่งตรงกับฤดูฝนต้นลำไยออกดอกน้อยที่สุด

สรุป

จากผลการวิจัยสรุปได้ว่าตัวแบบการพยากรณ์ผลผลิตลำไยรายแปลงในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ ลำพูนและพะเยา แบบจำลองที่สร้างด้วยอัลกอริทึม J48 Hoeffding Tree ได้ค่าความถูกต้อง (correctly) และค่าความแม่นยำเฉลี่ยสูงที่สุด ร้อยละ 94.77 และ 94.80 และหากกฎความสัมพันธ์ (Association Rules) ด้วยวิธีใช้วิธี apriori พบว่าปัจจัยด้านการผลิตที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณผลผลิตลำไยคือ ประเภทของสารกระตุ้น การออกดอกและเดือนที่ทำการใส่สารกระตุ้นการออกดอก

ข้อเสนอแนะ

จากตัวแบบดังกล่าวสามารถนำตัวแบบไปพัฒนาระบบพยากรณ์ปริมาณผลผลิตล่วงหน้าระดับแปลงโดยเกษตรกรกรให้ข้อมูลตามตัวแปรที่กำหนด เช่น ลักษณะพื้นที่ ความสูงของต้นลำไย สารกระตุ้นการออกดอกที่ใช้ เดือนที่ใส่สารกระตุ้นการออกดอก เป็นต้น ระบบจะพยากรณ์ปริมาณระดับผลผลิต อย่างไรก็ตามตัวแบบที่ใช้ในการพยากรณ์อ้างอิงข้อมูลจากจังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน และพะเยา ดังนั้นแปลงผลิติดอกนอกเหนือจากจังหวัดดังกล่าวอาจส่งผลกระทบต่อความแม่นยำเนื่องจากมีปัจจัยแวดล้อมที่แตกต่างกันและข้อมูลการผลิตลำไยของกลุ่มตัวอย่างใช้เป็นเซตข้อมูลสำหรับพัฒนาโมเดลอาจต้องพิจารณาปัจจัยอื่นๆ ที่ควบคุมไม่ได้ที่คาดว่า มีผลกระทบต่อบริมาณผลิต เช่น ปริมาณน้ำฝน หรือพิจารณาจากปัจจัยสนับสนุน เช่น สูตรปุ๋ย ระดับความสมบูรณ์ของต้นลำไย เป็นต้น และข้อมูลกลุ่มตัวอย่างของแต่ละจังหวัดมีความแตกต่างกันมากโดยเฉพาะปริมาณผลผลิตต่อไร่เฉลี่ยของแต่ละจังหวัดมีความแตกต่างกัน หากนำข้อมูลมารวมกันอาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการพยากรณ์หรือสร้างโมเดลพยากรณ์เป็นรายจังหวัด

เอกสารอ้างอิง

- บุญชาติ คติวัฒน์. 2551. ผลของสารโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อการออกดอกติดผลของลำไยพันธุ์อีดอในรอบปี. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 90 หน้า.
- วีรศักดิ์ ฟองเงิน. 2560. การพยากรณ์ปริมาณน้ำในเขื่อนโดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูล. วารสารวิชาการการจัดการเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม 4(1): 27–33.
- ปรีชา ลิ้มตระกูล วิภา เจริญภัณฑารักษ์ และวิทยา พรพิชรพงศ์. 2559. การพัฒนาตัวแบบการพยากรณ์ผลผลิตมันสำปะหลังด้วยเทคนิคการทำเหมืองข้อมูล. วารสารวิชาการเวริเดียน อี เจอร์นัล สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยศิลปากร 3(3): 15–36.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2563. ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: www.oae.go.th (30 มีนาคม 2567).
- วินัย วิริยะอลงกรณ์. 2564. ผลของสารโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในเขตรากพืชการชักนำการเปิดปิดของปากใบและคุณภาพของผลลำไย. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 38(1): 12–27.
- ธรณินทร์ สัจจวิทย์ทรัพย์. 2561. ตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการพยากรณ์ราคาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์รายเดือนของประเทศไทย. Srinakharinwirot Science Journal 34(1): 91–108.
- Chen, F., Drezner, Z., Ryan, J. K., and Simchi-Levi, D. 2000. Quantifying the Bullwhip Effect in a Simple Supply Chain: The Impact of Forecasting, Lead Times and Information. Management Science 46(3): 436–443.
- Fayyad, U., Piatetsky-Shapiro, G., and Smyth, P. 1996. From Data Mining to Knowledge Discovery in Databases. AI Magazine 17(3): 37–37.
- Li, L., Shrestha, S., and Hu, G. 2017. Analysis of road traffic fatal accidents using data mining techniques. 2017 IEEE 15th International Conference on Software Engineering Research, Management and Applications (SERA): 363–370.
- Manochai, P., P. Sruamsiri., W. Wiriya-alongkorn., D. Naphrom., M. Hegele and F. Bangerth. 2005. Year around off season flower induction in longan (*Dimocarpus longan*, Lour.) trees. by $KClO_3$ applications: potentials and problems. Scientia Horticulturae 104: 379-390.

Pattranurakyothin, T., & Kumnungkit, K. 2012. Forecasting Model for Para Rubber's Export Sales. *Current Applied Science and Technology* 12(2): 198–202.

Sadeghi, A. 2015. Providing a measure for bullwhip effect in a two-product supply chain with exponential smoothing forecasts. *International Journal of Production Economics* 169: 44–54.

การค้นหาลักษณะทางสัณฐานวิทยา-กายวิภาคที่เกี่ยวข้องกับการหักล้มของลำต้นและการสูญเสียผลผลิตภายใต้การเก็บเกี่ยวล่าช้าในข้าวลูกผสม (*Oryza sativa* L.)

Determination of Morpho-Anatomical Characteristics Related to Stem Lodging and Yield Loss Under Delayed Harvesting in Hybrid Rice (*Oryza sativa* L.)

Myo Myo Aye^{1,6} สามารถ วันชนะ² กัญญณัฐ ศิริธัญญา³ ธีรยุทธ ตูจันดา²
วันชนะ เอ้สมนึก⁴ ศรีสวัสดิ์ ชันทอง² เรธิณี นกน้อย⁵ ชเนษฎ์ ม้าลำพอง¹ และ
มีชัย เชียงหลิว^{2*}

Myo Myo Aye^{1,6}, Samart Wanchana², Kanyanat Sirithunya³, Theerayut Toojinda²,
Wanchana Aesomnuk⁴, Srisawat Khanthong², Rethinee Noknoi⁵, Chanate Malumpong¹
and Meechai Siangliw^{2*}

Received: April 11, 2024

Revised: April 20, 2024

Accepted: April 21, 2024

Abstract: Delayed harvest drastically affects grain yield owing to plant lodging, which is difficult to perform on time with the mechanical harvester. In addition, hybrid rice is prone to lodging due to the hybrid plants' height. Therefore, this study focused on the relationship among morpho-anatomical traits, grain yield, and lodging through eighty-seven lines of F_1 hybrids, both late harvested and on-time harvested. The range of lodging score (3.5–7.0) of F_1 in late harvesting was higher than that of lodging score (1.0–4.0) in on-time harvesting. In addition, the average grain yield in late harvest decreased dramatically when compared with on-time harvest (68 g/plant in on-time and 6 g/plant in late harvest). In terms of environmental factors, it was found that the frequency of rainfall and wind speed during the harvesting period were the main causes of rice plant lodging. The path coefficient analysis revealed that grain yield had a negative direct effect on lodging and plant height had a positive direct effect on lodging in both conditions. Moreover, basal stem diameter was the most negative directly affected by lodging, followed by the top tissue area, basal parenchyma tissue and basal vascular bundle area. In addition, top stem diameter was the positive directly affected by lodging. It can be concluded that reducing plant height and increasing the culm diameter and culm wall thickness of the hybrid rice

¹ ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

¹ Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140

² ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ (ไบโอเทค) อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย จ.ปทุมธานี 12120

² National Center for Genetic Engineering and Biotechnology (BIOTEC), 113 Thailand Science Park, Pathum Thani, 12120

³ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จ.เชียงใหม่ 50300

³ Rajamankala University of Technology Lanna (LMP), Chiangmai, 50300

⁴ ศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

⁴ Rice Science Center, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140

⁵ กรมวิชาการเกษตร 50 ถนนพหลโยธิน ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900 ประเทศไทย

⁵ Department of Agriculture, Lat Yao, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

⁶ Department of Agricultural Research, Yezin, Nay Pyi Taw, Myanmar

*Corresponding author: meechai@biotec.or.th

tend to improve the breeding program for reduced grain loss in hybrid rice, especially in an unsuitable environment. In addition, on-time harvesting must be a concern for rice production.

Keywords: rice, lodging, hybrid, morphology, anatomy, agronomic, yield, delayed harvest

บทคัดย่อ: ปัญหาการหักล้มของต้นข้าวในระยะเก็บเกี่ยวส่งผลกระทบต่อผลผลิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการเก็บเกี่ยวข้าวล่าช้าเนื่องจากต้นข้าวแสดงอาการหักล้มง่ายและถือเป็นหนึ่งในสาเหตุหลักที่พบเจอเสมอ แม้มีการนำรถเกี่ยวข้าวเข้ามาช่วยในกระบวนการเก็บเกี่ยว เนื่องจากเป็นเรื่องยากต่อการบริหารจัดการการเก็บเกี่ยวในระยะอายุของข้าวที่เหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีข้าวลูกผสมซึ่งมีแนวโน้มที่จะหักล้มง่ายเนื่องจากความสูงของต้นข้าวลูกผสม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางสัณฐานวิทยา-กายวิภาค และผลผลิตข้าวกับการหักล้มของข้าวในสายพันธุ์ข้าวลูกผสม F₁ จำนวน 87 สายพันธุ์ที่ปลูกภายใต้สภาวะการเก็บเกี่ยวแบบล่าช้าและการเก็บเกี่ยวตรงเวลา พบค่าคะแนนการหักล้มของลูกผสม F₁ ภายใต้สภาวะเก็บเกี่ยวล่าช้า (3.5-7.0) มีค่าสูงกว่าค่าคะแนนการหักล้มภายใต้สภาวะเก็บเกี่ยวตรงเวลา (1.0-4.0) และพบผลผลิตเฉลี่ยจากการเก็บเกี่ยวล่าช้าลดลงอย่างมากเมื่อเทียบกับการเก็บเกี่ยวตรงเวลา (68 กรัมต่อต้น ในการเก็บเกี่ยวตรงเวลา และ 6 กรัมต่อต้น ในการเก็บเกี่ยวล่าช้า) ในด้านปัจจัยสภาพแวดล้อมพบว่า ความถี่ของฝนและความเร็วลมในช่วงการเก็บเกี่ยวเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ต้นข้าวมีการหักล้ม จากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางพบว่าผลผลิตข้าวได้รับความเสียหายโดยตรงจากการหักล้ม และพบความสูงของต้นมีผลโดยตรงต่อการหักล้มของข้าวภายใต้ทั้งสองสภาวะ นอกจากนี้ยังพบว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของฐานลำต้นมีผลโดยตรงต่อการหักล้มมากที่สุด รองลงมาคือพื้นที่เนื้อเยื่อด้านบน เนื้อเยื่อพาเรนไคมาที่ลำต้นส่วนล่าง และพื้นที่วาสคิวลาบัลเดนที่ลำต้นส่วนล่าง โดยพบเพิ่มเติมเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นส่วนบนยังส่งผลกระทบเชิงบวกโดยตรงจากการหักล้ม สรุปได้ว่าการลดความสูงของต้น การเพิ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นและความหนาของผนังลำต้นในข้าวลูกผสมมีแนวโน้มที่จะสามารถลดการสูญเสียผลผลิตในข้าวลูกผสมโดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม และสามารถนำมาปรับใช้ในโปรแกรมการปรับปรุงพันธุ์ข้าวได้ อย่างไรก็ตามการเก็บเกี่ยวข้าวในเวลาที่เหมาะสมยังเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงเพื่อลดการสูญเสียผลผลิต

คำสำคัญ: ข้าว, การหักล้ม, ลูกผสม, ลักษณะทางสัณฐานวิทยา, ลักษณะทางกายวิภาค, ลักษณะทางการเกษตร, ผลผลิต, เก็บเกี่ยวล่าช้า

Introduction

Rice is currently the staple meal for nearly half of the world's population (Costa de Oliveira *et al.*, 2020), and demand for rice is expected to increase until at least 2035 (Pan *et al.*, 2019). Thus, to ensure the safety of rice production, paddy rice losses should be avoided in each process of rice production with limited land resources (Wang *et al.*, 2021).

Harvesting is one of the activities in the production process of the value chain of rice

production. Rice harvesting must be carried out at an appropriate time. However, as impacted by weather, manpower, or agricultural machinery dispatching, rice is difficult to harvest on the optimal harvest date (Dumitru *et al.*, 2020). Delayed harvest causes a significant reduction in the recoverable quantity and quality of rice (Chandegara *et al.*, 1999). Once the harvesting is delayed, it will inevitably lead to a decline in rice production and constrain resource utilization and environmental sustainability

(Hossain *et al.*, 2009). Baktiar *et al.* (2013) and Kandil *et al.* (2010) reported that rice harvesting at 30 to 35 days after flowering was found to be suitable for higher grain quality in respect of head rice, elongation (%), and amylose content.

Mechanized harvesting is needed due to rice production's enormous planting area. The current harvest of rice products in Thailand differs from the past when manual labor was primarily used. Combine harvesters have become increasingly popular due to their efficiency; they work rapidly and can shorten the harvesting process, resulting in an increase in demand among farmers. However, weather conditions, workforce availability, and harvester scheduling remain hurdles to timely rice harvesting (Teasdale *et al.*, 2004). Therefore, delays in harvesting caused plants to lodge, grains to fall from the panicle, and diseases to infect the grains, resulting in lower productivity and quality.

Thailand is among the world's major rice producers and exporters. About half of the total annual rice produced in Thailand comes from the Chao Phraya river basin, both in wet and dry seasons (Stuart *et al.*, 2018). The dry season, is the planting season with the most lodging problems, resulting in a significant loss of rice yield. Since the dry season, rice harvest occurs during the start of the rainy season, between May and June. During that time, the southwest monsoon winds become stronger. This results in strong winds and heavy rains, causing tall rice plants with weak root systems to lodge. Rice lodging during physiological maturity causes the panicle of rice to make contact with the ground, resulting in high seed moisture content, humidity, and the seeds germinating or plants collapsing, causing difficulties for harvest operations such as increased demand for grain drying, decreased

harvesting efficiency, or increased production costs (Jatuporn, 1997; Islam *et al.*, 2007).

In the natural environments, lodging occurs when the upper part of the plant, especially when the panicle increases in weight and during heavy rains coupled with strong winds, becomes more susceptible to lodging (Shrestha *et al.*, 2020; Zhao *et al.*, 2019). Lodging is classified into two types: stem lodging and root lodging. Stem lodging is associated with the buckling of a stem on the ground caused by wind force, whereas root lodging is termed when root fails to maintain strong soil contact or has poor anchorage in a soil (Berry *et al.*, 2003). Generally, lodging is intimately related to plant morphological traits and stem physical strength (Shah *et al.*, 2019). The plant height and the height of the center of gravity were the major morphological variables influencing lodging resistance (Islam *et al.*, 2007). However, the relationship between plant height and lodging risk is not yet fully understood (Wu *et al.*, 2022).

Hybrid rice had a yield advantage of about 15% over the best pure line cultivars in farmers' fields (Yuan *et al.*, 1994). Recently, hybrid rice varieties have been commercialized in India, Vietnam, the Philippines, and Bangladesh (Virmani, 2003) but not in Thailand. However, Virmani (2003) reported that lodging occurred frequently in farmers' fields where hybrid rice was grown because the hybrid plants were too high. Therefore, this study focused on the correlation between morpho-anatomical traits, grain yield, and lodging through hybrid rice lines during late harvesting compared with on-time harvesting. We aimed to quantify the key morphological and anatomical traits associated with lodging resistance, particularly stem lodging, when harvesting is delayed.

The genotypic variation in lodging resistance and other traits among hybrid lines was also determined. Understanding these characteristics can help inform future breeding programs to develop more resilient and high-yielding rice varieties. Additionally, the results of this research may provide valuable insights for breeders looking to optimize the harvest timing and minimize losses due to lodging, which will benefit farmers even further.

Materials and methods

Plant materials and experimental field management

The eighty-seven lines of F₁ hybrid rice from National Center for Genetic Engineering and Biotechnology (BIOTEC), Thailand were used in this study (Table supplement 1). The experiment was conducted in the research field at Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, Thailand (14°02'69.6"N, 99°97'46.9"E, 10 m above sea level) in two seasons: wet season (WS) and dry season (DS). In WS, hybrid plants were grown from May until September 2020 (WS2020), and the harvest time was conducted 30 days after flowering reached 100%. This is classified as on-time harvested during the rice-growing season. On the other hand, DS was started from February to July 2021 (DS2021), and the harvest time was conducted on 60 days after days to 100% flowering. This is classified as late-harvested during the dry season.

Field experiments were arranged in a randomized block design with three replications, both in wet and dry seasons. Each hybrid line was planted in 2 rows (4 m/row) with a spacing of 25x50 cm, and the transplanting method under flooded conditions was applied. In

addition, the experimental plots for two seasons were conducted in the same field. The rice plants were seeded in a field nursery. After 15 days, each seedling plant was transplanted into the experimental plot. The fertilizer was applied 15 days after planting at a rate of 75 kg/ha of N, 37.5 kg/ha of P₂O₅, and 37.5 kg/ha of K₂O. The second split of fertilizer was applied at the booting stage (65 days after planting) at a rate of 37.5 kg/ha of N. The water management was conducted in flooded conditions by maintaining a water depth of 10 cm above the soil surface, and the water levels were not allowed to be more than 5 cm above the soil from 15 days after transplanting to 14 days before harvest. Other management practices were performed in accordance with conventional high-yield cultivation approaches following Thai rice department. The weather data, including air temperature, relative humidity, amount of rainfall, and wind speed, were measured every 3 hours per day with a microclimate weather station (WatchDog 2000 Series Micro Stations, Spectrum Technologies, Inc., USA).

Phylogenetic analysis based on whole genome sequencing (WGS)

A phylogenetic analysis was conducted to establish the genetic information of the parent lines required to produce F₁ progenies. The gDNA from the leaves was isolated according to the DNeasy Plant Mini Kit (Qiagen) protocol. The DNA quantity was tested with a NanoDrop 8000, and the concentration exceeded 50 ng/μl. The DNA was then sequenced on an Illumina HiSeq X by Novogene AIT, Singapore. The Bowtie 2 program was subsequently used to align the nucleotides (Langmead and Salzberg, 2012), and the GATK program was used to analyze

the single-nucleotide polymorphisms (SNPs) in each sample (McKenna *et al.*, 2010). Finally, the nucleotide sequences from the parent lines were utilized to generate a phylogenetic tree via the MEGA X program.

Assessment of agronomic and morphological traits

Agronomic data were collected over two seasons, including plant height (cm), days to 100% flowering, panicle length (cm), effective tillers per plant, filled grains per panicle, unfilled grains per panicle, 1000-grain weight (g), and grain yield per plant (g). Each plot was sampling five plants as the survey unit. Plant height, days to 100% flowering, and effective tillers per plant were measured at the end of the vegetative stage, while the other traits were measured at the maturity stage. In addition, the grain yield moisture was adjusted to 14% and then extrapolated to units of g/plant. The morphological traits, including culm diameter and culm wall thickness, were also measured after removing the leaf sheath.

Lodging scores were evaluated after 100% flowering. Lodging severity was scored visually as a percentage of plants that lodged at maturity, as described by IRRI (2014). These were assessed on a 1–9 scale, where 1 was totally upright and 9 was totally lodged.

Observation of the anatomical of the culm

The anatomical traits were collected on WS compared between resistance and susceptibility to lodging. The primary culm was cut one day after 100% flowering from the top 10 lines of lodging susceptibility and 10 lines of lodging resistance. The top and basal stem were collected at 5 cm and 3 cm below the neck panicle and basal ground, respectively.

The samples were fixed in FAA solution (Formaldehyde Alcohol Acetic Acid, 70%:5%:5%+30% water). The samples were cross-sectioned by hand using sharp razor blades. The biological stain solution was made with 0.05% Toluidine blue-O. The cross-sectioned samples were placed on a slide, stained with a 70% ethanol solution, and allowed to air-dry at room temperature. The stained cross-section was observed on the microscope (Leica, model ICC50 HD). Top vascular bundle number (TVBN), basal vascular bundle number (BVBN), top vascular bundle area (TVBA), basal vascular bundle area (BVBA), top tissues diameter (TTD), basal tissues diameter (BTD), top tissues area (TTA), basal tissues area (BTA), top parenchyma tissues (TPT), and basal parenchyma tissues (BPT) were measured using the GNU Image Manipulation Program (GIMP 2.10.22), as base values of pixels were calibrated and calculated.

Statistical analysis

The statistical analysis of agronomic, morphological, and anatomical traits was evaluated among F_1 lines by analysis of variance. The means were separated using Duncan's test at alpha levels of 0.05. If there was a significant difference among the experiments for a given parameter, then the values from all the experiments for that parameter were used to obtain the means and standard error. In addition, the path coefficient was analyzed to determine the direct effect of agronomic, morphological, and anatomical traits. The R program version 4.2.1 (R Core Team, 2022) and the package agricolae version 1.4.0 (v1.4.0; Felipe & Muhammad, 2020) were used to analyze all the data for analysis of variance and path coefficient, respectively.

Results

Phylogenetic relationships of parental lines

Based on the results obtained for the WGS analysis, a phylogenetic tree was divided into three groups. Each group contained both female-parent TGMS lines and male-parent lines. For female parents, group I contained T6-4 and T6-6, group II contained 18LMP-FS-8,

18LMP-FS-9, and 18LMP-FS-10, and group III contained 18LMP-FS-1, 18LMP-FS-2, 18LMP-FS-3, 18LMP-FS-4, 18LMP-FS-5, 18LMP-FS-6, and 18LMP-FS-12 (Figure 1). In addition, it was found that some of the F_1 lines were derived from female and male parents in the same group and among groups (Figure 1 and Table supp. 1).

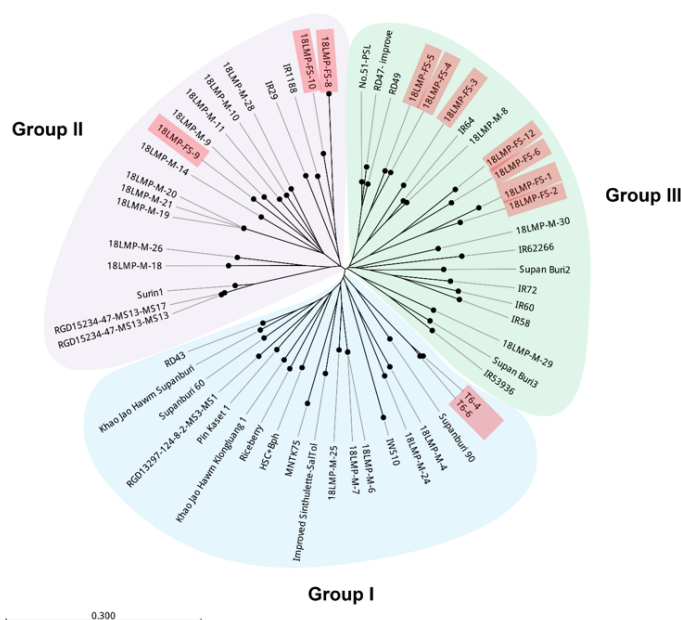


Figure 1 Phylogenetic relationships of parental lines based on whole genome sequencing (WGS). Marked brown refers to female parents.

Weather conditions

The experiment was conducted in WS 2020 and DS 2021. In WS 2020, the average temperature from May to August was 31.1°C daytime/27.1°C nighttime, while the average temperature in DS2021 from February to July was 30.3°C/26.7°C, daytime/nighttime. The average of relative humidity when compared between WS2020 (74%RH/88%RH, daytime/nighttime) and DS2021 (73%RH/87%RH, daytime/nighttime) was slightly different as the RH of WS2020 was higher than that

of DS2021. However, the amount of total rainfall in WS2020 (528.7 mm) was clearly higher than that of DS2021 (246.7 mm). In addition, the rain distribution in WS2020 was more uniform than that in DS2021. The frequency of rainfall in WS2020 was greater in June (tillering stage) and August (ripening stage), while the frequency of rainfall in DS2021 started from the end of May (flowering stage) until August (late harvesting). Interestingly, the average wind speed in DS2021 (8.7 km/h and 3.7 km/h, daytime/nighttime) was greater than that of

WS2020 (4.6 km/h daytime and 2.0 km/h daytime/nighttime). Furthermore, high wind speeds in both WS2020 (27 km/h) and DS2021 (27 km/h) were reported at the end of the experiment, which coincided with both seasons'

harvesting periods. However, the rice plants in DS2021 continued in the field 30 days after maturity, whereas the grain yield in WS2020 was harvested on time (Figure 2A–H).

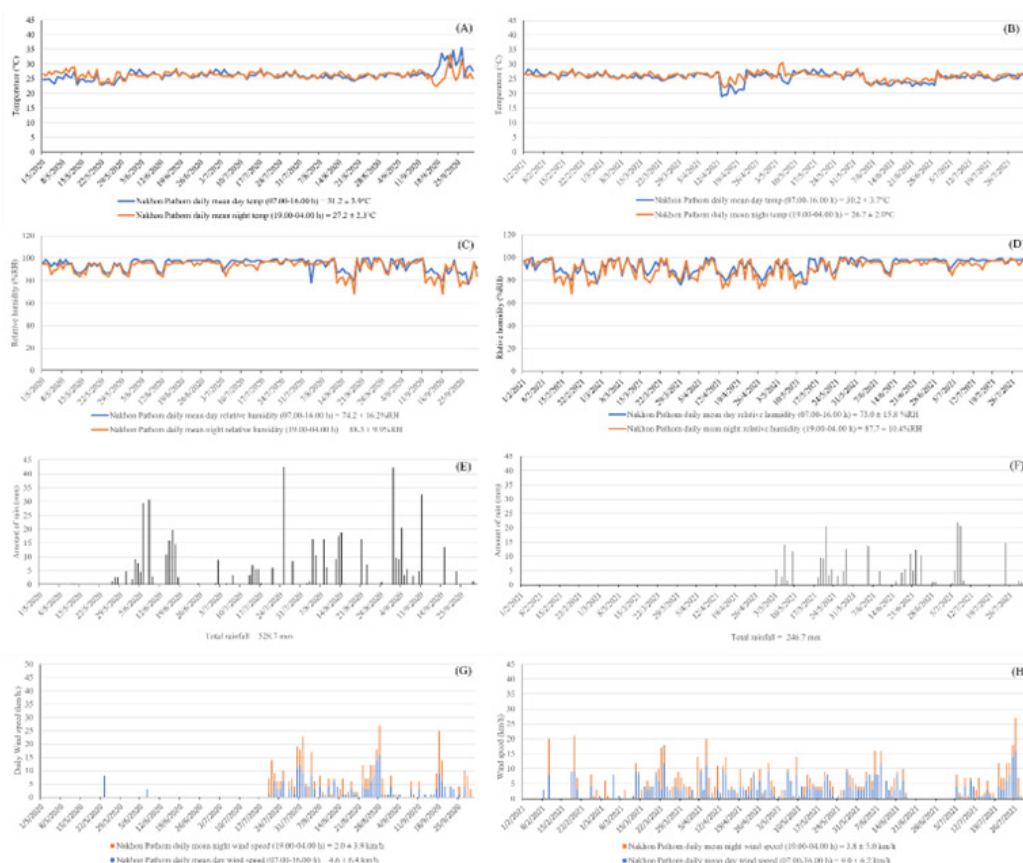


Figure 2 Weather data, including air temperature (A, B), relative humidity (C, D), amount of rainfall (E, F) and wind speed (G, H) from wet season 2020 and dry season 2021.

Agronomic variation between WS2020 and DS2021

The combined analysis of agronomic traits revealed that every agronomic trait (excluding grain weight) differed significantly between WS2020 and DS2021. Moreover, there was significant phenotypic variation for each trait across F_1 lines, and all phenotypic values were approximately normally distributed in both

WS2020 (on-time harvest) and DS2021 (delayed harvest) (Figure 3 and Table 1). However, the range of distribution in each trait compared between WS2020 and DS2021 showed differences. The range of lodging scores (3.5–7.0) in DS2021 was higher than that of lodging scores (1.0–4.0) in WS2020. On the other hand, the range of panicle length, filled grains per panicle, and grain yield in WS2020

were significantly higher than those in DS2021. However, the range of plant height, tiller per

plant, and grain weight between WS2020 and DS2021 were slightly different.

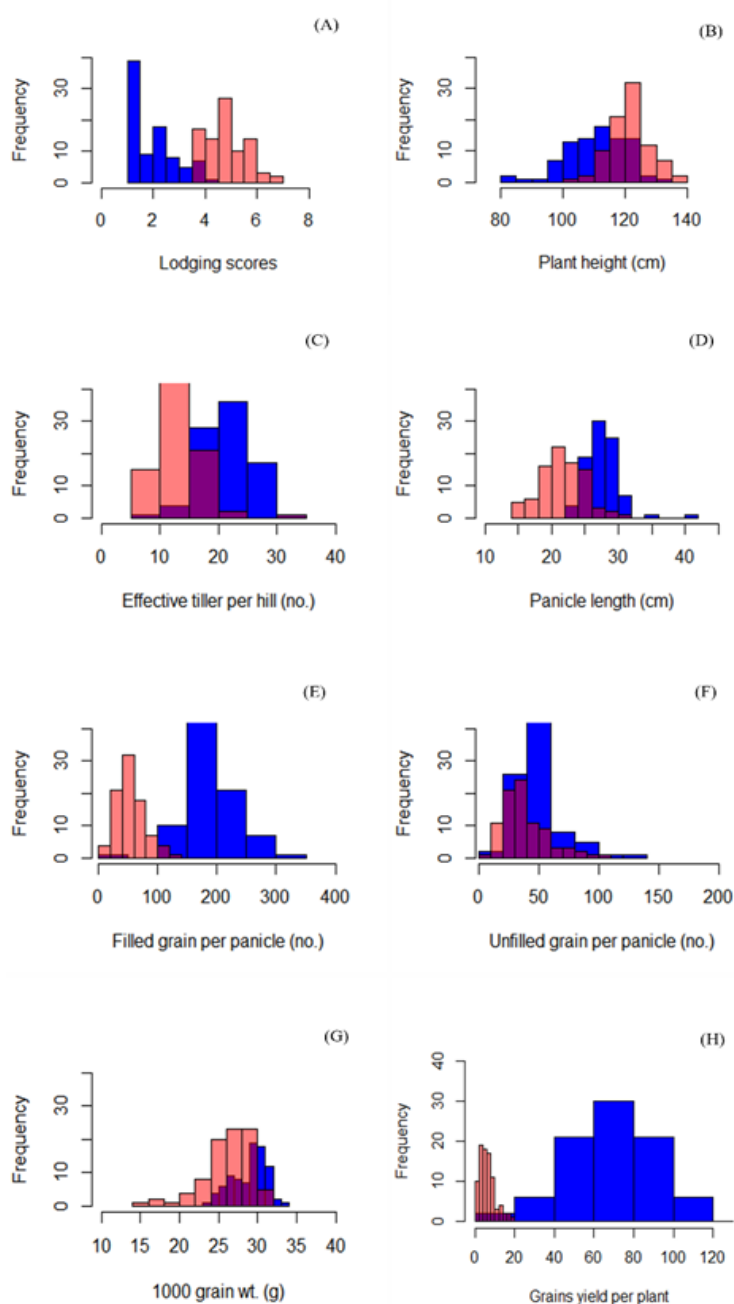


Figure 3 Lodging score and agronomic variation in F_1 hybrid rice (A-H) between WS2020 (blue color) and DS2021 (orange color). The dark brown color refers to the average distribution of two seasons.

Table 1 ANOVA means and ranges of agronomic traits of F_1 lines under normal condition, in WS2020 and delayed harvest condition in DS2021.

Traits	Years	F_1 lines						
		Mean $\pm$ SD	LSD	Min	Max	CV%	F-value	P-value
LS	WS2020	1.98 $\pm$ 1.41B	1.10	1.00	4.33	40.59	1.49	**
	DS2021	4.92 $\pm$ 0.71A	0.94	3.50	7.00	20.03	4.37	*
PH	WS2020	111.40 $\pm$ 7.78B	4.35	79.62	135.00	2.91	10.47	**
	DS2021	122.09 $\pm$ 2.12A	4.66	100.00	138.00	2.83	28.31	**
PL	WS2020	27.96 $\pm$ 2.71A	8.13	22.44	42.39	24.53	2.81	ns
	DS2021	22.07 $\pm$ 0.75B	4.47	14.94	32.00	15.15	1.04	ns
ETP	WS2020	21.71 $\pm$ 7.46A	7.30	9.33	34.00	24.53	1.98	**
	DS2021	16.83 $\pm$ 4.28B	5.87	6.33	34.00	31.77	2.43	**
FGPP	WS2020	190.86 $\pm$ 66.86A	55.89	42.78	329.44	21.44	2.05	**
	DS2021	54.20 $\pm$ 25.50B	37.47	7.78	129.33	50.65	3.06	**
UGPP	WS2020	47.86 $\pm$ 26.71A	30.09	19.22	135.00	45.71	1.73	**
	DS2021	38.57 $\pm$ 18.27B	25.02	6.67	110.00	47.31	2.27	**
TGW	WS2020	28.93 $\pm$ 1.08	2.26	23.10	33.37	5.80	6.20	**
	DS2021	26.16 $\pm$ 0.06	1.96	15.57	30.75	5.44	5.07	**
GYP	WS2020	68.80 $\pm$ 4.87A	36.31	17.91	145.54	39.43	1.15	**
	DS2021	6.31 $\pm$ 3.40B	7.47	0.92	18.27	87.67	1.61	**

LS = Lodging score, PH = Plant height (cm), PL = Panicle length (cm), ETP¹ = Effective tiller per hill, FGPP = Filled grains per panicle, UGPP = Unfilled grains per panicle, TGW = 1000 grains weight (g), GYP = Grain yield per plant.

*, ** and ns = represent significant differences at 0.05, 0.01 levels and no significant difference, respectively

When the lodging score was considered in WS2020, the results showed that the F_1 lines were identified as having strong resistance (score = 1) to moderate resistance (score = 4). Among these, thirty-five F_1 lines were identified as having strong resistance (Figure 4A). However, the lodging score increased dramatically in all F_1 lines in DS2021 from moderate resistance (score = 3.0) to weak resistance (score = 7.0). Furthermore, grain yield in all F_1 lines declined significantly in DS2021. The range of grain yield

in WS2020 was 17.91–145.54 g/plant, while grain yield in DS2021 ranged from 0.92–18.27 g/plant. The maximum grain yield was obtained in F_1 hybrid "RGD18511" (145.54 g/plant), while in DS2021, RGD18153 had the highest yield (18.27 g/plant) (Figure 4B). The parents of these F_1 lines are derived from different groups. In addition, most of the low-yielding F_1 lines came from crossbreeding between parents in the same group (Figure 1).

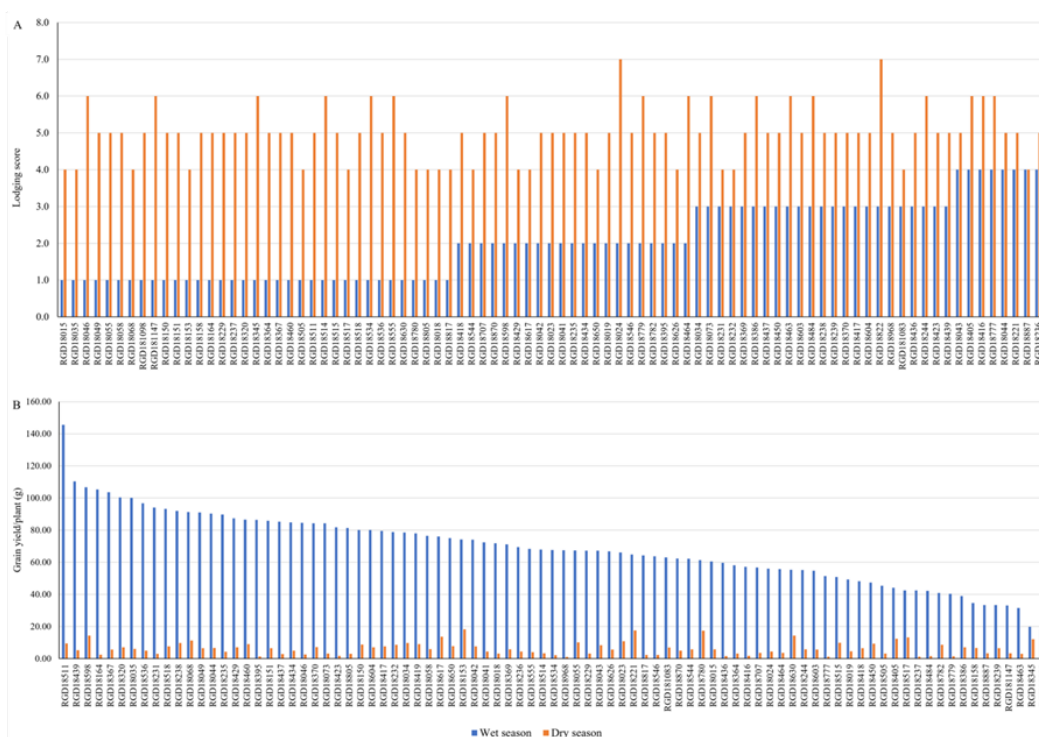


Figure 4 Lodging score (A) and grain yield /plant (B) ranking during the wet season (WS2020) and the dry season (DS2021). The WS2020 data served as the basis for the ranking direction.

The findings of seed setting followed the same pattern as grain yield. In WS2020, the average percentage of seed set was 80% and ranged from 90-61%, whereas in DS2021, the average percentage of seed set was decreased to 58% and ranged from 87%-11%. In addition, it was noticed that the mean of total spikelets on panicle in DS2021 (93 spikelets) was significantly lower than in WS2020 (239 spikelets) (data not shown).

In this study, the relationship between stem lodging and agronomic traits was investigated under both normal (WS2020) and delayed harvest (DS2021). Under normal

conditions, lodging had a positive correlation with plant height ($r = 0.41$). In contrast, lodging had a significant negative correlation with grain yield/plant ($r = -0.34$). Furthermore, grain yield was strongly positively linked with plant height ($r = 0.46$) and tiller number ($r = 0.46$) (Table 2). The correlation in the delayed harvest condition showed the same results as in the normal condition. The lodging had a negative association with grain yield ($r = -0.55$) but a positive correlation with plant height ($r = 0.37$). Moreover, the grain yield was positively correlated with tiller number ($r = 0.46$) and filled grain/panicle ($r = 0.38$), respectively (Table 2).

Table 2 Correlation analysis among agronomy traits of F1 lines in WS2020 and DS202.

Traits	LS	GY	PH	PL	TN	FG	UF	SS	GW
WS2020									
LS	1.00								
GY	-0.34*	1.00							
PH	0.41*	0.46*	1.00						
PL	-0.05	0.03	0.12	1.00					
TN	-0.26	0.46*	0.25	-0.01	1.00				
FG	0.04	0.17	0.31	0.20	-0.10	1.00			
UF	0.08	0.05	0.02	0.01	-0.02	0.30	1.00		
SS	-0.05	0.06	0.18	0.14	0.02	0.39*	-0.73**	1.00	
GW	-0.09	0.11	-0.08	0.06	0.32*	-0.48*	-0.17**	-0.13	1.00
DS2021									
LS	1.00								
GY	-0.55**	1.00							
PH	0.37*	-0.07	1.00						
PL	-0.20	0.22	0.14	1.00					
TN	-0.25	0.46*	-0.24	0.25	1.00				
FG	0.04	0.38*	0.12	0.12	0.15	1.00			
UF	-0.19	-0.18	0.07	0.17	0.04	-0.03	1.00		
SS	0.14	0.37*	-0.01	-0.11	0.04	0.65**	-0.71**	1.00	
GW	-0.03	0.13	-0.18	0.04	0.12	-0.12	0.01	-0.09	1.00

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

LS= lodging score, GY = grain yield, PH = Plant height, PL = Panicle length, TN = Tiller number, FG = Filled grains per panicle, UF = Unfilled grains per panicle, SS = Seed set and GW = Grains weight.

Path coefficient analysis, which furnishes the cause and effect of different agronomic traits, provides a better index for selection than mere correlation coefficients. Therefore, path analysis was used to determine the direct and indirect effects contributing to lodging in both normal and delayed harvest conditions. Under normal conditions, lodging had the greatest negative impact on grain yield (-0.592), with

plant height having an indirect effect (0.364). Furthermore, the plant height (0.791) showed the most positive direct influence on lodging. This finding was consistent with the path coefficient analysis in the delayed harvest scenario, in which grain yield had a negative direct influence on lodging (-0.768) and plant height had a positive direct effect on lodging (0.386) (Table 3).

Table 3 Direct and indirect effects of agronomic traits on lodging score in WS2020 and DS2021.

Traits	Correlation with LS	Direct effect	Indirect effect							
			GY	PH	PL	TN	FG	UF	SS	GW
WS2020										
GY	-0.34*	-0.592	-	0.364	-0.003	-0.107	-0.030	0.012	0.007	0.010
PH	0.41*	0.791	-0.272	-	-0.015	-0.058	-0.055	0.006	0.020	-0.007
PL	-0.05	-0.124	-0.015	0.099	-	0.002	-0.035	0.003	0.016	0.006
TN	-0.26	-0.231	-0.275	0.198	0.001	-	0.017	-0.005	0.002	0.029
FG	0.04	-0.177	-0.099	0.246	-0.024	0.022	-	0.070	0.044	-0.043
UF	0.08	0.235	-0.029	0.019	-0.002	0.005	-0.053	-	-0.084	-0.015
SS	-0.05	0.115	-0.035	0.141	-0.017	-0.004	-0.069	-0.172	-	-0.012
GW	-0.09	0.090	-0.063	-0.061	-0.008	-0.075	0.084	-0.040	-0.015	-
DS2021										
GY	-0.55**	-0.768	-	-0.028	-0.026	0.079	0.129	0.065	-0.020	0.020
PH	0.37*	0.386	0.056	-	-0.016	-0.042	0.039	-0.025	0.001	-0.029
PL	-0.20	-0.117	-0.171	0.053	-	0.043	0.039	-0.063	0.006	0.005
TN	-0.25	0.170	-0.355	-0.094	-0.030	-	0.051	-0.013	-0.002	0.019
FG	0.05	0.331	-0.299	0.046	-0.014	0.026	-	0.011	-0.035	-0.019
UF	-0.19	-0.366	0.135	0.027	-0.020	0.006	-0.010	-	0.039	0.001
SS	0.14	-0.054	-0.281	-0.004	0.013	0.006	0.214	0.262	-	-0.014
GW	-0.03	0.156	-0.096	-0.071	-0.004	0.021	-0.041	-0.003	0.005	-

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

LS= lodging score, GY = grain yield, PH = Plant height, PL = Panicle length, TN = Tiller number, FG = Filled grains per panicle, UF = Unfilled grains per panicle, SS = Seed set and GW = Grains weight.

Morphology and Anatomy traits in WS2020

In WS2020, thirty-five F1 lines were identified as having high resistance to lodging, while another fifty-two F1 lines were identified as having intermediate resistance. Therefore, the lodging in WS2020 can be divided into two groups, and the statistical analysis was conducted to compare between the two groups

and within the groups shown in (Table 4). The findings revealed no significant differences in morphological and anatomical features between the high and moderate resistance groups. However, some traits were significant within the group, including the top stem. Thus, the morphological and anatomical traits were not assessed again in DS2021.

Table 4 ANOVA means and ranges of morphological and anatomical root traits of F_1 lines under on time harvest in WS2020.

Traits	Lodging	F ₁ lines					
		Mean +/- SD	LSD	Min	Max	F-value	P-value
Morphological							
TSD	R	2.83 ± 0.76	0.62	1.11	4.08	2.23	**
	S	2.74 ± 0.68	0.62	1.54	3.67	1.66	ns
BSD	R	5.69 ± 1.48	1.13	3.27	8.22	1.98	**
	S	5.34 ± 1.30	1.35	3.10	7.31	0.71	ns
TST	R	0.12 ± 0.03	0.02	0.07	0.18	3.65	**
	S	0.12 ± 0.02	0.03	0.08	0.17	2.47	*
BST	R	0.26 ± 0.07	0.05	0.13	0.40	2.82	**
	S	0.26 ± 0.04	0.06	0.20	0.35	0.86	ns
Anatomical							
TVBN	R	20.00 ± 3.78	3.51	11.00	31.00	4.36	**
	S	19.50 ± 3.14	3.30	13.00	26.00	3.71	**
BVBN	R	33.00 ± 2.57	0.60	24.00	40.00	3.37	*
	S	32.63 ± 2.31	2.15	28.00	39.00	5.38	**
TVBA	R	0.01 ± 0.00	2.89	0.00	0.02	1.59	**
	S	0.01 ± 0.00	2.58	0.01	0.02	3.73	*
BVBA	R	0.01 ± 0.00	3.57	0.00	0.02	1.50	*
	S	0.01 ± 0.00	2.93	0.01	0.02	1.31	ns
TTA	R	0.04 ± 0.01	1.38	0.00	0.10	1.03	ns
	S	0.03 ± 0.01	0.02	0.01	0.06	1.52	ns
BTA	R	0.04 ± 0.03	0.02	0.00	0.16	1.08	ns
	S	0.04 ± 0.02	0.01	0.01	0.09	0.69	ns
TPT	R	0.21 ± 0.16	0.21	0.11	0.18	0.93	ns
	S	0.19 ± 0.04	0.05	0.11	0.29	1.87	ns
BPT	R	0.44 ± 0.11	0.10	0.04	0.65	1.76	**
	S	0.42 ± 0.10	0.53	0.04	0.60	0.43	ns

R = Lodging resistance, S = Lodging susceptible, TSD = Top stem diameter, BSD = Basal stem diameter, TST = Top stem thickness, BST = Basal stem thickness, TVBN = Top vascular bundle number, BVBN = Basal vascular bundle number, TVBA = Top vascular bundle area, BVBA = Basal vascular bundle area, TTD = Top tissues diameter, BTB = Basal tissues diameter, TTA = Top tissues area, BTA = Basal tissues area, TPT = Top parenchyma tissues and BPT = Basal parenchyma tissues

*, ** and ns = represent significant differences at 0.05, 0.01 levels and no significant difference, respectively

The correlation analysis revealed that lodging was adversely connected with basal stem diameter ($r = -0.325$). Furthermore, some root morphology and anatomy traits showed strong

positive correlations, such as top stem diameter with basal stem diameter ($r = 0.695$), basal stem thickness with basal parenchyma tissues ($r = 0.569$), top vascular bundle number with basal

vascular bundle number ($r = 0.584$), top vascular bundle area with basal vascular bundle area ($r = 0.852$), and top tissue area with basal tissue area ($r = 0.586$) (Table 5).

Table 5 Correlation analysis among morphology and anatomy traits of F_1 lines in WS2020.

Traits	LS	TSD	BSD	TST	BST	TVBN	BVBN	TVBA	BVBA	TTA	BTA	TPT	BPT
LS	1.000												
TSD	0.054	1.000											
BSD	-0.058	0.695**	1.000										
TST	-0.032	-0.210	0.004	1.000									
BST	-0.089	0.083	0.152	0.453*	1.000								
TVBN	-0.100	-0.005	0.121	0.367*	0.483*	1.000							
BVBN	-0.126	0.107	0.164	0.390*	0.369*	0.584**	1.000						
TVBA	-0.151	0.006	-0.098	0.025	0.048	0.075	0.125	1.000					
BVBA	-0.184	-0.025	-0.051	0.052	0.074	0.132	0.122	0.852**	1.000				
TTA	-0.172	-0.063	-0.116	0.066	0.053	-0.042	0.004	0.210	-0.066	1.000			
BTA	-0.045	-0.098	-0.029	0.053	0.007	0.033	0.107	0.149	-0.063	0.586**	1.000		
TPT	0.182	0.054	0.047	-0.073	0.008	0.034	0.199	-0.032	-0.042	-0.129	-0.136	1.000	
BPT	-0.153	0.120	0.070	0.304*	0.569**	0.326*	0.211	0.064	0.137	-0.150	-0.275	-0.018	1.000

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

The path coefficient study of lodging's contribution to stem morphology and anatomical traits revealed that lodging had the greatest direct negative effect on basal stem diameter (-0.592), followed by top tissue area (-0.354), basal parenchyma tissues (-0.248), and basal vascular

bundle area (-0.211). Furthermore, lodging had a direct favorable effect on top stem diameter (0.612). Thus, plant lodging is mostly influenced by the structure of the rice plant's basal stem (Table 6).

Table 6 Direct and indirect effects of morphology and anatomy traits on lodging score in WS2020.

Traits	Correlation with LS	Direct effect	Indirect effect											
			TSD	BSD	TST	BST	NTVB	NBVB	TVBA	BVBA	TTA	BTA	TPT	BPT
TSD	0.054	0.612	-	-0.543	-0.001	0.012	0.000	-0.018	0.000	0.005	0.022	-0.015	0.010	-0.030
BSD	-0.325	-0.787	0.422	-	0.000	0.022	0.010	-0.027	-0.003	0.011	0.041	-0.004	0.009	-0.017
TST	-0.031	0.069	-0.013	-0.003	-	0.065	0.029	-0.064	0.001	-0.011	-0.023	0.008	-0.013	-0.075
BST	-0.088	0.144	0.050	-0.120	0.031	-	0.038	-0.061	0.001	-0.016	-0.019	0.001	0.001	-0.141
NTVB	-0.100	0.080	-0.003	-0.095	0.025	0.069	-	-0.096	0.002	-0.028	0.015	0.005	0.006	-0.081
NBVB	-0.126	-0.165	0.066	-0.129	0.027	0.053	0.046	-	0.004	-0.026	-0.001	0.016	0.036	-0.052
TVBA	-0.151	0.029	0.003	0.077	0.002	0.007	0.006	-0.021	-	-0.180	-0.074	0.022	-0.006	-0.016
BVBA	-0.185	-0.211	-0.015	0.040	0.004	0.011	0.010	-0.020	0.025	-	0.023	-0.009	-0.008	-0.034
TTA	-0.172	-0.354	-0.039	0.091	0.005	0.008	-0.003	-0.001	0.006	0.014	-	0.087	-0.023	0.037
BTA	-0.045	0.149	-0.060	0.023	0.004	0.001	0.003	-0.018	0.004	0.013	-0.207	-	-0.025	0.068
TPT	0.182	0.183	0.033	-0.037	-0.005	0.001	0.003	-0.033	-0.001	0.009	0.045	-0.020	-	0.004
BPT	-0.153	-0.248	0.074	-0.055	0.021	0.082	0.026	-0.035	0.002	-0.029	0.053	-0.041	-0.003	-

Discussion

Lodging refers to the stem-breaking type, stem-bending type, or root lodging of the plant and is one of the most concerning problems faced by farmers worldwide (Shah *et al.*, 2019). In this study, lodging of the rice plants occurred dominantly near the bottom, which was mainly caused by the breaking or bending of the basal stem. Thus, the stem lodging was investigated in eighty-seven lines of F_1 hybrid rice in the wet season (on time harvested) and the dry season (late harvested).

The results showed that rice planted in the dry season with a late harvest caused severe lodging of the rice plants and a significant drop in grain yield when compared to the wet season with an on-time harvest. According to Jatuporn (1997), the dry season in Thailand has the greatest problems with plant lodging and grain production loss since rice is harvested at the beginning of the wet season, around June and July. This result is consistent with previous research, in which dry-season rice harvesting was delayed until July. Shrestha *et al.* (2020) proposed that plant lodging occurs when the upper part of the plant increases in weight due to rainfall interception during heavy rains or is unable to tolerate strong winds. In addition, De Datta (1981) found that rice plants that are exposed to strong winds after flowering are easily broken. In this study, the frequency of rainfall in the dry season was started from flowering to late harvesting (30 days after maturity stage). Furthermore, the average wind speed in the dry season was higher than in the wet season, with the maximum wind speed occurring during the harvesting period. Therefore, wind and rainfall are important environmental factors that cause lodging of rice plants (Islam *et al.*, 2007; Wu *et al.*, 2022).

When considering the agronomic factors that are associated with plant lodging, Wang *et al.* (2011) suggested that plant height and panicle weight are the main factors that cause rice plant lodging. In addition, Shah *et al.* (2019) and Wang *et al.* (2022) confirmed that plant height is the most important factor influencing lodging from blooming to harvesting stages in rice. These support the result in this study, with plant height positively correlated with lodging, and plant height was the greatest positive direct effect of lodging analyzed by the path coefficient. The mean plant height in this study was 111 and 122 cm, while Wang *et al.* (2022) suggest that lowering plant height from 95.4 to 80.5 cm can reduce plant lodging. The study also found that delayed harvesting in the dry season had a significant effect on plant lodging, and grain yield was very low compared to on-time harvesting. It suggests that although plant height is the major effect on plant lodging, the dried basal culm wall also acts as the weak point. Drying the culm after maturity can increase the severity of plant lodging (Liu *et al.*, 2022). Therefore, a reduction in plant height can decrease lodging due to a lower center of gravity and a reduction in the plant's above-ground burden on the lower stem of rice (Okuno *et al.*, 2014). In addition, on-time rice harvesting is also an important consideration.

In terms of morphology and anatomy of the culm, plant lodging was negatively correlated with basal stem diameter. This result can be supported by Islam *et al.* (2007) and Zhang *et al.* (2014), who reported that stem diameter and culm wall thickness are the primary influencing factors for plant lodging. Thus, greater culm diameter is strongly associated with the culm wall thickness, which is an integral element in improving resistance

to lodging in rice (Islam *et al.* 2007). Therefore, increasing the rice plant's culm diameter and culm wall thickness tends to improve the breeding program (Kashiwagi *et al.*, 2008). Moreover, semi-dwarf plants must be concerned with large culm and culm wall thickness.

However, in this study, top stem diameter was positively influenced by plant lodging. It indicates that the top of the stem has a large culm, resulting in lodging resistance in rice plants. This may indicate that the size of the culm at the top also contributes to plant lodging. However, Li *et al.* (2011) found that plant culm diameter was generally greater at the initial internode but gradually decreased in the upper direction of the plant portion.

Conclusion

The delayed harvest causes a severe problem for plant lodging and decreases grain yield. Plant height exerts a major effect on plant lodging. In addition, stem diameter and culm wall thickness are the primary influencing factors for plant lodging. Thus, the rice breeding program, particularly for hybrid types, must focus on reducing plant height while increasing culm diameter, which is highly related to culm wall thickness and can improve lodging resistance and grain yield in rice.

Acknowledgments

This work was financially supported by the Ruam Jai Pattana Foundation, and National Science and Technology Development Agency (NSTDA), Thailand (NSTDA Grant Numbers: P-18-50769). Also, M.M.A. was supported by Thailand Graduate Institute of Science and Technology (TGIST) Scholarship, National Science and Technology Development Agency (NSTDA), Thailand (Grant No. TG-BT-KU-62-040M). The authors thank the Innovative Plant

Biotechnology and Precision Agriculture Research Team, National Center for Genetic Engineering and Biotechnology, Thailand, for providing the plant material used in this study and the KASP markers.

References

- Baktiar, M. H. K., M. A. Siddique, M. Khalequzzaman, A. Bhuiya and M. Z. Islam. 2013. Effect of maturity period and harvesting time on quality and yield in breeder seed of rice (*Oryza sativa* L.). *Eco-friendly Agricultural Journal* 6(11):249-252.
- Berry, P.M., J.H. Spink, A.P. Gay and Craigon. 2003. A comparison of root and stem lodging risks among winter wheat cultivars. *The Journal of Agricultural Science* 141(2): 191-202.
- Chandegara, D.V., D. Joshi and J.P. Yadavendra. 1999. Effect of harvesting time on yield and milling quality of upland rice. *Journal of Agricultural Engineering* 36: 33–40.
- Costa de Oliveira, A., C. Pegoraro and V. Viana. 2020. The Future of Rice Demand: Quality beyond Productivity, <https://doi.org/10.1007/978-3-030-37510-2>.
- De Datta, S.K. 1981. Principles and practices of rice production. A Wiley-Interscience Publication. John Wiley. 642 p.
- Dumitru, O., S. Iorga, N.V. Vladut and C. Bracacescu. 2020. Food losses in primary cereal production. A Review. *INMATEH Agricultural Engineering* 12: 133–146.
- Felipe de Mendiburu and Muhammad Yaseen. 2020. agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research. R package version 1.4.0, <https://myaseen208.github.io/agricolae/https://cran.r-project.org/package=agricolae>

- Hossain, M., M. Bhuiya, M. Ahmed and M. Mian. 2009. Effect of harvesting time on the milling and physicochemical properties of aromatic rice. *Thai Journal of Agricultural Science* 42: 91–96.
- IRRI (International Rice Research Institute). 2014. Standard evaluation system for rice (SES). 5th edition, International Rice Research Institute, Los Banos.
- Islam, M.S., S. Peng, R.M. Visperas, N. Ereful, M.S.U. Bhuiya and A. Julfikar. 2007. Lodging-related morphological traits of hybrid rice in a tropical irrigated ecosystem. *Field Crops Research* 101(2): 240-248.
- Jatuporn, S. 1997. Effects of wind speed on growth and yield loss of rice. *Thai Agriculture Research Journal* 15(3): 232-236 (in Thai).
- Kandil, A.A., S.E. El-Kalla, A.T. Badawi and O.M. El-Shayb. 2010. Effect of hill spacing, nitrogen levels and harvest date on rice productivity and grain quality. *Kallla* 1: 22-26.
- Kashiwagi T., E. Togawa, N. Hirotsu and K. Ishimaru. 2008. Improvement of lodging resistance with QTLs for stem diameter in rice (*Oryza sativa* L.). *Theoretical and Applied Genetics* 117: 749–757. doi: 10.1007/s00122-008-0816-1
- Langmead, B. and S. Salzberg. 2012. Fast gapped-read alignment with Bowtie 2. *Nature Methods* 9: 357–359. <https://doi.org/10.1038/nmeth.1923>
- Li, J., H. Zhang, J. Gong, Y. Chang, Z. Huo, K. Xu and H. Wei. 2011. Effects of different planting methods on the culm lodging resistance of super rice. *Scientia Agricultura Sinica* 44: 2234–2243.
- Liu, Q., C. Yin, Li X., C. He, Z. Ding and X. Du. 2022. Lodging resistance of rice plants studied from the perspective of culm mechanical properties, carbon framework, free volume, and chemical composition. *Scientific Reports* 12(1): 20026, doi: 10.1038/s41598-022-24714-4.
- McKenna, A., M. Hanna, E. Banks, A. Sivachenko, K. Cibulskis, A. Kernysky, K. Garimella, D. Altshuler, S. Gabriel, M. Daly and M.A. DePristo. 2010. The genome analysis toolkit: a MapReduce framework for analyzing next-generation DNA sequencing data. *Genome Research* 20(9):1297-303. doi: 10.1101/gr.107524.110.
- Okuno, A., K. Hirano, K. Asano, W. Takase, R. Masuda, Y. Morinaka, M. Ueguchi-Tanaka, H. Kitano and M. Matsuoka. 2014. New approach to increasing rice lodging resistance and biomass yield through the use of high gibberellin producing varieties. *PLoS ONE* 9(2): e86870, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0086870>.
- Pan, J., J. Zhao, Y. Liu, N. Huang, K. Tian, F. Shah, K. Liang, X. Zhong and B. Liu. 2019. Optimized nitrogen management enhances lodging resistance of rice and its morpho-anatomical, mechanical, and molecular mechanisms. *Scientific Reports* 9:1–13.
- R Core Team. 2022. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Shah, L., M. Yahya, S.M.A. Shah, M. Nadeem, A. Ali, J. Wang, M.W. Riaz, S. Rehman, W. Wu, R.M. Khan, A. Abbas, A. Riaz, G.B. Anis, H. Si, H. Jiang and C. Ma. 2019. Improving lodging resistance: using

- wheat and rice as classical examples. *International Journal of Molecular Sciences* 20(17): 4211, doi: 10.3390/ijms 20174211.
- Shrestha, S., M.R.C. Laza, K.V. Mendez, S. Bhosale and M. Dingkuhn. 2020. The blaster: a methodology to induce rice lodging at plot scale to study lodging resistance. *Field Crops Research* 245: 107663, <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.107663>.
- Stuart, A.M., A.R.P. Pame, D. Vithoonjit, L. Viriyangkura, J. Pithuncharurnlap, N. Meesang, P. Suksiri, G.R. Singleton and R.M. Lampayan. 2018. The application of best management practices increases the profitability and sustainability of rice farming in the central plains of Thailand. *Field Crops Research* 220: 78–87.
- Teasdale, J., T. Devine, J. Mosjidis, R. Bellinder and C. Beste. 2004. Growth and development of Hairy Vetch cultivars in the Northeastern United States as influenced by planting and harvesting date. *Agronomy Journal* 96: 1266–1271.
- Virmani, S.S. 2003. Advances in hybrid rice research and development in the tropics. In: Hanoi, Vietnam, S., Virmani, S., Mao, C. and Hardy, B., Eds, *Hybrid rice for food security, poverty alleviation, and environmental protection*, International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines, 7-20.
- Wang, Y., X. Wang, L. Yang, P. Li, J. Zhu, K. Kazuhiko and Y. Wang. 2011. Ozone stress increases lodging risk of rice cultivar Liangyoupeijiu: A FACE study. *Shengtai Xuebao/Acta Ecologica Sinica* 31: 6098–6107.
- Wang, J., X. Sun, Y. Xu, Q. Wang, H. Tang and W. Zhou. 2021. The effect of harvest date on yield loss of long and short-grain rice cultivars (*Oryza sativa* L.) in Northeast China. *European Journal of Agronomy* 131: 126382, <https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126382>.
- Wang, X.Y., L. Xu, X.X. Li, G.D. Yang, F. Wang and S.B. Peng. 2022. Grain yield and lodging-related traits of ultrashort-duration varieties for direct-seeded and double-season rice in Central China. *Journal of Integrative Agriculture* 21(10): 2888-2899.
- Wu, D.H., C.T. Chen, M.D. Yang, Y.C. Wu, C.Y. Lin, M.H. Lai and C.Y. Yang. 2022. Controlling the lodging risk of rice based on a plant height dynamic model. *Botanical Studies* 63: 25, <https://doi.org/10.1186/s40529-022-00356-7>
- Yuan, L., Z. Yang and J. Yang. 1994. Hybrid rice in china. In: Virmani, S.S., Ed., *Hybrid rice technology: new developments and future prospects*, International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines, 143-147.
- Zhao, X., N. Zhou, S. Lai, M. Frei, Y. Wang and L. Yang. 2019. Elevated CO₂ improves lodging resistance of rice by changing physicochemical properties of the basal internodes. *Science of the Total Environment* 647:223–231.
- Zhang, J., G. Li, Y. Song, Z. Liu, C. Yang, S Tang, C. Zheng, S. Wang and Y. Ding. 2014. Lodging resistance characteristics of high-yielding rice populations. *Field Crops Research* 161: 64–74.

Table supplement 1 List of 87 F₁ hybrid lines and crosses.

No.	RGD code	F ₁ (Female/Male)	Female source	Male source
1	RGD18015	T6-4 /Surin1	NSTDA ^{1/}	RD ^{2/}
2	RGD18018	T6-6 /Improved Sinthulette-SalTol	NSTDA	NSTDA
3	RGD18019	T6-6 /IR42	NSTDA	IRRI ^{3/}
4	RGD18023	T6-6 /RD31	NSTDA	RD
5	RGD18024	T6-6 /Phisanulok 2	NSTDA	RD
6	RGD18034	T6-6 /RGD15234-47-MS13-MS13	NSTDA	NSTDA
7	RGD18035	T6-6 /RGD15234-47-MS13-MS17	NSTDA	NSTDA
8	RGD18041	T6-4 /IR1188	NSTDA	IRRI
9	RGD18042	T6-4 /IR29	NSTDA	IRRI
10	RGD18043	T6-4 /IR58	NSTDA	IRRI
11	RGD18044	T6-4 /IR64	NSTDA	IRRI
12	RGD18046	T6-4 /Khao Jao Hawm Supanburi	NSTDA	RD
13	RGD18049	T6-4 /Supan Buri3	NSTDA	RD
14	RGD18055	T6-6 /IR49830	NSTDA	IRRI
15	RGD18058	T6-6 /IR72	NSTDA	IRRI
16	RGD18068	T6-4 /MNTK75	NSTDA	NSTDA
17	RGD18073	T6-6 /IWS10	NSTDA	NSTDA
18	RGD181083	18LMP-FS-9 /RD47- improve	LMP ^{4/}	NSTDA
19	RGD181147	18LMP-FS-12 /IR62266	LMP	IRRI
20	RGD18150	T6-4 /Improved Sinthulette-SalTol	NSTDA	NSTDA
21	RGD18151	T6-4 /IR53936	NSTDA	IRRI
22	RGD18153	T6-6 /IR60	NSTDA	IRRI
23	RGD18158	T6-4 /RGD13297-124-8-2-MS3-MS1	NSTDA	NSTDA
24	RGD18164	T6-6 /IR53936	NSTDA	IRRI
25	RGD18221	T6-4 /RD43	NSTDA	RD
26	RGD18229	T6-4 /Supanburi 60	NSTDA	RD
27	RGD18231	T6-4 /RD49	NSTDA	RD
28	RGD18232	T6-4 /HSC+Bph	NSTDA	NSTDA
29	RGD18235	T6-6 /Pin Kaset 1	NSTDA	KU5/
30	RGD18236	T6-6 /Supanburi 60	NSTDA	RD
31	RGD18237	T6-6 /Supanburi 90	NSTDA	RD
32	RGD18238	T6-6 /RD49	NSTDA	RD
33	RGD18239	T6-6 /HSC+Bph	NSTDA	NSTDA
34	RGD18244	T6-4 /Pin Kaset 1	NSTDA	KU
35	RGD18320	18LMP-FS-2 /Khao Jao Hawm Klongluang 1	LMP	RD
36	RGD18345	18LMP-FS-12 /IWS10	LMP	NSTDA
37	RGD18364	18LMP-FS-2 /Improved Sinthulette-SalTol	LMP	NSTDA
38	RGD18367	18LMP-FS-2 /RD31	LMP	RD
39	RGD18369	18LMP-FS-2 /Supan Buri3	LMP	RD
40	RGD18370	18LMP-FS-2 /Supanburi 90	LMP	RD

Table supplement 1 (continued)

No.	RGD code	F ₁ (Female/Male)	Female source	Male source
41	RGD18386	18LMP-FS-8 /Khao Jao Hawm Klongluang 1	LMP	RD
42	RGD18395	18LMP-FS-1 /IR60	LMP	IRRI
43	RGD18405	18LMP-FS-3 /IR62266	LMP	IRRI
44	RGD18416	T6-4 /18LMP-M-7	NSTDA	LMP
45	RGD18417	T6-4 /18LMP-M-8	NSTDA	LMP
46	RGD18418	T6-4 /18LMP-M-9	NSTDA	LMP
47	RGD18419	T6-4 /18LMP-M-10	NSTDA	LMP
48	RGD18423	T6-4 /18LMP-M-14	NSTDA	LMP
49	RGD18429	T6-4 /18LMP-M-24	NSTDA	LMP
50	RGD18434	T6-6 /18LMP-M-4	NSTDA	LMP
51	RGD18436	T6-6 /18LMP-M-6	NSTDA	LMP
52	RGD18437	T6-6 /18LMP-M-7	NSTDA	LMP
53	RGD18439	T6-6 /18LMP-M-9	NSTDA	LMP
54	RGD18450	T6-6 /18LMP-M-24	NSTDA	LMP
55	RGD18460	18LMP-FS-1 /18LMP-M-25	LMP	LMP
56	RGD18463	18LMP-FS-2 /18LMP-M-8	LMP	LMP
57	RGD18464	18LMP-FS-2 /18LMP-M-11	LMP	LMP
58	RGD18484	18LMP-FS-12 /18LMP-M-6	LMP	LMP
59	RGD18505	T6-4 /18LMP-M-4	NSTDA	LMP
60	RGD18511	T6-4 /18LMP-M-30	NSTDA	LMP
61	RGD18514	T6-6 /18LMP-M-20	NSTDA	LMP
62	RGD18515	T6-6 /18LMP-M-21	NSTDA	LMP
63	RGD18517	T6-6 /18LMP-M-29	NSTDA	LMP
64	RGD18518	T6-6 /18LMP-M-30	NSTDA	LMP
65	RGD18534	18LMP-FS-2 /18LMP-M-9	LMP	LMP
66	RGD18536	18LMP-FS-2 /18LMP-M-18	LMP	LMP
67	RGD18544	18LMP-FS-2 /18LMP-M-26	LMP	LMP
68	RGD18546	18LMP-FS-2 /18LMP-M-29	LMP	LMP
69	RGD18555	18LMP-FS-3 /18LMP-M-28	LMP	LMP
70	RGD18598	18LMP-FS-1 /MNTK75	LMP	NSTDA
71	RGD18603	18LMP-FS-2 /MNTK75	LMP	NSTDA
72	RGD18604	18LMP-FS-2 /RD43	LMP	RD
73	RGD18617	18LMP-FS-1 /18LMP-M-26	LMP	LMP
74	RGD18626	18LMP-FS-3 /18LMP-M-11	LMP	LMP
75	RGD18630	18LMP-FS-3 /18LMP-M-19	LMP	LMP
76	RGD18650	18LMP-FS-5 /18LMP-M-26	LMP	LMP
77	RGD18707	18LMP-FS-4 /18LMP-M-25	LMP	LMP
78	RGD18777	18LMP-FS-2 /Supan Buri2	LMP	RD
79	RGD18779	18LMP-FS-3 /Hawm Lahn Nah	LMP	LMP
80	RGD18780	18LMP-FS-3 /IR72	LMP	IRRI

Table supplement 1 (continued)

No.	RGD code	F ₁ (Female/Male)	Female source	Male source
81	RGD18782	18LMP-FS-3 /No.51-PSL	LMP	NSTDA
82	RGD18805	18LMP-FS-5 /RD31	LMP	RD
83	RGD18817	18LMP-FS-5 /Riceberry	LMP	KU
84	RGD18822	18LMP-FS-6 /IR72	LMP	IRRI
85	RGD18870	18LMP-FS-10 /RD31	LMP	RD
86	RGD18887	18LMP-FS-12 /IR58	LMP	IRRI
87	RGD18968	18LMP-FS-2 /Pin Kaset 1	LMP	KU

^{1/}NSTDA = The National Science and Technology Development Agency

^{2/}RD = Rice Department, Ministry of Agriculture and Cooperatives

^{3/}IRRI = International Rice Research Institute

^{4/}LMP = Rajamangala University of Technology Lanna

^{5/}KU = Kasetsart University

แนวทางการสร้างมูลค่าเพิ่มสินค้าสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ข้าวหอมมะลินอกเขาไฟบุรีรัมย์
กลุ่มข้าวหอมมะลินอกเขาไฟบ้านสนวนนอก อำเภอห้วยราช จังหวัดบุรีรัมย์

Value Added Development Guidelines of Geographical Indication Product, Khaw Hom Mali
Din Phu Kao Fai Buri Ram Rice for Ban Sanuan Nok Volcanic Hom Mali Rice Group,

Huai Rat District, Buri Ram Province

เบญจวรรณ สิลินทา^{1,2} และยศ บริสุทธิ์^{2*}

Benchawan Silinta^{1,2} and Yos Borisudhi^{2*}

Received: April 11, 2024

Revised: May 21, 2024

Accepted: May 27, 2024

Abstract: This study aims to understand the contexts and find out the development guidelines for value added of Geographical Indication product, Khaw Hom Mali Din Phu Kao Fai Buri Ram rice (GI-KHMLDPKF-BURIRAM) for Ban Sanuan Nok Volcanic Hom Mali Rice Group (BSN-VHMRG), Huai Rat District, Buri Ram province. The study was conducted in two phases: (a) to understand the contexts of the GI-KHMLDPKF-BURIRAM production, processing, and marketing of BSN-VHMRG by using the Rapid Rural Appraisal (RRA) technique from Oct. 2022 to Jan. 2023 and (b) to study the development guidelines to value added of GI-KHMLDPKF-BURIRAM for BSN-VHMRG by using AIC technique in Mar. 2023, respectively. It was found that (1) BSN was grown rice only in the rainy season, and there planted 325 rai of GI-KHMLDPKF-BURIRAM by using the KDML105 and RD15 varieties, with a total production yield of 146 tons per year. The grain of GI-KHMLDPKF-BURIRAM amount 68% was sold to private rice mills and agricultural cooperatives in the area, the rest of the yield was sold as milled rice amount 20%, household consumption 7%, and storage for seed 5%. (2) Development guidelines for value added of GI-KHMLDPKF-BURIRAM for BSN-VHMRG which can be implemented within one year, consisting of 2 approaches: (2.1) value added of GI-KHMLDPKF-BURIRAM by the development of rice farming, processing, packaging, and branding there are two sub-approaches: (a) development of farm production and (b) development of processing, packaging, and branding, and (2.2) value added of GI-KHMLDPKF-BURIRAM by rice marketing development there are two sub-approaches: (a) development of aggressive marketing and (b) development of community marketing. Therefore, driving development according to the above guidelines is a great challenge that requires cooperation by the community and related agencies to promote and develop the community economy towards sustainable development according to the BCG concept and using soft power to drive community-based development.

