



วารสาร วิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ

JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCE AND MANAGEMENT
วารสารวิชาการของคณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปีที่ 9 ฉบับที่ 1 มกราคม - เมษายน 2569

การแยกโปรตีนพลาสมาจากเส้นใยเห็ดนางรมฮังการีและเห็ดถั่งเช่าสีทอง เพ็ญแข รุ่งเรือง สนธิชัย จันทรเปรม และเสริมศิริ จันทรเปรม.....	5
ปัจจัยที่มีผลต่อการส่งเสริมการผลิตผักตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกร ในอำเภอเหนือคลอง จังหวัดกระบี่ ศุภลักษณ์ ขวัญศรี นารีรัตน์ สิริสาร และสินันท์ ครูทเมือง แสนเสริม.....	16
อิทธิพลของต้นทุนต่อรายการตอบสนองทางสรีรวิทยา และการสะสมสารป้องกันแรงดันออกมอดิกของกิ่งพันธุ์ RRIT 251 ใน สภาวะขาดน้ำ ปรเมศร์ แก้วประเสริฐ กรกช นาคะนอง จรัสศรี นวลศรี และณัฐกร วรธัญสิน.....	27
ความต้องการการใช้สารอินทรีย์ในการปลูกข้าวของเกษตรกรอำเภอบางชัย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ธีรพจน์ ทองเหล่ ชลธร จูเจริญ และสุภาภรณ์ เลิศศิริ.....	43
การตัดสินใจของผู้สนใจลงทุนโคเนื้อดิจิทัลในธุรกิจการเกษตรในประเทศไทย จรงค์ อิงภาคย์ ชลธร จูเจริญ และสุภาภรณ์ เลิศศิริ.....	53
ผลของวัสดุปลูกจากก้นไบโกล๊วยต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดขาว ชมดาว ขำจริง ขวัญภรณ์ แก้วจำ เสฏฐวุฒิ พุ่มสมบัติ และพรพกา โพธิ์พร้อม.....	63
ความพึงพอใจของเกษตรกรต่อการบริหารจัดการน้ำชลประทาน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพระองค์ไชยานุชิต กรณีศึกษา เกษตรกร ผู้ปลูกข้าว อำเภอคลองเขื่อน จังหวัดฉะเชิงเทรา สายพิน หัตถประณีต จิรฐินาฏ ถังเงิน และพันธิตต์ สีเหนียง.....	69
ปัจจัยที่มีผลต่อการลดต้นทุนการผลิตข้าวของเกษตรกร ในตำบลบ่อทอง อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก ศิริพร นิลนนท์เนตร นารีรัตน์ สิริสาร และจรรยา สิงห์คำ.....	80
ผลของการใช้ไส้ไม้ยางพาราต่อสมบัติทางเคมีดินและการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานในดินกรด สุชาวดี จันจาตุรงค์ ขวัญตา ขาวมี จำเป็น อ่อนทอง และจักรกฤษณ์ พูนภักดี.....	88
ปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการการส่งเสริมการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกร ตำบลวังหมัน อำเภอสามเงา จังหวัดตาก ฐิตาภรณ์ ขุติพงษ์วิเวท นารีรัตน์ สิริสาร และบำเพ็ญ เขียวหวาน.....	100
ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้ระบบ DOAE E-Learning ของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตรใน 8 จังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ราตรี ปะวะเสนัง ไกรเลิศ ทวีกุล ยศ บริสุทธิ และไชยธีระ พันธุ์ภักดี.....	110
ตารางชีวิตของหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุดเลี้ยงด้วยพืชอาหาร 3 ชนิด รูปแบบการกระจายตัวและการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างอายุของ ตัวอ่อนในแปลงข้าวโพดฝักอ่อน วิณยานันท์ เกินอาษา สิริกาญจน์ ช่วยดำ และสุนิษา ชัยหวั่ง.....	119
การเปรียบเทียบสมบัติทางชีวภาพและเคมีบางประการของปุ๋ยอินทรีย์สดจากวัสดุอินทรีย์ 5 ชนิดที่ถูกย่อยสลายด้วยตัวอ่อนแมลงวัน ลายกับมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ สุภาเวช ทศนิก ขาววิทย์ แก้วตาปี รุ่งทิพย์ มาศเมธาพิทย์ และสิรินภา ช่วงโสภา.....	128
การวิเคราะห์การจัดการและดำเนินงานในโซ่อุปทานของเกษตรกรผู้เลี้ยงจิ้งหรีดในอำเภอหนองปรือ จังหวัดกาญจนบุรี นิธินา มีแก้ว รพี ดอกไม้เทศ และรุ่งทิพย์ มาศเมธาพิทย์.....	143
ผลของการใช้แคลเซียมซัลเฟตร่วมกับการฉีดพ่นไฟฟ้สเติมซัลเฟตทางใบต่อผลผลิต และการดูดใช้ธาตุไฟฟ้สเติม แคลเซียม และซัลเฟตของข้าวที่ปลูกในชุดดินสระบุรี พัศฐาทิพย์ ทองคำปั้น อัญธิชา พรมเมืองคุก ศุภชัย อำคา ถัสชา ศรีหิรัญ และธวัชชัย อินทร์บุญช่วย.....	154

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 (*) กำกับไว้ท้ายนามสกุลของผู้เขียนที่ติดต่อ (corresponding author) ด้วย

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

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

3.4 คำนำ (Introduction) แสดงความเป็นมาและเหตุผลที่นำไปสู่การศึกษาวิจัย รวมถึงการตรวจสอบเอกสารที่เกี่ยวข้อง และวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย

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

3.6 ผลการศึกษาหรือผลการทดลอง (Results) ให้บรรยายผลการศึกษาวิจัย พร้อมเสนอข้อมูลในรูปแบบตารางหรือภาพประกอบได้ โดยตารางหรือภาพ ให้จัดทำเป็นภาษาอังกฤษทั้งหมด และต้องมีการอ้างถึงตารางหรือภาพนั้นในเนื้อหาด้วย โดยระบุเป็นภาษาอังกฤษ ต่อท้ายข้อความ เช่น (Table 1) หรือ (Figure 1)

3.7 วิจารณ์ (Discussion) ควรเชื่อมโยงกับผลการศึกษาว่าสอดคล้องกับสมมติฐาน หรือแตกต่างไปจากผลงานวิจัยที่มีผู้รายงานไว้ก่อนหรือไม่อย่างไร และด้วยเหตุผลใด โดยมีพื้นฐานการอ้างอิงที่เชื่อถือได้ วิจารณ์อาจนำไปรวมกับผลการศึกษาเป็น 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 ในเนื้อเรื่อง 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 และจรียา รอดดี. 2562. การเปลี่ยนแปลงประชากรตามฤดูกาลของแมลงศัตรูแมลงอ่อน. เกษตร 47(1): 937-946.

มณีนัย 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.

สุรินทร์ปิยะโชติคุณกุล. 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

ดูคำแนะนำรูปแบบในการใช้ภาษาอังกฤษในเนื้อเรื่องภาษาไทยและการส่งเรื่องเพื่อตีพิมพ์ได้ในปกหลัง



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 นิสิตในการพิจารณาผลงานวิจัย ลงตีพิมพ์/ เผยแพร่	Objective	To disseminate academic knowledge in agricultural science and management
ที่ปรึกษา	คณบดีคณะเกษตร กำแพงแสน	Editor	Assoc. Prof. Chanate Malumpong Kasetsart University
บรรณาธิการ	รศ.ดร.ชเนษฎ์ ม้าลำพอง	Vice Editor	Assist. Prof. Dr. Chaisit Thongjoo Kasetsart University
รองบรรณาธิการ	ผศ.ดร.ชัยสิทธิ์ ทองจุ		
กองบรรณาธิการฝ่ายวิชาการ	ศ.ดร.สุพัฒน์ อรรถธรรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศ.ดร.ธีรภาพ เจริญวิริยภาพ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศ.ดร.ทิพย์วดี อรรถธรรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศ.ปรารธนา พุกษะศรี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศ.ดร.นสพ.ทวีศักดิ์ ส่งเสริม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศ.ดร.สืบศักดิ์ สนิธิรัตน์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศ.ดร.จริยา จันทร์ไพแสง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศ.ดร.ดิเรก ฤกษ์ห่วย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ รศ.ดร.วิชัย ไชยรัตน์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ รศ.ดร.จิระเดช แจ่มสว่าง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ รศ.ดร.สนธิชัย จันทร์เปรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ รศ.ดร.จีระชัย กาญจนพุดผิงค์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	Editorial Board (Academic)	Prof. Dr. Suput Attathom Kasetsart University Prof. Dr. Theeraphap Chareonviriyaphap Kasetsart University Prof. Dr. Tipvadee Attathom Kasetsart University Prof. Pratana Prucsasri Kasetsart University Prof. Dr. Thaweesak Songserm Kasetsart University Prof. Dr. Suebsak Sontirat Kasetsart University Prof. Dr. Jariya Chanpaisaeng Kasetsart University Prof. Dr. Direk Rerkrai Kasetsart University Assoc. Prof. Dr. Wichai Kositratana Kasetsart University Assoc. Prof. Dr. Chiradej Chamswarn Kasetsart University Assoc. Prof. Dr. Sontichai Chanprame Kasetsart University Assoc. Prof. Dr. Jeerachai Kanjanapruthipong Kasetsart University



วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ

Journal of Agricultural Science and Management

รศ.ดร.ศิริพรรณ ตันตาคม
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ศ.พิเศษ ยงยุทธ โอสธสภ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.สาวิตรี รังสิภัทร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.พงศ์ศักดิ์ ชลธนสวัสดิ์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.ธงชัย มาลา
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.กมุท สังขศิลา
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.ชลิดา เล็กสมบุญ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ศ.ดร.อภิชาติ วรรณวิจิตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.ทศพล พรพรหม
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.ลพ ภาวภูตานนท์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.อรรจน์ มงคลพร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.พิชัย ทองดีเลิศ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ศ.ดร.อนันต์ พลธานี
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รศ.ดร.อำนาจ คำต้อ
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รศ.ดร.มนต์ชัย ดวงจินดา
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผศ.ดร.อรอินท์ ประไพโย
มหาวิทยาลัยนเรศวร
Prof. Dr. Gerard Duvallet
Paul Valéry University
ศ.ดร.สัณชัย จตุรสิทธิ์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ศ.ดร.ไสว บุรณพานิชพันธุ์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Assoc. Prof. Dr. Siripan Tantakom
Kasetsart University
Adjunct Prof. Dr. Yongyuth Osotsapar
Kasetsart University
Assoc. Prof. Dr. Savitree Rangsihaht
Kasetsart University
Assoc. Prof. Pongsak Chontanaswat
Kasetsart University
Assoc. Prof. Dr. Thongchai Mala
Kasetsart University
Assoc. Prof. Dr. Kumut Sangkhasila
Kasetsart University
Assoc. Prof. Dr. Chalida Leksomboon
Kasetsart University
Prof. Dr. Apichart Vanavichit
Kasetsart University
Assoc. Prof. Dr. Tosapon Pornprom
Kasetsart University
Assist. Prof. Dr. Lop Phavaphutanon
Kasetsart University
Assoc. Prof. Dr. Orarat Mongkolporn
Kasetsart University
Assoc. Prof. Dr. Pichai Tongdeelert
Kasetsart University
Prof. Dr. Anan Polthanee
Khon Kaen University
Assoc. Prof. Dr. Amnouy Kamtuo
Khon Kaen University
Assoc. Prof. Dr. Monchai Duangjindar
Khon Kaen University
Assist. Prof. Dr. Ornin Prachaiyo
Naresuan University
Prof. Dr. Gerard Duvallet
Paul Valéry University
Prof. Dr. Sanchai Jaturasittha
Chiang Mai University
Prof. Dr. Sawai Buranapanichpan
Chiang Mai University



วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ

Journal of Agricultural Science and Management

ศ.ดร.สุวิมล กীরติพิบูลย์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Prof. Dr. Robert McGovern
Cornell University
Prof. Dr. Kazuyuki Inubushi
Chiba University
Prof. Dr. Anake Kijjoa
University of Porto, Portugal
ศ.ดร.อานัฐ ตันโช
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รศ.ดร.วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ
มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร.ปทุมทริกา รัตนตรัยวงศ์
มหาวิทยาลัยนเรศวร
รศ.ดร.บัณฑิต อินณวงศ์
มหาวิทยาลัยศิลปากร
ผศ.ดร.ไชยวรรณ วัฒนจันทร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
รศ.ดร.ทิพวรรณ ลิ้มกูร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รศ.บำเพ็ญ เขียวหวาน
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช

Prof. Dr. Suwimon Keeratipibul
Chulalongkorn University
Prof. Dr. Robert McGovern
Cornell University
Prof. Dr. Kazuyuki Inubushi
Chiba University
Prof. Dr. Anake Kijjoa
University of Porto, Portugal
Prof. Dr. Arnat Tancho
Maejo University
Assoc. Prof. Dr. Weerathep Pongprasert
Naresuan University
Assist. Prof. Dr. Puntarika Ratanatriwong
Naresuan University
Assoc. Prof. Dr. Bhundit Innawong
Silpakorn University
Assist. Prof. Dr. Chaiyawan Wattanajan
Prince of Songkla University
Assoc. Prof. Dr. Tippawan Limunggura
King Mongkut's Institute of Technology
Ladkrabang
Assoc. Prof. Bumpen Keowan
Sukhothai Thammathirat Open University

กองบรรณาธิการฝ่ายการจัดการ

นางชลนัฐา 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

บทที่บรรณาธิการ

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 เกษตรกลวิธีงาน สัตวบาล กีฏวิทยา ปฐพีวิทยา โรคพืช พืชสวน พืชไร่ นา ส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร เทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตร เพื่อส่งเสริม พัฒนา และยกระดับการผลิตผลงานวิจัย ตลอดจนเพิ่มทางเลือกให้กับบุคลากรวิจัยรุ่นใหม่ และนิสิตในการส่งผลงานวิจัยลงตีพิมพ์เผยแพร่ โดยผ่านความเห็นและได้รับคำแนะนำจากผู้ทรงคุณวุฒิ ทั้งจากภายในและภายนอกหน่วยงาน เพื่อเป็นประโยชน์สำหรับการส่ง และเสนอผลงานวิจัยเข้ารับการพิจารณาตีพิมพ์

คณะเกษตร กำแพงแสนได้เห็นความสำคัญของการพัฒนาและส่งเสริมผลงานวิจัยเพื่อเผยแพร่เชิงบูรณาการให้มีคุณภาพ เกิดประโยชน์อย่างแท้จริง สำหรับฉบับนี้มีบทความวิจัยด้วยกัน 15 เรื่อง ประกอบด้วย สาขาพืชไร่ นา 2 เรื่อง ส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร 4 เรื่อง สาขาพืชศาสตร์ 2 เรื่อง สาขาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร 4 เรื่อง สาขาปฐพีวิทยา 2 เรื่อง สาขากีฏวิทยา 1 เรื่อง ซึ่งกองบรรณาธิการขอขอบคุณผู้เขียนทุกท่าน ที่ได้กรุณาแบ่งปันข้อมูลดีๆ ที่เป็นประโยชน์ เพื่อเผยแพร่สู่สาธารณะต่อไป

รศ.ดร.ชนเชษฐ ม้าลำพอง

บรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ

การแยกโปรโตพลาสต์จากเส้นใยเห็ดนางรมฮังการีและเห็ดถั่งเช่าสีทอง

Protoplast Isolation from the Mycelium of *Pleurotus ostreatus* and *Cordyceps militaris*

เพ็ญแข รุ่งเรือง¹ สอนธิชัย จันทร์เปรม² และเสริมศิริ จันทร์เปรม^{3*}
Penkhae Rungrueng¹, Sontichai Chanprame² and Sermsiri Chanprame^{3*}

Received: July 17, 2024

Revised: July 26, 2024

Accepted: July 30, 2024

Abstract: This study aimed to investigate the optimal conditions for the protoplast isolation of *Pleurotus ostreatus* and *Cordyceps militaris*. The factors that were optimized included mycelium age, formula of mixed enzymes solution, mannitol concentration for osmotic stabilization, digestion temperature and duration. The results demonstrated that the optimal conditions for *P. ostreatus* were 4-day-old mycelium, digested for 6 hours at 25 ± 2 °C with an enzyme solution consisting of 1.0% Cellulase Onozuka R-10, 1.5% driselase 1.5% lysing enzyme, and 1.0% Macerozyme R-10 dissolved in 0.6 M mannitol. These conditions yielded the highest number of protoplasts, with 6.25×10^5 cells/mL. For *C. militaris*, a similar enzyme solution was suitable for the digestion of 5-day-old mycelium at 30 °C for 3 hours, yielding the highest number of protoplasts at 6.25×10^5 cells/mL.