Keywords: rice farming, rice processing, rice packaging, rice marketing

¹ สำนักงานเกษตรอำเภอห้วยราช จ.บุรีรัมย์ 31000

¹ Huai Rat District Agricultural Extension Office, Buri Ram 31000

² สาขาวิชาการส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

² Agricultural Extension and Development, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Mueang, Khon Kaen, 40002

*Correspondence author: yosboris@kku.ac.th, yospure@gmail.com

บทคัดย่อ: การศึกษานี้มุ่งทำความเข้าใจบริบทและค้นหาแนวทางการสร้างมูลค่าเพิ่มสินค้าสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ข้าวหอมมะลิดินภูเขาไฟบุรีรัมย์ ของกลุ่มข้าวหอมมะลิดินภูเขาไฟบ้านสนวนนอก ตำบลสนวน อำเภอห้วยราช จังหวัดบุรีรัมย์ โดยทำการศึกษา 2 ระยะ คือ (ก) บริบทการผลิต การแปรรูป และการตลาดข้าวหอมมะลิดินภูเขาไฟบุรีรัมย์ซึ่งเป็นสินค้าสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ของกลุ่ม โดยใช้เทคนิคการประเมินสภาวะชนบทแบบเร่งด่วนระหว่างตุลาคม 2565 - มกราคม 2566 และ (ข) ศึกษาแนวทางการพัฒนาการสร้างมูลค่าเพิ่มสินค้าสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ข้าวหอมมะลิดินภูเขาไฟบุรีรัมย์ของกลุ่ม โดยใช้เทคนิคเทคนิค AIC ในเดือนมีนาคม 2566 ตามลำดับพบว่า (1) บ้านสนวนนอก ปลูกข้าวในฤดูนาปีเท่านั้น โดยมีพื้นที่ปลูกข้าวหอมมะลิดินภูเขาไฟ 325 ไร่ ใช้พันธุ์ข้าวดอกมะลิ105 และ กข15 ผลผลิตรวม 146 ตันต่อปี ซึ่งผลผลิตร้อยละ 68 จำหน่ายในรูปแบบของข้าวเปลือกให้กับโรงสีและสหกรณ์การเกษตรในพื้นที่ ส่วนที่เหลือจำหน่ายเป็นข้าวสารร้อยละ 20 บริโภคเองร้อยละ 7 และใช้เป็นพันธุ์ร้อยละ 5 (2) แนวทางการพัฒนาการสร้างมูลค่าเพิ่มสินค้าสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ข้าวหอมมะลิดินภูเขาไฟบุรีรัมย์ของกลุ่ม ซึ่งสามารถดำเนินการได้ภายในระยะเวลา 1 ปี ประกอบด้วย 2 แนวทาง คือ (2.1) การสร้างมูลค่าเพิ่มข้าวหอมมะลิดินภูเขาไฟด้วยการพัฒนาการผลิต การแปรรูป การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ และตราสินค้า ซึ่งมีแนวทางย่อย 2 แนวทาง ได้แก่ (ก) การพัฒนาการผลิตระดับไร่นา และ (ข) การพัฒนาการแปรรูป บรรจุภัณฑ์ และตราสินค้า และ (2.2) การสร้างมูลค่าเพิ่มข้าวหอมมะลิดินภูเขาไฟด้วยการพัฒนาการตลาด ซึ่งมีแนวทางย่อย 2 แนวทาง ได้แก่ (ก) พัฒนาการตลาดเชิงรุก และ (ข) พัฒนาการตลาดชุมชน ดังนั้น ในการขับเคลื่อนการพัฒนาตามแนวทางข้างต้น จึงเป็นสิ่งที่ท้าทายอย่างยิ่งที่ต้องได้รับความร่วมมือจากชุมชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อส่งเสริมและพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนตามแนวคิด BCG และการใช้พลังละมุนในการขับเคลื่อนการพัฒนาโดยใช้ชุมชนเป็นฐาน

คำสำคัญ: การผลิตข้าว, การแปรรูปข้าว, บรรจุภัณฑ์ข้าว, การตลาดข้าว

คำนำ

ข้าว เป็นหนึ่งในธัญญาหารหลักของประชากรโลกและเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของหลายประเทศ อีกทั้งยังเป็นพืชอารยธรรมที่เป็นสิ่งบ่งบอกถึงขนบธรรมเนียมประเพณี วิถีทางสังคม พิธีกรรมและความเชื่อต่าง ๆ อีกด้วย อย่างไรก็ตามข้าวที่ปลูกแต่ละพื้นที่ของโลกมีคุณลักษณะที่แตกต่างกันตามลักษณะทางภูมิศาสตร์และภูมิอากาศ เช่น ข้าวที่ปลูกในประเทศอินเดีย เมล็ดข้าวมีขนาดยาวกว่าข้าวอื่น มีกลิ่นหอม เมื่อสุกจะร่วน ไม่เหนียวเกาะกัน ส่วนข้าวที่ปลูกในประเทศศรีลังกา เมล็ดข้าวเล็กรูปไข่ มีรสชาติเฉพาะ กลิ่นคล้ายข้าวโพด มีความแข็ง เมื่อสุกจะมีความฟูน้อย และข้าวที่ปลูกในประเทศไทย เมล็ดข้าวเรียวยาว ข้าว ใส มีกลิ่นหอมเหมือนใบเตย เมื่อสุกจะเหนียวนุ่ม (ปิยะนันท์, 2543)

ประเทศไทย เป็นแหล่งผลิตข้าวที่สำคัญแห่งหนึ่งของโลก และเป็นสินค้าส่งออก โดยในปี พ.ศ. 2566 มีปริมาณการส่งออก 8.76 ล้านตัน

คิดเป็นมูลค่า 178,136 ล้านบาท (กรมการค้าต่างประเทศ, 2567) โดยผลผลิตข้าวที่ผลิตได้ในแต่ละพื้นที่ มีคุณลักษณะที่แตกต่างกันตามลักษณะทางภูมิศาสตร์ เช่น ข้าวหอมมะลิ พันธุ์ข้าวดอกมะลิ105 และกข15 ที่ปลูกในพื้นที่ราบทุ่งกุลาร้องไห้ มีจุดเด่นคือ เมล็ดไม่มีหางข้าว เลื่อม มัน จมูกข้าวเล็ก เมื่อหุงสุกจะมีกลิ่นหอมและนุ่ม ซึ่งเป็นสินค้า Geographical Indication (GI) เรียกว่า ข้าวหอมมะลิทุ่งกุลาร้องไห้ (กรมทรัพย์สินทางปัญญา, 2555) และข้าวหอมมะลิ พันธุ์ข้าวดอกมะลิ105 และกข15 ที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดสุรินทร์ มีจุดเด่นคือ หอม ยาว ขาว นุ่ม เมื่อหุงสุกจะมีความอ่อนนุ่มชุ่มฉ่ำ ซึ่งเป็นสินค้า Geographical Indication (GI) เรียกว่า ข้าวหอมมะลิสุรินทร์ (กรมทรัพย์สินทางปัญญา, 2551) จากที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าผลผลิตที่ผลิตภายใต้สิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ เป็นส่วนหนึ่งที่สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลผลิตได้

บุรีรัมย์ พื้นที่ทางการเกษตรส่วนใหญ่ใช้ใน

การผลิตข้าว โดยพื้นที่ทางการเกษตรกว่าร้อยละ 70 ใช้ในการปลูกข้าว (สำนักงานเกษตรจังหวัดบุรีรัมย์, 2564) ซึ่งการปลูกข้าวในแต่ละพื้นที่ของจังหวัดบุรีรัมย์ มีความแตกต่างกัน เช่น ข้าวที่ปลูกในพื้นที่บ้านสวายสอ อำเภอเมือง ซึ่งเป็นพื้นที่อยู่รอบอ่างเก็บน้ำห้วยจรเข้มาก ชุ่มน้ำ มีความอุดมสมบูรณ์ โดยสังเกตได้จากการมีนกกระเรียนอาศัยอยู่ในบริเวณนั้น ส่งผลให้ข้าวที่ปลูกในพื้นที่ดังกล่าวมีความหอม นุ่ม ซึ่งเรียกว่า ข้าวนกกระเรียน และข้าวหอมมะลิ พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15 ที่ปลูกในพื้นที่ดินภูเขาไฟบุรีรัมย์ มีจุดเด่นคือ กลิ่นหอมเหนียว นุ่ม ไม่แฉะ ไม่แข็งกระด้าง มีเมล็ดข้าวเรียวยาว ขาวใส มีความขาวเป็นเงา เลื่อมมันทองไข่น้อย มีปริมาณธาตุฟอสฟอรัส และแคลเซียมสูงกว่าข้าวหอมมะลิที่ปลูกในพื้นที่อื่น ๆ ซึ่งเป็นสินค้า Geographical Indication เรียกว่า “ข้าวหอมมะลิ ดินภูเขาไฟบุรีรัมย์ (Khow Hom Mali Din Phu Kao Fai Buri Ram Rice)” (กรมทรัพย์สินทางปัญญา, 2563)

บ้านสนวนนอก เป็นพื้นที่ที่ทำนาในเขตดินภูเขาไฟ ซึ่งได้รับหนังสืออนุญาตให้ใช้ตราสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ไทยข้าวหอมมะลิ ดินภูเขาไฟบุรีรัมย์ เมื่อวันที่ 3 ตุลาคม 2566 (กรมทรัพย์สินทางปัญญา, 2563) จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่า มีเกษตรกรปลูกข้าวในพื้นที่ดินภูเขาไฟ จำนวน 40 ราย พื้นที่ 325 ไร่ ผลผลิตรวมโดยประมาณ 146 ตันต่อปี (ผลผลิตเฉลี่ย 450 กิโลกรัมต่อไร่ * พื้นที่ปลูก 325 ไร่) คิดเป็นมูลค่า 2.5 ล้านบาทต่อปี (ราคาขายเฉลี่ย 17 บาทต่อกิโลกรัม * ผลผลิต 146 ตันต่อปี) ซึ่งผลผลิตส่วนใหญ่ จำหน่ายในรูปแบบของข้าวเปลือก ส่วนการสร้างมูลค่าเพิ่มทำได้เพียงการแปรรูปขั้นต้น เป็นข้าวสารเท่านั้น และจำหน่ายให้กับผู้มาศึกษาดูงานในพื้นที่

การส่งเสริมและพัฒนาเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มข้าวหอมมะลิ ดินภูเขาไฟบ้านสนวนนอก จึงเป็นสิ่งที่ท้าทายและมีความสำคัญอย่างยิ่งในการสร้างรายได้ให้กับชุมชน ซึ่งจากการศึกษาเบื้องต้นพบว่า กลุ่มข้าวหอมมะลิ ดินภูเขาไฟบ้านสนวนนอก มีความพร้อมในการพัฒนาเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มของข้าวหอมมะลิ ดินภูเขาไฟดังกล่าว จึงเกิดความคิดริเริ่มในการศึกษาโดยมุ่งทำความเข้าใจบริบท การผลิต การแปรรูป และการตลาด และค้นหาแนวทางการพัฒนาการสร้างมูลค่าเพิ่มสินค้าสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ข้าวหอมมะลิ ดินภูเขาไฟบุรีรัมย์ของกลุ่มข้าวหอมมะลิ ดินภูเขาไฟบ้านสนวนนอก เพื่อใช้เป็นข้อเสนอสำหรับพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนตามแนวคิด Bio Economy – Circular Economy – Green Economy (BCG) โดยการขับเคลื่อนการพัฒนาของสำนักงานเกษตรอำเภอห้วยราช และสำนักงานเกษตรจังหวัดบุรีรัมย์ ภายใต้บันทึกความร่วมมือทางวิชาการระหว่าง กรมส่งเสริมการเกษตร และมหาวิทยาลัยขอนแก่น ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. พื้นที่ศึกษา

การศึกษานี้ได้ทำการศึกษาที่ กลุ่มข้าวหอมมะลิ ดินภูเขาไฟบ้านสนวนนอก ตั้งอยู่ที่บ้านสนวนนอก หมู่ที่ 2 ตำบลสนวน อำเภอห้วยราช จังหวัดบุรีรัมย์ พิกัด 14°56'10"N 103°10'39"E การเดินทางกรณีเดินทางโดยรถยนต์เริ่มจากตัวเมืองบุรีรัมย์โดยใช้ถนนบุรีรัมย์-ห้วยราช เส้นทางหลวงหมายเลข 2447 จนถึงแยกไปอำเภอห้วยราช เป็นระยะทาง 2 กิโลเมตร จากนั้นเดินทางไปตามถนนหมายเลข บร.3048 สายบุรีรัมย์-ห้วยราช เป็นระยะทาง 7.5 กิโลเมตร และเดินทางจากตัวอำเภอห้วยราชไปบ้านสนวนนอกเป็นระยะทาง 2.5 กิโลเมตร (Figure 1)

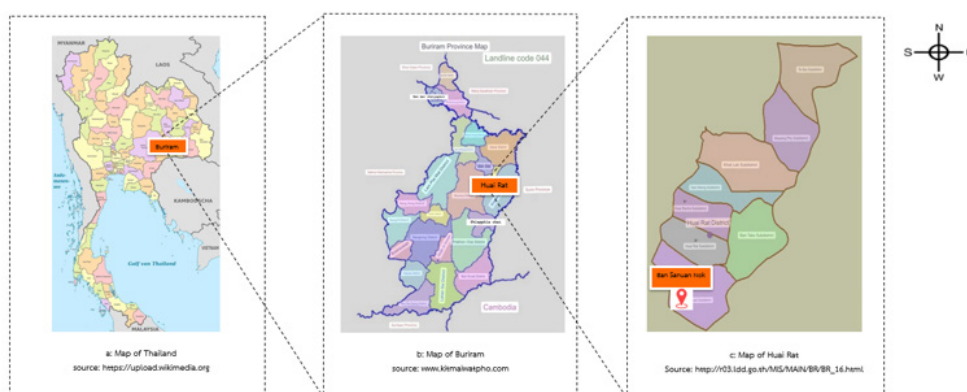


Figure 1 Map of study site: (a) Map of Thailand, (b) Map of Buri Ram Province and (c) Map of Huai Rat.

2. ขั้นตอนการศึกษา

ระยะที่ 1 ศึกษาบริบท การผลิต การแปรรูป และการตลาดข้าวหอมมะลินิเวศนาไฟฟูริรัมย์ของกลุ่มเกษตรกร ดำเนินการโดยประยุกต์ใช้เทคนิค Rapid Rural Appraisal (RRA) (Chambers, 1981 และ ยศ, 2558) โดยเริ่มจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องสำหรับนำมาเป็นพื้นฐานในการสร้างประเด็นหัวข้อย่อย (sub topic) เพื่อเป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูลมือสอง ที่เกี่ยวข้องกับบริบทชุมชน การผลิต การแปรรูป และการตลาดข้าวหอมมะลินิเวศนาไฟฟูริรัมย์ของกลุ่มเกษตรกร และได้รวบรวมข้อมูลภายใต้ประเด็นหัวข้อย่อยข้างต้น ด้วยการสังเกตและสัมภาษณ์โดยคัดเลือกผู้ให้ข้อมูลแบบเจาะจงตามประสงค์ (purposive) ที่เป็นผู้รู้ (key informants: KIs) สมาชิกกลุ่ม ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในชุมชน และเจ้าหน้าที่รัฐที่เกี่ยวข้อง จำนวนรวม 20 ราย ประกอบด้วย (1) ผู้นำชุมชน 2 ราย คือผู้ใหญ่บ้านและสารวัตรกำนัน (2) สมาชิกกลุ่มข้าวหอมมะลินิเวศนาไฟฟู 16 ราย โดยเลือกจากสมาชิกที่ปลูกข้าวหอมมะลินิเวศนาไฟฟู และสมัครใจเข้าร่วมกิจกรรม และ (3) เจ้าหน้าที่รัฐที่เกี่ยวข้อง 2 ราย โดยเลือกจากนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร สำนักงานเกษตรอำเภอห้วยราชที่เป็นผู้รับผิดชอบพื้นที่ตำบลสนวน และนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร สำนักงานเกษตรจังหวัดบุรีรัมย์ ผู้รับผิดชอบโครงการส่งเสริมการผลิต

การแปรรูป การตลาดสินค้าเกษตรปลอดภัย กิจกรรมส่งเสริมศักยภาพผู้ปลูกข้าวหอมมะลินิเวศนาไฟฟู ดำเนินการในเดือน ตุลาคม 2565 - มกราคม 2566

ระยะที่ 2 ประเมินความจำเป็น ความเป็นไปได้ และกำหนดแนวทางการสร้างมูลค่าเพิ่มข้าวดินภูเขาไฟกลุ่มเกษตรกร ประยุกต์ใช้เทคนิค Appreciation-Influence-Control (AIC) (ยศ, 2558) โดยการเปิดโอกาสให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรม เข้ามามีส่วนร่วมในการประเมินความจำเป็น ความเป็นไปได้ และกำหนดแนวทางการสร้างมูลค่าเพิ่ม เริ่มจากนำผลจากการศึกษาระยะที่ 1 มาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการสร้างกรอบประเด็นเพื่อเป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูลผ่านการจัดเวทีชุมชน (group discussion) โดยคัดเลือกผู้ให้ข้อมูลแบบเจาะจงตามประสงค์ที่เป็นผู้รู้ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในชุมชน และเจ้าหน้าที่รัฐที่เกี่ยวข้อง จำนวนรวม 28 ราย ประกอบด้วย (1) สมาชิกกลุ่มฯ 20 ราย, ผู้นำชุมชน 2 ราย (2) เจ้าหน้าที่ภาครัฐ 4 ราย และ (4) ตัวแทนเกษตรกรผู้ปลูกข้าวหอมมะลินิเวศนาไฟฟูริรัมย์กลุ่มอื่น ๆ ในอำเภอห้วยราช 2 ราย ดำเนินการในวันที่ 1 มีนาคม 2566 ณ ศาลากลางบ้าน หมู่ 2 บ้านสนวนนอก ตำบลสนวน อำเภอห้วยราช จังหวัดบุรีรัมย์

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลทั้ง 2 ระยะ ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิค 6C (ยศ, 2558) ขั้นตอนที 1

การวิเคราะห์ข้อมูลขณะที่รวบรวมข้อมูล (data analysis while data collection: C1) เช่น การจัดเวทีได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลขณะที่ทำการจัดเวทีไปพร้อมด้วย (iterative) ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์จำแนกประเภท (categorization: C2) (เช่น การแยกประเภทกิจกรรม ใน Figure 2, Table 1, Table 2 และ Table 3 เป็นต้น) ขั้นตอนที่ 3 การเปรียบเทียบ (comparison: C3) (เช่น การเปรียบเทียบใน Table 1, Table 2 และ Figure 4 เป็นต้น) ขั้นตอนที่ 4 หาความสัมพันธ์หรือเชื่อมโยง (compilation or correlation: C4) (เช่น การเชื่อมโยงความสัมพันธ์การไหล (flow) ของแต่ละส่วนย่อยใน Figure 4 และ Figure 5 เป็นต้น) ขั้นตอนที่ 5 การสร้างข้อสรุป (construction: C5) (เช่น Figure 5 เป็นต้น) และขั้นตอนที่ 6 วิเคราะห์เชิงสร้างสรรค์ (creation: C6) (เช่น การวิเคราะห์เชิงสร้างสรรค์ของผลการศึกษแต่ละส่วน) ตามลำดับ

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. บริบทชุมชน การผลิต การแปรรูป และการตลาดข้าวหอมมะลินิคมเขาไฟบุรีรัมย์ของกลุ่มเกษตรกร



Figure 2 Agriculture activities: (a) Paddy field, (b) Sericulture, (c) Vegetables and (d) Livestock.

ในปี พ.ศ. 2565 บ้านสนวนนอกมีประชากรจำนวน 655 คน โดยแบ่งเป็นเพศชาย 313 คน และเพศหญิง 342 คน (ที่ว่าการปกครองอำเภอห้วยราช, 2565) และจากการศึกษาพบว่า ประชากรในบ้านสนวนนอก ส่วนใหญ่เป็นคนไทยเชื้อสายเขมร และนับถือศาสนาพุทธ มีการทำนุบำรุงบุญประเพณีและวัฒนธรรมชุมชน ได้แก่ บุญขวัญข้าว บุญมหาชาติ

การศึกษาส่วนนี้ได้ประยุกต์ใช้เทคนิค RRA ในการศึกษา พบว่า

1.1 บริบทชุมชน

บ้านสนวนนอก ตั้งอยู่ที่ หมู่ 2 ตำบลสนวน อำเภอห้วยราช จังหวัดบุรีรัมย์ มีเนื้อที่ทั้งหมด 1,592 ไร่ เป็นพื้นที่อยู่อาศัย 575 ไร่ พื้นที่สาธารณะ 37 ไร่ และพื้นที่การเกษตร 980 ไร่ มีลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่มซึ่งส่วนใหญ่ใช้ในการทำการเกษตร และที่ดอน เป็นเนินสูงสำหรับสร้างที่อยู่อาศัย พื้นที่ทางทิศตะวันตกของหมู่บ้านเป็นลำห้วยตามธรรมชาติเรียกว่าลำห้วยตลาด ที่ชาวบ้านใช้เป็นแหล่งอาหาร และใช้ในการเกษตร นอกจากนี้ยังมีหนองท่านบที่ชาวบ้านใช้เป็นแหล่งน้ำสำหรับการอุปโภค บริโภคด้วย มีลักษณะภูมิอากาศแบบร้อนชื้น การเกษตรส่วนใหญ่อาศัยน้ำฝน เนื่องจากเป็นพื้นที่นอกเขตชลประทาน พืชหลัก คือ ข้าว พืชรองคือ หม่อนไหม ผักสวนครัว มีการเลี้ยงสัตว์โค กระบือ เป็ดและไก่พื้นเมือง เป็นต้น (Figure 2)

บุญสงกรานต์ บุญวันสารทใหญ่ เป็นต้น สำหรับอาชีพของชาวบ้านพบว่า มีอาชีพทำนาเป็นหลัก เมื่อสิ้นสุดฤดูกาลทำนาผู้ชายมักทำกิจกรรมทางการเกษตรด้วยการเลี้ยงโค-กระบือ หรือบางรายไปรับจ้างที่ต่างจังหวัด ส่วนผู้หญิงทำกิจกรรมปลูกพืชผักสวนครัว ปลูกหม่อน เลี้ยงไหม และทอผ้าไหมพื้นเมือง (Table 1)

Table 1 Agriculture activity calendar of Ban Sanuan Nok, Huai Rat district, Buri Ram province.

Activity	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
1. Livestock	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2. Paddy					✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3. Sericulture	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4. Vegetables	✓	✓	✓	✓							✓	✓

1.2 สภาพการผลิต การแปรรูป และการตลาดข้าวดินภูเขาไฟของกลุ่มเกษตรกร

1.2.1 สภาพการผลิต

บ้านสนวนนอก มีเกษตรกรที่ปลูกข้าวหอมมะลิในเขตพื้นที่ดินภูเขาไฟ 40 ครัวเรือน พื้นที่รวม 325 ไร่ โดยอยู่ในเขตพื้นที่นาโคก 215 ไร่ และอยู่ในเขตพื้นที่นาห้วย 110 ไร่ (Figure 3) ซึ่งในการผลิตเฉพาะฤดูข้าวนาปีเท่านั้น โดยเริ่มไถกลบตอซังข้าวหลังฤดูเก็บเกี่ยวในช่วงเดือน ธันวาคม – มกราคม ไถเตรียมดินก่อนปลูก 2 รอบคือ ไถตะและไถแปรในช่วงเดือน เมษายน – พฤษภาคม และทำการเพาะปลูกช่วงเดือนเมษายน – สิงหาคม โดยใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวหอมมะลิ 105 หรือ กข15 ดูแลบำรุงต้นข้าวด้วยปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก จุลินทรีย์ชีวภาพ และกำจัดโรคและแมลงด้วยสารชีวภัณฑ์

การตัดใบข้าว เป็นต้น เก็บเกี่ยวข้าวในระยะพลับพลึง ช่วงเดือนตุลาคม – พฤศจิกายน (Table 2) และเก็บรักษาผลผลิตในพื้นที่ที่สะอาดปราศจากแมลง โดยแยกเก็บจากข้าวที่ปลูกในพื้นที่อื่น ต่อมาในปี พ.ศ. 2565 เกษตรกรผู้ปลูกข้าวหอมมะลิในเขตพื้นที่ดินภูเขาไฟ ได้จัดตั้งกลุ่มเพื่อสมัครเข้าร่วมโครงการส่งเสริมการผลิต การแปรรูป การตลาดสินค้าเกษตรปลอดภัย กิจกรรมหลักเพิ่มศักยภาพการผลิตข้าวหอมมะลิในเขตพื้นที่ดินภูเขาไฟบุรีรัมย์ โดยใช้ชื่อกลุ่มว่า “กลุ่มข้าวหอมมะลิดินภูเขาไฟบ้านสนวนนอก” และได้รับหนังสืออนุญาตให้ใช้ตราสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ไทย “ข้าวหอมมะลิดินภูเขาไฟบุรีรัมย์” ทะเบียนเลขที่ สข 63100150 ออกให้ ณ วันที่ 3 ตุลาคม พ.ศ. 2566 โดยกรมทรัพย์สินทางปัญญา กระทรวงพาณิชย์



Figure 3 Production area for Geographical Indication product, Khow Hom Mali Din Phu Kao Fai Buri Ram Rice (GI-KHM-LDPKF-BURIRAM) of Ban Sanuan Nok Volcanic Hom Mali Rice Group (BSN-VHMRG).

Table 2 Calendar of GI-KHMLDPKF-BURIRAM, BSN-VHMRG.

Activity	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
1. Farming					✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2. Processing	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3. Marketing (sale)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

จากการศึกษาสภาพการผลิตข้าวหอมมะลิ
ดินภูเขาไฟของกลุ่มฯ พบว่าข้าวหอมมะลิที่ปลูกใน
ดินภูเขาไฟมีเอกลักษณ์ที่โดดเด่น มากกว่าข้าวหอม
มะลิที่ปลูกในพื้นที่อื่น ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ
รุ่งเรือง (2563) ที่ทำการศึกษาข้อมูลและกลไกเพื่อ
ขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ข้าวหอมมะลิดิน
ภูเขาไฟบุรีรัมย์ พบว่าผลการวิเคราะห์สารสำคัญ
ในข้าวหอมมะลิที่ปลูกในชุดดินภูเขาไฟของบุรีรัมย์
ทั้ง 7 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเมืองบุรีรัมย์ อำเภอ
ห้วยราช อำเภอประโคนชัย อำเภอเฉลิมพระเกียรติ
อำเภอบัวคำ อำเภอละหานทราย และอำเภอนางรอง
ที่ปลูกในปี พ.ศ. 2561 กับสารสำคัญในข้าวหอม
มะลิ GI ที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดอื่น ๆ เช่น ร้อยเอ็ด
และอุบลราชธานี ที่ปลูกในปีเดียวกัน ผลที่ได้คือข้าว
หอมมะลิดินภูเขาไฟบุรีรัมย์ มีปริมาณสารสำคัญ
ที่จำเป็นต่อร่างกายอย่างน้อย 2 ชนิด สูงกว่าข้าว
หอมมะลิที่ปลูกในพื้นที่อื่น ๆ คือ ฟอสฟอรัส และ
แคลเซียม สูงกว่าข้าวหอมมะลิทั่วไปประมาณ 109-
226 เปอร์เซ็นต์ และ 65-149 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ
และผลผลิตข้าวที่ผลิตในแต่ละพื้นที่ มีคุณลักษณะที่
แตกต่างกันตามลักษณะทางภูมิศาสตร์ซึ่งสอดคล้อง
กับรายงานของ Goonathilaka *et al.* (2023)
ที่ทำการศึกษาการพัฒนาการสร้างมูลค่าเพิ่มน้ำมัน
ข้าวโดยใช้พันธุ์ข้าวดั้งเดิม และพันธุ์ปรับปรุงใน
ศรีลังกา พบว่าคุณค่าทางโภชนาการของข้าวแตกต่าง
กันไปตามลักษณะทางพันธุกรรม สภาพแวดล้อมหรือ
ภูมิศาสตร์ กระบวนการหลังการเก็บเกี่ยว และการ
เก็บรักษา

1.2.2 การแปรรูป และการตลาด

ข้าวหอมมะลิดินภูเขาไฟที่ปลูกในพื้นที่
บ้านสนวนนอก มีผลผลิตเฉลี่ย 450 กิโลกรัมต่อไร่
ผลผลิตรวมโดยประมาณ 146 ตันต่อปี คิดเป็นมูลค่า
ข้าวเปลือก 2.5 ล้านบาทต่อปี ซึ่งผลผลิตส่วนใหญ่

จำหน่ายในรูปแบบของข้าวเปลือก ส่วนผลผลิตบาง
ส่วนเก็บไว้บริโภค และไว้ทำพันธุ์ในฤดูกาลผลิตหน้า
(Figure 4)

จากการศึกษาการแปรรูป และการตลาด
ข้าวหอมมะลิดินภูเขาไฟของกลุ่มฯ ที่พบว่า การสร้าง
มูลค่าเพิ่มทำได้เพียงการแปรรูปขั้นต้น เป็นข้าวสาร
ยังไม่มีสินค้าแปรรูปที่หลากหลาย ซึ่งการแปรรูป และ
การสร้างมูลค่าเพิ่ม จะสามารถสร้างรายได้ สร้างงาน
สร้างอาชีพ ให้แก่เกษตรกรผู้ปลูกข้าวหอมมะลิดิน
ภูเขาไฟได้มากขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ พันธุ์
จิตต์ และคณะ (2562) ที่ทำการศึกษาการจัดการ
ความรู้ท้องถิ่นชนมไทยและอาหารว่างจากข้าวใน
ตำบลยี่ล้น อำเภอวิเศษชัยชาญ จังหวัดอ่างทอง
พบว่าการสร้างคุณค่าของภูมิปัญญาชนมจาก
แป้งข้าว ด้วยการสร้างเอกลักษณ์ สร้างผลิตภัณฑ์
อาจต้องนำมาประยุกต์หากคนในพื้นที่ยังต้องการ
อนุรักษ์ภูมิปัญญาไว้ รวมทั้งการใช้ภูมิปัญญาได้จริง
ในวิถีชีวิตประจำวัน หรือการสร้างอาชีพ สร้างรายได้
และสร้างเป็นคุณค่าที่พร้อมส่งต่อไปให้กับคนทั่วไปได้
รู้จัก ได้ชิม ได้เรียนรู้ เป็นการแบ่งปัน ซึ่งโมเดลข้าวตั้ง
ชาวบ้านในพื้นที่หลายรายทำข้าวตังดิบส่งไปยัง
ร้านขนมในตลาดเจ้าโรงทอง เป็นตัวอย่างที่น่าสนใจ
ในการขับเคลื่อนพัฒนาภูมิปัญญาท้องถิ่นชนมไทย
ต่อไป และอาจต้องพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมและ
เป็นที่ต้องการของลูกค้า ตลอดจนค้นหาตลาดและ
รูปแบบการจัดจำหน่ายที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์
ขนมที่สามารถทำเป็นการค้าได้ เช่น กระจ่างสารท ซึ่ง
มีกลุ่มทำจำหน่ายช่วงเทศกาล หรือเมื่อมีคำสั่งซื้อ
โดยสามารถพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์กระจ่างสารทที่
หลากหลายรสชาติยิ่งขึ้น อาจจัดได้ว่าเป็นองค์ความ
รู้ใหม่ที่เกิดจากการจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่น
ในพื้นที่

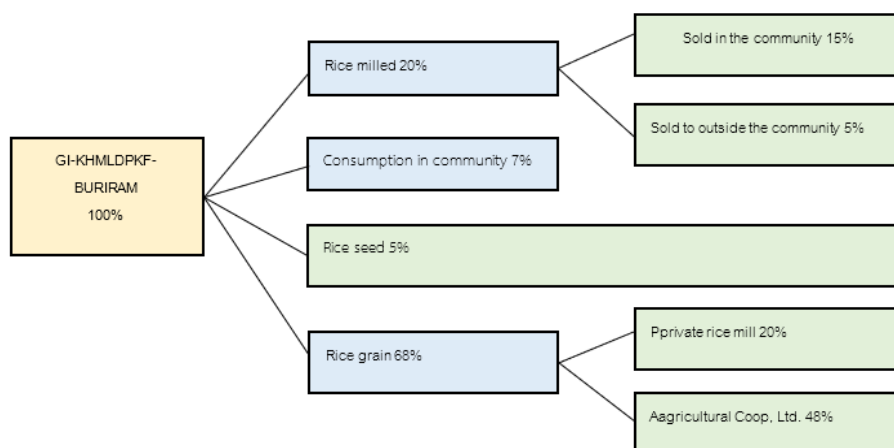


Figure 4 Marketing channel of GI-KHMLDPKF-BURIRAM, BSN-VHMRG.

2. การประเมินความจำเป็น ความเป็นไปได้ และแนวทางการสร้างมูลค่าเพิ่มข้าวดินภูเขาไฟของกลุ่มเกษตรกร

การศึกษาส่วนนี้ได้ประยุกต์ใช้เทคนิค AIC ในการศึกษา พบว่า

2.1 ศักยภาพ ข้อจำกัด และความภาคภูมิใจ

ได้ทำการแบ่งกลุ่มเกษตรกรออกเป็น 2 กลุ่ม โดยให้โจทย์ “ข้าวดินภูเขาไฟของชุมชนในวันนี้” (การยอมรับชื่นชม จากอดีตสู่ปัจจุบัน (application 1: A1)) ให้แต่ละกลุ่มวาดภาพสภาพการผลิต การแปรรูป และการตลาดข้าวดินภูเขาไฟในปัจจุบันเพื่อสะท้อนถึงสิ่งที่มีอยู่ สิ่งที่ขาดหาย และความภาคภูมิใจในปัจจุบัน พร้อมส่งตัวแทนกลุ่มนำเสนอภาพวาดหลังจากนั้น นำภาพจากทั้ง 2 กลุ่มมารวมกัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ศักยภาพ ข้อจำกัด และความภาคภูมิใจชุมชน (Table 3) สามารถบูรณาการสรุปได้ ดังนี้

2.1.1 ศักยภาพหรือจุดเด่น จากการศึกษพบว่า กลุ่มมีศักยภาพที่โดดเด่น 3 ประเด็น คือ (1) บ้านสวนนอกมีพื้นที่ปลูกข้าวในเขตดินภูเขาไฟมากถึง 325 ไร่ (2) มีผลผลิตข้าวหอมมะลิดินภูเขาไฟรวมมากถึง 146 ตันต่อปี และ (3) มีเกษตรกรที่ปลูกข้าวในเขตดินภูเขาไฟจำนวน 40 ครัวเรือนซึ่งเกษตรกรมีความพร้อมในการพัฒนาการสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ข้าวดินภูเขาไฟเป็นอย่างมาก

2.1.2 ข้อจำกัด

จากการศึกษพบว่ากลุ่ม

มีข้อจำกัด 7 ประเด็น คือ (1) ปัญหาโรคและแมลงเข้าทำลายต้นข้าวส่งผลให้เกิดความเสียหายด้านคุณภาพผลผลิต และปริมาณผลผลิตลดลง (2) ปัญหาต้นทุนการผลิตสูง ราคาน้ำมันที่สูงขึ้น ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตข้าวสูงขึ้นตามไปด้วย ไม่ว่าจะเป็น ค่าไถ ค่าเมล็ดพันธุ์ ค่าจ้างแรงงาน ค่าปุ๋ย ค่าดูแลรักษา และค่าเก็บเกี่ยว (3) ปัญหาภัยธรรมชาติ เนื่องจากพื้นที่ทำนาของบ้านสวนนอกอยู่นอกเขตชลประทานไม่สามารถควบคุมน้ำได้ ต้องอาศัยน้ำจากธรรมชาติ บางปีเจอปัญหาภัยแล้ง บางปีเจอปัญหาน้ำท่วมส่งผลให้คุณภาพและปริมาณผลผลิตข้าวลดลง (4) ไม่มีการแปรรูปผลผลิต โดยผลผลิตส่วนใหญ่จำหน่ายในรูปแบบของข้าวเปลือก ส่วนการแปรรูปทำได้แค่แปรรูปขั้นต้นเป็นข้าวสารเท่านั้น (5) ขาดองค์ความรู้ด้านการแปรรูป เกษตรกรยังขาดองค์ความรู้ด้านการแปรรูปผลผลิต และยังไม่มีความรู้ด้านการแปรรูปให้มีความหลากหลายมากขึ้น (6) ราคาผลผลิตตกต่ำจากหลายปีที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่าราคาสินค้าเกษตรตกต่ำ รวมถึงผลผลิตข้าวก็เช่นเดียวกัน ต้นทุนการผลิตสูง แต่ราคาผลผลิตตกต่ำ บางปีขาดทุน และ (7) ขาดเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ทันสมัย ซึ่งการใช้เทคโนโลยี และนวัตกรรมที่ทันสมัย อาจช่วยให้เกษตรกรประหยัดเวลา และสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตได้

2.1.3 ความภาคภูมิใจ จากการศึกษาพบว่ากลุ่มมีความภาคภูมิใจ 2 ประเด็น คือ (1) เป็นหมู่บ้านท่องเที่ยวเชิงเกษตรด้านหม่อนไหม มีนักท่องเที่ยว นักเรียน นักศึกษา เข้ามาศึกษาดูงาน

ในหมู่บ้าน สร้างรายได้ให้กับประชากรในหมู่บ้าน และ (2) กลุ่มได้รับหนังสืออนุญาตให้ใช้ตราสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ไทย “ข้าวหอมมะลิดินภูเขาไฟบุรีรัมย์” จากกรมทรัพย์สินทางปัญญา กระทรวงพาณิชย์

Table 3 Potential, Constraint and Proud on GI-KHMLDPKF-BURIRAM, BSN-VHMRG.

	Potential	Constraint	Proud
Group management	1) Ready to development.		1) Agro Tourism community
Farming	2) Farming area amount 325 rai of GI-KHMLDPKF-BURIRAM 3) production yield of GI-KHMLDPKF-BURIRAM amount 146 tons per year.	1) Problems on Disease and insect 2) Expensive production costs 3) Disaster (Drought and flood)	2) The land of GI-KHMLDPKF-BURIRAM
Processing		4) only rice milled product, no more processing of products. 5) Lack of processing knowledge	
Marketing		6) Low price of rice grain 7) Lack of modern technology and innovation	

2.2 ประเด็นในการพัฒนา และความจำเป็นในการพัฒนา

2.2.1 ประเด็นในการพัฒนา ได้ให้สมาชิกร่วมกันวาดภาพ โดยให้โจทย์ “ข้าวดินภูเขาไฟของชุมชนในฝัน” (การยอมรับขึ้นชมจากปัจจุบันสู่อนาคต (application 2: A2)) ซึ่งมีวิทยากรร่วมกระตุ้นการสร้างภาพฝันของชุมชนประเด็นที่จำเป็นในการพัฒนาพร้อมนำเสนอภาพวาด หลังจากนั้นให้สมาชิกเขียนประเด็นที่ตนเองต้องการ แล้วนำกระดาษมาแปะบนกระดาษฟางทีละคน สามารถสรุปประเด็นในการพัฒนาได้ 6 ประเด็น ดังนี้ (1) สมาชิกต้องการแปรรูปผลผลิตข้าวหอมมะลิดินภูเขาไฟ เนื่องจากในปัจจุบันมีเพียงการแปรรูปขั้นต้นเป็นข้าวสารเท่านั้น สมาชิกต้องการแปรรูปผลผลิตให้มีหลากหลาย (2) สมาชิกต้องการสร้างมูลค่าเพิ่มด้วยการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ที่มีความทันสมัย ทนทาน สะดวกสบายต่อการใช้งาน

และการขนส่ง (3) สมาชิกต้องการพัฒนาการผลิตข้าวดินภูเขาไฟ เนื่องจากในปัจจุบันสมาชิกยังขาดองค์ความรู้ด้านกระบวนการผลิตข้าว ไม่ว่าจะเป็นการลดต้นทุนการผลิต การกำจัดโรคและแมลง การใช้สารชีวภัณฑ์แทนสารเคมี การใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสง แหนแดง แทนการใช้ปุ๋ยเคมี เป็นต้น (4) สมาชิกต้องการสร้างตราสินค้าเป็นของกลุ่ม ที่เน้นความเป็นเอกลักษณ์ จดจำง่าย และเป็นที่น่าสนใจ (5) สมาชิกมีความต้องการพัฒนาตลาดข้าวดินภูเขาไฟ เนื่องจากในปัจจุบันจำหน่ายผลผลิตเฉพาะในชุมชนเท่านั้น ต้องการให้คนภายนอกเข้าถึง อยากเพิ่มช่องทางการจำหน่าย และ (6) สมาชิกต้องการให้มีการประชาสัมพันธ์ เพื่อให้คนในพื้นที่ และนอกพื้นที่รู้จักข้าวดินภูเขาไฟมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นจุดเด่นเอกลักษณ์เฉพาะตัวของข้าวที่ไม่เหมือนใคร เพราะในตอนนี้ยังไม่เป็นที่รู้จักมากนัก

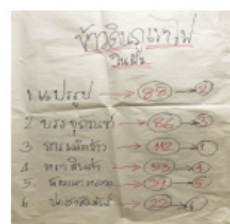
2.2.2 ความจำเป็นในการพัฒนา หลังจากได้ประเด็นในการพัฒนา 6 ประเด็นตามข้อที่ 2.2.1 แล้วนั้น ได้ให้โจทย์ “ฝันใถ้อยิ่งใหญ่กว่า” (พลังอิทธิพลหรือพลังประชาคม ที่สามารถก้าวข้ามปัจจุบันสู่ออนาคตได้ (influence 1: 11)) ทั้งนี้ ผู้มีสิทธิในการลงคะแนนประเมินความจำเป็นในการพัฒนาให้เป็นเอกสิทธิ์เฉพาะสมาชิกกลุ่มเท่านั้น โดยแจกยางให้สมาชิก 20 คน ๆ ละ 20 เส้น รวม 400 เส้นเพื่อลงคะแนน ซึ่งการลงคะแนนครบ 20 คะแนนหรือไม่ให้เป็นเอกสิทธิ์ของสมาชิกกลุ่มแต่ละคน และทำการเรียงลำดับความจำเป็นในการพัฒนาได้ตามลำดับ



a.



b.



c.

Figure 5 AIC activity: (a) expressing of need, (b) voting of need and (c) ranking of need assessment.

2.3 ความเป็นไปได้ในการพัฒนา

การศึกษาในส่วนนี้ ได้มีโจทย์ให้ผู้ร่วมกิจกรรมในการร่วมหาคำตอบภายใต้โจทย์ “ฝันที่เป็นไปได้ภายใน 1 ปี” (พลังอิทธิพลหรือพลังประชาคม ที่สามารถไปสู่อนาคตเป็นไปได้ในเร็ว ๆ นี้ (Influence 2: 12)) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการพัฒนาที่สามารถพัฒนาได้จริงภายในระยะเวลา 1 ปี โดยให้สมาชิกร่วมกันวิเคราะห์และพิจารณาประเด็นในการพัฒนา 6 ประเด็นตามข้อที่ 2.2.2 ผลจากการค้นหาคำตอบ พบว่าทั้ง 6 ประเด็น สามารถพัฒนาได้จริงภายในระยะเวลา 1 ปี

2.4 แนวทางในการพัฒนา

หลังจากสมาชิกร่วมกันพิจารณาประเด็นที่สามารถพัฒนาได้จริงภายในระยะเวลา 1 ปี ดังข้อที่ 2.3 แล้วนั้น สมาชิกกลุ่มฯ จึงได้ร่วมกันวางแผนแนวทางการพัฒนาข้าวหอมมะลินอกเขตปลูกข้าวไฟเป็น 2 แนวทาง (การควบคุมเชิงสร้างสรรค์หรือการจัดการพัฒนาไปสู่อนาคต (control: C)) (Figure 6) ดังนี้

(Figure 5) ดังนี้ (1) การสร้างมูลค่าเพิ่มด้วยการพัฒนาการผลิต (farming) 112 คะแนน (2) การสร้างมูลค่าเพิ่มด้วยการแปรรูปผลผลิต (processing) 88 คะแนน (3) การสร้างมูลค่าเพิ่มด้วยการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ (packaging) 86 คะแนน (4) การสร้างมูลค่าเพิ่มด้วยการสร้างตราสินค้า (branding) 53 คะแนน (5) การสร้างมูลค่าเพิ่มด้วยการพัฒนาตลาด (marketing) 39 คะแนน และ (6) การสร้างมูลค่าเพิ่มด้วยการประชาสัมพันธ์ให้เป็นที่รู้จักมากขึ้น (public relation) 22 คะแนน

2.4.1 สร้างมูลค่าเพิ่มข้าวหอมมะลินอกเขตปลูกข้าวไฟ ด้วยการพัฒนาการผลิต การแปรรูปบรรจุภัณฑ์ และตราสินค้า จากการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการพัฒนาที่สามารถพัฒนาได้จริงภายในระยะเวลา 1 ปีตามข้อ 2.3 นำมาซึ่งการกำหนดแนวทางการพัฒนาข้าวหอมมะลินอกเขตปลูกข้าวไฟ โดยนำประเด็น 4 ใน 6 ได้แก่ การพัฒนาการผลิต การแปรรูป บรรจุภัณฑ์ และตราสินค้า มาบูรณาการเป็นแนวทางที่ 1 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนการผลิต การผลิตข้าวให้มีคุณภาพ การเพิ่มผลผลิตข้าวต่อพื้นที่ การแปรรูปผลผลิตให้มีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ พัฒนาบรรจุภัณฑ์ให้มีความทันสมัยสะดวกในการบริโภค รวมถึงการสร้างตราสินค้าที่สวยงาม น่าสนใจ เป็นที่จดจำแก่กลุ่มลูกค้า โดยมีแนวทางย่อยในการดำเนินการ ดังนี้

1) พัฒนาความรู้และทักษะการผลิตข้าว

กระบวนการผลิตข้าวของสมาชิกกลุ่มฯยังประสบปัญหาต้นทุนการผลิตที่สูง โรคและแมลงทำลาย

ต้นข้าว สมาชิกจึงมีความต้องการพัฒนาความรู้และทักษะการผลิตข้าว ไม่ว่าจะเป็นการลดต้นทุนการผลิต การกำจัดโรคและแมลง การใช้สารชีวภัณฑ์แทนสารเคมี การใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสง แห่นางแทนการใช้ปุ๋ยเคมี เป็นต้น และนำความรู้ที่ได้รับมาปรับใช้ ในกระบวนการผลิตข้าวหอมมะลินิเวศนาไฟ เพื่อลดต้นทุนการผลิต การผลิตข้าวให้มีคุณภาพ การเพิ่มผลผลิตข้าว รวมถึงการกำจัดโรคและแมลงต่อไป

2) พัฒนาการแปรรูป บรรจุภัณฑ์ และตราสินค้า ปัจจุบันผลผลิตจากข้าวหอมมะลินิเวศนาไฟ ส่วนใหญ่จำหน่ายในรูปแบบข้าวเปลือกข้าวสารเท่านั้น ผลผลิตที่จำหน่ายยังใส่ถุงหิ้วถุงพลาสติก หรือกระสอบทั่วไป และยังไม่มียี่ห้อสมาชิกกลุ่มฯ จึงมีความต้องการพัฒนาการแปรรูปผลผลิตให้มีความหลากหลายยิ่งขึ้น พัฒนาบรรจุภัณฑ์ให้มีความทันสมัย ทนทาน สะดวกสบายต่อการใช้งาน และการขนส่ง รวมถึงการสร้างตราสินค้าที่สวยงาม น่าสนใจ และเป็นที่จดจำแก่กลุ่มลูกค้า

การพัฒนาด้านการผลิต การแปรรูป และการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ ถือเป็นแนวทางหนึ่งของการสร้างมูลค่าเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร (ธัญสุดา และคณะ, 2565) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ วริศรา และคณะ (2563) ที่ศึกษาการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับข้าวหอมไชยาพันธุ์พื้นเมืองในอำเภอไชยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี พบว่าการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับข้าวหอมไชยา ทำในลักษณะการแปรรูปเบื้องต้นในรูปแบบของข้าวกล้องและผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ เพื่อเพิ่มอาชีพและสร้างรายได้ให้กับคนในชุมชนที่ปลูกข้าวหอมไชยา ทุกกิจกรรมยังไม่ได้ความนิยมและประสบความสำเร็จเท่าที่ควร ทั้งที่ข้าวหอมไชยามีความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว มีแนวโน้มและโอกาสในการสร้างและเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจของพื้นที่ ดังนั้นแนวทางการส่งเสริมการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับข้าวหอมไชยา ได้แก่ 1) ผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ต้องมีชื่อสินค้า ตราสินค้าที่ สะท้อนถึงความเป็นเอกลักษณ์ อัตลักษณ์ของข้าวหอมไชยา สวยงามเหมาะในการจัดจำหน่าย มีเรื่องราวบอกความเป็นมาของผลิตภัณฑ์ 2) แปรรูปผลิตภัณฑ์ข้าวหอมไชยาให้เป็นผลิตภัณฑ์อุปโภคและบริโภคที่มีความหลากหลาย 3) จัดหาสถานที่

จำหน่ายผลผลิตตั้งแต่แรกเริ่มไปจนถึงการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ และ 4) ประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์โดยใช้ช่องทางออนไลน์ที่หลากหลาย

2.4.2 สร้างมูลค่าเพิ่มข้าวหอมมะลินิเวศนาไฟ ด้วยการพัฒนาการตลาดข้าวหอมมะลินิเวศนาไฟ จากการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการพัฒนาที่สามารถพัฒนาได้จริงภายในระยะเวลา 1 ปี ตามข้อ 2.3 นำมาซึ่งการกำหนดแนวทางการพัฒนาข้าวหอมมะลินิเวศนาไฟ โดยนำประเด็น 2 ใน 6 ได้แก่ การพัฒนาตลาด และการประชาสัมพันธ์ มาบูรณาการเป็นแนวทางที่ 2 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาด้านการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ข้าวหอมมะลินิเวศนาไฟ ทั้งตลาดในท้องถิ่น และตลาดต่างถิ่น นอกจากนี้ ได้มีแผนการขยายช่องทางการตลาดผ่านระบบออนไลน์ และการประชาสัมพันธ์ให้เป็นที่รู้จักมากขึ้นด้วย โดยมีแนวทางย่อยในการดำเนินการ ดังนี้

1) พัฒนาการตลาดเชิงรุก ปัจจุบันข้าวอินิเวศนาไฟยังไม่ค่อยเป็นที่รู้จักกันมากนัก การจำหน่ายส่วนใหญ่ยังจำหน่ายเฉพาะตลาดในชุมชน หรือตลาดในท้องถิ่นเพียงเท่านั้น จึงมีความต้องการขยายตลาดไปยังพื้นที่อื่น ต้องการเพิ่มช่องทางการจำหน่าย และต้องการให้เป็นที่รู้จักมากขึ้น ซึ่งการประชาสัมพันธ์และเพิ่มช่องทางการจำหน่ายจะสามารถเพิ่มยอดขายและเพิ่มรายได้ให้แก่กลุ่มฯ

2) พัฒนาการตลาดชุมชน ปัจจุบันชุมชนบ้านสนวนนอกมีตลาดโบราณ เมื่อมีนักท่องเที่ยวเข้ามาในหมู่บ้านจะมีการซื้อสินค้าจากชุมชน เช่น ผ้าไหมชนมตตหมา ผลผลิตทางการเกษตรต่าง ๆ แต่ยังไม่มียี่ห้อผลิตภัณฑ์จากข้าวหอมมะลินิเวศนาไฟ หากมีการแปรรูป สร้างตราสินค้า พัฒนาบรรจุภัณฑ์ที่สวยงามดึงดูดสายตาจะสามารถเพิ่มทางเลือกให้นักท่องเที่ยวได้ซื้อสินค้าที่ผลิตในชุมชน มีความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะ และมีความหลากหลายมากขึ้น เพื่อเพิ่มยอดขายและรายได้ให้แก่กลุ่มฯ และชุมชน

การประชาสัมพันธ์ให้เป็นที่รู้จักมากขึ้น และการขยายช่องทางการตลาดในรูปแบบ online และ onsite ถือเป็นแนวทางหนึ่งของการสร้างมูลค่าเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร (ธัญสุดา และ ยศ, 2565)

ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ แก้วมณี และคณะ (2562) ที่ศึกษาการเพิ่มมูลค่าและพัฒนาารูปแบบช่องทางการจัดจำหน่ายสินค้าของกลุ่มโรงสีข้าวบ้านห้วยดง ตำบลพระเสาร์ อำเภอพานทอง จังหวัดยโสธร พบว่าการพัฒนาการเพิ่มมูลค่าและรูปแบบช่องทางการจัดจำหน่ายสินค้าของกลุ่มโรงสีข้าวบ้านห้วยดง ส่งผลให้ 1) กลุ่มมีความรู้เกี่ยวกับการจำหน่ายสินค้ามากขึ้น 2) กลุ่มมีสถานที่จำหน่ายสินค้า 3) กลุ่มมีเครือข่ายเพื่อช่วยในการกระจายสินค้าของกลุ่ม 4) กลุ่มมีช่องทางการจัดจำหน่ายที่หลากหลาย และ 5) กลุ่มมีตราสินค้า และมีช่องทางการตลาดแบบออนไลน์ โดยใช้ช่องทางแห่งยุคสมัย 4.0 เช่น Facebook และ Line เพื่อกระตุ้นการรับรู้และการเข้าถึงของผู้บริโภค รวมถึงการพัฒนาตลาดด้วย soft power หรือ พลังละมุน ซึ่งรวมถึงการนำเอาภูมิปัญญา วัฒนธรรม และเอกลักษณ์ของถิ่นมาเป็นเครื่องมือเพื่อดึงดูดความสนใจจากลูกค้าและบุคคลภายนอกให้รู้จักกับชุมชนและสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ข้าวหอมมะลิถิ่นภูเขาไฟบุรีรัมย์ของกลุ่มข้าวหอมมะลิถิ่นภูเขาไฟบ้านสนวนนอก อำเภอห้วยราช จังหวัดบุรีรัมย์ ซึ่ง Nye (2004) ได้รายงานไว้ว่า soft power คือความสามารถในการดึงดูด โน้มน้าวพฤติกรรมของผู้อื่น โดยไม่มีการข่มขู่หรือบังคับ แต่ใช้วิธีการเผยแพร่ วัฒนธรรม เสริมสร้างค่านิยม สร้างแรงจูงใจ และสร้างการมีส่วนร่วม เพื่อดึงดูดกลุ่มเป้าหมายให้สนใจในสิ่งที่เรากำลังทำอยู่

จากผลการศึกษาที่ได้แนวทางการพัฒนาทั้ง 2 แนวทาง ได้แก่ (1) สร้างมูลค่าเพิ่มข้าวหอมมะลิถิ่นภูเขาไฟ ด้วยการพัฒนาการผลิต การแปรรูป การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ และสร้างตราสินค้า และ (2) สร้างมูลค่าเพิ่มข้าวหอมมะลิถิ่นภูเขาไฟ ด้วยการพัฒนาการตลาดข้าวหอมมะลิถิ่นภูเขาไฟ เห็นได้ว่า สามารถช่วยให้เกษตรกรสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มข้าวหอมมะลิถิ่นภูเขาไฟ และมีรายได้เพิ่ม

มากขึ้น สอดคล้องกับแนวทางการขับเคลื่อนภาคการเกษตรด้วย BCG ประกอบด้วย เศรษฐกิจชีวภาพ (bio economy) ที่มุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรชีวภาพเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม โดยเน้นการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าสูง เชื่อมโยงกับ เศรษฐกิจหมุนเวียน (circular economy) คำนึงถึงการนำวัสดุต่าง ๆ กลับมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด ภายใต้เศรษฐกิจสีเขียว (green economy) ซึ่งเป็นการพัฒนาเศรษฐกิจที่ไม่ได้มุ่งเน้นเพียงการพัฒนาเศรษฐกิจเท่านั้น แต่ต้องพัฒนาควบคู่ไปกับการพัฒนาสังคมและการรักษาสังแวดล้อมได้อย่างสมดุลให้เกิดความมั่นคงและยั่งยืนไปพร้อมกัน พร้อมทั้งมีเป้าหมายเพื่อปรับเปลี่ยนระบบการเกษตรของประเทศไทยสู่ 3 สูง ได้แก่ ประสิทธิภาพสูง มาตรฐานสูง รายได้สูง ด้วยการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมผสมผสานภูมิปัญญายกระดับผลผลิตเกษตรสู่มาตรฐานสูง ครอบคลุมทั้งด้านคุณภาพ โภชนาการ ความปลอดภัย และระบบการผลิตที่ยั่งยืน มีการผลิตสินค้าเกษตรพรีเมียม สินค้าหลากหลาย กำหนดราคาขายได้ตามคุณภาพของผลผลิตเกษตร ส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มมากขึ้น เกิดการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรการเกษตรอย่างสมดุลและยั่งยืน (สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน), 2565)

จากแนวทางการสร้างมูลค่าเพิ่มสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ข้าวหอมมะลิถิ่นภูเขาไฟบุรีรัมย์ของกลุ่มทั้ง 2 แนวทางข้างต้น ได้นำเสนอในวาระการประชุมของที่ประชุมสำนักงานเกษตรอำเภอห้วยราช ในวันที่ 17 เมษายน พ.ศ. 2566 ซึ่งที่ประชุมมีมติเห็นชอบในหลักการ ให้ทั้ง 2 แนวทางอยู่ในแผนปฏิบัติงานและแผนการใช้จ่ายงบประมาณโครงการส่งเสริมการเกษตร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566/67 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการบูรณาการภายใต้บันทึกความร่วมมือทางวิชาการระหว่าง กรมส่งเสริมการเกษตร และมหาวิทยาลัยขอนแก่น

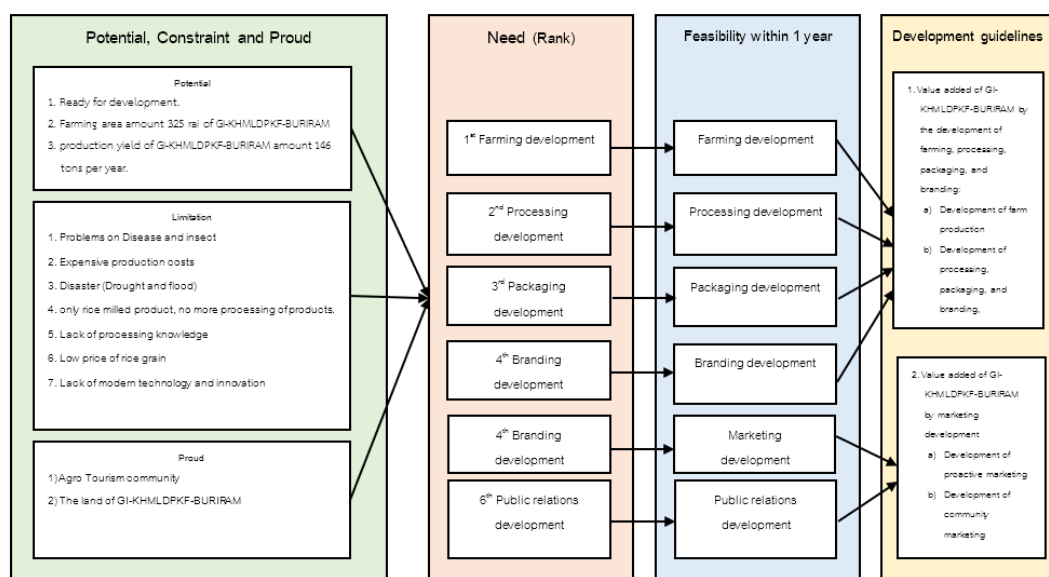


Figure 6 Overview of value added development guidelines for GI-KHMLDPKF-BURIRAM, BSN-VHMRG.

สรุปและข้อเสนอแนะ

กลุ่มข้าวหอมมะลิดินภูเขาไฟบ้านสนวนนอก ตำบลสนวน อำเภอห้วยราช จังหวัดบุรีรัมย์ ปลูกข้าวหอมมะลิในพื้นที่ดินภูเขาไฟ 325 ไร่ มีผลผลิตรวมโดยประมาณ 146 ตันต่อปี ซึ่งผลผลิตส่วนใหญ่จำหน่ายในรูปแบบของข้าวเปลือก โดยจำหน่ายให้กับโรงสี และสหกรณ์การเกษตรในพื้นที่ ส่วนการสร้างมูลค่าเพิ่ม ทำได้เพียงการแปรรูปขั้นต้นเป็นข้าวสารเท่านั้น สมาชิกกลุ่มจึงได้ร่วมกันสะท้อนความต้องการที่จำเป็นและวางแผนหาแนวทางในการพัฒนา ซึ่งได้แนวทางในการพัฒนาข้าวหอมมะลิดินภูเขาไฟ ใน 2 แนวทาง คือ (1) สร้างมูลค่าเพิ่มข้าวหอมมะลิดินภูเขาไฟ ด้วยการพัฒนาการผลิต การแปรรูป การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ และตราสินค้า โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนการผลิต การผลิตข้าวให้มีคุณภาพ การเพิ่มผลผลิตข้าวต่อพื้นที่ การแปรรูปผลผลิตให้มีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ พัฒนาบรรจุภัณฑ์ให้มีความทันสมัย สะดวกในการบริโภค รวมถึงการสร้างตราสินค้าที่สวยงาม น่าสนใจเป็นที่จดจำแก่กลุ่มลูกค้า และนำแนวคิดและวิธีการต่าง ๆ มาเป็นแนวทางในการสร้างมูลค่าเพิ่มข้าวหอมมะลิดินภูเขาไฟของกลุ่มฯ ซึ่งการสร้างมูลค่าเพิ่มจะสามารถสร้างรายได้ สร้างงาน สร้างอาชีพ

ให้แก่กลุ่มเกษตรกร มีแนวทางย่อย 2 แนวทาง คือ (1.1) การพัฒนาความรู้และทักษะการผลิตข้าวหอมมะลิดินภูเขาไฟ และ (1.2) การพัฒนาการแปรรูปบรรจุภัณฑ์ และสร้างตราสินค้า และ (2) สร้างมูลค่าเพิ่มข้าวหอมมะลิดินภูเขาไฟ ด้วยการพัฒนาการตลาดข้าวหอมมะลิดินภูเขาไฟ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาด้านการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ข้าวหอมมะลิดินภูเขาไฟ ทั้งตลาดในท้องถิ่น และตลาดต่างถิ่น นอกจากนี้ได้มีแผนการขยายช่องทางการตลาดผ่านระบบออนไลน์ และการประชาสัมพันธ์ให้เป็นที่รู้จักมากขึ้นด้วย มีแนวทางย่อย 2 แนวทาง คือ (2.1) พัฒนาการตลาดเชิงรุก และ (2.2) พัฒนาการตลาดชุมชน ดังนั้นในการขับเคลื่อนการพัฒนาตามแนวทางทั้ง 2 ข้างต้น จึงเป็นสิ่งที่ท้าทายอย่างยิ่งที่ต้องได้รับความร่วมมือจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องโดยเฉพาะอย่างยิ่งเพื่อส่งเสริมและพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนตามแนวคิด BCG Model และการใช้พลังละมุนในการขับเคลื่อนการพัฒนาเพื่อการสร้างมูลค่าเพิ่มการพัฒนาการแปรรูป บรรจุภัณฑ์ ตราสินค้า ตลอดจนการตลาดเชิงรุกและตลาดชุมชนของสินค้าสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์หอมมะลิดินภูเขาไฟบุรีรัมย์บ้านสนวนนอก

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้นำชุมชนและสมาชิกกลุ่มข้าวหอมมะลิดินภูเขาไฟบ้านสนวนนอก ตลอดจนผู้รู้และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกท่านที่ร่วมให้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์ในการศึกษานี้ ขอขอบพระคุณผู้บริหารและนักวิชาการ สำนักงานเกษตรอำเภอห้วยราช และสำนักงานเกษตรจังหวัดบุรีรัมย์ ที่สนับสนุนงบประมาณในการดำเนินศึกษาครั้งนี้ ผ่านโครงการส่งเสริมการผลิต การแปรรูป การตลาดสินค้าเกษตรปลอดภัย กิจกรรมหลักเพิ่มศักยภาพการผลิตข้าวหอมมะลิในเขตพื้นที่ดินภูเขาไฟบุรีรัมย์ ประจำปีงบประมาณ 2565/66 ภายใต้นโยบายความร่วมมือทางวิชาการระหว่าง กรมส่งเสริมการเกษตร และมหาวิทยาลัยขอนแก่น

เอกสารอ้างอิง

- กรมการค้าต่างประเทศ. 2567. ปีบัญชีปี 66 ไทย ส่งออกข้าวทะลุเป้าพร้อมกางแผนดันส่งออกปี 67 ขึ้นต่ำ 7.5 ล้านตัน. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://www.dft.go.th/th-th/NewsList/News-DFT/Description-News-DFT/ArticleId> (12 กุมภาพันธ์ 2567).
- กรมทรัพยากรดินทางปัญญา. 2551. การขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ข้าวหอมมะลิสุรินทร์. ประกาศกรมทรัพยากรดินทางปัญญา. กระทรวงพาณิชย์. 5 หน้า.
- กรมทรัพยากรดินทางปัญญา. 2555. ข้าวหอมมะลิทุ่งกุลาร้องไห้. ประกาศโฆษณาการแก้ไขทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์. กระทรวงพาณิชย์. 6 หน้า.
- กรมทรัพยากรดินทางปัญญา. 2563. การขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ข้าวหอมมะลิดินภูเขาไฟบุรีรัมย์. ประกาศกรมทรัพยากรดินทางปัญญา. กระทรวงพาณิชย์. 7 หน้า.
- แก้วมณี อุทัยมัย, ผกามาศ บุตรสาดี, ทิพย์สุดา ทาสีดา และอุดมพงษ์ เกศศรีพงษ์ศา. 2562. การเพิ่มมูลค่าและพัฒนารูปแบบช่องทางการจัดจำหน่ายสินค้าของกลุ่มโรงสีข้าวบ้านห้วยดง ตำบลพระเสาร์ อำเภอมหาชนะชัย จังหวัดยโสธร. วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ 14(2): 111-120.
- ที่ว่ากรมอำเภอห้วยราช จังหวัดบุรีรัมย์. 2565. สถิติประชากรอำเภอห้วยราชปี 2565. กลุ่มงานทะเบียนราษฎรอำเภอห้วยราช. ที่ว่าการปกครองอำเภอห้วยราช จังหวัดบุรีรัมย์.
- ธัญสุดา จินาย และยศ บริสุทธิ. 2565. การสร้างมูลค่าเพิ่มของผลผลิตทางการเกษตร: แนวทางสำหรับผู้ประกอบการรายย่อย. วารสารวิจัยและพัฒนาอนุภูมิภาคลุ่มน้ำ 1(2): 66-80.
- ปิยะนันท์ อึ้งทรงธรรม. 2543. ครอบครัวยุคใหม่ (สายพันธุ์ข้าว). (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: https://nutrition2.anamai.moph.go.th/th/kcenter/download?id=40664&mid=31946&mkey=m_document&lang=th&did=13783 (20 สิงหาคม 2565).
- พันธ์จิตต์ สีเหนียง, คณิศร์ คำนถิ, จริญญา ถึงเงิน และสุเมธ ชัยไธสง. 2562. การจัดการความรู้ท้องถิ่นชนมไทยและอาหารว่างจากข้าวในตำบลยี่ล้น อำเภอวิเศษชัยชาญ จังหวัดอ่างทอง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ 2(3): 54-64.
- ยศ บริสุทธิ. 2558. การศึกษาชุมชน: แนวคิดฐานการวิจัย และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 600 หน้า.
- รุ่งเรือง งามหอม. 2563. กว่าจะเป็น GI ข้าวหอมมะลิดินภูเขาไฟบุรีรัมย์. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://www.ryt9.com/s/prg/3170126> (20 สิงหาคม 2565).
- วิศรา สมเกียรติกุล และกมล เรืองเดช. 2563. การสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับข้าวหอมไชยาพันธุ์พื้นเมืองในอำเภอไชยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี. วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย 16(56): 31-42.