Keywords: Medicinal mushroom, Oyster mushroom, Protoplast

บทคัดย่อ: การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการแยกโปรโตพลาสต์จากเส้นใยเห็ดนางรมฮังการี และเห็ดถั่งเช่าสีทอง โดยปัจจัยที่ศึกษา ได้แก่ อายุเส้นใย ส่วนผสมของสารละลายเอนไซม์ ความเข้มข้นของ mannitol ที่ใช้รักษาแรงดันออสโมติกของเซลล์ ระยะเวลา และอุณหภูมิในการย่อย ผลการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการแยกโปรโตพลาสต์ของเห็ดนางรมฮังการี คือ ใช้เส้นใยอายุ 4 วัน ย่อยด้วยเอนไซม์ที่ส่วนผสมประกอบด้วย Cellulase Onozuka R-10 1.0 เปอร์เซ็นต์ driselase 1.5 เปอร์เซ็นต์ lysing enzyme 1.5 เปอร์เซ็นต์ และ Macerozyme R-10 1.0 เปอร์เซ็นต์ ที่ละลายใน mannitol 0.6 โมลาร์ โดยใช้ระยะเวลาการย่อย 6 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ให้จำนวนโปรโตพลาสต์มากที่สุดคือ 6.25×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร สำหรับเห็ดถั่งเช่าสีทอง เอนไซม์ที่เหมาะสมคือส่วนผสมเดียวกันกับที่ใช้สำหรับเห็ดนางรมฮังการี แต่ใช้เส้นใยอายุ 5 วัน ย่อยที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ให้จำนวนโปรโตพลาสต์มากที่สุดคือ 6.0×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร

คำสำคัญ: เห็ดสมุนไพร, เห็ดนางรม, โปรโตพลาสต์

¹ สาขาวิจัยและพัฒนาการเกษตร คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

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

² ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

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

³ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

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

*Corresponding author: agrsrc@ku.ac.th

คำนำ

เห็ดนางรมฮังการี (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.ex.Fr.) Kumn; Basidiomycota) เป็นเห็ดที่มีคุณค่าทางอาหารสูง เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนคุณภาพสูง มีไขมันและแคลอรีต่ำ และมีกากใยอาหาร (Chang and Miles, 2004; Regula and Siwulski, 2007) เห็ดชนิดนี้สามารถเพาะเลี้ยงง่าย เจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อน มีวงจรชีวิตสั้น จึงมีต้นทุนการผลิตที่ค่อนข้างต่ำ ส่วนเห็ดถั่งเช่าสีทอง (*Cordyceps militaris* (L.) Fr.; Ascomycota) เป็นเชื้อราที่จัดเป็นปรสิตของแมลง (entomofungus) อยู่ในสกุลเดียวกับเห็ดถั่งเช่าสีเบต (*C. sinensis*) ชาวจีนเชื่อว่าเห็ดถั่งเช่าเป็นยาอายุวัฒนะ ใช้รักษาโรคได้หลายชนิด (Winkler, 2008; Das et al., 2010) ปัจจุบันมีการเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองเป็นการค้ามากในประเทศจีน เกาหลี และญี่ปุ่น เนื่องจากความต้องการบริโภคเห็ดถั่งเช่ามีมากขึ้น ทั้งในรูปของการใช้เป็นยาสมุนไพร อาหารเสริม และใช้ประกอบอาหาร แต่การเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองต้องใช้อุณหภูมิต่ำเพื่อกระตุ้นให้เกิดการสร้างดอก (ธัญญา และคณะ, 2561) การผลิตเห็ดชนิดนี้ในประเทศไทยจึงมีต้นทุนการผลิตสูงเนื่องจากต้องเพาะเลี้ยงในห้องปรับอากาศ ดังนั้นหากสามารถนำลักษณะที่เติบโตง่ายของเห็ดนางรมมาผสมผสานกับคุณสมบัติทางสมุนไพรของเห็ดถั่งเช่าสีทองได้ ก็จะเกิดประโยชน์แก่ผู้ผลิตและผู้บริโภค แต่เนื่องจากเห็ดทั้งสองชนิดนี้มีความแตกต่างทางพันธุกรรมมาก เนื่องจากอยู่ใน Phylum ที่ต่างกัน จึงเป็นข้อจำกัดสำหรับวิธีการผสมพันธุ์แบบมาตรฐาน อย่างไรก็ตามในกรณีนี้สามารถใช้เทคนิคการรวมโปรโตพลาสต์ช่วยในการแก้ปัญหาได้

เทคนิคการรวมโปรโตพลาสต์ (protoplast fusion) เป็นเทคนิคสำคัญที่ใช้ในการพัฒนาสายพันธุ์ลูกผสมที่พ่อแม่มีความแตกต่างทางพันธุกรรมสูงที่มักประสบปัญหาความเข้ากันไม่ได้ของการผสมโดยอาศัยเพศ (sexual incompatibility) เทคนิคนี้มีรายงานว่าสามารถนำมาช่วยในการผสมข้ามชนิด (interspecific hybridization) หรือแม้กระทั่งการผสมข้ามสกุล (intergeneric hybridization) ซึ่งการผสมพันธุ์แบบธรรมชาติเป็นไปได้ยากหรือ

อาจเป็นไปได้โดยถ้าหากสิ่งมีชีวิตนั้นๆ มีความแตกต่างทางพันธุกรรมกันมาก (Aswini, et al., 2014) โปรโตพลาสต์คือเซลล์ที่ถูกกำจัดผนังเซลล์ (cell wall) ออกเหลือเพียงเยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane) ห่อหุ้มองค์ประกอบต่างๆ ของเซลล์ มีคุณสมบัติที่สามารถชักนำให้เกิดการหลอมรวมกันระหว่างโปรโตพลาสต์ และเมื่อเพาะเลี้ยงในสภาพที่เหมาะสมโปรโตพลาสต์ก็สามารถสร้างผนังเซลล์ขึ้นมาใหม่และพัฒนาไปเป็นเซลล์ที่สมบูรณ์ได้ (คำณูณ, 2545; Davey et al., 2005)

ขั้นตอนที่สำคัญก่อนการรวมโปรโตพลาสต์คือการแยกโปรโตพลาสต์ (protoplast isolation) ซึ่งเป็นการเตรียมเซลล์ให้อยู่ในสภาพที่ปราศจากผนังเซลล์ โดยทำลายหรือแยกเอาผนังเซลล์ออกให้เหลือเพียงเยื่อหุ้มเซลล์ การลอกผนังเซลล์ออกได้อย่างสมบูรณ์จะทำให้ได้โปรโตพลาสต์ที่สมบูรณ์ แต่ถ้าลอกออกได้เพียงบางส่วนและยังคงมีส่วนของผนังเซลล์ติดอยู่จะได้เซลล์ที่เรียกว่าสเฟียโรพลาสต์ (sphaeroplast) ซึ่งไม่เหมาะสำหรับการรวมโปรโตพลาสต์ เนื่องจากผนังเซลล์ที่เหลืออยู่จะไปขัดขวางการเชื่อมต่อกันของเยื่อหุ้มเซลล์ (คำณูณ, 2545) โครงสร้างของโปรโตพลาสต์มีลักษณะบอบบางมากจึงทำให้เซลล์แตกได้ง่าย และยังไวต่อการเปลี่ยนแปลงของแรงดันออสโมซิสจากภายนอกอีกด้วย ดังนั้น ในการเพาะเลี้ยงโปรโตพลาสต์จึงต้องมีการเติมสาร osmotic stabilizer ที่ช่วยรักษาสภาพแรงดันภายนอกให้เหมาะสม ทำให้เซลล์ไม่แตกหรือแฟบมากเกินไป (Fox, 1991) นอกจากนี้ การแยกโปรโตพลาสต์ให้ได้จำนวนมากและคุณภาพดีนั้นยังมีปัจจัยอื่นเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย เช่น ชนิดของพืชหรือเชื้อ อายุของเนื้อเยื่อเริ่มต้นหรืออายุเส้นใย ชนิดและความเข้มข้นของเอนไซม์ ระยะเวลาและอุณหภูมิในการย่อย (สาวิตรี, 2549; สกุลรัตน์, 2553)

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการแยกโปรโตพลาสต์ของเห็ดนางรมฮังการี และเห็ดถั่งเช่าสีทอง โดยปัจจัยที่ศึกษาได้แก่ อายุของเส้นใยเห็ดแต่ละชนิด ความเข้มข้นของ mannitol ที่ช่วยรักษาสภาพแรงดันภายนอกให้เหมาะสม ส่วนผสมของเอนไซม์ที่ทำให้ย่อยผนังเซลล์ออกได้ดี

รวมทั้งอุณหภูมิและระยะเวลาในการย่อยที่เหมาะสม เพื่อให้ทราบปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับการแยกโปรโตพลาสต์ของเห็ดแต่ละชนิดให้ได้ปริมาณมากและคุณภาพดี สำหรับนำไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์เห็ดทั้งสองชนิดนี้ด้วยวิธีการรวมโปรโตพลาสต์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองที่ 1 การศึกษาอายุเส้นใย ความเข้มข้นของ mannitol และระยะเวลาการย่อย

เตรียมเส้นใยเห็ดนางรมฮังการีและเห็ดถั่งเช่าสีทอง โดยนำเส้นใยเห็ดนางรมฮังการี (เชื้อพันธุกรรมจากสำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร) และเส้นใยเห็ดถั่งเช่าสีทอง (เชื้อพันธุกรรมจากบริษัท ที เอส ทวิน จำกัด) เพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร PDA อายุประมาณ 2 สัปดาห์ จากนั้นตัดวุ้นบริเวณปลายวงที่มีเส้นใยเจริญอยู่ให้เป็นแผ่นขนาด 1x1 เซนติเมตร นำไปเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร PDB วางเลี้ยงบนเครื่องเขย่าความเร็ว 200 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 4 และ 5 วัน เมื่อได้อายุเส้นใยที่ต้องการแล้วจึงนำอาหารที่มีเส้นใยแต่ละอายุมาปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 13,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที เพื่อแยกเส้นใยจากอาหาร ล้างเส้นใยด้วยน้ำกลั่นที่หนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว 1 ครั้ง และล้างด้วยสารละลาย mannitol ที่ปลอดเชื้อความเข้มข้น 0.6 0.7 และ 0.8 โมลาร์ จำนวน 2 ครั้ง

นำเส้นใยที่แยกได้มาย่อยด้วยเอนไซม์ที่มีส่วนผสมตามรายงานของ Djajanegara and Masduki (2010) ซึ่งประกอบด้วย เอนไซม์สองชนิด คือ cellulase 1.0 เปอร์เซ็นต์ [Cellulase Onozuka R-10 ที่ได้จาก *Trichoderma viride* (Yakult Pharmaceutical IND. Co., Ltd.) และ driselase 1.0 เปอร์เซ็นต์ [Driselase™ (Sigma-Aldrich, Co., Ltd.) ที่ได้จาก *Basidiomycetes* sp.] ที่ละลายใน mannitol ความเข้มข้น 0.6 0.7 หรือ 0.8 โมลาร์ โดยในการย่อยใช้เส้นใย 1 กรัมต่อสารละลายเอนไซม์ 1 มิลลิลิตร และวางบนเครื่องเขย่าแบบ orbital shaker ความเร็ว 50 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง

(30-32 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 3 4 5 และ 6 ชั่วโมง เมื่อครบเวลานำสารละลายเอนไซม์มาแยกโปรโตพลาสต์ออกจากเศษเซลล์ด้วยสารละลายซูโครสความเข้มข้น 19 เปอร์เซ็นต์ โดยหยอดโปรโตพลาสต์ที่แขวนลอยอยู่ในสารละลายเอนไซม์ลงในสารละลายซูโครสซึ่งบรรจุในหลอดแก้วขนาด 10 มิลลิลิตร อย่างช้าๆ จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 750 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที แยกเก็บโปรโตพลาสต์ที่แขวนลอยอยู่บริเวณส่วนกลางของสารละลายใส่ในหลอดใหม่ เติมสารละลาย mannitol ความเข้มข้น 0.6 0.7 หรือ 0.8 โมลาร์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร

ตรวจนับจำนวนโปรโตพลาสต์โดยใช้สไลด์นับเซลล์ (hemocytometer) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ แล้วคำนวณเป็นจำนวนเซลล์ใ้ผนังต่อปริมาตร 1 มิลลิลิตร โดยใช้สูตร

$$\text{จำนวนเซลล์ต่อมิลลิลิตร} = \frac{\text{จำนวนเซลล์เฉลี่ยต่อช่อง}}{(0.25) (0.25) (0.1) \times 10^{-3}}$$

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) ดำเนินการทดลองละ 3 ซ้ำ จัดสิ่งทดลองแบบแฟคทอเรียล (3x3x4 Factorial in CRD) ประกอบด้วย 3 ปัจจัย คือ

ปัจจัย A = อายุเส้นใยเห็ด 3 ระยะ คือ 3 4 และ 5 วัน

ปัจจัย B = ความเข้มข้น mannitol 3 ระดับ คือ 0.6 0.7 และ 0.8 โมลาร์

ปัจจัย C = ระยะเวลาการย่อย 4 ระดับ คือ 3 4 5 และ 6 ชั่วโมง

นำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

การทดลองที่ 2 การศึกษาสูตรของสารละลายเอนไซม์ผสม และอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการย่อยผนังเซลล์

เตรียมเส้นใยเห็ดตามผลการทดลองที่ดีที่สุดของการทดลองที่ 1 โดยเห็ดนางรมฮังการีใช้เส้นใยอายุ 4 วัน และเห็ดถั่งเช่าสีทองใช้เส้นใยอายุ 5 วัน

แยกเส้นใยจากอาหารโดยการปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 13,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ล้างเส้นใยที่ได้ด้วยน้ำกลั่นหนึ่งฆ่าเชื้อ 1 ครั้ง และล้างด้วยสารละลาย mannitol ความเข้มข้น 0.6 โมลาร์ที่ปลอดเชื้อ จำนวน 2 ครั้ง นำเส้นใยที่ได้มาย่อยเอาผนังเซลล์ออกโดยใช้สารละลายเอนไซม์ผสมที่ประกอบด้วย 1) cellulase [(Cellulase Onozuka R-10 (Yakult Pharmaceutical IND. Co., Ltd.) ที่ได้จาก *Trichoderma viride*] 2) driselase [Driselase™ (Sigma-Aldrich, Co., Ltd.) ที่ได้จาก *Basidiomycetes* sp.] 3) lysing enzyme (Lysing enzyme (Sigma-Aldrich, Co., Ltd.) ที่ได้จาก *Trichoderma harzianum*) และ 4) macerozyme [Macerozyme® R-10 (Yakult Pharmaceutical IND. Co., Ltd) ที่ได้จาก *Rhizopus* sp.] โดยมีส่วนผสมของเอนไซม์ 5 สูตร ซึ่งแต่ละสูตรละลายในสารละลาย mannitol ความเข้มข้น 0.6 โมลาร์ ดังนี้

1) cellulase 1.0 เปอร์เซ็นต์ driselase 1.5 เปอร์เซ็นต์ lysing enzyme 1.5 เปอร์เซ็นต์ macerozyme 1.0 เปอร์เซ็นต์

2) cellulase 1.0 เปอร์เซ็นต์ driselase 1.0 เปอร์เซ็นต์

3) cellulase 0.8 เปอร์เซ็นต์ driselase 1.0 เปอร์เซ็นต์

4) cellulase 0.8 เปอร์เซ็นต์ driselase 1.0 เปอร์เซ็นต์ lysing enzyme 1.0 เปอร์เซ็นต์ macerozyme 1.0 เปอร์เซ็นต์

5) driselase 1.0 เปอร์เซ็นต์ lysing enzyme 1.0 เปอร์เซ็นต์

โดยใช้เส้นใยเห็ด 1 กรัมต่อสารละลายเอนไซม์ 1 มิลลิลิตร สำหรับการย่อยที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ใช้เครื่องเขย่าแบบ linear motion ความเร็ว 50 รอบต่อนาที ส่วนการย่อยที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ควบคุมโดย water bath shaker โดยเห็ดนางรมฮังการีใช้เวลาย่อย 6 ชั่วโมง ส่วนเห็ดถั่งเช่าสีทองใช้เวลาย่อย 3 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาแยกโปรโตพลาสต์ออกจากเศษเซลล์ และตรวจนับและคำนวณจำนวนโปรโตพลาสต์ ตามวิธีการเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ดำรับทดลองละ 3 ซ้ำ จัดตั้งทดลองแบบแฟคทอเรียล (5x2 Factorial in CRD) ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ ส่วนผสมของเอนไซม์ 5 สูตร และอุณหภูมิในการย่อย 2 ระดับ คือ 25 ± 2 และ 30 องศาเซลเซียส วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยวิธี ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT

ผลการทดลองและวิจารณ์

การศึกษาอายุเส้นใย ความเข้มข้นของ mannitol และระยะเวลาในการย่อยผนังเซลล์

จากการศึกษาอายุของเส้นใย ความเข้มข้น mannitol และระยะเวลาการย่อยที่เหมาะสมสำหรับการแยกโปรโตพลาสต์ของเห็ดนางรมฮังการีและเห็ดถั่งเช่าสีทอง โดยใช้ส่วนผสมของเอนไซม์ที่ประกอบด้วย driselase 1.0 เปอร์เซ็นต์ และ cellulase 1 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ทั้งสามปัจจัยดังกล่าวให้จำนวนโปรโตพลาสต์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยในเห็ดนางรมฮังการีพบว่า การใช้เส้นใยอายุ 4 วัน ความเข้มข้น mannitol 0.6 โมลาร์ และระยะเวลาการย่อย 6 ชั่วโมง ให้จำนวนโปรโตพลาสต์มากที่สุด เท่ากับ 5.13×10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร รองลงมาคือ การใช้เส้นใยที่อายุเท่ากันและความเข้มข้นของ mannitol เดียวกัน แต่ย่อยเพียง 5 ชั่วโมง ที่ให้จำนวนโปรโตพลาสต์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 5.00×10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร (Table 1) สำหรับเห็ดถั่งเช่าสีทอง พบว่า ดำรับทดลองที่ให้จำนวนโปรโตพลาสต์มากที่สุดคือ การใช้เส้นใยอายุ 5 วัน ความเข้มข้น mannitol 0.6 โมลาร์ และระยะเวลาการย่อย 3 ชั่วโมง ให้จำนวนโปรโตพลาสต์ 3.8×10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร รองลงมาคือ เส้นใยอายุ 4 วัน ความเข้มข้น mannitol 0.6 โมลาร์ และระยะเวลาการย่อย 6 ชั่วโมง ที่ให้จำนวนโปรโตพลาสต์เท่ากับ 3.65×10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร (Table 2)

เมื่อพิจารณาแยกรายปัจจัย พบว่าอายุเส้นใยที่ให้จำนวนโปรโตพลาสต์มากที่สุดของเห็ดทั้งสองชนิด คือที่อายุ 4 วัน โดยเห็ดนางรมฮังการีให้จำนวนโปรโตพลาสต์ 2.11×10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร และเห็ดถั่งเช่าสีทองให้จำนวนโปรโตพลาสต์

1.39×10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร (Table 3) ทั้งนี้ ในการแยกโปรโตพลาสต์จากเส้นใยของเห็ดนั้น มีรายงานว่า ผลผลิตของโปรโตพลาสต์ขึ้นอยู่กับอายุของเส้นใย อายุเส้นใยเห็ดที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบและมีความหนาของผนังเซลล์มากขึ้น จึงทำให้ได้จำนวนโปรโตพลาสต์ลดลง (Zhao and Chang, 1993) โดยในเห็ดหลายชนิดมีรายงานว่า การใช้อายุเส้นใยในช่วง 3-6 วัน ทำให้ได้โปรโตพลาสต์จำนวนมาก (Kim *et al.*, 2000) และจากการศึกษาของ Eyini *et al.* (2006) พบว่า การแยกโปรโตพลาสต์จากเส้นใยของเห็ดนางรมและเห็ดนางฟ้าภูฐาน ที่มีอายุ 3 วัน ให้จำนวนโปรโตพลาสต์มากที่สุด

สำหรับระดับความเข้มข้น mannitol ที่เหมาะสมในการแยกโปรโตพลาสต์ พบว่า ความเข้มข้น mannitol ที่ให้จำนวนโปรโตพลาสต์มากที่สุด คือ 0.6 โมลาร์ โดยในเห็ดนางรมฮังการีให้จำนวนโปรโตพลาสต์ 1.74×10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร และในเห็ดถั่งเช่าสีทองให้จำนวนโปรโตพลาสต์ 1.58×10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร (Table 3) ทั้งนี้การย่อยโปรโตพลาสต์ให้ออกมาอยู่ในสารละลายอาหารนั้น เซลล์จะบอบบางและแตกได้ง่ายเนื่องจากไม่มีผนังเซลล์ปกป้อง ดังนั้นในสารละลายจึงจำเป็นต้องมีสารที่ทำหน้าที่เป็น osmotic stabilizer ที่ทำให้เกิดสมดุลระหว่างแรงดันภายในและภายนอกเซลล์เพื่อป้องกันไม่ให้เซลล์ดูดน้ำเข้าไปมากเกินไปจนเซลล์แตก หรือสูญเสียน้ำมากเกินไปจนเกิดการเหี่ยวเฉาจนเซลล์เสียสภาพ สารที่นิยมใช้มากที่สุดในการควบคุมสภาวะออสโมติกในการใช้แยกโปรโตพลาสต์คือ mannitol ซึ่งเป็นสารในกลุ่มน้ำตาลแอลกอฮอล์ที่ถูกดูดซึมเข้าสู่เซลล์ได้ช้า ความเข้มข้นของ mannitol ที่นิยมใช้อยู่ในช่วงประมาณ 0.23-0.90 โมลาร์ (คำภูณ, 2545) ซึ่งจากการทดลองนี้ พบว่า mannitol ความเข้มข้น 0.6 โมลาร์ เหมาะสมต่อการแยกโปรโตพลาสต์จาก

เส้นใยเห็ดทั้งสองชนิด เนื่องจากให้จำนวนโปรโตพลาสต์มากที่สุด และโปรโตพลาสต์ที่ได้มีลักษณะสมบูรณ์ (Figure 1) ผลดังกล่าวนี้สอดคล้องกับงานทดลองของ Zhao and Chang (1993) ที่รายงานว่าในการแยกโปรโตพลาสต์ เห็ดหอม เห็ดนางรม และเห็ดนางฟ้า การใช้ mannitol ความเข้มข้น 0.6 โมลาร์ ส่งผลให้ได้จำนวนโปรโตพลาสต์มากที่สุด

สำหรับระยะเวลาที่ใช้ในการย่อยนั้น พบว่า การปลดปล่อยโปรโตพลาสต์ของเห็ดนางรมฮังการีใช้เวลานานกว่าในเห็ดถั่งเช่าสีทอง ระยะเวลาการย่อยที่เหมาะสมสำหรับเห็ดนางรมฮังการีคือ 5 ชั่วโมง และในเห็ดถั่งเช่าสีทองคือ 3 ชั่วโมง โดยให้จำนวนโปรโตพลาสต์เท่ากับ 1.86×10^6 และ 1.66×10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ (Table 3)

ทั้งนี้ เอนไซม์ชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการย่อยผนังเซลล์นั้นอาจแสดงการเป็นพิษต่อโปรโตพลาสต์ ดังนั้นเมื่อเซลล์แช่อยู่ในสารละลายเอนไซม์เป็นเวลานานเกินไปจึงมีผลทำให้โปรโตพลาสต์ตาย (สกุลรัตน์, 2553) จากการทดลองของ Eyini *et al.* (2006) ที่ทดลองในเห็ดนางรมและเห็ดนางฟ้าภูฐาน พบว่า ระยะเวลาการย่อย 3 ชั่วโมง เป็นระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดโดยให้จำนวนโปรโตพลาสต์ของเห็ดทั้งสองชนิดอยู่ในช่วง $5.40-5.8 \times 10^7$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร และพบว่าเมื่อระยะเวลาการย่อยมากขึ้นส่งผลให้มีจำนวนโปรโตพลาสต์ลดลง โดยทั่วไประยะเวลาในการย่อยผนังเซลล์ของเส้นใยเห็ดจะอยู่ในช่วงประมาณ 2-3 ชั่วโมง แต่ในเห็ดบางชนิดมีรายงานว่าใช้ระยะเวลาในการย่อยมากกว่า 3 ชั่วโมง เช่น *Lentinus lepideuse* มีระยะเวลาในการย่อยที่เหมาะสมคือ 6 ชั่วโมง (Kim *et al.*, 2000) อย่างไรก็ตาม ระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการย่อยจะแตกต่างกันตามชนิดของเห็ด อายุเส้นใย ชนิดและความเข้มข้นของเอนไซม์ที่ใช้ด้วย

Table 1 The effects of mycelium age, concentration of mannitol and digestion duration on number of isolated protoplasts of *Pleurotus ostreatus*. The enzyme solution consisted of 1.0 % Cellulase Onozuka R-10 and 1.0 % Driselase.

Mycelium age (days)	Concentration of mannitol (M)	Protoplasts yield ($\times 10^6$ cells/ml) of each digestion duration ^{1/}			
		3 hr	4 hr	5 hr	6 hr
3	0.6	1.20 $\pm$ 0.00f-h	0.63 $\pm$ 0.10h-l	0.93 $\pm$ 0.04k-l	0.63 $\pm$ 0.04h-l
	0.7	0.58 $\pm$ 0.04h-l	0.33 $\pm$ 0.04l	0.60 $\pm$ 0.07h-l	0.45 $\pm$ 0.00j-l
	0.8	0.80 $\pm$ 0.35g-l	0.40 $\pm$ 0.00kl	0.63 $\pm$ 0.04h-l	1.18 $\pm$ 0.10f-i
4	0.6	2.13 $\pm$ 0.24cd	0.75 $\pm$ 0.28g-l	5.00 $\pm$ 0.35a	5.13 $\pm$ 0.38a
	0.7	1.08 $\pm$ 0.10f-k	2.45 $\pm$ 0.63c	3.15 $\pm$ 0.63b	1.10 $\pm$ 0.07f-k
	0.8	0.85 $\pm$ 0.49g-l	1.78 $\pm$ 0.24de	0.88 $\pm$ 0.17g-l	1.03 $\pm$ 0.17g-l
5	0.6	0.73 $\pm$ 0.17g-l	0.53 $\pm$ 0.10i-l	2.48 $\pm$ 0.31c	0.75 $\pm$ 0.14g-l
	0.7	1.13 $\pm$ 0.10f-j	0.40 $\pm$ 0.14kl	1.90 $\pm$ 0.21de	1.78 $\pm$ 0.10de
	0.8	1.50 $\pm$ 0.07ef	1.23 $\pm$ 0.31fg	1.20 $\pm$ 0.14f-h	1.50 $\pm$ 0.00ef
F-test (AxBxC)		**			
CV (%)		83.38			

** significant difference ($P \leq 0.01$); A = mycelium age, B = concentration of mannitol, C = digestion duration

^{1/} Means followed by different letters represent a significant difference according to DMRT.

Table 2 The effects of mycelium age, concentration of mannitol and digestion duration on number of isolated protoplasts of *Cordyceps militaris*. The enzyme solution consisted of 1.0 % Cellulase Onozuka R-10 and 1.0 % Driselase.

Mycelium age (days)	Concentration of mannitol (M)	Protoplasts yield ($\times 10^6$ cells/ml) of each digestion duration ^{1/}			
		3 hr	4 hr	5 hr	6 hr
3	0.6	2.60 $\pm$ 0.00bc	0.33 $\pm$ 0.04l-n	0.28 $\pm$ 0.04mn	0.88 $\pm$ 0.17i-m
	0.7	1.20 $\pm$ 0.00f-i	2.13 $\pm$ 0.45cd	0.45 $\pm$ 0.07j-n	0.38 $\pm$ 0.10k-n
	0.8	0.73 $\pm$ 0.24i-n	0.30 $\pm$ 0.07l-n	0.98 $\pm$ 0.45h-l	0.30 $\pm$ 0.00l-n
4	0.6	1.85 $\pm$ 0.28de	1.80 $\pm$ 0.21def	0.70 $\pm$ 0.21i-n	3.65 $\pm$ 0.63a
	0.7	1.03 $\pm$ 0.10g-k	2.83 $\pm$ 0.38b	0.83 $\pm$ 0.04i-m	0.80 $\pm$ 0.35i-m
	0.8	0.58 $\pm$ 0.24i-n	0.98 $\pm$ 0.31h-l	1.23 $\pm$ 0.31e-i	0.45 $\pm$ 0.00j-n
5	0.6	3.80 $\pm$ 0.35a	0.05 $\pm$ 0.00n	2.68 $\pm$ 0.53bc	0.33 $\pm$ 0.04l-n
	0.7	1.55 $\pm$ 0.35d-h	0.28 $\pm$ 0.17mn	1.13 $\pm$ 0.17g-j	0.38 $\pm$ 0.04k-n
	0.8	1.65 $\pm$ 0.56d-g	0.73 $\pm$ 0.38i-n	0.93 $\pm$ 0.31h-m	0.83 $\pm$ 0.17i-m
F-test (AxBxC)		**			
CV (%)		84.06			

** significant difference ($P \leq 0.01$); A = mycelium age, B = concentration of mannitol, C = digestion duration

^{1/} Means followed by different letters represent a significant difference according to DMRT.

Table 3 The effects of certain factors on number of isolated protoplast ($\times 10^6$ cells/mL) of *Pleurotus ostreatus* and *Cordyceps militaris*. The enzyme solution consisted of 1.0 % Cellulase Onozuka R-10 and 1.0 % Driselase.

Factors	Protoplasts yield ($\times 10^6$ cells/mL) ^{1/}	
	<i>Pleurotus ostreatus</i>	<i>Cordyceps militaris</i>
Mycelium age (days)		
3	0.69 $\pm$ 0.28c	0.88 $\pm$ 0.76c
4	2.11 $\pm$ 1.55a	1.39 $\pm$ 0.98a
5	1.26 $\pm$ 0.61b	1.19 $\pm$ 1.10b
F-test	**	**
Concentration of mannitol (M)		
0.60	1.74 $\pm$ 1.64a	1.58 $\pm$ 1.33a
0.70	1.24 $\pm$ 0.90b	1.07 $\pm$ 0.77a
0.80	1.08 $\pm$ 0.42c	0.80 $\pm$ 0.44b
F-test	**	**
Incubation time (hours)		
3	1.11 $\pm$ 0.48c	1.66 $\pm$ 1.00a
4	0.94 $\pm$ 0.74d	1.04 $\pm$ 0.97b
5	1.86 $\pm$ 1.44a	1.02 $\pm$ 0.70b
6	1.50 $\pm$ 1.38b	0.89 $\pm$ 1.04b
F-test	**	**
CV (%)	83.38	84.06

** significant difference ($P \leq 0.01$)

^{1/} Means followed by different letters within a column of each factor represent a significant difference according to DMRT.

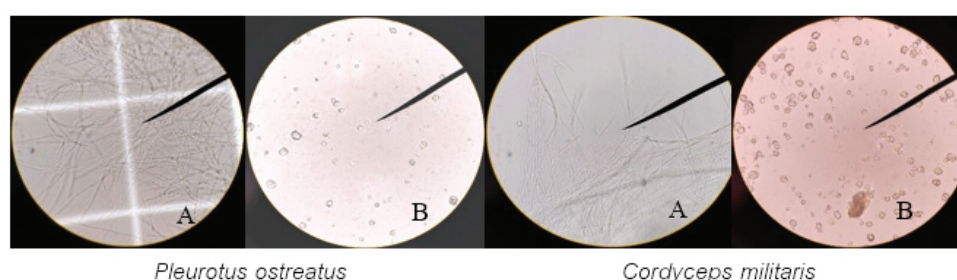


Figure 1 Mycelium (A) and protoplast (B) characteristics of *Pleurotus ostreatus* and *Cordyceps militaris* observed with binocular microscope using 40x objective lens.