- สำนักงานเกษตรจังหวัดบุรีรัมย์. (2564). รายงานประจำปี 2564 สำนักงานเกษตรจังหวัดบุรีรัมย์. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <http://www.buriram.doae.go.th/data/รายงานประจำปี%202564.pdf> (20 สิงหาคม 2565).
- สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน). 2565. ถอดรหัส “BCG Model” เพื่อขับเคลื่อนการดำเนินงานสู่การพัฒนา. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://www.hrdi.or.th/Activities/detail/422> (23 สิงหาคม 2565).
- Chambers R. 1981. Rapid rural appraisal: Rationale and repertoire. Public Administration and Development 1(2): 95-106.
- Goonathilaka P., A. Abeysundara, and A. Jayasinghe. 2023. Development of a valueadded rice milk by utilizing selected traditional and improved rice varieties in Sri Lanka. Food Chemistry Advances 2(2023), doi: [org/10.1016/j.focha.2023.100319](https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100319)
- Nye J.S. 2004. Soft Power: The Means to Success in World Politics. New York: Public Affairs. 206 p.

ปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการการส่งเสริมการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังคุณภาพ
ของเกษตรกร ในตำบลวังชะพลู อำเภอขามเฒ่า จังหวัดกำแพงเพชร
Factors Affecting Farmers' Extension Needs in Quality Cassava Stalk Production in
Wang Chaphlu Subdistrict Khanu Worakabsaburi District, Kamphaeng Phet Province

พัชรพร ใจหลัก¹ นารีรัตน์ สีระสาร^{1*} และบำเพ็ญ เขียวหวาน¹
Patchareeporn jailak¹, Nareerut Seerasarn^{1*} and Bumpen Keowan¹

Received: April 18, 2024

Revised: June 6, 2024

Accepted: June 7, 2024

Abstract: The objectives of this research were to study (1) the basic socio-economic conditions of farmers, (2) factors affecting farmers' extension needs in quality cassava stalk production and (3) problems and suggestions for quality cassava stalk production. The population consisted of 325 cassava production farmers in Wang Chaphlu subdistrict, Khanu Worakabsaburi district, Kamphaeng Phet province, who were registered with the Department of Agricultural Extension for the production year 2022/2023. The sample size of 180 individuals was determined using Taro Yamane's formula with an error value of 0.05, employing the simple random sampling method. Data were collected by conducting interviews. Data were analyzed by descriptive statistics and multiple regression analysis. The research results revealed that (1) most of the farmers were men and the mean age was 50.06 years, with an average of 2.36 household workers. The net income generated from selling cassavas was 7,047.22 baht per rai on the average, with the average cost of 3,771.11 baht per rai. (2) factors affecting farmers' extension needs in quality cassava stalk production included production problem variables and variables related to support and services. These factors exhibited a positive effect on dependent variables with a statistical significance level of 0.01. And (3) the overall problem of farmers was at a high level, especially the production, support and services. Therefore, officials should support knowledge in about the cassava stalk production and product price guarantee.

Keywords: extension, quality cassava stalk production

บทคัดย่อ: การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา (1) สภาพพื้นฐานทางเศรษฐกิจและสังคมบางประการของเกษตรกร (2) ปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการการส่งเสริมการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังคุณภาพ และ (3) ปัญหาและข้อเสนอแนะของเกษตรกรเกี่ยวกับการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังคุณภาพ ประชากรในการวิจัย คือ เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังในตำบลวังชะพลู อำเภอขามเฒ่า จังหวัดกำแพงเพชร ที่ขึ้นทะเบียนกับกรมส่งเสริมการเกษตร ปีการผลิต พ.ศ. 2565/2566 จำนวน 325 ราย กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้สูตร Taro Yamane ที่ความคลาดเคลื่อน 0.05 ใช้วิธีการสุ่มแบบง่าย ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 180 คน เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูลคือ

¹ วิชาเอกส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช จ.นนทบุรี 11120

¹ Agricultural Extension School of Agriculture and Cooperatives, Sukhothai Thammathirat Open University, Nonthaburi, 11120

*Corresponding author: Nareerut.see@stou.ac.th

แบบสัมภาษณ์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนาและการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ ผลการวิจัย พบว่า (1) เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย อายุเฉลี่ย 50.06 ปี มีแรงงานในครัวเรือนเฉลี่ย 2.36 คน รายได้จากการขายมันสำปะหลังสุทธิเฉลี่ย 7,047.22 บาทต่อไร่ ต้นทุนเฉลี่ย 3,771.11 บาทต่อไร่ (2) ปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการการส่งเสริมการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังคุณภาพ ได้แก่ ตัวแปรปัญหาด้านการผลิต และตัวแปรปัญหาด้านสนับสนุนและบริการ ที่มีผลเชิงบวกต่อตัวแปรตาม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และ (3) ปัญหาของเกษตรกร ภาพรวมอยู่ในระดับมาก โดยเฉพาะด้านการผลิตและด้านสนับสนุนและบริการ ดังนั้นเจ้าหน้าที่ควรสนับสนุนความรู้ด้านการผลิตท่อนพันธุ์ และมีการประกันราคาผลผลิต

คำสำคัญ: การส่งเสริม, การผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังคุณภาพ

คำนำ

อุตสาหกรรมมันสำปะหลังโดยรวมปี พ.ศ. 2567-2569 มันสำปะหลังมีทิศทางหดตัวจากผลกระทบของภัยแล้งจากปรากฏการณ์เอลนีโญ และยังเผชิญความเสี่ยงจากโรคใบด่างมันสำปะหลัง และการขาดแคลนท่อนพันธุ์ ขณะที่ความต้องการใช้ในอุตสาหกรรมต่อเนื่องของตลาดในประเทศ มีทิศทางขยายตัวตามภาวะเศรษฐกิจที่ย่อยยงฟื้นตัวจากการเปิดประเทศเต็มที่มากขึ้นหลัง COVID-19 คลี่คลาย ปริมาณการส่งออกมีทิศทางหดตัวตามอุปทานผลผลิตภายในประเทศที่ลดลง จากปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบ ทำให้ผู้ประกอบการขาดแคลนสินค้าที่จะส่งมอบให้กับประเทศคู่ค้า ในขณะที่ความต้องการของตลาดโลกมีทิศทางเพิ่มขึ้นจากการทยอยฟื้นตัวของภาคธุรกิจและการท่องเที่ยวหลังการเปิดประเทศมากขึ้น ส่งผลให้ราคามันสำปะหลังในประเทศและส่งออกมีแนวโน้มสูงขึ้น (Chaiwat, 2024)

การผลิตมันสำปะหลังของประเทศไทยในปีการผลิต พ.ศ. 2566/2567 มีแนวโน้มว่าพื้นที่เก็บเกี่ยวและผลผลิตรวมคาดว่าจะลดลง สาเหตุสำคัญเกิดจากสภาวะภัยแล้ง ฝนทิ้งช่วง ทำให้ต้นมันสำปะหลังเปื่อยและยืนต้นตาย และเกษตรกรใช้ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังที่ไม่สมบูรณ์ ไม่ครบอายุและเป็นโรคมาปลูก ทำให้การเจริญเติบโตของต้นมันสำปะหลังไม่สมบูรณ์ อีกทั้งยังมีการระบาดของโรคมันสำปะหลังเพิ่มมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้ประสบปัญหาขาดแคลนท่อนพันธุ์ที่จะปลูก ทำให้เกษตรกรปรับเปลี่ยนไปปลูกพืชชนิดอื่นแทน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวง

เกษตรและสหกรณ์, 2567)

จังหวัดกำแพงเพชรมีพื้นที่เกษตรกรรมคิดเป็น 67.30 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ทั้งจังหวัด (สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดกำแพงเพชร, 2565) ในปี พ.ศ. 2565 จังหวัดกำแพงเพชรมีเนื้อที่ปลูกมันสำปะหลังโรงงาน 767,634 ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2565) ซึ่งมากที่สุดในเขตภาคเหนือ และมีพื้นที่เพาะปลูกมากที่สุดอยู่ที่อำเภอชาณุวรลักษบุรี (สำนักงานเกษตรอำเภอชาณุวรลักษบุรี, 2567)

ตำบลวังชะพลู อำเภอชาณุวรลักษบุรี ตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกของอำเภอชาณุวรลักษบุรี ห่างจากตัวอำเภอประมาณ 34 กิโลเมตร ลักษณะภูมิประเทศเป็นเนินเขาเตี้ยสลับกับพื้นราบ พื้นที่ประมาณร้อยละ 70 ประกอบไปด้วยดินร่วนปนทราย อาชีพส่วนใหญ่ของเกษตรกรคือการทำไร่มันสำปะหลัง (องค์การบริหารส่วนตำบลวังชะพลู, 2565) ในปีการผลิต พ.ศ. 2565/66 มีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังประมาณ 55,885.13 ไร่ ซึ่งเป็นตำบลที่มีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังมากที่สุดในอำเภอชาณุวรลักษบุรี ในช่วงที่ผ่านมามีประสบกับปัญหาการขาดแคลนท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง เพราะสภาวะฝนทิ้งช่วง ทำให้ต้นมันสำปะหลังที่ปลูกเปื่อยและยืนต้นตาย เกษตรกรต้องปลูกซ่อมหลายรอบ จึงทำให้ท่อนพันธุ์ขาดแคลนและมีไม่เพียงพอ จึงมีการนำท่อนพันธุ์จากที่อื่นเข้ามาโดยไม่ทราบแหล่งที่มาที่แน่นอน และมีโรคติดมากับท่อนพันธุ์ อีกทั้งในแปลงยังพบการปะปนมันสำปะหลังหลายสายพันธุ์ มีการนำท่อนพันธุ์ที่ไม่มีคุณภาพและ

ไม่สมบูรณ์มาปลูก ทำให้ได้หัวมันที่ไม่มีคุณภาพ เปอร์เซ็นต์เชื้อแบง์ต่ำ และผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ลดลง ส่งผลให้เกิดความเสียหายกับผลผลิตมันสำปะหลังเป็นอย่างมาก (สำนักงานเกษตรอำเภอชาณุวรลักษบุรี, 2566)

ดังนั้น จากประเด็นข้างต้นจึงจำเป็นต้องศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการการส่งเสริมการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังคุณภาพของเกษตรกร เพื่อนำผลวิเคราะห์ที่ได้มาใช้เป็นข้อมูลในการส่งเสริมการเกษตรเกี่ยวกับการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังคุณภาพ ซึ่งจะนำไปสู่แนวทางการส่งเสริมและยกระดับคุณภาพการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังให้มีประสิทธิภาพและเกิดความยั่งยืนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey research) ประชากรในการศึกษา คือ เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังในตำบลวังชะพลู อำเภอชาณุวรลักษบุรี จังหวัดกำแพงเพชร ที่ขึ้นทะเบียนกับกรมส่งเสริมการเกษตร ปีการผลิต พ.ศ. 2565/2566 จำนวน 2,669 ราย แต่เนื่องจากจำนวนเกษตรกรไม่เท่ากัน ผู้วิจัยจึงได้กำหนดขนาดของตัวอย่าง โดยคัดเลือกประชากรจากหมู่บ้านที่มีเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังมากที่สุด 4 อันดับแรก จำนวน 325 ราย กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้สูตรของ Taro Yamane (Oluigbo, 2024) ที่ความคลาดเคลื่อน 0.05 ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 180 คน และการสุ่มตัวอย่างเกษตรกรของแต่ละหมู่บ้านโดยการจับสลากตามสัดส่วนในแต่ละหมู่บ้าน ใช้วิธีการสุ่มอย่างง่ายแล้วเก็บข้อมูลจนกว่าจะครบตามจำนวนของแต่ละหมู่บ้าน เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูลคือแบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง มีลักษณะคำถามทั้งแบบปลายปิดและปลายเปิด แบ่งเป็น 3 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 สภาพพื้นฐานทางเศรษฐกิจและสังคมบางประการของเกษตรกร ตอนที่ 2 ปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการการส่งเสริมการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังคุณภาพของเกษตรกร โดยวัดระดับความต้องการของเกษตรกรซึ่งเป็นคำถามให้เกษตรกรเลือกตอบตามมาตรวัดและให้คะแนน 5 ระดับ แล้วนำมาวิเคราะห์หาปัจจัย

ที่มีผลต่อความต้องการการส่งเสริมการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังคุณภาพ โดยใช้ตัวแปรอิสระ 7 ตัวแปร ได้แก่ (1) อายุ (2) ประสบการณ์การปลูกมันสำปะหลัง (3) รายได้จากการขายมันสำปะหลังสุทธิเฉลี่ยต่อไร่ (4) ต้นทุนเฉลี่ยต่อไร่ (5) ประสบการณ์การได้รับการอบรมเรื่องการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังคุณภาพ (6) ปัญหาด้านการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังคุณภาพ และ (7) ปัญหาด้านสนับสนุนและบริการส่วนตัวแปรตาม คือ ความต้องการการส่งเสริมการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังคุณภาพของเกษตรกรเป็นแบบสัมภาษณ์ปลายปิดแบบเลือกตอบ เป็นการวัดระดับความต้องการการส่งเสริมการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังคุณภาพของเกษตรกรในด้านต่าง ๆ โดยลักษณะคำถามเป็นการวัดข้อมูลแบบมาตรอันดับภาคขึ้น (Interval Scale) ลักษณะคำถามเป็นมาตรวัดจำนวนระดับ (Rating Scale) โดยวัดระดับความต้องการ ตามวิธี Likert Scale (Jebb, 2021) คือ 5 คะแนน หมายถึง ต้องการมากที่สุด 4 คะแนน หมายถึง ต้องการมาก 3 คะแนน หมายถึง ต้องการปานกลาง 2 คะแนน หมายถึง ต้องการน้อย และ 1 คะแนน หมายถึง ต้องการน้อยที่สุด ตอนที่ 3 ปัญหาและข้อเสนอแนะของเกษตรกรเกี่ยวกับการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังคุณภาพ โดยเป็นคำถามแบบให้เลือกตอบตามเกณฑ์การวัดและให้คะแนน มี 5 ระดับ ดังนี้ ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.80 คะแนน หมายถึง น้อยที่สุด ค่าเฉลี่ย 1.81 - 2.60 คะแนน หมายถึง น้อย ค่าเฉลี่ย 2.61 - 3.40 คะแนน หมายถึง ปานกลาง ค่าเฉลี่ย 3.41 - 4.20 คะแนน หมายถึง มาก ค่าเฉลี่ย 4.21 - 5.00 คะแนน หมายถึง มากที่สุด

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ ใช้โปรแกรมสถิติเพื่อสังคมศาสตร์ (SPSS) ช่วยในการวิเคราะห์ เพื่อหาค่าสถิติ ได้แก่ การแจกแจงความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการหาปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการการส่งเสริมการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังคุณภาพ โดยใช้สถิติการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) แบบ Enter

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. สภาพพื้นฐานทางเศรษฐกิจและสังคมบางประการของเกษตรกร

เกษตรกร ร้อยละ 63.30 เป็นเพศชาย มีอายุเฉลี่ย 50.06 ปี ร้อยละ 63.30 ได้รับการศึกษาในระดับประถมศึกษา มีจำนวนแรงงานในครัวเรือนเฉลี่ย 2.36 คน ร้อยละ 92.80 มีการจ้างแรงงาน มีประสบการณ์ในการปลูกมันสำปะหลัง เฉลี่ย 21.88 ปี มีจำนวนพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังเฉลี่ย 27.43 ไร่ ในปีการผลิต พ.ศ.2565/2566 เกษตรกรมีรายได้จากการขายมันสำปะหลังสุทธิเฉลี่ย 7,047.22 บาทต่อไร่

มีต้นทุนการผลิตมันสำปะหลังเฉลี่ย 3,771.11 บาทต่อไร่ มีประสบการณ์การอบรมเรื่องการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังคุณภาพเฉลี่ย 0.88 ครั้งต่อปี (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ นุชณา (2565) พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับประถมศึกษา มีแรงงานหลักเฉลี่ย 2.44 คน และจ้างแรงงานเฉลี่ย 8.87 คน สอดคล้องกับงานวิจัยของ ปิยะธิดา (2557) พบว่า เกษตรกรมีอายุเฉลี่ย 50 ปี และใกล้เคียงกับงานวิจัยของ ศิริลักษณ์ (2565) พบว่า เกษตรกรมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังเฉลี่ย 23.78 ไร่

Table 1 General information Socio-Economic background of farmers.

(n=180)		
Item	Frequency	Percentage
Gender		
Male	114	63.30
Female	66	36.70
Age (years old)		
≤ 30	6	3.00
31-40	33	18.00
41-50	59	33.00
51-60	57	32.00
≥ 61	25	14.00
Max = 73 Min = 21 $\bar{X}$ = 50.06 S.D. = 11.197		
Cassava planting experience (years)		
≤ 10	33	18.30
11-20	71	39.40
21-30	46	25.60
31-40	25	13.90
≥ 41	5	2.80
Max = 45 Min = 3 $\bar{X}$ = 21.88 S.D. = 9.540		
Income from cassava cultivation (baht/rai)		
≤ 5,000	10	5.60
5,001-6,000	35	19.40
6,001-7,000	39	21.70
7,001-8,000	85	47.20
≥ 8,001	11	6.10
Max = 10,000 Min = 3,000 $\bar{X}$ = 7047.22 S.D. = 1081.455		

Table 1 (Continue)

(n=180)		
Item	Frequency	Percentage
Cost of planting cassava (baht/rai)		
≤ 2,500	13	7.20
2,501-3,500	57	31.70
3,501-4,500	86	47.80
≥ 4,501	24	13.30
Max = 6,000 Min = 2,000 $\bar{X}$ = 3,771.11 S.D. = 770.437		
Knowledge training of Quality Cassava Stalk Production (times/year)		
Never	67	37.20
1	71	39.40
2	38	21.20
> 3	4	2.20
Max = 3 Min = 1 $\bar{X}$ = 0.88 S.D. = 0.813		

2. ปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการการส่งเสริมการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังคุณภาพของเกษตรกร

จากการศึกษาระดับความต้องการการส่งเสริมการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังคุณภาพของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรมีความต้องการ ในภาพรวม 3 ประเด็น คือ (1) ด้านองค์ความรู้ อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.79) รองลงมา (2) ด้านสนับสนุนและบริการ อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.59) (3) ด้าน

วิธีการส่งเสริม อยู่ในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 3.33) ตามลำดับ (Table 2) สอดคล้องกับ ปัฐวพันธ์ (2566) พบว่า เกษตรกรมีความต้องการการส่งเสริมการผลิตมันสำปะหลังในระดับมากที่สุด ในประเด็น ด้านการสนับสนุนจากรัฐ รองลงมา มีความต้องการในระดับมาก ในประเด็นด้านความรู้ในการผลิตมันสำปะหลัง และมีความต้องการในระดับปานกลาง ในประเด็นด้านวิธีการส่งเสริมการเกษตร

Table 2 Summary of farmers' needs for the extension of quality cassava stalk production.

(n=180)			
Items	$\bar{X}$	S.D.	Description
Knowledge	3.79	0.328	High
Extension method	3.33	0.522	Medium
Supporting of production factors	3.60	0.363	High
Average	3.57	0.291	High

ผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ โดยการเอาตัวแปรอิสระทั้ง 7 ตัวแปร เข้าไปในสมการ แล้วคำนวณด้วยวิธีปกติ (Enter) พบว่า $F = 126.744$ sig. of $F = 0.000$ แสดงว่ามีตัวแปรอิสระอย่างน้อย

1 ตัว มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับความต้องการการส่งเสริมการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังคุณภาพของเกษตรกร และเมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์พบว่า $R^2 = 0.838$ หมายความว่า

ตัวแปรอิสระทั้งหมดอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม ได้ร้อยละ 83.80 ซึ่งตัวแปรอิสระทั้ง 7 ตัวแปร มี 2 ตัวแปร ที่มีผลเชิงบวกกับตัวแปรตาม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 คือ ตัวแปรปัญหาด้านการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังคุณภาพ และปัญหาด้านสนับสนุนและบริการ (Table 3) กล่าวคือ หากระดับปัญหาด้านการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังคุณภาพ และระดับปัญหาด้านสนับสนุนและบริการมากขึ้น มีผลต่อระดับความต้องการการส่งเสริมการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังคุณภาพของเกษตรกร ที่จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นได้ อาจเป็นไปได้ว่าเกษตรกรที่มีระดับปัญหามาก จึงทำให้มีความต้องการการส่งเสริมการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังคุณภาพ

มากขึ้นด้วย เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังของตนเองให้มีคุณภาพและมีผลผลิตเพิ่มขึ้น ซึ่งจะนำไปสู่การยกระดับคุณภาพการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังไว้ในแปลงเพื่อใช้ปลูกในฤดูกาลถัดไปได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดความยั่งยืนต่อไป แตกต่างกับ ศศพล (2563) พบว่า ประสิทธิภาพปลูกมันสำปะหลัง ส่งผลกระทบบวกต่อการผลิตมันสำปะหลังต่ำกว่าศักยภาพ เนื่องจากเกษตรกรที่มีประสิทธิภาพน้อย จะเป็นเกษตรกรรุ่นใหม่ที่มีแนวคิดในการปรับเปลี่ยนเทคนิคการปลูกให้เหมาะสมสภาพแวดล้อมและรับมือกับสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ดีกว่า

Table 3 Factors Affecting farmers' needs for the extension of quality cassava stalk production.

(n=180)

Variable	Coefficient regression(b)	t	Sig.
X_1 = Age (years old)	6.392E-6	0.008	0.994
X_2 = Experience (years)	0.001	1.229	0.221
X_3 = Income (baht/rai)	8.116E-7	0.077	0.939
X_4 = Costs (baht/rai)	1.037E-5	0.698	0.486
X_5 = Training (times/year)	-0.009	-0.782	0.436
X_6 = Problems for quality cassava stalks production (score)	0.412	11.650	0.000
X_7 = Problems for support and service (score)	0.374	7.703	0.000
constant	0.775	6.080	0.000

$R^2 = 0.838$ $F = 126.744$ sig. of $F = 0.000$

จากการวิเคราะห์ สรุปได้ว่า ปัญหาด้านการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังคุณภาพ (X_6) และปัญหา ด้านสนับสนุนและบริการ (X_7) มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 คือ ความต้องการการส่งเสริมการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังคุณภาพของเกษตรกร สามารถอธิบายได้ว่า

1) สัมประสิทธิ์ของตัวแปรปัญหาด้านการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังคุณภาพ (X_6) มีค่าเท่ากับ 0.412 หมายถึง เมื่อปัญหาด้านการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังคุณภาพเพิ่มขึ้น 1 คะแนน จะมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยของความต้องการการส่งเสริมการผลิต

ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังคุณภาพของเกษตรกรเพิ่มขึ้น 0.412 คะแนน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

2) สัมประสิทธิ์ของตัวแปรปัญหา ด้านสนับสนุนและบริการ (X_7) มีค่าเท่ากับ 0.374 หมายถึง เมื่อปัญหา ด้านสนับสนุนและบริการเพิ่มขึ้น 1 คะแนน จะมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยของความต้องการการส่งเสริมการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังคุณภาพของเกษตรกรเพิ่มขึ้น 0.374 คะแนน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 สรุปเป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$Y = a + b_6x_6 + b_7x_7$$

3. ปัญหาและข้อเสนอแนะของเกษตรกรเกี่ยวกับการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังคุณภาพ

ปัญหาเกี่ยวกับการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังคุณภาพ พบว่า เกษตรกร มีปัญหาในภาพรวมอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.41) โดยเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย คือ ด้านสนับสนุนและบริการ อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.62) ได้แก่ ความผันผวนของราคาผลผลิต และไม่ได้รับการสนับสนุนโครงการจากภาครัฐเท่าที่ควร รองลงมาด้านการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังคุณภาพ อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.47) ได้แก่ ด้านการเตรียมท่อนพันธุ์และ

การปลูก เช่น พันธุ์ที่ปลูกอยู่ให้ผลผลิตต่ำและไม่มีคุณภาพ ท่อนพันธุ์ไม่เพียงพอ ขาดความรู้ในการจำแนกพันธุ์และการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังตามหลักวิชาการ และด้านวิธีการส่งเสริมการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังคุณภาพ อยู่ในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 3.16) ได้แก่ ปัญหาขาดการอบรม/สัมมนา/เวทีแลกเปลี่ยนเรียนรู้ความรู้ใหม่ๆ ตามลำดับ (Table 4) สอดคล้องกับ นุชนา (2565) พบว่า เกษตรกรมีปัญหาด้านความรู้ ด้านการตลาด และด้านภัยธรรมชาติ อยู่ในระดับมากทั้ง 3 ประเด็น

Table 4 Summary of problems in extension of quality cassava stalk production.

(n=180)

Items	$\bar{x}$	S.D.	Description
Quality Cassava Stalk Production	3.47	0.402	High
Extension method	3.16	0.397	Medium
Supporting of production factors	3.62	0.301	High
Average	3.41	0.338	High

ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังคุณภาพ พบว่า เกษตรกร มีข้อเสนอแนะในภาพรวมอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.62) โดยเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย คือ ด้านสนับสนุนและบริการ อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.87) ได้แก่ ควรมีการประกันราคาผลผลิต ควรมีการจัดหาตลาดรองรับที่แน่นอน ภาครัฐควรมีมาตรการหรือโครงการสนับสนุนความรู้การผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังแก่เกษตรกร รองลงมาด้านการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังคุณภาพ อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.59) ได้แก่ รัฐควรมหาแหล่งผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังที่ให้ผลผลิตสูง เหมาะกับสภาพแวดล้อมและมีคุณภาพให้กับเกษตรกร เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรควรให้

ความรู้ในผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังคุณภาพตามหลักวิชาการ และด้านวิธีการส่งเสริม อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.41) ได้แก่ ให้เพิ่มช่องทางการติดต่อให้หลายช่องทางและรวดเร็วขึ้น เช่น โทรศัพท์ แอปพลิเคชันต่างๆ เช่น Line Facebook เป็นต้น พัฒนาและส่งเสริมเกษตรกรให้เป็นเกษตรกรต้นแบบในพื้นที่ (Table 5) สอดคล้องกับ อมรศรี (2562) พบว่า เกษตรกรต้องการให้รัฐบาลควรมีการประกันราคาผลผลิต หรือมีมาตรการควบคุมแหล่งรับซื้อผลผลิตที่ได้มาตรฐาน สนับสนุนปัจจัยการผลิต นักส่งเสริมเข้าไปให้ความรู้ในการคัดเลือกพันธุ์ที่มีผลผลิตสูง เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ ส่งเสริมให้เกษตรกรผลิตและเก็บท่อนพันธุ์มันสำปะหลังไว้ใช้เอง

Table 5 Summary of suggestions in extension of quality cassava stalk production.

(n=180)

Items	$\bar{x}$	S.D.	Description
Quality Cassava Stalk Production	3.59	0.373	High
Extension method	3.41	0.481	Medium
Supporting of production factors	3.87	0.446	High
Average	3.62	0.411	High

สรุป

เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย อายุเฉลี่ย 50.06 ปี มีประสบการณ์ในการปลูกมันสำปะหลังค่อนข้างมาก แต่มีประสบการณ์ในการอบรมเรื่องการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังคุณภาพเฉลี่ย 0.88 ครั้งต่อปี ซึ่งเป็นจำนวนที่ค่อนข้างน้อย มีระดับความต้องการการส่งเสริมการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังคุณภาพภาพรวมอยู่ในระดับมาก ปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการการส่งเสริมการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังคุณภาพของเกษตรกร ได้แก่ ปัญหาด้านการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังคุณภาพ และปัญหาด้านสนับสนุนและบริการ ที่มีผลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและมีความสัมพันธ์เชิงบวก เมื่อเกษตรกรมีระดับปัญหาด้านการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังคุณภาพ และปัญหาด้านสนับสนุนและบริการมากขึ้น ส่งผลให้เกษตรกรมีระดับความต้องการการส่งเสริมการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังคุณภาพมากขึ้นด้วย ขณะที่เกษตรกรมีปัญหาด้านการตลาด เรื่องความผันผวนของราคาผลผลิต และไม่ได้รับการสนับสนุนโครงการจากภาครัฐเท่าที่ควร จึงมีข้อเสนอแนะว่าควรมีการประกันราคาผลผลิต การจัดหาตลาดรองรับที่แน่นอน และภาครัฐควรมีมาตรการหรือโครงการสนับสนุนความรู้การผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังแก่เกษตรกร

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัย

ควรส่งเสริมให้เกษตรกรพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง เปิดรับเทคโนโลยีการผลิตใหม่ รวมกลุ่มเพื่อเพิ่มศักยภาพและอำนาจต่อรอง พร้อมทั้งให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสนับสนุนองค์ความรู้พันธุ์ที่เหมาะสม และงบประมาณสำหรับพัฒนาเกษตรกรต้นแบบและแปลงเรียนรู้ สำหรับการวิจัยในอนาคต ควรศึกษาเปรียบเทียบความต้องการส่งเสริมการผลิตของเกษตรกรในแต่ละพื้นที่ และวิเคราะห์ปัจจัยด้านช่วงวัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยี เพื่อใช้ในการวางแผนส่งเสริมการเกษตรอย่างเหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

นุชณา ภัทรไพบูลย์ชัย. 2565. ศึกษาการส่งเสริมการ

ผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังของเกษตรกรในตำบลเขาทองอำเภอยะหริ่ง จังหวัดนครสวรรค์. Journal of Roi Kaensarn Academi 7 (10): 348-363.

ปัฐนันท์ พันธุมมาตร. 2566. ความต้องการการส่งเสริมการผลิตมันสำปะหลังของเกษตรกรในอำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี. วิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ 6 (3): 41-50.

ปิยะธิดา ชอนพันธ์. 2557. ความต้องการการส่งเสริมการผลิตมันสำปะหลังของเกษตรกรในอำเภอสระโบสถ์จังหวัดลพบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาเกษตรศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.นนทบุรี. 115 หน้า.

ศศพล คนรู้. 2563. การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการผลิตมันสำปะหลังที่ต่ำกว่าศักยภาพ. หน้า 2037-2048. ใน: การประชุมนำเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ ๑๕. มหาวิทยาลัยรังสิต, ปทุมธานี.

ศิริลักษณ์ ชูพุทธพงศ์. 2565. ศึกษาปัญหาและความต้องการในการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาดของเกษตรกรในเขตพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรีที่เข้าร่วมโครงการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลัง. หน้า 423-433. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 61. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดกำแพงเพชร. 2565. ข้อมูลพื้นฐานด้านการเกษตร ข้อมูลทั่วไปของจังหวัดกำแพงเพชร. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://www.opsmoac.go.th/kamphaengphet-download-publications> (2 มีนาคม 2567).

สำนักงานเกษตรอำเภอชาณุวรลักษบุรี. 2566. แผนพัฒนาเกษตรอำเภอชาณุวรลักษบุรี ปี 2566. สำนักงานเกษตรอำเภอชาณุวรลักษบุรี.กำแพงเพชร. 65 หน้า.

สำนักงานเกษตรอำเภอชาณุวรลักษบุรี. 2567. ข้อมูลการปลูกมันสำปะหลังอำเภอชาณุวรลักษบุรี. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://farmer.doe.go.th/farmer/index/index1> (12 มกราคม 2567).

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2567. ผลพยากรณ์ผลผลิตมันสำปะหลังโรงงาน ปี 2567 (ปีเพาะปลูก 2566/67). (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: https://www.oae.go.th/assets/portals/fileups/forecastdata/files/forecast/situation/S_CA.pdf (5 มกราคม 2567).

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2565. มันสำปะหลังโรงงาน: เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยวผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ระดับประเทศ ภาค และจังหวัด ปี 2565. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/cacava%2065.pdf> (1 มกราคม 2567).

อมรศรี ไชยวงศ์. 2562. แนวทางการส่งเสริมการผลิตมันสำปะหลังของเกษตรกรในพื้นที่อำเภอลำปำ จัหวัดมหาสารคาม. หน้า 2128-2142. ใน: การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 9. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

องค์การบริหารส่วนตำบลวังชะพลู. 2566. แผนพัฒนาท้องถิ่น พ.ศ. 2566-2570 (เพิ่มเติม) ครั้งที่ 2/2565. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: https://www.wangchaphoo.go.th/index/load_data/?doc=12122 (2 ธันวาคม 2566).

Chaiwat sowcharoensuk.2024. Business/ Industry Outlook 2024- 2026: Cassava Industry. (Online): Available Source: <https://www.krungsri.com/th/research/industry/industryoutlook/agriculture/cassava/io/cassava-2024-2026> (May 2, 2024).

Jebb, A. T. 2021. A review of key Likert scale development advances. *Organizational Research Methods*, 24(4): 620–643.

Oluigbo, C. U., E. C. Ngozi and P. M. N. I. Ohaegbu. 2024. Determination of sample sizes in research using Taro Yamane formula. pp. 76-84. In: *Proceedings of the 1st Annual Faculty of Science International Conference*, Niger Delta University.

แนวทางการสร้างมูลค่าเพิ่มปลาร้าแม่น้ำโขงของวิสาหกิจชุมชนคมาดพัฒนา อำเภอเชียงคาน จังหวัดเลย

Value Added Development Guidelines on Mekong River Fermented Fish Product
of Khok Mad Patthana Community Enterprise, Chiang Khan District, Loei Province

วิศณีย์ ทำสี^{1,2} และยศ บริสุทธิ์^{2*}

Wisanee Tumsee^{1,2} and Yos Borisutdhi^{2*}

Received: April 24, 2024

Revised: June 10, 2024

Accepted: June 11, 2024

Abstract: This article aims to find value added development guidelines on Mekong River fermented fish product (MRFFP) of Khok Mad Patthana community enterprise (KMPCE), Chiang Khan district, Loei province. Phase 1; to understanding the context of community and community enterprise by applying the Rapid Rural Appraisal (RRA) technique to collect and analyze data from Sep. to Oct. 2022, and Phase 2; to find the development guidelines for value added on MRFFP of KMPCE by applying AIC techniques to collect and analyze data in Feb. 2023, it was found that (1) Khok Mad community has two fishery patterns were natural fishery in the Mekong River and Loei River amount 5 tons per year and Nile tilapia farming in the Mekong River amount 30 tons per year. KMPCE brings in more than 1 ton per year of Nile tilapia raised and more than 0.5 ton per year for primary processing into fermented fish. Most of them were sold in the community and nearby areas. and (2) development guidelines for the added value of MRFFP of KMPCE, there were 2 major approaches: (2.1) value added of fermented fish through processing and packaging development and (2.2) value added of fermented fish through marketing development by digital marketing and onshop and events marketing. Therefore, development implementation according to the 2 major guidelines above was economic challenge that requires cooperation with relevant agencies to the economical promotion and development towards sustainable development by using soft power and community-based development.

Keywords: fermented fish processing, packaging development, digital marketing, on-shop marketing, event marketing

บทคัดย่อ: การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อค้นหาแนวทางการสร้างมูลค่าเพิ่มปลาร้าแม่น้ำโขงของวิสาหกิจชุมชนคมาดพัฒนา อำเภอเชียงคาน จังหวัดเลย โดยระยะที่ 1 ทำความเข้าใจบริบทชุมชนและวิสาหกิจชุมชนโดยประยุกต์เทคนิคการประเมินสถานะชุมชนอย่างเร่งด่วนในการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลในช่วงเดือนกันยายน-ตุลาคม 2565 และ ระยะที่ 2 ค้นหาแนวทางการสร้างมูลค่าเพิ่มปลาร้าแม่น้ำโขงของวิสาหกิจชุมชน โดยประยุกต์เทคนิค AIC ในการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลในเดือนกุมภาพันธ์ 2566 พบว่า (1) ชุมชนบ้านคมาด

¹ สำนักงานเกษตรอำเภอเชียงคาน จ.เลย 42110

¹ Chiang Khan District Agricultural Extension Office, Loei 42110

² สาขาวิชาการส่งเสริมและพัฒนาการเกษตรคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

² Agricultural Extension and Development, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Mueang, Khon Kaen 40002

*Correspondence author: yosboris@kku.ac.th, yospure@gmail.com

มีการทำประมง 2 รูปแบบคือ การหาปลาตามธรรมชาติในแม่น้ำโขงและแม่น้ำเลย ปริมาณ 5 ตันต่อปี และการเลี้ยงปลานิลกระชังในแม่น้ำโขง ปริมาณ 30 ตันต่อปี วิสาหกิจชุมชนคกมาดพัฒนา มีการนำปลานิลที่เลี้ยงในกระชังกว่า 1 ตันต่อปี และปลารมรสชาติจากแม่น้ำโขงและแม่น้ำเลย กว่า 0.5 ตันต่อปี มาแปรรูปขึ้นต้นเป็นปลาร้าเท่านั้น โดยส่วนมากจำหน่ายในชุมชนและพื้นที่ใกล้เคียง และ (2) แนวทางในการสร้างมูลค่าเพิ่มปลาร้าแม่น้ำโขงของวิสาหกิจชุมชน มีแนวทางหลัก 2 แนวทาง ได้แก่ (2.1) การสร้างมูลค่าเพิ่มปลาร้าด้วยการแปรรูปปลาร้าและพัฒนาบรรจุภัณฑ์ และ (2.2) การสร้างมูลค่าเพิ่มปลาร้าด้วยการพัฒนาการตลาด ทั้งการตลาดดิจิทัล และการตลาดหน้าร้านและอีเว้นท์ ดังนั้น ในการขับเคลื่อนการพัฒนาตาม 2 แนวทางข้างต้น จึงเป็นสิ่งที่ท้าทายอย่างยิ่งที่ต้องได้รับความร่วมมือจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อการส่งเสริมและพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนบ้านคกมาดสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนโดยใช้ soft power หรือพลังละมุนหรืออำนาจละมุนและชุมชนเป็นฐานในการพัฒนา

คำสำคัญ: การแปรรูปปลาร้า, การพัฒนาบรรจุภัณฑ์, การตลาดดิจิทัล, การตลาดหน้าร้าน, การตลาดอีเว้นท์

คำนำ

ปลาหมัก (Fermented Fish) เป็นวิธีการถนอมอาหารที่สืบทอดกันมาช้านาน เช่น ปลาพะซึก (فسیخ) (FasIk) ของประเทศอียิปต์หรือกลุ่มประเทศอาหรับ หรือ ปลาซูร์สเตรมมิง (Surströmming) ของประเทศแถบยุโรป หรือ ปลาร้า หรือ ปลาแดก ของประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยวิธีการของแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกันทั้งขึ้นอยู่กับชนิดของปลา ชนิดเกลือ และวัตถุดิบอื่นที่มีอยู่ในพื้นที่ (วงใน, 2563)

ปลาร้า เป็นปลาหมักชนิดหนึ่งที่ได้จากการนำปลาน้ำจืดมาหมักกับเกลือสินเธาว์ แล้วใส่รำข้าว ข้าวคั่วหรือรำข้าวผสมข้าวคั่ว (ณัฐธา, 2563) การผลิตปลาร้าของแต่ละพื้นที่มีเทคนิคหรือภูมิปัญญาแตกต่างกันในรายละเอียด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของปลา และวัตถุดิบประกอบกรรมวิธีที่เกี่ยวข้องและใช้ระยะเวลาการหมักมากกว่า 6 เดือน สำหรับประเทศไทย ปลาร้า ถือเป็นอาหารที่เป็นเอกลักษณ์ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งใช้ปลาร้าในการบริโภคตรงและใช้ในการปรุงอาหารให้มีรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์ เช่น ใช้ในการทำแจ่ว ส้มตำ แกงคั่ว อ่อม ออ หมก ปั่น ลาบ ก้อย เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการแปรรูปปลาร้าเพื่อความสะดวกในการบริโภคตรง เช่น ปลาร้าบอง ปลาร้าผง ปลาร้าก้อน น้ำปลาร้าปรุงรส เป็นต้น ซึ่งปัจจุบันมีการผลิตเพื่อการค้ามีตั้งแต่ระดับครัวเรือนจนกระทั่งอุตสาหกรรม ซึ่งคมชัดลึก (2566) ได้รายงานโดยอ้างอิงถึงข้อมูลจาก

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ พบว่า ไทยผลิตปลาร้าสูงถึง 40,000 ตันต่อปี สร้างรายได้ประมาณ 800 ล้านบาท ส่งออกตลาดกลุ่มอาเซียนและสหภาพยุโรปสร้างมูลค่ากว่า 200 ล้านบาทต่อปี

ชุมชนบ้านคกมาด อำเภอเชียงคาน จังหวัดเลย เป็นชุมชนที่มีพื้นที่ติดกับแม่น้ำโขง และพื้นที่ติดปากแม่น้ำเลยที่ไหลมาบรรจบแม่น้ำโขง ทำให้มีประชากรปลาจำนวนมาก โดยเฉพาะในฤดูฝน การหาปลาเป็นอาชีพหนึ่งของคนในชุมชนซึ่งปลาที่คนในชุมชนหาได้นอกจากการจำหน่ายปลาสดแล้ว ส่วนหนึ่งนำมาแปรรูปเป็นปลาร้า นอกจากนี้บริเวณชุมชนยังมีการเลี้ยงปลานิลกระชังในแม่น้ำโขง เพื่อจำหน่ายเป็นปลาสดและแปรรูปเป็นปลาร้า

วิสาหกิจชุมชนคกมาดพัฒนา อำเภอเชียงคาน จังหวัดเลย จากการศึกษาเบื้องต้นโดยการสัมภาษณ์ผู้นำวิสาหกิจชุมชน พบว่า เป็นสถาบันเกษตรกรแห่งเดียวในอำเภอเชียงคานที่มีการรวมกลุ่มการผลิตปลาร้า โดยในปี 2564 ได้รวมตัวกันเพื่อรวบรวมปลาแม่น้ำโขงมาแปรรูปเป็นปลาร้าและผลิตภัณฑ์อื่นจากปลาเพื่อจำหน่าย ภายใต้การสนับสนุนของหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง ซึ่งพบว่าวิสาหกิจชุมชนมีการผลิตปลาร้ากว่า 1,500 กิโลกรัมต่อปี คิดเป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจกว่า 180,000 บาทต่อปี (กิโลกรัมละ 120 บาท) โดยร้อยละ 20 บริโภคในครัวเรือนและร้อยละ 80 จำหน่ายเป็นปลาร้าสดให้กับคนทั้งในและนอกชุมชน

นอกจากนี้ จากการศึกษาเบื้องต้นโดยการสัมภาษณ์ผู้นำวิสาหกิจชุมชน พบว่า วิสาหกิจชุมชนยังไม่มีหรือนำปลาร้ามาแปรรูปเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม ในขณะที่ ร้านค้าในชุมชน และพื้นที่ใกล้เคียง มีการนำผลิตภัณฑ์แปรรูปจากปลาร้ามาจำหน่ายให้กับคนในชุมชน เช่น น้ำปลาร้าปรุงรส ปลาร้าบอง เป็นต้น แสดงให้เห็นว่าคนในชุมชนบ้านคกมาดและชุมชนอื่นในอำเภอเชียงคานมีความต้องการน้ำปลาร้า หรือผลิตภัณฑ์แปรรูปอื่นจากปลาร้าในรูปแบบที่พร้อมปรุงหรือพร้อมทาน (ready to cook or ready to eat) ดังนั้น จึงเกิดความคิดริเริ่มในการสร้างมูลค่าเพิ่มปลาร้าแม่น้ำโขงของวิสาหกิจชุมชนคกมาดพัฒนาจากการศึกษาเบื้องต้นพบว่า วิสาหกิจชุมชนคกมาดพัฒนา มีความพร้อมในการพัฒนาเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มของปลาร้าแม่น้ำโขงดังกล่าว การศึกษานี้จึงมุ่งทำความเข้าใจบริบท สภาพการผลิต การแปรรูป

และการตลาด ตลอดจนแนวทางการพัฒนาการสร้างมูลค่าเพิ่มปลาร้าแม่น้ำโขงของวิสาหกิจชุมชนคกมาดพัฒนา โดยการขับเคลื่อนการพัฒนาของสำนักงานเกษตรอำเภอเชียงคาน และสำนักงานเกษตรจังหวัดเลย ซึ่งเป็นแนวทางการส่งเสริมและพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนตามแนวคิด Bio Economy–Circular Economy–Green Economy (BCG) ภายใต้บันทึกความร่วมมือทางวิชาการระหว่าง กรมส่งเสริมการเกษตร และมหาวิทยาลัยขอนแก่น

อุปกรณ์และวิธีการ

1. พื้นที่ศึกษา

วิสาหกิจชุมชนคกมาดพัฒนา เป็นพื้นที่ศึกษา ตั้งอยู่ที่ชุมชนบ้านคกมาด หมู่ที่ 3 ตำบลเชียงคาน อำเภอเชียงคาน จังหวัดเลย (17°51'10"N 101°36'14"E) สมาชิกวิสาหกิจชุมชนคกมาดพัฒนา จำนวน 10 คน พ.ศ. 2565 (Figure 1)

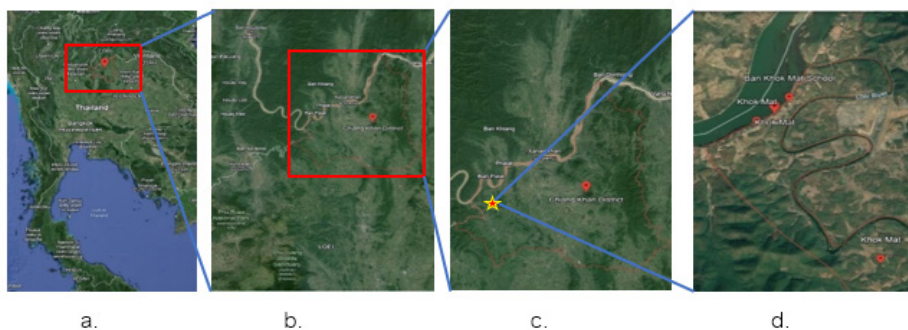


Figure 1 Study site (Source: modified form Google Earth, 2024): (a) Map of Thailand, (b) Map of Loei province, (c), Map of Chiang Khan district and (d) Map of Khok Mad community.

2. ขั้นตอนการศึกษา

ระยะที่ 1 ศึกษาบริบทชุมชน การผลิต การแปรรูปและการตลาดปลาร้าแม่น้ำโขงของวิสาหกิจชุมชน ประยุกต์เทคนิคการประเมินสถานะชนบทแบบเร่งด่วน (Rapid Rural Appraisal : RRA) (Chambers, 1981 และยศ, 2558) ในการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล โดยเริ่มจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องสำหรับนำมาเป็นพื้นฐานในการสร้างประเด็นหัวข้อย่อย (sub-topic) เพื่อเป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูลมือสอง ที่เกี่ยวข้อง กับบริบทชุมชน การผลิต การแปรรูป และการตลาด

ปลาร้าแม่น้ำโขงของวิสาหกิจชุมชน และได้รวบรวมข้อมูลภายใต้ประเด็นหัวข้อย่อยข้างต้นด้วยการสังเกตและสัมภาษณ์ โดยคัดเลือกผู้ให้ข้อมูลแบบเจาะจง (purposive) ที่เป็นผู้รู้ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในชุมชน และเจ้าหน้าที่รัฐที่เกี่ยวข้อง จำนวน 20 ราย ประกอบด้วย (1) ผู้นำชุมชน จำนวน 2 ราย คือ ผู้ใหญ่บ้าน และผู้ช่วยผู้ใหญ่บ้าน (2) สมาชิกวิสาหกิจชุมชนคกมาดพัฒนา จำนวน 10 ราย โดยเลือกจากสมาชิกวิสาหกิจชุมชนที่มีการผลิตปลาร้า (3) ผู้สนใจสมัครใจเข้าร่วมกิจกรรมจำนวน 3 ราย โดยคัดเลือกจากผู้ที่มีการผลิตและแปรรูปปลาร้าในชุมชน (4) ชาวบ้านผู้รู้ด้าน

ประมงในชุมชน จำนวน 3 ราย โดยเลือกจากผู้ที่เกี่ยวข้อง ปลานิลกระชังในแม่น้ำโขงจำนวน 1 ราย และผู้ทำประมงพื้นบ้าน จำนวน 2 ราย และ (5) เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องจำนวน 2 ราย โดยเลือกจากนักวิชาการพัฒนาชุมชนประจำตำบล นักวิชาการประมงผู้รับผิดชอบพื้นที่บ้านคกมาด ดำเนินการในเดือน ตุลาคม 2565- มกราคม 2566

ระยะที่ 2 ประเมินความจำเป็น ความเป็นไปได้ และกำหนดแนวทางการพัฒนาการเสริมมูลค่าเพิ่มปลาร้าแม่น้ำโขงของวิสาหกิจชุมชน ประยุกต์เทคนิค AIC (appreciation-influence-control) (ยศ,2558) ในการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล โดยนำผลจากการศึกษาระยะที่ 1 มาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการสร้างกรอบประเด็น (sub-topic) เพื่อเป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูลผ่านการจัดเวทีชุมชน (group discussion) โดยคัดเลือกผู้ให้ข้อมูลแบบเจาะจงที่เป็นผู้รู้ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในชุมชน จำนวน 24 ราย ประกอบด้วย (1) สมาชิกวิสาหกิจชุมชนคกมาดพัฒนา จำนวน 10 ราย (2) ประชาชนในชุมชนที่สนใจเข้าร่วมเป็นสมาชิกวิสาหกิจชุมชน จำนวน 14 ราย ดำเนินการในเดือนกุมภาพันธ์ 2566

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. บริบทชุมชน สภาพการผลิต การแปรรูป และการตลาดปลาร้าแม่น้ำโขงของวิสาหกิจชุมชน

การศึกษาในส่วนนี้ได้ประยุกต์เทคนิค RRA ในการศึกษา โดยเริ่มจาก (1) การศึกษาบริบทชุมชน และการเกษตรของชุมชน จากนั้น (2) ศึกษาสภาพทางการประมงของชุมชน และ (3) บริบทของวิสาหกิจชุมชน (สภาพการผลิต การแปรรูป และการตลาดปลาร้าแม่น้ำโขงของวิสาหกิจชุมชน) ตามลำดับ พบว่า

1.1 บริบทชุมชน และการเกษตร

บ้านคกมาด หมู่ที่ 3 ตำบลเชียงคาน อำเภอเชียงคาน จังหวัดเลย ตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกของอำเภอเชียงคาน โดยมีระยะทางห่างจากอำเภอเชียงคาน 8 กิโลเมตร ประชากรส่วนใหญ่อพยพมาจากเมืองหลวงพระบาง และมีการจัดตั้งหมู่บ้านขึ้น ในปี 2445 บ้านคกมาดอยู่บนที่ราบสูงสลับหุบเขา และอาณาเขตติดชายแดน ไทย-ลาว นับถือศาสนาพุทธ สืบสารในชุมชนด้วยภาษาลาวสำเนียงเลย โดยมีแม่น้ำ 2 สายหลักได้แก่ แม่น้ำโขงและแม่น้ำเลย จากข้อมูลสารสนเทศของฝ่ายทะเบียนราษฎร อำเภอเชียงคาน พบว่า ในปี 2565 ชุมชนบ้านคกมาด มีประชากรทั้งหมด 609 คน จำนวนครัวเรือน 222 ครัวเรือน (ที่ว่าการอำเภอเชียงคาน จังหวัดเลย, 2565) มีพื้นที่อยู่อาศัย 220 ไร่ พื้นที่ทำการเกษตร 1,594 ไร่ แบ่งเป็นพื้นที่ยางพารา 1,132 ไร่ นาข้าว 398 ไร่ พืชอื่น 64 ไร่ (สำนักงานเกษตรอำเภอเชียงคาน จังหวัดเลย, 2565) และมีการทำประมงในแม่น้ำโขงและแม่น้ำเลย (Table1)

Table 1 Agricultural calendar of Khok Mad community.

Activity	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Para rubber						✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Rice						✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Table 1 (Continue)

Activity	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Vegetable and orchard												
	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Fishery												
	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Fish processing (fermented fish)												
	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

1.2 สภาพการประมง

การทำประมงของชุมชน พบว่า สามารถ
จำแนกได้ 2 ประเภท ดังนี้

1.2.1 การประมงด้วยการหาปลาธรรมชาติ
จากแม่น้ำโขงและแม่น้ำเลย วิธีการจับปลาจะใช้
อุปกรณ์ เช่น ตาข่ายดัก ตุ่ม จั่น แห เบ็ดราว ดางเหี่ยว
(ตาข่ายดักสี่เหลี่ยม) โดยชาวบ้านคมมาดจะหาปลา
ทั้งปี เดือนที่หาปลาได้จำนวนมากจะเป็นช่วงเดือน
มิถุนายน-กรกฎาคม ปริมาณปลาน้ำโขงและปลาน้ำ
เลยที่หาได้เฉลี่ย 0.5 ตันต่อปี (ผู้ขึ้นทะเบียนเรือประมง
ชุมชนบ้านคมมาด มีจำนวน 10 ราย) เฉลี่ยหาปลาได้
ปีละ 500 กิโลกรัม) ราคาขึ้นอยู่กับขนาดชนิดของปลา
ราคาตั้งแต่ กิโลกรัมละ 80 ถึง 500 บาท (ราคาปลา
น้ำโขงเฉลี่ยกิโลกรัมละ 300 บาท) เฉลี่ยมูลค่าทาง
เศรษฐกิจกว่า 1.5 ล้านบาท (ปลา 0.5 ตันต่อปี*เฉลี่ย
กิโลกรัมละ 300 บาท) บริเวณที่หาปลาในแม่น้ำโขง
จะอยู่ที่ระยะทาง 1 กิโลเมตรจากบริเวณหลังวัดไชย
มาตถึงปากแม่น้ำเลย ส่วนแม่น้ำเลยมีระยะทาง กว่า
5 กิโลเมตร โดยปลาที่จับได้ในแม่น้ำโขง และปลาที่
จับได้จากแม่น้ำเลย (ห่างจากแม่น้ำโขงไม่เกิน 5
กิโลเมตร) คนในชุมชนบ้านคมมาด เรียกปลาจาก

ทั้ง 2 แม่น้ำดังกล่าวว่า “ปลาแม่น้ำโขง” เนื่องจาก
แม่น้ำเลยไหลลงสู่แม่น้ำโขงที่ชุมชนบ้านคมมาด ซึ่ง
ปลาจากแม่น้ำโขงและแม่น้ำเลยสามารถว่ายน้ำไป
มาระหว่างทั้งสองแม่น้ำได้โดยสะดวก และปลาที่จับ
ได้ทั้งสองแม่น้ำเป็นปลาชนิดเดียวกัน โดยปลาที่นำ
มาทำปลาร้าได้แก่ ปลานิล ปลาตะเพียน ปลาขาว
ส่วนปลาหนังและปลาเนื้ออ่อน นิยมนำไปจำหน่าย
เป็นปลาสดให้ร้านอาหารในตัวอำเภอเชียงคานซึ่งมี
ราคาค่อนข้างสูง

1.2.2 การประมง ด้วยการเลี้ยงปลานิล
กระชังในแม่น้ำโขง การเลี้ยงปลานิลกระชังในแม่น้ำ
โขงของบ้านคมมาด ในอดีตเคยมีผู้เลี้ยงจำนวน 2
ครัวเรือน ปัจจุบัน (2565/66) มีผู้เลี้ยงเพียงจำนวน 1
ครัวเรือนเท่านั้น เนื่องจากความผันผวนของแม่น้ำโขง
ทำให้ปลานิลกระชังมีการตายฉับพลัน ทำให้เกิดความ
เสียหายทางเศรษฐกิจ ครัวเรือนที่เลี้ยงปลานิลกระชัง
ในอดีตได้มีการขายกิจการต่อให้กับครัวเรือนที่ยังเลี้ยง
ปลานิลกระชัง ทำให้ปัจจุบันบ้านคมมาดมีผู้เลี้ยงปลา
นิลกระชังจำนวน 1 ครัวเรือนเท่านั้น โดยมีกระชัง
ปลานิลในน้ำโขงกว่า 50 กระชัง จำหน่ายราคาปลีก
กิโลกรัมละ 80 บาท จำหน่ายในราคาส่งกิโลกรัมละ

โดยบรรจุใส่ถุงพลาสติกมัดปากถุง ก่อนบรรจุลงถังพลาสติกปิดฝาให้สนิทอีกชั้นหนึ่ง ใช้ระยะเวลาการหมัก 6 เดือน ขึ้นไป จึงนำมาจำหน่าย วิธีการผลิตและบรรจุนั้นยังอยู่ในที่โล่ง ไม่มีอาคารแปรรูป

จากการศึกษาพบว่า วิสาหกิจชุมชนมีการนำปลาน้ำโขงมาแปรรูปเบื้องต้นทั้งปลานิลกระซังและปลารวมชาติจากแม่น้ำโขงและแม่น้ำเลยเพื่อเป็นการถนอมอาหารไว้บริโภคและจำหน่าย สอดคล้องกับการศึกษาของ จันทน์ (2560) ที่รายงานว่าการถนอมและแปรรูปอาหารเป็นการกักตุนหรือทำลายจุลินทรีย์และสารพิษที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น ทำให้อาหารสามารถเก็บรักษาได้นาน ลดปัญหาผลผลิตล้นตลาด การขาดแคลนอาหาร มีอาหารบริโภคนอกฤดูกาล และสะดวกในการขนส่ง นอกจากนี้ยังทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ใหม่ตามความต้องการของผู้บริโภคและเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์

นอกจากนี้ ผลการศึกษาพบว่า การผลิตปลาร้าของวิสาหกิจชุมชน มีกระบวนการผลิต การบรรจุปลาร้าที่ยังไม่ได้มาตรฐาน และยังไม่มี การนำปลาร้ามาแปรรูป ซึ่งการผลิตหรือการแปรรูปที่ได้มาตรฐานถูกหลักสุขลักษณะเป็นสิ่งจำเป็นในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ซึ่งสอดคล้องกับ ทิพย์กมล และอุไรวรรณ (2559) ที่ได้ศึกษาสุขลักษณะของการประกอบกิจการผลิตปลาร้าและปลาส้ม ในอำเภอแห่งหนึ่งของจังหวัดขอนแก่น พบว่า ผู้ประกอบการควรให้ความสำคัญกับสุขลักษณะของการประกอบกิจการผลิตปลาร้าและปลาส้ม ได้แก่ สถานที่ตั้งและอาคารผลิต เครื่องมือและอุปกรณ์ในการผลิต การควบคุมกระบวนการผลิต การสุขาภิบาล การบำรุงรักษา และการทำความสะอาด ดังนั้น วิสาหกิจชุมชนต้องเห็นถึงความสำคัญในการปฏิบัติตามเกณฑ์มาตรฐาน ตลอดจนการอบรมเสริมสร้างความรู้เกี่ยวกับสุขลักษณะและการสุขาภิบาลและส่งเสริมให้เกิดการแปรรูปให้เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จ เพื่อช่วยลดโอกาสที่จะเกิดการปนเปื้อนในกระบวนการผลิต ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ปลาร้า

มีความปลอดภัยสำหรับผู้บริโภค ซึ่งประเด็นมาตรฐานการผลิตและแปรรูปปลาน้ำโขง สารีกา และคณะ (2563) ได้รายงานว่าการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากปลาของวิสาหกิจชุมชนที่ผ่านการรับรองมาตรฐานการปฏิบัติการผลิตที่ดีด้านอาหาร (good manufacturing practice: GMP) มาตรฐานอาหารและยา (อย.) หรือ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) จะเอื้อให้วิสาหกิจชุมชนมีโอกาสจำหน่ายผลิตภัณฑ์ได้มากขึ้นเนื่องจากผู้บริโภคเกิดความมั่นใจในผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ Venugopal *et al.* (2009) ยังได้รายงานในทำนองเดียวกันว่า ปลาเป็นแหล่งโปรตีนที่ย่อยง่ายซึ่งอุดมไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว วิตามิน และแร่ธาตุสำหรับโภชนาการของมนุษย์ อย่างไรก็ตาม ปลาที่จับได้ทั้งหมดส่วนใหญ่ ไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์ เนื่องจากปลาบางชนิดมีสี รสชาติ เนื้อสัมผัส และมีไขมันสูง ซึ่งปลาเหล่านี้เป็นสัตว์น้ำพลอยได้ ดังนั้นการสร้างมูลค่าเพิ่มจึงเป็นแนวทางที่ดีที่สุด ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยใช้เนื้อปลาเหล่านี้ ผลิตเป็น ชูริมิ (เนื้อปลาบด) ได้รอก ผลิตภัณฑ์ปลามาก เวียโปรตีนไฮโดรไลเสต และความเป็นไปได้ทางเทคโนโลยีชีวภาพ มีการชี้ให้เห็นข้อดีสองประการของแนวทางนี้ กล่าวคือ การหาวิธีการสร้างมูลค่าเพิ่มจากพันธุ์ปลามูลค่าต่ำให้ดีขึ้น และการจัดหาอาหารสะดวกซื้อที่อุดมด้วยโปรตีน อย่างไรก็ตาม ความสำเร็จของแนวทางนี้ขึ้นอยู่กับกลยุทธ์ทางการตลาดที่ใช้เป็นหลัก

2) สภาพการจำหน่ายปลาร้าของวิสาหกิจชุมชน วิสาหกิจชุมชนมีการผลิตปลาร้าเพื่อจำหน่ายกว่า 1,500 กิโลกรัมต่อปี คิดเป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจกว่า 180,000 บาทต่อปี (1,500 กิโลกรัม*120 บาท) โดยร้อยละ 20 บริโภคในครัวเรือนและร้อยละ 80 คือ (1) จำหน่ายทั้งตัวและน้ำในกิโลกรัมละ 120 บาท โดยบรรจุถุงพลาสติก รัดปากถุงด้วยหนังยาง (2) จำหน่ายเฉพาะตัว บรรจุถุงซีล ในกิโลกรัมละ 120 บาท ซึ่งการจำหน่ายจะจำหน่ายให้กับคนทั้งในและนอกชุมชน ทั้งแบบโดยตรงและออนไลน์ (Table 2)

Table 2 Fermented fish consumption and marketing channel of Khok Mad Pattana community enterprise (KMPCE).

Fermented Fish (Kg/year)	Total productivity (Kg/year)	Fermented fish consumption or sold in thire community (Kg/year)	Fermented fish Marketing channel, sold to outside community (Kg/year)	
			On-line market	On-site market
Natural fishes (non farming)	500	100	100	300
Nile tilapia fish (by farming)	1,000	200	100	700

จากการศึกษาพบว่า วิสาหกิจชุมชนมีการจำหน่ายปลาร้าขึ้นต้นยังไม่มีมีการนำปลาร้ามาแปรรูป การจำหน่ายยังจำหน่ายในวงแคบ ๆ ผลผลิตยังไม่มีเป็นที่รู้จัก มีการจำหน่ายให้ลูกค้าโดยตรง ทั้งในและนอกชุมชนแบบการบอกต่อ และการจำหน่ายออนไลน์ส่วนตัว ซึ่งหากมีการดำเนินการพัฒนาด้านการตลาดจะช่วยเอื้อให้วิสาหกิจชุมชนจำหน่ายได้มากขึ้น โดยการพัฒนาด้านการตลาดนี้ สมาชิกวิสาหกิจชุมชนมีความพร้อมในการเรียนรู้เพื่อการพัฒนา และสมาชิกของวิสาหกิจชุมชนบางคนเป็นเกษตรกรรุ่นใหม่ (young smart farmer: YSF) ของกรมส่งเสริมการเกษตร ที่มีความพร้อมในการขับเคลื่อนการพัฒนาการตลาดดังกล่าว ซึ่งเสรี (2558) ได้รายงานว่าการตลาดต้องมีการสื่อสารการตลาดเพื่อสื่อสารให้ลูกค้ากลุ่มเป้าหมายเกิดการรู้จักสินค้านั้น มีความรู้เกี่ยวกับสินค้านั้น มีความชื่นชมสินค้านั้น และมองเห็นว่าสินค้านั้นแตกต่างจากสินค้าอื่นในกลุ่มสินค้าประเภทเดียวกัน จนเกิดความต้องการที่จะซื้อสินค้า

2. ความจำเป็น ความเป็นไปได้ และแนวทางการพัฒนาการสร้างมูลค่าเพิ่มปลาร้าแม่น้ำโขงของวิสาหกิจชุมชน

การศึกษาส่วนนี้ ได้ประยุกต์เทคนิค AIC ในการศึกษาพบว่า

2.1 ศักยภาพ ข้อจำกัด และความภาคภูมิใจ

ได้ทำการแบ่งสมาชิกวิสาหกิจชุมชนออกเป็น 2 กลุ่ม พร้อมให้โจทย์ “ปลาร้าของวิสาหกิจชุมชนในวันนี้” โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้มีส่วนร่วมได้วิเคราะห์ศักยภาพ ข้อจำกัด และความภาคภูมิใจของ

วิสาหกิจชุมชน (การยอมรับชื่นชม จากอดีตสู่ปัจจุบัน (application 1: A1)) ด้วยการให้แต่ละกลุ่มวาดภาพสภาพการผลิต การแปรรูป และการตลาดปลาร้าแม่น้ำโขงในปัจจุบันเพื่อสะท้อนถึงสิ่งที่มีอยู่ สิ่งที่ขาดหาย และความภาคภูมิใจในปัจจุบัน พร้อมส่งตัวแทนกลุ่มนำเสนอภาพวาด หลังจากนั้นนำภาพจากทั้ง 2 กลุ่มมารวมกัน (Table 3) ซึ่งสามารถสรุปประเด็นได้ ดังนี้

1) ศักยภาพหรือจุดเด่น วิสาหกิจชุมชนมีศักยภาพที่โดดเด่น 4 ประเด็น คือ (1) มีพื้นที่ทำการประมง คือแม่น้ำโขงและแม่น้ำเลย ซึ่งเป็นแหล่งวัตถุดิบที่สำคัญในการทำปลาร้า (2) วัตถุดิบ (ปลา) มีปริมาณและคุณภาพซึ่งเป็นปลาแม่น้ำโขงที่มีเนื้อแน่น ไม่มีกลิ่นคาว และ (3) มีประชาชนชาวบ้านและภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการประมงและการแปรรูปปลา เช่น วิธีการหมักปลาร้า วิธีการทำปลาต้ม ปลาร้าบอง เป็นต้น

2) ข้อจำกัด วิสาหกิจชุมชนมีข้อจำกัด 5 ประเด็น คือ (1) สินค้าไม่หลากหลาย การผลิตปลาร้ายังอยู่ในกระบวนการแปรรูปขั้นต้น และยังไม่มีการนำปลาร้ามาแปรรูป ทำให้สินค้าไม่เป็นที่สนใจ (2) สถานที่ผลิตไม่ได้มาตรฐาน ไม่มีอาคารแปรรูปโดยเฉพาะ ยังผลิตและบรรจุในอาคารโล่งทำให้สินค้ายังไม่ได้รับการรับรองมาตรฐาน (3) ยังขาดเงินทุน วัสดุอุปกรณ์ในการแปรรูปปลาร้าเพื่อผลิตสินค้าที่มีความหลากหลายและมีมาตรฐาน (4) ยังไม่มีบรรจุภัณฑ์ที่ดี โดยยังใช้บรรจุภัณฑ์ที่เป็นถุงพลาสติกบรรจุปลาร้าด้วยสมน้ำ มัดปากถุงด้วยหนังยาง ทำให้ผลิตภัณฑ์ดูไม่สะอาด ไม่สวยงาม และมีกลิ่นคาวที่ยังไม่เป็นที่ดึงดูดลูกค้ารวมทั้งยังไม่มีข้อมูลรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ และ (5) ช่องทางการตลาดยัง

มีน้อย ส่วนใหญ่จำหน่ายในชุมชนและพื้นที่ใกล้เคียง มีบางส่วนเท่านั้นที่จำหน่ายให้คนต่างพื้นที่และผ่านช่องทางออนไลน์ โดยการติดต่อส่วนตัวกับสมาชิก ทำให้ปลาร้าบ้านคกมาดยังไม่เป็นที่รู้จัก

3) ความภาคภูมิใจ วิสาหกิจชุมชนมีความภาคภูมิใจ 2 ประเด็น คือ (1) ใช้วัตถุดิบในชุมชนมาแปรรูปโดยใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่น และ (2) ชุมชนบ้านคกมาดเป็นหมู่บ้านท่องเที่ยว OTOP นวัตวิถี เป็นแหล่ง

เรียนรู้ชุมชนด้านการประมงและการทำปลาร้า และอยู่ใกล้แหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญของอำเภอเชียงคาน เช่น ถนนคนเดินเชียงคาน สกายวอล์คเชียงคาน ซึ่งวิสาหกิจชุมชนมีความพร้อมในการพัฒนาการสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ปลาร้าเป็นอย่างมาก เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ของชุมชน ให้เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคและนักท่องเที่ยว

Table 3 Potential, limitations and pride of KMPCE.