การศึกษาสูตรของสารละลายเอนไซม์ผสมและอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการย่อยผนังเซลล์

ในการศึกษาสูตรของสารละลายเอนไซม์ผสมและอุณหภูมิระหว่างการย่อยผนังเซลล์ที่เหมาะสมสำหรับการแยกโปรโตพลาสต์ของเห็ดนางรมฮังการีและเห็ดถั่งเช่าสีทอง โดยอ้างอิงอายุเส้นใย ความเข้มข้นของ mannitol และระยะเวลาในการย่อยที่ให้ผลดีที่สุดจากการทดลองแรกผลการทดลองพบว่าสูตรของสารละลายเอนไซม์ผสมและอุณหภูมิระหว่างการย่อยผนังเซลล์มีผลต่อจำนวนโปรโตพลาสต์ที่ได้ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยในเห็ดนางรมฮังการี พบว่าการใช้ส่วนผสมของเอนไซม์ที่ประกอบด้วย cellulase 1.0 เปอร์เซ็นต์ lysing enzyme 1.5 เปอร์เซ็นต์ macerozyme 1.0 เปอร์เซ็นต์ และ driselase 1.5 เปอร์เซ็นต์ ย่อยเส้นใยเห็ดอายุ 4 วัน ที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง ให้จำนวนโปรโตพลาสต์มากที่สุดคือ 6.25×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร (Table 4) สำหรับเห็ดถั่งเช่าสีทอง พบว่าการใช้ส่วนผสมของเอนไซม์เช่นเดียวกัน แต่ย่อยเส้นใยเห็ดอายุ 5 วัน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ให้จำนวนโปรโตพลาสต์มากที่สุดคือ 6.0×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร (Table 5)

ในปี 2006 Eyini *et al.* รายงานว่าการใช้เอนไซม์ 3 ชนิดผสมกัน คือ cellulase chitinase และ pectinase สามารถแยกโปรโตพลาสต์ของเห็ดนางรมและนางฟ้าภูฐาน ได้ดีกว่าการใช้เอนไซม์ชนิดเดียว ซึ่งอาจเป็นเพราะเห็ดมีสารในกลุ่ม polysaccharide เป็นส่วนประกอบสำคัญของผนังเซลล์ ซึ่งชนิดของ polysaccharide ที่พบนั้นแตกต่างกันตามชนิดของเห็ด และที่พบส่วนใหญ่มีหลายชนิด เช่น β -D glucan chitin mannan และ cellulose เป็นต้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้เอนไซม์หลายชนิดในการย่อยผนังเซลล์ เนื่องจากเอนไซม์แต่ละชนิดมีคุณสมบัติในการย่อย

องค์ประกอบของผนังเซลล์ที่ต่างกัน เช่น cellulase ย่อยสลายเซลลูโลส ส่วน driselase เป็นเอนไซม์ที่ย่อยคาร์โบไฮเดรตในผนังเซลล์ macerozyme ทำหน้าที่ย่อย pectin (สมปอง, 2536) ดังนั้นในการแยกโปรโตพลาสต์จึงมักใช้เอนไซม์หลายชนิดรวมกัน เช่น รายงานของ Lalithakumari (1996) ที่รายงานว่า การใช้ส่วนผสมของเอนไซม์ที่ประกอบด้วย cellulase chitinase pectinase และ β -glucuronidase สามารถแยกโปรโตพลาสต์ของเชื้อรา *Venturia inaequalis* ได้ดี และ Ramamoorthy *et al.*, (2015) พบว่า การใช้ driselase 12.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ร่วมกับ lysing enzyme 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ให้จำนวนโปรโตพลาสต์ของ *Fusarium verticillioides* มากที่สุด และในปี 2018 Ren *et al.* รายงานว่า การใช้เอนไซม์ cellulase ร่วมกับ driselase และ glucylase ทำให้ได้จำนวนโปรโตพลาสต์ของ *Geomyces* sp. มากกว่าการใช้เอนไซม์ชนิดเดียว

สำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสมนั้น พบว่าการย่อยที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ให้จำนวนโปรโตพลาสต์เฉลี่ยมากกว่าที่ 25 ± 2 องศาเซลเซียส แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งในเห็ดนางรมฮังการีและเห็ดถั่งเช่าสีทอง โดยพบว่าการบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ให้จำนวนโปรโตพลาสต์เฉลี่ย 3.60×10^5 และ 3.8×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ (Table 4 และ 5) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Feng *et al.* (2012) ที่พบว่า อุณหภูมิในช่วง 28-35 องศาเซลเซียส สามารถแยกโปรโตพลาสต์จากเส้นใยของ *Rhizoctonia solani* ได้ไม่แตกต่างกัน แต่พบว่าจำนวนโปรโตพลาสต์จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส ซึ่งอาจเนื่องจากเป็นอุณหภูมิที่สูงเกินกว่าจุดที่เหมาะสมสำหรับการทำงานของเอนไซม์ จึงทำให้ประสิทธิภาพในการย่อยลดลง

Table 4 The effects of lytic enzymes mixture and digestion temperature on the protoplast yield ($\times 10^5$ cells/mL) of *Pleurotus ostreatus*. The mycelium age of 4 days, mannitol concentration of 0.6 M and digestion time of 6 hours were applied.

Enzymes mixture	Temperature ($^{\circ}\text{C}$)		Mean ^{1/}
	25 $\pm$ 2	30	
1.0% cellulase +1.5% driselase +1.5% lysing enzyme+1.0% macerozyme	6.25 $\pm$ 2.78	3.63 $\pm$ 2.35	4.90 $\pm$ 2.77a
1.0% cellulase +1.0% driselase	2.50 $\pm$ 1.08	2.87 $\pm$ 1.25	2.60 $\pm$ 1.09b
0.8% cellulase +1.0% driselase	1.75 $\pm$ 0.86	3.37 $\pm$ 1.08	2.50 $\pm$ 1.26b
0.8% cellulase +1.0% driselase +1.0% lysing enzyme+1.0% macerozyme	3.37 $\pm$ 1.08	3.33 $\pm$ 1.55	3.30 $\pm$ 1.25a
1.0% driselase + 1.0% lysing enzyme	1.62 $\pm$ 0.25	5.0 $\pm$ 1.22	3.30 $\pm$ 1.98a
Mean	3.10 $\pm$ 2.18	3.60 $\pm$ 1.58	
F-test (enzyme)		*	
F-test (temperature)		ns	
F-test (enzyme* temperature)		**	
CV (%)		56	

ns = non-significant difference; * and ** = significant difference at $P \leq 0.05$ and $P \leq 0.01$ respectively

^{1/} Means followed by different letters within a column represent a significant difference according to DMRT.

Table 5 The effects of lytic enzyme mixture and digestion temperature on the protoplast yield ($\times 10^5$ cells/mL) of *Cordyceps militaris*. The mycelium age of 5 days, mannitol concentration of 0.6 M and digestion time of 3 hours were applied.

Enzymes mixture	Temperature ($^{\circ}\text{C}$)		Mean ^{1/}
	25 $\pm$ 2	30	
1.0% cellulase +1.5% driselase +1.5% lysing enzyme+1.0% macerozyme	4.75 $\pm$ 1.71	6.00 $\pm$ 1.35	5.37 $\pm$ 1.57a
1.0% cellulase +1.0% driselase	3.37 $\pm$ 2.09	2.25 $\pm$ 0.86	2.80 $\pm$ 1.60b
0.8% cellulase +1.0% driselase	5.38 $\pm$ 1.31	3.63 $\pm$ 1.79	4.50 $\pm$ 1.73a
0.8% cellulase +1.0% driselase +1.0% lysing enzyme+1.0% macerozyme	2.05 $\pm$ 0.91	3.50 $\pm$ 1.22	3.00 $\pm$ 1.13b
1.0% driselase + 1.0% lysing enzyme	1.50 $\pm$ 0.71	4.00 $\pm$ 0.91	2.70 $\pm$ 1.53b
Mean	3.50 $\pm$ 1.93	3.80 $\pm$ 1.68	
F-test (enzyme)		**	
F-test (temperature)		ns	
F-test (enzyme* temperature)		*	
CV (%)		48	

ns = non-significant difference; * and ** = significant difference at $P \leq 0.05$ and $P \leq 0.01$ respectively

^{1/} Means followed by different letters within a column represent a significant difference according to DMRT.

สรุป

สภาวะที่เหมาะสมในการแยกโปรโตพลาสต์ของเห็ดนางรมฮังการี คือ ใช้เส้นใยอายุ 4 วัน ย่อยด้วยเอนไซม์ที่มีส่วนผสมประกอบด้วย Cellulase Onozuka R-10 1.0 เปอร์เซ็นต์ driselase 1.5 เปอร์เซ็นต์ lysing enzyme 1.5 เปอร์เซ็นต์ และ Macerozyme R-10 1.0 เปอร์เซ็นต์ ที่ละลายใน mannitol 0.6 โมลาร์ โดยใช้ระยะเวลาการย่อย 6 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ให้จำนวนโปรโตพลาสต์มากที่สุดคือ 6.25×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร สำหรับเห็ดถึงเข้าสีทอง เอนไซม์ที่เหมาะสมคือส่วนผสมเดียวกัน แต่ใช้เส้นใยอายุ 5 วัน ย่อยที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ให้จำนวนโปรโตพลาสต์มากที่สุดคือ 6.0×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สาขาวิชาเกษตรและเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา กรุงเทพฯ และศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (AG-BIO/MHESI)

เอกสารอ้างอิง

- คำณูณ กาญจนภูมิ. 2545. เทคโนโลยีโปรโตพลาสต์ของพืช. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 116 หน้า.
- ธัญญา ทะพิงค์แก, มงคล ยะไธย และ วรณพร ทะพิงค์แก. 2561. ผลของอุณหภูมิในการเพาะเลี้ยงต่อผลผลิต และปริมาณสารคอร์ติซิปีนในเห็ดถึงเข้าสีทอง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 49: 172-174.
- สกุลรัตน์ สุวรรณโณ. 2553. การแยกและการเพาะเลี้ยงโปรโตพลาสต์จากเซลล์ชั้นเพนชั้นปาล์มน้ำมันพันธุ์เทเนอร่า. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา. 65 หน้า.
- สมปอง เตชะโต. 2536. เทคโนโลยีชีวภาพของพืชปลูก. ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา. 201 หน้า.

- สาวิตรี ลิ้มทอง. 2549. ยีสต์: ความหลากหลายและเทคโนโลยีชีวภาพ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 611 หน้า.
- Aswini, L., N. Arunagirinathan and M. Kavitha. 2014. Strain improvement of *Pleurotus* species by protoplast fusion. International Journal of Advancements in Research & Technology 3: 32-38.
- Chang, S.T. and P.G. Miles. 2004. Mushrooms-cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact. 2nd Edition. CRC Press. Boca Raton. 480 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: 961-968.
- Davey, M.R., P. Anthony, J.B. Power and K.C. Lowe. 2005. Plant protoplast: status and biotechnological perspectives. Biotechnology Advances 23: 131-171.
- Djajanegara, I. and A. Masduki. 2010. Protoplast fusion between white and brown oyster mushrooms. The Indonesian Journal of Agricultural Science 11:16-23.
- Eyini, M., K. Rajkumar and P. Balaji 2006. Isolation, regeneration and PEG-induced fusion of protoplasts of *Pleurotus pulmonarius* and *Pleurotus florida*. Mycobiology 34: 73-78.
- Feng, H., Z. Sun, H. Li, P. Qin, C. Tang, R. Fu, Y. Liu, P. Li and A. Zheng. 2012. Preparation, purification and regeneration optimizing research of protoplasts from *Rhizoctonia solani*. African Journal of Microbiology Research 6: 3222-3230.

- Fox, H.M. 1991. Genetic studies on the edible mushrooms *Lentinula edodes* and *Pleurotus* species. Ph.D. Thesis. University of Nottingham. Nottingham. 217 p.
- Kim, B. K., J. H. Kang, M. Jin, H. N. Kim, M. J. Shim and E. C. Choi. 2000. Mycelial protoplast isolation and regeneration in *Lentinus lepideus*. Life Sciences 66: 1359-1367.
- Lalithakumari, D. 1996. Protoplasts - A biotechnological tool for plant pathological studies. Indian Phytopathology 49: 199-212.
- Ramamoorthy, V., L. Govindaraj, M. Dhanasekaran, S. Vetrivel, K.K. Kumar and E. Ebenezar. 2015. Combination of driselase and lysing enzyme in one molar potassium chloride is effective for the production of protoplasts from germinated conidia of *Fusarium verticillioides*. Journal of Microbiological Methods 111: 127-134.
- 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: 135-142.
- Ren, N., J. Liu, D. Yanga, X. Liu, J. Zhou and Y. Peng. 2018. Preparation and regeneration of protoplasts from the ethylvincamine producing fungus CH1 (*Geomyces* sp.). Natural Product Communications 13: 145-148.
- Winkler, D. 2008. Yartsa Gunbu (*Cordyceps sinensis*) and the fungal commodification of Tibet's rural economy. Economic Botany 62: 291-305.
- Zhao, J. and S. T. Chang. 1993. Monokaryotization by protoplasting heterothallic species of edible mushrooms. World Journal Microbiology Biotechnology 9: 538-543.

ปัจจัยที่มีผลต่อการส่งเสริมการผลิตผักตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกร ในอำเภอเหนือคลอง จังหวัดกระบี่

Factors Affecting the Extension of Vegetable Production According to Good Agricultural
Practices of Farmers in Nuea Khlong District, Krabi Province

ศุภลักษณ์ ขวัญศรี¹ นาริรัตน์ สีระสาร^{1*} และสินีนุช ครุฑเมือง แสนเสริม¹
Suphalak Kwansri¹, Nareerut Seerasarn^{1*} and Sineenuch Khrutmuang Sanserm¹

Received: July 4, 2024

Revised: August 14, 2024

Accepted: August 19, 2024

Abstract: The objectives of this research were to study 1) the economic and social conditions, 2) conditions of the extension of vegetable production according to good agricultural practices, and 3) factors affecting farmer's extension of vegetable production according to good agricultural practices. The population consisted of 138 farmers who had registered as vegetable production farmers in Nuea Khlong District, Krabi Province with the Department of Agricultural Extension in 2023/2024. The sample size of 103 individuals was determined by using the Taro Yamane formula with an error value of 0.05 and a simple random sampling method. Data were collected through interviews schedule. Data were analyzed by descriptive statistics, and multiple regression analysis. The results indicated the following: 1) Most of the farmers were female, the average age was 50.95 years old, and graduated from primary school. The average experience in vegetable production was 13.49 years, and the average number of vegetable production training sessions attended was 2.09 times per year. The vegetable production cost was 2,116.71 baht/rai, and the average income was 5,376.99 baht/rai. 2) Farmers received support for vegetable production according to good agricultural practices overall at a high level by receiving the most extension of knowledge on the issue of the use of agricultural hazardous substances. And 3) Factors affecting the extension of vegetable production according to good agricultural practices. There was one independent variable: experience in vegetable production. It has a positive effect on the dependent variable. Statistically significant at the 0.05 level.

Keywords: Extension, Good Agricultural Practices, Krabi, Nuea Khlong, Vegetable production

บทคัดย่อ: การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) สภาพพื้นฐานทางเศรษฐกิจและสังคม 2) สภาพการส่งเสริมการผลิตผักตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี และ 3) ปัจจัยที่มีผลต่อการส่งเสริมการผลิตผักตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกร ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ เกษตรกรผู้ผลิตผักในอำเภอเหนือคลอง จังหวัดกระบี่ ที่ขึ้นทะเบียนเกษตรกรกับกรมส่งเสริมการเกษตรปี 2566/2567 จำนวน 138 ราย กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรทาร์โอยามาเนที่ระดับความคลาดเคลื่อน 0.05 ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 103 ราย และใช้วิธีสุ่มตัวอย่างแบบง่าย เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูล คือ แบบสัมภาษณ์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนาและการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ

¹ วิชาเอกส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช จ.นนทบุรี 11120

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

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

ผลการวิจัย พบว่า 1) เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุเฉลี่ย 50.95 ปี จบการศึกษาระดับประถมศึกษา มีประสบการณ์ในการผลิตผักเฉลี่ย 13.49 ปี มีการเข้าอบรมเรื่องการผลิตผักเฉลี่ย 2.09 ครั้งต่อปี มีต้นทุนการผลิตผักเฉลี่ย 2,116.71 บาทต่อไร่ มีรายได้จากการผลิตผักเฉลี่ย 5,376.99 บาทต่อไร่ 2) เกษตรกรได้รับการส่งเสริมการผลิตผักตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีในภาพรวมอยู่ในระดับมาก โดยได้รับการส่งเสริมด้านความรู้มากที่สุด ในประเด็นการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตร และ 3) ปัจจัยที่มีผลต่อการส่งเสริมการผลิตผักตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี มีตัวแปรอิสระ 1 ตัวแปร คือ ประสบการณ์ในการผลิตผักมีผลเชิงบวกต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

คำสำคัญ: การส่งเสริม, การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี, กระบี่, เหนือคลอง, การผลิตผัก

คำนำ

ผักเป็นพืชอาหารที่คนไทยรับประทานมาช้านาน เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารและแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ทั้งยังมีสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น ฟลาโวนอยด์ และเบต้า-แคโรทีน เป็นต้น (สำนักโภชนาการ, 2557) แต่ค่านิยมของผู้บริโภคผักส่วนใหญ่แล้ว มักจะเลือกบริโภคผักที่สวยงาม ไม่มีร่องรอยการทำลายของแมลงศัตรูพืช จึงทำให้เกษตรกรผู้ปลูกผักต้องใช้สารเคมีในการป้องกันและกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืชในปริมาณมาก เพื่อให้ได้ผักที่สวยงามตามความต้องการของตลาด เมื่อผู้ซื้อนำมาบริโภคแล้วอาจได้รับอันตรายจากสารพิษที่ตกค้างอยู่ในผัก ปัจจุบันสถานการณ์การบริโภคอาหาร ให้มีความสำคัญกับอาหารเพื่อสุขภาพและอาหารปลอดภัย โดยจะต้องมาจากแหล่งผลิตที่ปลอดภัย มีมาตรฐาน ทำให้ผู้บริโภคเกิดความมั่นใจและหันมาบริโภคผักปลอดภัยมากขึ้น สมัชชาใหญ่แห่งสหประชาชาติกำหนดให้ ปี พ.ศ. 2564 เป็นปีแห่งผักและผลไม้สากล เพื่อให้ประชาชนได้ตระหนักถึงความสำคัญของผักและผลไม้ สอดคล้องกับการผลักดันให้การบริโภคผักและผลไม้เป็นกลไกสำคัญในการสร้างระบบอาหารที่มั่นคงลดภาวะขาดแคลนอาหาร (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ, 2564)

การค้าผักภายในประเทศและระหว่างประเทศ ให้มีความสำคัญกับคุณภาพและความปลอดภัยของผลผลิตเป็นสำคัญ ทำให้มีการกำหนดมาตรฐานการปฏิบัติของเกษตรกรตั้งแต่เพาะปลูก