	Potential	Constraint	Proud
Material and Processing	• Mekong River and Loei River as the fishery areas for raw materials for fermented fish processing • Raw materials (fish from the Mekong River and Loei River) had the quantity and quality for fermented fish processing • Having local experts and local wisdom regarding fisheries and fish processing	• Products are not diverse, still only a preliminary fermented fish processing • The processing area was not up to standard, no processing building • Lack of funds, materials, and equipment to develop fermented fish processing into diverse and standardized products	• Using raw materials in the community for fermented processing (fish from the Mekong River and Loei River) and using local wisdom for their fermented fish processing • The Community were supported by the government agency into an OTOP Nawatwithi tourist village, a community learning center on fishery and fermented fish procession and also close to the important tourist attractions of Chiang Khan District
Packaging and Marketing		• Lack of standardized packaging, only plastic bag packaging with a rubber band and no label • Few marketing channels, mostly sold in the community and nearby community. Only some of the members were sold by online channels	

2.2 ประเด็นในการพัฒนา และความจำเป็นในการพัฒนา

2.2.1 ประเด็นในการพัฒนา

ได้มีโจทย์ให้ผู้ร่วมกิจกรรมในการร่วมหาคำตอบ ภายใต้โจทย์ “ปลาร้าในฝันของวิสาหกิจชุมชน” โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกระตุ้นให้วิสาหกิจชุมชนอยากพัฒนาปลาร้าแม่น้ำโขงให้ดีขึ้น (การยอมรับชื่นชมจากปัจจุบันสู่อนาคต (application 2: A2)) ซึ่งในการจัดกิจกรรมได้แบ่งสมาชิกออกเป็น 2 กลุ่ม โดยให้ผู้เข้าร่วมเวทีทั้ง 2 กลุ่ม ระดมสมอง วาดภาพ เขียน บรรยายลงในกระดาษฟาง และนำเสนอ ร่วมอภิปราย และสรุปประเด็นการพัฒนา ได้ดังนี้ (Figure 3)

ก) การพัฒนาการตลาด การจำหน่ายยังจำหน่ายเฉพาะในชุมชน และช่องทางออนไลน์ส่วนตัวของสมาชิกบางส่วนซึ่งช่องทางการตลาดยังมีน้อย จึงอยากเพิ่มช่องทางการจำหน่ายให้มากขึ้น เพื่อเป็นการประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ปลาร้าแม่น้ำโขงให้เป็นที่รู้จัก และเพิ่มโอกาสในการจำหน่าย

ข) การพัฒนาการแปรรูป วิสาหกิจชุมชนยังไม่มีเมื่อนำปลาร้ามาแปรรูป ซึ่งการนำปลาร้ามาแปรรูปจะสามารถสร้างผลิตภัณฑ์ของวิสาหกิจชุมชนได้หลากหลายสะดวกในการขนส่งนอกจากนี้ยังทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ใหม่ตามความต้องการของผู้บริโภคและเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์

ค) การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ ปลาย้าของวิสาหกิจชุมชน ยังไม่มีบรรจุภัณฑ์ที่สวยงาม ซึ่งการทำบรรจุภัณฑ์ที่ดีจะช่วยให้รักษาสินค้าไม่ให้เกิดความเสียหายสะดวกต่อการขนส่ง ทั้งยังสามารถยืดอายุสินค้าเหล่านั้นได้นอกจากนั้นยังช่วยกระตุ้นยอดขายให้กับวิสาหกิจชุมชนได้อีกด้วย

ง) การพัฒนาอาคารแปรรูป วิสาหกิจชุมชนยังผลิตปลาย้าและบรรจุในถัง เพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์มี

มาตรฐาน อาคารแปรรูปจึงมีความจำเป็นสำหรับการผลิตและแปรรูปปลาย้า

จ) จัดการทุนงบประมาณ/วัสดุอุปกรณ์ วิสาหกิจชุมชน ยังขาดวัสดุ อุปกรณ์ในการแปรรูปปลาย้า เงินทุนหมุนเวียนยังมีน้อย ยังขาดสภาพคล่องซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่จะทำให้วิสาหกิจชุมชน มีการขับเคลื่อนกิจกรรมการผลิต การแปรรูปปลาย้า

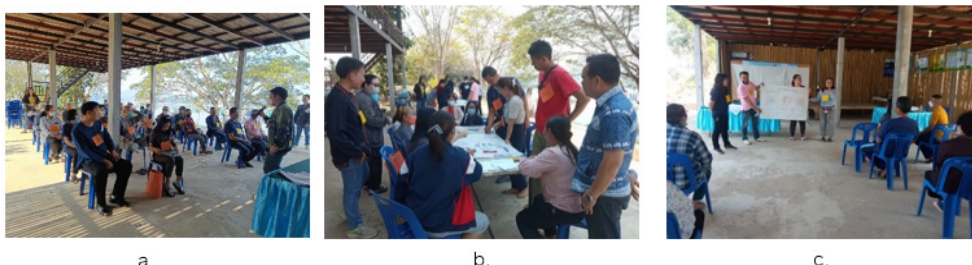


Figure 3 AIC activities to satiation analysis: (a) clarification of activity, (b) brainstorming of need and (c) Presentation after brainstorming.

2.2.2 ความจำเป็นในการพัฒนา (Need Assessment)

ได้มีโจทย์ให้ผู้ร่วมกิจกรรมในการร่วมหาคำตอบ ภายใต้โจทย์ “ฝันใดยิ่งใหญ่กว่า” โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อค้นหาระดับความจำเป็นในการพัฒนาของวิสาหกิจชุมชนและประเมินความจำเป็นในการพัฒนาการสร้างความเพิ่มปลาย้าแม่น้ำโขง (พลังอิทธิพลหรือพลังประชาคม ที่สามารถก้าวข้ามปัจจุบันสู่อนาคตได้ (influence 1: I1)) โดยนำประเด็นการพัฒนาในข้อ 2.2.1 กิจกรรมปลาย้าในฝันของวิสาหกิจชุมชน ซึ่งมีทั้งหมด 5 ประเด็น มาเป็นตัวเลือกในการลงคะแนน โดยให้ผู้มีสิทธิ์ลงคะแนนได้แก่สมาชิกวิสาหกิจชุมชนคกมาพัฒนา และคนในชุมชน ผู้สนใจเข้าร่วมสมัครเป็นสมาชิกวิสาหกิจชุมชน โดย

ให้ผู้มีสิทธิ์ลงคะแนน ลงคะแนนด้วยหนัวยาง คนละ 15 เส้น หรือ 15 คะแนน ทั้งนี้ การลงคะแนนของแต่ละบุคคลครบ 15 คะแนนหรือไม่ ถือเป็นเอกสิทธิ์ของแต่ละบุคคล จากนั้นทำการนับคะแนน และเรียงลำดับคะแนน พบว่า วิสาหกิจชุมชนมีความจำเป็นในการพัฒนา ตามลำดับคะแนน ดังนี้ (1) การจัดหาทุนงบประมาณ/วัสดุอุปกรณ์ (budgeting/materials or equipment supplementation) 62 คะแนน (2) การพัฒนาการแปรรูป (processing development) 55 คะแนน 3) การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ (packaging development) 48 คะแนน (4) การพัฒนาการตลาด (marketing development) 43 คะแนน และ (5) การพัฒนาอาคารแปรรูป (processing building development) 32 คะแนน (Figure 4)

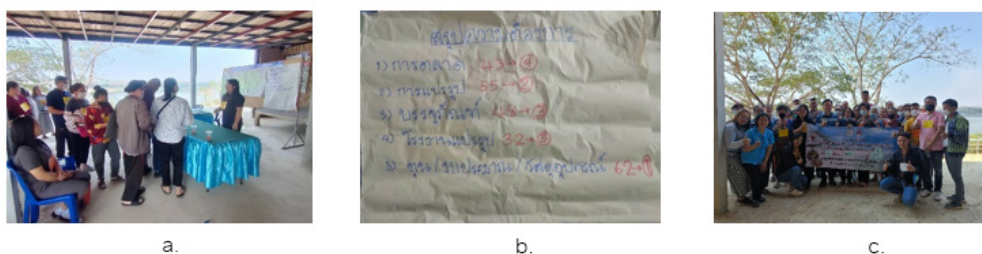


Figure 4 AIC activity: (a) voting of need, (b) ranking of need assessment and (c) Activity participants.

2.3 ความเป็นไปได้ในการพัฒนา

การศึกษาในส่วนนี้ ได้มีโจทย์ให้ผู้ร่วมกิจกรรมในการร่วมหาคำตอบ ภายใต้โจทย์ “ฝันที่เป็นไปได้ภายใน 1 ปี” โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการพัฒนาที่สามารถพัฒนาได้จริงภายในระยะเวลา 1 ปี (พลังอิทธิพลหรือพลังประชาคมที่สามารถไปสู่อนาคตเป็นไปได้นั้นเร็วๆ นี้ (influence 2: 12)) โดยให้สมาชิกร่วมกันวิเคราะห์ และพิจารณาประเด็นในการพัฒนา 5 ประเด็น ตามข้อที่ 2.2.2 ผลจากการค้นหาคำตอบ พบว่า

1) ประเด็นการพัฒนาที่เป็นไปได้ภายใน 1 ปี ความเป็นไปได้ในการพัฒนาที่สามารถพัฒนาได้จริงภายในระยะเวลา 1 ปีนั้น สามารถพัฒนาได้ 3 ประเด็น ได้แก่ (1) การพัฒนาการแปรรูป (ประเด็นความจำเป็นลำดับที่ 2) (2) การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ (ประเด็นความจำเป็นลำดับที่ 3) และ (3) การพัฒนาการตลาด (ประเด็นความจำเป็นลำดับที่ 4) เนื่องจากวิสาหกิจชุมชนมีความพร้อมด้านวัตถุดิบที่มีเพียงพอสำหรับแปรรูป และมีราษฎรชาวบ้านด้านการแปรรูปปลาร้าในหมู่บ้านที่สามารถถ่ายทอดความรู้ให้สมาชิกนำไปแปรรูปเพื่อสร้างมูลค่าได้ พร้อมทั้งมีหน่วยงานภาครัฐสนับสนุนในเรื่องงบประมาณ ทั้งด้านการถ่ายทอดความรู้และการจัดสรรวัสดุอุปกรณ์ และมีสมาชิกคนรุ่นใหม่ที่จะเรียนรู้และพัฒนาผลิตภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์และการตลาดให้วิสาหกิจชุมชนมีการขับเคลื่อนไปในอนาคต

2) ประเด็นการพัฒนาที่ไม่สามารถเป็นไปได้อีกภายใน 1 ปี ส่วนประเด็นความจำเป็นลำดับที่ 1 ทุนงบประมาณ/วัสดุอุปกรณ์ และ (ประเด็นความจำเป็นลำดับที่ 5) อาคารแปรรูป เป็นประเด็นที่ไม่สามารถดำเนินการพัฒนาภายใน 1 ปีได้ ดังนั้นวิสาหกิจชุมชนจึงต้องเขียนแผนโครงการขอสนับสนุนงบประมาณจากหน่วยงานท้องถิ่น หน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน ในลำดับต่อไป

2.4 แนวทางการพัฒนา

หลังจากสมาชิกร่วมกันพิจารณาประเด็นที่สามารถพัฒนาได้จริงภายในระยะเวลา 1 ปี ดังข้อที่ 2.3 แล้วนั้น สมาชิกวิสาหกิจชุมชน จึงได้ร่วมกันวางแผนแนวทางการพัฒนาการสร้างมูลค่าเพิ่มปลาร้า

แม่น้ำโขง (การควบคุมเชิงสร้างสรรค์หรือการจัดการพัฒนาไปสู่อนาคต (control: C)) ซึ่งมีแนวทางการพัฒนา 2 แนวทางหลัก (Figure 5) ดังนี้

1) การสร้างมูลค่าเพิ่มปลาร้า ด้วยการแปรรูปปลาร้าและพัฒนาบรรจุภัณฑ์ จากการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการพัฒนาที่สามารถพัฒนาได้จริงภายในระยะเวลา 1 ปี ตามข้อ 2.3 นำมาซึ่งการกำหนดแนวทางการพัฒนาการสร้างมูลค่าเพิ่มปลาร้าแม่น้ำโขง โดยนำประเด็น 2 ใน 5 ได้แก่ การพัฒนาการแปรรูป (ประเด็นความจำเป็นลำดับที่ 2) และการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ (ประเด็นความจำเป็นลำดับที่ 3) มาบูรณาการเป็นแนวทางในการพัฒนานี้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการแปรรูปปลาร้าให้มีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ พัฒนาบรรจุภัณฑ์ให้มีความสวยงาม ทันสมัย สะดวกในการขนส่ง และกระตุ้นยอดขายให้กับวิสาหกิจชุมชน โดยมีแนวทางย่อยในการดำเนินการ ดังนี้

ก) การพัฒนาการผลิตและการแปรรูปปลาร้า วิสาหกิจชุมชนคกมาดพัฒนามีการผลิตปลาร้าขึ้นต้นแบบกรรมวิธีดั้งเดิม การผลิตยังไม่ได้มาตรฐานและยังไม่ได้นำปลาร้ามาแปรรูป เพื่อเป็นการสร้างสุขลักษณะที่ดีในการผลิตและแปรรูปปลาร้าและเพื่อโภชนาการที่ดีของผู้บริโภค สมาชิกจึงมีความต้องการพัฒนาความรู้ในการผลิตปลาร้าที่ดี เช่น สุขลักษณะของการผลิตปลาร้า มาตรฐานปลาร้า กระบวนการผลิต และโภชนาการปลาร้า เป็นต้น และนำความรู้ที่ได้รับมาปรับใช้ในกระบวนการผลิตปลาร้าและการแปรรูป เพื่อให้ปลาร้าของวิสาหกิจชุมชนมีคุณภาพ เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ต่อไป

ข) การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ ในปัจจุบันวิสาหกิจชุมชนมีการผลิตปลาร้าขึ้นต้น และยังไม่ได้นำปลาร้ามาแปรรูปเพื่อจำหน่าย การจำหน่ายมี 2 ประเภทคือ (1) บรรจุปลาร้าตัวผสมน้ำใส่ถุงพลาสติกมัดปากถุงด้วยหนังยาง ทำให้ผลิตภัณฑ์ดูไม่สะอาด ไม่สวยงาม ถ้ามีการขนส่งแบบโยนหรือกระแทกถุงบรรจุปลาร้าจะแตกได้ง่าย ถุงไม่สามารถเก็บกลิ่นได้ดี (2) บรรจุปลาร้าตัวใส่ถุงซีลและมีตราสินค้าที่ไม่น่าสนใจ ยังไม่เป็นที่ดึงดูดลูกค้ารวมทั้งยังไม่มีข้อมูลรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ สมาชิก

วิสาหกิจชุมชนจึงมีความต้องการพัฒนาบรรจุภัณฑ์และฉลากให้สวยงาม น่าสนใจ และเป็นที่จดจำแก่กลุ่มลูกค้า เพื่อเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มแก่ปลาร้าแม่น้ำโขง และสร้างความยั่งยืนในการสร้างรายได้ให้แก่วิสาหกิจชุมชนต่อไป

การที่วิสาหกิจชุมชนจักดำเนินการพัฒนาการผลิต การแปรรูป และบรรจุภัณฑ์ ถือเป็นแนวทางหนึ่งของการสร้างมูลค่าเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร (ธัญสุภา และ ยศ, 2565) ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวนี้ได้มีนักวิชาการดำเนินการในหลายพื้นที่บริบทอาจแตกต่างจากวิสาหกิจชุมชนคกมาตพัฒนาอาทิ วิจิธา และคณะ (2564) ได้ศึกษาแนวทางในการสร้างมูลค่าเพิ่มผลิตภัณฑ์ปลาร้าของหมู่บ้านท่องเที่ยวริมหนองหารจังหวัดสกลนคร พบว่า การสร้างมูลค่าเพิ่มปลาร้ารอบหนองหารทำได้โดย (ก) การทำน้ำปลาร้าปรุงรสสูตรหนองหาร และ (ข) เชื่อมโยงการท่องเที่ยวของชุมชนรอบหนองหาร โดยใช้ปลาร้าเป็นเครื่องมือในการขับเคลื่อน ดังนั้น การนำปลาร้ามาเพิ่มมูลค่า จึงเป็นการแปรรูปปลาร้าจากชุมชนเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มเป็นน้ำปลาร้าปรุงรสสูตรหนองหาร ส่งต่อการส่งเสริมวิถีชีวิตวัฒนธรรมการกินอยู่ชุมชน ทำให้มีผลิตภัณฑ์ที่เป็นสินค้าของตนเองและสามารถใช้ประโยชน์ทั้งในครัวเรือนและจำหน่ายเป็นรายได้เพิ่มสำหรับคนในชุมชน ดังนั้น หากวิสาหกิจชุมชนคกมาตพัฒนาจักพัฒนาในประเด็นดังกล่าวนี้ นอกจากพัฒนาการผลิต การแปรรูป และบรรจุภัณฑ์ แล้วอาจต้องมีการเชื่อมโยงการท่องเที่ยวของชุมชน เช่น การท่องเที่ยวของอำเภอเชียงคาน เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการตลาดสินค้าผลิตภัณฑ์ปลาร้าจากแม่น้ำโขงของวิสาหกิจชุมชนคกมาตพัฒนาด้วย

การใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อสร้างความ เป็นเอกลักษณ์ของชุมชนถือเป็นส่วนหนึ่งที่ท้าทายในการพัฒนาเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มปลาร้าแม่น้ำโขงของวิสาหกิจชุมชนคกมาตพัฒนา ซึ่งจากบทเรียนของ สันติธร (2561) ได้พัฒนาองค์ความรู้สำหรับการสร้างมูลค่าเพิ่มผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มขีดความสามารถทางการแข่งขันแก่ผู้ประกอบการหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) ในจังหวัดเพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ สมุทรสงคราม และสมุทรสาคร พบว่า ผลิตภัณฑ์

ส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากภูมิปัญญาในท้องถิ่น ชุมชนที่อาศัยอยู่ การแปรรูปของผลิตภัณฑ์ต้องอาศัย ทักษะ ความคิดสร้างสรรค์ แนวคิดที่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์แบบเดิม นอกเหนือจากทรัพยากรที่เป็นวัตถุดิบพื้นฐานของผลิตภัณฑ์ ในชุมชน ทั้งนี้ต้องอาศัยความรู้ด้านการตลาดเข้ามาสนับสนุน ไม่ว่าจะเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์รูปแบบผลิตภัณฑ์ เพื่อนำไปสู่ตลาดภายนอกชุมชนได้ ดังนั้น องค์ความรู้ที่ผู้ประกอบการสามารถนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์ (OTOP) คือ (ก) การพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้วยความคิดสร้างสรรค์ (ข) การเพิ่มมูลค่าด้วยการสร้างแบรนด์และเรื่องเล่า (ค) การจัดวางสินค้าและการจัดจำหน่ายสินค้าออนไลน์ และ (ง) การเพิ่มมูลค่าสินค้าด้วยบรรจุภัณฑ์ ดังนั้น การพัฒนาเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มปลาร้าแม่น้ำโขง ของวิสาหกิจชุมชนคกมาตพัฒนาจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นและเป็นบทเรียนรู้ใหม่ของวิสาหกิจชุมชนคกมาตพัฒนา

นอกจากนี้ จีราวรรณ และคณะ (2565) ได้รายงานเกี่ยวกับการพัฒนาบรรจุภัณฑ์โลจิสติกส์สำหรับผลิตภัณฑ์ปลาร้า 5 วัน กรณีวิสาหกิจชุมชนการแปรรูปและการถนอมอาหารบ้านทุ่งสาธณณ์ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี ว่า (ก) บรรจุภัณฑ์ควรมีความง่ายและสะดวกในการบรรจุปลาร้า บรรจุภัณฑ์ต้องมีขนาดและรูปแบบที่สวยงามและดึงดูดความสนใจ มีความแข็งแรง ปกป้องสินค้าได้ดีระหว่างการจัดเก็บและการขนส่ง สามารถมองเห็นผลิตภัณฑ์ปลาร้าได้มีความง่ายและสะดวกต่อผู้ซื้อ เช่น การถือหัว หรือการเปิดรับประทาน และมีต้นทุนบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม และ (ข) การออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์โลจิสติกส์สำหรับผลิตภัณฑ์ปลาร้า 5 วัน มี 3 ต้นแบบ ได้แก่ แบบกล่องพลาสติก แบบถุงซิลิโคนแบบใส และแบบโถเครื่องปั้นดินเผา ดังนั้น หากวิสาหกิจชุมชนคกมาตพัฒนาจักพัฒนาบรรจุภัณฑ์โลจิสติกส์สำหรับผลิตภัณฑ์ปลาร้า 5 วัน ดังกล่าว อาจต้องมีการศึกษาทำความเข้าใจในรายละเอียดเชิงวิชาการและเทคนิคดังกล่าวก่อนการดำเนินการ

2) การสร้างมูลค่าเพิ่มปลาร้า ด้วยการพัฒนาการตลาด จากการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการพัฒนาที่สามารถพัฒนาได้จริงภายใน ระยะเวลา

1 ปีตามข้อ 2.3 นำมาซึ่งการกำหนดแนวทางการพัฒนาการสร้างความมูลค่าเพิ่มปลาร้าแม่น้ำโขง โดยนำประเด็น 1 ใน 5 คือ การพัฒนาการตลาด (ประเด็นความจำเป็นลำดับที่ 4) มาเป็นแนวทางการพัฒนา โดยมียุทธศาสตร์เพื่อพัฒนาการจำหน่ายปลาร้าแม่น้ำโขงทั้งตลาดในชุมชน และตลาดนอกชุมชน นอกจากนี้ได้มีแผนการขยายช่องทางการตลาดดิจิทัลและการประชาสัมพันธ์ให้เป็นที่รู้จักมากขึ้นด้วย โดยมีแนวทางย่อยในการดำเนินการ ดังนี้

ก) การพัฒนาการตลาดดิจิทัล (digital marketing) ปัจจุบันปลาร้าบ้านคกมาต ยังไม่เป็นที่รู้จักกันมากนัก การจำหน่ายส่วนใหญ่ยังจำหน่ายเฉพาะในชุมชน และจำหน่ายตรงถึงลูกค้า บางส่วนจำหน่ายทางออนไลน์ส่วนตัวของสมาชิก วิสาหกิจชุมชนจึงมีความต้องการเพิ่มช่องทางการจำหน่ายเพื่อให้วิสาหกิจชุมชนสามารถเข้าถึงกลุ่มลูกค้าได้มากขึ้น การประชาสัมพันธ์เพื่อเพิ่มช่องทางการจำหน่ายจะเป็นการเพิ่มยอดจำหน่ายและเพิ่มรายได้ให้แก่วิสาหกิจชุมชน

ข) การพัฒนาการตลาดหน้าร้านและอีเว้นท์ (on-shop and event marketing) อำเภอเชียงคาน เป็นอำเภอท่องเที่ยวแห่งหนึ่งของจังหวัดเลยที่ดึงดูดนักท่องเที่ยวจำนวนมาก และมีวิสาหกิจชุมชน ร้านค้า จำนวนมากที่จำหน่ายสินค้าให้นักท่องเที่ยว เพื่อเป็นการประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ปลาร้าแม่น้ำโขงให้เป็นที่รู้จักมากขึ้นและเพิ่มโอกาสในการจำหน่าย จึงต้องมีการพัฒนาการตลาดขายปลีกและส่งให้กับร้านค้าในพื้นที่อำเภอเชียงคาน โดยการวางสินค้าจำหน่าย และมีการออกบูธแสดงสินค้ากับหน่วยงานต่าง ๆ เช่น สำนักงานพัฒนาชุมชนอำเภอเชียงคาน สำนักงานเกษตรอำเภอเชียงคาน ในเทศกาลงานต่าง ๆ ของอำเภอและจังหวัด

การประชาสัมพันธ์ การเพิ่มช่องทางการตลาดในรูปแบบตลาดดิจิทัล (digital marketing) และการพัฒนาการตลาดขายปลีกและส่งในรูปแบบร้านค้าและออกงาน (on-shop and event) ถือเป็นแนวทางหนึ่งของการสร้างความมูลค่าเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร (ธัญสุดา และยศ, 2565) ซึ่งจากการรายงานของสวนาด และภิรตาญจน์ (2561) ได้ศึกษาแนวทาง

การพัฒนาช่องทางการตลาดของผลิตภัณฑ์เกลือตำบลบานา จังหวัดปัตตานี ซึ่งสามารถนำมาเป็นบทเรียนหรือแนวทางการพัฒนาการตลาดของวิสาหกิจชุมชนคกมาตพัฒนาได้ พบว่า การพัฒนาช่องทางการตลาดสำหรับผลิตภัณฑ์เกลือหวานบานาประกอบด้วย 5 กลยุทธ์ ได้แก่ (ก) การสร้างหน้าร้าน (ข) การสร้างพนักงานขายและตัวแทนจำหน่าย (ค) การสร้างพันธมิตรช่วยกระจายสินค้า (ง) การจำหน่ายผ่านสื่อออนไลน์ และ (จ) การสื่อสารแบรนด์ และการขยายธุรกิจ นอกจากนี้ กานต์ และคณะ (2566) ยังได้รายงานในทำนองเดียวกันจากกรณีศึกษาแนวทางการส่งเสริมช่องทางการตลาดที่สร้างสรรค์ของกลุ่มวิสาหกิจตำบลเกาะหลัก อำเภอเมือง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ว่า ด้านช่องทางการตลาดผ่านออนไลน์ ควรมีการให้ความรู้เกี่ยวกับการสร้าง Facebook Page มีการวางแผนในการโพสต์ผ่านสื่อ Facebook Page อย่างสม่ำเสมอ และการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ชุมชนผ่านแพลตฟอร์มต่าง ๆ และตลาดออฟไลน์ ควรมีการจัดแสดงสินค้า เพื่อเป็นการโฆษณาประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ของวิสาหกิจชุมชน และควรสนับสนุนให้มีการเข้าร่วมงานจัดแสดงสินค้าตามงาน OTOP ในพื้นที่ต่าง ๆ ดังนั้น วิสาหกิจชุมชนคกมาตพัฒนา ต้องมีการเตรียมความพร้อมด้านบุคลากรในการพัฒนาและดำเนินการ ด้านการตลาดเป็นการเฉพาะ เช่น การเตรียมบุคลากรที่มีพื้นฐานด้านการใช้เทคโนโลยีดิจิทัล มาเป็นบุคลากรในการขับเคลื่อนด้านการตลาดดิจิทัลและตลาดอีเว้นท์ เป็นต้น ซึ่งประเด็นบุคลากรในการขับเคลื่อนด้านการพัฒนาการตลาดนี้ พันธิจิตต์ และคณะ (2567, 2563) ได้กล่าวว่า การเชื่อมโยงเกษตรกรายย่อยกับการตลาดถือเป็นพันธกิจและบทบาทหน้าที่หนึ่งของนักส่งเสริมการเกษตร

การพัฒนาตลาดด้วย soft power หรือพลังละมุนหรืออำนาจละมุน เป็นการนำเอาภูมิปัญญาวัฒนธรรม และเอกลักษณ์ของท้องถิ่นมาเป็นเครื่องมือเพื่อดึงดูดความสนใจจากลูกค้า และบุคคลภายนอกให้รู้จักกับชุมชน และปลาร้าแม่น้ำโขงของวิสาหกิจชุมชนคกมาตพัฒนา ซึ่ง Nye (2017) ได้รายงานไว้ว่า soft power คือ ความสามารถในการดึงดูด โน้มน้าว

พฤติกรรมของผู้อื่น โดยไม่มีการบังคับ แต่ใช้วิธีการเผยแพร่วัฒนธรรม เสริมสร้างค่านิยม สร้างแรงจูงใจ และสร้างการมีส่วนร่วม เพื่อก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านความคิด หรือพฤติกรรมความชอบให้หันมาสนใจในสิ่งที่วิสาหกิจชุมชนทำอยู่

จากผลการศึกษาได้แนวทางการพัฒนา 2 แนวทาง ได้แก่ (1) การสร้างมูลค่าเพิ่มปลาร้าแม่น้ำโขง และ (2) การพัฒนาการตลาดปลาร้าแม่น้ำโขง เห็นได้ว่า สามารถช่วยให้วิสาหกิจชุมชนสร้างมูลค่าเพิ่มปลาร้าแม่น้ำโขง และมีรายได้เพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับแนวทางการขับเคลื่อนภาคการเกษตรด้วย BCG เป็นการพัฒนาเศรษฐกิจแบบองค์รวม ที่จะพัฒนาเศรษฐกิจ 3 มิติไปพร้อมกัน ได้แก่ เศรษฐกิจชีวภาพ (bio economy) ระบบเศรษฐกิจชีวภาพ มุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรชีวภาพเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม โดยเน้นการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าสูง เชื่อมโยงกับ เศรษฐกิจหมุนเวียน (circular economy) คำนึงถึงการนำวัสดุต่างๆ กลับมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด และ

ทั้ง 2 เศรษฐกิจนี้ อยู่ภายใต้เศรษฐกิจสีเขียว (green economy) ซึ่งเป็นการพัฒนาเศรษฐกิจที่ไม่ได้มุ่งเน้นเพียงการพัฒนาเศรษฐกิจเท่านั้น แต่ต้องพัฒนาควบคู่ไปกับการพัฒนาสังคมและการรักษาสิ่งแวดล้อมได้อย่างสมดุลให้เกิดความมั่นคงและยั่งยืนไปพร้อมกัน (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.), 2563)

จากแนวทางการสร้างมูลค่าเพิ่มปลาร้าแม่น้ำโขงของวิสาหกิจชุมชน ทั้ง 2 แนวทางข้างต้น ได้นำเสนอในวาระการประชุมของสำนักงานเกษตรอำเภอเชียงคาน ในวันที่ 10 ตุลาคม 2565 ซึ่งที่ประชุมมีมติเห็นชอบในหลักการทั้ง 2 แนวทางให้อยู่ในแผนปฏิบัติงานและแผนการใช้จ่ายงบประมาณ โครงการส่งเสริมการเกษตร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566/2567 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการบูรณาการภายใต้บันทึกความร่วมมือทางวิชาการระหว่าง กรมส่งเสริมการเกษตร และมหาวิทยาลัยขอนแก่น

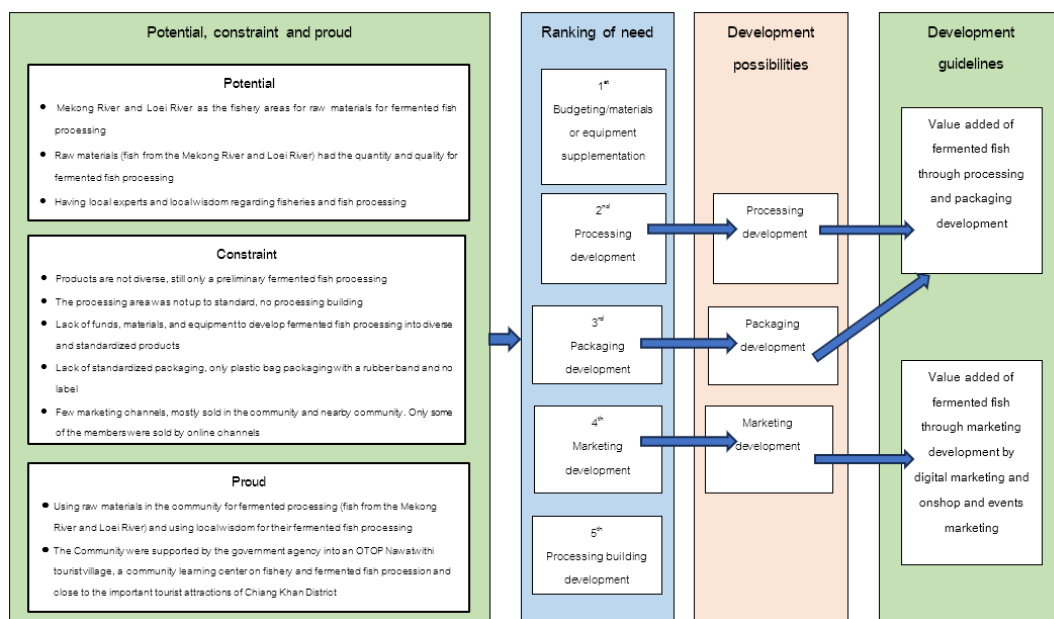


Figure 5 Value added development guidelines on Mekong River fermented fish product of KMPCE.

สรุปและข้อเสนอแนะ

ชุมชนบ้านคกมาด มีการทำประมง 2 รูปแบบคือ การเลี้ยงปลานิลกระชังในแม่น้ำโขงและหาปลาตามธรรมชาติในแม่น้ำโขงและแม่น้ำเลย วิทยาลัยชุมชนคกมาดพัฒนา มีการนำปลานิลที่เลี้ยงและปลาธรรมชาติจากแม่น้ำโขงและแม่น้ำเลย กว่า 1.5 ตันต่อปี มาแปรรูปขึ้นต้นเป็นปลาร้า วิทยาลัยชุมชนจึงได้ร่วมกันสะท้อนความจำเป็นและกำหนดแนวทางในการสร้างมูลค่าเพิ่มปลาร้าแม่น้ำโขง โดยมีแนวทางหลัก 2 แนวทาง ได้แก่ (1) การสร้างมูลค่าเพิ่มปลาร้าด้วยการแปรรูปปลาร้าและพัฒนาบรรจุภัณฑ์ และ (2) การสร้างมูลค่าเพิ่มปลาร้าด้วยการพัฒนาการตลาด ดังนั้น ในการขับเคลื่อนการพัฒนาตาม 2 แนวทางข้างต้น จึงเป็นสิ่งที่ท้าทายอย่างยิ่งที่ต้องได้รับความร่วมมือจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร หน่วยงานด้านการพาณิชย์ สถาบันวิชาการ สถาบันการศึกษา ตลอดจนหน่วยงานด้านการปกครองที่เกี่ยวข้อง เพื่อการส่งเสริมและพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนบ้านคกมาดสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้นำชุมชนและสมาชิกวิทยาลัยชุมชนคกมาดพัฒนา ตลอดจนผู้รู้และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกท่านที่ร่วมให้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์ในการศึกษานี้ ขอขอบพระคุณผู้บริหารและนักวิชาการ สำนักงานเกษตรอำเภอเชียงคาน และสำนักงานเกษตรจังหวัดเลย ที่สนับสนุนงบประมาณในการดำเนินการศึกษารั้งนี้ ผ่านโครงการส่งเสริมการแปรรูปสินค้าเกษตร กิจกรรมพัฒนาขีดความสามารถในการแข่งขันสินค้าเกษตรแปรรูป ประจำปีงบประมาณ 2566 ภายใต้นโยบายความร่วมมือทางวิชาการระหว่างกรมส่งเสริมการเกษตร และมหาวิทยาลัยขอนแก่น

เอกสารอ้างอิง

กานต์ วัฒนะประทีป, ทิพย์สุดา หมั่นหาญ และสุภาวดี สมศรี. 2566. แนวทางการส่งเสริมช่องทางการตลาดที่สร้างสรรค์ของกลุ่มวิทยาลัยชุมชนเกาะหลัก อำเภอเมืองจังหวัด

ประจวบคีรีขันธ์. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยนอร์ทกรุงเทพ 12 (2): 28-37.

คมชัดลึก. 2566. เปิดตลาด น้ำปลาร้า มูลค่าความนับพันล้าน ผู้เล่นกระโดดลงโหลแย่งส่วนแบ่ง. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://www.komchadluek.net/news/economic/553073> (1 มีนาคม 2567).

จันทน์ วีระเวชเจริญชัย. 2560. การพัฒนาการถนอมและแปรรูปอาหารสุญไทยแลนด์ 4.0. วารสารร่วมฤกษ์มหาวิทยาลัยเกริก 35 (1): 55-70.

จิราวรรณ สมหวัง, อุษณีย์ จิตติมณี, กิตติวัลย์ทองอร่าม และทัชชวรัญ จุลสวัสดิ์. 2565. การพัฒนาบรรจุภัณฑ์โลจิสติกส์สำหรับผลิตภัณฑ์ปลาร้า 5 วันของกลุ่มวิทยาลัยชุมชนการแปรรูปและการถนอมอาหารบ้านทุ่งสาธราณ์ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี. วารสารลวศรีมหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี 6(1): 36-51.

ณัฐฐา ชื่นวัฒนา. 2563. ปลาร้าหอม เต้าหู้เห็ม: ความจำเป็นที่กลายเป็นรสแห่งวัฒนธรรม. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://www.the101.world/ancient-recipe-03/> (10 มกราคม 2567).

ทิพย์กมล ภูมิพันธ์ และอุไรวรรณ อินทร์ม่วง. 2559. สุขลักษณะของการประกอบกิจการผลิตปลาร้าและปลาต้มในอำเภอหนึ่ง จังหวัดขอนแก่น. วารสารวิจัย มข. (ฉบับบัณฑิตศึกษา) 16(2): 75-85.

ที่ว่ากรมอำเภอเชียงคาน จังหวัดเลย. 2565. สถิติประชากรอำเภอเชียงคาน จังหวัดเลย ปี 2565. กลุ่มงานทะเบียนราษฎร ที่ว่าการอำเภอเชียงคาน จังหวัดเลย กรมการปกครอง.

ธัญสุดา จินาย และยศ บริสุทธิ์. 2565. การสร้างมูลค่าเพิ่มของผลผลิตทางการเกษตร: แนวทางสำหรับผู้ประกอบการรายย่อย. วารสารวิจัยและพัฒนาอนุภูมิภาคลุ่มน้ำ 1(2): 66-80.

- ชูพันธ์จิตต์ สี่เหนียง, คณิงรัตน์ คำมณี, จิรฐินาฏ ถังเงิน และดนชาติ วาทีนพุมิพร. 2567. บทบาทนักส่งเสริมการเกษตรในการเชื่อมโยงเกษตรกรรายย่อยกับตลาด: กรณีศึกษาจังหวัดลพบุรี. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ 7(1): 5-12.
- พันธ์จิตต์ สี่เหนียง, คณิงรัตน์ คำมณี, จิรฐินาฏ ถังเงิน และเดชนิษฐ์ ศรีเหนียง. 2563. บทบาทนักส่งเสริมการเกษตรต่อการพัฒนาตลาดเกษตรกรในจังหวัดลพบุรี. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ 3(3): 12-21.
- ยศ บริสุทธิ. 2558. การศึกษาชุมชน: แนวคิดฐานการวิจัยและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์. ขอนแก่น: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 562 หน้า.
- วงใน. 2563. รู้ไหม? ต่างชาติก็มีปลาร้านะ !. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://www.youtube.com/watch?v=jtOe8U2ggXc&t=118s> (1 มีนาคม 2567).
- วินิศา พานิชย์, สถาพร ถาวรธวัช และภวภาวัน ล้อมหาหมงคล. 2564. แนวทางในการสร้างมูลค่าเพิ่มผลิตภัณฑ์ ปลาร้าของหมู่บ้านท่องเที่ยวริมหนองหาร จังหวัดสกลนคร. วารสารบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม 16 (1): 44-55.
- สันติธร ภูริภักดี. 2561. การพัฒนาองค์ความรู้สำหรับการสร้างมูลค่าเพิ่มผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มขีดความสามารถทางการแข่งขันแก่ผู้ประกอบการหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) ในเขตจังหวัดเพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ สมุทรสงคราม และสมุทรสาคร. มนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และศิลปะ มหาวิทยาลัยศิลปากร 11 (2): 2153-2168.
- สาริกา จันทรขมภู, กัญญา มิชะมา และยศ บริสุทธิ. 2563. ปลาส้มเชื่อมอุบลรัตน์: แนวทางการพัฒนาเพื่อยกระดับมาตรฐานการผลิตปลาส้มของวิสาหกิจชุมชนแปรรูปปลาบ้านโนนปอแดง อำเภอโนนสัง จังหวัดหนองบัวลำภู. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 38(1): 52-59.
- สำนักงานเกษตรอำเภอเชียงคาน จังหวัดเลย. 2565. ข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ฤดูกาลผลิต 2565/2566 อำเภอเชียงคาน จังหวัดเลย. (ระบบออนไลน์). สำนักงานเกษตรอำเภอเชียงคาน กรมส่งเสริมการเกษตร. แหล่งข้อมูล : <https://farmer.doae.go.th/index/index/> (1 มีนาคม 2567).
- สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.). 2563. โมเดลเศรษฐกิจใหม่ BCG. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: https://www.nstda.or.th/home/knowledge_post/bcg-by-nstda/ (15 มีนาคม 2567).
- สุวนาท ทองสองยอด และกักรกาญจน์ ไคนุ่นนา. 2561. แนวทางการพัฒนาช่องทางการตลาดของผลิตภัณฑ์เกลือ ตำบลบานา จังหวัดปัตตานี. วารสารบริหารธุรกิจ เศรษฐศาสตร์และการสื่อสาร 13 (1): 14-28.
- เสรี วงษ์มณฑา. 2558. กระบวนการการบริหารการตลาด และการสื่อสารการตลาด. วารสารราชภัฏบุรีรัมย์ 7 (2): 1-13. Chambers R. 1981. Rapid rural appraisal: Rationale and repertoire. Public administration and development 1(2): 95-106.
- Google Earth. 2024. Google Earth Application. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://earth.google.com/web/> (1 มีนาคม 2567).
- Nye J.S. 2017. Soft power: the origins and political progress of a concept. Palgrave Communications 3:17008.
- Venugopal V, Shahidi F & Ching Lee T. 2009. Value-added products from underutilized fish species. Food Science and Nutrition 35(5): 431-453.

สารประกอบซีลีเนียมต่อการงอกและสารพฤษเคมีของต้นกล้าผักบุ้งจีน

Selenium Compound on Germination and Phytochemical in Kangkong Seedling

ปิยะพงษ์ แสนโคตร¹ อินทิรา ขุดแก้ว¹ ศุภชัย อำคา² และพรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง^{1*}
Piyaphong Seankhot¹, Intira KoodKaew¹, Suphachai Amkha² and Pornpairin Rungcharoenthong^{1*}

Received: May 11, 2024

Revised: June 13, 2024

Accepted: June 19, 2024

Abstract: Selenium is an essential mineral for human health. There is an antioxidant capacity to promote the immune system, reduce the risk of disease, and prevent heart disease and stroke. Therefore, the objective was to study the type and concentration of selenium on germination, growth, phytochemicals, and selenium accumulation in kangkong seedlings. The experiment was a completely randomized design in a 2x5 factorial in CRD, consisting of 2 factors, 4 replicates, with factor 1 (Se) being the type of selenium, sodium selenite, and sodium selenate, factor 2 (C) was the selenium concentration at 0, 5, 10, 15, and 30 mg/L. Data on germination, growth, phytochemicals, and selenium accumulation in kangkong seedlings were recorded. The results of the experiment found that application of sodium selenite at a concentration of 10 mg/L resulted in an increase in germination index, dry weight, and pigment content higher than the control. Meanwhile, a sodium selenate concentration of 15-30 mg/L had a negative effect on germination index and growth. But there was also an increase in antioxidant capacity, phenolic compounds, and selenium accumulation compared to the control.

Keywords: sodium selenite, sodium selenite, antioxidant, phenolic compound, selenium accumulation

บทคัดย่อ: ซีลีเนียมเป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับสุขภาพมนุษย์ มีบทบาทเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยส่งเสริมระบบภูมิคุ้มกัน ลดความเสี่ยงของการติดเชื้อ ป้องกันโรคหัวใจและหลอดเลือด ดังนั้นจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดและความเข้มข้นของซีลีเนียมต่อการงอก การเจริญเติบโต สารพฤษเคมี และการสะสมซีลีเนียมในต้นกล้าผักบุ้งจีน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณจัดตั้งทดลองแบบ 2x5 Factorial ประกอบด้วย 2 ปัจจัย จำนวน 4 ซ้ำ โดยปัจจัยที่ 1 (Se) คือ ชนิดของซีลีเนียม ได้แก่ โซเดียมซีลีไนต์และโซเดียมซีลีเนต ปัจจัยที่ 2 (C) คือ ซีลีเนียมที่ความเข้มข้น 0 5 10 15 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร บันทึกข้อมูล การงอก การเจริญเติบโต สารพฤษเคมี และการสะสมซีลีเนียมในต้นกล้าผักบุ้ง ผลการทดลองพบว่า การให้โซเดียมซีลีไนต์ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งเสริมดัชนีการงอก น้ำหนักแห้ง และปริมาณรงควัตถุเพิ่มขึ้นมากกว่าชุดควบคุม ในขณะที่การให้โซเดียมซีลีเนตความเข้มข้น 15-30 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลเชิงลบต่อดัชนีการงอกและการเจริญเติบโต แต่มีผลให้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอล และการสะสมซีลีเนียมเพิ่มขึ้นมากกว่าชุดควบคุม

คำสำคัญ: โซเดียมซีลีไนต์, โซเดียมซีลีเนต, สารต้านอนุมูลอิสระ, สารประกอบฟีนอล, การสะสมซีลีเนียม

¹ สาขาพฤกษศาสตร์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมชีวภาพ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

¹ Innovative Botany, Department of Science and Bioinnovation, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, 73410

² ภาควิชาปฐพีวิทยา. คณะเกษตร กำแพงแสน. วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

² Department of soil science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140

*Corresponding author: faaspr@ku.ac.th

คำนำ

ซีลีเนียมเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อมนุษย์ ช่วยรักษาสมดุลการทำงานของร่างกาย การทำงานของกล้ามเนื้อ ระบบการสืบพันธุ์ หลอดเลือดหัวใจ ต่อมไร้ท่อ และระบบประสาท อีกทั้งมีบทบาทในการป้องกันมะเร็ง และการเสื่อมของระบบประสาท (Hadrup and Ravn-Haren, 2021) โดยร่างกายควรได้รับซีลีเนียมปริมาณ 55-400 ไมโครกรัมต่อวัน และประเทศไทยแนะนำที่ 70 ไมโครกรัมต่อวัน (กระทรวงสาธารณสุข, 2541) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานพบว่าผู้ป่วยภาวะวิกฤตมีระดับซีลีเนียมในซีรัมจากเลือดมีค่าต่ำกว่า 68 ไมโครกรัมต่อลิตร และมีค่าต่ำกว่าระดับมาตรฐาน 106.95 ไมโครกรัมต่อลิตร (Singhathas *et al.*, 2017) ขณะที่ Akbaraly *et al.* (2007) รายงานปริมาณซีลีเนียมในเลือดของผู้สูงอายุจะลดลงต่ำตามอายุที่เพิ่มขึ้น และอาจส่งผลกระทบต่อการทำงานของระบบประสาทลดลง ดังนั้นการบริโภคอาหารที่อุดมไปด้วยซีลีเนียมน่าจะเป็นทางเลือกในการลดความเจ็บป่วยและมีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น (Lanza and Reis, 2021) ซึ่งสอดคล้องกับ Huang *et al.* (2023) รายงานว่าการให้ซีลีเนียมทางใบส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักกาดหัวเพิ่มขึ้น 125 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตเพิ่ม 41 เปอร์เซ็นต์ และการสะสมของซีลีเนียมเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณวิตามินซีและปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ลดลง เช่นเดียวกับ Tian *et al.* (2016) รายงานการให้ซีลีเนียมในรูปของซีลีไนต์ และซีลีเนตที่ความเข้มข้น 100 ไมโครโมลต่อลิตร ในต้นอ่อนบรอกโคลี พบว่ากระตุ้นการสร้างไมโรซิเนส แอนโทไซยานิน และฟลาโวนอยด์เพิ่มสูงขึ้น แต่ปริมาณฟีนอลทั้งหมดลดลง อย่างไรก็ตามการให้ซีลีเนียมที่ความเข้มข้นต่ำส่งเสริมการงอกและการเจริญเติบโตของต้นของพริก (León-Morales *et al.*, 2019) ในขณะที่การให้ซีลีเนียมที่ความเข้มข้นสูงมีผลต่อการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของมัสตาร์ด และ *Arabidopsis thaliana* (El Mehdawi *et al.*, 2011; Prins *et al.*, 2011) แสดงให้เห็นว่าการเสริมซีลีเนียมมีบทบาทต่อการงอก การเจริญเติบโต สารพฤกษเคมี และการสะสมซีลีเนียม อย่างไรก็ตาม

ธรรมชาติพืชผักผลไม้มีการสะสมซีลีเนียม 0.6-1.2 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม มีปริมาณน้อยกว่าอาหารทะเล และธัญพืชที่ 30-120 และ 20-80 ไมโครกรัมซีลีเนียมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ (Rayman, 2012) ดังนั้นการที่คนไทยจะได้รับซีลีเนียมในระดับ 55-400 ไมโครกรัมต่อวัน เพื่อป้องกันและรักษาโรค ควรจะต้องมีการแนะนำโภชนาการอย่างถูกต้อง การศึกษาการเสริมซีลีเนียมในพืชผักยังไม่แพร่หลาย เนื่องจากมีข้อจำกัดในการใช้ซีลีเนียมทั้งรูปและความเข้มข้นที่เหมาะสมในแต่ละพืช ซีลีเนียมที่นำมาใช้อุปกรณ์ไนทรีย์ คือ โซเดียมซีลีไนต์และโซเดียมซีลีเนต และเมื่อพืชดูดซึมสามารถเปลี่ยนเป็นอินทรีย์ ในรูปซีลีโนเมทไทโอนีน และซีลีเนียมเมทไทโนลในซีลีเตอิน (Maneetong, *et al.*, 2013) ขณะเดียวกันยังขาดแคลนข้อมูลการศึกษาการเสริมซีลีเนียมในผักบุ้ง ซึ่งเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และเป็นที่ยอมรับในประเทศไทยและเอเชียตะวันออกเฉียง ซึ่งประเมินจากปริมาณความต้องการเมล็ดพันธุ์ที่เพิ่มขึ้นจากข้อมูลปี 2561 และ 2565 ในปริมาณ 1,632 และ 2,296 ตัน, ตามลำดับ (สมาคมการค้าเมล็ดพันธุ์ไทย, 2566) แสดงให้เห็นว่าเป็นพืชผักที่ศักยภาพทางเศรษฐกิจในอนาคต เพื่อสอดคล้องกับประชากรผู้สูงอายุที่เพิ่มขึ้นมีความต้องการอาหารสุขภาพเชิงหน้าที่มากขึ้น ดังนั้นจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดและความเข้มข้นของซีลีเนียมที่เหมาะสมต่อการงอก การเจริญเติบโต สารพฤกษเคมีและการสะสมซีลีเนียมในต้นกล้าผักบุ้งจีน

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาผลของซีลีเนียมต่อการงอก การเจริญเติบโต สารพฤกษเคมี และการสะสมซีลีเนียมในต้นกล้าผักบุ้งจีนพันธุ์ ยอดไผ่ 9 โดยวางแผนการทดลองแบบกลุ่มสมบูรณ์ (CRD) จัดสิ่งทดลองแบบ 2x5 Factorial ประกอบด้วย 2 ปัจจัย จำนวน 4 ซ้ำ โดยปัจจัยที่ 1 (Se) คือ ชนิดของซีลีเนียม ได้แก่ โซเดียมซีลีไนต์ (Na_2SeO_3) และโซเดียมซีลีเนต (Na_2SeO_4) ปัจจัยที่ 2 (C) คือ ความเข้มข้นของสารละลายซีลีเนียมที่ระดับ 0 5 10 15 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยนำเมล็ดผักบุ้งจีน จำนวน 200 เมล็ดต่อชุดการทดลองแช่ในสายละลายโซเดียมซีลีไนต์ และโซเดียมซีลีเนต

ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นนำเมล็ดมาเพาะในทรายเป็นเวลา 10 วัน บันทึกข้อมูลดังนี้

1 ดัชนีการงอก (Germination Index, GI) โดยนับต้นกล้าปกติที่มีระบบยอดและรากสมบูรณ์ทุกวันจนครบ 10 วัน (ISTA, 2016)

2 ค่าความงอกมาตรฐาน (Germination percentage) โดยนับต้นกล้าปกติจะประเมินความงอกครั้งแรก ที่อายุ 4 วันและประเมินความงอกครั้งสุดท้าย ที่อายุ 10 วัน (ISTA, 2016)

3 ปริมาณคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ (Arnon, 1949; Barnes *et al.*, 1992) โดยสุ่มเก็บตัวอย่างส่วนเหนือดิน หั่นตัวอย่างเป็นชิ้นเล็ก ๆ ชั่งน้ำหนัก 0.5 กรัม แช่ในสารละลาย Dimethylsulfoxide (DMSO) ความเข้มข้น 99.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 5 มิลลิลิตร บ่มในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer (Shimatsu รุ่น UV 1800) ที่ความยาวคลื่น 440 645 และ 663 นาโนเมตร นำค่าที่ได้ไปคำนวณตามสูตร

$$\text{Chlorophyll a (mg/g FW)} = 12.7A_{663} - 2.69A_{645} \times (V/(1000 \times W))$$

$$\text{Chlorophyll b (mg/g FW)} = 22.9A_{645} - 4.68A_{663} \times (V/(1000 \times W))$$

$$\text{Phenolic compound (mgGAE/gFW)} = \frac{C \times V_f \times V_t}{W \times V_a \times 1000}$$

เมื่อ C = ความเข้มข้นของ GAE จากกราฟมาตรฐาน

Vt = ปริมาตรสารที่ใช้ในการสกัด (มิลลิลิตร)

Va = ปริมาตรสารละลายตัวอย่างพืชที่ใช้ในการวิเคราะห์ (มิลลิลิตร)

5. ปริมาณวิตามินซี (Li *et al.*, 2012) โดยนำตัวอย่างพืชสด 1 กรัม บดด้วยโกร่งให้ละเอียด สกัดตัวอย่างด้วย 5% trichloroacetic acid (TCA) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร บั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ปิเปตสารละลายตัวอย่างส่วนบน ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติมน้ำ ethanol 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน เติมน้ำสารละลาย 0.4% phosphoric acid-ethanol 0.5 มิลลิลิตร สารละลาย 0.5% 1,10-phenanthroline-ethanol 1 มิลลิลิตร

$$\text{Total Chlorophyll (mg/g FW)} = 20.2A_{645} + 8.02A_{663} \times (V/(1000 \times W))$$

$$\text{Carotenoid (mg/g FW)} = ((4.69A_{440}) - [0.268(20.2A_{645} + 8.02A_{663})]) \times (V/(1000 \times W))$$

เมื่อ A = ค่าการดูดกลืนแสง V = ปริมาตรสุดท้าย (5 มิลลิลิตร) W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

4. ปริมาณสารประกอบฟีนอล (Singleton *et al.*, 1999) โดยนำตัวอย่างพืชสด 1 กรัม บดด้วยโกร่งให้ละเอียด สกัดด้วย 80% methanol ปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำไปบั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 5,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที นำสารละลายใสส่วนบน ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง เติมน้ำสารละลาย folin - ciocalteu ความเข้มข้น 1.27 กรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 250 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 8 นาที เติมน้ำสารละลาย 20% sodium carbonate (Na_2CO_3) ปริมาตร 750 ไมโครลิตร และน้ำกลั่น 950 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน บ่มในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer เทียบกับสารละลายมาตรฐาน กรดแกลลิก (gallic acid: GAE) ความเข้มข้น 0 10 25 50 และ 100 มิลลิกรัม GAE ต่อกรัม น้ำหนักสด ($y = 0.0156x + 0.0155$; $R^2=1$)

Vf = ปริมาตรสุดท้าย (มิลลิลิตร)

W = น้ำหนักตัวอย่างพืช (กรัม)

และสารละลาย 0.03 กรัมต่อลิตร ferric chloride 0.5 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 5 มิลลิลิตร เขย่าสารละลายให้เข้ากันด้วย เครื่อง Vortex นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงความยาวคลื่น 534 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer เทียบกับสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอบิกความเข้มข้น 0 20 40 60 80 และ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ($y = 0.0002x + 0.0086$; $R^2=0.9973$)

$$\text{Vitamin C (mg/gFW)} = \frac{C \times V_f \times V_t}{W \times V_a \times 1000}$$

เมื่อ C = ความเข้มข้นของ GAE จากกราฟมาตรฐาน

Vf = ปริมาตรสุดท้าย (มิลลิลิตร)

Vt = ปริมาตรสารที่ใช้ในการสกัด (มิลลิลิตร)

W = น้ำหนักตัวอย่างพืช (กรัม)

Va = ปริมาตรสารละลายตัวอย่างพืชที่ใช้ในการวิเคราะห์ (มิลลิลิตร)

6. วิเคราะห์ฤทธิ์ของสารต้านอนุมูลอิสระ (Brand-Williams *et al.*, 1995) โดยนำตัวอย่างสด 1 กรัม บดด้วยโกร่งให้ละเอียด สกัดตัวอย่างด้วย absolute ethanol ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ปั่นเหวี่ยง ที่ความเร็ว 5,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ปิเปตสารละลายตัวอย่างส่วนบนปริมาตร 1.9 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง เติมสารละลาย DPPH (2,2-diphenyl-1-picryl hydrazyl) ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 100 ไมโครลิตร เขย่าสารละลาย ให้เข้ากันด้วยเครื่อง Vortex ปั่นไว้ในที่มืด เป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer และคำนวณจากสูตร Radical scavenging (%) = $[(A_0 - A_1)/A_0] \times 100$ เมื่อ A_0 = ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของชุดควบคุม A_1 = ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของสารตัวอย่างผสม กับ DPPH

$$\text{Selenium (mg/g DW)} = \frac{C \times 10^{-3} \times V_f}{W}$$

เมื่อ C = ความเข้มข้นของซีลีเนียมจากกราฟมาตรฐาน

Vf = ปริมาตรสุดท้าย (มิลลิลิตร)

W = น้ำหนักตัวอย่างพืช (กรัม)

8. นำข้อมูลวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรม R (R-language and environment for statistical computing and graphics) version 3.4.1 และวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) พร้อมทั้งเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาผลของซีลีเนียมในรูปโซเดียมซีลีโนต์และโซเดียมซีลีเนตที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยการแช่เมล็ดต่อต้นนี้การงอก การงอกมาตรฐาน การ

7. การวิเคราะห์ปริมาณซีลีเนียมทั้งหมด (Katamoto and Al-Zehouri, 2012) โดยนำตัวอย่างพืชอบให้แห้ง และบดตัวอย่างให้ละเอียด แล้วชั่งตัวอย่างพืช 1 กรัม นำไปย่อยด้วยกรดไนตริก 70% และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 30% ในอัตราส่วน 3:1 ปริมาตร 30 มิลลิลิตร ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องย่อย DK series+JP+SMS/VELP จนกระทั่งได้สารละลายใส ทิ้งไว้ให้เย็น กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 50 มิลลิลิตร นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 472 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma (ICP) รุ่น 7200 ICP-OES, Thermo เทียบกับสารละลายมาตรฐานซีลีเนียมที่ความเข้มข้น 0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ($R^2=0.9999$)

เจริญเติบโต สารพฤกษเคมีและการสะสมซีลีเนียมของต้นกล้าผักบุ้งจีน พบว่าชนิดของซีลีเนียมไม่มีส่งผลต่อดัชนีความงอก แต่มีผลต่อความงอก โดยการให้โซเดียมซีลีโนต์มีผลต่อความงอกมาตรฐานมากกว่าโซเดียมซีลีเนตทั้งในการตรวจนับครั้งแรกและครั้งสุดท้าย (Table 1) ขณะที่พิจารณาความเข้มข้นของซีลีเนียม พบว่า การให้ซีลีเนียมที่ความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้ดัชนีการงอกและการงอกของเมล็ดผักบุ้งจีนมีแนวโน้มลดลงเมื่อเทียบกับชุดควบคุม และเมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดและความเข้มข้นของซีลีเนียมทั้ง 2 รูปที่ความเข้มข้นต่ำ 5-15 มิลลิกรัมต่อลิตร ดัชนีความงอกและความ

งอกไม่แตกต่างทางสถิติ แต่การให้ไซโตไคน์ซีลีเนตที่ความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้ดัชนีการงอกและการงอกของเมล็ดผักบุ้งจีนลดลงเมื่อเทียบกับชุดการทดลองอื่น

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง พบว่า การให้ซีลีเนียมทั้งสองชนิดไม่มีผลต่อน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นกล้าผักบุ้งจีน แต่ความเข้มข้นของซีลีเนียมที่ 5-15 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งเสริมให้มีการสะสมน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นกล้าเพิ่มขึ้น และลดลงเมื่อได้รับซีลีเนียมที่ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ขณะที่พิจารณาถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดและความเข้มข้นของซีลีเนียม พบว่าการให้ไซโตไคน์ซีลีเนตในทุกความเข้มข้น มีน้ำหนักสดสะสมมากกว่าไซโตไคน์ซีลีเนต และการให้ซีลีเนียมทั้ง 2 ชนิด ที่ความเข้มข้น 10-15 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลเชิงบวกกับน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง แต่ที่ความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ซีลีเนียมทั้ง 2 ชนิด ส่งผลให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งลดลง (Table 2) ซึ่งสอดคล้องกับ Khaliq *et al.* (2015) รายงานว่าการให้ไซโตไคน์ซีลีเนตที่ 15-90 ไมโครโมลต่อลิตร มีผลให้อัตราการงอกและความยาวของต้นกล้าข้าวเพิ่มขึ้น ขณะที่ความเข้มข้นสูง 105 ไมโครโมลต่อลิตร ส่งผลให้ความงอกของต้นกล้าและความยาวของต้นกล้าลดลงเมื่อเทียบกับชุดควบคุม เช่นเดียวกับการให้ซีลีเนต 180 มิลลิกรัมต่อลิตร ในการแช่เมล็ดมีผลให้ดัชนีการงอกของถั่วเขียวลดลงเมื่อเทียบกับความเข้มข้นต่ำ (ภัทรวรรณ และคณะ 2565) รวมถึง Lapaz *et al.* (2019) พบว่าการให้ไซโตไคน์ซีลีเนตที่ความเข้มข้น 0.1-400 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่มีผลต่อความงอกและความสูง แต่การให้ไซโตไคน์ซีลีเนตที่ความเข้มข้น 800 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลให้การงอกและความสูงถั่วพุ่มลดลง เนื่องจากการให้ซีลีเนียมเข้มข้นต่ำส่งเสริมการทำงานของเอนไซม์อะไมเลส แต่ที่ความเข้มข้นสูงมีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์อะไมเลส จึงทำให้กระบวนการย่อยสลายแป้งช้าลงจึงส่งผล

ให้การงอกของเมล็ดและเจริญเติบโตเป็นต้นกล้าลดลง รวมถึง El Mehdawi *et al.* (2011) รายงานการให้ซีลีเนตและซีลีเนตที่ความเข้มข้นมากกว่า 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ยับยั้งการงอกของ *Arabidopsis thaliana* ถึง 50 % และมีผลให้น้ำหนักของต้นกล้าลดลง เช่นเดียวกับ Lei *et al.* (2018) รายงานว่าการให้ซีลีเนียมที่ความเข้มข้น 50 ไมโครโมลต่อลิตร มีผลให้น้ำหนักแห้งของผักกาดหอมลดลง แต่ถ้าให้ซีลีเนตที่ความเข้มข้น 2 ไมโครโมลต่อลิตร และซีลีเนตที่ 4 ไมโครโมลต่อลิตร ส่งเสริมผักกาดหอมมีน้ำหนักสดเพิ่มขึ้น 143.22% และ 166.98%, ตามลำดับ (Li *et al.*, 2022)

เมื่อพิจารณาการให้ซีลีเนียมต่อปริมาณรังควัตถุและสารพฤกษเคมีของต้นกล้าผักบุ้ง พบว่าการให้ซีลีเนียมทั้ง 2 รูป ไม่มีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด แต่มีผลต่อปริมาณแคโรทีนอยด์ และสารพฤกษเคมี โดยการให้ไซโตไคน์ซีลีเนตมีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดมากกว่าการให้ไซโตไคน์ซีลีเนต แต่แสดงผลตรงกันข้ามในสารต้านอนุมูลอิสระ และเมื่อพิจารณาความเข้มข้นของซีลีเนียม พบว่า การให้ซีลีเนียมที่ 5-10 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดมากกว่าที่ 15-30 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดและความเข้มข้น พบว่า ไซโตไคน์ซีลีเนตที่ความเข้มข้น 5-10 มิลลิกรัมต่อลิตร มีคลอโรฟิลล์ทั้งหมดมากกว่าชุดการทดลองอื่น และเมื่อพิจารณาแคโรทีนอยด์ พบว่าการให้ไซโตไคน์ซีลีเนตส่งผลต่อปริมาณแคโรทีนอยด์สูงกว่าการให้ในรูปไซโตไคน์ซีลีเนต ความเข้มข้นซีลีเนียมที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณแคโรทีนอยด์ลดลง (Table 3) ซึ่งสอดคล้องกับการให้ไซโตไคน์ซีลีเนตที่ 50 กรัม/Seต่อเฮกตาร์ ส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ในข้าวเพิ่มขึ้น และการให้ซีลีเนียมที่ความเข้มข้นต่ำกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ช่วยส่งเสริมปริมาณ

Table 1 Seed soaking with selenium on germination of Kangkong.

Se (mg/L) (C)	Germination Index (GI)			%Germination (Frist count)			%Germination (Final count)		
	Selenium (Se)			Selenium (Se)			Selenium (Se)		
	Na ₂ SeO ₃	Na ₂ SeO ₄	Ave. (C)	Na ₂ SeO ₃	Na ₂ SeO ₄	Ave. (C)	Na ₂ SeO ₃	Na ₂ SeO ₄	Ave. (C)
0	7.51 ^{abc}	7.51 ^{abc}	7.51 A	41.33 ^a	41.33 ^a	41.33 A	84.66 ^{ab}	84.66 ^{ab}	84.66
5	7.31 ^{abc}	7.50 ^{abc}	7.41 A	40.00 ^{ab}	37.66 ^{bc}	38.83 AB	86.00 ^{ab}	84.00 ^{ab}	85.00
10	8.17 ^a	7.27 ^{abc}	7.72 A	41.00 ^{ab}	38.66 ^{ab}	39.83 AB	90.00 ^a	84.00 ^{ab}	87.00
15	7.78 ^{ab}	6.93 ^{bcd}	7.35 A	39.66 ^{ab}	38.00 ^{ab}	38.83 AB	86.00 ^{ab}	84.00 ^{ab}	85.00
30	6.49 ^{cd}	6.15 ^d	6.32 B	39.66 ^{ab}	35.33 ^c	37.50 B	86.00 ^{ab}	81.33 ^b	83.66
Ave. (Se)	7.45	7.07		40.33 Z	38.20 Y		86.53 Z	83.60 Y	
F-test (Se)		ns			*			*	
F-test (C)		*			*			ns	
F-test (Se x C)		*			*			*	
CV (%)		7.67			4.43			4.46	

Different letters indicate statistically significant differences among treatments according to Duncan's Multiple Range Test (DMRT) (P<0.05)

Table 2 Seed soaking with selenium on fresh weight and dry weight of Kangkong seedlings.

Se (mg/L) (C)	Fresh weight (g/plant)			Dry weight (mg/plant)		
	Selenium (Se)			Selenium (Se)		
	Na ₂ SeO ₃	Na ₂ SeO ₄	Ave. (C)	Na ₂ SeO ₃	Na ₂ SeO ₄	Ave. (C)
0	4.54 ^{bc}	4.54 ^{bc}	4.54 B	0.31 ^{bc}	0.31 ^{bc}	0.31 CD
5	4.67 ^{bc}	4.92 ^{ab}	4.80 AB	0.32 ^{bc}	0.31 ^{bc}	0.32 BC
10	4.96 ^{ab}	5.16 ^a	5.06 A	0.35 ^a	0.34 ^{ab}	0.34 A
15	4.97 ^{ab}	5.18 ^a	5.08 A	0.33 ^{ab}	0.33 ^{ab}	0.33 AB
30	4.43 ^c	4.72 ^{abc}	4.58 B	0.29 ^c	0.29 ^c	0.29 D
Ave. (Se)	4.72	4.92		0.32	0.32	
F-test (Se)		ns			ns	
F-test (C)		*			*	
F-test (Se x C)		*			*	
CV (%)		5.29			4.99	

Different letters indicate statistically significant differences among treatments according to Duncan's Multiple Range Test (DMRT) (P<0.05)

Table 3 Seed soaking with selenium on pigments content of Kangkong seedlings.

Se (mg/L) (C)	Total chlorophyll (mg/g FW)			Carotenoid (mg/10g FW)		
	Selenium (Se)			Selenium (Se)		
	Na ₂ SeO ₃	Na ₂ SeO ₄	Ave. (C)	Na ₂ SeO ₃	Na ₂ SeO ₄	Ave. (C)
0	0.29 ^d	0.29 ^d	0.29 D	0.53	0.53	0.53
5	0.55 ^b	0.29 ^d	0.42 B	0.56	0.50	0.53
10	0.61 ^a	0.49 ^b	0.55 A	0.54	0.52	0.53
15	0.33 ^{cd}	0.36 ^c	0.35 C	0.53	0.52	0.52
30	0.31 ^{cd}	0.33 ^{cd}	0.32 CD	0.52	0.51	0.52
Ave. (Se)	0.42 Z	0.35 Y		0.54	0.52	
F-test (Se)		*			ns	
F-test (C)		*			ns	
F-test (Se x C)		*			ns	
CV (%)		8.31			7.31	

Different letters indicate statistically significant differences among treatments according to Duncan's Multiple Range Test (DMRT) (P<0.05)

Table 4 Seed soaking with selenium on phytochemicals of Kangkong seedlings.

Se (mg/L) (C)	Phenolic compound (mg GAE/gFW)			Vitamin C (mg/gFW)		
	Selenium (Se)			Selenium (Se)		
	Na ₂ SeO ₃	Na ₂ SeO ₄	Ave. (C)	Na ₂ SeO ₃	Na ₂ SeO ₄	Ave. (C)
0	0.14 ^c	0.14 ^c	0.14 C	0.54 ^b	0.54 ^b	0.54 B
5	0.09 ^d	0.15 ^b	0.12 C	0.54 ^b	0.43 ^d	0.49 C
10	0.14 ^c	0.18 ^a	0.16 B	0.54 ^b	0.40 ^d	0.47 C
15	0.16 ^b	0.19 ^a	0.17 B	0.55 ^b	0.40 ^d	0.47 C
30	0.19 ^a	0.20 ^a	0.19 A	0.66 ^a	0.52 ^c	0.59 A
Ave. (Se)	0.14 Y	0.16 Z		0.56 Z	0.44 Y	
F-test (Se)		*			*	
F-test (C)		*			*	
F-test (Se x C)		*			*	
CV (%)		6.44			19.79	

Different letters indicate statistically significant differences among treatments according to Duncan's Multiple Range Test (DMRT) (P<0.05)

คลอโรฟิลล์ของถั่วลันเตา (Hegedűsová *et al.*, 2012; Zhang *et al.*, 2014) เนื่องจากซีลีเนียมความเข้มข้นต่ำช่วยป้องกันพืชโดยการกำจัด

อนุมูลอิสระในเซลล์ ส่งเสริมการทำงานของเอนไซม์ ป้องกันความเครียดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน และเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ (Silva *et al.*, 2018)

การให้โซเดียมซีลีไนด์และโซเดียมซีลีเนตในการแช่เมล็ดมีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอล และวิตามินซีเพิ่มขึ้นในต้นกล้าผักกาด โดยที่ความเข้มข้นของซีลีเนียมเพิ่มขึ้นมีผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลสูงขึ้น เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดและความเข้มข้นของซีลีเนียม พบว่าการให้โซเดียมซีลีไนด์มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลสูงกว่าการให้โซเดียมซีลีเนตอย่างมีนัยสำคัญ และการให้ซีลีเนียมที่ความเข้มข้น 10-30 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้ต้นกล้ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม (Table 4) สอดคล้องกับ Ríos *et al.* (2008) การให้ซีลีเนียมที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ส่งผลต่อปริมาณ

สารประกอบฟีนอลในพืชเพิ่มขึ้น เนื่องจากซีลีเนียมมีส่วนช่วยในการเพิ่มปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น แคโรทีนอยด์และสารประกอบฟีนอล และส่งผลให้การสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้น (Chauhan *et al.*, 2017) ในขณะที่การให้โซเดียมซีลีไนด์มีผลต่อปริมาณวิตามินซีสูงกว่าการให้โซเดียมซีลีเนตอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งแตกต่างกับ Deng *et al.* (2019) พบว่าการพ่นโซเดียมซีลีเนตมีผลต่อปริมาณวิตามินซีในลูกแพร์สูงกว่าโซเดียมซีลีไนด์ เนื่องจากพืชเกิดความเครียดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน จึงกระตุ้นการสังเคราะห์วิตามินซี แคโรทีนอยด์ และ ฟลาโวนอยด์ เพื่อกำจัดอนุมูลอิสระ (Xie *et al.*, 2019)

Table 5 Seed soaking with selenium on radical scavenging and selenium accumulation of Kangkong seedlings.