จนถึงเก็บเกี่ยว และมีข้อกำหนดการค้าระหว่างประเทศเกี่ยวกับการส่งออกผลผลิตไปสู่ประเทศต่างๆ ต้องผ่านมาตรฐานการรับรองที่เป็นสากล ซึ่งประเทศไทยมีสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช.) เป็นศูนย์กลางข้อมูลด้านมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารของประเทศ โดยกำหนดมาตรฐานสำคัญในการผลิตผัก ได้แก่ การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี สำหรับพืชอาหาร (มกษ.9001-2564) และเกษตรอินทรีย์ (มกษ.9000-2564) เพื่อยกระดับคุณภาพของผลผลิตให้ได้มาตรฐาน ตามความปลอดภัยและความต้องการของผู้บริโภค นำไปสู่การแข่งขันกับเวทีโลกได้ โดยมูลค่าการส่งออกผักและผลิตภัณฑ์ระหว่างปี พ.ศ. 2564 2565 และ 2566 คือ 837 ล้านบาท 872 ล้านบาท และ 798 ล้านบาท ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566)

จังหวัดกระบี่ มีพื้นที่ในการผลิตผัก 4,249 ไร่ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2562) โดยอำเภอเหนือคลอง เป็นอำเภอหนึ่งในจังหวัดกระบี่ มีพื้นที่ในการผลิตผัก 112 ไร่ มีเกษตรกรผู้ผลิตผัก 138 ราย ผักที่จำหน่ายในตลาดของอำเภอเหนือคลองส่วนใหญ่เป็นผักที่ส่งมาจากตลาดนอกพื้นที่ ได้แก่ ตลาดกลางผักและผลไม้จังหวัดราชบุรี ตลาดกลางผักและผลไม้จังหวัดนครศรีธรรมราช เป็นต้น (สำนักงานเกษตรอำเภอเหนือคลอง, 2566) ซึ่งผู้บริโภคไม่สามารถทราบได้ว่า ผลผลิตในตลาดนั้นมีความปลอดภัยมากน้อยเพียงใด เนื่องจากไม่มีการแสดงใบรับรองมาตรฐานสินค้าเกษตร ซึ่งจังหวัดกระบี่กำหนดประเด็นการพัฒนาด้านการเกษตรและสหกรณ์ของจังหวัดกระบี่

(พ.ศ. 2566 – 2570) จะพัฒนาขีดความสามารถในการผลิต การจัดการสินค้าเกษตร และความมั่นคงปลอดภัยด้านอาหาร ซึ่งกำหนดแนวทางการพัฒนาโดยส่งเสริมการผลิตและตรวจรับรองสินค้าเกษตรได้ตามระบบมาตรฐานและมีความปลอดภัย (สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดกระบี่, 2565) ประกอบกับประชาชน สถานประกอบการร้านอาหาร และโรงแรมในพื้นที่จังหวัดกระบี่ มีความต้องการผักปลอดภัยที่ผ่านการรับรองมาตรฐานสินค้าเกษตรเพิ่มมากขึ้น โดยเกษตรกรผู้ผลิตผักในอำเภอเหนือคลองได้รับการรับรองมาตรฐานสินค้าเกษตร 21 ราย และยังไม่ได้รับการรับรองมาตรฐานสินค้าเกษตรอีก 117 ราย (สำนักงานเกษตรอำเภอเหนือคลอง, 2566) ซึ่งถือว่าน้อยเมื่อเทียบกับจำนวนเกษตรกรผู้ผลิตผักทั้งหมด ส่งผลให้เกษตรกรไม่สามารถส่งผลผลิตให้กับสถานประกอบการร้านอาหารและโรงแรมได้ เนื่องจากไม่ได้รับการรับรองมาตรฐานสินค้าเกษตร ซึ่งเป็นเงื่อนไขสำคัญการซื้อขายผลผลิตผัก

ดังนั้น การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการส่งเสริมการผลิตผักตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกรจึงมีความสำคัญ เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาศักยภาพการผลิตผัก และเป็นแนวทางในการส่งเสริมให้เกษตรกรปฏิบัติตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีมากยิ่งขึ้น เพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้ผลิต ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (survey research) ประชากรที่ใช้ศึกษา คือ เกษตรกรผู้ผลิตผักในอำเภอเหนือคลอง จังหวัดกระบี่ ที่ขึ้นทะเบียนเกษตรกรกับกรมส่งเสริมการเกษตร ปี พ.ศ. 2566/2567 จำนวน 138 ราย ซึ่งผู้วิจัยกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของทาโร ยามาเน (Yamane, 1973) ที่ระดับความคลาดเคลื่อน 0.05 ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 103 ราย และใช้วิธีสุ่มตัวอย่างแบบง่าย โดยการจับสลากตามสัดส่วนของเกษตรกรแต่ละตำบล เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูล คือ แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง ประกอบด้วยคำถามแบบปลายปิดและคำถามแบบปลายเปิด แบ่งออกเป็น

2 ตอน ดังนี้ ตอนที่ 1 สภาพพื้นฐานทางเศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกร ตอนที่ 2 สภาพการส่งเสริมการผลิตผักตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกร โดยเป็นคำถามให้เกษตรกรเลือกตอบตามมาตรวัดลิเคิร์ต (Likert type scale) ในประเด็นการได้รับการส่งเสริมการผลิตผักตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกร มีเกณฑ์กำหนดน้ำหนักการประเมิน 5 ระดับ ดังนี้ คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.80 คะแนน หมายความว่า ได้รับการส่งเสริมในระดับน้อยที่สุด คะแนนเฉลี่ย 1.81 – 2.60 คะแนน หมายความว่า ได้รับการส่งเสริมในระดับน้อย คะแนนเฉลี่ย 2.61 – 3.40 คะแนน หมายความว่า ได้รับการส่งเสริมในระดับปานกลาง คะแนนเฉลี่ย 3.41 – 4.20 คะแนน หมายความว่า ได้รับการส่งเสริมในระดับมาก และคะแนนเฉลี่ย 4.21 – 5.00 คะแนน หมายความว่า ได้รับการส่งเสริมในระดับมากที่สุด ตรวจสอบความเชื่อมั่น (reliability) ของแบบสัมภาษณ์ โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) ซึ่งทดลองสัมภาษณ์กับกลุ่มประชากรที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย จำนวน 30 ราย ได้ค่าความเชื่อมั่นที่ 0.860 แล้วเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจนครบ นำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป เพื่อหาค่าสถิติ ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การจัดอันดับ และวิเคราะห์ถดถอยเชิงพหุคูณ โดยวิเคราะห์ระหว่างตัวแปรอิสระ 6 ตัวแปร ได้แก่ 1) อายุ 2) จำนวนแรงงานในครัวเรือน 3) ประสบการณ์ในการผลิตผัก 4) จำนวนครั้งในการอบรม 5) รายได้ และ 6) พื้นที่ในการผลิตผัก และตัวแปรตาม 1 ตัวแปร คือ การส่งเสริมการผลิตผักตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. สภาพพื้นฐานทางเศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกร

สภาพพื้นฐานทางสังคม พบว่า เกษตรกรผู้ตอบแบบสัมภาษณ์ร้อยละ 60.20 เป็นเพศหญิง มีอายุเฉลี่ย 50.95 ปี มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือน

เฉลี่ย 3.99 คน ร้อยละ 46.60 จบการศึกษาระดับประถมศึกษา มีประสบการณ์ในการผลิตผักเฉลี่ย 13.49 ปี ได้รับการอบรมเรื่องการผลิตผักเฉลี่ย 2.09 ครั้งต่อปี ซึ่งทั้งหมดเป็นการอบรมที่จัดโดยสำนักงานเกษตรอำเภอ (Table 1) สอดคล้องกับ อนุวัฒน์ (2562) ศึกษาการส่งเสริมการผลิตผักปลอดภัยตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกรในอำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง และสอดคล้องกับ นาวิรินทร์ (2558) ศึกษาการผลิตผักปลอดภัยตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกรในจังหวัดหนองคาย พบว่า เกษตรกรมีอายุเฉลี่ย 51 ปี ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับประถมศึกษา

สภาพพื้นฐานทางเศรษฐกิจพบว่า เกษตรกรผู้ตอบแบบสอบถามมีพื้นที่ถือครองทำการเกษตรเฉลี่ย 21.41 ไร่ มีต้นทุนการผลิตผักปี พ.ศ. 2566 เฉลี่ย 2,116.71 บาทต่อไร่ มีรายได้จากการผลิตผักปี พ.ศ. 2566 เฉลี่ย 5,376.99 บาทต่อไร่ และมีจำนวนแรงงานในครัวเรือนเฉลี่ย 2.27 คน (Table 1) แตกต่างกับ รัชดาภรณ์ (2564) ศึกษาแนวทางการส่งเสริมการผลิตผักปลอดภัยตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกรในจังหวัดหนองคาย พบว่า เกษตรกรมีรายได้จากการผลิตผักเฉลี่ย 16,338.81 บาท เนื่องจากต้นทุนในการผลิต ราคาผลผลิต ปริมาณผลผลิต และสภาพอากาศที่ต่างกัน

Table 1 Economic-socio background of Farmers.

					(N=103)
Item		Frequency	Percentage		
Gender					
Female		62	60.20		
Male		41	39.80		
Age (years old)					
≤ 40		10	9.70		
41-47		24	23.30		
48-54		35	34.00		
55-61		25	24.30		
≥ 62		9	8.70		
Max = 66	Min = 35	$\bar{X}$ = 13.49	S.D. = 6.403		
Vegetable production experience (years)					
≤ 9		30	29.10		
10-17		44	42.70		
≥ 18		29	28.20		
Max = 31	Min = 3	$\bar{X}$ = 13.49	S.D. = 6.403		
Frequency of training in vegetable production (time/year)					
1		30	29.10		
2		46	44.70		
≥ 3		27	26.20		
Max = 5	Min = 1	$\bar{X}$ = 2.09	S.D. = 0.961		

Table 1 (continued).

(N=103)

Item	Frequency	Percentage
Vegetable production area (rai)		
≤ 1	47	45.70
2-6	37	35.90
≥ 31	19	18.40
Max = 22 Min = 0.25 $\bar{X}$ = 3.33 S.D. = 4.082		
Vegetable production income (baht/rai)		
≤ 500	18	17.50
501-1,000	29	28.20
1,001-1,500	16	15.50
1,501-2,000	14	13.60
≥ 18	26	25.20
Max = 35,500 Min = 200 $\bar{X}$ = 2,116.71 S.D. = 3,724.268		
Vegetable production cost (baht/rai)		
$\leq 2,000$	30	29.10
2,001-5,000	53	51.50
$\geq 5,001$	20	19.40
Max = 180,000 Min = 580 $\bar{X}$ = 5,376.99 S.D. = 17,876.441		

2. สภาพการส่งเสริมการผลิตผักตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกร

2.1 ด้านความรู้ พบว่า เกษตรกรได้รับการส่งเสริมในภาพรวมอยู่ในระดับมาก โดยมีประเด็นย่อยที่ได้รับการส่งเสริมระดับมาก ได้แก่ การใช้วัตถุดิบอินทรีย์ทางการเกษตร (ค่าเฉลี่ย = 4.15) รองลงมา พื้นที่ปลูก (ค่าเฉลี่ย = 4.07) การจัดการกระบวนการผลิตก่อนการเก็บเกี่ยว (ค่าเฉลี่ย = 3.95) น้ำ (ค่าเฉลี่ย = 3.84) การเก็บเกี่ยว และการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว (ค่าเฉลี่ย = 3.82) การพักผลผลิต การขนย้าย การเก็บรักษา (ค่าเฉลี่ย = 3.78) และบุคลากร (ค่าเฉลี่ย = 3.78) ตามลำดับ และระดับปานกลาง 1 ประเด็น คือ เอกสารบันทึกข้อมูล และการตรวจสอบย้อนกลับ (ค่าเฉลี่ย = 3.15) (Table 2) กล่าว

คือ เกษตรกรได้รับการส่งเสริมด้านความรู้ในประเด็นการใช้วัตถุดิบอินทรีย์ทางการเกษตรมากที่สุด แสดงให้เห็นว่านักส่งเสริมให้ความสำคัญกับการใช้วัตถุดิบอินทรีย์ทางการเกษตร ซึ่งจะต้องใช้อย่างถูกต้องเหมาะสม และมีความปลอดภัยต่อตัวเกษตรกร ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อม แตกต่างกับ ปริญญา (2564) ศึกษาแนวทางการส่งเสริมการผลิตผักตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกรในพื้นที่อำเภอผาขาว จังหวัดเลย พบว่า เกษตรกรได้รับการส่งเสริมด้านความรู้ ในประเด็นการเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวมากที่สุด เนื่องจากสภาพอากาศร้อนจะทำให้ผลผลิตผักที่เก็บเกี่ยวแล้วเกิดความเสียหายได้หากไม่มีการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม

Table 2 Summary of farmer's receiving in term of knowledge for extension of vegetable production.

(N=103)

Item	$\bar{X}$	S.D.	Description	Ranking
1. Agricultural hazardous substances	4.15	0.750	High	1
2. Planting area	4.07	0.819	High	2
3. Pre-harvest quality management	3.95	0.719	High	3
4. Water	3.84	0.738	High	4
5. Harvest and post-harvest handling	3.82	0.663	High	5
6. Holding, moving produce in planting plot, and storage	3.78	0.775	High	6
7. Personal hygiene	3.78	0.651	High	6
8. Record keeping and traceability	3.15	0.653	Moderate	7
Average	3.82	0.721	High	

2.2 ด้านวิธีการส่งเสริม พบว่า เกษตรกรได้รับการส่งเสริมในภาพรวมอยู่ในระดับมาก (Table 3) โดยเกษตรกรได้รับการส่งเสริมแบบรายบุคคลอยู่ในระดับมากทั้ง 3 ประเด็น ได้แก่ การติดต่อกับเจ้าหน้าที่ส่งเสริมผ่านโทรศัพท์ การขอคำปรึกษาจากเจ้าหน้าที่ที่มีความสะดวกรวดเร็ว และการลงพื้นที่เข้าไปเยี่ยมเยียนให้คำปรึกษาที่แปลงของเกษตรกร ตามลำดับ รองลงมา การส่งเสริมแบบกลุ่มอยู่ในระดับมาก 1 ประเด็น คือ การจัดอบรมสัมมนา แลกเปลี่ยนความรู้ ระดับปานกลาง 2 ประเด็น ได้แก่ การจัดทำแปลงเรียนรู้หรือแปลงสาธิต และการจัดศึกษาดูงานนอกสถานที่ ตามลำดับและการส่งเสริมแบบมวลชนอยู่ในระดับมาก 2 ประเด็น ได้แก่ การส่งเสริมการผลิตผักผ่านสื่อเทคโนโลยีสารสนเทศ เช่น Line, Facebook เป็นต้น และการทำเอกสารคู่มือหรือแผ่นพับเกี่ยวกับการผลิตผัก ระดับปานกลาง

1 ประเด็น คือ การได้ยินเสียงจากหอกระจายข่าวของหมู่บ้าน สอดคล้องกับ ธีรวิศม์ (2566) ศึกษาการได้รับการส่งเสริมการจัดการศัตรูพืชโดยวิธีผสมผสานของเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนในอำเภอเมืองระนอง จังหวัดระนอง พบว่า เกษตรกรได้รับการส่งเสริมแบบกลุ่มอยู่ในระดับมาก ในประเด็นการฝึกอบรมและสอดคล้องกับ นิรดา (2560) ศึกษาการส่งเสริมการผลิตข้าวหอมมะลิอินทรีย์สู่การรับรองมาตรฐานของเกษตรกรในอำเภอเมืองบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์ พบว่า เกษตรกรที่ได้รับการรับรองมาตรฐานอินทรีย์ ได้รับการส่งเสริมแบบกลุ่มอยู่ในระดับมาก ในประเด็นการจัดประชุม ฝึกอบรมให้ความรู้ ซึ่งจะเห็นได้ว่าวิธีการส่งเสริมแบบกลุ่ม ทำให้เข้าถึงเกษตรกรเป้าหมายได้เป็นจำนวนมาก ประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลา อีกทั้งยังเป็นการถ่ายทอดองค์ความรู้เพื่อให้เกิดการรับรู้และยอมรับของเกษตรกร

Table 3 Summary of farmer's receiving in term of method for extension of vegetable production.

(N=103)

Item	$\bar{X}$	S.D.	Description	Ranking
1. Individual method	3.75	0.731	High	1
Telephone	4.17	0.719	High	1
Requesting advice from officials	3.66	0.650	High	2
Visit	3.42	0.824	High	3

Table 3 (continued).

(N=103)

Item	$\bar{X}$	S.D.	Description	Ranking
2. Mass method	3.46	0.706	High	2
Line, Facebook	3.86	0.672	High	1
Production manual	3.78	0.655	High	2
Radio	2.74	0.791	Moderate	3
3. Group method	3.27	0.816	Moderate	3
Training	3.67	0.719	High	1
Demonstration plot	3.38	0.687	Moderate	2
Observe activities	2.76	1.043	Moderate	3
Average	3.49	0.751	High	

2.3 ด้านการสนับสนุน พบว่า เกษตรกรได้รับการส่งเสริมในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง (Table 4) โดยมีประเด็นย่อยที่ได้รับการส่งเสริมอยู่ในระดับมาก 2 ประเด็น ได้แก่ การสนับสนุนให้เกษตรกรรวมกลุ่มผลิตผัก และการสนับสนุนการเข้าถึงแหล่งปัจจัยการผลิตที่มีคุณภาพ ระดับปานกลาง 2 ประเด็น ได้แก่ การสนับสนุนให้เกษตรกรสร้างเครือข่าย และการสนับสนุนการวางแผนด้านการผลิตผัก ระดับน้อย 1 ประเด็น ได้แก่ การสนับสนุนโครงสร้างพื้นฐานจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และระดับน้อยที่สุด 1 ประเด็น คือ การ

สนับสนุนแหล่งเงินทุนในการผลิตผัก ตามลำดับเนื่องจากเกษตรกรประสบปัญหาต้นทุนการผลิตสูง จึงควรเลือกปัจจัยการผลิตให้ตรงกับความต้องการของผักแต่ละชนิด สอดคล้องกับ ปริญญา (2564) พบว่า เกษตรกรได้รับการสนับสนุนการเข้าถึงแหล่งปัจจัยการผลิตอยู่ในระดับมาก ซึ่งแตกต่างกับจักรพงษ์ (2564) ศึกษาการส่งเสริมการผลิตพืชผักอินทรีย์ของเกษตรกรในจังหวัดอำนาจเจริญ พบว่า เกษตรกรได้รับการสนับสนุนปัจจัยการผลิต เมล็ดพันธุ์ ปุ๋ย ฯลฯ อยู่ในระดับปานกลาง

Table 4 Summary of farmer's receiving in term of support for extension of vegetable production.

(N=103)

Item	$\bar{X}$	S.D.	Description	Ranking
1. Grouping	3.64	0.725	High	1
2. Factors of production	3.41	0.857	High	2
3. Networking	3.38	0.674	Moderate	3
4. Production planning	3.29	0.604	Moderate	4
5. Infrastructure	2.37	0.829	less	5
6. Funding source	1.71	0.571	least	6
Average	2.97	0.710	Moderate	

3. ปัจจัยที่มีผลต่อการส่งเสริมการผลิตผักตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกร

ผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ โดยการนำตัวแปรอิสระทั้ง 6 ตัวแปร ได้แก่ 1) อายุ 2) จำนวนแรงงานในครัวเรือน 3) ประสบการณ์ในการผลิตผัก 4) จำนวนครั้งในการอบรม 5) รายได้จากการผลิตผัก และ 6) พื้นที่ในการผลิตผัก เข้าไปในสมการแล้วคำนวณด้วยวิธีปกติ (Enter) พบว่า $F = 3.295$ แสดงว่ามีตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัว มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการส่งเสริมการผลิตผักตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกร เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ พบว่า $R^2 = 0.413$ หมายความว่า ตัวแปรอิสระทั้งหมดอธิบายความผันแปรของตัวแปรตามได้ร้อยละ 41.30 ซึ่งตัวแปรอิสระทั้ง 6 ตัวแปร มี 1 ตัวแปร ที่มีผลเชิงบวกกับตัวแปรตาม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 คือ ประสบการณ์ในการผลิตผัก (Table 5) กล่าวคือ เกษตรกรที่มีประสบการณ์ในการผลิตผักเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ได้รับการส่งเสริมการผลิตผักตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีเพิ่มขึ้นได้ อาจเป็นเพราะเกษตรกรที่ผลิตผักมาเป็นระยะเวลาอันยาวนานมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องของการผลิตผักตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี และตระหนักถึงการปรับตัวในการผลิตผักเพื่อเข้าสู่การรับรองมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี ภายใต้การแข่งขันสินค้าเกษตรปลอดภัยที่สูงขึ้นมากกว่าเกษตรกรที่มีประสบการณ์ในการผลิตผักน้อย ประกอบกับ กรมส่งเสริมการเกษตร (2566) กำหนดให้มีโครงการยกระดับคุณภาพมาตรฐานสินค้าเกษตร โดยพัฒนาเกษตรกรให้มีความรู้

ความเข้าใจในด้านการผลิตตามมาตรฐาน GAP ส่งผลให้เกษตรกรมีโอกาสได้รับการส่งเสริมการผลิตผักตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีเพิ่มขึ้น แตกต่างกับ ศรีธัญญา และคณะ (2563) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการในการส่งเสริมปลูกผักปลอดภัยจากสารพิษของเกษตรกร อำเภอเมืองปาน จังหวัดลำปาง พบว่า เกษตรกรที่มีประสบการณ์ในการปลูกผักมากขึ้น จะมีความต้องการส่งเสริมการปลูกผักปลอดภัยจากสารพิษลดลง เนื่องจากการปลูกผักแบบเดิมเป็นการใช้สารเคมีแล้วต้องเปลี่ยนมาเป็นการปลูกผักที่ต้องควบคุมการใช้สารเคมีให้ได้ตามมาตรฐานหรือปลอดภัย ซึ่งทำให้เกษตรกรต้องปรับเปลี่ยนแผนการผลิตจากเดิมที่เคยผลิตมา เช่น สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ชนิดของวัสดุบำรุงดิน และวิธีการดูแลรักษา ทำให้เกษตรกรต้องลงทุนใหม่ทั้งหมด นอกจากนี้ เกษตรกรยังขาดประสบการณ์ และไม่สามารถคาดการณ์ปริมาณและคุณภาพผลผลิตผักในแต่ละครั้งได้เหมือนกับการผลิตแบบเดิมที่ตนเคยมีประสบการณ์มาอย่างยาวนาน และแตกต่างกับ พัชรินทร์ และคณะ (2563) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับมาตรฐานการรับรองตามการผลิตทางการเกษตรที่ดีที่เหมาะสม (GAP) ในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย พบว่า เกษตรกรที่มีประสบการณ์ผลิตผักยาวนานจะไม่ยอมรับการการผลิตผักตาม GAP เนื่องจากผลผลิต GAP ไม่มีตลาดรองรับที่แน่นอน ส่งผลให้ระดับราคาผักที่เกษตรกรได้รับไม่มีความแตกต่างกับราคาผักทั่วไป จึงไม่สามารถจูงใจให้เกษตรกรดำเนินการผลิตผักตาม GAP ได้อย่างต่อเนื่อง

Table 5 Factors affecting farmer's extension of vegetable production.

(N=103)

Variable		Coefficient regression (b)	t	Sig
Constant		3.885	13.071	0.000
X_1	Age (years)	-0.011	-1.740	0.085
X_2	Household labor (person)	-0.084	-1.609	0.111
X_3	Farming experience (years)	0.022	2.930	0.004*

Table 5 (continued).

(N=103)				
	Variable	Coefficient regression (b)	t	Sig
X ₄	Training (times/year)	0.027	0.824	0.412
X ₅	Vegetable production cost (baht)	-1.172E-6	-0.609	0.544
X ₆	Vegetable production area (rai)	-0.013	-1.589	0.115
R ² = 0.413 Adjusted R ² = 0.119 SEE = 0.301 F = 3.295 Sig. of F = 0.005				

* Significant level at 0.05

จากการวิเคราะห์ (Table 3) สรุปได้ว่า ประสิทธิภาพในการผลิตผัก (X₃) มีความสัมพันธ์กับ ตัวแปรตาม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 คือ การได้รับการส่งเสริมการผลิตผักตามการปฏิบัติ ทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกรเพิ่มขึ้น สามารถ อธิบายได้ว่า

สัมประสิทธิ์ของตัวแปรประสิทธิภาพในการ ผลิตผัก (X₃) มีค่าเท่ากับ 0.022 หมายถึง เมื่อเกษตรกร มีประสิทธิภาพในการผลิตผักเพิ่มขึ้น 1 ปี จะมีผลทำให้ ค่าเฉลี่ยของการได้รับการส่งเสริมการผลิตผักตามการ ปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีเพิ่มขึ้น 0.022 คะแนน อย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สรุปเป็นสมการ แสดงความสัมพันธ์ได้ ดังนี้

$$\hat{y} = \alpha_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + \varepsilon$$

$$\hat{y} = 3.885 - 0.011X_1 - 0.084X_2 + 0.022X_3 + 0.027X_4 - 1.172E-6X_5 - 0.013X_6$$

โดยกำหนดให้ Y หมายถึง การได้รับการ ส่งเสริมการผลิตผักตามการปฏิบัติทางการเกษตร ที่ดี X₁ หมายถึง อายุ (หน่วย: ปี) X₂ หมายถึง จำนวน แรงงานในครัวเรือน (หน่วย: คน) X₃ หมายถึง ประสิทธิภาพในการผลิตผัก (หน่วย: ปี) X₄ หมายถึง จำนวนการอบรม (หน่วย: ครั้ง/ปี) X₅ หมายถึง รายได้จากการผลิตผัก (หน่วย: บาท) X₆ หมายถึง พื้นที่ในการผลิตผัก (หน่วย: ไร่) α หมายถึง ค่าคงที่ β หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ตัวแปรมาของ พารามิเตอร์ และ ε หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อน

สรุป

เกษตรกรผู้ผลิตผักในอำเภอเหนือคลอง จังหวัดกระบี่ ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุเฉลี่ย 50.95 ปี มีประสิทธิภาพในการผลิตผักมาเป็นเวลานาน แต่ได้รับการอบรมเรื่องการผลิตผักเฉลี่ย 2.09 ครั้งต่อปี ซึ่งเป็นจำนวนค่อนข้างน้อย ซึ่งเกษตรกรได้ รับการส่งเสริมการผลิตผักตามการปฏิบัติทางการ เกษตรที่ดี ภาพรวมอยู่ในระดับมาก โดยได้รับการ ส่งเสริมด้านความรู้ในประเด็นการใช้วัตถุดิบทราย

ทางการเกษตรมากที่สุด และปัจจัยที่มีผลต่อการ ส่งเสริมการผลิตผักตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี ของเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและมีความ สัมพันธ์เชิงบวก ได้แก่ ประสิทธิภาพในการผลิตผัก กล่าวคือ กล่าวคือ เมื่อเกษตรกรมีประสิทธิภาพใน การผลิตผักเพิ่มขึ้นส่งผลให้เกษตรกรได้รับการส่งเสริม การผลิตผักตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีเพิ่มขึ้น ด้วย ดังนั้น ควรมีการส่งเสริมและพัฒนาคนรุ่นใหม่ให้ หันมาผลิตผักตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีเพิ่ม มากขึ้น ควรส่งเสริมให้มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับ เกษตรกรที่มีประสิทธิภาพในการผลิตผักมายาวนาน และลดการใช้สารเคมี เพื่อสุขภาพที่ดีของเกษตรกร ผู้ผลิตผักและผู้บริโภคต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2562. การปลูกพืชจังหวัด กระบี่: ปี 2561/62. (ระบบออนไลน์). แหล่ง ข้อมูล: <http://www.agriinfo.doae.go.th/year62/plant/rortor/province/Krabi.pdf> (2 สิงหาคม 2567).

- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2566. คู่มือโครงการส่งเสริมการเกษตร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.agriman.doae.go.th/home/agriman62/66_Website_Project/66_01GAP.pdf (13 กรกฎาคม 2567).
- จักรพงษ์ บุตรราช. 2564. การส่งเสริมการผลิตพืชผักอินทรีย์ของเกษตรกรในจังหวัดอำนาจเจริญ. วิทยานิพนธ์เกษตรศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี. 95 หน้า.
- นาวิรินทร์ แก้วดวง. 2558. การผลิตผักปลอดภัยตามการปฏิบัติทางเกษตรที่ดีของเกษตรกรในจังหวัดหนองคาย. วิทยานิพนธ์เกษตรศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี. 107 หน้า.
- นิรดา แป้นนางรอง. 2560. การส่งเสริมการผลิตข้าวหอมมะลิอินทรีย์สู่การรับรองมาตรฐานของเกษตรกรในอำเภอเมืองบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์. วิทยานิพนธ์เกษตรศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี. 129 หน้า.
- ปริญญาลำคำ. 2564. แนวทางการส่งเสริมการผลิตผักตามการปฏิบัติทางเกษตรที่ดีของเกษตรกรในพื้นที่อำเภอผาขาว จังหวัดเลย. วิทยานิพนธ์เกษตรศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี. 111 หน้า.
- พัชรินทร์ สุภาพันธุ์, พัชรี อินธนู และก้องนเรนทร์ ใจคำปัน. 2563. ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับมาตรฐานการรับรองตามการผลิตทางการเกษตรที่เหมาะสม (GAP) ในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 38(3): 152-170.
- ระวีร์ศรี ขวัญชัย. 2566. การได้รับการส่งเสริมการจัดทำศัตรูพืชโดยวิธีผสมผสานของเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนในอำเภอเมืองระนอง จังหวัดระนอง. วารสารวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมเกษตร 55(2): 149-162.
- รัชดาภรณ์ โพธิ์พาด. 2564. แนวทางการส่งเสริมการผลิตผักปลอดภัยตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกรในจังหวัดขอนแก่น. วิทยานิพนธ์เกษตรศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี. 125 หน้า.
- ศรัณยา ปัญญาเย็น, สายสกุล ฟองมูล, พหลศักดิ์คะทัศน์ และกังสดาล กนกหงส์. 2563. ปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการในการส่งเสริมปลูกผักปลอดภัยจากสารพิษของเกษตรกร อำเภอเมืองปาน จังหวัดลำปาง. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 40(3): 127-137.
- สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ. 2564. ปีแห่งผักผลไม้ กินเพิ่ม เสริมการปลูก. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://www.facebook.com/thaihealth/photos/a.181206533105/10158032467298106/?type=3> (25 มีนาคม 2567).
- สำนักงานเกษตรอำเภอเหนือคลอง. 2566. แผนพัฒนาการเกษตรระดับอำเภอ ปี 2566 – 2570. กระบี่. 78 หน้า.
- สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดกระบี่. 2565. แผนพัฒนาการเกษตรและสหกรณ์ของจังหวัดกระบี่ (พ.ศ. 2566-2570) ฉบับทบทวน. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://www.opsmoac.go.th/krabi-strategic-preview-441691791794> (20 เมษายน 2567).
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2566. สถิติการส่งออกผักตั้งแต่ ปี 2564 - 2566. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://impexpth.oae.go.th/export> (11 กุมภาพันธ์ 2567).
- สำนักโภชนาการ. 2557. ผักผลไม้สี่รู้. กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. กรุงเทพมหานคร. 40 หน้า.

อนุวัฒน์ อยู่สงค์. 2562. การส่งเสริมการผลิตผัก
ปลอดภัยของเกษตรกรในอำเภอนครชัยศรี
จังหวัดนครปฐม. วิทยานิพนธ์เกษตรศาสตร์
มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมา
ธิราช, นนทบุรี. 88 หน้า.

Yamane,T. 1973. Statistics: An introductory
analysis.Third edition. New York:
Harper and Row Publication. 1130 p.

อิทธิพลของต้นตอยางพาราต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยา และการสะสมสารป้องกัน
แรงดันออสโมติกของกิ่งพันธุ์ดี RRIT 251 ในสภาวะขาดน้ำ

Influence of Rubber Rootstocks on Physiological Response and Osmolyte Accumulation of
RRIT 251 Scion in Water Deficit Condition

ปรเมศร์ แก้วประเสริฐ^{1,2} กรกช นาคคณอง^{1*} จรัสศรี นวลศรี¹ และณัฐภากร วรอุบลสิน³
Poramet Kaewprasert^{1,2}, Korakot Nakkanong^{1*}, Charassri Nualsri¹ and
Natthakorn Woraathasin³

Received: May 2, 2024

Revised: August 19, 2024

Accepted: August 21, 2024

Abstract: Appropriate water management is required for the rubber tree seedling to flourish during the growth phase, which the seedlings will suffer damage from insufficient irrigation. Potentially, grafting the buds of extremely productive rubber clones onto sturdy rootstocks could increase the drought resistance of rubber plantations. This study aimed to examine the impact of RRIM 623 PB 5/ 51 and RRIT 251 rubber rootstocks on the physiological alterations of RRIT 251 scion in drought circumstances by assessing their resilience to drought. The effects of drought stress were assessed as changes in relative leaf water content, electrolyte leakage (EL), maximum quantum efficiency of PS II photochemistry (Fv/Fm), proline, glycine betaine, and total soluble sugar (TSS) content at different time points of water deficit conditions (0, 5, 8, and 11 days after water withholding). The results showed that RRIT 251 bud grafted on RRIT 251 rootstock (RRIT 251/RRIT 251) were more tolerant to drought conditions than RRIT 251 bud grafted on RRIM 623 (RRIT 251/RRIM 623) and rootstock PB 5/ 51 (RRIT 251/PB 5/51) throughout the experiment. RRIT 251/RRIT 251 had significantly higher relative leaf water content and maximum quantum efficiency of PSII photochemistry and TSS. Moreover, electrolyte leakage, proline, glycine betaine content of RRIT 251/RRIT251 was lower than RRIT 251/RRIM623 and RRIT 251/PB 5/51. Our results suggest that RRIT 251 rootstock can improve drought tolerance of RRIT 251 scion higher than RRIM 623 and PB 5/51 rootstock.