Se (mg/L) (C)	Radical scavenging (%)			Total Selenium (µg/gDW)		
	Selenium (Se)			Selenium (Se)		
	Na ₂ SeO ₃	Na ₂ SeO ₄	Ave. (C)	Na ₂ SeO ₃	Na ₂ SeO ₄	Ave. (C)
0	20.91 ^{de}	20.91 ^{de}	20.91 C	2.06 ^g	2.06 ^g	2.06 D
5	19.09 ^{de}	16.18 ^e	17.63 C	2.55 ^{fg}	5.05 ^c	3.80 C
10	25.19 ^d	35.98 ^c	30.59 B	2.88 ^{ef}	5.76 ^b	4.32 BC
15	37.13 ^c	46.94 ^b	42.04 A	3.45 ^{de}	5.93 ^b	4.69 B
30	39.46 ^c	55.87 ^a	47.67 A	4.05 ^d	9.37 ^a	6.71 A
Ave. (Se)	27.12 Y	38.74 Z		2.84 Y	6.53 Z	
F-test (Se)		*			*	
F-test (C)		*			*	
F-test (Se x C)		*			*	
CV (%)		13.99			9.55	

Different letters indicate statistically significant differences among treatments according to Duncan's Multiple Range Test (DMRT) (P<0.05)

เมื่อพิจารณาผลของโซเดียมซีลีไนด์และโซเดียมซีลีเนตต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และการสะสมซีลีเนียมของต้นกล้าผักกาด พบว่า การให้โซเดียมซีลีไนด์ส่งผลให้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการให้โซเดียมซีลีเนต และการให้ซีลีเนียมที่ความเข้มข้น 10-30 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของต้นกล้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อ

พิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดและความเข้มข้นของการให้ซีลีเนียม พบว่า การให้โซเดียมซีลีไนด์ที่ความเข้มข้น 10-30 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการให้โซเดียมซีลีไนด์ (Table 5) สอดคล้องกับ Ríos *et al.* (2008) การให้โซเดียมซีลีไนด์และโซเดียมซีลีเนตที่ความเข้มข้น 5-120 ไมโครโมลต่อลิตร ส่งผลต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในผัก

กาดหอมเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม เช่นเดียวกับ กุสุมา และคณะ (2563) การให้ซีลีเนตความเข้มข้น มากกว่า 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ในการปลูกผักกาดฮ่องเต้ระบบไฮโดรโปนิคส์ส่งผลให้การเจริญเติบโต และปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง แต่ส่งผลให้ปริมาณของสารประกอบฟีนอลและสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น

ในขณะที่พิจารณาผลของการให้ซีลีเนียม พบว่าการให้ซีลีเนียมมีผลต่อการสะสมซีลีเนียม มากกว่าการให้ซีลีเนียมในต้นถึง 2.30 เท่า และความเข้มข้นของซีลีเนียมเพิ่มขึ้น 5-30 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มให้การสะสมซีลีเนียมเพิ่มขึ้น 1.84-3.26 เท่าเมื่อเทียบกับชุดควบคุม (Table 5) เมื่อพิจารณา ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดและความเข้มข้นของการให้ ซีลีเนียม พบว่า การให้ซีลีเนียมในต้นทุกความเข้มข้นมีการสะสมซีลีเนียมในต้นกล้าผักกาดฮ่องเต้ ซีลีเนียมในต้นที่ความเข้มข้น 5-30 มิลลิกรัมต่อลิตร ถึง 1.98-2.31 เท่า สอดคล้องกับ Szarka *et al.* (2020) รายงานว่าการให้ซีลีเนต 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลต่อการสะสมซีลีเนียมทั้งหมดในหน่อก้านมากกว่า การให้ในรูปซีลีเนตถึง 7 เท่า เช่นเดียวกับการให้ซีลีเนต ทางใบในข้าวมีการสะสมซีลีเนียมในเมล็ดมากกว่า ซีลีเนตเป็น 2 เท่า (Deng *et al.*, 2017) จากผลการทดลองแสดงว่า ชนิดและความเข้มข้นของซีลีเนียมที่ ให้ด้วยการแช่เมล็ดมีผลต่อการสะสมซีลีเนียม และ ปริมาณสารพฤษเคมีในต้นกล้าผักกาด โดยที่ซีลีเนียม ความเข้มข้นต่ำส่งเสริมการออกดอกและการเจริญเติบโต แต่ถ้าความเข้มข้นเพิ่มสูงขึ้นการงอกและการเจริญเติบโตลดลง แต่ปริมาณสารพฤษเคมีและการสะสม ซีลีเนียมเพิ่มขึ้น

สรุป

ซีลีเนียมในต้นที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งเสริมความงอกมาตรฐาน น้ำหนักแห้ง และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด และแคโรทีนอยด์ ของต้นกล้าผักกาดฮ่องเต้พันธุ์ยอดไผ่ 9 เพิ่มสูงขึ้น และเมื่อซีลีเนียมในรูปซีลีเนียมในต้นที่ความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอล สารต้านอนุมูลอิสระ วิตามินซี และการสะสมซีลีเนียมสูงขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงสาธารณสุข. 2541. สารอาหารที่แนะนำให้บริโภคประจำวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป. บัญชีหมายเลข 3 แนบท้ายประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 182). (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: https://food.fda.moph.go.th/media.php?id=510483619052134400&name=Compi_182.pdf (3 เมษายน 2567).
- กุสุมา อินทร์เขียว, อินทรา ชูตแก้ว และพรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง. 2563. ผลของซีลีเนตและซีลีเนตต่อการเจริญเติบโต ปริมาณรงควัตถุ และสารพฤษเคมีของกวางตุ้งฮ่องเต้ในระบบไฮโดรโปนิคส์. วารสารแก่นเกษตร 48 (ฉบับพิเศษ 1): 37-42.
- ภัทรวรรณ รัตนศิริลักษณ์, อินทรา ชูตแก้ว, พิมพ์ชนก สดภูมินทร์ และพรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง. 2565. ซีลีเนียมในต้นต่อการเจริญเติบโต และสารพฤษเคมีบางชนิดของต้นกล้าถั่วเขียว. วารสารแก่นเกษตร 50 (ฉบับพิเศษ 1): 116-123
- สมาคมการค้าเมล็ดพันธุ์ไทย. 2566. สถิติปริมาณและมูลค่าเมล็ดพันธุ์ควบคุมปี 2566. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://www.doa.go.th> (4 มิถุนายน 2567).
- Akbaraly T.N., I. Hininger-Favier, I. Carrière, J. Arnaud, V. Gourlet, A.M. Roussel, and C. Berr. 2007. Plasma selenium over time and cognitive decline in the elderly. *Epidemiology* 18(1):52-8.
- Arnon, D. I. 1949. Copper enzyme in isolated chloroplast. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology* 24(1): 15.
- Barnes, J. D., L. Balaguer, E. Manrique, S. Elvira, and A. W. Davison. 1992. A reappraisal of the use of DMSO for the extraction and determination of chlorophyll a and b in lichens and higher plants. *Environmental and Experimental Botany* 32:85-100.

- Brand-Williams, W., M.E. Cuvelier and C.L.W.T. Berset. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology* 28(1):25-30.
- Chauhan, R., S. Awasthi, P. Tripathi, S. Mishra, S.K. Dwivedi, A. Niranjana, S. Mallick, P. Tripathi, V. Pande, and R.D. Tripathi. 2017. Selenite modulates the level of phenolics and nutrient element to alleviate the toxicity of arsenite in rice (*Oryza sativa* L.). *Ecotoxicology and Environmental Safety* 138:47-55.
- Deng, X., K. Liu, M. Li, W. Zhang, X. Zhao, Z. Zhao, and X. Liu. 2017. Difference of selenium uptake and distribution in the plant and selenium form in the grains of rice with foliar spray of selenite or selenate at different stages. *Field Crops Research* 211:165-171.
- Deng, X., Z. Zhao, Z. Han, L. Huang, C. Lv, Z. Zhang, H. Zhang, and X. Liu. 2019. Selenium uptake and fruit quality of pear (*Pyrus communis* L.) treated with foliar Se application. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 182(4): 637-646.
- El Mehdawi, A.F., C.F. Quinn, and E.A.H Pilon-Smits. 2011. Effects of selenium hyperaccumulation on plant-plant interactions: evidence for elemental allelopathy? *New Phytologist* 191:120-131.
- Hadrup, N., and G. Ravn-Haren. 2021. Absorption, distribution, metabolism and excretion (ADME) of oral selenium from organic and inorganic sources: A review. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 67: 126801. DOI:10.1016/j.jtemb.2021.126801
- Hegedűsová, A., S. Jakabová, O. Hegedűs, M. Valšíková, and A. Uher. 2012. Testing of Se inhibition effect on selected characteristics of garden pea. *European Chemical Bulletin* 1(12): 520-523.
- Huang, S., K. Yu, Q. Xiao, B. Song, W. Yuan, X. Long, D. Cai, X. Xiong, and W. Zheng. 2023. Effect of bio-nano-selenium on yield, nutritional quality and selenium content of radish. *Journal of Food Composition and Analysis* 115: 104927. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104927>
- International Rules for Seed Testing (ISTA) 2016. *International Rules for Seed Testing*, Basserdorf, Switzerland
- Katamoto, L., and J. Al-Zehouri. 2012. Validation of two spectrophotometric methods for the determination of selenium in food supplements with applied microwave digestion method a comparative evaluation of performance characteristics. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research* 14(2): 30-34.
- Khaliq, A., F. Aslam, A. Matloob, S. Hussain, M. Geng, A. Wahid, and H. Rehman. 2015. Seed priming with selenium: consequences for emergence, seedling growth, and biochemical attributes of Rice. *Biological Trace Element Research* 166(2):236-44.
- Lanza, M., and A. R. D. Reis. 2021. Roles of selenium in mineral plant nutrition: ROS scavenging responses against abiotic stresses. *Plant Physiology and Biochemistry* 164:27-43.

- Lapaz, A.M., L.F.M. Santos, C.H.P. Yoshida, R. Heinrichs, M. Campos, and A.R. Reis. 2019. Physiological and toxic effects of selenium on seed germination of cowpea seedlings. *Bragantia* 78(4): 498-508.
- Lei, B., Z. Bian, Q. Yang, J. Wang, R. Cheng, K. Li, W. Lui, Y. Zhang, H. Fang, and Y. Tong. 2018. The positive function of selenium supplementation on reducing nitrate accumulation in hydroponic lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Journal of Integrative Agriculture* 17(4):837–846.
- León-Morales, J.M., W. Panamá-Raymundo, E.C. Langerica-Velázquez, and S. García-Morale. 2019. Selenium and vanadium on seed germination and seedling growth in pepper (*Capsicum annuum* L.) and radish (*Raphanus sativus* L.). *Revista Bio Ciencias* 6: 2007-3380.
- Li, P., A. Song, Z. Li, F. Fan, and Y. Liang. 2012. Silicon ameliorates manganese toxicity by regulating manganese transport and antioxidant reactions in rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Soil* 354: 407-419.
- Li, Y., Y. Xiao, J. Hao, S. Fan, R. Dong, H. Zeng, C. Liu, and Y. Han. 2022. Effects of selenate and selenite on selenium accumulation and speciation in lettuce. *Plant Physiology and Biochemistry* 192:162-171.
- Maneetong, S., S. Chookhampaeng, A. Chantiratikul, O. Chinrasri, W. Thosaikham, R. Sittipout, and P. Chantiratikul. 2013. Hydroponic cultivation of selenium-enriched kale (*Brassica oleracea* var. *alboglabra* L.) seedling and speciation of selenium with HPLC–ICP-MS. *Microchemical Journal* 108: 87–91.
- Prins, C.N., L.J. Hantzis, C.F. Quinn, and E.A.H. Pilon-Smits. 2011. Effects of selenium accumulation on reproductive functions in *Brassica juncea* and *Stanleya pinnata*. *Journal of Experimental Botany* 62:5633-5640.
- Rayman, M.P. 2012. Selenium and human health. *The Lancet* 379, 1256-1268.
- Ríos, J.J., M.A. Rosales, B. Blasco, L.M. Cervilla, L. Romero, and J.M. Ruiz. 2008. Biofortification of Se and induction of the antioxidant capacity in lettuce plants. *Scientia Horticulturae* 116(3): 248-255.
- Silva, V.M., E.H.M. Boleta, M.G.D.B. Lanza, J. Lavres, J.T. Martins, E.F. Santos, and A.R.d. Reis. 2018. Physiological, biochemical, and ultrastructural characterization of selenium toxicity in cowpea plants. *Environmental and Experimental Botany* 150:172-182.
- Singhatas, P., A. Sangcakul, P. Sumritpradit, T. Thampongsa, C. Krutsri, and P. Lertsithichai. 2017. Prospective cohort study of serum selenium in surgical ICU patients. *Journal of the Medical Association of Thailand* 100:59-65.
- Singleton, V.L., R. Orthofer, and R.M. Lamuela-Raventós. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. In *Methods in enzymology* 299:152-178.
- Szarka, V., Z. Jokai, H. El-Ramady, N. Abdalla, L. Kaszás and E. Domokos-Szabolcsy. 2020. Biofortification of *Stevia*

- rebaudiana* (Bert.) plant with selenium. Environment, Biodiversity and Soil Security 4:19-31.
- Tian, M., X. Xu, Y. Liu, L. Xie, and S. Pan. 2016. Effect of Se treatment on glucosinolate metabolism and health-promoting compounds in the broccoli sprouts of three cultivars. Food Chemistry 190: 374-380.
- Xie, X., Z. He, N. Chen, Z. Tang, Q. Wang, and Y. Cai. 2019. The roles of environmental factors in regulation of oxidative stress in plant. BioMed Research International 4:1-11. <https://doi.org/10.1155/2019/9732325>
- Zhang, M., S. Tang, X. Huang, F. Zhang, Y. Pang, Q. Huang, and Q. Yi. 2014. Selenium uptake, dynamic changes in selenium content and its influence on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in rice (*Oryza sativa* L.). Environmental and Experimental Botany 107: 39-45.

การรับรู้ถึงผลกระทบของการเผาตอซังข้าวและฟางข้าวของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในพื้นที่ อำเภอท่าตะโก จังหวัดนครสวรรค์

Perception of the Effects of Rice Stubble and Straw Burning Among Rice Farmers in Tha
Tako District, Nakhon Sawan Province

ลาวัลย์ อินทะจักร¹ จิรัฏฐินาฏ ถังเงิน^{1*} และคณิงรัตน์ คำมณี¹

Lawan Inthajak¹, Jirattinart Thungngern^{1*} and Kanungrat Kummanee¹

Received: April 30, 2024

Revised: June 24, 2024

Accepted: June 24, 2024

Abstract: The objectives of this research were to study 1) farmers' general characteristics, 2) perception of rice stubble and straw burning impact among farmers, 3) knowledge and practices for rice stubble and straw management, and 4) issues with handling rice stubble and straw. The sample consisted of 375 rice farmers in Tha Tako district, Nakhon Sawan province. The obtained data were collected by interview form and analyzed by descriptive statistics. Hypotheses were tested by t-test and one – way ANOVA. The finding revealed farmers were female (62.40%), with an average age of 52.95 years old and most had graduated from elementary school (63.70%), with an average experience of 24.57 years. Most farmers received information from community leaders (87.00%). Overall, farmers' perceptions of the impacts of rice straw and stubble burning were moderate. The majority of farmers had a high level of knowledge about rice straw and stubble management. (80.00%). Regarding rice straw and stubble management practices, straw and rice stubble incorporation was the most common method (30.30%). The problem of management had lacked of support from the government. The hypothesis test results indicated that farmers' age, education level, and experience significantly influenced their perception of the impacts of rice straw and stubble burning at a significance level of 0.05

Keywords: perception, impact, rice stubble and rice straw burning

บทคัดย่อ: การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกร 2) การรับรู้ถึงผลกระทบของการเผาตอซังข้าวและฟางข้าวของเกษตรกร 3) ความรู้และการปฏิบัติในการจัดการตอซังข้าวและฟางข้าว 4) ปัญหาในการจัดการตอซังข้าวและฟางข้าว กลุ่มตัวอย่างในการทำวิจัย ได้แก่ เกษตรกรผู้ปลูกข้าวในพื้นที่อำเภอท่าตะโก จังหวัดนครสวรรค์ จำนวน 375 ราย ใช้แบบสัมภาษณ์เป็นเครื่องมือในการทำวิจัย วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา และทดสอบสมมติฐานด้วย t-test และ one - way ANOVA ผลการวิจัย พบว่า เกษตรกรเป็นเพศหญิง ร้อยละ 62.40 มีอายุเฉลี่ย 52.95 ปี จบการศึกษาในระดับประถมศึกษา ร้อยละ 63.70 มีประสบการณ์เฉลี่ย 24.57 ปี เกษตรกรส่วนใหญ่รับรู้ข่าวสารจากผู้นำชุมชน ร้อยละ 87.00 การรับรู้ถึงผลกระทบของการเผาตอซังข้าวและฟางข้าวภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง เกษตรกรส่วนใหญ่มีความรู้ในการจัดการตอซังข้าวและ

¹ ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม 73140

¹ Dept. of Agricultural Extension and Communication, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakhon Pathom, 73140

*Corresponding author : agrjnt@ku.ac.th

ฟางข้าวในระดับมาก ร้อยละ 80.00 สำหรับการปฏิบัติในการจัดการตอซังข้าว พบว่า เกษตรกรมีการไถกลบตอซังข้าวและฟางข้าวมากที่สุด ร้อยละ 30.30 เกษตรกรพบปัญหาการสนับสนุนจากภาครัฐมากที่สุด ร้อยละ 21.70 ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า เกษตรกรที่มีอายุ ระดับการศึกษา และประสบการณ์ที่แตกต่างกัน มีระดับการรับรู้ถึงผลกระทบของการเผาตอซังข้าวและฟางข้าวที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

คำสำคัญ: การรับรู้, ผลกระทบ, การเผาตอซังข้าวและฟางข้าว

คำนำ

ประเทศไทยมีพื้นที่ในการทำนาข้าว ประมาณ 62 ล้านไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566ก) ซึ่งข้าวเป็นอาหารหลักของคนในประเทศไทย อีกทั้งยังเป็นสินค้าเศรษฐกิจที่ส่งออกประมาณ 8.7 ล้านตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566ข) ซึ่งหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวแล้ว พบว่ามีปริมาณตอซังและฟางข้าวเหลืออยู่ในแปลงนาเฉลี่ย 650 กิโลกรัมต่อไร่ โดยตอซังข้าวและฟางข้าวเป็นวัสดุที่ย่อยสลายง่าย มีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเฉลี่ย 99:1 มีปริมาณธาตุอาหารหลักของพืช ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแตสเซียมเฉลี่ย 0.51 0.14 และ 1.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีปริมาณธาตุอาหารรองของพืช ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม และซัลเฟอร์เฉลี่ย 0.47 0.25 และ 0.17 เปอร์เซ็นต์ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548) ซึ่งหากเกษตรกรไถกลบตอซังข้าวและฟางข้าว จะทำให้เกิดประโยชน์ต่าง ๆ กับดิน แต่เกษตรกรมักจะทำการเผาตอซังและฟางข้าว เพื่อความง่ายและเตรียมดินในการปลูกข้าวในฤดูปลูกถัดไป

ทั้งนี้จากข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน (2548) พบว่า ผลกระทบที่เกิดจากการเผาตอซังข้าวและฟางข้าวของเกษตรกร ในด้านทรัพยากรดิน จะทำให้โครงสร้างของดินเปลี่ยนแปลงไป เนื้อดินจับตัวแน่นและแข็ง ทำให้รากพืชแคะแสร้ง ไม่สมบูรณ์ อ่อนแอ ดินสูญเสียอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารในดิน เมื่ออินทรีย์วัตถุในดินถูกเผาจะกลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูญเสียไปในบรรยากาศ ส่วนธาตุอาหารจะแปรสภาพให้อยู่ในรูปที่สามารถสูญเสียไปจากดินได้ง่าย ซึ่งการที่เกิดปัญหาดินขาดความอุดมสมบูรณ์นั้น จะส่งผลให้พืชไม่สามารถเจริญเติบโตได้เต็มที่ ได้ผลผลิตน้อยลง ทำให้เกษตรกรต้องใช้

ปุ๋ยเคมีในอัตราที่เพิ่มมากขึ้นอีก รวมทั้งยังส่งผลในเรื่องของต้นทุนในการผลิตที่สูงขึ้น ในส่วนของผลกระทบด้านคุณภาพทางอากาศ พบว่าการเผาในพื้นที่การเกษตรเป็นแหล่งกำเนิดของมลพิษทางอากาศ โดยผลจากการเผาทำให้เกิดก๊าซพิษและฝุ่นละอองแผ่ตัวอยู่ในหมอกควัน โดยก๊าซพิษและฝุ่นควันส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของประชาชน โดยเฉพาะระบบทางเดินหายใจ ผิวหนัง และอาการทางตา บางรายมีอาการหอบหืด จนทำให้หายใจลำบากถึงขั้นวิกฤติ (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2566)

ทั้งนี้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ จึงมีนโยบายในการลดปัญหาการเผาตอซังข้าวและฟางข้าวของเกษตรกรและลดการเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เริ่มตั้งแต่ปี 2557 โดยกรมส่งเสริมการเกษตรได้ดำเนินการถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับสภาพปัญหาและผลกระทบที่เกิดจากการเผาเศษวัสดุเหลือใช้ไถนา เทคนิคและข้อมูลวิชาการด้านการใช้เทคโนโลยีการเกษตรเพื่อทดแทนการเผา ตลอดจนมีการบริหารจัดการเศษวัสดุเหลือใช้จากภาคการเกษตร ส่งเสริมให้มีการรวมตัวกันของเกษตรกรเป็นเครือข่ายเกษตรกรปลอดการเผา สร้างวิทยากรอาสาสมัครด้านการทำการเกษตรปลอดการเผา นำร่องสาธิตการใช้เทคโนโลยีทางการเกษตรเพื่อแก้ไขปัญหาในพื้นที่การเกษตร สนับสนุนให้เกิดจุดสาธิตเรียนรู้ด้านการทำการเกษตรแบบปลอดการเผาตามบริบทของชุมชน เช่น การไถกลบตอซัง การนำเศษวัสดุทางการเกษตรมาผลิตปุ๋ยอินทรีย์ อาหารสัตว์ เชื้อเพลิงพลังงานทดแทน เพาะเห็ดฟาง รวมทั้งการปลูกไม้ผลไม้ยืนต้นบนพื้นที่สูง เพื่อลดการเผาข้าวโพดบนพื้นที่สูง เป็นต้น (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2565)

อำเภอท่าตะโก จังหวัดนครสวรรค์ มีพื้นที่ในการปลูกข้าว 4.12 แสนไร่ มีเกษตรกร 15,893 ราย (สำนักงานเกษตรอำเภอท่าตะโก, 2566) ซึ่งเกษตรกรในพื้นที่จะทำนาเฉลี่ย 2 ครั้งต่อปี เนื่องจากเป็นพื้นที่ติดกับบึงบอระเพ็ด ทำให้มีน้ำไว้ใช้ในการทำนาได้ตลอดทั้งปี เกษตรกรมักนิยมเผาตอซังข้าวและฟางข้าวในช่วงฤดูนาปรังหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตไปแล้ว โดยลักษณะการเผาตอซังข้าวและฟางข้าวเกษตรกรจะทำการอัดฟางแล้ว เมื่อเหลือตอซังในแปลงจึงทำการเผา เพื่อให้เกิดความรวดเร็วและความง่ายในการเตรียมดินในฤดูปลูกถัดไป จากข้อมูลดาวเทียม (Suomi NPP ระบบ VIIRS) ของจังหวัดนครสวรรค์ (สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม จังหวัดนครสวรรค์, 2565) พบว่าในพื้นที่อำเภอท่าตะโก เกิดจุดความร้อน (Hotspot) ที่เกิดจากการเผาพื้นที่การเกษตรหลายจุดตั้งแต่เดือนธันวาคมถึงเดือนเมษายน ซึ่งจากการที่เกษตรกรเผาตอซังข้าวและฟางข้าวนี้ ส่งผลให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศ ฝุ่น PM 2.5 รวมไปถึงส่งผลให้เกิดปัญหาต่าง ๆ ทางเคมี ชีวภาพ และกายภาพของดิน จากปัญหาการเผาตอซังข้าวและฟางข้าวของเกษตรกรในพื้นที่อำเภอท่าตะโกนั้น ทำให้ผู้วิจัยสนใจศึกษาถึงการรับรู้ถึงผลกระทบของการเผาตอซังข้าวและฟางข้าวของเกษตรกร ในประเด็นเรื่องความรู้และการปฏิบัติเกี่ยวกับการจัดการตอซังข้าวและฟางข้าวของเกษตรกร รวมถึงปัญหาของเกษตรกรในการดำเนินการจัดการตอซังข้าวและฟางข้าว ทั้งนี้เพื่อหาแนวทางในการส่งเสริมเกษตรกร ให้สามารถดำเนินการจัดการตอซังข้าวและฟางข้าวให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่และแนวทางการปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง

อุปกรณ์และวิธีการ

ประชากรในการศึกษาค้างนี้ คือ เกษตรกรผู้ปลูกข้าวในพื้นที่อำเภอท่าตะโก จังหวัดนครสวรรค์ จำนวน 15,893 ครัวเรือน (สำนักงานเกษตรอำเภอท่าตะโก, 2566) คำนวณโดยใช้สูตรของ Krejcie and Morgan ที่ค่าความคลาดเคลื่อน 0.05 ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 375 ครัวเรือน คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างจากจำนวนเกษตรกรที่ขึ้นทะเบียนนาปี 2565/66

โดยการเทียบสัดส่วนประชากรแต่ละตำบลในพื้นที่อำเภอท่าตะโก ซึ่งมี 10 ตำบล ได้แก่ หนองหลวง 27 ครัวเรือน ท่าตะโก 24 ครัวเรือน พนมรอก 54 ครัวเรือน หัวถนน 32 ครัวเรือน สายลำโพง 46 ครัวเรือน วังมหากร 32 ครัวเรือน ดอนคา 62 ครัวเรือน ทำนบ 28 ครัวเรือน วังใหญ่ 27 ครัวเรือน และพนมเศษ 37 ครัวเรือน เก็บรวบรวมข้อมูลในเดือนกุมภาพันธ์ 2567 ใช้แบบสัมภาษณ์ในการเก็บข้อมูลโดยผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ได้ค่าความสอดคล้องของเนื้อหา (Index of item objective congruence : IOC) มีค่าเท่ากับ 0.904 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ประกอบด้วยความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และใช้สถิติเชิงอนุมานในการทดสอบสมมติฐาน ประกอบด้วย T-test และ One - Way ANOVA

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ข้อมูลพื้นฐาน

ผลการศึกษา พบว่า เกษตรกรร้อยละ 62.40 เป็นเพศหญิง อายุเฉลี่ย 52.95 ปี ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับประถมศึกษา ร้อยละ 63.70 รองลงมา คือ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น/ปวช./ปวส. ร้อยละ 13.90 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ร้อยละ 12.50 ระดับปริญญาตรี ร้อยละ 6.10 และสูงกว่าปริญญาตรี ร้อยละ 0.50 ตามลำดับ มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 2.80 คน เกษตรกรร้อยละ 56.50 เป็นสมาชิกธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์ มีประสบการณ์ในการปลูกข้าวเฉลี่ย 24.57 ปี และมีจำนวนพื้นที่ในการปลูกข้าวเฉลี่ย 34.39 ไร่ เกษตรกรร้อยละ 41.10 มีพื้นที่ปลูกข้าวมากที่สุด 21-40 ไร่ จากการเก็บข้อมูลในพื้นที่ พบว่า เกษตรกรที่ปลูกข้าวในพื้นที่ดอน ร้อยละ 62.90 ปลูกข้าวพันธุ์ขาวมะลิ 105 และผลิตข้าว 1 ครั้งต่อปี ส่วนเกษตรกรที่ปลูกข้าวในพื้นที่ลุ่ม ร้อยละ 37.10 ปลูกข้าวพันธุ์ กข ต่าง ๆ และผลิตข้าว 2 ครั้งต่อปี เกษตรกร ร้อยละ 31.70 เคยเข้าร่วมอบรมเกี่ยวกับการงดเผาตอซังข้าว สำหรับการรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับการงดเผาตอซังข้าว พบว่า มาจากผู้นำชุมชน ร้อยละ 37.70 รองลงมา คือ สื่อออนไลน์ ร้อยละ 18.30 และทีวี ร้อยละ 13.50

2. การรับรู้ถึงผลกระทบของการเผาตอซังข้าวและฟางข้าว

ผลการศึกษา พบว่า การรับรู้ผลกระทบจากการเผาตอซังข้าวและฟางข้าวของเกษตรกรในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 1.05) โดยประเด็นที่เกษตรกรมีการรับรู้มากที่สุด 3 อันดับแรก คือ การรับรู้ถึงผลกระทบจากการเผาตอซังข้าวและฟางข้าวที่ส่งผลทำให้ดินจับตัวกันแน่นและแข็ง อยู่ในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 1.29) รองลงมา คือ การรับรู้ถึงผลกระทบจากการเผาตอซังข้าวและฟางข้าวที่มีต่อวิสัยทัศน์ในการมองเห็น อยู่ในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 1.26) และอันดับสาม คือ การรับรู้ถึงผลกระทบจากการเผาตอซังข้าวและฟางข้าวที่ส่งผลต่อระบบทางเดินหายใจอยู่ในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 1.21) (Table 1) จากผลดังกล่าวมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของวีรานุช (2566) ที่ศึกษาการรับรู้ถึงผลกระทบจากการเผาตอซังและฟางข้าวของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวอำเภอท่งทราย จังหวัดกาฬสินธุ์ พบว่า เกษตรกรมีการรับรู้ผลกระทบจากการเผาตอซังและฟางข้าวของเกษตรกรต่อการเกษตรมากที่สุดในเรื่องของการเผาตอซังข้าวและฟางข้าวเป็นสาเหตุ

ทำให้ดินเสื่อมโทรม และทำลายโครงสร้างดิน ทำให้ดินแน่นทึบไม่ร่วนซุย ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งผลกระทบต่อทรัพยากรดินนั้นเป็นเรื่องที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยตรง จึงทำให้เกิดการรับรู้ได้มากกว่าประเด็นอื่น ๆ นอกจากนี้ การรับรู้ทางด้านทัศนวิสัยในการมองเห็นและการรับรู้ถึงผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจนั้น จัดเป็นการรับรู้ที่มาจากการที่เกษตรกรได้รับผลกระทบต่อร่างกายในทันที ซึ่งมีความสอดคล้องกับกระบวนการรับรู้ของจักรกฤษ (2563) และ สุภาณีและคณะ (2545) ที่ได้อธิบายไว้ว่า การรับรู้เป็นกระบวนการที่ใช้ในการตัดสินใจที่เข้ามาผ่านกระบวนการของร่างกายหรือประสาทสัมผัสทั้ง 5 โดยที่บุคคลนั้นจะมีปฏิกิริยาตอบสนองต่อสิ่งเร้าโดยผ่านกระบวนการสัมผัส ซึ่งได้แก่ ระบบรับสัมผัสในตา หู จมูก ผิวหนัง ลิ้น และกล้ามเนื้อ เป็นการตอบสนองขั้นแรกสุดต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม โดยสมองจะตีความรู้สึกส่งต่อไปอีกขั้นหนึ่งเป็นการรับรู้เกี่ยวกับสิ่งที่เห็น ได้ยิน หรือรู้สึกถึงสิ่งที่รับรู้ นั่นคืออะไร ซึ่งเป็นการแปลความตามประสบการณ์ของแต่ละบุคคล

Table 1 Farmers' perception of the impacts of rice stubble and straw burning.

(n=375)

Perception of the impacts of rice stubble and rice straw burning	$\bar{X}$	S.D.	level
Impact on soil resources			
1. The effects of burning rice stubble and rice straw that make the soil degrade	1.29	0.628	medium
2. The effects of burning rice stubble and rice straw on soil organic matter and nutrients.	1.18	0.611	medium
3. The effects of burning rice stubble and rice straw on soil microorganisms and insect pests.	1.04	0.683	medium
4. The effects of burning rice stubble and rice straw that lead to decreased soil water retention.	1.04	0.685	medium
5. The effects of burning rice stubble and rice straw that lead to water loss in the soil?	1.06	0.668	medium
$\bar{X} = 1.12$			medium

Table 1 (Continue)

(n=375)			
Perception of the impacts of rice stubble and rice straw burning	$\bar{x}$	S.D.	level
Impact on air quality			
1. The effects of burning rice stubble and rice straw on carbon dioxide emissions.	1.01	0.668	medium
2. The effects of burning rice stubble and rice straw on nitrogen dioxide emission.	0.77	0.676	medium
3. The effects of burning rice stubble and rice straw on sulfur dioxide emission.	0.66	0.727	low
4. The effects of burning rice stubble and rice straw on particulate matter 2.5 emission.	1.13	0.832	medium
5. The effects of burning rice stubble and rice straw on ozone formation.	0.87	0.844	medium
$\bar{x} = 0.88$			medium
Impact on health			
1. The effects of burning rice stubble and rice straw on eye health.	1.26	0.730	medium
2. The effects of burning rice stubble and rice straw on the respiratory system health.	1.21	0.755	medium
3. The effects of burning rice stubble and rice straw on oxygen delivery to the body's tissue and organs.	0.94	0.804	medium
$\bar{x} = 1.13$			medium
Impact on ecosystem and environment			
1. The potential contribution of burning rice stubble and rice straw to seasonal rainfall irregularities.	1.08	0.777	medium
2. The contribution of burning rice stubble and rice straw to global warming.	1.18	0.721	medium
3. The potential link between burning rice stubble and the occurrence of drought and flood problem.	1.10	0.737	medium
4. The contribution of burning rice stubble and straw to greenhouse gas emissions.	1.09	0.769	medium
$\bar{x} = 1.11$			medium
Impact of law related to burning in Thailand			
1. The law on burning rice stubble and rice straw.	1.07	0.502	medium
2. The penalties for burning rice stubble and rice straw.	1.05	0.520	medium
$\bar{x} = 1.06$			medium
Total average	1.05		medium

Levels of perceptions ($\bar{x}$) 0.00- 0.66 = low, 0.67 – 1.33 medium, 1.34 – 2.00 = High

3. ความรู้และการปฏิบัติในการจัดการตอซังข้าวและฟางข้าว

ผลการศึกษาความรู้ในการจัดการตอซังข้าวและฟางข้าวของเกษตรกร จำนวน 375 ราย พบว่า ในภาพรวมเกษตรกรมีความรู้ในการจัดการตอซังข้าวและฟางข้าวในระดับมาก (ร้อยละ 80.00) ประเด็นความรู้ที่เกษตรกรตอบถูกมากที่สุด เป็นเรื่องของประโยชน์ในการจัดการตอซังข้าวและฟางข้าว ในประเด็นเรื่อง การไถกลบตอซังข้าวและฟางข้าวช่วยเพิ่มจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดิน (ร้อยละ 93.33) รองลงมา เป็นเรื่องเกี่ยวกับวิธีการไถกลบตอซังข้าวและฟางข้าว ในประเด็นเรื่อง วิธีการไถกลบตอซังข้าวและฟางข้าว จะต้องดำเนินการไถกลบหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิต โดยการปล่อยตอซังข้าวและฟางข้าวไว้ในดินเพื่อให้เกิดการย่อยสลาย (ร้อยละ 90.93) และอันดับสาม มี 2 ประเด็น เป็นเรื่องของประโยชน์ในการจัดการตอซังข้าวและฟางข้าว ในประเด็นเรื่อง ตอซังข้าวและฟางข้าวสามารถปกป้องดินจากแสงแดด

และฝนที่ตกมาอย่างรุนแรงได้ และวัสดุในการเพาะเห็ดฟางสามารถทำได้โดยใช้ตอซังข้าวและฟางข้าว ร้อยละ 89.87 ตามลำดับ (Table 2) ทั้งนี้เนื่องจาก ผลการศึกษาเรื่องความรู้ สะท้อนให้เห็นว่า เกษตรกรมีความรู้เกี่ยวกับประโยชน์ที่เกิดขึ้นในการจัดการตอซังข้าวและฟางข้าวที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรดิน มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของไชยวัญ (2564) ที่ศึกษาเรื่องการจัดการตอซังและฟางข้าวของเกษตรกร ในโครงการส่งเสริมการหยุดเผาในพื้นที่การเกษตร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่มีความรู้เกี่ยวกับการจัดการตอซังและฟางข้าวในระดับมาก เพราะเนื่องจากเกษตรกรทุกคนมีความรู้เรื่องการใช้ประโยชน์จากฟางข้าว ในการนำมาใช้คลุมดิน เพื่อช่วยเก็บรักษาความชื้น และการใช้ฟางข้าว เพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดได้ ทั้งนี้เพราะเกษตรกรที่ทำการศึกษาคือเกษตรกรที่เคยเข้าร่วมอบรมโครงการส่งเสริมการหยุดเผาในพื้นที่การเกษตร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

Table 2 The number and percentages of knowledge levels in rice stubble and rice straw management.

(n=375)

Level	No. of farmers	%
Low (between 0.00 – 7.33 score)	14	3.73
Medium (between 7.34 – 14.67 score)	61	16.27
High (between 14.68 – 22.00 score)	300	80.00
Total	375	100.00
$\bar{X}$ = 16.86 SD = 4.260 Level = High		

ในส่วนของวิธีการปฏิบัติในการจัดการตอซังข้าวและฟางข้าว ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรมีการจัดการตอซังและฟางข้าวมากกว่า 1 วิธี โดยวิธีการที่เกษตรกรเลือกปฏิบัติในการจัดการตอซังและฟางข้าว มีดังนี้ 1) วิธีการไถกลบตอซังข้าว (ร้อยละ 30.00) 2) การอัดฟางข้าว (ร้อยละ 21.50) 3) การเผาตอซัง (ร้อยละ 17.60) 4) การใช้ตอซังและฟางข้าวเป็นวัสดุคลุมดิน (ร้อยละ 12.10) 5) การนำไปทำปุ๋ยหมัก (ร้อยละ 9.80) 6) นำไปทำเป็นอาหารสัตว์ (ร้อยละ

6.00) ซึ่งจะเป็นเกษตรกรที่มีสัตว์เลี้ยงประเภทโคและกระบือ และ 7) เพาะเห็ดฟาง (ร้อยละ 2.20) ตามลำดับ ทั้งนี้จากการศึกษาพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ที่ทำการเกษตรในที่ลุ่มและปลูกข้าวพันธุ์กข เนื่องจากสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ตามอายุข้าว และหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ว เกษตรกรจะทำการปล่อยตอซังและฟางข้าวทิ้งไว้ให้แห้ง และทำการอัดฟางก้อนเพื่อลดปริมาณตอซังและฟางข้าวที่ยังคงมีเหลือ จากนั้นเศษซากตอซังและฟางข้าวที่เหลือค้างอยู่ในแปลง

เกษตรกรจะทำการเผาเพื่อกำจัดให้หมดไป ซึ่งจะเห็นได้ว่าเกษตรกรยังคงมีการจัดการโดยวิธีการเผาในลำดับสุดท้ายอยู่บ้าง เพื่อเตรียมพื้นที่ให้พร้อมสำหรับการปลูกข้าวในฤดูถัดไป

นอกจากนี้ เกษตรกรที่ทำการเกษตรในที่ดอนนั้น ส่วนใหญ่จะปลูกข้าวขาวมะลิ 105 ซึ่งต้องอาศัยความยาวช่วงแสงในการออกผลผลิต ดังนั้นเกษตรกรส่วนใหญ่จะเก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วงเดือนพฤศจิกายน โดยหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้วเกษตรกรจะปล่อยตอซังข้าวและฟางข้าวให้แห้งแล้วรอไถกลบช่วงทำนาปรังต่อไป ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของวิรัตน์ (2556) ที่ศึกษาการผลิตข้าวและการจัดการตอซังข้าวของเกษตรกรในเขตชลประทาน อำเภอวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่มีการจัดการตอซังข้าว และฟางข้าวโดยวิธีการไถกลบหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตและทำการเผาพื้นที่ และหากมีการเลี้ยงสัตว์จำพวกโค กระบือ จะนำมาทำเป็นอาหารสัตว์ และอัดก้อนเพื่อจำหน่ายหรือเก็บไว้ใช้ประโยชน์

ทั้งนี้ จากผลการศึกษา แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรมีความรู้ในการจัดการตอซังข้าวสูง แต่ยังมี การเผาตอซังข้าวและฟางข้าวอยู่บ้าง เนื่องจากเป็นวิธีการที่สะดวกและรวดเร็ว และบางวิถีกษตรกรมีต้นทุนในการจัดการเพิ่ม อีกทั้งภาครัฐยังไม่มียุทธศาสตร์สนับสนุนในการจัดการและไม่มีมาตรการจัดการกับการเผาที่ชัดเจน จึงทำให้เกษตรกรยังดำเนินการด้วยวิธีการเผา

4. ปัญหาจากการจัดการตอซังข้าวและฟางข้าว

ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรพบปัญหาจากการจัดการตอซังข้าว คือ การขาดการสนับสนุนจากภาครัฐ ร้อยละ 21.70 ซึ่งจากการเก็บข้อมูลในพื้นที่นั้น เกษตรกรได้สะท้อนถึงปัญหาของการจัดการตอซังและฟางข้าวโดยวิธีการไถกลบตอซังข้าวว่าเป็นการเพิ่มต้นทุนของเกษตรกรหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตไปแล้ว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของบัณฑิต (2556) ที่ศึกษาการไถกลบฟางและตอซังข้าวของเกษตรกรตำบลตะคุ อำเภอปรางค์ชัย จังหวัดนครราชสีมา พบว่าเกษตรกรมีปัญหานี้เรื่องต้นทุนค่าจ้างในการไถกลบ

ตอซังและฟางข้าวมีราคาสูง ทั้งนี้เนื่องจากทางภาครัฐยังไม่เคยมีโครงการสนับสนุนในส่วนของการจัดการ ดังนั้นถ้าหากภาครัฐมีการสนับสนุนในส่วนของการจัดการตอซังเพิ่มมากขึ้น อันดับ 2 คือ ปัญหาการขาดแคลนน้ำในการจัดการตอซังข้าวและฟางข้าว (ร้อยละ 15.80) โดยในพื้นที่อำเภอท่าตะโกช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนเมษายนนั้น เกษตรกรที่ทำการเกษตรในพื้นที่ดอนจะขาดน้ำสำหรับทำการเกษตร ซึ่งเป็นช่วงเวลาในการจัดการตอซังข้าวหลังจากที่เก็บเกี่ยวผลผลิตไปแล้ว ดังนั้น เกษตรกรจึงเลือกทำการเผาแทนการจัดการด้วยวิธีการไถกลบตอซังข้าวและฟางข้าว ปัญหาอันดับ 3 คือ ข้อกังวลใจเกี่ยวกับการย่อยสลายของตอซังข้าวซึ่งใช้เวลานาน (ร้อยละ 13.50) เนื่องจากเกษตรกรที่ทำการเกษตรในพื้นที่ลุ่มจะมีน้ำไว้สำหรับทำนาได้ตลอดทั้งปี ซึ่งหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวแล้วจึงต้องบริหารจัดการตอซังข้าวโดยเร็วที่สุด เพื่อให้สามารถทำนาต่อเนื่องได้ ซึ่งหากทำการไถกลบแล้วย่อยสลายเองจะใช้เวลา 20-30 วัน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548) จะทำให้การปลูกข้าวในรอบการผลิตใหม่ไม่ทันช่วงเวลาที่น้ำมี ปัญหาอันดับ 4 คือ ปัญหาการขาดเงินทุนในการจัดการ ร้อยละ 13.00 เนื่องจากการจัดการตอซังข้าวจะต้องใช้ต้นทุนในและค่าแรงในการจัดการ ซึ่งเกษตรกรจะไม่มีเงินทุนในส่วนนี้ อันดับ 5 พบปัญหา 2 ประเด็น ได้แก่ ปัญหาการขาดแคลนเครื่องจักรกลในการจัดการตอซังข้าวและฟางข้าว และปัญหาการขาดแคลนแรงงานในการจัดการตอซังข้าวและฟางข้าว (ร้อยละ 10.00) อันดับ 6 คือ ปัญหาการขาดวัสดุอุปกรณ์ในการจัดการ (ร้อยละ 8.70) และ อันดับสุดท้าย คือ ปัญหาการขาดความรู้ในการจัดการตอซังข้าวและฟางข้าว (ร้อยละ 7.30) ตามลำดับ

5. ผลการทดสอบสมมติฐานการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างข้อมูลพื้นฐานของเกษตรกรกับการรับรู้ผลกระทบจากการเผาตอซังข้าว

สมมติฐานการวิจัย มี 5 สมมติฐาน ได้แก่
1) เพศที่แตกต่างกันเกษตรกรมีการรับรู้ผลกระทบการ

เผาตอซังข้าวและฟางข้าวแตกต่างกัน 2) อายุที่แตกต่างกันเกษตรกรมีการรับรู้ผลกระทบการเผาตอซังข้าวและฟางข้าวแตกต่างกัน 3) การศึกษาแตกต่างกันเกษตรกรมีการรับรู้ผลกระทบการเผาตอซังข้าวและฟางข้าวแตกต่างกัน 4) ประสบการณ์ที่แตกต่างกันเกษตรกรมีการรับรู้ผลกระทบการเผาตอซังข้าวและฟางข้าวแตกต่างกัน และ 5) ความรู้แตกต่างกันเกษตรกรมีการรับรู้ผลกระทบการเผาตอซังข้าวและฟางข้าวแตกต่างกัน

เพศกับการรับรู้

แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ เพศชายและเพศหญิง เมื่อทดสอบความแตกต่างของการรับรู้ทั้ง 2 กลุ่ม โดยใช้สถิติ t-test โดยผลการศึกษา พบว่าค่า p-value มีค่าเท่ากับ 0.535 ซึ่งมากกว่า 0.05 ดังนั้น จึงยอมรับสมมติฐานหลัก (H0) สรุปได้ว่าเกษตรกรที่มีเพศแตกต่างกัน มีการรับรู้ถึงผลกระทบการเผาตอซังข้าวและฟางข้าวไม่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของเจนจิรา (2556) ที่ศึกษาการรับรู้ถึงผลกระทบจากการเผาอ้อยของเกษตรกรในเขตอำเภอตากฟ้า จังหวัดนครสวรรค์ โดยผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรที่มีเพศแตกต่างกันมีการรับรู้ผลกระทบจากการเผาอ้อยไม่แตกต่างกัน

อายุกับการรับรู้

แบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม ได้แก่ เกษตรกรที่มีช่วงอายุ 21-30 ปี ช่วงอายุ 31-40 ปี ช่วงอายุ 41-50 ปี ช่วงอายุ 51-60 ปี ช่วงอายุ 61-70 ปี และ 71 ปีขึ้นไป เมื่อทดสอบความแตกต่าง โดยใช้สถิติ One - Way ANOVA โดยผลการศึกษา พบว่า ค่า p - value มีค่าเท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 ดังนั้น จึงยอมรับสมมติฐานรอง (H1) สรุปได้ว่า เกษตรกรที่มีช่วงอายุแตกต่างกัน มีการรับรู้ผลกระทบของการเผาตอซังข้าวและฟางข้าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และเมื่อทดสอบ Post Hoc โดยวิธีการทดสอบแบบ Least significant difference (LSD) พบว่ามีความแตกต่างกันจำนวน 6 คู่ ได้แก่ 1) เกษตรกรที่มีช่วงอายุ 31-40 ปี กับ ช่วงอายุ 61-70 ปี 2) ช่วงอายุ 31-40 ปี กับช่วงอายุ 71 ปีขึ้นไป 3) ช่วงอายุ 41-50 ปี กับช่วงอายุ 61-70 ปี 4) ช่วงอายุ 41-50 ปีกับช่วงอายุ 71 ปีขึ้นไป 5) ช่วงอายุ 51-60 ปี

กับช่วงอายุ 61-70 ปี และช่วงอายุ 51-60 ปี กับช่วงอายุมากกว่า 71 ปีขึ้นไป

การศึกษากับการรับรู้

แบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม ได้แก่ ไม่ได้ศึกษา ระดับประถมศึกษา ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น/ปวช./ปวส. ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ระดับปริญญาตรี และระดับสูงกว่าปริญญาตรี เมื่อทดสอบความแตกต่างโดยใช้สถิติ One - Way ANOVA โดยผลการศึกษาพบว่า ค่า p - value มีค่าเท่ากับ 0.004 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 ดังนั้น จึงยอมรับสมมติฐานรอง (H1) สรุปได้ว่า เกษตรกรที่มีระดับการศึกษาต่างกัน มีการรับรู้ผลกระทบการเผาตอซังข้าวและฟางข้าวที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และเมื่อทดสอบ Post Hoc โดยวิธีการทดสอบแบบ Least significant difference (LSD) พบว่ามีความแตกต่างกันจำนวน 3 คู่ ได้แก่ เกษตรกรที่ไม่ได้ศึกษากับเกษตรกรที่จบการศึกษาระดับประถมศึกษา เกษตรกรที่จบการศึกษาระดับประถมศึกษา กับเกษตรกรที่จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และเกษตรกรที่จบการศึกษาระดับประถมศึกษา กับเกษตรกรที่จบการศึกษาระดับปริญญาตรี

ประสบการณ์ในการปลูกข้าวกับการรับรู้

แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ 1) เกษตรกรที่มีประสบการณ์ในการปลูกข้าวน้อยกว่า 20 ปี 2) ประสบการณ์ในการปลูกข้าวระหว่าง 21-40 ปี 3) ประสบการณ์ในการปลูกข้าว 41-60 ปี และ 4) ประสบการณ์ในการปลูกข้าวมากกว่า 60 ปีขึ้นไป เมื่อทดสอบความแตกต่างโดยใช้สถิติ One - Way ANOVA โดยผลการศึกษา ค่า p - value มีค่าเท่ากับ 0.055 ดังนั้น จึงยอมรับสมมติฐานรอง (H1) สรุปได้ว่า เกษตรกรที่มีประสบการณ์ในการปลูกข้าวแตกต่างกันมีระดับการรับรู้ถึงผลกระทบการเผาตอซังข้าวและฟางข้าวที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และเมื่อทดสอบ Post Hoc โดยวิธีการทดสอบแบบ Least significant difference (LSD) พบว่าพบว่ามีค่าแตกต่างกันจำนวน 1 คู่ ได้แก่ เกษตรกรที่มีช่วงประสบการณ์ 0-20 ปี กับช่วงประสบการณ์ 21-40 ปี

ความรู้กับการรับรู้

แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ เกษตรกรที่มีระดับความรู้ มาก ปานกลาง และน้อย เมื่อทดสอบความแตกต่าง โดยใช้สถิติ One - Way ANOVA โดยผลการศึกษา พบว่า ค่า p - value มีค่าเท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 ดังนั้น จึงยอมรับสมมติฐานรอง (H1) สรุปได้ว่า เกษตรกรที่มีความรู้แตกต่างกันมีการรับรู้ที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และเมื่อทดสอบ Post Hoc โดยวิธีการทดสอบแบบ Least significant difference (LSD) พบว่า กลุ่มตัวอย่างทุกคู่มีความแตกต่างกัน

สรุป

เกษตรกรมากกว่าครึ่งเป็นเพศหญิง อายุส่วนใหญ่อยู่ในช่วงวัยกลางคน เกษตรกรส่วนใหญ่จบการศึกษาภาคบังคับ มีประสบการณ์ในการทำงานมากกว่า 10 ปี ส่วนใหญ่มีพื้นที่ในการทำนายน้อยกว่า 40 ไร่ เกษตรกรส่วนใหญ่รับรู้ข่าวสารจากผู้นำชุมชน ในภาพรวมเกษตรกรมีการรับรู้ถึงผลกระทบของการเผาตอซังข้าวและฟางข้าวอยู่ในระดับปานกลาง แบ่งออกเป็น 4 ประเด็นหลักจากมากไปน้อย คือ 1) การรับรู้ถึงผลกระทบของการเผาตอซังข้าวและฟางข้าวทางด้านสุขภาพ 2) การรับรู้ผลกระทบของการเผาตอซังข้าวและฟางข้าวทางด้านทรัพยากรดิน 3) การรับรู้ผลกระทบของการเผาตอซังข้าวและฟางข้าวทางด้านคุณภาพอากาศ และ 4) การรับรู้ทางด้านกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการเผาตอซังข้าวและฟางข้าว สำหรับความรู้ในการจัดการตอซังข้าวและฟางข้าวของเกษตรกรภาพรวมเกษตรกรมีความรู้ในระดับมาก ทั้งนี้ในส่วนของการปฏิบัติในการจัดการตอซังข้าวและฟางข้าวของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรมีการปฏิบัติโดยใช้วิธีการไถกลบตอซังข้าวและฟางข้าวมากที่สุด สำหรับปัญหาของเกษตรกรในการจัดการตอซังข้าวที่พบมาก 3 อันดับแรก คือ 1) การขาดการสนับสนุนจากภาครัฐในการจัดการตอซังข้าวและฟางข้าว 2) การขาดแคลนน้ำในการจัดการตอซังข้าวและฟางข้าว และ 3) การขาดเงินทุนในการจัดการตอซังข้าวและฟางข้าว โดยผลการทดสอบสมมติฐาน สรุปได้ว่า เกษตรกรที่มีเพศแตกต่างกันมีระดับการรับรู้ไม่

แตกต่างกัน ในขณะที่เกษตรกรที่มีอายุ ระดับการศึกษา ประสบการณ์ และความรู้ที่ต่างกัน มีระดับการรับรู้ถึงผลกระทบของการเผาตอซังข้าวและฟางข้าวที่ต่างกัน

ข้อเสนอแนะ

1. ในการส่งเสริมและให้ความรู้เกษตรกรเกี่ยวกับผลกระทบของการจัดการตอซังและฟางข้าวนั้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรพิจารณาเกี่ยวกับการออกแบบการสื่อสาร กลยุทธ์ในการส่งเสริมด้านการรับรู้ของเกษตรกรให้สอดคล้องกับกลุ่มเป้าหมายตามช่วงวัย และประสบการณ์ของเกษตรกร เพื่อให้เกิดกระบวนการรับรู้ที่เหมาะสมและเกิดประสิทธิภาพมากที่สุด

2. ภาครัฐควรมีนโยบายในการสนับสนุนทุนหรือเครื่องจักรในการจัดการตอซังข้าวและฟางข้าวเพื่อเป็นแรงจูงใจให้เกษตรกรมีการจัดการอย่างถูกต้องทดแทนการเผา

3. องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ควรมีนโยบายในการจัดหาช่องทางหรือการรับซื้อฟางอัดก้อนและสนับสนุนเครื่องจักรในการอัดฟางก้อนและการไถกลบในพื้นที่ เพื่อจูงใจให้เกษตรกรมีการจำหน่ายฟางและไถกลบตอซังหลังจากอัดฟางแล้ว เพื่อลดการเผาตอซังในนา

4. สำนักงานเกษตรอำเภอควรมีการประชาสัมพันธ์เกี่ยวกับประเด็นของผลกระทบทางด้านคุณภาพอากาศ เพื่อให้เกษตรกรตระหนักถึงผลกระทบมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2548. คู่มือ งดเผาตอซัง สร้างดินยั่งยืน พื้นสิ่งแวดล้อม. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : www.idd.go.th/manual_stump/stump.pdf (3 กุมภาพันธ์ 2567).
- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2565. การป้องกันและแก้ไขปัญหาการเผาในพื้นที่เกษตรกรรม ปี 2565/66. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : <https://www.opsmoac.go.th/songkhla-dwl-files-442991791198> (5 กุมภาพันธ์ 2567).

- ไชยขวัญ กองจันทร์. 2564. การจัดการตอซังและฟางข้าวของเกษตรกรในโครงการส่งเสริมการหยุดเผาในพื้นที่การเกษตร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 52(1): 20-31.
- จักรกฤษ เดชพร. 2563. การรับรู้ภาพลักษณ์องค์กรด้านสังคมและสิ่งแวดล้อมในมุมมองของผู้บริโภค กรณีศึกษา บริษัทอำพล ฟูดส์ โพรเซสซิ่ง จำกัด. บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม. 90 หน้า.
- เจนจิรา ใจทาน .2556. การรับรู้ถึงผลกระทบจากการเผาอ้อยของเกษตรกรในเขตอำเภอตากฟ้า จังหวัดนครสวรรค์. วิทยาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 154 หน้า.
- บัณฑิต เกิดมงคล. 2556. การเฝ้าติดตามตอซังข้าวของเกษตรกรตำบลตะคุ อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา. วิทยานิพนธ์เกษตรศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี. 243 หน้า.
- วิรัตน์ นาคเคี่ยม. 2556. การผลิตข้าวและการจัดการตอซังข้าวของเกษตรกรในเขตใช้น้ำชลประทาน อำเภอวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก. วิทยานิพนธ์เกษตรศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี. 95 หน้า.
- วีรณัฐ กุดแกลง. 2566. การรับรู้ผลกระทบจากการเผาตอซังและฟางข้าวของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวอำเภอกมลาไสย จังหวัดกาฬสินธุ์. วารสารเกษตร 40(1): 113-126.
- สุภาณี สนิธิรัตน์, อารี เพชรผุด, พวงเพชร วัชรอยู่, วิภา ภัคดี, เสาวภา วัชรกิตติ, บัวทอง สว่างโสภากุล, ศิริณา จามรมาน, จำรอง เงินดี, บังอร ชินกุลกิจนิวัฒน์ และ ชิลเวอร์แมน, โรเบิร์ต อี. 2545. จิตวิทยาทั่วไป. จามจุรี โปรดักท์, กรุงเทพมหานคร. 414 หน้า
- สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดนครสวรรค์. 2565. รายงานประจำปีงบประมาณ 2565. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : <https://nakhonsawan.mnre.go.th/th/information/more/258> (3 กุมภาพันธ์ 2567).
- สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2565. รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ.2565. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : <https://www.onep.go.th/ebook/soe/soereport2022.pdf> (3 กุมภาพันธ์ 2567).
- สำนักงานเกษตรอำเภอท่าตะโก. 2566. แผนพัฒนาการเกษตรระดับอำเภอ ปี 2566. 90 หน้า.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2566ก. ข้าวนาปี : เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ ระดับประเทศ ภาค และจังหวัดที่ความขึ้น 15% ปีเพาะปลูก 2565/66. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : www.oae.go.th/view/1/ รายละเอียดสถานการณ์ผลิตและการตลาด/สถานการณ์การผลิตและการตลาดรายสัปดาห์ปี%202566/43431/TH-TH (3 กุมภาพันธ์ 2567).
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2566ข. สถิติการส่งออกข้าวปี 2566. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : <https://impexpth.oae.go.th/export> (3 กุมภาพันธ์ 2567).

การปรับตัวของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในพื้นที่อำเภอน้ำเกลี้ยง จังหวัดศรีสะเกษ

Adaptation of Rice Farmers to Climate Change in Namkhang District, Sisaket Province

สุนิภา ใจงาม¹ จิรัฏฐินา ทุ่งเงิน^{2*} และคณิงรัตน์ คำมณี²

Sunipa Chaingam¹, Jirattinart Thungngern^{2*} and Kanungrat Kummanee²

Received: May 10, 2024

Revised: July 1, 2024

Accepted: July 1, 2024

Abstract: The purposes of this research were to study: 1) general socioeconomic characteristics and rice cultivation practices of farmers 2) farmers' knowledge about climate change 3) impacts of climate change and 4) farmers' adaptation to climate change. The sample consisted of 370 rice farmers in Nam Kiang District, Sisaket Province. The obtained data were collected by interview form and analyzed by descriptive statistics and hypothesis tested by chi-square test. The research findings revealed that the majority of farmers were female (51.08%), with an average of 53.15 years, graduated from elementary school or lower (64.86%). Most of the area is lowland (76.49%). Overall, farmers' knowledge and understanding of climate change were at a medium level (71.62%). The most significant impact of climate change on farmers is the rise in temperatures, leading to a decrease in soil moisture (average 2.46). Farmers' adaptation to climate change is divided into three main issues: 1) production techniques (99.46%), 2) water system management (74.05%), and 3) risk insurance measures (68.65%). Statistical hypothesis testing revealed significant relationships ($p < 0.05$) between the following variables: knowledge, impact of climate change, and farmers' adaptation.

Keywords: climate change, adaptation, rice farmers

บทคัดย่อ: การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ข้อมูลทั่วไปด้าน เศรษฐกิจ สังคม และการปลูกข้าวของเกษตรกร 2) ความรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ 3) ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และ 4) การปรับตัวของเกษตรกรต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ กลุ่มตัวอย่างคือ เกษตรกรผู้ปลูกข้าวในพื้นที่อำเภอน้ำเกลี้ยง จังหวัด ศรีสะเกษ จำนวน 370 ราย เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการใช้สถิติเชิงพรรณนา และทดสอบสมมติฐานด้วยการทดสอบไคสแควร์ ผลการศึกษา พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 51.08) อายุเฉลี่ย 53.15 ปี จบการศึกษาระดับประถมศึกษาหรือต่ำกว่า (ร้อยละ 64.86) สภาพพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ลุ่ม (ร้อยละ 76.49) โดยภาพรวมเกษตรกรมีความรู้ความเข้าใจต่อการเปลี่ยนแปลง

¹ นิสิตระดับปริญญาโท หลักสูตร การจัดการเกษตรและชุมชน ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม 73140

¹ Master of Science Program in Agriculture and Community Management. Department of Agricultural Extension and Communication, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakhon Pathom, 73140

² ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม 73140

² Department of Agricultural Extension and Communication, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakhon Pathom, 73140

*Corresponding author : agrjnt@ku.ac.th

สภาพภูมิอากาศอยู่ในระดับปานกลาง (ร้อยละ 71.62) ผลกระทบที่เกษตรกรได้รับจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมากที่สุด คือ อุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลทำให้ความชื้นในดินลดลง (ค่าเฉลี่ย 2.46) ผลการศึกษาด้านการปรับตัวของเกษตรกรพบว่า เกษตรกรมีการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้านเทคนิคการผลิตสูงสุด (ร้อยละ 99.46) รองลงมาคือ ด้านการจัดการระบบน้ำ (ร้อยละ 74.05) และการประกันความเสี่ยง (ร้อยละ 68.65) ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า ความรู้ และการได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีความสัมพันธ์กับการปรับตัวของเกษตรกรจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

คำสำคัญ: การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ, การปรับตัว, เกษตรกรผู้ปลูกข้าว

คำนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเช่นกัน โดยที่ผ่านมามีอุณหภูมิเฉลี่ยของประเทศไทยนั้นสูงขึ้นเรื่อยๆ พายุที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยทวีความรุนแรงทางภัยพิบัติมากขึ้น ทำให้เสี่ยงต่อเหตุการณ์ฝนตกหนัก น้ำท่วม ดินโคลนถล่ม สลับกับความแห้งแล้งที่ใช้เวลายาวนานกว่าเดิม ซึ่งอาจก่อให้เกิดภัยพิบัติที่ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2561) และกำลังประสบปัญหาความแปรปรวนของภูมิอากาศที่ทวีความรุนแรงขึ้นจนกลายเป็นปัจจัยเสี่ยงที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการเกษตรไทยที่ยังต้องพึ่งพิง ลม พายุ อากาศ และน้ำฝน เป็นหลัก เช่น ความแปรปรวนของการผลิตพืชเศรษฐกิจประเภทข้าว ข้าวโพด อ้อย และมันสำปะหลัง (เกริก และคณะ, 2552)

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของประเทศทั้งในด้านการบริโภคและการเป็นสินค้าเกษตรส่งออกเป็นอาหารหลักของคนไทย มีพื้นที่ปลูกข้าวประมาณ 62.44 ล้านไร่ มีเนื้อที่เก็บเกี่ยว 60.09 ล้านไร่ ซึ่งครอบคลุมพื้นที่เพาะปลูกมากที่สุดในไทย และเป็นหนึ่งในพืชเศรษฐกิจที่กำลังได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ โดยสถานการณ์การผลิตข้าว ปีการผลิต 2564/2565 มีเนื้อที่เพาะปลูกลดลงจากปีที่ผ่านมาเล็กน้อย เนื่องจากแหล่งผลิตทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ลดเนื้อที่เพาะปลูกลง จากการประสบอุทกภัยในช่วงเดือนปลาย

เดือนสิงหาคม และประสบอุทกภัยในเดือนกันยายน - ตุลาคม พ.ศ. 2565 ทำให้แหล่งผลิตในภาคเหนือตอนบน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลางบางพื้นที่เสียหายสำหรับผลผลิตต่อเนื่องที่เพาะปลูกลดลง เนื่องจากมีน้ำท่วมขังนานในช่วงใกล้เก็บเกี่ยว ทำให้ต้นข้าวล้มและเน่า ไม่สามารถเก็บเกี่ยวได้ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566) และหากในช่วงของการปลูกข้าว อุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงหรือเกิดความผันผวนของอุณหภูมิเพียงไม่กี่นาทีที่เกิดขึ้นในช่วงใดช่วงหนึ่งของการเจริญเติบโตจะทำให้ผลผลิตลดลงได้ เช่น ข้าว ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปในช่วงดอกบาน แม้ในเวลาสั้นๆ ภายใน 10 นาที ก็ส่งผลทำให้การผสมเกสรล้มเหลว ในระหว่างฤดูปลูก โดยเฉพาะอุณหภูมิกลางวัน ทำให้ระบบสังเคราะห์แสงรวน มีรวงน้อย จำนวนดอก/รวงต่ำ และข้าวลีบ และในช่วงสร้างเมล็ด 30 วัน ก่อนเก็บเกี่ยว จะมีผลต่อคุณภาพของเมล็ด ดังนั้น อุณหภูมิที่สูงขึ้นไม่ว่าจะเป็นกลางวันหรือกลางคืนล้วนมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช อุณหภูมิสูงในเวลากลางวันมีผลต่อการผสมเกสรทำให้ผสมเกสรไม่ติด อุณหภูมิสูงในเวลากลางคืนมีผลต่อจำนวนดอก จำนวนเมล็ดที่ลีบหลังผสมเกสรเนื่องจากผสมแล้วแท้งผล (จิราภา, 2560)

สำหรับพื้นที่อำเภอน้ำเกลี้ยง จังหวัดศรีสะเกษ “ข้าว” เป็นพืชที่เกษตรกรเลือกปลูกมากที่สุดในพื้นที่ และพื้นที่ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวที่สำคัญของจังหวัดศรีสะเกษ โดยมีพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมด ประมาณ 104,867 ไร่ จำนวน 15,724 แปลง 9,033 ครัวเรือน และจากข้อมูลผู้ประสบภัยพิบัติ

ด้านพืชของอำเภอน้ำเกลี้ยง จังหวัดศรีสะเกษ ในปี พ.ศ.2563, 2564 และ 2565 พบว่า มีพื้นที่ประสบภัยพิบัติอยู่ที่ 95.25 ไร่, 561.25 ไร่ และ 5,804 ไร่ตามลำดับ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2566) จะเห็นได้ว่าพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากภัยพิบัติเพิ่มขึ้นในทุก ๆ ปี และปัจจุบันยังได้รับผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศด้วย เช่น จากเดิมที่เกษตรกรเคยหว่านข้าวแค่รอบเดียวช่วงเดือนเมษายน-พฤษภาคม ก็ต้องหว่านข้าวหลายรอบเพราะฝนไม่ตก ทำให้มีน้ำไม่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโต อีกทั้งในช่วงเวลาที่ประสบกับปัญหาน้ำท่วมในช่วงเดือนกันยายน - ตุลาคมซึ่งเป็นระยะที่ข้าวกำลังออกดอก ทำให้ส่งผลต่อการเจริญเติบโต เมล็ดข้าวลีบ และผลผลิตของข้าวลดลง จากปัญหาดังกล่าว จึงเป็นอีกหนึ่งสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกษตรกรมีต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายค่าเมล็ดพันธุ์และค่าเตรียมดินเพิ่มขึ้น เป็นต้น

ดังนั้น เกษตรกรจึงจำเป็นต้องเรียนรู้และทำความเข้าใจกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลกระทบต่อปลูกข้าว เพื่อให้สามารถรับมือและปรับตัวต่อปัญหาการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นในพื้นที่ได้อย่างเหมาะสม และนำไปสู่แนวทางการปรับตัว การวางแผนการปลูกข้าวของเกษตรกรในพื้นที่ได้ รวมทั้งเป็นแนวทางสำหรับหน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่เกี่ยวข้องในการวางแผนพัฒนาหรือส่งเสริมการเกษตร เพื่อลดผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ เกษตรกรผู้ปลูกข้าวที่ลงทะเบียนในระบบของกรมส่งเสริมการเกษตรในพื้นที่อำเภอน้ำเกลี้ยง จังหวัดศรีสะเกษ ปีการผลิต 2566/67 จำนวน 9,033 ราย (สำนักงานเกษตรอำเภอน้ำเกลี้ยง, 2566) คำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของ Krejcie and Morgan ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 370 คนวิธีเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยการสุ่มตัวอย่างแบบเป็นชั้นภูมิ (Stratified

Random Sampling) โดยมีการจัดแบ่งประชากรเป็นกลุ่มก่อน แล้วเลือกสุ่มตัวอย่างตามสัดส่วน (Proportional) ในทุกตำบล จากนั้นจึงใช้การสุ่มอย่างง่าย และเก็บรวบรวมข้อมูลในเดือนกุมภาพันธ์ - มีนาคม 2567 ใช้แบบสัมภาษณ์ในการเก็บข้อมูล โดยผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน (Index of item objective congruence : IOC) และนำแบบสัมภาษณ์ที่ได้ปรับปรุงแก้ไขเสร็จเรียบร้อยแล้วไปทดลองใช้ (Try out) กับเกษตรกรที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในพื้นที่ศึกษา จำนวน 30 คน แล้วนำมาหาค่าความเชื่อมั่น โดยวิธีสัมประสิทธิ์ อัลฟา (α - Coefficient) ของครอนบาค (Cronbach) มีค่าเท่ากับ 0.92 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนาในการตอบวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 และ 4 ส่วนวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 เป็นการวัดความรู้ของเกษตรกร จำนวน 24 ข้อ มีเกณฑ์การประเมินระดับความรู้ของเกษตรกร ดังนี้ คะแนนระหว่าง 0.01-8.00 หมายถึง มีความรู้ในระดับน้อย, คะแนนระหว่าง 8.01-16.00 หมายถึง มีความรู้ในระดับปานกลาง และคะแนนระหว่าง 16.01-24.00 หมายถึง มีความรู้ในระดับมาก สำหรับวัตถุประสงค์ข้อที่ 3 เป็นการศึกษาลักษณะการใช้เกณฑ์ในการแปลความหมาย 3 ระดับ ดังนี้ คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 0.00-1.00 หมายถึง ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระดับน้อย, คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 1.01-2.00 หมายถึง ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระดับปานกลาง และคะแนนเฉลี่ยระหว่าง 2.01-3.00 หมายถึง ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระดับมาก และใช้สถิติเชิงอนุมาน Chi-Square Tests ในการทดสอบสมมติฐาน

ผลการทดลองและวิจารณ์

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปด้านบุคคล เศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกร

ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรเป็นเพศหญิง (ร้อยละ 51.08) เพศชาย (ร้อยละ 48.92) อายุเฉลี่ย 53.15 ปี จบการศึกษาระดับประถมศึกษาหรือต่ำกว่า (ร้อยละ 64.86) รองลงมาคือ มัธยมศึกษาตอนปลาย

(ร้อยละ 15.41) และมีมัธยมศึกษาตอนต้น (ร้อยละ 14.86) ตามลำดับ สมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 4.81 คน ทำการเกษตรเฉลี่ย 2.55 คน สถานภาพในชุมชนส่วนใหญ่เป็นสมาชิกธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (ธกส.) (ร้อยละ 87.64) มีหนี้สินครัวเรือนเฉลี่ย 209,500 บาท มีแหล่งเงินกู้จากธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (ธกส.) (ร้อยละ 91.22) หน่วยงานภาครัฐที่ให้ความช่วยเหลือมากที่สุด คือ สำนักงานเกษตรจังหวัด/สำนักงานเกษตรอำเภอ (ร้อยละ 89.19) ซึ่งเป็นหน่วยงานที่เกษตรกรสามารถติดต่อได้สะดวกและให้การส่งเสริมด้านการเกษตรโดยตรง โดยส่วนใหญ่ให้ความช่วยเหลือด้านข่าวสาร/ความรู้ (ร้อยละ 66.49) เกษตรกรรับข้อมูลข่าวสารเรื่องสภาพภูมิอากาศ การเตือนภัยจากโทรทัศน์มากที่สุด (ร้อยละ 71.89) รองลงมา คือ จากผู้นำชุมชน (ร้อยละ 58.11) และ อินเทอร์เน็ต (ร้อยละ 53.51) เกษตรกรมีการรับรู้ข่าวสารสภาพอากาศส่วนใหญ่วันละครั้ง (ร้อยละ 46.22) สัปดาห์ละครั้ง (ร้อยละ 44.05) และ เดือนละครั้ง (ร้อยละ 9.73) ตามลำดับ

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับการปลูกข้าวของเกษตรกร

เกษตรกรมีที่ดินที่ใช้ในการปลูกข้าวเฉลี่ย 12.90 ไร่ ประสบการณ์ในการปลูกข้าวเฉลี่ย 28.82 ปี ส่วนใหญ่ปลูกข้าวด้วยวิธีการหว่าน (ร้อยละ 83.24) เนื่องจากการทำนาหว่านใช้น้ำน้อยกว่าการทำนาดำและนาหยอด (กรมการข้าว, 2559) ซึ่งมีความเหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศของอำเภอน้ำเกลี้ยง ที่เป็นสภาพพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบอีกทั้งยังเป็นพื้นที่ที่อยู่นอกเขตชลประทานด้วย (สำนักงานเกษตรอำเภอน้ำเกลี้ยง, 2566) ลักษณะพื้นที่ในการปลูกข้าวส่วนใหญ่เป็นที่ลุ่ม (ร้อยละ 76.49) ดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย (ร้อยละ 82.16) ปัญหาดินที่พบคือ ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ (ร้อยละ 38.38) ส่วนใหญ่ใช้น้ำฝนทำการเกษตร (ร้อยละ 100.00) ขาดแคลนน้ำบางฤดู (ร้อยละ 69.46) และขาดแคลนในช่วงเดือนกรกฎาคม (ร้อยละ 46.69) ซึ่งสอดคล้องกับประกาศของ กรมอุตุนิยมวิทยา (2566) ที่ระบุไว้ว่า ปริมาณ

ฝนรวมของทั้งประเทศในช่วงฤดูฝนปี พ.ศ.2566 จะน้อยกว่าค่าปกติเล็กน้อย ประมาณร้อยละ 5 และน้อยกว่าปี พ.ศ.2565 อย่างไรก็ดีตามในช่วงประมาณกลางเดือนมิถุนายนถึงกลางเดือนกรกฎาคม จะเกิดสภาวะฝนทิ้งช่วงอาจส่งผลทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำด้านการเกษตรได้ในหลายพื้นที่ โดยเฉพาะพื้นที่แล้งซ้ำซากนอกเขตชลประทาน ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศที่เคยพบในพื้นที่ คือ ภัยแล้ง (ร้อยละ 68.11) ซึ่งเดือนกรกฎาคมพบปัญหาภัยแล้งมากที่สุด (ร้อยละ 34.92) พันธุ์ข้าวที่เกษตรกรเลือกปลูกมากที่สุด คือ ข้าวดอกมะลิ 105 (ร้อยละ 95.14) ซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวที่ทนแล้งและเหมาะสมกับการปลูกในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (กรมการข้าว, 2559) ผลผลิตเฉลี่ย 364.97 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งใกล้เคียงกับผลผลิตเฉลี่ยมาตรฐานอยู่ที่ประมาณ 363 กิโลกรัมต่อไร่ (กรมการข้าว, 2559)

ส่วนที่ 3 ความรู้ความเข้าใจที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในพื้นที่

การศึกษาเกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในพื้นที่อำเภอน้ำเกลี้ยง จังหวัดศรีสะเกษ แบ่งคำถามวัดความรู้ของเกษตรกรทั้งหมด 4 ด้าน 24 ข้อ คือ 1) ความรู้ด้านนิยาม และความหมายของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/สภาวะโลกร้อน 2) ความรู้ด้านสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/สภาวะโลกร้อน 3) ความรู้ด้านผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/สภาวะโลกร้อน และ 4) ความรู้ ความเข้าใจด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/สภาวะโลกร้อนกับการปลูกข้าว ผลการศึกษากาพรวมของระดับความรู้ พบว่า เกษตรกรโดยส่วนใหญ่มีความรู้อยู่ในระดับปานกลาง (ร้อยละ 71.62) รองลงมา คือ เกษตรกรมีความรู้ในระดับมาก (ร้อยละ 25.95) และเกษตรกรมีความรู้ในระดับน้อย (ร้อยละ 2.43) ดังแสดงใน (Table 1)

Table 1 The number and percentage of farmers with knowledge about climate change.

(n=370)

Level	No. of farmers	%
Low (between 0.00 – 8.00 score)	9	2.40
Medium (between 8.01 – 16.00 score)	265	71.60
High (between 16.01 – 24.00 score)	96	25.90
Total	370	
$\bar{X}$ = 14.19 SD = 3.12 Level = Medium		

จากผลการศึกษาเกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจของเกษตรกรที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ประเด็นที่เกษตรกรมีความรู้ความเข้าใจมากที่สุดเป็นอันดับหนึ่ง คือ ความเข้าใจเกี่ยวกับความหมายของคำว่าสภาวะโลกร้อน (ร้อยละ 95.41) รองลงมา คือ ความเข้าใจเกี่ยวกับความหมายของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (ร้อยละ 95.14) และอันดับสาม คือ ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีผลทำให้ทรัพยากรธรรมชาติ และระบบนิเวศเสื่อมโทรมลง (ร้อยละ 90.81) ทั้งนี้ ในส่วนประเด็นความรู้ที่เกษตรกรมีความเข้าใจน้อยที่สุด 3 อันดับสุดท้าย คือ การทำนาข้าว ไม่ใช่สาเหตุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/สภาวะโลกร้อน ซึ่งเกษตรกรตอบถูกเพียง ร้อยละ 11.89 รองลงมา คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และ ก๊าซมีเทน (CH_4) ไม่ใช่ก๊าซเรือนกระจก ตอบถูกเพียงร้อยละ 16.76 และ กิจกรรมทางการเกษตร ไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/สภาวะโลกร้อน ตอบถูกเพียง ร้อยละ 18.92 ตามลำดับ ซึ่งจากการสัมภาษณ์เกษตรกร สะท้อนให้เห็นว่า ส่วนใหญ่เกษตรกรยังไม่ทราบว่า การทำนาเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและปัญหาโลกร้อนได้ เนื่องจากเกษตรกรรับรู้ข่าวสารด้านการพยากรณ์อากาศทั่ว ๆ ไปมากกว่าข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและปัญหาโลกร้อนในภาคการเกษตร อีกทั้งยังไม่มีหน่วยงานในพื้นที่ เข้ามาจัดอบรมให้ความรู้เรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและปัญหาโลกร้อนที่เกี่ยวข้องกับภาค

การเกษตร ทั้งในเรื่องของสาเหตุ ผลกระทบ ตลอดจนแนวทางการแก้ไขและการปรับตัวที่เกี่ยวข้อง ให้แก่เกษตรกร

ส่วนที่ 4 ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการปลูกข้าวของเกษตรกรในพื้นที่

ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการปลูกข้าวที่เกษตรกรได้รับสูงที่สุด 3 อันดับแรก คือ 1) อุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลกระทบทำให้ความชื้นในดินลดลง $\bar{X}$ = 2.46, S.D. = 0.67) สอดคล้องกับงานวิจัยของอภันตรี (2562) ศึกษาสมบัติของดินและปัจจัยที่มีผลกระทบต่อผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 จังหวัดสุรินทร์ พบว่า ความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดิน เป็นปัจจัยที่ควบคุมผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในพื้นที่จังหวัดสุรินทร์ ซึ่งความชื้นในดินเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของข้าว เพราะเมื่อใดที่ความชื้นในดินที่มีปริมาณที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืชย่อมทำให้การเจริญเติบโตของพืชช้าลงและสร้างความเสียหายแก่ผลผลิตที่ควรจะได้รับ อีกทั้งยังส่งผลถึงการใส่ปุ๋ยของเกษตรกรที่ต้องเลื่อนระยะเวลาออกไปหากดินแห้งหรือมีความชื้นไม่เพียงพอ และอาจส่งผลทำให้การเจริญเติบโตของข้าวช้าลง 2) อุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลกระทบทำให้ปริมาณน้ำลดลงอย่างรวดเร็ว ($\bar{X}$ = 2.45, S.D. = 0.68) ซึ่งส่งผลทำให้ปริมาณในสระน้ำและแหล่งน้ำสาธารณะมีน้อยลง ไม่เพียงพอที่จะนำมาใช้เป็นแหล่งน้ำสำรองสำหรับการปลูกข้าวในขณะที่ฝนทิ้งช่วงหรือไม่ตกลงมาตามฤดูกาลได้ และสอดคล้องกับรายงานคาดหมายอากาศเพื่อการเกษตรในช่วงฤดูร้อน กรมอุตุนิยมวิทยา (2567) ระบุว่า ในช่วงหน้าแล้ง

สภาพอากาศแห้งแล้ง อุณหภูมิสูงขึ้นทำให้น้ำระเหยได้มากขึ้น ปริมาณน้ำและความชื้นในดินลดลง ซึ่งการระเหยของน้ำเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่กำหนดปริมาณน้ำจืดในแหล่งน้ำ และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศหรือภาวะโลกร้อนยังทำให้คุณภาพของน้ำจืดลดลง ปริมาณน้ำลดลง และน้ำใต้ดินลดลงอีกด้วย และ 3) ปัญหาภัยแล้งหรือฝนตกน้อย ส่งผลกระทบทำให้การเจริญเติบโตของข้าวข้าลง ($\bar{x} = 2.44$, S.D. = 0.60) สอดคล้องกับงานวิจัยของ อรประภา (2559) ได้ศึกษาผลของการขาดน้ำต่อการเจริญเติบโต และองค์ประกอบผลผลิตของข้าวหอม 6 พันธุ์ พบว่าความสูงต้นและจำนวนต้นต่อกอของข้าวหอมแต่ละพันธุ์เมื่อได้รับอัตราการให้น้ำที่แตกต่างกัน แต่อัตราการให้น้ำที่ลดลงส่งผลให้องค์ประกอบผลผลิตได้แก่เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีต่อรวงมีค่าลดลง ในขณะที่เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบมีค่ามากขึ้น รวมทั้งงานวิจัยของ สุรพล (2546) ศึกษาการจัดการผลิตและการใช้ประโยชน์ของข้าว พบว่า ระดับน้ำในแปลงนามีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของข้าวในระยะแรกไปจนกระทั่งข้าวตั้งท้อง ออกดอกและให้ผลผลิต กล่าวคือระยะกล้าหรือช่วง 20-30 วัน หลังข้าวงอก และระยะแตกกอ ถ้าข้าวขาดน้ำในระยะนี้จะทำให้ต้นข้าวเกิดอาการแคระแกร็นแตกกอน้อยและทำให้มีวัชพืชมาก ในระยะต่อมาเมื่อข้าวตั้งท้องจนถึงสร้างเมล็ดประมาณ 15 วัน ก่อนข้าวออกดอกถึง 15 วันหลังออกดอก ถ้าข้าวขาดน้ำในระยะนี้ จะทำให้เมล็ดลีบและผลผลิตลดลงมาก

ในภาพรวมเกษตรกรได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการปลูกข้าวแบ่งออกเป็น 2 ประเด็น คือ 1) ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับการปลูกข้าวทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ คือ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทำให้การเจริญเติบโตของข้าวข้าลง ข้าวออกดอกช้า ข้าวไม่แตกกอ เมล็ดไม่สมบูรณ์ และทำให้ผลผลิตข้าวลดลง 2) ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร คือ ปัญหาโรคพืช ปัญหาวัชพืช ปัญหาดินเสื่อมสภาพลง ปัญหาภัยแล้งหรือปริมาณน้ำไม่เพียงพอต่อการปลูกข้าว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ตีสอน และคณะ (2566)

ศึกษาผลกระทบและการปรับตัวของเกษตรกรปลูกข้าวจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ กรณีศึกษาชุมชนบ้านทราย เมืองซอน แขวงหัวพัน สปป.ลาว พบว่า การมีฤดูแล้งที่ยาวนานและฝนตกไม่ตรงตามฤดูกาล ถ้าตกก็ตกมากกว่าในอดีต ส่งผลกระทบโดยตรงต่อสภาพดิน เช่น การเกิดฝนตกมากกว่าปกติก่อให้เกิดปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน และการสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของหน้าดิน โครงสร้างดิน การมีฤดูแล้งที่ยาวนานและอุณหภูมิอากาศสูง ส่งผลต่อความชุ่มชื้นในดิน ซึ่งส่งผลต่อการเติบโตเมล็ดข้าวและทำให้ต้นข้าวเหี่ยวเฉาก่อนการเติบโตของเมล็ดก่อนระยะเวลาเก็บเกี่ยว นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศยังเป็นตัวเร่งการขยายพันธุ์ของแมลงศัตรูพืชโดยเฉพาะตั๊กแตนที่เข้ามาทำลายผลผลิตส่งผลให้คุณภาพของข้าวลดลงและไม่เพียงพอต่อความต้องการของคนในชุมชน รวมทั้งงานวิจัยของ ปวีณรัตน์ และคณะ (2562) ศึกษาการปรับตัวของผู้ปลูกข้าวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ในด้านผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการปลูกข้าว ผู้ปลูกข้าวร้อยละ 83.50 ตอบว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลให้เกิดโรคระบาดและแมลงศัตรูพืชเป็นจำนวนมาก เมื่อถามถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อพื้นที่ปลูกข้าว ผู้ปลูกข้าวส่วนใหญ่ร้อยละ 81.40 บอกว่าพื้นที่ปลูกข้าวได้รับผลกระทบคือดินมีความแห้งแล้ง ขาดความชุ่มชื้น ในด้านผลกระทบต่อการปลูกข้าวในช่วง 10 ปี ที่ผ่านมา พบว่า ร้อยละ 85.60 ตอบว่าประสบปัญหาน้ำไม่เพียงพอต่อการปลูกข้าวเนื่องจากฝนทิ้งช่วงเป็นเวลานาน และในเรื่องผลกระทบจากสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงต่อการดำเนินชีวิต ผู้ปลูกข้าวร้อยละ 91.80 ตอบว่ามีรายได้ลดลงเนื่องจากผลผลิตข้าวที่ได้ลดลง

ส่วนที่ 5 การปรับตัวของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในพื้นที่

ผลการศึกษาเรื่องการปรับตัวของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พบว่าเกษตรกรมีการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้านเทคนิคการผลิตสูงสุด (ร้อยละ 99.46)

ได้แก่ การนำตอซังข้าวไปใช้ประโยชน์อื่น ๆ แทนการเผา (ร้อยละ 94.29) (Table 2) ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายของรัฐบาลที่ให้ความสำคัญในการป้องกันและแก้ไขปัญหาหมอกควันปกคลุมและเกิดมลพิษทางอากาศ โดยมีการส่งเสริมและรณรงค์หยุดเผาในพื้นที่การเกษตร จึงทำให้เกษตรกรมีการปรับตัวและนำตอซังข้าวไปใช้ประโยชน์อื่น ๆ แทนการเผา เช่น การอัดฟาง การไถกลบ เป็นต้น (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2559) รองลงมาคือ ด้านการจัดการระบบน้ำ (ร้อยละ 74.05) ได้แก่ การขุดบ่อ/สระน้ำในแปลง (ร้อยละ 77.01) (Table 2) สอดคล้องกับ กรมพัฒนาที่ดิน (2567) กล่าวไว้ว่า การเพิ่มปริมาณน้ำต้นทุนที่จะใช้ทำการเกษตรในช่วงฤดูแล้ง เป็นการลดความถี่และความรุนแรงของภัยแล้ง ซึ่งภัยแล้งเป็นภัยธรรมชาติ การลดความถี่อาจทำได้ยาก แต่สามารถทำให้ความรุนแรงลดลงได้โดยให้มีปริมาณน้ำมากขึ้น โดยการสร้างแหล่งกักเก็บน้ำเพื่อเป็นแหล่งน้ำสำรองในฤดูแล้ง หรือในระยะฝนทิ้งช่วงซึ่งแหล่งกักเก็บน้ำจะต้องคำนึงถึงความเหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศ สภาพทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม เช่น การสร้างอ่างเก็บกักน้ำ ฝายทดน้ำ การขุดลอก คู คลองหนองบึง และพัฒนาแหล่งน้ำขนาดเล็กในไร่นา เช่น การขุดสระน้ำ บ่อน้ำตื้น เป็นต้น โดยเฉพาะในพื้นที่นอกเขตชลประทานเพื่อให้เกษตรกรใช้เก็บกักน้ำไว้ในฤดูแล้ง และอันดับสาม คือ การประกันความ

เสี่ยง (ร้อยละ 68.65) คือ มีการสร้างระบบรับมือเพื่อช่วยเหลือในยามที่ประสบปัญหาภัยพิบัติที่มีผลกระทบที่เกินกว่าครัวเรือนหนึ่งจะรับมือด้วยตนเองได้ เช่น ระบบสวัสดิการชุมชน หรือระบบประกันภัยพืชผล (ร้อยละ 54.24) (Table 2) ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายการประกันภัยพืชผลสำหรับเกษตรกรที่เป็นลูกหนี้ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (ธ.ก.ส.) เพื่อรองรับความเสี่ยงผลผลิตเสียหายจากภัยพิบัติ โดยลูกหนี้สามารถทำประกันภัยพืชผลกับธนาคาร ธ.ก.ส.ได้ โดยรัฐ และธนาคารจะสนับสนุนเบี้ยประกันให้ ถ้าผลผลิตเสียหาย (ฐานเศรษฐกิจ, 2566) และยังสอดคล้องกับแผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2558 - 2593 ที่มีแนวทางและมาตรการการพัฒนาาระบบประกันภัยหรือการประกันความเสี่ยงจากสภาพภูมิอากาศต่อผลผลิตทางการเกษตรที่เหมาะสม เพื่อให้เกษตรกรสามารถพึ่งตนเองได้ในการบริหารจัดการความเสี่ยงขึ้นพื้นฐาน เช่น การช่วยให้เข้าถึงระบบการเงินและตลาด เป็นต้น ทำให้เกษตรกรมีเครื่องมือทางการเงินที่มีประสิทธิภาพในการจัดการความเสี่ยง ลดการสะสมหนี้และส่งผลให้เกิดแรงจูงใจในการลงทุนเพื่อเพิ่มหรือต่อยอดการผลิตและรายได้ รวมทั้งเพิ่มบทบาทให้ภาคเอกชนเข้ามามีส่วนร่วมในการพัฒนาระบบประกันภัยทางการเกษตรด้วย (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2561)

Table 2 The number and percentage of farmers adaptation to climate change.

(n=370)

Level	No. of farmers	%
1. Technical adaptation	368	99.46
1.1 Change the rice seeds used for planting.	7	1.90
1.2 Change the time period for planting.	52	14.13
1.3 Change the method of planting.	86	23.37
1.4 Reduce the size of rice growing area.	1	0.27
1.5 Grow other crops instead of rice.	2	0.54
1.6 Plant soil-nourishing plants to increase soil fertility.	86	23.37
1.7 Use rice stubble for other uses instead of burn.	347	94.29
1.8 Grow organic rice instead of using chemicals.	47	12.77
1.9 Use bio-fermented water to nourish plants/soil.	77	20.92

Table 2 (Continue)

(n=370)		
Level	No. of farmers	%
1.10 Use Tailor-made fertilizer.	78	21.20
1.11 Use Microbial Pesticide to eliminate pests-instead of using chemicals.	104	28.26
1.12 Change traditional agriculture to integrated agriculture.	36	9.78
2. Water management adaptation	274	74.10
2.1 Digging a pond.	211	77.01
2.2 Drilling groundwater.	91	33.21
2.3 Pump water from public water sources into rice fields.	32	11.68
2.4 Make a groundwater bank.	3	1.09
3. Adaptation in planning, prevention and risk management	254	68.60
3.1 Risk assessment.	131	48.34
3.2 Risk reduction.	97	35.79
3.3 Diversification.	50	18.45
3.4 Risk insurance.	147	54.24

ส่วนที่ 6 ผลการทดสอบสมมติฐาน

สมมติฐานในการวิจัยมี 2 สมมติฐาน ได้แก่ 1) ความรู้มีความสัมพันธ์กับการปรับตัวจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และ 2) การได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีความสัมพันธ์กับการปรับตัวจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และผลการทดสอบสมมติฐาน ดังนี้

สมมติฐานที่ 1 ความรู้มีความสัมพันธ์กับการปรับตัวจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ความรู้แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ เกษตรกรที่มีระดับความรู้ มาก ปานกลาง และน้อย และการปรับตัวการปรับตัวของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในพื้นที่อำเภอน้ำเกลี้ยง จังหวัดศรีสะเกษ แบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ การปรับตัวด้านเทคนิคการผลิต ด้านการจัดการระบบน้ำ และด้านการวางแผนป้องกันและการจัดการความเสี่ยง และทดสอบความสัมพันธ์โดยใช้สถิติ Chi-Square Tests (Table 3)

1.1 ความรู้กับการปรับตัวด้านเทคนิคการผลิต

ผลการศึกษา พบว่า ค่า p-value มีค่าเท่ากับ 0.671 ซึ่งมากกว่า 0.05 ดังนั้น จึงยอมรับสมมติฐาน

หลัก (H_0) สรุปได้ว่า ความรู้ไม่มีความสัมพันธ์กับการปรับตัวด้านเทคนิคการผลิต

1.2 ความรู้กับการปรับตัวด้านการจัดการระบบน้ำ

ผลการศึกษา พบว่า ค่า p-value มีค่าเท่ากับ 0.005 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 ดังนั้น จึงยอมรับสมมติฐานรอง (H_1) สรุปได้ว่า ความรู้มีความสัมพันธ์กับการปรับตัวด้านการจัดการระบบน้ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

1.3 ความรู้กับการปรับตัวด้านการวางแผนป้องกันและการจัดการความเสี่ยง

ผลการศึกษา พบว่า ค่า p-value มีค่าเท่ากับ 0.145 ซึ่งมากกว่า 0.05 ดังนั้น จึงยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) สรุปได้ว่า ความรู้ไม่มีความสัมพันธ์กับการปรับตัวด้านการวางแผนป้องกันและการจัดการความเสี่ยง

สมมติฐานที่ 2 การได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีความสัมพันธ์กับการปรับตัวจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

การได้รับผลกระทบแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ เกษตรกรที่การได้รับผลกระทบ มาก ปานกลาง

และน้อย และการปรับตัวการปรับตัวของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในพื้นที่อำเภอน้ำเกลี้ยง จังหวัดศรีสะเกษ แบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ การปรับตัวด้านเทคนิคการผลิต ด้านการจัดการระบบน้ำ และด้านการวางแผนป้องกันและการจัดการความเสี่ยง และทดสอบความสัมพันธ์โดยใช้สถิติ Chi-Square Tests (Table 3)

2.1 การได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับการปรับตัวด้านเทคนิคการผลิต

ผลการศึกษา พบว่า ค่า p-value มีค่าเท่ากับ 0.488 ซึ่งมากกว่า 0.05 ดังนั้น จึงยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) สรุปได้ว่า การได้รับผลกระทบไม่มีความสัมพันธ์กับการปรับตัวด้านเทคนิคการผลิต จากการสัมภาษณ์ พบว่า เกษตรกรบางส่วนไม่ปรับเปลี่ยนเทคนิคการผลิตเนื่องจากมองว่าเป็นเรื่องยุ่งยากหากมีกระบวนการปลูกข้าวที่ต่างไปจากที่เคยทำ ประกอบกับเกษตรกรบางส่วนยังขาดความรู้เรื่องเทคโนโลยีและนวัตกรรมการเกษตรสมัยใหม่ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตเพื่อลดต้นทุน เพิ่มผลผลิต และใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด

2.2 การได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับการปรับตัวด้านการจัดการระบบน้ำ

ผลการศึกษา พบว่า ค่า p-value มีค่า

เท่ากับ 0.001 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 ดังนั้น จึงยอมรับสมมติฐานรอง (H_1) สรุปได้ว่า การได้รับผลกระทบมีความสัมพันธ์กับการปรับตัวด้านการจัดการระบบน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยเกษตรกรมีการปรับตัวด้านการจัดการระบบน้ำ คือ การขุดสระน้ำ/บ่อน้ำในแปลงมากที่สุด เนื่องจากที่ผ่านมาเกษตรกรในพื้นที่ประสบปัญหาฝนทิ้งช่วงหรือภัยแล้งเกือบทุกปี ดังนั้นเกษตรกรจึงให้ความสำคัญกับการขุดสระน้ำ/บ่อน้ำในแปลง เพื่อบรรเทาปัญหาฝนที่ตกลงมา และเตรียมพร้อมรับมือกับปัญหาฝนทิ้งช่วงหรือ ภัยแล้งที่อาจจะเกิดขึ้น

2.3 การได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับการปรับตัวด้านการวางแผนป้องกันและการจัดการความเสี่ยง

ผลการศึกษา พบว่า ค่า p-value มีค่าเท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 ดังนั้น จึงยอมรับสมมติฐานรอง (H_1) สรุปได้ว่า การได้รับผลกระทบมีความสัมพันธ์กับการปรับตัวด้านการวางแผนป้องกันและการจัดการความเสี่ยง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยเกษตรกรมีการปรับตัวด้านการประกันความเสี่ยง คือ การทำประกันภัยพืชผลมากที่สุด เนื่องจากสามารถรองรับความเสี่ยงของผลผลิตที่อาจเสียหายจากการเกิดภัยพิบัติ และสะท้อนได้ว่า เกษตรกรมีการเตรียมพร้อมรับมือกับสถานการณ์ที่ไม่แน่นอนได้

Table 3 Results of hypothesis testing.

(n=370)

	Statistical values	Technical adaptation	Water management adaptation	Adaptation in planning, prevention and risk management
Farmers' knowledge of climate change	Chi-Square	0.797	10.706	3.857
	p-value	0.671	0.005*	0.145
Impact of climate change on rice farmers	Chi-Square	1.434	13.383	26.199
	p-value	0.488	0.001*	0.000*

*Statistically significant at the 0.05 level.

สรุป

เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อยู่ในช่วงอายุวัยกลางคนถึงสูงวัย มีระดับการศึกษาจบภาคบังคับ ส่วนมากมีหนี้สินครัวเรือนต่ำกว่า 100,00 บาท โดยกู้ยืมจากธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (ธกส.) และรับข้อมูลข่าวสารด้านสภาพภูมิอากาศหรือการเตือนภัยจากโทรทัศน์วันละครั้ง มีพื้นที่ปลูกข้าวส่วนใหญ่ไม่เกิน 10 ไร่ ด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง โดยมีความรู้มากที่สุด คือ เรื่องของสภาวะโลกร้อน และมีความรู้ น้อยที่สุด คือ การทำนาข้าวไม่ใช้สารเคมีของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศหรือสภาวะโลกร้อน สำหรับผลกระทบที่เกษตรกรได้รับ ได้แก่ อุณหภูมิสูงขึ้น ความชื้นในดินและน้ำลดลง และฝนตกน้อย ส่งผลทำให้การเจริญเติบโตของข้าวช้าลง ทั้งนี้เกษตรกรได้มีการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยเน้นทางด้านเทคนิคการผลิต ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า ระดับความรู้ และระดับการได้รับความกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีความสัมพันธ์กับการปรับตัวด้านการจัดการระบบน้ำ และการวางแผนป้องกันและการจัดการความเสี่ยง โดยข้อเสนอแนะจากการวิจัยในครั้งนี้คือ ภาครัฐควรส่งเสริมการเข้าถึงข้อมูลที่ถูกต้องเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศรายวันผ่านช่องทางชุมชนหรือออนไลน์ พัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมการเกษตรให้เกษตรกรนำไปใช้ลดผลกระทบและเพิ่มประสิทธิภาพ พร้อมสนับสนุนด้านเงินทุน เช่น การขุดสระน้ำหรือเจาะน้ำบาดาล เพื่อให้เกษตรกรปรับตัวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

- กรมการข้าว. 2559. องค์ความรู้เรื่องข้าว. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : <https://webold.ricethailand.go.th/rkb3/> (30 เมษายน 2567).
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2567. บทความเผยแพร่พื้นที่แล้ง. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : https://webapp.1dd.go.th/lpd/Article_Lpd1_1.php (10 มีนาคม 2567).
- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2559. คู่มือส่งเสริมการหยุดเผาในพื้นที่การเกษตร. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : <https://esc.doae.go.th/ส่งเสริมการหยุดเผา/> (17 เมษายน 2567).
- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2566. ข้อมูลเกษตรกรผู้ประสบภัยพิบัติด้านพืช. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : <https://disaster.doae.go.th/site/login> (20 ธันวาคม 2566).
- กรมอุตุนิยมวิทยา. 2566. ประกาศกรมอุตุนิยมวิทยา เรื่องการเริ่มต้นฤดูฝนของประเทศไทย ปี พ.ศ.2566. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : http://www.khonkaen.tmd.go.th/warning/warn_word/2566/rain_2566.pdf (10 มีนาคม 2567).
- กรมอุตุนิยมวิทยา. 2567. คาดหมายอากาศเกษตรในช่วงฤดูร้อน. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : <http://www.arcims.tmd.go.th/DailyDATA/Season/พยากรณ์อากาศเกษตรฤดูร้อน%202567.pdf> (10 มีนาคม 2567).
- กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2561. แผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : <https://www.oic.go.th/FILEWEB/CABINFOCENTER38/DRAWER027/GENERAL/DATA0000/00000852.PDF> (3 มีนาคม 2567).
- เกริก ปั่นเหม่งเพ็ชร, วินัย ศรวัต, สมชาย บุญประดับ, สุกิจ รัตนศรีวงศ์, สหัชชัย คงทน, สมปอง นิลพันธ์, ชัยธนา บุดดาบุญ, กิ่งแก้ว คุณเขต, อิศระ พุทธิสิมมา, ปรีชา กาเพชร, แดทริยา เอกอุ้น และวิภารัตน์ ดำริเข้มตระกูล. 2552. ผลกระทบของสภาวะโลกร้อนต่อการผลิตข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และข้าวโพดของประเทศไทย. เอกสารวิชาการ. สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์วิจัยและนวัตกรรม, กรุงเทพมหานคร. 160 หน้า
- จิราภา อินธิแสง. 2560. สภาวะโลกร้อนกับเศรษฐกิจเกษตร. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล :

- <https://caacademy.tgo.or.th/สภาวะโลกร้อนกับเศรษฐกิจ> (10 มีนาคม 2567).
- ฐานเศรษฐกิจ. 2566.รัฐบาลเคาะประกันภัยข้าวนาปี 1,647 ล้าน ทิ้งทวนก่อนยุบสภา. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : https://www.thansettakij.com/business/economy/559471#google_vignette (15 เมษายน 2567).
- ติสสอน สุกสมพันธ์, นิกร มหาวัน และโชคอนันต์ วาณิชย์เลิศนาศาร. 2566. ผลกระทบและการปรับตัวของเกษตรกรปลูกข้าวจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ กรณีศึกษาชุมชนบ้านทราย เมืองขอนแก่น ห้วยพัน สปป.ลาว. วารสารสังคมศาสตร์และศาสตร์รวมสมัย 4(1): 54-64.
- ปวีณรัตน์ สิงสิน, รุจ ศิริสัญลักษณ์, นุศรา ลิมนิรันดร์กุล และแสงทิศา สุริยงค์. 2562. การปรับตัวของผู้ปลูกข้าวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในอำเภอ ดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่. วารสารเกษตร 35(1): 125-136.
- สุรพล จัตุพร. 2546. ข้าว: การจัดการผลิตและการใช้ประโยชน์. เอกสารวิชาการ. ศูนย์วิจัยข้าวสุพรรณบุรี สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สำนักงานเกษตรอำเภอเมืองน้ำเกลี้ยง. 2566. แผนพัฒนาการเกษตร ระดับอำเภอ ปี 2566. 123 หน้า.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2566. ผลพยากรณ์ผลผลิตข้าวนาปีปี 2566. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : https://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/forecastdata/files/forecast/situation/1S_RI.pdf (17 เมษายน 2567).
- อภันตรี พฤกษ์พงศ์. 2562. สมบัติของดินและปัจจัยที่มีผลกระทบต่อผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 จังหวัดสุรินทร์. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://webapp.idd.go.th/LDDCon65/data/01/1-1-win1.pdf> (7 มิถุนายน 2567).
- อรประภา อนุกุลประเสริฐ. 2559. ผลของการขาดน้ำต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวหอม 6 พันธุ์. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 24(3): 443-455.

บทบาทการดำเนินโครงการยุวเกษตรกรของสมาชิกกลุ่มยุวเกษตรกรในจังหวัดชัยภูมิ
The Implementation Role in Farm Youth (4-H Club) Project of Farm Youth Group Members in
Chaiyaphum Province

วนศักดิ์ เกื้อหนุน¹ และสุกัลยา เชิญขวัญ^{1*}
Wanasak Kueanun¹ and Sukanlaya Choenkwan^{1*}

Received: May 16, 2024

Revised: July 1, 2024

Accepted: July 3, 2024

Abstract: The main objectives of this research were to 1) study basic information of the farm youth members in Chaiyaphum province, 2) the role of farm youth members in implementing the farm youth project and 3) compare the differences in some basic economic and social factors of farm youth members with their role in implementing the farm youth project. Data were collected using structured interviews from 95 members of the Farm Youth Project in Chaiyaphum Province. Data were analyzed using descriptive and inferential statistics. The research results found that most of farm youth group members in Chaiyaphum province were female (63.20%). The average age was 16.97 year old. Farm youth group members' educational level was grade 12 (68.40%). Most of their parents' main occupation is farmers (55.80%). Farm youth group members' duties are caretakers and carry out activities (89.47%). They received knowledge from advisors (74.74%). The role of implementing the farm youth project of members found that they played roles at a moderate level in overall. The role consists of 4 aspects as production role ($\bar{x} = 1.79$), group management aspect ($\bar{x} = 1.72$), natural resource conservation aspect ($\bar{x} = 1.61$), and the community development aspect ($\bar{x} = 1.79$). A comparison of roles in implementing farm youth project found that farm youth members whose parents' different main occupations and different of duration joining membership of farm youth project are played in different roles in implementing farm youth project.

Keywords: farm youth (4-H Club), role in project implementation, farm youth project (4-H Club), farmers institute.

บทคัดย่อ: การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษา 1) ข้อมูลพื้นฐานของสมาชิกยุวเกษตรกรในจังหวัดชัยภูมิ 2) บทบาทการดำเนินโครงการยุวเกษตรกรของสมาชิกยุวเกษตรกร และ 3) เปรียบเทียบความแตกต่างของปัจจัยพื้นฐานทางเศรษฐกิจและสังคมบางประการของสมาชิกกลุ่มยุวเกษตรกรในจังหวัดชัยภูมิ ต่อบทบาทการดำเนินโครงการยุวเกษตรกร เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างจากสมาชิกกลุ่มยุวเกษตรกรจังหวัดชัยภูมิ 95 คน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนาและสถิติเชิงอนุมาน ผลการวิจัยพบว่า สมาชิกกลุ่มยุวเกษตรกรในจังหวัดชัยภูมิส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 63.20) มีอายุเฉลี่ย 16.97 ปี ศึกษาในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 (ร้อยละ 68.40) ผู้ปกครองมีอาชีพเกษตรกรเป็นหลัก (ร้อยละ 55.80) ส่วนใหญ่ทำหน้าที่เป็นผู้ดูแลและ

¹ สาขาวิชาการส่งเสริมและพัฒนากิจการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

¹ Agricultural Extension and Development, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002

*Corresponding author: sukanl@kku.ac.th

ลงมือปฏิบัติกิจกรรม (ร้อยละ 89.47) และได้รับความรู้มาจากครูที่ปรึกษา (ร้อยละ 74.74) บทบาทการดำเนินโครงการยุวเกษตรกรทั้ง 4 ด้านมีบทบาทอยู่ในระดับปานกลาง ประกอบด้วย บทบาทด้านการผลิต (ค่าเฉลี่ย 1.79) บทบาทด้านการพัฒนาชุมชน (ค่าเฉลี่ย 1.79) บทบาทด้านการจัดการกลุ่ม (ค่าเฉลี่ย 1.72) และบทบาทด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ (ค่าเฉลี่ย 1.61) การเปรียบเทียบบทบาทต่อการดำเนินโครงการยุวเกษตรกร พบว่าสมาชิกยุวเกษตรกรที่มีอาชีพหลักของผู้ปกครอง และระยะเวลาการเป็นสมาชิกของกลุ่มยุวเกษตรกรที่ต่างกัน มีบทบาทต่อการดำเนินโครงการยุวเกษตรกรของสมาชิกกลุ่มยุวเกษตรกรที่ต่างกัน

คำสำคัญ: ยุวเกษตรกร, บทบาทในการดำเนินโครงการ, โครงการยุวเกษตรกร, สถาบันเกษตรกร

คำนำ

อาชีพเกษตรกรรมถือเป็นหนึ่งในอาชีพที่สำคัญของประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2564 จำนวนแรงงานภาคการเกษตรในไทยมีจำนวน 20.98 ล้านคน คิดเป็นสัดส่วนแรงงานร้อยละ 54.30 ของแรงงานทั้งหมด แต่ข้อมูลปี พ.ศ. 2556- 2561 จำนวนแรงงานภาคการเกษตรในไทยช่วงอายุต่ำกว่า 25 ปี มีจำนวนลดลงร้อยละ 51.70 และช่วงอายุ 55-64 ปี มีจำนวนเพิ่มขึ้นร้อยละ 22.1 (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2561) ส่งผลให้อายุเฉลี่ยของแรงงานภาคการเกษตรอยู่ในช่วงสูงวัย มีผลกระทบต่อกำลังแรงงานภาคการเกษตรลดลง ประสิทธิภาพในการผลิตลดลง การเข้าถึงเทคโนโลยี การเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ และการปรับตัวเปลี่ยนแปลงให้เท่าทันสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565) กรมส่งเสริมการเกษตรจึงได้กำหนดแผนการปฏิบัติราชการประจำปี 2565 ในการพัฒนาเกษตรกรและสถาบันเกษตรกรให้เข้มแข็ง โดยมีแนวทางการพัฒนาและสร้างเกษตรกรต้นแบบ เกษตรกรรุ่นใหม่ และยุวเกษตรกร (Farm Youth) โดยการส่งเสริมยุวเกษตรกร มีเป้าหมายในการสร้างยุวเกษตรกรให้มีทัศนคติที่ดีต่ออาชีพเกษตรกรรมและสนับสนุนการรวมกลุ่มยุวเกษตรกร เพื่อให้ยุวเกษตรกรมีความเชี่ยวชาญและทักษะด้านเกษตร สร้างเครือข่ายยุวเกษตรกรในต่างแดนและภายในไทย ผลักดันยุวเกษตรกรสู่ตลาดแรงงานการเกษตรต่อไป (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2564) แต่จากการดำเนินการที่ผ่านมา พบว่ามีอุปสรรคและปัญหาของการส่งเสริมการดำเนินโครงการยุวเกษตรกร เช่นการดำเนิน

โครงการในจังหวัดนครราชสีมา โดยมีสาเหตุมาจากการอพยพเคลื่อนย้ายแรงงานเข้าสู่ภาคอุตสาหกรรมทำให้ค่านิยมเปลี่ยนไป ผู้ปกครองไม่เห็นความสำคัญสมาชิกกลุ่มสนใจงานส่วนตัวมากกว่ากิจกรรมกลุ่ม ทำให้ไม่มีเวลาการรวมตัวของกลุ่มไม่เข้มแข็ง กิจกรรมไม่ต่อเนื่อง เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรขาดทักษะในการกระตุ้นสมาชิกกลุ่มยุวเกษตรกรให้มีทัศนคติที่ดี รวมถึงการส่งเสริมกลุ่มยุวเกษตรกรนั้น มาจากความต้องการของกรมส่งเสริมการเกษตร ไม่ได้มาจากการต้องการของกลุ่มยุวเกษตรกรเอง ซึ่งเป็นเหตุผลสำคัญในการกำหนดทิศทางการกลุ่มว่าจะเกิดความสำเร็จหรือความล้มเหลวของกลุ่ม (นิจวรรณ, 2545) และอุปสรรคและปัญหาที่มาจากการสนับสนุนของภาครัฐ ที่ส่วนใหญ่มักดำเนินงานในลักษณะของผู้ให้ ประชาชนไม่มีโอกาสในการวางแผนการทำงานติดตามและประเมินผล ส่งผลให้ไม่เกิดการพัฒนาอย่างทั่วถึงและมีประสิทธิภาพ (บุญยวีร์, 2558)

สถานการณ์การดำเนินโครงการยุวเกษตรกรของไทยในปี พ.ศ. 2566 นั้น มีจำนวนกลุ่มยุวเกษตรกรทั่วประเทศจำนวน 4,784 กลุ่ม มีสมาชิกยุวเกษตรกรรวมทั้งหมด 80,018 ซึ่งกลุ่มยุวเกษตรกรในจังหวัดชัยภูมิถือเป็นกลุ่มที่มีการดำเนินโครงการ ยุวเกษตรกรที่น่าสนใจเนื่องจากได้รับรางวัลดีเด่นจากการประกวดเกษตรกรและบุคคลทางการเกษตรดีเด่นแห่งชาติ ประจำปี พ.ศ. 2566 ได้แก่ รางวัลสมาชิกกลุ่มยุวเกษตรกรดีเด่นแห่งชาติ รางวัลกลุ่มยุวเกษตรกรดีเด่นแห่งชาติ และรางวัลรองชนะเลิศ ที่ปรึกษากลุ่มยุวเกษตรกรดีเด่นแห่งชาติ (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2566) นอกจากนี้ยังมีจำนวนกลุ่มยุวเกษตร

สูงเป็นอันดับที่ 3 ของประเทศไทย เป็นรองจังหวัด นครราชสีมา และจังหวัดศรีสะเกษ โดยมีกลุ่ม ยุวเกษตรกรกรจำนวน 180 กลุ่ม จำนวนสมาชิก 1,496 ราย แบ่งตามแบบประเมินศักยภาพ (3ก) ของกลุ่ม ยุวเกษตรกรกรออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มมีศักยภาพ ระดับดีเด่น จำนวน 44 กลุ่ม ระดับปานกลาง จำนวน 112 กลุ่ม และระดับปรับปรุง จำนวน 24 กลุ่ม (กรม ส่งเสริมการเกษตร, 2566) โดยสมาชิกกลุ่มดีเด่นจะมี ทักษะและความรู้ในด้านการเกษตร รวมถึงเข้าใจ การดำเนินโครงการยุวเกษตรกรกรและบริหารงานอย่าง เป็นระบบ (อรนิภา, 2560) สมาชิกกลุ่มดีเด่นจะมีความ เป็นผู้นำในสังคม กล้าคิด ริเริ่ม นำความรู้ใหม่ มาปรับใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดได้ มีความพร้อมใน การยอมรับสิ่งใหม่ และยอมรับนวัตกรรมรวดเร็ว เป็น ผู้นำการเปลี่ยนแปลง (innovators) ตามทฤษฎีการ ตัดสินใจยอมรับนวัตกรรมของโรเจอร์ (กรมส่งเสริม การเกษตร, 2556)

จากที่กล่าวข้างต้น การศึกษาบทบาทของ สมาชิกยุวเกษตรกรกรต่อการดำเนินโครงการยุว เกษตรกรในกลุ่มดีเด่นนั้นเป็นประเด็นที่มีความสำคัญ ต่อการส่งเสริมยุวเกษตรกร เพื่อหาจุดเด่นจุดด้อยใน บทบาทการดำเนินโครงการยุวเกษตรกรกรของสมาชิก ยุวเกษตรกรกรและนำข้อมูลที่ได้พัฒนาศักยภาพกลุ่ม ยุวเกษตรกรกรในจังหวัดชัยภูมิให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้อง กับนโยบายการส่งเสริมยุวเกษตรกรกรของกรมส่งเสริม การเกษตร ที่มุ่งเน้นส่งเสริมยุวเกษตรกรกรให้มีทัศนคติ ที่ดีต่อการเกษตร พัฒนารูปแบบของยุวเกษตรกร และ เตรียมความพร้อมเด็กและเยาวชนเข้าสู่แรงงานภาค การเกษตรต่อไป

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาข้อมูล พื้นฐานทางเศรษฐกิจและสังคมของสมาชิกกลุ่ม ยุวเกษตรกรกรในจังหวัดชัยภูมิ 2) ศึกษาบทบาทของ สมาชิกกลุ่มยุวเกษตรกรกรต่อการดำเนินโครงการ ยุวเกษตรกรกร และ 3) เปรียบเทียบบทบาทต่อ การดำเนินโครงการยุวเกษตรกรกรของสมาชิกกลุ่ม ยุวเกษตรกรกรที่มีลักษณะพื้นฐานทางเศรษฐกิจและ สังคมแตกต่างกัน เพื่อนำข้อมูลที่ได้มากำหนดแนวทาง การส่งเสริมยุวเกษตรกรกรในจังหวัดชัยภูมิ

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (quantitative research) โดยมีรายละเอียดการ ดำเนินงาน ดังนี้

งานวิจัยครั้งนี้มีพื้นที่การศึกษาภายใน จังหวัดชัยภูมิ กลุ่มยุวเกษตรกรกรซึ่งได้รับรางวัลดีเด่น จากการประกวดเกษตรกรและบุคคลทางการเกษตร ดีเด่นแห่งชาติ ประจำปี พ.ศ. 2566 ได้แก่ รางวัล สมาชิกกลุ่มยุวเกษตรกรกรดีเด่นแห่งชาติ รางวัลกลุ่ม ยุวเกษตรกรกรดีเด่นแห่งชาติ และรางวัลรองชนะเลิศ ที่ปรึกษากลุ่มยุวเกษตรกรกรดีเด่นแห่งชาติ (กระทรวง เกษตรและสหกรณ์, 2566) และจากการคัดเลือกกลุ่ม ที่มีความเป็นผู้นำการเปลี่ยนแปลง (innovators) ตามทฤษฎีการตัดสินใจยอมรับนวัตกรรมของโร เจอร์ คัดเลือกจากกลุ่มที่มีศักยภาพอยู่ในระดับดีเด่น ตามแบบประเมินศักยภาพ (3ก) ของกรมส่งเสริม การเกษตร จากการดำเนินโครงการมาแล้วไม่น้อย กว่า 5 ปี มีกิจกรรมอย่างต่อเนื่อง และศึกษาในระดับ ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จึงได้กลุ่มยุวเกษตรกร กรจำนวน 5 กลุ่ม ใน 4 อำเภอ ในจังหวัดชัยภูมิ (กรม ส่งเสริมการเกษตร, 2566)

ประชากรคือ สมาชิกของกลุ่มยุวเกษตรกรกรใน จังหวัดชัยภูมิ และเป็นนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษา ตอนปลาย จำนวน 5 กลุ่ม ได้แก่ 1.โรงเรียนโนนกกอก วิทยา 2.โรงเรียนบ้านเป้าวิทยา อำเภอเกษตรสมบูรณ์ 3.โรงเรียนห้วยยางวิทยาคม อำเภอคอนสาร 4.โรงเรียน สระพังวิทยา อำเภอบ้านแท่น และ 5.โรงเรียนตรี ประชาพัฒนศึกษา อำเภอเทพสถิต รวมทั้งหมด 125 คน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2566) ขนาดของกลุ่ม ตัวอย่างได้จากสูตรการคำนวณของ Yamane ที่ระดับ ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 มีกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 95 คน คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (simple random sampling) ด้วยวิธีการสุ่มตัวเลข จากรายชื่อสมาชิกกลุ่มยุวเกษตรกร

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสัมภาษณ์ ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบปลายเปิดและ ปลายปิดแบ่งออกเป็น 2 ตอนคือ 1) ข้อมูลพื้นฐานทาง เศรษฐกิจและสังคมของสมาชิกกลุ่มยุวเกษตรกรกร และ

2) บทบาทของสมาชิกยุวเกษตรกรต่อการดำเนินโครงการยุวเกษตรกรใน 4 ด้าน คือ บทบาทงานด้านการผลิต บทบาทการบริหารจัดการกลุ่ม บทบาทการพัฒนาชุมชน และบทบาทด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ โดยลักษณะคำถามเป็นมาตราส่วนการประเมินค่าจำนวน 4 ระดับ คือ บทบาทมาก เท่ากับ 3 คะแนน บทบาทปานกลาง เท่ากับ 2 คะแนน บทบาทน้อย เท่ากับ 1 คะแนน และไม่มีบทบาท เท่ากับ 0 คะแนน การทดสอบเครื่องมือโดยนำไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างสมาชิกกลุ่มยุวเกษตรกรในจังหวัดชัยภูมิ ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกลุ่มตัวอย่างแต่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 32 คน วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้สูตรของครอนบาช (Cronbach) เท่ากับ 0.899 ดังนั้น จึงถือว่าแบบสัมภาษณ์สามารถนำไปใช้เก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างจริงได้

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ได้แก่ 1) ข้อมูลพื้นฐานทางเศรษฐกิจและสังคมของสมาชิกกลุ่มยุวเกษตรกรในจังหวัดชัยภูมิ สถิติที่ใช้ ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2) บทบาทต่อการดำเนินโครงการยุวเกษตรกรของสมาชิกกลุ่มยุวเกษตรกร วิเคราะห์ข้อมูลโดยการแปลผลเฉลี่ย ตามเกณฑ์ที่กำหนด 3 ระดับ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย 0.00-1.00 หมายถึง มีบทบาทในระดับน้อย ค่าเฉลี่ย 1.01-2.00 หมายถึง มีบทบาทในระดับปานกลาง และค่าเฉลี่ย 2.01-3.00 หมายถึง มีบทบาทในระดับมาก และ 3) การวิเคราะห์เปรียบเทียบบทบาทของสมาชิกกลุ่มยุวเกษตรกรต่อการดำเนินงานโครงการยุวเกษตรกร ที่มีลักษณะพื้นฐานทางเศรษฐกิจและสังคมแตกต่างกัน ได้แก่ อาชีพหลักของผู้ปกครอง และระยะเวลาการเป็นสมาชิกของกลุ่มยุวเกษตรกร โดยใช้สถิติ t-test

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ข้อมูลพื้นฐานทางเศรษฐกิจและสังคมของสมาชิกกลุ่มยุวเกษตรกร

กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 63.20) มีอายุอยู่ในช่วง 17 – 18 ปี (ร้อยละ 69.47) อายุเฉลี่ย 16.97 ปี ศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 (ร้อยละ 68.40) ซึ่งอาจทำให้จำนวนสมาชิกยุวเกษตรกรลดลง เนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่จบการศึกษา ผู้ปกครองของสมาชิกยุวเกษตรกรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกร (ร้อยละ 55.80) หัวหน้าครอบครัวของสมาชิกยุวเกษตรกรมีรายได้เฉลี่ย 11,571.05 บาทต่อเดือน ส่วนใหญ่มีรายได้ไม่เกิน 9,000 บาทต่อเดือน (ร้อยละ 53.68) เข้าร่วมเป็นสมาชิกกลุ่มยุวเกษตรกรเป็นระยะเวลามากกว่า 2 ปี (ร้อยละ 56.30) โดยมีระยะเวลาการเป็นสมาชิกกลุ่มเฉลี่ย 2.92 ปี มีสมาชิกที่เข้าร่วมกลุ่มสูงสุด 6 ปี มีตำแหน่งเป็นสมาชิกภายในกลุ่มยุวเกษตรกร (ร้อยละ 89.50) กิจกรรมที่ดำเนินงานเป็นการปลูกพืชไร่และพืชสวน (ร้อยละ 48.60) ได้รับความรู้ด้านการเกษตรจากครูที่ปรึกษา (ร้อยละ 74.74) สมาชิกยุวเกษตรกรมากกว่าครึ่งเคยเข้าร่วมการศึกษาดูงานหรือการอบรมด้านการเกษตรมาแล้ว (ร้อยละ 55.80) เคยอบรม จำนวน 1 - 2 ครั้งต่อปี (ร้อยละ 49.06) โดยเหตุผลที่สมาชิกยุวเกษตรกรส่วนใหญ่เข้าร่วมกิจกรรมยุวเกษตร คือ ต้องการความรู้ด้านการเกษตร (ร้อยละ 44.20) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ สุดาวัฒน์ และสาวิตรี (2561) พบว่า เหตุผลในการเข้าร่วมเป็นสมาชิกของกลุ่มยุวเกษตรโรงเรียนประชาวมงคลจังหวัดกาญจนบุรี เนื่องจาก ต้องการความรู้ด้านการเกษตร (ร้อยละ 60) (Table 1) แสดงรายละเอียดข้อมูลพื้นฐานบางส่วน

Table 1 Some basic information of members of the farm youth group.

Economic and social background	(n=95)	
	Number (people)	%
Parent's main occupation		
Farmers	53	55.80
Not farmers (Government officer, Merchant, Company employees, and General employees)	42	44.20
Duration of membership in the Young Farmers Group		
≤ 2 years	29	30.53
> 2 years	66	69.47
Mean 2.92 years, S.D. 1.136 years, Maximum 6 years, Maximum 1 year		
Reasons for joining the youth farmers group		
Need knowledge of agriculture	42	44.20
Invitation from friends and group members	17	17.90
Persuasion from teachers	33	34.70
Invitation from family or people in the community	2	2.10
Participate in the Young Farmer Contest	1	1.10

Note * Multiple answers

2. บทบาทของสมาชิกกลุ่มยุวเกษตรกรต่อการดำเนินโครงการยุวเกษตรกร

บทบาทของสมาชิกยุวเกษตรกรต่อการดำเนินงานโครงการยุวเกษตรกร แบ่งออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ ด้านการผลิต การบริหารจัดการกลุ่ม การพัฒนาชุมชน และด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ พบว่า บทบาทของสมาชิกยุวเกษตรกรต่อการดำเนินโครงการยุวเกษตรกร โดยภาพรวมอยู่ระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 1.58) เนื่องจากสมาชิกยุวเกษตรกรได้ฝึกปฏิบัติตามกิจกรรมของกลุ่มยุวเกษตรกรด้วยตนเองทั้ง 4 ด้านข้างต้น โดยมีรายละเอียดตามประเด็นดังแสดงใน (Table 2) ต่อไปนี้

ด้านการผลิต พบว่า ภาพรวมอยู่ระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 1.79) โดยสมาชิกกลุ่มยุวเกษตรกรมีบทบาทในระดับมาก 2 ประเด็น ได้แก่ การดูแลผลผลิตทางการเกษตรของกลุ่ม เช่น รดน้ำ ถอนวัชพืช พรวนดิน ให้อาหารสัตว์ หรือเก็บเกี่ยวผลผลิต (ค่าเฉลี่ย 2.48) และวางแผนการผลิตร่วมกับกลุ่ม (ค่าเฉลี่ย 2.03) และประเด็นที่มีบทบาทน้อยที่สุด คือ การประชาสัมพันธ์สินค้าหรือผลผลิตของกลุ่มผ่านช่องทางต่าง ๆ เช่น สื่อออนไลน์

(อินเทอร์เน็ต เฟสบุ๊ก ไลน์) หรือตลาดชุมชน (ค่าเฉลี่ย 1.25) โดยมีบทบาทอยู่ระดับปานกลาง เนื่องจากสมาชิกมีความรู้ความเข้าใจในการผลิตพืชอยู่แล้วจากการที่ได้ลงมือปฏิบัติจริงในแปลงของกลุ่ม แต่ยังขาดประสบการณ์และความรู้เรื่องการตลาดส่งผลให้มีบทบาทด้านการผลิตในระดับปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับปญญวิทย์ (2558) พบว่า สมาชิกยุวเกษตรกรมีบทบาทต่อการดำเนินงานโครงการยุวเกษตรกร ด้านการผลิตและการตลาดในระดับปานกลาง เช่น สมาชิกร่วมกันวางแผนการดำเนินกิจกรรมส่งเสริมการเกษตร และการร่วมวางแผนด้านการตลาด เนื่องจาก สมาชิกยังขาดประสบการณ์ขาดระยะเวลาในการปฏิบัติงาน ขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการเกษตรด้านการผลิตและการตลาด

ด้านการจัดการกลุ่ม พบว่า โดยภาพรวมอยู่ระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 1.72) โดยสมาชิกกลุ่มยุวเกษตรกรมีบทบาทมากที่สุดอันดับแรกในประเด็นการร่วมวางแผนกิจกรรมของกลุ่มหรือแบ่งงานให้แก่สมาชิกภายในกลุ่ม (ค่าเฉลี่ยที่ 1.99) และประเด็นที่มีบทบาทน้อยที่สุด คือ วางแผนงบประมาณกลุ่ม เงินสหกรณ์ภายในกลุ่ม (ค่าเฉลี่ย 1.35) เนื่องจาก

สมาชิกได้เรียนรู้และมีความเข้าใจกระบวนการกลุ่ม ยุวเกษตรกรแต่ยังขาดความรู้เรื่องการลงทุน การเก็บออม การทำบัญชีสหกรณ์ของกลุ่มทำให้มีบทบาทด้านการจัดการกลุ่มในระดับปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับ กอบลาบ (2557) พบว่า บทบาทของสมาชิกกลุ่ม ยุวเกษตรกรต่อการส่งเสริมการเกษตรด้านการดำเนินกิจกรรม อยู่ในระดับปานกลาง เช่น การร่วมวางแผนในการดำเนินกิจกรรม การชี้แจงกิจกรรมแก่สมาชิก มีการปรับเปลี่ยนกฎข้อบังคับในการดำเนินงานให้มีการพัฒนาอย่างสม่ำเสมอ

ด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ พบว่า โดยภาพรวมอยู่ระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 1.61) สมาชิกกลุ่มยุวเกษตรกรมีบทบาทในระดับมาก 1 ประเด็น คือ การทำกิจกรรมที่เกี่ยวกับการรักษาสีงแวดล้อม (ค่าเฉลี่ย 2.23) ส่วนประเด็นที่มีบทบาทน้อยที่สุด คือ การประชาสัมพันธ์ผ่านสื่อออนไลน์ เรื่องการทำเกษตรแบบปลอดภัยหรือเกษตรอินทรีย์ (ค่าเฉลี่ย 1.12) เนื่องจากสมาชิกได้ฝึกปฏิบัติจากกิจกรรมกลุ่มยุวเกษตร เช่น การทำปุ๋ยหมักจากเศษวัสดุเหลือใช้หรือกิจกรรมการปลูกป่าปลูกต้นไม้ในชุมชน แต่ยังคงขาดความรู้ความเข้าใจในการทำเกษตรแบบปลอดภัย ส่งผลให้มีบทบาทด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติในระดับปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับ ปุณยวิทย์ (2558) พบว่า สมาชิกยุวเกษตรกรมีบทบาทต่อการส่งเสริมการเกษตรด้านการอนุรักษ์และพัฒนาทรัพยากรธรรมชาติในระดับปานกลาง เช่น ร่วมจัดกิจกรรมอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

และทรัพยากรธรรมชาติในชุมชน ร่วมรณรงค์ให้ความรู้การทำเกษตรอินทรีย์ เกษตรอย่างปลอดภัย แก่คนในชุมชน และจัดการฝึกอบรมในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมแก่คนในชุมชน

ด้านการพัฒนาชุมชน พบว่า โดยภาพรวมอยู่ระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 1.14) โดยสมาชิกกลุ่มยุวเกษตรกรมีบทบาทมากที่สุด 2 อันดับแรกในประเด็น การแลกเปลี่ยนความรู้ หรือประสบการณ์ด้านการเกษตร กับคนในชุมชน (ค่าเฉลี่ย 1.54) และการถ่ายทอดความรู้ด้านการเกษตรให้แก่คนในชุมชน (ค่าเฉลี่ย 1.21) ส่วนประเด็นที่มีบทบาทน้อยที่สุด คือ การใช้สื่อและเทคโนโลยีส่งเสริมพัฒนาการเกษตรแก่คนในชุมชน (ค่าเฉลี่ย 1.01) โดยสาเหตุมาจากสมาชิกมีการพูดคุยด้านการเกษตรกับผู้ปกครองและได้นำความรู้ด้านการเกษตรที่ได้จากโรงเรียนไปถ่ายทอดกับผู้ปกครองของตนเอง แต่ยังคงขาดการพัฒนาสินค้าในชุมชนด้วยการเผยแพร่ด้วยสื่อหรือเทคโนโลยี ทำให้มีบทบาทด้านการพัฒนาชุมชนในระดับปานกลาง ซึ่งผลการศึกษาลดคล้อยกับ ปุณยวิทย์ (2558) ที่ศึกษาบทบาทของสมาชิกกลุ่มยุวเกษตรกรต่อการส่งเสริมการเกษตรด้านการพัฒนาชุมชน โดยภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ได้ร่วมจัดการฝึกอบรมให้ความรู้แก่เกษตรกรในชุมชน ร่วมเผยแพร่ความรู้ ข้อมูลข่าวสารด้านการเกษตรแก่เกษตรกรในชุมชน รวมถึงพัฒนารูปแบบในการประชาสัมพันธ์สินค้าของคนในชุมชน

Table 2 The implementation role in Farm Youth (4-H Club) Project of Farm Youth group.

(n=95)

The role of members of the farm youth group in promoting agriculture	Mean	S.D.	level
Production	1.79	0.742	Medium
1) Participating in production planning	2.03	0.691	High
2) Participating in marketing planning	1.54	0.755	Medium
3) Consulting or transfer knowledge to group members	1.95	0.705	Medium
4) Taking care of the group's agricultural products, such as watering, pulling weeds, tilling the soil, and feeding animals or harvest the produce	2.48	0.617	High
5) Donating materials and equipment to the group	1.49	0.849	Medium
6) Publicizing products or products of the group through various channels such as online media	1.25	0.838	Medium

Table 2 (Continue)

(n=95)

The role of members of the farm youth group in promoting agriculture	Mean	S.D.	level
Group management	1.72	0.820	Medium
1) Participating in planning group activities or divide work among members within the group	1.99	0.721	Medium
2) Participating in group public relations or invite others to join the group	1.87	0.815	Medium
3) Participating in group budget planning	1.35	0.835	Medium
4) Participating in reflecting on group problems and find solutions to solve problems	1.75	0.799	Medium
5) Coordination between group members, teachers, advisors, or people involved in the work	1.87	0.828	Medium
6) Inviting other members of the group study or visit agricultural events outside of school	1.52	0.921	Medium
Conservation of natural resources	1.61	0.854	Medium
1) Educating others about the negative effects of monoculture farming	1.16	0.867	Medium
2) Doing activities related to environmental protection	2.23	0.676	High
3) Sharing knowledge about safe farming, organic farming, reduce the use of chemicals to others	1.63	0.935	Medium
4) Publicizing through online media	1.12	0.944	Medium
5) Participating in activities with the community to preserve nature	1.94	0.848	Medium
Community development	1.19	0.863	Medium
1) Exchanging knowledge or experience in agriculture with people in your community	1.54	0.897	Medium
2) Transferring agricultural knowledge to people in your community	1.21	0.898	Medium
3) Participating in developing agricultural products in your community	1.05	0.791	Medium
4) Reflecting on agricultural problems that exist in the community or find solutions for people in the community	1.14	0.858	Medium
5) Using media and technology to promote agricultural knowledge to people in the community	1.01	0.869	Medium
Total	1.58	0.820	Medium

3. การเปรียบเทียบความแตกต่างของปัจจัยพื้นฐานด้านสังคมเศรษฐกิจต่อบทบาทการดำเนินโครงการยุวเกษตรกร ของสมาชิกกลุ่มยุวเกษตรกร

ลักษณะพื้นฐานทางเศรษฐกิจและสังคมของสมาชิกกลุ่มยุวเกษตรกร ที่นำมาเปรียบเทียบ ได้แก่ 1) อาชีพหลักของผู้ปกครอง และ 2) ระยะเวลาการเป็นสมาชิกของกลุ่มยุวเกษตรกร ผลการศึกษาดังนี้

1) อาชีพของผู้ปกครองสมาชิกกลุ่มยุวเกษตรกร แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ เกษตรกรและไม่ใช่เกษตรกร ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทั้ง 2 กลุ่ม กับบทบาทการดำเนินโครงการยุวเกษตรกรของสมาชิกกลุ่มยุวเกษตรกรทั้ง 4 ด้าน โดยใช้สถิติ t-test ผลการศึกษา มีรายละเอียดตามประเด็นดังแสดงใน ตาม (Table 3) ต่อไปนี้

ด้านการผลิต พบว่า ยูวเกษตรกรที่มีอาชีพของครอบครัวที่แตกต่างกัน มีการบริจาควัสดุและอุปกรณ์ให้แก่กลุ่ม และการประชาสัมพันธ์สินค้าหรือผลผลิตของกลุ่มผ่านช่องทางต่างๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (P-value = 0.050) และ 0.001 (P-value = <0.001) ตามลำดับ

ด้านการจัดการกลุ่ม พบว่า ยูวเกษตรกรที่มีอาชีพของครอบครัวที่แตกต่างกัน มีการประสานงานระหว่างสมาชิกภายในกลุ่ม ครูที่ปรึกษา หรือผู้ที่เกี่ยวข้องกับงานของสมาชิกยูวเกษตรกร และการชักชวนสมาชิกอื่นในกลุ่มศึกษาดูงานเกษตรภายนอกโรงเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.003 (P-value= 0.003) และ 0.002 (P-value= 0.002) ตามลำดับ

ด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ พบว่า ยูวเกษตรกรที่มีอาชีพของครอบครัวที่แตกต่างกัน มีการประชาสัมพันธ์ผ่านสื่อออนไลน์ เรื่องการทำเกษตรแบบปลอดภัย เกษตรอินทรีย์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.038 (P-value= 0.038)

ด้านพัฒนาชุมชน พบว่า ยูวเกษตรกรที่มีอาชีพของครอบครัวที่แตกต่างกัน มีการแลกเปลี่ยนความรู้ หรือประสบการณ์ด้านการเกษตรกับคนใน

ชุมชนของสมาชิก และการถ่ายทอดความรู้ด้านการเกษตรให้แก่คนในชุมชนของสมาชิกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.002 (P-value= 0.002) และ 0.035 (P-value= 0.035) ตามลำดับ

อธิบายได้ว่าสมาชิกกลุ่มยูวเกษตรกรที่มีอาชีพหลักของผู้ปกครองเป็นเกษตรกร มีบทบาทที่แตกต่างกับสมาชิกกลุ่มยูวเกษตรกรที่มีอาชีพหลักของผู้ปกครองไม่เป็นเกษตรกร เนื่องจากสมาชิกยูวเกษตรกรที่มีอาชีพหลักของผู้ปกครองเป็นเกษตรกร ได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเกษตรของครอบครัว มีโอกาสซึมซับและเรียนรู้การปฏิบัติงานมาจากผู้ปกครอง และยังมีปัจจัยที่มีความรู้ด้านการผลิต วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องจักรกลด้านการเกษตรอยู่แล้ว ทำให้สมาชิกยูวเกษตรกรมีความรู้ความเข้าใจในการวางแผนด้านการเกษตร ขั้นตอนกระบวนการในการทำการเกษตร บทบาทในการดำเนินโครงการของสมาชิกกลุ่มยูวเกษตรกรที่มีอาชีพหลักของผู้ปกครองเป็นเกษตรกร จึงแตกต่างกับสมาชิกกลุ่มยูวเกษตรกรที่มีอาชีพหลักของผู้ปกครองไม่เป็นเกษตรกร ซึ่งผลการศึกษาแตกต่างจาก ปุณยวีร์ (2558) ที่ พบว่า อาชีพหลักของผู้ปกครองสมาชิกกลุ่มยูวเกษตรกรไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับบทบาทของสมาชิกกลุ่ม

Table 3 The comparison of differences in parents' main occupation towards the implementation role in farm youth (4-H Club) of farm youth group members.