Keyword: Para rubber, Rootstock, Scion, Water deficit condition

¹สาขานวัตกรรมและการจัดการ (พืชศาสตร์) คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110

¹Agricultural Innovation and Management Division (Plant Science), Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai Campus, Songkhla 90110.

²ศูนย์วิจัยความเป็นเลิศเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10900

²Center of Excellence on Agricultural Biotechnology (AG-BIO/MHESI), Bangkok 10900

³สาขาวิชาวิทยาการเกษตรและประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี อ.เมือง จ.ปัตตานี 94000

³Department of Agricultural and Fishery Science, Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University, Pattani Campus, Pattani 94000

* Corresponding author: poramet.kaewprasert@gmail.com

บทคัดย่อ: ระยะต้นกล้าของยางพาราเป็นช่วงที่ต้องการน้ำปริมาณที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต หากเกิดการขาดน้ำจะทำให้ต้นกล้าได้รับความเสียหาย การคัดเลือกพันธุ์ยางพาราที่มีลักษณะทนทานต่อความแห้งแล้งเพื่อใช้เป็นต้นตอยางพารา เป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยลดปัญหาความเสียหายที่เกิดขึ้นกับต้นกล้ายางพาราในสภาวะแห้งแล้ง การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของต้นตอยางพาราพันธุ์ RRIM 623 PB 5/51 และ RRIT 251 ที่ส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของกิ่งพันธุ์ RRIT 251 ในสภาวะแล้ง จากการประเมินความสามารถในการทนแล้งในช่วงระยะเวลาของสภาวะแล้งที่แตกต่างกัน ได้แก่ หลังการรดน้ำ 0 5 8 และ 11 วัน โดยใช้ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ของใบ ปริมาณการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์ (EL) ค่าประสิทธิภาพของการใช้แสง (Fv/Fm) ปริมาณโปรตีนไกลซีนบีเทน และปริมาณน้ำตาลที่ละลายน้ำในใบ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า กิ่งยางพันธุ์ RRIT 251 ที่ติดตาบนต้นตอ RRIT 251 (RRIT 251/RRIT 251) มีความทนต่อสภาวะแล้งได้ดีกว่ากิ่งยางพันธุ์ RRIT 251 ที่ติดตาบนต้นตอ RRIM 623 (RRIT 251/RRIM 623) และ RRIT PB 5/51 (RRIT 251/PB 5/51) โดย RRIT 251/RRIT 251 มีปริมาณน้ำสัมพัทธ์ ค่าประสิทธิภาพของการใช้แสง และน้ำตาลที่ละลายน้ำสูงกว่า และมีปริมาณการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์ ปริมาณโปรตีนและไกลซีนบีเทนต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับ RRIT 251/RRIM 623 และ RRIT 251/PB 5/51 จากการทดลองชี้ให้เห็นว่าต้นตอยางพารา RRIT 251 สามารถส่งเสริมความสามารถในการทนแล้งของกิ่งยางพันธุ์ RRIT 251 ได้ดีกว่าต้นตอยางพารา RRIM 623 และ PB 5/51

คำสำคัญ: ยางพารา, ต้นตอ, กิ่งพันธุ์, สภาวะขาดน้ำ

คำนำ

ประเทศไทยเป็นผู้ผลิต และส่งออกยางธรรมชาติเป็นอันดับต้นๆ ของโลก ยางพาราจึงเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ และเป็นสินค้าเกษตรที่มีมูลค่าการส่งออกสูงเมื่อเทียบกับสินค้า และผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรอื่นๆ ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกยางพาราอยู่ในภาคใต้ 64.2% และภาคตะวันออก เฉียงเหนือ 22.4% จังหวัดที่ปลูกมากที่สุดได้แก่ สุราษฎร์ธานี สงขลา นครศรีธรรมราช ตรัง และยะลา ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562; 2563) ปัจจุบันการขยายพันธุ์ยางพารานิยมใช้วิธีการติดตาเขียว เป็นวิธีการที่นำเอาแผ่นตาของยางสายพันธุ์แนะนำที่ให้ผลผลิตน้ำยางที่ดี มาติดเข้ากับต้นตอของยางพันธุ์พื้นเมืองที่ได้จากการเพาะเมล็ด ซึ่งมีระบบรากดี และต้านทานโรคต่างๆ ของแต่ละพื้นที่ปลูกได้ดีกว่ากิ่งยางพันธุ์ดี พันธุ์ยางพาราที่เกษตรกรในประเทศไทยนิยมปลูก คือ RRIM 600 และ RRIT 251 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตน้ำยางสูง และเจริญเติบโตดี โดยยางพาราพันธุ์ RRIM 600 สามารถปรับตัว และให้ผลผลิตได้ดีในเกือบทุกพื้นที่ ทนทานต่อการสภาพแห้งแล้งได้ดี (นุชนารถ และคณะ, 2553)

ให้ผลผลิตน้ำยางสด 10 ปี กรีดเฉลี่ย 263 กิโลกรัม/ไร่/ปี ส่วนยางพาราพันธุ์ RRIT 251 ให้ผลผลิตน้ำยางสดสูงกว่า โดยเฉลี่ย 8 ปี กรีด 343 กิโลกรัม/ไร่/ปี สูงกว่าพันธุ์ RRIM 600 ถึงร้อยละ 59 (กรมวิชาการเกษตร, 2554) อย่างไรก็ตามมีรายงานการเปรียบเทียบการเจริญเติบโต และผลผลิตยางพาราสายพันธุ์ RRIM 600 และ RRIT 251 ในภาคตะวันออก เฉียงเหนือ ในพื้นที่ปลูก 6 จังหวัด ได้แก่ สกลนคร หนองคาย อุดรธานี เลย บุรีรัมย์ และขอนแก่น ซึ่งพื้นที่ปลูกยางพาราแต่ละพื้นที่ที่ทำการศึกษามีปริมาณน้ำฝนที่แตกต่างกัน โดยปริมาณผลผลิตในสภาพแปลงที่มีปริมาณน้ำฝนรายปีมาก ได้แก่ สกลนคร หนองคาย และอุดรธานี ยางพารา RRIT 251 ให้ผลผลิตน้ำยางสดสูงกว่า RRIM 600 แต่ในสภาพแห้งแล้ง เช่น ในจังหวัดบุรีรัมย์ และขอนแก่น ผลผลิตของยางพาราไม่มีความแตกต่างกัน (วรรณทนี และคณะ, 2560) ซึ่งเห็นว่าพันธุ์ยาง RRIT 251 มีการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตลดลงเมื่ออยู่ในสภาพแห้งแล้ง ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าสภาวะขาดน้ำส่งผลกระทบต่อสภาพปลูกยางพาราอย่างชัดเจนในหลายพื้นที่ อีกทั้งยังเป็นความท้าทายต่อนักวิจัยและเกษตรกร

ผู้เพาะปลูกยางพาราในอนาคตเมื่อโลกเข้าสู่สภาวะโลกร้อนมากขึ้น นอกจากยางพาราทั้งสองสายพันธุ์ที่กล่าวไปแล้วนั้น ยางพาราพันธุ์ PB 5/51 เป็นสายพันธุ์ที่สถาบันวิจัยยางแนะนำให้เป็นต้นตอ เนื่องจากเป็นพันธุ์พื้นเมืองที่มีระบบรากลึก แข็งแรง และมีพัฒนาการดี นิยมใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ในการสร้างพันธุ์ใหม่ และใช้เป็นต้นตอ ด้านทานต่อโรคราแป้ง ใบจุดที่เกิดจากเชื้อ *Colletorichum* sp. เส้นดำ และราสีชมพูในระดับปานกลาง และค่อนข้างต้านทานต่อโรคใบร่วงที่เกิดจากเชื้อ *Phytophthora* sp. และใบจุดก้างปลา (กรมวิชาการเกษตร, 2554) อย่างไรก็ตาม พืชมีการเปลี่ยนแปลงทั้งลักษณะทางสรีรวิทยา และชีวเคมี เพื่อตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม ซึ่งปริมาณความชื้นดินเป็นปัจจัยสภาพแวดล้อมสำคัญที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของราก ต้นยางพาราแต่ละสายพันธุ์มีความสามารถในการเจริญเติบโต และปรับตัวภายใต้สภาวะแล้งที่แตกต่างกัน (Sterling *et al.*, 2019) อีกทั้งการติดตายยางพารามีเรื่องของอิทธิพลของต้นตอเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ซึ่งอาจทำให้การแสดงออกของต้นยางพาราแตกต่างไปจากเดิม ทั้งในเรื่องของการเจริญเติบโต และการปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ จึงต้องมีการศึกษา และคัดเลือกพันธุ์ยางพาราที่มีความสามารถในการตอบสนองต่อความแล้งได้ดีในการใช้เป็นต้นตอ เพื่อช่วยให้ต้นยางมีการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตในพื้นที่ที่มีความแห้งแล้งหรือมีปริมาณน้ำฝนน้อยได้ดีขึ้น (Yao *et al.*, 2017; Miranda *et al.*, 2020)

เมื่อพืชต้องเผชิญกับปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต พืชจะมีการตอบสนองต่อความเครียดด้วยกลไกต่างๆ ร่วมกันทั้งทางด้านสรีรวิทยา เช่น การปิดปากใบเพื่อลดการสูญเสียน้ำ เนื่องจากการลดลงของปริมาณน้ำสัมพัทธ์ (RWC) ในเซลล์พืช (Wang, 2014) และทางด้านชีวเคมี เช่น การสะสมสารควบคุมออสโมซิส ซึ่งเป็นโมเลกุลของสารอินทรีย์ขนาดเล็ก ได้แก่ โปรลีน ไกลซีนบีเทน และน้ำตาลที่ละลายน้ำได้ เช่น กลูโคส และฟรุคโตสที่สลายจากแป้ง (Chen and Murata, 2002) การสะสมสารเหล่านี้จะให้น้ำจากภายนอก

เซลล์ไหลเข้าสู่เซลล์และช่วยรักษาความเต่งของเซลล์ การใช้น้ำของพืชจึงมีประสิทธิภาพมากขึ้น และช่วยให้พืชยังคงเจริญเติบโตได้ดีในสภาวะแล้ง (Ludlow and Muchow, 1990; Subbarao *et al.*, 2000) ออรรณ (2561) รายงานว่า ยางพาราภายใต้สภาวะแล้งที่รุนแรงขึ้นมีการสะสมโปรตีนมากขึ้น และสายพันธุ์ที่ทนทานต่อสภาวะแล้งมากที่สุด มีการสะสมโปรตีนสูงสุด เมื่อปริมาณน้ำสัมพัทธ์ลดลงพืชปิดปากใบเพื่อลดการสูญเสียน้ำ ยังส่งผลให้กระบวนการสังเคราะห์แสงลดลงเช่นเดียวกัน อีกทั้งทำให้พืชเกิดความเครียด และมีการสะสมสารอนุมูลอิสระ เมื่อมีปริมาณมากเกินไปจะส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อเซลล์เนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidative damage) (You and Chan, 2015) เกิดการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ (electrolyte leakage; EL) (Ragel *et al.*, 2019) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นประจุของ K^+ ที่มีความเกี่ยวข้องกับการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ซึ่งทำหน้าที่ในการย่อยโปรตีน (protease) และกรดนิวคลีอิก (endonuclease) ภายในเซลล์ การเคลื่อนย้าย K^+ ออกจากเซลล์จึงเป็นการกระตุ้นการทำงานของ protease และ endonuclease และนำไปสู่ (Demidchik *et al.*, 2014; Ragel *et al.*, 2019) การเจริญเติบโตที่ลดลง การให้ผลผลิตลดลง หรือตายได้ กระบวนการต่างๆ ที่พืชตอบสนองต่อสภาวะขาดน้ำนั้น เพื่อให้พืชสามารถทนทานต่อสภาวะขาดน้ำได้มากที่สุด พืชแต่ละชนิดมีรูปแบบการตอบสนองที่แตกต่างกันออกไป เช่นเดียวกันกับยางพาราสายพันธุ์ต่างๆ

ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้เพื่อศึกษาลักษณะทางสรีรวิทยาและการสะสมสารควบคุมออสโมซิสที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการทนต่อสภาวะขาดน้ำของยางพารา และเปรียบเทียบความสามารถในการทนต่อสภาวะขาดน้ำของกิ่งพันธุ์ที่ได้รับอิทธิพลจากต้นตอ เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นประกอบการคัดเลือกพันธุ์ยางพาราสำหรับใช้เป็นต้นตอที่ทำให้ต้นกล้ายางพาราที่มีความสามารถในการทนต่อสภาวะขาดน้ำได้ดีต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่างในการทดลอง และการติดตามพารา

เก็บรวบรวมเมล็ดยางพันธุ์ PB 5/51 RRIM 623 และ RRIT 251 มาเพาะเพื่อเตรียมต้นกล้าในกระถางขนาด 12x18 นิ้ว โดยมีส่วนผสมของวัสดุปลูกเป็นหน้าดิน ประเภทดินร่วนปนทราย ผสมแกลบ ในอัตราส่วน 2:1 โดยปริมาตร ภายในโรงเรือน ใส่ปุ๋ย 15-15-15 ทุก 1 เดือน รดน้ำทุกวันประมาณ 1-2 ลิตรต่อต้นต่อวัน และกำจัดวัชพืชในบริเวณที่ทำการทดลองอย่างสม่ำเสมอ เมื่อต้นยางอายุ 6-8 เดือน หรือมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นประมาณ 1 เซนติเมตร ทำการติดต่อกับกิ่งพันธุ์ RRIT 251 หลังจากนั้น 9 เดือน คัดเลือกต้นที่มีความสมบูรณ์เท่ากันมาทำการทดลอง โดยงดการให้น้ำเป็นเวลา 11 วัน เก็บตัวอย่าง และบันทึกข้อมูลทางสรีรวิทยาต่างๆ ในวันที่ 0 (ยังคงมีการรดน้ำในช่วงเช้า) 5 8 และ 11 วันของการงดการให้น้ำ โดยดัดแปลงวิธีการจาก อรรถวรรณ (2561) ในช่วงที่ทำการทดลองตั้งแต่วันที่ 0 ถึง 11 บริเวณโรงเรือนทดลองมีอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งวันอยู่ที่ 27.11 ± 0.48 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ $79.09 \pm 19.18\%$ จัดสิ่งทดลองตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) ประกอบด้วย 3 ทรีตเมนต์ ได้แก่ กิ่งพันธุ์ PB 5/51 ที่ติดตามบน RRIT 251 (RRIT 251/PB 5/51) กิ่งพันธุ์ RRIT 251 ที่ติดตามบน RRIM 623 (RRIT 251/RRIM 623) และกิ่งพันธุ์ RRIT 251 ที่ติดตามบน PB 5/51 (RRIT 251/RRIT 251) ทรีตเมนต์ละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ต้น เก็บตัวอย่างใบยางพาราที่ได้จากการติดตามยางพันธุ์ RRIT 251 บน RRIM 623 PB 5/51 และ RRIT 251 เพื่อใช้ในการศึกษาปริมาณน้ำสัมพัทธ์ การร่วงไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ ปริมาณสารควบคุมออกซิโมซิส ได้แก่ โพรลีน ไกลซีนปีเทน และน้ำตาลที่ละลายน้ำได้ ในวันที่ 0 5 8 และ 11 ของการงดน้ำ

2. การวัดประสิทธิภาพการให้แสง

บันทึกค่าประสิทธิภาพการให้แสงของใบระยะเฟสลาดที่อยู่ในจุดที่สามของกิ่งพันธุ์ RRIT 251 ที่ติดตามบนต้น RRIM 623 PB 5/51

และ RRIT 251 พันธุ์ละ 9 ต้น ต้นละ 2 ค่า ในวันที่ 0 5 8 และ 11 ของการงดน้ำ โดยใช้เครื่องมือ Handy PEA Plus (Hansatech instruments Ltd.,UK) ทำการบันทึกในช่วง 7:00 ถึง 11:00 ของวัน ซึ่งเป็นการวัดความแตกต่างของความสามารถในการดูดซับพลังงานแสงของระบบแสง II ในระหว่างที่ศูนย์กลางปฏิกิริยา (reaction center) ทั้งหมดอยู่ในสภาพปิดเมื่อไม่ได้รับแสง ซึ่งในขณะนั้นเครื่องจะบันทึกว่ามีการแผ่รังสีฟลูออเรสเซนซ์ต่ำที่สุด (minimum fluorescence, F0) และอยู่ในสภาพเปิดเมื่อได้รับแสงอย่างเต็มที่ ซึ่งในขณะนั้นเครื่องจะบันทึกว่ามีการแผ่รังสีฟลูออเรสเซนซ์สูงที่สุด (maximum fluorescence, Fm) จากนั้นเครื่องจะทำการคำนวณผลต่างของทั้งสองค่า (variable fluorescence, $F_v = F_m - F_0$) และคำนวณอัตราส่วนของ F_v/F_m หรือค่าประสิทธิภาพการให้แสง ซึ่งในพืชหลายชนิดมีค่าประสิทธิภาพการให้แสงที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 0.79-0.84 หากมีค่าลดลงแสดงว่าพืชมีอาการเครียดเกิดขึ้น (Maxwell and Johnson, 2000)