(n=95)

The role of members of the farm youth group in Agricultural extension	Parents' main occupation				t	P-value
	Farmer (n=53)		Not Farmer (n=42)			
	Mean	S.D.	Mean	S.D.		
Production						
1) Donating materials and equipment to the group,	1.62	0.925	1.33	0.721	1.665*	0.050
2) Publicizing products or products of the group through various channels	1.49	0.891	0.95	0.661	3.379***	<0.001
Group management						
1) Coordination between people involved in the work	2.08	0.781	1.62	0.825	2.760**	0.003
2) Inviting other members of the group study or visit agricultural events outside of school	1.75	0.939	1.21	0.813	2.955**	0.002
Conservation of natural resources						
1) Publicizing through online media	1.26	1.041	0.93	0.778	1.798*	0.038

Table 3 (Continue)

(n=95)

The role of members of the farm youth group in Agricultural extension	Parents' main occupation					
	Farmer (n=53)		Not Farmer (n=42)		t	P-value
	Mean	S.D.	Mean	S.D.		
Community development						
1) Exchanging knowledge or experience in agriculture with people in your community	1.77	0.869	1.24	0.850	3.011**	0.002
2) Transferring agricultural knowledge to people in your community	1.36	0.922	1.02	0.841	1.827*	0.035

*, **, *** Significant different at $P < 0.05$, $P < 0.01$, $P < 0.001$ levels

2) ระยะเวลาการเป็นสมาชิกของกลุ่มยุวเกษตรกร แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ มีระยะเวลาการเป็นสมาชิกละน้อยกว่าหรือเท่ากับ 2 ปี และเป็นสมาชิกมากกว่า 2 ปี ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทั้ง 2 กลุ่ม กับบทบาทการดำเนินโครงการยุวเกษตรกรของสมาชิกกลุ่มยุวเกษตรกรทั้ง 4 ด้านโดยใช้สถิติ t-test ผลการศึกษา มีรายละเอียดตามประเด็นดังแสดงใน ตาม (Table 4) ต่อไปนี้

ด้านการจัดการกลุ่ม พบว่า ยุวเกษตรกรที่มีระยะเวลาการเป็นสมาชิกที่แตกต่างกัน มีการประชาสัมพันธ์กลุ่ม หรือชักชวนผู้อื่นให้เข้าร่วมกลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.034 ($P\text{-value} = 0.034$) โดยสมาชิกยุวเกษตรกรที่มีระยะเวลาการเป็นสมาชิกละน้อยกว่าหรือเท่ากับ 2 ปี มีบทบาทในการดำเนินโครงการยุวเกษตรกรมากกว่าสมาชิกยุวเกษตรกรที่มีระยะเวลาการเป็นสมาชิกมากกว่า 2 ปี เนื่องจากสมาชิกยุวเกษตรกรที่มีระยะเวลามากกว่า

2 ปีนั้น อยู่ในช่วงการเตรียมเข้ามหาวิทยาลัยทำให้มีบทบาทน้อยลง ส่งผลต่อจำนวนสมาชิกที่ดำเนินกิจกรรมของกลุ่มน้อยลง ทำให้การดำเนินโครงการกลุ่มยุวเกษตรกรมีประสิทธิภาพน้อยลง สอดคล้องกับ ปุณยวิทย์ (2559) พบว่า ระยะเวลาการเป็นสมาชิกยุวเกษตรกรมีความสัมพันธ์กับบทบาทจริงของสมาชิกยุวเกษตรกรด้านความร่วมมือกับเจ้าหน้าที่เกษตรอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น .05 เมื่อสมาชิกยุวเกษตรกรมีระยะเวลาการเป็นสมาชิกยุวเกษตรกรที่เพิ่มขึ้นทำให้มีประสบการณ์การเป็นสมาชิกยุวเกษตรกรที่เพิ่มมากขึ้น และสอดคล้องกับ ปวีต (2534) พบว่า ระยะเวลาการเป็นสมาชิกยุวเกษตรกรมีความสัมพันธ์กับความสำเร็จของกลุ่มยุวเกษตรกร โดยกลุ่มที่ประสบความสำเร็จส่วนใหญ่จะมีระยะเวลาการเป็นสมาชิกยุวเกษตรกรมากกว่า 2 ปี และกลุ่มที่ไม่ประสบความสำเร็จส่วนใหญ่จะมีระยะเวลาการเป็นสมาชิกยุวเกษตรกรน้อยกว่า 2 ปี

Table 4 The comparison of differences in group membership period towards the implementation role in farm youth (4-H Club) project of farm youth group members.

(n=95)

The role of members of the farm youth group in Agricultural extension	Group membership period				t	P-value
	≤ 2 years (n=29)		> 2 years (n=66)			
	Mean	S.D.	Mean	S.D.		
Group management						
1) Participating in group public relations or invite others to join the group	2.10	0.724	1.77	0.836	1.844*	0.034

* Significant different at $P < 0.05$ levels

สรุป

สมาชิกกลุ่มยุวเกษตรกรในจังหวัดชัยภูมิ ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุเฉลี่ย 16.97 ปี และศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 อาชีพหลักของผู้ปกครองของสมาชิกยุวเกษตรกรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกร มีรายได้ไม่เกิน 9,000 บาทต่อเดือน มีระยะเวลาการเป็นสมาชิกกลุ่มมากกว่า 2 ปี สมาชิกยุวเกษตรกรได้รับคำแนะนำและได้รับความรู้ด้านการเกษตรจากครูที่ปรึกษากลุ่ม เคยเข้าร่วมการศึกษาดูงานหรือการอบรมด้านการเกษตรมาแล้ว โดยส่วนใหญ่เคยอบรม จำนวน 1 - 2 ครั้งต่อปี โดยบทบาทของสมาชิกกลุ่มยุวเกษตรกรต่อการดำเนินงานโครงการยุวเกษตรกรในจังหวัดชัยภูมิภาพรวมอยู่ระดับปานกลาง ทั้งในด้านการผลิต ด้านการจัดการกลุ่ม ด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและด้านการพัฒนาชุมชน และสมาชิกยุวเกษตรกรที่มีอาชีพหลักของผู้ปกครองที่แตกต่างกันและระยะเวลาการเป็นสมาชิกของกลุ่มยุวเกษตรกรที่แตกต่างกัน มีบทบาทของสมาชิกกลุ่มยุวเกษตรกรต่อการดำเนินงานโครงการยุวเกษตรกรที่แตกต่างกัน จากการศึกษาในครั้งนี้มีข้อเสนอแนะดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) โรงเรียน และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น กรมส่งเสริมการเกษตร หรือองค์การบริหารส่วนตำบล ควรสนับสนุนโครงการของกลุ่มยุวเกษตรกร ในรูปแบบความรู้ การจัดการกลุ่ม เงินทุน หรือปัจจัยด้านการผลิต เพื่อให้กลุ่มมีกิจกรรมอย่างต่อเนื่องและพัฒนาบทบาทการดำเนินโครงการยุวเกษตรกรของสมาชิกกลุ่มยุวเกษตรกรให้มากยิ่งขึ้น โดยประสานงานกับครูที่ปรึกษากลุ่มเป็นหลัก เนื่องจากสมาชิกยุวเกษตรกรส่วนใหญ่ได้รับความรู้ด้านการเกษตรจากครูที่ปรึกษากลุ่มเป็นหลัก

2) โรงเรียน หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น กรมส่งเสริมการเกษตร ควรส่งเสริมหรือสนับสนุนสมาชิกยุวเกษตรกรที่ผู้ปกครองมีอาชีพหลักเป็นเกษตรกรและมีระยะเวลาการเป็นสมาชิกน้อยกว่าหรือเท่ากับ 2 ปี ควรให้ความสำคัญกับกลุ่มนี้เป็นอันดับแรกในการส่งเสริมโครงการกลุ่มยุวเกษตรกร เพื่อพัฒนาบทบาทการดำเนินโครงการยุวเกษตรกร

ของสมาชิกกลุ่มยุวเกษตรกรให้มากขึ้น และผลักดันยุวเกษตรกรสู่ตลาดแรงงานการเกษตรต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2566. ผลการคัดเลือกเกษตรกร สถาบันเกษตรกร และสหกรณ์ดีเด่นแห่งชาติ ประจำปี พ.ศ.2566. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : <https://farmdev.doae.go.th/?p=1034> (1 ตุลาคม 2566).
- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2556. คู่มือปฏิบัติงานเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรการถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตร. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.servicelink.doae.go.th/webpage/book_%2024%20guide/06.pdf (19 มิถุนายน 2567).
- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2564. แผนปฏิบัติการประจำปี 2565 ของกรมส่งเสริมการเกษตร. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://ssnet.doae.go.th/wp.content/uploads.pdf> (1 ตุลาคม 2566).
- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2566. ระบบสารสนเทศเกษตรกรปราดเปรื่อง. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://ffgdev.doae.go.th/admin/site/index> (1 ตุลาคม 2566).
- กอบลาภ อารีศรีสม. 2557. การพัฒนาบทบาทกลุ่มยุวเกษตรกรต่อการส่งเสริมการเกษตรในเขตภาคเหนือตอนบน. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://webpac.library.mju.ac.th:8080/mm/fulltext/thesis/2557/koblap_areesrisom/fulltext.pdf (9 มีนาคม 2565).
- นิจวรรณ จรูญจิรัฐติกาล. 2545. การเปรียบเทียบการดำเนินงานและความต้องการของสมาชิกกลุ่มยุวเกษตรกรดีเด่นและกลุ่มยุวเกษตรกรกำลังพัฒนาในจังหวัดนครราชสีมา. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. 213 หน้า.

- ปวิต ถมยาวิทย์. 2534. การศึกษาปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความสำเร็จของกลุ่มยุวเกษตรกร จังหวัดกาญจนบุรี. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 147 หน้า.
- ปุณยวีร์ เกิดศรี. 2558. บทบาทของสมาชิกกลุ่มยุวเกษตรกรต่อการส่งเสริมการเกษตร ในอำเภอแม่เมาะ จังหวัดเชียงใหม่. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://mdc.library.mju.ac.th/thesis/2561/poonyawee_kerdsri/fulltext.pdf (1 มีนาคม 2565).
- ปุณยวีร์ เกิดศรี. 2559. บทบาทของสมาชิกกลุ่มยุวเกษตรกรต่อการส่งเสริมการเกษตรในอำเภอแม่เมาะ จังหวัดเชียงใหม่. วารสารการพัฒนารัฐบาลและคุณภาพชีวิต 4(1): 115-127.
- สุดารัตน์ สุดจินดา และสาวิตรี รังสิภัทร์. 2561. การมีส่วนร่วมในการดำเนินงานของสมาชิกกลุ่มยุวเกษตรกรโรงเรียนประชามงคล อำเภอหนองปรือ จังหวัดกาญจนบุรี. แก่นเกษตร 46 (3): 429-438.
- สำนักงานสถิติแห่งชาติ. 2561. การสำรวจการเปลี่ยนแปลงทางการเกษตร พ.ศ. 2561. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: https://www.nso.go.th/nsoweb/storage/survey_detail/2023/20230430171343_65892.pdf (19 มิถุนายน 2567).
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2565. แผนปฏิบัติการด้านการเกษตรและสหกรณ์ พ.ศ. 2566 – 2570. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : <https://lib.oae.go.th/elib/cgi-bin/opacexe.exe> (1 ตุลาคม 2566).
- อรนิภา สีคุณน้ำเที่ยง. 2560. แรงจูงใจในการประกอบอาชีพเกษตรกรในอนาคตของสมาชิกกลุ่มยุวเกษตรกรดีเด่นในจังหวัดอุดรธานี. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยมหาวิทยาลัขอนแก่น. ขอนแก่น. 232 หน้า.

ผลของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และเอทิลเฟอน ต่อการแตกของอับเรณูมะพร้าว น้ำหอม และความเข้มข้นของอาหารต่อการงอกของละอองเรณู

Effect of Temperature, Relative Humidity and Ethylene on Anther Dehiscence in Aromatic Coconut and Influence of Pollen Germination Media Concentration on Pollen Germination

สมปรารถนา นักแดง¹ ธีร์ หะวานนท์¹ กฤษณา กฤษณพุกต์¹ และเกียรติสุดา เหลืองวิลัย^{1,2*}
Somprattana Nakdaeng¹, Tee Havananda¹, Krisana Krisanapook¹ and Kietsuda Luengwilai^{1,2*}

Received: May 14, 2024

Revised: July 1, 2024

Accepted: July 3, 2024

Abstract: Aromatic coconuts have a low yield from March to May, possibly because anthers do not dehisce during the rainy season, resulting in no pollen release to pollinate the female flowers. This leads to poor pollination and no fruit set in seven months afterward, coinciding with the period of low coconut production. Previous reports indicate that humidity, temperature, and ethylene affect anther dehiscence. However, there have been no reports on aromatic coconut. Therefore, this study investigated the temperature and relative humidity (RH) affecting anther dehiscence in aromatic coconut in a laboratory condition, and the anther dehiscence induced by ethephon. The study found that at a temperature of 40 °C and 60±10% RH, anther dehisced as early as the first hour after the beginning of the experiment and up to 80% by the 11th hour. At 20 °C and 90±5% RH, anther dehiscence was less than 10% even after 24 hours of testing. Additionally, ethylene at concentrations of 25–75 mL·L⁻¹ stimulated 50% anther dehiscence by the 14th hour, while at 100 mL·L⁻¹, anthers did not dehisce but fell off. Furthermore, when the germination medium was diluted threefold to simulate stigmatic fluid reduced by rain, the pollen germination rate was less than 20%.

Keywords: stamen, pollination, ethephon

บทคัดย่อ: มะพร้าว น้ำหอมมีผลผลิตเก็บเกี่ยวได้น้อยช่วงระหว่างเดือนมีนาคม ถึง เดือนพฤษภาคม ซึ่งอาจเกิดจากในช่วงฤดูฝน อับเรณูไม่แตก จึงไม่มีการปล่อยละอองเรณูออกมา ดอกเพศเมียจึงไม่ได้รับการผสม และทำให้ไม่ได้ผลผลิตในอีก 7 เดือนต่อมา ซึ่งตรงกับช่วงที่ผลผลิตมะพร้าว น้อย มีรายงานว่า ความชื้น อุณหภูมิ และเอทิลีน ส่งผลต่อการแตกของอับเรณู แต่ยังไม่มียางานในมะพร้าว น้ำหอม ดังนั้นการทดลองนี้จึงศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่ส่งผลต่อการแตกของอับเรณูมะพร้าว น้ำหอมในสภาพห้องปฏิบัติการ และการเร่งการแตกของอับเรณูด้วยเอทิลเฟอน จากการศึกษาพบว่า ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์

¹ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

¹ Department of Horticulture, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University Kamphang Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140

² ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กองส่งเสริมและประสานเพื่อประโยชน์ทางวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สำนักงานปลัดกระทรวง กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม 10400

² Postharvest Technology Innovation Center, Science, Research and Innovation Promotion and Utilization Division, Office of the Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, 10400

* Corresponding author: kietsuda.l@ku.a.c.th

60±10 เปอร์เซ็นต์ อับเรณูสามารถแตกได้ตั้งแต่ชั่วโมงแรกหลังเริ่มทดลอง และแตกได้ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ ในชั่วโมงที่ 11 ส่วนสภาพอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90±5 เปอร์เซ็นต์ อับเรณูแตกได้น้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ แม้ทดสอบนาน 24 ชั่วโมง นอกจากนั้นสารละลายเอทิฟอนความเข้มข้น 25–75 มิลลิกรัมต่อลิตร กระตุ้นให้อับเรณูสามารถแตกได้ 50 เปอร์เซ็นต์ ในชั่วโมงที่ 14 และที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่ทำให้อับเรณูไม่แตกแต่กลับทำให้ร่วงไป นอกจากนั้น เมื่อทดสอบการงอกในอาหารสังเคราะห์ที่เจือจางลง 3 เท่า ซึ่งเป็นสภาพสถานการณ์จำลองการชะละลายของสารเหนียวบนยอดเกสรเพศเมียโดยน้ำฝน พบว่าการงอกของละอองเรณู เหลือน้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: เกสรเพศผู้, การถ่ายละอองเรณู, เอทิฟอน

คำนำ

มะพร้าวน้ำหอม (*Cocos nucifera* L. 'Nam Hom') เป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมทั้งในไทยและต่างประเทศด้วยรสชาติที่หวานและมีกลิ่นหอมที่เป็นเอกลักษณ์ อีกทั้งยังสามารถบริโภคได้ทั้งผลสดและนำไปแปรรูปเป็นอาหารหลายชนิด ตลาดต่างประเทศ มีการขยายตัว และมีความต้องการสูงขึ้น ทำให้แนวโน้มการส่งออกเพิ่มขึ้นต่อเนื่องอย่างก้าวกระโดด โดยประเทศไทยมีสถิติการส่งออกมะพร้าวน้ำหอมเพิ่มขึ้นจาก 2,568 ล้านบาท ในปี พ.ศ. 2560 เป็น 15,131 ล้านบาท ในปี พ.ศ. 2566 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2567) แม้มะพร้าวน้ำหอมจะให้ผลผลิตตลอดทั้งปี แต่ผลผลิตกลับไม่สม่ำเสมอ โดยเฉพาะช่วงระหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคมซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อน มักพบว่าผลผลิตไม่เพียงพอ (ขาดคอ) ทั้งที่ความต้องการของตลาดในช่วงนี้มีปริมาณมาก โดยเฉพาะตลาดต่างประเทศ ทำให้สูญเสียโอกาสในการส่งออกเพื่อนำเงินเข้าสู่ประเทศ ขณะที่ในช่วงฤดูฝนราวเดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายนกลับมีผลผลิตล้นตลาดจนบ่อยครั้งทำให้ราคาตกต่ำ (กฤษฎา และคณะ, 2555)

การขาดคอของมะพร้าวน้ำหอมในช่วงฤดูร้อนนั้นยังไม่ทราบแน่ชัดว่าเกิดจากสาเหตุใด แต่สันนิษฐานว่าอาจเกิดจากสภาพอากาศในช่วงฤดูฝนมีปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิสูง (มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 907 มิลลิเมตร 79%RH และ 29.7 องศาเซลเซียสตามลำดับ) (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2567) ทำให้อับเรณูของมะพร้าวน้ำหอมไม่แตก หรือแตกได้น้อย ปล่อยละอองเรณูน้อย การผสมเกสรจึงเกิดได้

ไม่ดี ส่งผลให้ผลผลิตที่จะเก็บเกี่ยวได้ในอีก 7 เดือนถัดไป (ช่วงฤดูร้อน) มีปริมาณลดลง มีรายงานเกี่ยวกับสภาพอุณหภูมิสูง 39 องศาเซลเซียส ทำให้การพองตัว (swelling) ของละอองเรณูในข้าวลดลง ส่งผลให้แรงดันไม่เพียงพอที่จะไปดันให้อับเรณูแตก (Matsui *et al.*, 2000) ในขณะที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์สูงส่งผลให้การแตกของอับเรณูในมะม่วงลดลง พบอาการดังกล่าวเกิดขึ้นได้ในมะม่วงพันธุ์เรด เชียวเสวย ศาลายา และน้ำดอกไม้ทะวาย โดยอับเรณูแตกไม่ถึง 5 เปอร์เซ็นต์ในสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง 90 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่พันธุ์โชคอนันต์และมันเดือนก้ามมีการแตกของอับเรณูได้บ้าง (14–27 เปอร์เซ็นต์) (ประเสริฐ, 2540) สำหรับมะพร้าวน้ำหอม พบว่าที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ 50 เปอร์เซ็นต์ อับเรณูเริ่มแตกภายใน 30 นาทีแรก และแตกได้ 100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง ส่วนในสภาพความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ อับเรณูไม่แตกแม้เวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง 30 นาที แล้วก็ตาม (ภูมิ และคณะ, 2559) ทั้งนี้ยังไม่มีข้อมูลการแตกของอับเรณูของมะพร้าวน้ำหอมที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่สูงกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลาเวลานาน เช่นที่พบได้ในสภาพอากาศของวันที่มีฝนตก

เอทิลีนเป็นฮอร์โมนพืชที่มีผลต่อการแตกของอับเรณู มีรายงานว่า ในสภาพที่ไม่มีเอทิลีน หรือตัวรับเอทิลีนถูกยับยั้งการทำงาน การแตกของอับเรณูจะใช้เวลานานขึ้น (Rieu *et al.*, 2003). นอกจากนั้น มีรายงานว่าความเข้มข้นของน้ำหวานที่ยอดเกสรเพศเมียมีผลต่อการงอกของละอองเรณู (Lau *et al.*, 2017) ดังนั้นเป็นไปได้ว่า การมีฝนตกชุกในช่วงที่ดอกบาน

อาจทำให้น้ำหวานหรือสารเหนียวที่ยอดเกสรเพศเมีย (stigmatic fluid) ของมะพร้าว น้ำหอมถูกเจือจางด้วยน้ำฝน เป็นเหตุให้ละอองเรณูไม่สามารถงอกได้ และส่งผลให้กระบวนการปฏิสนธิไม่สมบูรณ์

การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่ชะลอหรือยับยั้งการแตกของอับเรณู และทดสอบว่าสามารถเพิ่มการแตกของอับเรณูด้วยเอทิลีนได้หรือไม่ อีกทั้งทดสอบการงอกของละอองเรณูในอาหารเพาะละอองเรณูที่เจือจางความเข้มข้นลงเพื่อจำลองสถานการณ์ในฤดูฝน

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่าง

เลือกดอกเพศผู้ของมะพร้าว น้ำหอมที่ใกล้จะบาน (อับเรณูยังไม่แตกออก) โดยตัดมาเฉพาะส่วนของระแงงที่มีดอกเพศผู้ที่ใกล้บานประมาณ 5 ดอก

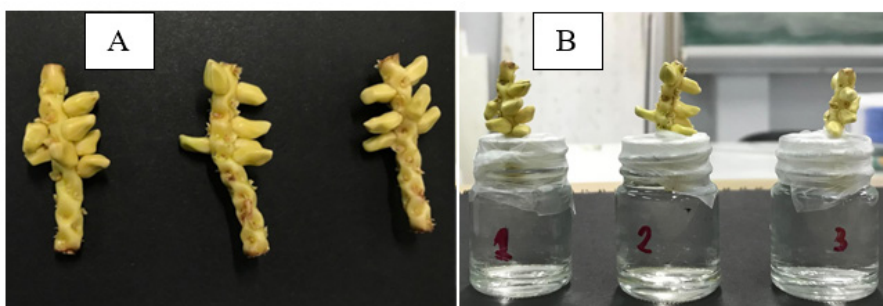


Figure 1 Unopened aromatic coconut male flowers ready to dehisce attached to rachillae of 2 cm long (A). The rachillae were retrimmed and placed in distilled water to mimic natural conditions (B).

3. ผลของความชื้นสัมพัทธ์ต่อการแตกของอับเรณูมะพร้าว น้ำหอม

นำระแงงที่เตรียมไปใส่ในขวดโหล ที่ติดตั้งแผงควบคุมอากาศ (flow board) ที่มีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ให้ได้ตามต้องการ โดยการผสมอากาศที่ผ่านโหลขึ้นให้ความชื้นสัมพัทธ์ 95 ± 5 เปอร์เซ็นต์ (โหล a, Figure 2A) กับอากาศที่ดูดความชื้นออกผ่านโหลที่บรรจุด้วย silica gel ให้ความชื้นสัมพัทธ์ 50 ± 3 เปอร์เซ็นต์ (โหล b, Figure 2B) ในสัดส่วนต่าง ๆ เพื่อควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ที่แตกต่างกัน 3 ระดับตามกรรมวิธี (Figure 2) คือ

ต่อระแงง โดยความยาวตั้งแต่โคนระแงงถึงดอกกลางสุดยาว 2 เซนติเมตร เพื่อให้สะดวกต่อการนำไปปักแจกัน (Figure 1A) จากนั้นนำไปแช่น้ำโดยให้ปลายระแงงด้านโคนอยู่ในน้ำเพื่อให้ระแงงดูดน้ำได้เลียนแบบตามสภาพธรรมชาติ (Figure 1B)

2. ผลของอุณหภูมิต่อการแตกของอับเรณูของมะพร้าว น้ำหอม

นำระแงงที่ได้ไปเก็บในห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยปรับให้มีอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์, 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60 เปอร์เซ็นต์ และ 40 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60 เปอร์เซ็นต์ มี 3 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ระแงง และบันทึกการแตกของอับเรณูมะพร้าว น้ำหอมทุกชั่วโมง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วรายงานผลเป็นอัตราการแตกของอับเรณูสะสมรายชั่วโมง โดยทำการทดลองซ้ำทั้งหมด (repeat) 5 ครั้ง

อัตราการไหลโหล a : b เท่ากับ 100 : 0 มิลลิลิตร ต่อนาที, 100 : 65 มิลลิลิตรต่อนาที และ 100 : 25 มิลลิลิตรต่อนาที เพื่อให้ได้ความชื้นสัมพัทธ์ 95 ± 5 , 80 ± 10 และ 60 ± 10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยวางโหลนี้ไว้ที่อุณหภูมิห้อง ประมาณ 29 ± 3 องศาเซลเซียส ที่มีเอทิลีนในบรรยากาศน้อยกว่า 1 มิลลิลิตรต่อลิตร ทำการตรวจนับการแตกของอับเรณูมะพร้าว น้ำหอม เช่นเดียวกับการทดสอบเรื่องอุณหภูมิ โดยแต่ละสภาพมี 3 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ระแงง และทำการทดลองซ้ำทั้งหมด (repeat) 5 ครั้ง

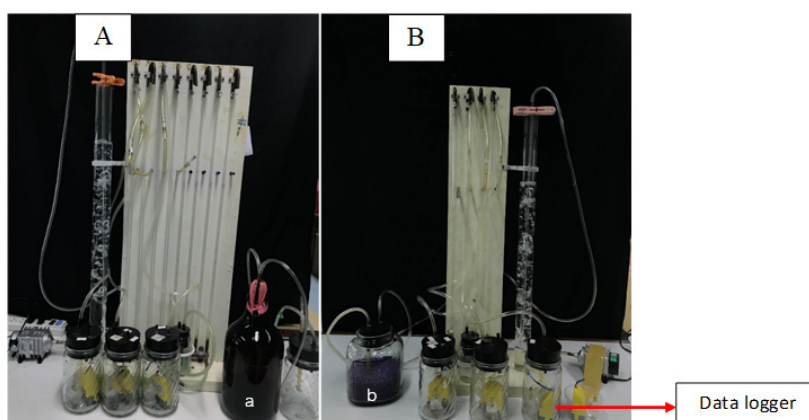


Figure 2 The installation of a flow board to monitor and control relative humidity levels in three treatments. In one chamber (a), the air was passed through the water to achieve a relative humidity of $95 \pm 5\%$ (A). In another chamber (b), the air was passed through silica gel to achieve a relative humidity of about $50 \pm 3\%$ (B). Subsequently, air from chambers (a) and (b) was mixed in another chamber with different flow rate or proportions to obtain air within the chamber with the desired humidity levels as specified (95 ± 5 , 80 ± 10 , and $60 \pm 10\%$).

4. ผลของเอทิลีนต่อการแตกของอับเรณูมะพร้าว น้ำหอม

นำระแ่งที่มีดอกเพศผู้กล้วยไม้ 5 ดอก ไปพ่นด้วยเอทิลีน (ไกลฟอน ความเข้มข้น $48\% \text{ W/V}$, ไกลบอล คอปส์ จำกัด กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย) ที่ความเข้มข้น 0 (พ่นน้ำเปล่า) 25 50 75 และ 100 มิลลิลิตร/ลิตร จากนั้นพ่นให้หมาก่อนนำส่วนโคนระแ่งที่ตัดมาไปแช่ในน้ำ แล้วนำไปเก็บในสภาพห้องปกติ (อุณหภูมิ 29 ± 3 องศาเซลเซียส และ ความชื้นสัมพัทธ์ 57 ± 5 เปอร์เซ็นต์) นาน 24 ชั่วโมง แล้วตรวจนับการแตกของอับเรณูของมะพร้าว น้ำหอม เช่นเดียวกับการทดสอบเรื่องอุณหภูมิโดยแต่ละความเข้มข้นมี 3 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ระแ่ง และทำการทดลองซ้ำทั้งหมด (repeat) 5 ครั้ง

5. ความเข้มข้นของสูตรอาหารสังเคราะห์ต่อการออกของละอองเรณูมะพร้าว น้ำหอม

เก็บละอองเรณูจากจั่นที่เพิ่งบานในวัน ที่ทดสอบในช่วง 8.30-10.00 น โดยเก็บเฉพาะบริเวณส่วนกลางของระแ่ง นำมาทดสอบการออกของละอองเรณูด้วยเทคนิคหยดแขวน (hanging drop technique) โดยใช้อาหารสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นน้ำตาลซูโครส 15 เปอร์เซ็นต์ (w/v), H_3BO_3

$100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ $300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ $200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, และ KNO_3 $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$

ตามสูตรของ Brewbaker และ Kwack (1963) (ชุดควบคุม) จากนั้นนำอาหารสังเคราะห์ มาเจือจางให้มีความเข้มข้นของธาตุอาหารต่าง ๆ เป็น 0 67 ($2/3$ เท่า) และ 33 ($1/3$ เท่า) เปอร์เซ็นต์ ของชุดควบคุม แต่ให้คงความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสที่ 15 เปอร์เซ็นต์เท่าเดิม จากนั้นทดสอบการงอกของละอองเรณู โดยหยดอาหารลงบน cover slip 1 หยด นำละอองเรณูจากดอกเพศผู้มะพร้าว น้ำหอมมาใส่ลงในอาหาร ใช้ไม้จิ้มฟันสะอาดเขี่ยเบา ๆ ให้ละอองเรณูกระจายทั่วหยดอาหาร จากนั้นนำ cover slip ปิดลงบนสไลด์หลุม โดยให้หยดอาหารอยู่ตรงกลางหลุม นำสไลด์ไปบ่มในภาชนะปิดที่ภายในมีกระดาษทิชชูชุ่มน้ำอยู่ บ่มทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 4-6 ชั่วโมง สุ่มนับจำนวนละอองเรณูที่งอกภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 40 เท่า ละอองเรณูที่นับว่างอกต้องมีลักษณะของหลอดเรณู (pollen tube) ที่มีความยาวไม่น้อยกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางของเรณู สุ่มนับละอองเรณูที่งอก 3 บริเวณต่อ 1 สไลด์ จากนั้นคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การออกของละอองเรณู ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การออกของละอองเรณู} = \frac{\text{จำนวนละอองเรณูที่งอก}}{\text{จำนวนละอองเรณูที่สุ่มนับ}} \times 100$$

6. ความเข้มข้นของน้ำตาลต่อการงอกของละอองเรณูมะพร้าว น้ำหอม

นำสารละลายที่ใช้ทดสอบความงอก สูตรมาตรฐานสูตรเดียวกับการทดลองข้อ 5 แต่ให้เจือจางเฉพาะส่วนของน้ำตาลซูโครสให้มีความเข้มข้น 0 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยให้คงความเข้มข้นของส่วนผสมอื่นๆ เท่าเดิม เปรียบเทียบกับสูตรมาตรฐานที่มีน้ำตาลซูโครส 15 เปอร์เซ็นต์ (ชุดควบคุม) จากนั้นทดสอบการงอกของละอองเรณู เช่นเดียวกับการทดลองข้อ 5

7. การวิเคราะห์ข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) มี 3-5 ซ้ำวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (repeated measurement) ด้วยวิธี ANOVA และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยวิธี Tukey's test ด้วยโปรแกรม SPSS Statistics เวอร์ชัน 23

ผลการทดลอง

1. ผลของอุณหภูมิต่อการแตกของอับเรณูมะพร้าว น้ำหอม

จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิ 20 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ พบว่าอับเรณูสามารถแตกได้เพียง 10 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงเวลาที่ 3 ชั่วโมงที่ 3 หลังเริ่มทดลอง และที่อุณหภูมิ 30 ± 3 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60 เปอร์เซ็นต์ พบว่าอับเรณูเริ่มแตกตั้งแต่ช่วงเวลาที่ 2 และแตกได้สูงสุดที่ 45 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงเวลาที่ 10 ชั่วโมงที่ 10 หลังเริ่มทดสอบ ส่วนที่ 40 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60 เปอร์เซ็นต์ พบว่าหลังทดลอง 1 ชั่วโมง อับเรณูแตกได้ 40 เปอร์เซ็นต์ แล้วแตกเพิ่มขึ้นถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงเวลาที่ 2 และสามารถแตกได้สูงสุดที่ 80 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงเวลาที่ 11 หลังทดสอบ (Figure 3)

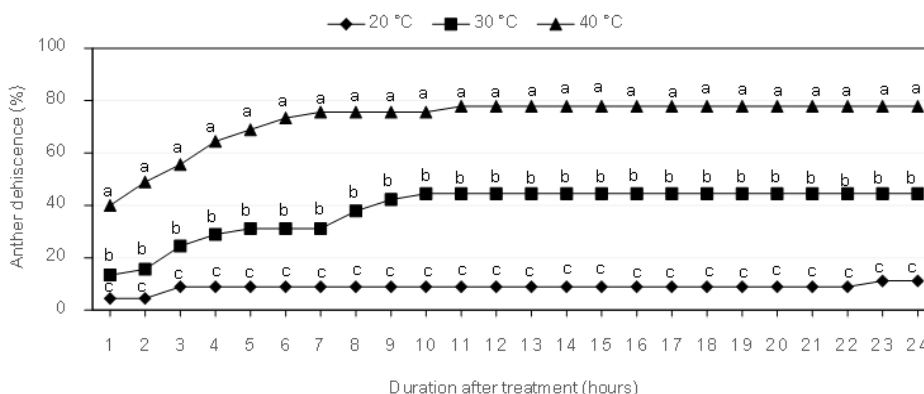


Figure 3 Percentage of anther dehiscence in aromatic coconut in response to different temperatures ranging from 20 °C (80% RH), 30 °C (60% RH) and 40 °C (60% RH). Data represent the mean with n=5. Means within the same hours denoted by the same letter are not significantly different ($P < 0.05$) using Tukey's test.

2. ผลของความชื้นสัมพัทธ์ต่อการแตกของอับเรณูมะพร้าว น้ำหอม

จากการทดลองพบว่าในสภาพที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 60 ± 10 เปอร์เซ็นต์ อับเรณูแตกได้ 15 เปอร์เซ็นต์ ภายในชั่วโมงแรก และเพิ่มขึ้นเป็น 50 เปอร์เซ็นต์ ภายใน 6 ชั่วโมงหลังเริ่มทดสอบ ส่วนในสภาพความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 10 เปอร์เซ็นต์ เริ่มมี

การแตกของอับเรณูในช่วงเวลาที่ 2 แต่แตกได้เพียง 10 เปอร์เซ็นต์ และอับเรณูมีการแตกสูงสุด 30 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเวลาผ่านไป 12 ชั่วโมง ส่วนที่สภาพความชื้นสัมพัทธ์ 90 ± 5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าดอกอับเรณูสามารถแตกได้ แต่ไม่ถึง 10 เปอร์เซ็นต์ แม้จะผ่านไป ถึง 24 ชั่วโมงหลังเริ่มการทดลอง (Figure 4)

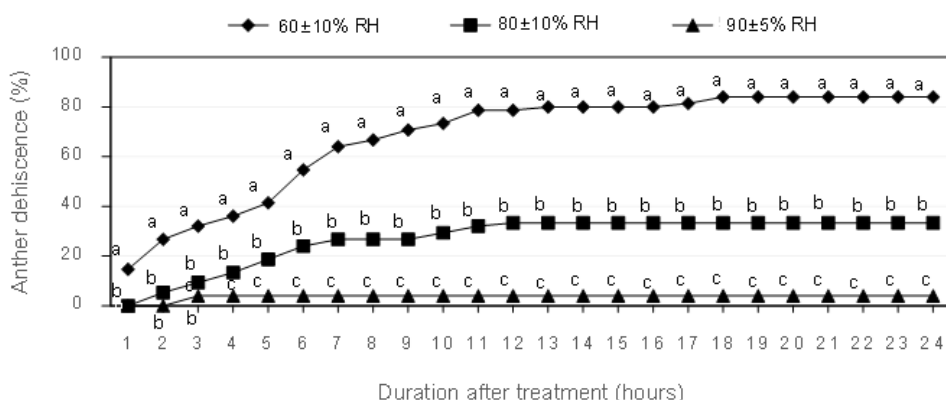


Figure 4 Percentage of anther dehiscence in aromatic coconut in response to different relative humidity ranging from 60±10, 80±10 และ 90±5% at 29±3 °C. Data represent the mean with n=5. Means within the same hours denoted by the same letter are not significantly (P<0.05) using Tukey's test.

3. ผลของเอทิลีนต่อการแตกของอับเรณูมะพร้าว น้ำหอม

จากการพ่นสารละลายเอทิลีนให้กับช่อดอกย่อย พบว่า ที่ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร อัตราการแตกของอับเรณูเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว ภายในชั่วโมงที่ 1-7 เริ่มคงที่ในชั่วโมงที่ 8 และสามารถแตกได้ 50 เปอร์เซ็นต์ในชั่วโมงที่ 13 จนถึงพ่นสารความเข้มข้น 75 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าอัตราการแตกของอับเรณูในชั่วโมงที่ 1-6 ค่อนข้างเร็ว และสามารถ

แตกได้ 50 เปอร์เซ็นต์ ภายใน 13 ชั่วโมงหลังพ่นสาร และที่ความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อลิตร อัตราการแตกของอับเรณูเกิดขึ้นได้เร็วกว่าปานกลาง ภายในชั่วโมงที่ 1-8 เริ่มคงที่ที่ชั่วโมงที่ 9 และสามารถแตกได้สูงสุด 44 เปอร์เซ็นต์ที่ชั่วโมงที่ 14 ส่วนการให้เอทิลีนความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ดอกร่วง โดยอับเรณูไม่แตก และการพ่นอับเรณูด้วยน้ำเปล่า (0 มิลลิกรัมต่อลิตร) มีการแตกของอับเรณูไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ ตลอดการทดลอง (Figure 5)

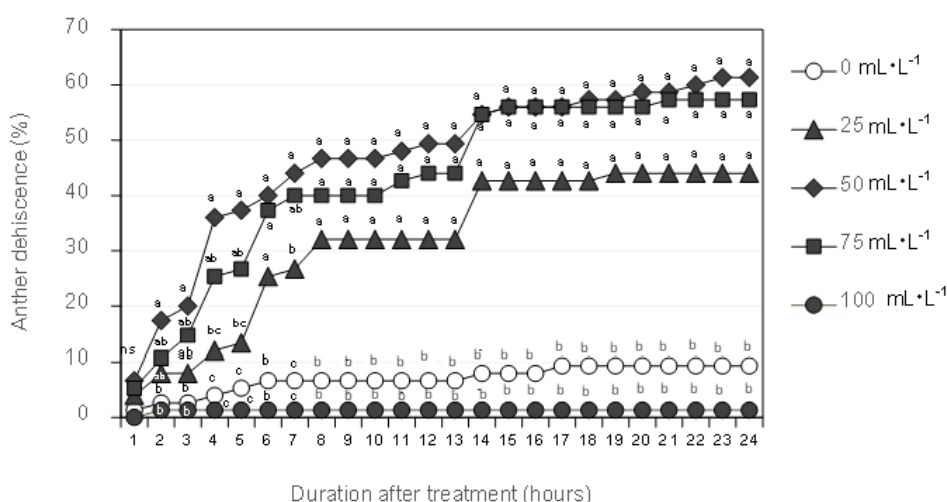


Figure 5 Percentage of anther dehiscence in aromatic coconut in response to different ethephon concentrations ranging from 0, 25, 50, 75 and 100 ppm and incubate at ambient condition (with 29±3 °C and 57±5% RH) for 24 hours. Data represent the mean with n=5. Means within the same hours denoted by the same letter are not significantly different (P<0.05) using Tukey's test.

4. ความเข้มข้นของสูตรอาหารสังเคราะห์และน้ำตาลต่อการงอกของละอองเรณูมะพร้าว น้ำหอม

จากการศึกษาการงอกของละอองเรณูของมะพร้าวน้ำหอมในอาหารสังเคราะห์ที่เจือจาง พบว่าในอาหารสังเคราะห์เจือจาง 1.5 เท่า (67 เปอร์เซ็นต์) ละอองเรณูสามารถงอกได้ไม่แตกต่างจากอาหารสังเคราะห์ที่ไม่ได้เจือจาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 73 ± 5 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ในอาหารสังเคราะห์ที่เจือจาง 3 เท่า (33 เปอร์เซ็นต์) ละอองเรณูของมะพร้าวน้ำหอมงอก

ได้น้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใกล้เคียงกับการงอกในอาหารที่มีน้ำตาลเพียงอย่างเดียว (Figure 6A) ในทำนองเดียวกัน ในอาหารที่เจือจางเฉพาะน้ำตาลซูโครสและยังคงส่วนผสมอื่น ๆ ให้มีความเข้มข้นเท่าเดิม พบว่าละอองเรณูงอกได้ดีที่สุด ที่น้ำตาลซูโครส 15 เปอร์เซ็นต์งอกได้ 73 ± 5 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยการงอกเท่ากับ 58 ± 4 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ในอาหารสังเคราะห์ที่มีน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ ละอองเรณูของมะพร้าวน้ำหอมงอกได้น้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ (Figure 6B)

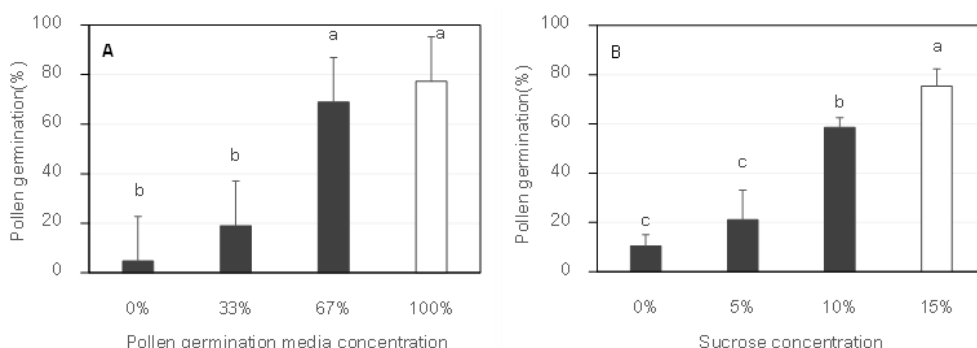


Figure 6 Pollen germination on different media and sucrose concentrations. The pollen germination media was diluted to have 0, 33, 67 and 100 % of the standard medium described by Brewbaker and Kwack (1963) with the 15 % sucrose concentration remained constant (A). On the other hand, sucrose concentration in the Brewbaker-Kwak medium was varied while concentrations of other nutrients remained constant (B). Data represent the mean $\pm$ standard deviation with $n=15$. Means denoted by the same letter are not significantly different ($P<0.05$) using Tukey's test.

วิจารณ์

อุณหภูมิและความชื้นส่งผลโดยตรงต่อการแตกของอับเรณู โดยส่งเสริมการคายน้ำบริเวณผนังของอับเรณูทำให้เกิดแรงดึงมากขึ้น หรือทางอ้อมโดยส่งเสริมการพองตัวของเรณู ทำให้มีแรงดันมากขึ้นหรือทั้งสองกระบวนการ (Wilson et al., 2011) โดยโครงสร้างของอับเรณูประกอบด้วยเซลล์ชั้นนอกสุดเรียกว่า epidermis ถัดเข้าไปเป็นชั้น endothecium ประกอบด้วยเซลล์ endothelial cells เรียงตัวกัน 1 ชั้น เซลล์ในชั้นนี้ มีลักษณะพิเศษคือ มีผนังหนา 3 ด้าน คือ ด้านข้างและด้านใน ส่วนด้านนอกที่ติดกับ epidermal cell จะมีผนังบาง โดยส่วนของอับเรณูที่เป็นรอยแยกเพื่อปลดปล่อยละอองเรณู เรียกว่า

stomium ประกอบด้วย parenchyma cell ทั้งนี้การแตกของอับเรณูเริ่มจากผนังของอับเรณูมีการเสียน้ำออกจาก endothelial cell ทำให้เซลล์เหี่ยวลง ผนังด้านบางที่อยู่ติดกับ epidermal cell เกิดการพับย่นเข้าหากัน ทำให้มีความแข็งแรงน้อยกว่าผนังด้านอื่น เมื่อเกิดเหตุการณ์นี้ขึ้นพร้อมกันทุกเซลล์ทำให้เกิดแรงดึงขึ้นทุกจุดบนผนังด้านนอกของอับเรณู ส่งผลให้เซลล์บน stomium ซึ่งเป็นบริเวณที่อ่อนแอที่สุดฉีกขาดออกจากกัน (Fahn, 1977) นอกจากนั้น ยังพบว่า การเต่งของละอองเรณูทำให้เกิดแรงดัน จนนำไปสู่การแตกของอับเรณูได้เช่นกัน จากผลการทดลองพบว่า ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60 เปอร์เซ็นต์ อับเรณูแตกได้ดีที่สุดและการแตก

น้อยลง 2–2.5 เท่า เมื่ออุณหภูมิลดลงทุก 10 องศาเซลเซียส และความชื้นสูงขึ้น 20 เปอร์เซ็นต์ เป็นไปได้ว่าที่สภาพอุณหภูมิสูง ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ เอื้อให้ผนังอับเรณูคายน้ำมากขึ้น จึงมีแรงดึงให้ผนังกันแยกออกจากกันได้มาก ทั้งนี้หากเปรียบเทียบกับ การแตกของอับเรณูในข้าวกลับพบว่าอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ยับยั้งการแตกของอับเรณู เนื่องจากอุณหภูมิสูงไปยับยั้งการพองตัวของละอองเรณู แต่ในกรณีของอับเรณูมะพร้าวเป็นไปได้ว่า ผนังเรณูที่หนา ทำให้ทนอุณหภูมิสูงได้มากกว่า นอกจากนั้นการที่มีผนังหนาอาจช่วยทำให้อุณหภูมิภายในอับเรณูไม่สูงเกินไป หรือการออกของเรณูของมะพร้าวอาจทนต่อสภาพอุณหภูมิที่สูงได้มากกว่าเรณูของข้าวก็เป็นได้ ซึ่งต้องมีการศึกษาต่อไป

จากการทดลองผลของเอทิลีนต่อการแตกของอับเรณูมะพร้าวน้ำหอม พบว่า อับเรณูที่ได้รับเอทิลีน 25 50 และ 75 มิลลิลิตรต่อลิตร หลังชั่วโมงที่ 8 เป็นต้นไป มีการแตกของอับเรณูได้ไม่แตกต่างกัน สันนิษฐานว่า เอทิลีนอาจทำหน้าที่เพียงกระตุ้นสัญญาณคล้ายกลไกที่เกิดจาก Jasmonic acid กล่าวคือ ส่งสัญญาณกระตุ้นการเคลื่อนที่ของน้ำในท่อลำเลียงจาก endothecium connective tissue และ anther locules ซึ่งช่วยส่งเสริมให้เกิดการแตกของอับเรณู (Rieu *et al.*, 2003; Wilson *et al.*, 2011) ในกรณีมะพร้าวน้ำหอมหากความเข้มข้นของเอทิลีนสูงเกินไป คือ 100 มิลลิลิตรต่อลิตร กลับทำให้ดอกร่วงโดยไม่มีการแตกของอับเรณู ทั้งนี้เป็นข้อสังเกตว่า ชุดที่ฉีดพ่นด้วยน้ำเปล่า (0 มิลลิลิตรต่อลิตร) อับเรณูแตกได้น้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งน้อยกว่าการแตกของอับเรณูจากการทดลองเรื่องผลของอุณหภูมิ และผลของความชื้นสัมพัทธ์ ในตำรับทดลองที่อยู่ในอุณหภูมิประมาณ 30 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 60 เปอร์เซ็นต์ ใกล้เคียงกันจึงเป็นการช่วยยืนยันผลของความชื้นสัมพัทธ์สูงต่อการแตกอับเรณู และอธิบายได้ว่าในการทดลองนี้การพ่นน้ำเปล่าทำให้ผนังอับเรณูมีความชื้นสูงกว่า จึงแตกได้น้อยกว่าแม้ทำการทดลองในสภาพเดียวกัน

เมื่อจำลองสถานการณ์ในช่วงฤดูฝน โดยตั้งสมมติฐานว่าน้ำฝนอาจเจือจางของเหลวบนยอดเกสรเพศเมีย (stigmatic fluid) จึงทดลองโดยเจือจางอาหารสังเคราะห์สำหรับการทดสอบความงอกของละอองเรณู พบว่าละอองเรณูออกได้น้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ หากอาหารสังเคราะห์ที่ใช้ทดสอบการงอกของละอองเรณู มีความเข้มข้นลดลง 3 เท่า หรือน้ำตาลลดลงเหลือ 1.5 เท่า บ่งชี้ว่าหากน้ำฝนเจือจางความเข้มข้นของของเหลวบนยอดเกสรเพศเมีย อาจส่งผลให้ละอองเรณูออกได้ไม่ดี ทั้งนี้ ต้องมีการพิสูจน์ว่าปริมาณน้ำฝนทำให้น้ำหวานบนยอดเกสรเพศเมียเจือจางจริงหรือไม่ต่อไป

สรุป

อุณหภูมิ 40 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60 ± 10 เปอร์เซ็นต์ ทำให้อับเรณูแตกได้ดีที่สุด และการแตกน้อยลง 2–2.5 เท่า เมื่ออุณหภูมิลดลงทุก 10 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้น 20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเอทิลีน 25–75 มิลลิลิตรต่อลิตร เร่งการแตกของอับเรณูได้ มากกว่า 40 เปอร์เซ็นต์หลังให้สาร 13 ชั่วโมง ในขณะที่ชุดควบคุมแตกน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ การงอกของละอองเรณูลดลงเหลือน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเจือจางอาหารสังเคราะห์ ลง 3 เท่า

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน)

เอกสารอ้างอิง

กฤษฎา กฤษณพุกต์, วชิรญา อิ่มสบาย, ภาสันต์ ศารทูลทัต, ปิยะณัฐ ฝากามาศ, ศุภธิดา อับดุลลาการิม, เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์, ราตรี บุญเรืองรอด, อุไรวรรณ นิลเพชร, วันชาติ นิธิพันธ์ และชราวุธ ไทยพงษ์. 2555. การสำรวจข้อมูลเบื้องต้นในการผลิตและปัจจัยที่เกี่ยวข้องของ มะพร้าวอ่อนเพื่อส่งออก. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.). 284 หน้า.

- กรมอุตุฯนิยมนิยามวิทยา. 2567. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: https://thailand.go.th/useful-information-detail/009_153?hl=th และ <https://tmd-dev.azurewebsites.net/> (21 มิถุนายน 2567).
- ประเสริฐรัฐ ประภาณภสินธุ์. 2540. อิทธิพลของความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่มีต่อการแตกอับละของเกสรของ มะม่วงพันธุ์ต่างๆ. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 9 หน้า.
- ภูมิ ทองเนื้อห้ำ, กฤษณา กฤษณพุกต์, เกียรติศักดิ์ ไทยพงษ์ และปิยะณัฐ ฝักามาศ. 2559. อิทธิพลของอุณหภูมิต่อความมีชีวิต และความงอกของละอองเรณูในมะพร้าว น้ำหอม. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 44 (2) (พิเศษ): 69–72.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2567. ระบบฐานข้อมูลและการให้บริการข้อมูลการค้าเกษตรต่างประเทศของประเทศไทย. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://impexpth.oae.go.th/export/> (18 มีนาคม 2567).
- Brewbaker, J. L., and B.H. Kwack. 1963. The essential role of calcium ion in pollen germination and pollen tube growth. *American Journal of Botany* 50(9): 859–865.
- Fahn, A. 1977. *Plant Anatomy*. 2nd ed. (reprinted), Pergamon Press, Oxford. 611 p.
- Lau, J. Y., C.C. Pang, L. Ramsden and R.M. Saunders. 2017. Stigmatic exudate in the Annonaceae: Pollinator reward, pollen germination medium or extragynoecial compitum?. *Journal of Integrative Plant Biology* 59(12): 881–894.
- Matsui, T., K. Omasa and T. Horie. 2000. High temperature at flowering inhibits swelling of pollen grains, a driving force for thecae dehiscence in rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Production Science* 3(4): 430–434.
- Rieu, I., M. Wolters-Arts, J. Derksen, C. Mariani and K. Weterings. 2003. Ethylene regulates the timing of anther dehiscence in tobacco. *Planta* 217: 131–137.
- Wilson, Z. A., J. Song, B. Taylor, and C. Yang. 2011. The final split: the regulation of anther dehiscence. *Journal of Experimental Botany* 62(5): 1633–1649.

การใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอชนิด SRAP ในการจำแนกเส้นใยเห็ดสกุลนางรม และเห็ดถั่งเช่าสีทอง

The Using of SRAP DNA Markers to Identify the Mycelium of Oyster Mushroom and *Cordyceps militaris*

เพ็ญแข รุ่งเรือง¹ อติศักดิ์ แก้วคำ² สอนิชัย จันทรเปรม³ และเสริมศิริ จันทรเปรม^{4*}

Penkhae Rungrueng¹, Adisak Kaewkam², Sontichai Chanprame³ and Sermsiri Chanprame^{4*}

Received: May 30, 2024

Revised: July 3, 2024

Accepted: July 4, 2024

Abstract: The *Pleurotus* and *Cordyceps* mushrooms are popular among consumers due to their rich nutritional and medicinal benefits. *Pleurotus* mushrooms are easy to grow and inexpensive, while *Cordyceps* mushrooms must be grown in aseptic conditions and are quite expensive. The classification of these two genera can be easily done by morphological characterization during the fruiting body stage. However, in the early stage of mycelial growth, morphological characterization is unsuccessful due to their resemblance. The objective of this study was to utilize SRAP DNA markers to discriminate between *Pleurotus* and *Cordyceps* mushroom species in an early mycelial stage, which will benefit genetic improvement through protoplast fusion. In this study, two cultivars of *P. ostreatus*, the Phoenix oyster mushroom and the Bhutan oyster mushroom, and *C. militaris* were investigated. A total of one hundred SRAP primer pairs (Me1-10/Em1-10) were examined. The results revealed that 57 primer pairs can be used to discriminate *C. militaris* from the two oyster mushrooms. Additionally, 33 primer pairs successfully discriminated between the Phoenix oyster mushroom and the Bhutan oyster mushroom. However, only 16 pairs of primers allowed for discrimination between these two *P. ostreatus* cultivars and *C. militaris*.

Keywords: mushroom identification, molecular markers, PCR

¹ สาขาวิจัยและพัฒนาการเกษตร คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

¹ Research and Development Program, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140

² ศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน และ ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักงานปลัดกระทรวงอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (AG-BIO/MHESI), กรุงเทพฯ

² Center for Agricultural Biotechnology, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140 and Center of Excellence on Agricultural Biotechnology (AG-BIO/MHESI), Bangkok, 10900

³ ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

³ Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140

⁴ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

⁴ Department of Horticulture, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140

*Corresponding author: agrsrc@ku.ac.th

บทคัดย่อ: เห็ดสกุลนางรมและสกุลถั่งเช่าเป็นเห็ดที่มีประโยชน์ทางโภชนาการและสรรพคุณทางยา และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยเห็ดสกุลนางรมปลูกเลี้ยงง่ายและราคาไม่แพง ส่วนเห็ดถั่งเช่าต้องเพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อและมีราคาสูง แม้ว่าการจำแนกเห็ดทั้งสองสกุลนี้สามารถจำแนกได้ด้วยลักษณะทางสัณฐานวิทยาในระยะเกิดดอก แต่ในระยะการเจริญเป็นเส้นใยในระยะเริ่มแรกนั้นเส้นใยเห็ดทั้งสองสกุลมีความคล้ายคลึงกันทำให้ยากต่อการจำแนก การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอชนิด SRAP สำหรับตรวจสอบความแตกต่างของเห็ดสกุลนางรมและสกุลถั่งเช่าในระยะเส้นใย ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์เห็ดเหล่านี้โดยวิธีการรวมโปรโตพลาสต์โดยได้ศึกษาในเห็ดสกุลนางรม 2 ชนิด ได้แก่ เห็ดนางฟ้า และเห็ดนางฟ้าภูฐาน และเห็ดสกุลถั่งเช่า 1 ชนิด ได้แก่ เห็ดถั่งเช่าสีทอง โดยใช้คู่ไพรเมอร์จำนวน 100 คู่ (Me1-10/Em1-10) ผลการทดลองพบว่า มีไพรเมอร์ที่สามารถใช้แยกความแตกต่างระหว่างเห็ดนางฟ้ากับเห็ดถั่งเช่าสีทอง และระหว่างเห็ดนางฟ้าภูฐานกับเห็ดถั่งเช่าสีทอง จำนวนอย่างละ 57 คู่ไพรเมอร์ และไพรเมอร์ที่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างเห็ดนางฟ้าและเห็ดนางฟ้าภูฐาน มีจำนวน 33 คู่ ส่วนไพรเมอร์ที่สามารถใช้ในการตรวจสอบความแตกต่างระหว่างเห็ดทั้งสามชนิดได้มีจำนวน 16 คู่

คำสำคัญ: การจำแนกเห็ด, เครื่องหมายโมเลกุล, พีซีอาร์

คำนำ

เห็ดเป็นเชื้อราที่มีขนาดใหญ่ซึ่งในระยะหนึ่งของการเจริญจะสร้างโครงสร้างขนาดใหญ่ คือ ดอกเห็ด หรือ fruiting body ที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจน โครงสร้างขนาดใหญ่นี้มีขนาดและรูปร่างแตกต่างกันตามชนิด สำหรับเห็ดสกุลนางรม หรือ oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*; Phylum Basidiomycota, Subphylum Agaricomycotina, Class Agaricomycetes, Subclass Agaricomycetidae, Order Agaricales, Family Pleurotaceae) มีชื่อเรียกตามลักษณะของดอกเห็ดที่รูปร่างคล้ายหอยนางรม ชื่อสกุลมาจากคำภาษาละติน pileus ที่หมายถึงหอยนางรม ลักษณะทั่วไปคือหมวกดอกมีผิวด้านบนเรียบกลางหมวกเว้าเป็นแอ่ง ขอบกลีบดอกโค้งลงด้านล่างเล็กน้อย หลังดอกมีลักษณะเป็นครีบ (gill) (Dube, 2013) เห็ดชนิดนี้มีชื่อไทยว่าเห็ดนางรม มีสีและขนาดแตกต่างกันตามสายพันธุ์ย่อยของเห็ด เช่น เห็ดนางรม เห็ดนางฟ้า เห็ดนางฟ้าภูฐาน และเห็ดนางรมฮังการี เป็นต้น เห็ดนางรมสามารถปลูกเลี้ยงได้ง่ายในสภาพแวดล้อมที่ยืดหยุ่นสูง จึงเป็นเห็ดที่ปลูกเป็นการค้ามากที่สุดในโลกชนิดหนึ่ง ในด้านโภชนาการจัดเป็นโปรตีนคุณภาพสูงเนื่องจากมีปริมาณไขมันและแคลอรีต่ำมากและยังมีกากใยอาหารเช่นเดียวกับผักผลไม้ (Chang and Miles, 2004; Regula and Siwulski, 2007)

เห็ดถั่งเช่าสีทอง (*Cordyceps militaris*;

Phylum Ascomycota, Class Sordariomycete, Subclass Hypocreomycetidae, Order Hypocreales, Family Cordycipitaceae) จัดเป็นเชื้อราปรสิตของแมลง (entomofungus) (Dube, 2013) ชาวจีนเชื่อว่าเห็ดถั่งเช่าสามารถรักษาโรคได้หลายอย่างและมีสรรพคุณเป็นยาอายุวัฒนะจึงเป็นที่นิยมบริโภคกันมาก แต่เห็ดถั่งเช่าที่เป็นที่ต้องการมากคือเห็ดถั่งเช่าทิเบต (*Cordyceps sinensis*) ซึ่งเป็นชนิดที่หาได้ยากในธรรมชาติจึงมีราคาสูง (Winkler, 2008) ส่วนชนิดที่มีการเพาะเลี้ยงกันมากในปัจจุบันคือเห็ดถั่งเช่าสีทอง ซึ่งเริ่มมีการพัฒนาเพาะเลี้ยงเป็นการค้าเมื่อประมาณ 15 ปีที่ผ่านมา โดยเพาะเลี้ยงกันมากในประเทศจีน เกาหลีและญี่ปุ่น ทำให้ปัจจุบันเห็ดเพาะเลี้ยงมีราคาถูกลงส่งผลให้การบริโภคเห็ดถั่งเช่ามีมากขึ้น ทั้งในรูปของอาหารเสริมใช้เป็นยา และใช้ประกอบอาหาร (Das et al., 2010)

เนื่องจากข้อดีเด่นของเห็ดสกุลนางรมที่สามารถปลูกเลี้ยงได้ง่าย และข้อดีเด่นในเชิงเป็นเห็ดสมุนไพรของถั่งเช่าสีทอง การพัฒนาสายพันธุ์ลูกผสมระหว่างเห็ดทั้งสองชนิดนี้จึงเป็นที่น่าสนใจ เพื่อให้ได้เห็ดชนิดใหม่ที่สามารถปลูกเลี้ยงได้ง่าย ราคาไม่แพง และมีทั้งคุณค่าทางอาหารและสรรพคุณทางยา แต่ด้วยการที่เห็ดทั้งสองชนิดอยู่ต่างวงศ์กันการนำเห็ดทั้งสองชนิดมาปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีการมาตรฐานไม่

สามารถทำได้ จึงต้องอาศัยเทคนิคทางเทคโนโลยีชีวภาพเข้าช่วย โดยเทคนิคการรวม

โปรโตพลาสต์จัดเป็นเทคนิคที่มีความเป็นไปได้สูงที่จะประสบความสำเร็จ อย่างไรก็ตาม ภายหลังการรวมโปรโตพลาสต์ระหว่างเห็ดทั้งสองชนิดแล้ว ขั้นตอนที่สำคัญคือการแยกความแตกต่างระหว่างลูกผสมจากสายพันธุ์พ่อแม่ เพื่อให้สามารถคัดแยกโคลนที่ลูกผสมออกจากโคลนของเห็ดตั้งต้นได้ตั้งแต่วัยแรก ทั้งนี้ แม้ว่าในระยะที่เป็นดอกเห็ดนั้นเห็ดทั้งสองชนิดสามารถแยกได้ด้วยลักษณะทางสัณฐานอย่างเด่นชัด เช่น ลักษณะดอก สี ขนาด และความยาวของก้านดอก เป็นต้น (เรือนแก้ว และ ปรีชา, 2553) แต่ในระยะการเจริญเป็นเส้นใยโดยเฉพาะในระยะเริ่มแรกนั้น เส้นใยของเห็ดหลายชนิดมีความคล้ายคลึงกันมาก บางครั้งไม่สามารถจำแนกได้ด้วยลักษณะทางสัณฐาน อย่างไรก็ตาม มีการใช้เครื่องหมายโมเลกุลที่เหมาะสมเข้ามาช่วยตรวจสอบความแตกต่างได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งโดยทั่วไปเครื่องหมายโมเลกุลที่ตรวจสอบระดับดีเอ็นเอหรือที่เรียกว่าเครื่องหมายดีเอ็นเอนั้นจะช่วยให้สามารถตรวจสอบและแยกความแตกต่างของสิ่งมีชีวิตที่ต้องการตรวจสอบได้อย่างละเอียด ดังนั้น จึงคาดว่าหากนำเครื่องหมายดีเอ็นเอที่เหมาะสมเข้ามาช่วยจะทำให้สามารถคัดแยกโคลนที่เป็นลูกผสมของเห็ดทั้งสองชนิดนี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เครื่องหมายดีเอ็นเอชนิด SRAP (Sequence Related Amplified Polymorphism) เป็นเทคนิคเครื่องหมายดีเอ็นเอที่พัฒนาขึ้นโดย Li and Quiros (2001) โดยออกแบบไพรเมอร์ 2 ชนิด ชนิด forward primer มีขนาด 17 เบส ที่ประกอบด้วยลำดับเบสแกน (core sequence) ที่เหมือนกันยาว 14 เบส ประกอบด้วยส่วนของลำดับเบสเรียกว่า filler ยาว 10 เบส ต่อด้วยเบส CCGG เพื่อให้จับได้กับส่วน exon หรือ ORF ซึ่งมักเป็นบริเวณที่มีองค์ประกอบของเบสเป็น GC สูง (GC rich) และตรงส่วนปลาย 3' ของไพรเมอร์นี้ มีเบสคัดเลือก (selective bases) อีก 3 เบส เบสทั้ง 3 นี้สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ส่วน reverse primer มีขนาด 18 เบส ประกอบด้วยลำดับเบสแกนที่เหมือนกันยาว 15 เบส ประกอบด้วยส่วน filler ยาว 11 เบส

ต่อด้วยเบส AATT เพื่อให้จับได้กับดีเอ็นเอในจีโนมบริเวณ AT สูง ซึ่งมักพบในส่วน intron และ promoter ของยีน ตรงปลาย 3' ของไพรเมอร์เป็นเบสคัดเลือกที่เปลี่ยนแปลงได้อีก 3 เบส (Table 1) การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอตัวอย่างของเทคนิคนี้ใช้วิธี step up PCR คือ ใช้อุณหภูมิ annealing ต่ำที่ 35 องศาเซลเซียส 5 รอบ เพื่อให้ไพรเมอร์จับกับดีเอ็นเอเป้าหมายได้ดีแล้วจึงเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นตามปกติอีก 30-35 รอบ เพื่อให้เกิดการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอเฉพาะส่วนที่มาจาก 5 รอบแรกเท่านั้น ทำให้ผลที่ได้มีความคงที่ และสามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้หลายตำแหน่งพร้อมกัน (สุรินทร์, 2552) โดยการปรากฏหรือไม่ปรากฏแถบดีเอ็นเอสามารถนำมาใช้ประโยชน์เป็นเครื่องหมายได้ดี เช่น Ren *et al.* (2012) พบว่า เครื่องหมายดีเอ็นเอ SRAP มีประสิทธิภาพในการระบุลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรา endophytic ได้ดีกว่าการใช้เทคนิค AFLP แบบดั้งเดิม ทำให้สามารถตรวจคัดกรองสายพันธุ์เชื้อรา endophytic ได้อย่างแม่นยำ ในด้านการปรับปรุงพันธุ์นั้นการใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอในการคัดเลือกลูกผสมต่าง ๆ จะช่วยลดระยะเวลาของการคัดเลือก (Zhang *et al.*, 2009) ใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอชนิด SRAP ในการคัดเลือกโปรโตพลาสต์ลูกผสมของเห็ดหลินจือ โดยตรวจสอบด้วยไพรเมอร์ทั้งหมด 153 คู่ และพบว่ามีไพรเมอร์จำนวน 4 คู่ ที่ให้แถบดีเอ็นเอเฉพาะสำหรับสายพันธุ์พ่อแม่และสายพันธุ์แม่ และสามารถใช้เพื่อตรวจยืนยันโปรโตพลาสต์ลูกผสมของเห็ดหลินจือได้

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการประยุกต์ใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอชนิด SRAP ในการตรวจสอบความแตกต่างของเห็ดสกุลนางรมและสกุลถั่งเช่า ผลการทดลองที่ได้สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการนำไปใช้ในการคัดเลือกลูกผสมระหว่างเห็ดสกุลนางรมและสกุลถั่งเช่าที่เกิดจากการรวมโปรโตพลาสต์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

สกัดดีเอ็นเอจากเส้นใยเห็ดนางฟ้า (Phoenix oyster mushroom) นางฟ้าภูฏาน (Bhutan oyster mushroom) (เชื้อพันธุ์กรรมเห็ดจาก สำนักวิจัยพัฒนา

เทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร) และหีดถึงเข้าสีทอง (เชื้อพันธุกรรมจากบริษัท ที เอส ทวิน จำกัด) ด้วยชุดสกัดดีเอ็นเอ BioFACTTM Genomic DNA Prep Kit For Fungus (BIOFACT Co., Ltd., Korea) ตรวจสอบคุณภาพของดีเอ็นเอ ด้วยวิธี electrophoresis ใน 1% agarose gel วัดปริมาณดีเอ็นเอด้วยวิธีการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 260 และ 280 นาโนเมตร

การคัดเลือกคู่ไพรเมอร์ที่เหมาะสมในการสร้างลายพิมพ์ดีเอ็นเอด้วยเทคนิค SRAP ทำโดยจับคู่ forward primer จำนวน 10 ไพรเมอร์ และ reverse primer จำนวน 10 ไพรเมอร์ ได้คู่ไพรเมอร์ทั้งหมด 100 คู่ (Table 1) นำดีเอ็นเอหีดทั้ง 3 ชนิด มาสร้างลายพิมพ์ดีเอ็นเอด้วยเทคนิค SRAP โดยการเตรียมปฏิกิริยาเพื่อเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอโดยวิธี PCR ปริมาตร 10 ไมโครลิตร ประกอบด้วย ดีเอ็นเอต้นแบบ 50 นาโนกรัม forward primer 100 นาโน

กรัม reverse primer 100 นาโนกรัม 10 mM dNTP 10x PCR buffer และ Taq polymerase (RBC) 1 ยูนิต นำไปเพิ่มปริมาณขึ้นดีเอ็นเอด้วยเทคนิค step up PCR โดยมีขั้นตอนคือ ขั้นที่ 1) pre-denaturation ที่อุณหภูมิ 94 องศาเซลเซียส 5 นาที จำนวน 1 รอบ จากนั้นทำปฏิกิริยาขั้นที่ 2) ที่อุณหภูมิ 94 องศาเซลเซียส 1 นาที, 35 องศาเซลเซียส 1 นาที, 72 องศาเซลเซียส 1 นาที, จำนวน 5 รอบ ทำปฏิกิริยาขั้นที่ 3) ที่อุณหภูมิ 94 องศาเซลเซียส 1 นาที, 50 องศาเซลเซียส 1 นาที, 72 องศาเซลเซียส 1 นาที, จำนวน 35 รอบ และในขั้นสุดท้าย final extension ทำปฏิกิริยาที่ 72 องศาเซลเซียส 7 นาที ตรวจสอบ PCR product ที่ได้ด้วยวิธี electrophoresis ใน 1.5% agarose gel โดยเทียบขนาดของ PCR product กับ GeneRuler 100 bp plus DNA ladder (Thermo Scientific) และนำแถบดีเอ็นเอ มาเปรียบเทียบความแตกต่างในแต่ละคู่ไพรเมอร์

Table 1 The sequences of SRAP primers used in this study. The dash line (____) represents filler, the underline (____) represents a GC- or AT-rich region and the thick underline (____) represents the selective bases at 3' end.

SRAP forward primers (5'-3')	SRAP reverse primers (5'-3')
Me1 TGAGTCCAAACCGGAAA	Em1 GACTGCGTACGAATTAAC
Me2 TGAGTCCAAACCGGAAG	Em2 GACTGCGTACGAATTAAT
Me3 TGAGTCCAAACCGGAAC	Em3 GACTGCGTACGAATTGAC
Me4 TGAGTCCAAACCGGAAT	Em4 GACTGCGTACGAATTGCA
Me5 TGAGTCCAAACCGGAGC	Em5 GACTGCGTACGAATTCAA
Me6 TGAGTCCAAACCGGACA	Em6 GACTGCGTACGAATTCAG
Me7 TGAGTCCAAACCGGACC	Em7 GACTGCGTACGAATTCAC
Me8 TGAGTCCAAACCGGATA	Em8 GACTGCGTACGAATTCTG
Me9 TGAGTCCAAACCGGTAG	Em9 GACTGCGTACGAATTGTA
Me10 TGAGTCCAAACCGGTCA	Em10 GACTGCGTACGAATTGTC

ผลการทดลองและวิจารณ์

ในการทดลองคัดเลือกรูปแบบไพรเมอร์ที่เหมาะสมของเครื่องหมายดีเอ็นเอ SRAP สำหรับระบุสายพันธุ์หีด ที่ได้ศึกษาโดยการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอหีด 3 ชนิด ได้แก่ หีดนางฟ้า หีดนางฟ้าภูฐาน และหีดถึงเข้าสีทอง ด้วยไพรเมอร์จำนวน 100 คู่ หลังการตรวจ

สอบลักษณะแถบดีเอ็นเอด้วยวิธี electrophoresis ใน 1.5% agarose gel พบว่า พบว่า มี 3 คู่ไพรเมอร์ที่ไม่สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ คือ Me2-Em7, Me5-Em7 และ Me6-Em8 และมี 97 คู่ไพรเมอร์ที่สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ (Table 2) โดยมีขนาดแถบดีเอ็นเออยู่ในช่วง 100-1,000 เบส แต่คู่

ไพรเมอร์ที่ให้แถบดีเอ็นเอที่ชัดเจน สามารถแยกเห็นทั้ง 3 ชนิดได้มีจำนวน 16 คู่ ได้แก่ Me1-Em7, Me2-Em8, Me3-Em4, Me3-Em8, Me3-Em9, Me4-Em1, Me4-Em7, Me4-Em9, Me5-Em1, Me5-Em5, Me5-Em10, Me7-Em1, Me8-Em1, Me9-Em10, Me10-Em2 และ Me10-Em7 ซึ่งทั้ง 16 คู่นี้ ให้จำนวนแถบดีเอ็นเอทั้งหมด 86 แถบ มีค่าเฉลี่ยจำนวนแถบดีเอ็นเอเท่ากับ 5.38 แถบต่อคู่ไพรเมอร์ และพบแถบดีเอ็นเอที่ให้ความแตกต่าง (polymorphic bands) จำนวน 82 แถบ (96.18 เปอร์เซ็นต์) คิดเป็นค่าเฉลี่ยจำนวนแถบดีเอ็นเอที่แตกต่างกันเท่ากับ 5.31 แถบต่อคู่ไพรเมอร์ โดยคู่ไพรเมอร์ที่ให้จำนวนแถบดีเอ็นเอมากที่สุดคือ Me4-Em1 ให้จำนวนแถบดีเอ็นเอทั้งหมด 8 แถบ

สำหรับคู่ไพรเมอร์ที่สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้แต่ไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างเห็นทั้ง 3 ชนิดได้ (Table 2) นั้น เนื่องจากแถบดีเอ็นเอที่ได้สามารถแยกความแตกต่างได้เฉพาะเห็นคู่ใดคู่หนึ่งเท่านั้น เช่น คู่ไพรเมอร์ Me1-Em2 ที่มีจำนวนแถบดีเอ็นเอเท่ากับ 6 แถบ และมีเปอร์เซ็นต์พอลิมอร์ฟิซึม 100 เปอร์เซ็นต์ซึ่งหมายถึงแถบดีเอ็นเอที่เพิ่มปริมาณทั้ง 6 แถบนี้มีขนาดแตกต่างกัน และพบว่า สามารถแยกความแตกต่างระหว่างเห็นนางฟ้ากับเห็นดั่งเข้าสีทอง และเห็นนางฟ้าภูฏานกับเห็นดั่งเข้าสีทองได้อย่างชัดเจน (Table 5, 6) แต่อย่างไรก็ตาม คู่ไพรเมอร์นี้กลับไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างเห็นนางฟ้าและเห็นนางฟ้าภูฏานได้ เนื่องจากแถบดีเอ็นเอเหล่านี้ที่พบในเห็นนางฟ้าและเห็นนางฟ้าภูฏานมีขนาดเท่ากัน

เมื่อเปรียบเทียบจำนวนแถบดีเอ็นเอของไพรเมอร์ทั้ง 16 คู่ ในเห็นทั้ง 3 ชนิด (Table 3) พบว่า เห็นนางฟ้าให้จำนวนแถบดีเอ็นเอมากที่สุด เท่ากับ 43 แถบ เฉลี่ย 2.68 แถบต่อคู่ไพรเมอร์ คู่ไพรเมอร์ที่ให้

แถบดีเอ็นเอมากที่สุด คือ Me4-Em1 ให้จำนวนแถบดีเอ็นเอเท่ากับ 7 แถบต่อคู่ ส่วนเห็นดั่งเข้าสีทองให้จำนวนแถบดีเอ็นเอน้อยที่สุด เท่ากับ 31 แถบ เฉลี่ย 1.93 แถบต่อคู่

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบคู่ไพรเมอร์ที่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างเห็น 2 ชนิด ได้แก่ 1) เห็นนางฟ้ากับเห็นนางฟ้าภูฏาน 2) เห็นนางฟ้ากับเห็นดั่งเข้าสีทอง และ 3) เห็นนางฟ้าภูฏานกับเห็นดั่งเข้าสีทอง พบว่า จำนวนคู่ไพรเมอร์ที่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างเห็นนางฟ้ากับนางฟ้าภูฏานได้มีจำนวน 33 คู่ (Table 4) โดยให้จำนวนแถบดีเอ็นเอทั้งหมด 159 แถบ มีแถบดีเอ็นเอที่แสดงความแตกต่างจำนวน 112 แถบ คิดเป็น 70.44 เปอร์เซ็นต์ โดยคู่ไพรเมอร์ที่ให้จำนวนแถบดีเอ็นเอมากที่สุดคือ Me4-Em1 มีจำนวนแถบทั้งหมด 8 แถบ และมีจำนวนแถบดีเอ็นเอที่แตกต่างกัน 7 แถบ

สำหรับจำนวนคู่ไพรเมอร์ที่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างเห็นนางฟ้ากับเห็นดั่งเข้าสีทองได้ มีจำนวน 57 คู่ (Table 5) ให้จำนวนแถบดีเอ็นเอทั้งหมด 241 แถบ มีแถบที่มีความแตกต่าง 217 แถบ คิดเป็น 90.04 เปอร์เซ็นต์ คู่ไพรเมอร์ที่ให้แถบดีเอ็นเอมากที่สุด คือ Me3-Em2 ให้จำนวนแถบดีเอ็นเอเท่ากับ 9 แถบ และคู่ไพรเมอร์ที่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างเห็นนางฟ้าภูฏานและเห็นดั่งเข้าสีทองได้มีจำนวนเท่ากับ 57 คู่ (Table 6) จำนวนแถบดีเอ็นเอทั้งหมด 231 แถบ มีแถบที่ทำให้เกิดความแตกต่างเท่ากับ 199 แถบ คิดเป็น 86.15 เปอร์เซ็นต์ โดยคู่ไพรเมอร์ที่ให้แถบดีเอ็นเอมากที่สุด คือ Me8-Em5 ให้แถบดีเอ็นเอเท่ากับ 7 แถบ ทั้งนี้จำนวนคู่ไพรเมอร์และจำนวนแถบดีเอ็นเอที่แตกต่างกันที่พบว่า มีมากกว่าการเปรียบเทียบระหว่าง ในการเปรียบเทียบระหว่างเห็นนางฟ้ากับเห็นดั่งเข้าสีทอง และเห็นนางฟ้าภูฏานกับเห็นดั่งเข้าสีทอง แสดงให้เห็น

Table 2 The number of DNA band generated by SRAP primer pairs in all of three mushrooms, the Phoenix oyster mushroom, the Bhutan oyster mushroom and *Cordyceps militaris*. A set of number in form of x/x in each cell represent a total number of DNA bands / polymorphic bands.

Primers	Em1	Em2	Em3	Em4	Em5	Em6	Em7	Em8	Em9	Em10
Me1	3/3	6/6	4/3	6/5	4/4	2/2	4/4	7/7	3/3	4/4
Me2	5/5	4/2	4/4	6/5	6/6	5/5	0/0	5/5	3/3	3/2
Me3	1/1	9/9	5/4	7/6	3/3	2/2	3/3	5/4	7/7	2/2
Me4	8/7	3/3	2/2	7/6	3/3	5/5	6/6	6/6	6/6	2/2
Me5	4/4	4/4	5/5	4/3	4/4	3/3	0/0	4/3	6/4	5/5
Me6	4/4	5/5	5/5	3/2	2/2	4/4	5/5	0/0	4/4	4/4
Me7	4/4	6/6	3/2	4/4	3/3	4/4	5/5	3/2	4/4	4/4
Me8	4/4	6/4	7/5	5/5	8/8	4/4	6/6	4/4	5/3	5/5
Me9	5/5	3/3	7/6	7/7	2/1	4/4	8/8	4/4	5/5	4/4
Me10	4/4	7/6	3/3	3/2	5/5	5/5	6/6	5/5	4/4	6/6



SRAP primers cannot differentiate



SRAP primers can differentiate

Table 3 The number of DNA bands of the Phoenix oyster mushroom, the Bhutan oyster mushroom and *Cordyceps militaris* revealed by SRAP primers that can differentiate. A set of numbers in the form of x-x-x represents the number of DNA bands of the Phoenix oyster mushroom – the Bhutan oyster mushroom – *C. militaris* respectively. The total number of DNA bands and the (average) of each mushroom are 43 (2.68) for the Phoenix oyster mushroom, 35 (2.18) for the Bhutan oyster mushroom and 31 (1.93) for *C. militaris*.

Primers	Em1	Em2	Em3	Em4	Em5	Em6	Em7	Em8	Em9	Em10
Me1							2-1-1			
Me2								2-2-2		
Me3				5-3-2				4-4-2	5-3-1	
Me4	7-2-3						2-1-2		1-3-2	
Me5	2-2-2				1-2-2					2-1-2
Me6										
Me7	1-2-1									
Me8	2-2-1									
Me9										1-1-3
Me10		4-3-4					2-3-1			



SRAP primers cannot differentiate



SRAP primers can differentiate

Table 4 Total DNA bands and the polymorphic bands of the Phoenix oyster mushroom and the Bhutan oyster mushroom revealed by SRAP primers that can differentiate. A set of number in the form of x/x in each cell represents a total number of DNA bands / polymorphic bands.

Primers	Em1	Em2	Em3	Em4	Em5	Em6	Em7	Em8	Em9	Em10
Me1							3/3			4/3
Me2					6/6			4/4		
Me3				6/4				5/3	6/4	
Me4	8/7						3/3		4/4	
Me5	3/2				3/3					3/3
Me6			5/4			4/4				4/2
Me7	3/3	6/4								
Me8	3/2		7/3		8/3		6/2			
Me9	5/3		5/2	7/4			6/5		4/2	2/2
Me10		5/2			5/5	5/3	5/5			6/3



SRAP primers cannot differentiate



SRAP primers can differentiate

Table 5 Total DNA bands and polymeric bands of the Phoenix oyster mushroom and *Cordyceps militaris* revealed by SRAP primers that can differentiate. A set of number in the form of x/x in each cell represents a total number of DNA bands / polymorphic bands.

Primers	Em1	Em2	Em3	Em4	Em5	Em6	Em7	Em8	Em9	Em10
Me1	3/3	6/6		6/4	3/3		3/3	8/8		
Me2		5/3	3/3	4/3		3/3		4/4	3/3	
Me3		9/8	5/3	6/5				5/4	6/6	
Me4			2/2	5/4	3/3	4/4		6/6	3/3	2/2
Me5	3/2	4/4	5/5		3/3				4/2	4/4
Me6	4/4	4/4		4/3						
Me7	2/2						4/4	3/2	4/3	4/4
Me8	4/4	5/4		4/4		4/4		4/3	6/2	5/4
Me9		3/3	6/5			3/3	8/8	4/4	5/5	
Me10	4/4	6/4		3/2	5/5		3/3	4/4		



SRAP primers cannot differentiate



SRAP primers can differentiate

Table 6 Total DNA bands and polymeric bands of the Bhutan oyster mushroom and *Cordyceps militaris* revealed by SRAP primers that can differentiate. A set of numbers in the form of x/x in each cell represents a total number of DNA bands / polymorphic bands.

Primers	Em1	Em2	Em3	Em4	Em5	Em6	Em7	Em8	Em9	Em10
Me1		6/6	3/2	5/4	3/3			4/4		
Me2		5/2		6/4		4/4		3/3		
Me3		6/6	5/4	4/3			4/4	5/3	4/4	
Me4	4/3	3/3		6/5		3/3	3/3	3/3	5/5	2/2
Me5	4/4	3/3	5/5	4/3	3/2					
Me6	4/3	4/4		3/2	2/2					
Me7	2/2						4/4			4/4
Me8	3/3	6/4		4/4	7/7	4/4		4/3	6/3	5/3
Me9	4/3	3/3	6/5			4/4	3/3	3/3	4/4	4/4
Me10	4/4	6/5		3/2	4/4		4/4	5/4		

 SRAP primers cannot differentiate

 SRAP primers can differentiate

จากผลการศึกษาการแยกความแตกต่างของเห็ด 3 ชนิด คือ เห็ดนางฟ้า เห็ดนางฟ้าภูฐาน และเห็ดถั่งเช่าสีทอง โดยใช้เครื่องหมาย SRAP ที่พบว่า มีคูปราเมอร์ 97 คู่ จำนวนทั้งหมด 100 คู่ที่สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ โดยพบว่าเห็ดนางฟ้าและนางฟ้าภูฐานให้จำนวนแถบดีเอ็นเอและขนาดดีเอ็นเอที่ใกล้เคียงกัน และมีจำนวนคูปราเมอร์ที่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างเห็ดนางฟ้ากับนางฟ้าภูฐานได้เพียง 33 คู่ และมีเปอร์เซ็นต์พอลิมอร์ฟิซึมเพียง 70.44 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการที่มีเปอร์เซ็นต์พอลิมอร์ฟิซึมนี้แสดงให้เห็นว่า เห็ดทั้งสองสายพันธุ์มีความแตกต่างทางพันธุกรรมกันค่อนข้างน้อย ซึ่งสัมพันธ์กับลักษณะทางสัณฐานของเห็ดทั้งสองสายพันธุ์ที่คล้ายกันมาก (Figure 2) เนื่องจากเห็ดทั้งสองสายพันธุ์นี้เป็นสายพันธุ์ย่อยในชนิด (species) เดียวกันคือ *Pleurotus ostreatus* จึงมีความใกล้เคียงทางพันธุกรรมมาก (กรวิชาการเกษตร, 2556) และมีลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่คล้ายคลึงกัน คือ หมวกดอกมีผิวเรียบ กลางหมวกเว้าเป็นแอ่ง ขอบหมวกม้วนลงเล็กน้อย เมื่อดอกเห็ดบานเต็มที่ด้านใต้ของหมวกเห็ดจะมีลักษณะเป็นครีบ ก้านดอกยาวปานกลางติดเป็นเนื้อเดียวกับหมวก ดอกเห็ดอาจเกิดเป็นดอกเดี่ยว

หรือเกิดเป็นกระจุก (อุราภรณ์ และคณะ, 2552) ซึ่งผลที่ได้นี้สอดคล้องกับงานทดลองของ Atila *et al.* (2018) ที่ใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอ SRAP ในการทดสอบความแตกต่างของเห็ดหัวลิง (*Hericium*) จำนวน 8 สายพันธุ์ พบว่า มีคูปราเมอร์จำนวน 16 คู่ไพรเมอร์ที่ให้แถบดีเอ็นเอชัดเจน โดยมีจำนวนแถบดีเอ็นเอ 164 แถบ พบความแตกต่างของแถบดีเอ็นเอ (polymorphic bands) จำนวน 154 แถบ และพบว่าเปอร์เซ็นต์พอลิมอร์ฟิซึมอยู่ในช่วง 72.7-100 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวนแถบดีเอ็นเอเฉลี่ย 7-22 แถบ เฉลี่ย 9.75 แถบต่อคูปราเมอร์ โดยคู่ที่ให้จำนวนแถบดีเอ็นเอมากที่สุดคือ Me1-Em3 และสรุปได้ว่าเห็ดหัวลิงบางสายพันธุ์มีพันธุกรรมใกล้เคียงกันมาก ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะทางสัณฐาน

ส่วนเห็ดถั่งเช่าสีทองนั้นอยู่ในสกุล *Cordyceps* (เยาวภา, 2558) มีลักษณะทางสัณฐานและพันธุกรรมที่ต่างจากเห็ดสกุลนางรมมาก จึงทำให้พบแถบดีเอ็นเอที่ต่างจากเห็ดสกุลนางรม และมีจำนวนคูปราเมอร์ที่สามารถแยกความแตกต่างได้จำนวนมากกว่า ซึ่งในการทดลองนี้พบว่า มีจำนวนคูปราเมอร์ที่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างเห็ดนางฟ้ากับเห็ดถั่งเช่าสีทองได้มากถึง 57 คู่ ซึ่งเท่ากัน

กับที่สามารถใช้แยกความแตกต่างระหว่างเห็ดนางฟ้าภูฏานกับเห็ดถั่งเช่าสีทอง แสดงให้เห็นว่าเห็ดทั้งสองสกุลนี้มีความแตกต่างทางพันธุกรรมมาก ซึ่งสอดคล้องกับการที่ลักษณะทางสัณฐานของเห็ดทั้งสองสกุลมีความแตกต่างกันมาก แต่อย่างไรก็ตามมีคูไพรเมอร์ที่สามารถใช้จำแนกเห็ดทั้งสองชนิดนี้ที่ต่างกันและมีจำนวนแถบดีเอ็นเอที่แสดงความแตกต่างที่ต่างกันด้วย นอกจากนี้ยังพบว่า คูไพรเมอร์ที่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างเส้นใยเห็ดทั้ง 3 ชนิด มีจำนวนเพียง 16 คู่เท่านั้น

อย่างไรก็ตาม การมีแถบดีเอ็นเอบางตำแหน่งมีความจำเพาะกับเห็ดชนิดใดชนิดหนึ่งเท่านั้นจึงจะช่วยให้สามารถแยกเห็ดทั้ง 3 ชนิดออกจากกันได้ด้วยเครื่องหมายดีเอ็นเอ ผลจากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าสามารถนำเครื่องหมายดีเอ็นเอ SRAP มาใช้ในการตรวจสอบความแตกต่างทางพันธุกรรมและจัดจำแนกสายพันธุ์เห็ดได้ และคาดว่าจะนำไปใช้ในการบ่งชี้สายพันธุ์ที่เป็นลูกผสมได้ด้วย โดยเมื่อพิจารณาคูไพรเมอร์ที่ให้แถบดีเอ็นเอที่มีความแตกต่าง

ชัดเจนซึ่งสามารถนำไปใช้ตรวจสอบเพื่อยืนยันความแตกต่างระหว่างเห็ดแต่ละชนิดได้ ดังตัวอย่างของการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยคูไพรเมอร์ที่แสดงใน (Figure 1) ที่แสดงให้เห็นว่าในกรณีการแยกความแตกต่างระหว่างเห็ดนางฟ้ากับเห็ดถั่งเช่าสีทอง พบว่าคูไพรเมอร์ Me1-Em10 แสดงแถบดีเอ็นเอที่แตกต่างกันจำนวน 4 แถบ คูไพรเมอร์ที่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างเห็ดนางฟ้าภูฏานกับเห็ดถั่งเช่าสีทองได้ดีคือ Me2-Em6 แสดงแถบดีเอ็นเอที่แตกต่างกันจำนวน 6 แถบ และคูไพรเมอร์ที่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างเห็ดนางฟ้ากับเห็ดถั่งเช่าสีทองได้ดีคือ Me4-Em8 ที่แสดงแถบดีเอ็นเอที่แตกต่างกันจำนวน 4 แถบ ดังนั้น คูไพรเมอร์เหล่านี้จึงเป็นตัวอย่างของคูไพรเมอร์ของเครื่องหมายดีเอ็นเอชนิด SRAP ที่สามารถนำมาใช้ในการตรวจสอบความเป็นลูกผสมในการปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีการรวมโปรโตพลาสต์ระหว่างเห็ดนางฟ้า เห็ดนางฟ้าภูฏาน และเห็ดถั่งเช่าสีทองได้

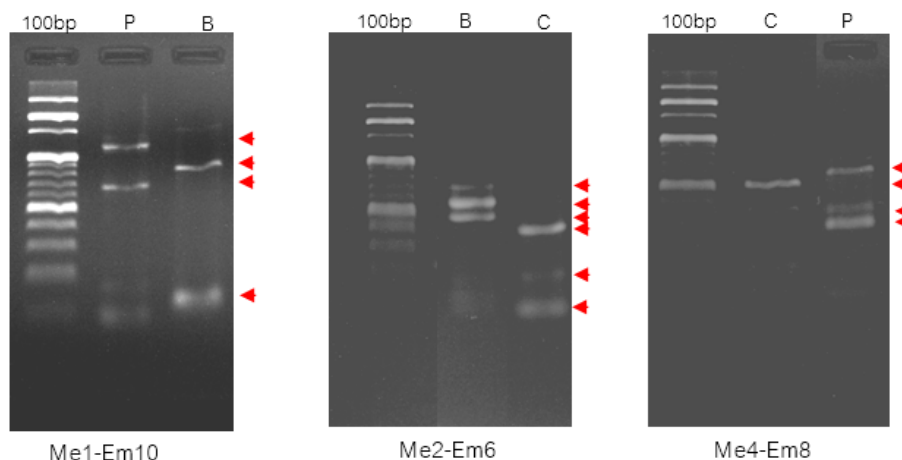


Figure 1 The example of SRAP amplification profiles using Me1-Em10, Me2-Em6 and Me4-Em8 primer pairs visualized on agarose gel electrophoresis. The red arrows indicate the uniquely distinguished bands of each moshroom. (100bp: 100 bp plus DNA Ladder; P: the Phoenix oyster mushroom; B: the Bhutan oyster mushroom; C: *Cordyceps militaris*)

ทั้งนี้ การตรวจสอบความเป็นลูกผสมของการปรับปรุงพันธุ์เห็ดโดยวิธีการรวมโปรโตพลาสต์ด้วยการใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอ SRAP ที่ผ่านมามีรายงานว่ามีประสิทธิภาพสูง เช่นงานวิจัยของ Zhang *et al.* (2009) ที่ใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอ SRAP ในการคัดเลือกโปรโตพลาสต์ลูกผสมของเห็ดหลินจือ โดยใช้ไพรเมอร์ทั้งหมด 153 คู่ พบ 4 คู่ที่ให้แถบดีเอ็นเอเฉพาะสำหรับสายพันธุ์พ่อและสายพันธุ์แม่ และสามารถใช้เพื่อยืนยันความเป็นโปรโตพลาสต์ลูกผสมของเห็ดหลินจือได้ และในพืชชั้นสูงมีงานวิจัยของ Huang *et al.* (2014) ที่ใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอ SRAP ในการตรวจสอบความเป็นลูกผสมของ *Stylosanthes guianensis* โดยคัดเลือกไพรเมอร์ที่สามารถบอกความแตกต่างระหว่างพ่อแม่ได้จำนวน 35 คู่ เมื่อนำไพรเมอร์ดังกล่าวมาตรวจสอบความเป็นลูกผสมจำนวน 84 ลูกผสม พบว่า มีจำนวนลูกผสมทั้งหมด 68 ลูกผสมที่มีแถบดีเอ็นเอทั้งของพ่อและแม่ส่วนลูกผสมที่เหลือเป็นลูกผสมที่เกิดจากการผสมตัวเอง

นอกจากนี้ เมื่อวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ความเหมือนทางพันธุกรรม (similarity coefficient)

ของเห็ดทั้ง 3 ชนิด พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความคล้ายคลึงทางพันธุกรรมอยู่ในช่วง 0.27 ถึง 0.44 โดยเห็ดนางฟ้าและเห็ดนางฟ้าภูฐานมีค่าสัมประสิทธิ์ความคล้ายคลึงทางพันธุกรรมที่เท่ากัน คือ 0.27 ซึ่งเมื่อนำค่าที่ได้มาจัดกลุ่มความสัมพันธ์ด้วยวิธี UPGMA (Figure 2) พบว่าสามารถจัดกลุ่มแสดงความใกล้ชิดทางพันธุกรรมในรูปแบบของ phylogenetic tree ได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วยเห็ดนางฟ้าและนางฟ้าภูฐาน และกลุ่มที่ 2 คือ เห็ดถั่งเช่าสีทอง และเมื่อพิจารณาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของดอกของเห็ดทั้งสามชนิด (Figure 2) ก็พบว่ามีคุณสมบัติคล้ายกันคือ เห็ดนางฟ้าและเห็ดนางฟ้าภูฐาน จะมีลักษณะดอกที่คล้ายคลึงกันมาก โดยเห็ดนางฟ้าจะมีดอกหนาขนาดใหญ่ มีสีน้ำตาลดำอมเทา ส่วนเห็ดนางฟ้าภูฐานดอกเห็ดมีสีขาวนวลหรือน้ำตาลเทาหากอากาศเย็นจะมีสีเข้มขึ้นเป็นสีเทาเข้ม (กลุ่มงานจุลชีววิทยาประยุกต์, 2541) ส่วนเห็ดถั่งเช่าสีทอง ดอกจะมีลักษณะเป็นกระบองสีเหลืองทอง ซึ่งแตกต่างจากเห็ดนางฟ้าและนางฟ้าภูฐานอย่างชัดเจน

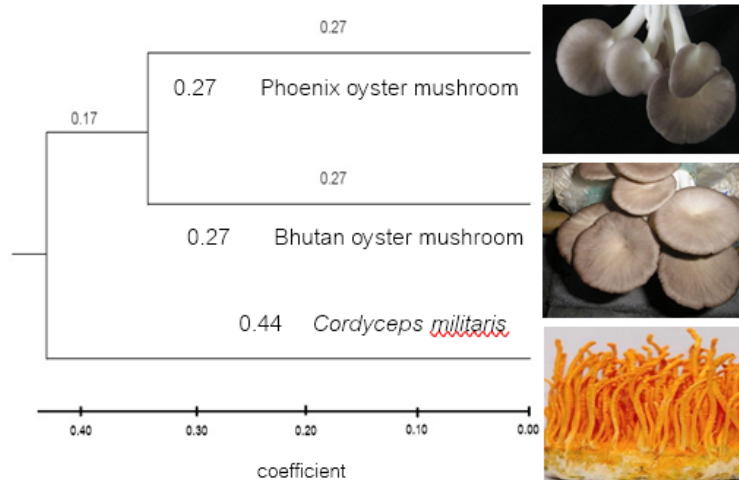


Figure 2 The UPGMA dendrogram based on SRAP data demonstrated the genetic relationships among two oyster mushrooms and *Cordyceps militaris*.

สรุป

ดีเอ็นเอเครื่องหมายชนิด SRAP สามารถแยกความแตกต่างของเห็ดนางฟ้า นางฟ้าภูฐาน และถั่งเช่าสีทองได้ โดยจากการทดลองใช้คู่ไพรเมอร์จำนวน 100 คู่ (Me1-10/Em1-10) พบว่ามี 16 คู่ไพรเมอร์ที่สามารถใช้ในการตรวจสอบความแตกต่างของเห็ดทั้ง 3 ชนิดได้ โดยพบแถบดีเอ็นเอ 86 แถบ พบความแตกต่างของแถบดีเอ็นเอ (polymorphic bands) จำนวน 82 แถบ คิดเป็น 96.18 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการแยกความแตกต่างที่ละคู่พบว่า มีคู่ไพรเมอร์ 33 คู่ที่สามารถใช้แยกความแตกต่างระหว่างเห็ดนางฟ้าและนางฟ้าภูฐานได้ และมีคู่ไพรเมอร์ 57 คู่ ที่สามารถใช้แยกความแตกต่างระหว่างเห็ดนางฟ้ากับเห็ดถั่งเช่าสีทอง หรือ ระหว่างเห็ดนางฟ้าภูฐานกับเห็ดถั่งเช่าสีทองได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาเกษตรและเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา กรุงเทพฯ และศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ภายใต้งานสนับสนุนด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักงานปลัดกระทรวงอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (AG-BIO/MHESI) ประเทศไทย

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2556. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเห็ด. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.aopdh02.doae.go.th/wonlop_het.pdf (15 ธันวาคม 2565).
- กลุ่มงานจุลชีววิทยาประยุกต์. 2541. ข้อมูลเชื้อพันธุ์เห็ดบริการ. กองโรคพืชและจุลชีววิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพมหานคร. 21 หน้า.
- เยาวภา ทองอร่าม. 2558. การศึกษาเปรียบเทียบการเพาะเลี้ยงถั่งเช่าสีทองโดยใช้หัวเชื้อเหลวและหัวเชื้อแข็งของ *Cordyceps militalis* บนเมล็ดธัญพืช. วารสารวิชาการโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า 13(13): 87-99.
- เรื่อนแก้ว ประพฤติ และปรีชา รัตน์. 2553. การรวบรวมและจำแนกสายพันธุ์เห็ดหอมที่เหมาะสมสำหรับการค้าด้วยเครื่องหมายโมเลกุลอาร์เอพีดี. วารสารเกษตร 26(2): 137-145.
- สุรินทร์ ปิยะโชคณากุล. 2552. เครื่องหมายดีเอ็นเอจากพื้นฐานสู่การประยุกต์. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 269 หน้า.
- อุราภรณ์ สอาดสุด, วิชชา สอาดสุด, ธวัช ทะพิงค์แก, ศิริพร หัสสรังสี, นภาพรณ ไข่มิตรเรืองชัย, อรอนงค์ อารัติโร, เพ็ญศิริ ศรีบุรี และสุพรรณิ กาญจนวงศ์. 2552. การควบคุมคุณภาพและยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยวเห็ดสกุลนางรม. ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 106 หน้า.
- Atila, F., Y. Tüzel, B. Çakir and D. Eroglu. 2018. Genetic diversity analysis of *Hericium* isolates by ISSR and SRAP markers. Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences 7(5): 532-536.
- Chang, S.T. and P.G. Miles. 2004. Mushrooms- Cultivation, Nutritional Value, Medicinal Effect and Environmental Impact. 2nd Edition. CRC Press. Boca Raton. 477 p.
- Das, S.K., M. Masuda, A. Sakurai and M. Sakukabara. 2010. Medicinal uses of the mushroom *Cordyceps militaris*: Current state and prospects. Fitoterapia 81(8): 961-968.
- Dube, H.C. 2013. An Introduction to Fungi. 4th Revised Edition. Scientific Publishers. Jodhpur, India. 603 p.
- Huang, C.Q., G.D. Liu, C.J. Bai, W.Q. Wang and J. Tang. 2014. Application of SRAP markers in the identification of *Stylosanthes guianensis* hybrids. Molecular Biology Reports 41: 5923-5929.

- Li, G. and C.F. Quiros. 2001. Sequence-related amplified polymorphism (SRAP), a new marker system based on a simple PCR reaction: its application to mapping and gene tagging in *Brassica*. Theoretical and Applied Genetics 103: 455-461.
- Regula, J. and M. Siwulski. 2007. Dried shitake (*Lentinula edodes*) and oyster (*Pleurotus ostreatus*) Mushrooms as a good source of nutrient. Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria 6(4): 135-142.
- Ren, N., J. Liu, D. Yang, J. Chen, M. Luan and J. Hong. 2012. Sequence-related amplified polymorphism (SRAP) marker as a new method for identification of endophytic fungi from *Taxus*. World Journal of Microbiology and Biotechnology 28: 215-221.
- Winkler, D. 2008. Yartsa Gunbu (*Cordyceps sinensis*) and the fungal commodification of Tibet's rural economy. Economic Botany 62(3): 291-305.
- Zhang, H., L. Fu, X. Wu, H. Li, H. Wei, Q. Wu and L. Wang. 2009. Identification of protoplast fusion hybrids of *Ganoderma lucidum* by SRAP analysis. Acta Edulis Fungi 16(04): 9-13.

ดัชนีบ่งชี้ความหวานของน้ำมะพร้าว

Indicators for Assessing the Sweetness of Coconut Water

Naoki Hiraiwa^{1,2}, อุชุกร ลิสุขสาม¹ กมลวรรณ แสงสร้อย¹ ธีร์ หะวานนท์¹ และ
เกียรติสดา เหลืองวิลัย^{1,3*}

Naoki Hiraiwa^{1,2}, U-Chukorn Leesuksam¹, Kamonwan Sangsoy¹, Tee Havananda¹ and
Kietsuda Luengwilai^{1,3*}

Received: June 16, 2024

Revised: July 17, 2024

Accepted: July 18, 2024

Abstract: Ensuring the desired sweetness of coconut water is crucial for consumer satisfaction. In this study, a total of 290 young aromatic coconuts were analyzed for soluble solids content (SSC), titratable acidity (TA), flesh thickness (FT), and sensory qualities. We also introduced the concept of BrimA, representing the difference between SSC and TA as an indicator of the flavor of coconut water. Our correlation analysis revealed that sweetness in coconut water was significantly correlated with BrimA ($r=0.70$) followed by SSC/TA ($r = 0.54$), TA ($r = -0.51$) and SSC ($r = 0.41$). Stepwise discriminant analysis (SDA) was performed to develop a model with optimally selected classifying variables. The overall classification accuracy of the SDA model for predicting sweetness was 70.78 %. Regarding BrimA and TA parameters as the greatest significant contributors of this coconut sweetness, the 'not sweet' samples were correctly predicted at 61%, while the 'sweet' samples were correctly predicted at 78 %.

Keywords: soluble solids content, titratable acidity, BrimA, quality index

บทคัดย่อ: รสหวานเป็นคุณสมบัติที่สำคัญสำหรับความพอใจของผู้บริโภคน้ำมะพร้าวน้ำหอม ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำมะพร้าวน้ำหอมจำนวน 290 ผล มาวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (SSC) ค่าปริมาณกรดที่สามารถไทเทรตได้ (TA) ความหนาของเนื้อ (FT) และคุณภาพทางประสาทสัมผัส และคำนวณค่า BrimA ซึ่งเป็นค่าที่แสดงความแตกต่างระหว่าง SSC และ TA เป็นตัวบ่งชี้ของรสหวานของน้ำมะพร้าว พบว่าความหวานในน้ำมะพร้าวมีความสัมพันธ์สูงที่สุดกับ BrimA ($r=0.70$) รองลงมาคือ SSC/TA ($r = 0.54$), TA ($r = -0.51$) และ SSC ($r = 0.41$) นอกจากนั้นเมื่อนำค่า SSC, TA และ FT ไปสร้างโมเดลทำนายด้วยวิธี stepwise discriminant

¹ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

² Department of Horticulture, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University Kamphang Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140

³ บัณฑิตวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกียวโต เกียวโต 606-8502 ประเทศญี่ปุ่น

² Graduate School of Agriculture, Kyoto University, Kyoto 606-8502, Japan

³ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กองส่งเสริมและใช้ประโยชน์จากวิทยาศาสตร์วิจัย และนวัตกรรม สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม 75/47 อาคารพระจอมเกล้า ถนนพระราม 6 แขวงทุ่งพญาไท, 10400

³ Postharvest Technology Innovation Center, Science, Research and Innovation Promotion and Utilization Division, Office of the Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, 75/47 Phra Chom Klao Building, Rama VI Road, Thung Phaya Thai Subdistrict, 10400

* Corresponding author: kietsuda.l@ku.ac.th; kietsuda.l@ku.th

analysis โมเดลที่ได้ สามารถทำนายความหวานได้แม่นยำ 70.78 % จากตัวแปรที่ใช้ทำนายในโมเดลนี้ ได้แก่ BrimA และ TA พบว่าสามารถทำนายน้ำมะพร้าวกลุ่มที่ไม่หวานถูกต้อง 61 % และทำนายกลุ่มหวานถูกต้อง 78 %

คำสำคัญ: ของแข็งที่ละลายน้ำได้, กรดที่สามารถไทเทรตได้, BrimA, ดัชนีคุณภาพ

Introduction

Young aromatic coconut (*Cocos nucifera* L.) is popular for its refreshing water and tender meat. In Thailand, an aromatic coconut variety known as 'Nam Hom' has become an important economic crop, with its young fruit ranking third among all fruit exported from Thailand in 2023. The main export markets for this coconut are China and USA, and the total export value increases greatly from 69 to 275 million USD from 2018–2022 (Office of the Permanent Secretary Ministry of Commerce, 2023).

For fresh young aromatic coconuts, ensuring the desirable taste of coconut water influences consumer satisfaction and purchasing decisions. Typically, soluble solids content (SSC) and the SSC/ titratable acidity (TA) ratio have been used as sweetness indices (Vásquez-Caicedo *et al.*, 2005; Terdwongworakul *et al.*, 2009; Tan *et al.*, 2014; Nikhontha *et al.*, 2019;). In addition, TA and flesh thickness (FT) have shown some degree of correlation with the sweetness of coconut water (Terdwongworakul *et al.*, 2009). However, these parameters have not consistently demonstrated a strong correlation with sweetness in some fruits (Saftner *et al.*, 2008; Schwieterman *et al.*, 2014). As an alternative, an index called BrimA, which involves subtracting of TA from SSC, has been proposed (Jordan *et al.*, 2001; Cheepsomsong *et al.* 2023). This index allows smaller amounts of acid than sugar to make the same numerical change to BrimA, but in the opposite direction.

While the SS/TA ratio is widely used, the difficulties in correlating sensory preferences with chemical data are widely recognized (Jordan *et al.*, 2001). Some researchers argue that BrimA better describes taste trends for fruits and juices such as pomegranates (Fawole and Opara, 2013a, b), oranges (Obenland *et al.*, 2009) and citrus and grapes (Jordan *et al.*, 2001). However, different fruits and varieties have significantly different acid and sugar compositions, requiring varied coefficient values of BrimA. Nevertheless, the best index of sweetness in coconut water has remained relatively unexplored. This study aimed 1) to develop the best index for determining sweetness in young aromatic coconut water and 2) to determine whether sweetness can be accurately predicted using SSC, TA and FT.

Materials and methods

1. Sample preparation

A total of 290 young aromatic coconut fruits were harvested in May 2023, approximately at 7 months after inflorescence opening, from a plantation in Damnoen Saduak district, Ratchaburi, Thailand. After harvesting, the samples were transported to the laboratory and analyzed for water quality and sensory within the same day.

2. Determination of physiological and sensory properties

Coconut water was discharged through the hole made in the soft eye, located

at the largest carpel at the stem end of the coconut shell Soluble solids content (SSC) of the coconut water was determined using a hand refractometer (N-3000E, Atago, Japan) and expressed in percentage.

Titrateable acidity (TA, %) was determined

$$TA (\%) = \frac{\text{Volume of NaOH (mL)} \times \text{Normality of NaOH} \times 0.067}{\text{Volume of the sample (mL)}}$$

Then, the coconut was halved along the equatorial plane and coconut flesh thickness (FT) was measured as the depth of the coconut flesh, using a depth probe on the vernier caliper to penetrate the coconut flesh until it reached the shell. The thickness was expressed in millimeters from an average of two positions: stem end, and stylar end.

BrimA was expressed as $(SS - k \times TA)$,

following the method described in A.O.A.C. (1990) by titrating 2 mL of the coconut water CW with 0.01N NaOH using phenolphthalein as an indicator until pink color was perceptible for 30 s. TA was calculated using malic acid as an equivalent following:

where the constant value (k) reflects the tongue's higher sensitivity to TA compared to SSC (Jordan et al., 2001). The constant k in this study was determined as 35 with the integer best correlated with sweetness of the coconut water ($r = 0.7014$). In addition, using k factors of 35, 36, 37 or 38 provided similar values of R^2 as calculated from the linear regression of sweetness score versus BrimA (Figure 1).

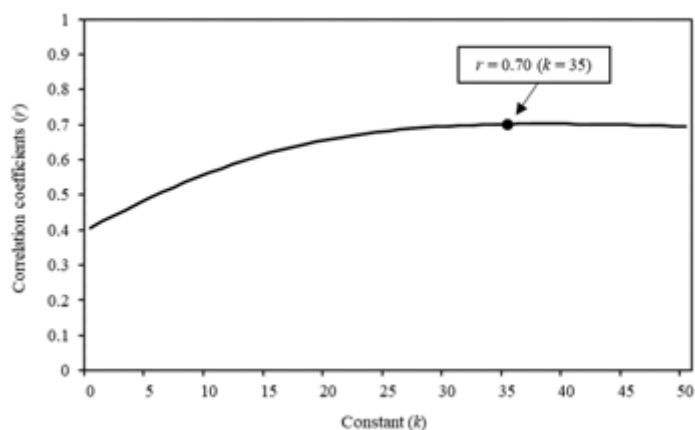


Figure 1 Correlation coefficients between BrimA and sweetness with different constant (k) values in the formula.

3. Sensory evaluation

Sensory evaluation of sweetness and sourness of the coconut water was performed by four trained panelists (three females and one male of 22–25 years old) with the methodology adapted from Assa *et al.* (2013). The panelists were trained prior to the experimental session,

where they rated the intensity of each sensory attribute on a five-point scale. Sourness scores were determined based on a citric acid solution (v/v) where 4 = strongly sour or 0.5 % citric acid, 3 = moderately sour or 0.25 % citric acid, 2 = slightly sour or 0.1 % citric acid, and 1 = no sour or plain water. In addition, sweetness scores

were determined based on sucrose solution (w/v) where 4 = strongly sweet or 15 % sucrose, 3 = moderately sweet or 7.5 % sucrose, 2 = slightly sweet or 1 % sucrose, and 1 = no sweet or plain water. The panelists were directed to rinse their mouths after each sample tasting. To preserve the flavor, right after the coconut water was extracted from the fruit, a sample of it was poured into a non-odorous bottle and evaluated immediately. Each sample consisted of three cups labeled with a randomized 3-digit code to ensure an unbiased assessment before being given to each panelist.

4. Statistical analysis

The experiment was conducted in a completely randomized design with a non-equal number of replications. Four levels (1-4) of sweetness were tested with 31, 94, 108, and 61 replications, respectively. Additionally, four levels (1-4) of sourness were tested with 80, 128, 64, and 22 replications, respectively. The data were analyzed for one-way variance using the ANOVA method, and pairwise comparisons of the means were conducted using Tukey's test with SPSS Statistics version 23 (SPSS Inc., Madrid, Spain). Stepwise discriminant analysis (SDA) and Pearson's correlation analysis were conducted to assess the significance of the relationship between the physiological and sensory properties using SPSS. A violin plot analysis was performed using R software (version 4.2.1).

The classification model of coconut water sweetness was analyzed using SSC, TA, SSC/TA, FT, and BrimA as independent variables and sweetness of the coconut water as the dependent variable. This analysis was performed using discriminant analysis (DA) with a stepwise method (IBM SPSS Statistics for

Macintosh, version 28.0, IBM Corp., Armonk, NY). The sweetness of coconut water was ranked within the sweet and non-sweet groups from lowest to highest scores. The samples were then alternately divided into calibration and validation groups in a 3:1 ratio to ensure a similar distribution of sweetness in both groups. The calibration group data was used to generate the predictive model, which was then applied to the validation group data to test the model accuracy in classifying the sweetness groups of coconut water.

Results

1. The variation of coconut quality parameters

The SSC of the coconut water samples ranged from 5.4 to 9.2 %, with an average of 7.3 %, while the TA content ranged from 0.02 to 0.11 %, with an average of 0.04 %. FT was in 2.3–10.3 mm range, with the average of 7.3 %. Sensory evaluation revealed that there were variations in perceived sweetness and sourness among samples (Figure 2), possessing different SSC and TA among groups categorized according to sensory intensities. For sweetness, the SSC ranged from 5.4 to 8.0 % in the 'not sweet' group and from 6.0 to 9.2 % in the 'slightly sweet,' 'moderately sweet,' and 'very sweet' groups. For sourness, the titratable acidity (TA) values ranged from 0.016 to 0.106 % in the 'not sour' group, from 0.018 to 0.067 % in the 'slightly sour' group, from 0.022 to 0.07 % in the 'moderately sour' group, and from 0.022 to 0.098 % in the 'very sour' group.

However, the SSC and TA values did not appear to be strong indicators to distinguish sample groups of different sensory intensities. For the sweet taste, although the SSC of the

'not sweet' and 'slightly sweet' groups were significantly different, those of the 'moderately sweet' and 'very sweet' groups were not (Figure 2A). In contrast, the SSC/TA and BrimA were significantly different among all four groups of sweet taste (Figure 2B–C). For the sour taste, the TA, SSC/TA and BrimA of the 'not sour' and 'slightly sour' groups were not significantly

different, but those of the 'moderately sour' and the 'very sour' groups were (Figure 2E–G). As for the flesh thickness, no significant difference was observed among 'slightly sweet', 'moderately sweet' and 'very sweet' groups, as well as among 'not sour', 'slightly sour' and 'moderately sour' groups (Figure 2D and 2H).

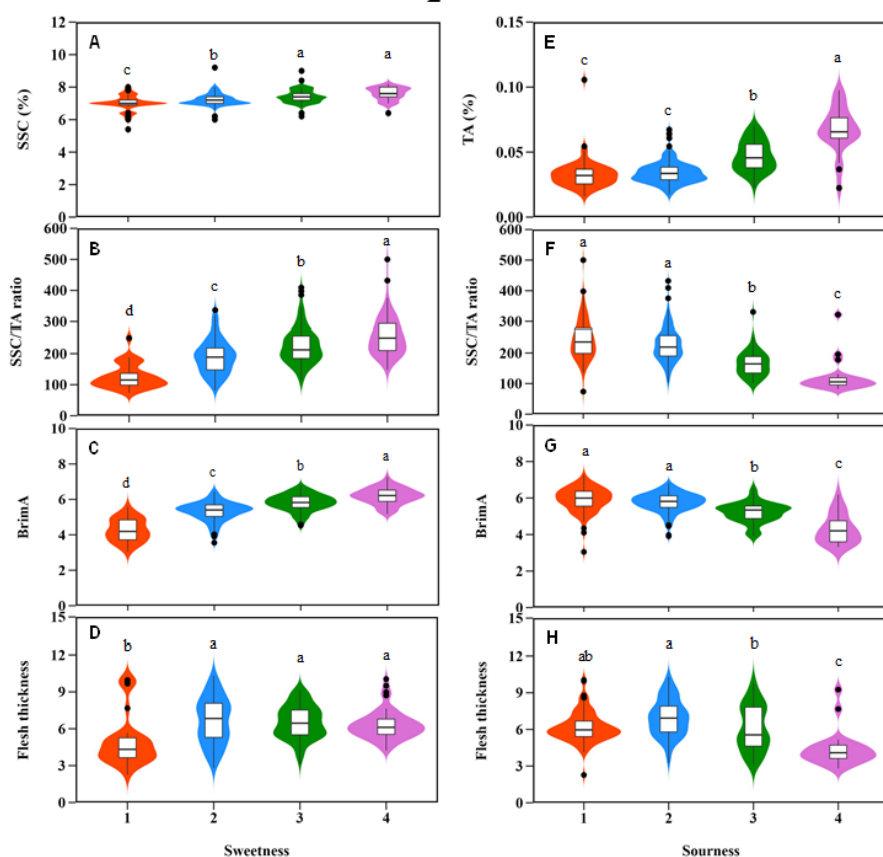


Figure 2 Summary of statistics for soluble solids contents (SSC), titratable acidity (TA), and SSC/TA ratio in coconut water, and coconut flesh thickness (FT) in relation to different intensities of perceived sweetness (A–D) and sourness (E–H). For both sweetness and sourness, four sensory intensities were categorized: 1 = 'not sweet' or 'not sour', 2 = 'slightly sweet' or 'slightly sour', 3 = 'moderately sweet' or 'moderately sour', and 4 = 'very sweet' or 'very sour'.

2. Relevance of each quality parameter to sensory quality

To develop the best index for assessing sweetness in coconut water, the correlation between relevant parameters and sweetness

was investigated (Table 1). It was shown that sweetness exhibited a strong positive correlation with BrimA ($r = 0.70$) compared to SSC/TA ($r = 0.54$) or SSC ($r = 0.41$), while displaying a negative correlation with TA

($r = -0.51$). Sourness, on the other hand, displayed a significant positive correlation with TA ($r = 0.59$). In addition, FT showed a significant negative correlation with SSC and TA with $r = -0.44$ and -0.60 , respectively. This

indicated that an increase in FT coincided with a decrease in both SSC and TA. However, the correlation between FT and sweetness, as well as sourness, were relatively weak ($r = 0.12$, and -0.20 , respectively).

Table 1 Pearson correlation coefficients among quality parameters and sensory properties of coconut water of young aromatic coconut samples.

	SSC	TA	BrimA	SSC/TA	FT	Sweetness	Sourness
SSC	1						
TA	0.13	1					
BrimA	0.68	-0.63**	1				
SSC/TA	0.09	-0.88**	0.72**	1			
FT	-0.44	-0.60**	0.10**	0.42**	1		
Sweetness	0.41	-0.51**	0.70**	0.54**	0.12	1	
Sourness	-0.05	0.59**	-0.47**	-0.54**	-0.20	-0.58**	1

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed). ** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

3. Classification of coconut water sweetness using discriminant analysis

To confirm the significance of BrimA in distinguishing coconut water sweetness levels, stepwise discriminant analysis (SDA) was conducted. SDA, a multivariate technique, develops discriminant functions from multiple variables to maximize differences between sweetness categories while minimizing variation within each category (Cruz-Castillo *et al.*, 1994). For this study, SDA was conducted utilizing SSC, TA, SSC/TA, BrimA, and FT to create a model that categorizes coconut water into four distinct sweetness levels. The effectiveness of the model was assessed based on classification accuracy, defined as the percentage of correctly classified coconut water samples. The contributions of each independent variable to the classification were evaluated using their discriminant functions and assessed through standardized coefficients. From the preliminary

results, the highest accuracy for classifying sweetness levels into four groups was 60%, with difficulty in differentiating fruit between groups 1 and 2 and between groups 3 and 4 was evident. Therefore, we reanalyzed the data, this time classifying the sweetness into two levels: 'not sweet' (comprising the previous groups 1 and 2) and 'sweet' (comprising the previous groups 3 and 4).

From the new sweetness level separation model, for the calibration set, the overall accuracy for classifying sweetness levels into two groups was 79.2 %. For the 'not sweet' group, 67 % of the samples were correctly predicted and for the 'sweet' group, 88.2 % of the samples were correctly predicted (Table 2). The variable that contributed most to the classification was BrimA (standardized canonical discriminant function coefficient of 1.297), followed by TA (standardized canonical discriminant function coefficients of 0.436)

(Table 2 and data not shown). For the validation set, samples of the 'not sweet' group were correctly predicted at 61 %, and samples of the

'sweet' group were correctly predicted at 78 %, with an overall accuracy of 70.78 % (Table 3).

Table 2 Classification accuracy of the coconut water sweetness used to develop the canonical discriminant model.

(n=221)

	Actual group	Predicted group		Classification accuracy (%)	Significant variables
		Not sweet	Sweet		
Count	Not sweet	63	31	79.2	BrimA, TA
	Sweet	15	112		
%	Not sweet	67	33		
	Sweet	11.8	88.2		

Table 3 Classification accuracy when the discriminant model was applied to the validation data set of 73 coconut.

(n=221)

	Actual group	Predicted group		Classification accuracy (%)
		Not sweet	Sweet	
Count	Not sweet	19	12	70.78
	Sweet	9	33	
%	Not sweet	61	39	
	Sweet	21	78	

Discussion

Typically, soluble solids content (SSC) and flesh thickness (FT) are reported to be correlated with the flavor of coconut water (Jaroonchon et al., 2017). However, this correlation is usually established across different maturity stages, which may not serve as suitable indices for fruits at the same maturity but varied in quality (Jaroonchon et al., 2017). In our study, we assessed the quality of coconut water at the same maturity stage to identify the best flavor index parameter.

SSC exhibited a moderate correlation with sweetness in young aromatic coconut water.

This can be explained by the composition of SSC in coconut water, which primarily includes sugars along with small amounts of organic acids, fat, protein, vitamins, and minerals (Jackson et al., 2004; Tan et al., 2014). Of these contents, organic acids have a higher capacity to dissociate and can elicit stronger sour taste responses (Da Conceicao Neta et al., 2007). Consequently, even a small amount of acid can significantly impact the sour taste.

In this study, BrimA showed a stronger correlation with the sweetness of coconut water, as indicated by a higher degree of correlation and a greater contribution to the

sweetness grouping analyzed by DA. The BrimA index ($SSC - k \times TA$) is based on the principle that sugars and acids have contrasting effects on taste, and the tongue detects sugars and acids with different sensitivities. BrimA essentially combines these taste elements in a linear, additive manner, with the k coefficient accounting for the tongue's varying sensitivity to acid and SSC levels (Jordan *et al.*, 2001).

Moreover, some reports suggest that BrimA is superior to the SSC/TA ratio in determining sweetness. However, the constant k may vary from 2 to 10, depending on the fruit species or cultivar due to their differences in acid and sugar ratios. For instance, values range from 2 for pomegranates (Fawole and Opara, 2013a, b) to 4 for oranges (Obenland *et al.*, 2009) and 5 for citrus and grapes (Jordan *et al.*, 2001). In this study, the constant k for coconut water was determined to be 35, which is significantly higher than previously reported for other fruits. This may be due to the lower acid content in aromatic coconut compared to other fruits, such as apple: 0.9–28.4% (Pissard *et al.*, 2021), tangerine: 0.12–0.62% (Funsueb *et al.*, 2023), and pitaya: 0.09–0.47% (da Silva Ferreira *et al.*, 2023). However, to confirm this hypothesis, further studies on other low-acid fruits are required. In addition, this study was conducted as a single trial with 290 fruits. Therefore, further investigation using different production years is necessary to assess the effectiveness of the BrimA index for young aromatic coconuts.

Conclusion

The sensory test on young aromatic coconut water confirmed that sweetness was well correlated with BrimA, the combined

index of SSC and TA. In addition, a sweetness discriminant model was presented with an overall classification accuracy of 70.78 %

Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge research support from Thailand and Agricultural Research Development Agency (Public Organization), Thailand and Postharvest Technology Innovation Center, Science, Research and Innovation Promotion and Utilization Division, Office of the Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation 10400.

References

- A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis. 15th Edition, Association of Official Analytical Chemist, Washington DC.
- Assa, R.R., A. Prades, A.G. Konan, J. Nemlin and J.-L. Konan. 2013. Sensory evaluation and sugars contents of coconut (*Cocos nucifera*) water during nuts ripening. African Journal of Food Science 7: 186–192. <https://doi.org/10.5897/AJFS2012.0601>.
- Cheepsomsong, T., P. Sangwanangkul, A. Puttipipatkajorn, A. Terdwongworakul, A. Puttipipatkajorn, S. Kulmutiwat and A. Phuangsombut. 2023. Multi-parameter index for durian maturity and its prediction using miniature near infrared spectrometer. Postharvest Biology and Technology 205: 112487. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2023.112487>.
- Cruz-Castillo, J., S. Ganeshanandam, B. MacKay, G. Lawes, C. Lawoko and D. Woolley. 1994. Applications of

- canonical discriminant analysis in horticultural research. *HortScience* 29: 1115–1119. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.29.10.1115>.
- Da Conceicao Neta, E.R., S.D. Johanningsmeier and R.F. McFeeters. 2007. The chemistry and physiology of sour taste a review. *Journal of Food Science* 72: R33–R38. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00282.x>.
- da Silva Ferreira, M. V., I.A. de Moraes, R.V.L. Passos, D.F. Barbin and J.L. Barbosa Jr. 2023. Determination of pitaya quality using portable NIR spectroscopy and innovative low-cost electronic nose. *Scientia Horticulturae* 310: 111784. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111784>.
- Fawole, O.A. and U.L. Opara. 2013a. Changes in physical properties, chemical and elemental composition and antioxidant capacity of pomegranate (cv. Ruby) fruit at five maturity stages. *Scientia Horticulturae* 150: 37–46. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.10.026>.
- Fawole, O.A. and U.L. Opara. 2013b. Harvest discrimination of pomegranate fruit: postharvest quality changes and relationships between instrumental and sensory attributes during shelf life. *Journal of Food Science* 78: S1264–S1272. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12176>.
- Funsueb, S., C. Thanavanich, P. Theanjumol and S. Kittiwachana. 2023. Development of new fruit quality indices through aggregation of fruit quality parameters and their predictions using near-infrared spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology* 204: 112438. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2023.112438>.
- Jackson, J.C., A. Gordon, G. Wizzard, K. McCook and R. Rolle. 2004. Changes in chemical composition of coconut (*Cocos nucifera*) water during maturation of the fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 84: 1049–1052. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1783>.
- Jaroonchon, N., K. Krisanapook and W. Imsabai. 2017. The development of 2 acetyl-1-pyrroline (2-AP) in Thai aromatic coconut. *Songklanakarin Journal of Science and Technology* 39: 179–183.
- Jordan, R.B., R.J. Seelye and V.A. McGlone. 2001. A sensory-based alternative to brix/acid ratio. *Food Technology* 55: 36–44.
- Obenland, D., S. Collin, B. Mackey, J. Sievert, K. Fjeld and M.L. Arpaia. 2009. Determinants of flavor acceptability during the maturation of navel oranges. *Postharvest Biology and Technology* 52: 156–163. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2009.01.005>.
- Office of the Permanent Secretary Ministry of Commerce. 2023. Export of Thailand classified by commodity HS code 08011910: Young coconut. (Online): Available Source: <https://tradereport.moc.go.th/Report/Default.aspx?Report=HarmonizeCommodity&Lang=Eng&ImExType=2&Option=2&hscode=08011910> (June 14, 2024).
- Nikhontha, K., K. Krisanapook and W. Imsabai. 2019. Fruit growth, endocarp lignification, and boron and calcium

- concentrations in Nam Hom (aromatic) coconut during fruit development. *Journal of the International Society for Southeast Asian Agricultural Sciences* 25: 21–31.
- Pissard, A., E.J.N. Marques, P. Dardenne, M. Lateur, C. Pasquini, M.F. Pimentel, J.A.F. Pierna and V. Baeten. 2021. Evaluation of a handheld ultra-compact NIR spectrometer for rapid and non-destructive determination of apple fruit quality. *Postharvest Biology and Technology* 172: 111375. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111375>.
- R Core Team. 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>.
- Saftner, R., J. Polashock, M. Ehlenfeldt and B. Vinyard. 2008. Instrumental and sensory quality characteristics of blueberry fruit from twelve cultivars. *Postharvest Biology and Technology* 49: 19–26. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.01.008>.
- Schwieterman, M.L., T.A. Colquhoun, E.A. Jaworski, L.M. Bartoshuk, J.L. Gilbert, D.M. Tieman, A.Z. Odabasi, H.R. Moskowitz, K.M. Folta, H.J. Klee, C.A. Sims, V.M. Whitaker and D.G. Clark. 2014. Strawberry flavor: Diverse chemical compositions, a seasonal influence, and effects on sensory perception. *PLoS ONE* 9(2): e88446. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0088446>
- Tan, T.C., L.H. Cheng, R. Bhat, G. Rusul and A.M. Easa. 2014. Composition, physicochemical properties and thermal inactivation kinetics of polyphenol oxidase and peroxidase from coconut (*Cocos nucifera*) water obtained from immature, mature and overly-mature coconut. *Food Chemistry* 142: 121–128. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.07.040>.
- Terdwongworakul, A., S. Chaiyapong, B. Jarimopas and W. Meeklangsaen. 2009. Physical properties of fresh young Thai coconut for maturity sorting. *Biosystems Engineering* 103: 208–216. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2009.03.006>.
- Vásquez-Cañedo, A.L., P. Sruamsiri, R. Carle and S. Neidhart. 2005. Accumulation of all-trans- β -carotene and its 9-cis and 13-cis stereoisomers during postharvest ripening of nine Thai mango cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53: 4827–4835. <https://doi.org/10.1021/jf048168h>.

คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ (ต่อ)

3) เรื่องย่อในหนังสือหรือตำรา ที่มีผู้เขียนแยกในแต่ละเรื่องย่อ และมีบรรณาธิการ (Chapters in books or textbooks with separated author(s) in each chapter and editor(s))

ชื่อผู้เขียน. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่องย่อ. หน้า เลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าที่สิ้นสุด.

ใน: ชื่อบรรณาธิการ (บก.). ชื่อหนังสือ. สำนักพิมพ์, เมืองที่พิมพ์.

ดำรง เวชกิจ และสมบุญรัตน์ ทองสกุล. 2535. เทคนิคการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช. หน้า 22-42. ใน: สุวัฒน์ รวยอารีย์ (บก.). แมลงและสัตว์ศัตรูที่สำคัญของพืชเศรษฐกิจและการบริหาร. ห้างหุ้นส่วนจำกัดไอเดีย สแควร์, กรุงเทพมหานคร.

Kubo, T. 2003. Molecular analysis of the honeybee sociality. pp. 3-20.

In: T. Kikuchi, N. Azuma and S. Higashi (Eds.). Gene, Behaviors and Evolution of Social Insects. Hokkaido University Press, Sapporo.

4) วิทยานิพนธ์ (Thesis/Dissertation)

ชื่อผู้เขียน. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่อง. ระดับวิทยานิพนธ์. สถาบันการศึกษา, เมืองที่พิมพ์. จำนวนหน้าทั้งหมด.

อโนชา แก้ววงษ์วาลย์. 2558. การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของถั่วเขียวผิวดำโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลชนิด SSR. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 106 หน้า.

Liquido, N.J. 1982. Population ecology of *Cyrtorhinus lividipennis* Reuter (Heteroptera: Miridae). Ph.D. Dissertation. University of Hawaii, Honolulu. 175 p.

5) รายงานการประชุม สัมมนาทางวิชาการ (Reports and Proceedings)

ชื่อผู้เขียน. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่องย่อ. หน้า เลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าที่สิ้นสุด.

ใน: รายงานการประชุม สัมมนา. สถานที่จัดประชุม.

นฤพนธ์ รักขะนัย ชัยสิทธิ์ ทองสุข ศุภชัย อ่ำคำ จุฑามาศ ร่มแก้ว และศิริสุดา บุตรเพชร. 2556. การใช้ประโยชน์ของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานผลิตเอทานอลเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าว. หน้า 100-110.

ใน: การประชุมวิชาการระดับชาติ สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ ครั้งที่ 10. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

Feigenbaum, S., A. Bar-Tal and D.L. Sparks. 1990. Dynamics of soil potassium in multicationic systems. pp. 145-161. In: Proceedings of the 22nd Colloquium of the International Potash Institute, Bern.

6) เอกสารวิชาการอื่น ๆ (Other forms of academic documents)

ชื่อผู้เขียน หรือหน่วยงาน. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่องหรือชื่อหนังสือ. ประเภทของเอกสาร. สถาบันหรือหน่วยงานที่ จัดพิมพ์, เมืองที่พิมพ์. จำนวนหน้าทั้งหมด.

กรมวิชาการเกษตร. 2557. เทคโนโลยีการผลิตมะม่วงตามระบบ GAP. เอกสารวิชาการ. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรที่ 6, จันทบุรี. 45 หน้า.

Lantican, F.A. 2008. The Philippine banana industry: market performance, constraints and policy direction. SEARCA professorial chair paper. Department of Agricultural Economics, College of Economics and Management, UP Los Baños. 46 p.

7) สื่ออิเล็กทรอนิกส์ (Electronic media)

ชื่อผู้เขียน. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่อง. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: ที่อยู่ของไฟล์หรือเว็บไซต์ (URL) (วัน เดือน ปีที่สืบค้นข้อมูล ถ้าเป็นภาษาอังกฤษใช้ เดือน วันที่ ปีที่สืบค้นข้อมูล).

ในกรณีไม่มีชื่อผู้เขียนปีพิมพ์ ให้ระบุเป็นปีที่เข้าสืบค้นข้อมูล
พีรเดช ทองอำไพ. 2554. เกษตรไทยในอนาคต. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: www.ladda.com/managedataladda/journal/agriculturethailand.pdf (2 พฤษภาคม 2556).

Unardakis, D. K. and B. I. Manois. 2005. Hydroponic culture of strawberry in perlite. (Online): Available Source: www.schunder.com/strawberries.htm (April 21, 2005).

รูปแบบในการใช้ภาษาอังกฤษในเนื้อเรื่องภาษาไทย

ชื่อวิทยาศาสตร์ ให้เขียนตามหลักเกณฑ์การเขียนชื่อวิทยาศาสตร์ โดยในครั้งแรกที่ปรากฏชื่อนี้ ให้สะกดคำเต็ม เช่น *Sitophilus zeamais* และพิมพ์เป็นอักษรแบบตัวเอน หลังจากนั้นถ้ามีการระบุชื่อนี้ซ้ำให้ย่อชื่อสกุล โดยเขียน เป็น *S. zeamais*

ชื่อเฉพาะ ให้ขึ้นต้นด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ เช่น Motschulsky, January, Chinese, โรคใบจุดเหลือง (Yellow spot disease)

หัวข้อ ตารางที่ ภาพที่ ให้ขึ้นต้นด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ เช่น Abstract, Keywords, Table 1, Figure 2

คำย่อ ให้ใช้อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ทั้งหมด และควรระบุคำเต็มไว้ในการใช้ครั้งแรก เช่น Randomized Complete Block Design (RCBD)

คำในวงเล็บที่ไม่ใช่ชื่อเฉพาะ หรือคำย่อ ให้ใช้อักษรตัวพิมพ์เล็ก เช่น ตัวรับควบคุม (control), สปอร์แขวนลอย (spore suspension), เครื่องวัดแรงดึงน้ำของดิน (tensiometer)

การส่งต้นฉบับเพื่อตีพิมพ์

ให้ส่งไฟล์บทความต้นฉบับทางออนไลน์เท่านั้น โดยส่งที่ <https://ii02.tci-thaijo.org/index.php/JASM>

การบอกรับเป็นสมาชิก

บอกรับเป็นสมาชิกจากใบบอกรับเป็นสมาชิกท้ายเล่ม หรือติดต่อกองบรรณาธิการโดยตรง

การตอบรับบทความ

บทความทุกบทความที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการต้องผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิไม่น้อยกว่า 3 ท่าน
*กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ในการตรวจและแก้ไขบทความที่เสนอเพื่อการตีพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ

*The Editorial Board claims a right to review and correct all articles submitted for publishing.

สำนักงานและการติดต่อ (Office and Inquiries)

กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ
งานแผนและวิชาการ สำนักงานเลขานุการ คณะเกษตร กำแพงแสน
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

โทรสาร 034-351406 ต่อ 117

โทร. 034-351406 ต่อ 126-127

Editorial Board, Journal of Agricultural Science and Management, Planning and Technical Division, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University

Fax 034-351406 ext. 117

Tel. 0034-351406 ext. 151

E-mail : agriscim@gmail.com

JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCE AND MANAGEMENT

A Technical Journal of the Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University

Volume 8, Issue 3 September - December 2025

Leonard Jar Assembly Enhanced Sorghum Growth, Root Colonization and Sporulation of Arbuscular Mycorrhizal Fungi Sirinapa Chungopast, Thongchai Mala and Kavalin Srchan.....	6
Effect of Different Nitrogenous Fertilizers on Yield, Yield Components of Cassava and some Soil Properties Thanakorn Koomtritong, Chaisit Thongjoo, Tawatchai Inboonchuay and Jutamas Romkaew.....	16
Study on Virulence of Entomopathogenic Fungi for Controlling Insect Vector, <i>Matsumuratettix hiroglyphicus</i> (Matsumura) of Sugarcane White Leaf Disease Nichanun Kernasa.....	28
The Development of Longan Yield Forecasting Models By Using Data Mining Techniques Winai Bangkhomned.....	38
Determination of Morpho-Anatomical Characteristics Related to Stem Lodging and Yield Loss Under Delayed Harvesting in Hybrid Rice (<i>Oryza sativa</i> L.) Myo Myo Aye, Samart Wanchana, Kanyanat Sirithunya, Theerayut Toojinda, Wanchana Aesomnuk, Srisawat Khanthong, Rethinee Noknoi, Chanate Malumpong and Meechai Siangliw.....	48
Value Added Development Guidelines of Geographical Indication Product, Khaw Hom Mali Din Phu Kao Fai Buri Ram Rice for Ban Sanuan Nok Volcanic Hom Mali Rice Group, Huai Rat District, Buri Ram Province Benchawan Silinta and Yos Borisutdhi.....	69
Factors Affecting Farmers' Extension Needs in Quality Cassava Stalk Production in Wang Chaplu Subdistrict Khanu Woralaksaburi District, Kamphaeng Phet Province Patchareeporn jailak, Nareerut Seerasam and Bumpen Keowan.....	84
Value Added Development Guidelines on Mekong River Fermented Fish Product of Khok Mad Patthana Community Enterprise, Chiang Khan District, Loei Province Wisanee Tumsee and Yos Borisutdhi.....	93
Selenium Compound on Germination and Phytochemical in Kangkong Seedling Piyaphong Seankhot, Intira Koodkaew, Suphachai Amkha and Pornpairin Rungcharoenthong.....	109
Perception of the Effects of Rice Stubble and Straw Burning Among Rice Farmers in Tha Tako District, Nakhon Sawan Province Lawan Inthajak, Jirattinart Thungngern and Kanungrat Kummanee.....	121
Adaptation of Rice Farmers to Climate Change in Namkliang District, Sisaket Province Sunipa Chaingam, Jirattinart Thungngern and Kanungrat Kummanee.....	131
The Implementation Role in Farm Youth (4-H Club) Project of Farm Youth Group Members in Chaiyaphum Province Wanasak Kueanun and Sukanlaya Choenkwan.....	142
Effect of Temperature, Relative Humidity and Ethylene on Anther Dehiscence in Aromatic Coconut and Influence of Pollen Germination Media Concentration on Pollen Germination Somprattana Nakdaeng, Tee Havananda, Krisana Krisanapook and Kietsuda Luengwilai.....	153
The Using of SRAP DNA Markers to Identify the Mycelium of Oyster Mushroom and <i>Cordyceps militaris</i> Penkhae Rungrueng, Adisak Kaewkam, Sontichai Chanprame and Sermsiri Chanprame.....	162
Indicators for Assessing the Sweetness of Coconut Water Naoki Hiraiwa, U-Chukorn Leesuksam, Kamonwan Sangsoy, Tee Havananda and Kietsuda Luengwilai.....	174

ISSN 2985-1904 (online)