3. ปริมาณน้ำสัมพัทธ์

เปรียบเทียบค่าปริมาณน้ำสัมพัทธ์ (RWC) ระหว่างใบของต้นยางที่ติดตามบนต้น RRIM 623 PB 5/51 และ RRIT 251 ตามวิธีของ Wang (2014) โดยตัดชิ้นส่วนใบเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 1 ตารางเซนติเมตร จำนวน 5 ชิ้น ชั่งน้ำหนักสด (Fresh weight: FW) ใส่ลงในหลอดทดลองที่เติมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร ปิดฝาให้สนิท และเก็บไว้ในที่มืดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้ใบยางพาราดูดซับน้ำได้อย่างเต็มที่ ชั่งน้ำหนักเต่ง (Turgid weight: TW) จากนั้นอบชิ้นส่วนใบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนักแห้ง (Dry weight: DW) เพื่อคำนวณค่าปริมาณน้ำสัมพัทธ์โดยมีค่าเท่ากับร้อยละของอัตราส่วนระหว่างผลต่างของน้ำหนักสดกับน้ำหนักแห้งของใบต่อผลต่างของน้ำหนักเต่งกับน้ำหนักแห้งของใบ ตามสูตร $RWC = [(FW-DW)/(TW-DW)] \times 100$

4. การวัดปริมาณการร่วงไหลของสารนำประจุไฟฟ้า

เปรียบเทียบปริมาณการร่วงไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ระหว่างใบของต้นยางที่ติดตามบนต้น RRIM

623 PB 5/51 และ RRIT 251 โดยตัดตัวอย่างใบสด ให้มีขนาด 5 ตารางเซนติเมตร จำนวน 10 ชิ้น ใส่ในหลอดทดลองที่มีน้ำกลั่นปราศจากไอออน 20 มิลลิลิตร แล้วปิดหลอดด้วยฝาพลาสติก นำไปวางในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 32 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นวัดค่าการนำไฟฟ้าเริ่มต้นของตัวอย่าง (EC_1) แล้วนำไปนึ่งในหม้อน้ำแรงดันที่ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที และวัดค่าการนำไฟฟ้าสุดท้าย (EC_2) (Dionisio-Sese and Tobita, 1998) นำค่าที่ได้มาคำนวณปริมาณการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ได้จากสูตร $EL = (EC_1/EC_2) \times 100$

5. การศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของกิ่งพันธุ์ดี RRIT 251 ที่ติดตามต้นตอทั้ง 3 สายพันธุ์ (PB 5/51 RRIM 623 และ RRIT 251) ภายใต้สภาวะขาดน้ำ

บันทึกภาพกิ่งพันธุ์ดี RRIT 251 ที่ติดตามต้นตอทั้ง 3 พันธุ์ (PB 5/51 RRIM 623 และ RRIT 251) ภายใต้สภาวะขาดน้ำ โดยดัดแปลงวิธีการจาก อรพรรณ (2561) และ ชุตินา (2562) สังเกตการเปลี่ยนแปลงลักษณะสัณฐานวิทยาของต้นกล้าอย่างพารา โดยการให้คะแนนระดับความเหี่ยว ในวันที่ 0 5 8 และ 11 ของการงดการให้น้ำเพื่อเปรียบเทียบการตอบสนองต่อสภาวะขาดน้ำ โดยประเมินจากลักษณะทางกายภาพที่ปรากฏโดยให้คะแนนดังนี้

- 1 ต้นยวบพาราเป็นปกติ
- 2 ใบเริ่มแสดงอาการเหี่ยว
- 3 ใบแสดงอาการเหี่ยวชัดเจน มุมใบเริ่มเปลี่ยนเล็กน้อย
- 4 ใบ และก้านใบเหี่ยว เริ่มพบการเหี่ยวของปลายยอด และมุมใบเปลี่ยน ใบเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลือง
- 5 ใบ ก้านใบ และปลายยอดเหี่ยว มุมใบเริ่มเปลี่ยน ใบเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล

6. การศึกษาอิทธิพลของต้นตอต่อปริมาณสารควบคุมแรงดันออสโมติก

6.1 ปริมาณโพรีน

เปรียบเทียบปริมาณโพรีนระหว่างใบ

ของต้นยางที่ติดตามต้นตอ RRIM 623 PB 5/51 และ RRIT 251 จากการดัดแปลงวิธีของ Bates *et al.* (1973) โดยนำตัวอย่างใบสด น้ำหนัก 0.5 กรัม มาบดในไนโตรเจนเหลว และเติม sulfosalicylic acid ความเข้มข้น 3% ปริมาตร 10 มิลลิลิตร วางทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 และนำสารละลายที่กรองได้ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ทำปฏิกิริยากับ acid ninhydrin ปริมาตร 4 มิลลิลิตร (เตรียมจากการละลาย ninhydrin น้ำหนัก 0.1 กรัม กับ glacial acetic acid ปริมาตร 2.4 มิลลิลิตร และ ความเข้มข้น 6 โมลาร์ phosphoric acid ปริมาตร 1.6 มิลลิลิตร) โดยต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และหยุดปฏิกิริยาโดยการแช่ตัวอย่างในอ่างน้ำแข็ง เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นเติม toluene ปริมาตร 4 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน และวางทิ้งไว้จนอุณหภูมิของตัวอย่างเพิ่มขึ้นถึงอุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นนำส่วนบนของสารละลายวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร โดยเปรียบเทียบความเข้มข้นของโพรีนในตัวอย่างกับโพรีนที่ทราบความเข้มข้นวางแผนการทดลองแบบ CRD ประกอบด้วย 3 ทรีตเมนต์ โดยมีทรีตเมนต์ละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ต้น

6.2 ปริมาณไกลซีนบีเทน

เปรียบเทียบปริมาณไกลซีนบีเทนระหว่างใบของกิ่งพันธุ์ดี RRIT 251 ที่ติดตามต้นตอ RRIM 623 PB 5/51 และ RRIT 251 จากการดัดแปลงวิธีของ Grieve and Grattan (1983) โดยบดตัวอย่างใบสด น้ำหนัก 0.5 กรัม ให้ละเอียดในไนโตรเจนเหลว เติมน้ำกลั่นปราศจากไอออนปริมาตร 20 มิลลิลิตร และนำสารละลายวางบนเครื่องเขย่าสาร ความเร็ว 80 รอบต่อนาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำส่วนที่กรองได้ปริมาตร 750 มิลลิลิตร ผสมกับ 1 นอร์แมล H_2SO_4 ปริมาตร 250 มิลลิลิตร แช่สารละลายในน้ำแข็งเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และเติม $KI-I_2$ ปริมาตร 400 ไมโครลิตร (เตรียมจากการละลาย I_2 ปริมาณ 15.7 กรัม และ KI ปริมาณ 20 กรัม ในน้ำที่ปราศจากไอออน ปริมาตร 100 มิลลิลิตร) และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ

4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง จากนั้น บั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ดูดสารละลายออกให้เหลือแต่ตะกอน และละลายตะกอนโดยเติม 1,2-dichloroethane ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ตั้งสารละลายทิ้งไว้เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 365 นาโนเมตร โดยใช้ 1,2-dichloroethane เป็นสารละลายมาตรฐาน โดยเปรียบเทียบความเข้มข้นของไกลซีนปีเทนในตัวอย่างกับไกลซีนปีเทนที่ทราบความเข้มข้น

6.3 ปริมาณน้ำตาลที่ละลายน้ำได้

เปรียบเทียบปริมาณน้ำตาลที่ละลายน้ำได้ระหว่างใบของกิ่งพันธุ์ RRIT 251 ที่ติดตามต้นตอ RRIM 623 PB 5/51 และ RRIT 251 จากการดัดแปลงวิธีของ Irigoyen *et al.* (1992) โดยบดตัวอย่างใบสดน้ำหนัก 0.1 กรัม ใส่ไนโตรเจนเหลว บรรจุใส่หลอดขนาด 15 มิลลิลิตร จากนั้นสกัดน้ำตาลที่ละลายน้ำได้โดยเติมเอทานอลความเข้มข้น 80% ปริมาตร 5 มิลลิลิตร และต้มที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที หลังจากนั้นนำแข็งให้เย็น บั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 12,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ดูดสารละลายส่วนบนเก็บไว้ และสกัดอีก 2 รอบ นำสารละลายที่ได้จากการสกัดทั้ง 3 รอบมารวมกัน ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ทำปฏิกิริยากับสารละลาย anthrone (เตรียมได้จากการละลาย anthrone ปริมาณ 150 มิลลิกรัม ใน H_2SO_4 ความเข้มข้น 72% ปริมาตร 100 มิลลิลิตร) ปริมาตร 3 มิลลิลิตร โดยต้มในน้ำเดือด เป็นเวลา 10 นาที และหยุดปฏิกิริยาโดยการวางบนน้ำแข็งทันที จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 625 นาโนเมตร โดยใช้สารละลาย anthrone เป็นสารละลายมาตรฐาน โดยเปรียบเทียบความเข้มข้นของน้ำตาลที่ละลายน้ำได้ในตัวอย่างกับน้ำตาลกลูโคสที่ทราบความเข้มข้น

7. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ค่าเฉลี่ย และความแปรปรวนของข้อมูลด้วยโปรแกรม R version 2.14.2 (อรรรรณ, 2561) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการทดลอง

1. ปริมาณน้ำสัมพัทธ์

จากการวัดปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบของกิ่งพันธุ์ RRIT 251 ที่ติดตามต้นตอ PB 5/51 RRIM 623 และ RRIT 251 หลังการงดการให้น้ำในวันที่ 0 5 8 และ 11 พบว่า ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบของกิ่งพันธุ์ RRIT 251 มีแนวโน้มต่ำลงตามระยะเวลาของการงดการให้น้ำที่ยาวนานขึ้น โดยปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบของกิ่งพันธุ์ RRIT 251 ที่ติดตามต้นตอ PB 5/51 RRIM 623 และ RRIT 251 ไม่มีความแตกต่างกันในช่วง 5 วันแรกของการงดการให้น้ำ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 81% - 84% ในวันที่ 8 ของการงดการให้น้ำ ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ของกิ่งพันธุ์ RRIT 251 ที่ติดตามต้นตอ PB 5/51 มีค่า 61% ซึ่งต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับกิ่งพันธุ์ RRIT 251 ที่ติดตามต้นตอ RRIM 623 และ RRIT 251 (74% และ 78% ตามลำดับ) แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างต้นตอ RRIM 623 และ RRIT 251 และในวันที่ 11 ของการงดการให้น้ำ ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ของกิ่งพันธุ์ RRIT 251 ที่ติดตามต้นตอ PB 5/51 RRIM 623 และ RRIT 251 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยกิ่งพันธุ์ RRIT 251 ที่ติดตามต้นตอ PB 5/51 มีปริมาณน้ำสัมพัทธ์ต่ำที่สุด 14% รองลงมาคือกิ่งพันธุ์ RRIT 251 ที่ติดตามต้นตอ RRIM 623 และ RRIT 251 (39% และ 62%) ตามลำดับ (Figure 1)

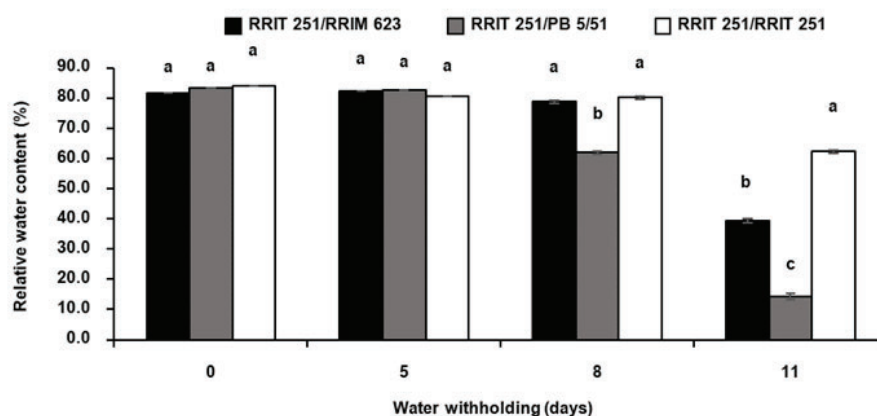


Figure 1 Relative water content of RRIT 251 scion bud grafted on 3 rootstock clones (PB 5/51, RRIM 623 and RRIT 251) in drought condition after withholding water for 0, 5, 8 and 11 days. Different letters in the same days between rootstock are significantly different ($P<0.05$) according to DMRT (mean $\pm$ SD).

2. ประสิทธิภาพการใช้น้ำ

จากการวัดค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำของกิ่งพันธุ์ RRIT 251 ที่ติดตาบนต้นตอ PB 5/51 RRIM 623 และ RRIT 251 หลังการงดการให้น้ำในวันที่ 0 5 8 และ 11 พบว่า ค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำของกิ่งพันธุ์ RRIT 251 มีแนวโน้มต่ำลงตามระยะเวลาของการงดการให้น้ำที่ยาวนานขึ้น โดยค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำของกิ่งพันธุ์ RRIT 251 ที่ติดตาบนต้นตอ PB 5/51 RRIM 623 และ RRIT 251 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในวันที่ 0 และ 5 ของการงดการให้น้ำ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.83 - 0.84 ในวันที่ 8 ค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำของกิ่งพันธุ์ RRIT 251 ที่ติดตาบนต้นตอ PB 5/51 มีค่าต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ (0.69 และ 0.13 ตามลำดับ) เมื่อ

เปรียบเทียบกับกิ่งพันธุ์ RRIT 251 ที่ติดตาบนต้นตอ RRIM 623 (0.78 และ 0.56 ตามลำดับ) และ RRIT 251 (0.78 และ 0.60 ตามลำดับ) แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างต้นตอ RRIM 623 และ RRIT 251 และในวันที่ 11 ของการงดการให้น้ำ ค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำของกิ่งพันธุ์ RRIT 251 ที่ติดตาบนต้นตอ PB 5/51 RRIM 623 และ RRIT 251 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยกิ่งพันธุ์ RRIT 251 ที่ติดตาบนต้นตอ PB 5/51 มีค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำ 0.090 ซึ่งต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับกิ่งพันธุ์ RRIT 251 ที่ติดตาบนต้นตอ RRIM 623 และ RRIT 251 (0.557 และ 0.689) ตามลำดับ (Figure 2)

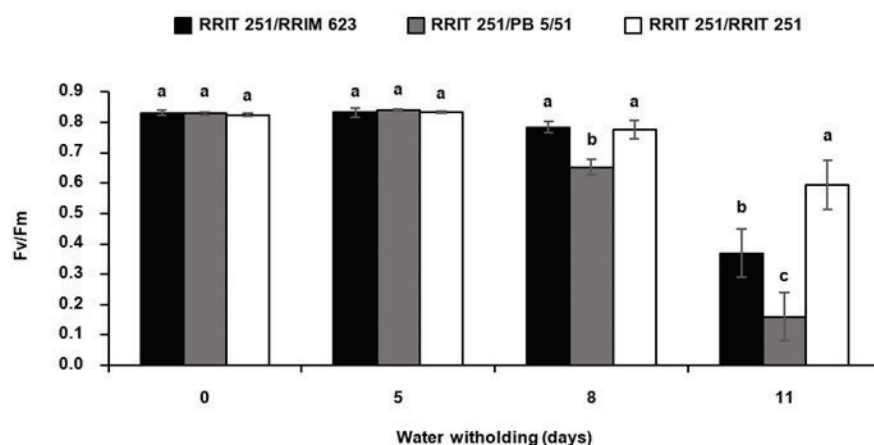


Figure 2 Photochemical efficiency (Fv/Fm) of RRIT 251 scion bud grafted on 3 rootstock clones (PB 5/51, RRIM 623 and RRIT 251) in drought condition after withholding water for 0, 5, 8 and 11 days. Different letters in the same days between rootstock are significantly different ($P<0.05$) according to DMRT (mean $\pm$ SD).

3. ปริมาณการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์

จากการวัดปริมาณการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ ในใบของกิ่งพันธุ์ RRIT 251 ที่ติดตามบนต้นตอ PB 5/51 RRIM 623 และ RRIT 251 หลังการงดการให้น้ำในวันที่ 0 5 8 และ 11 พบว่า ปริมาณการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ ในใบของกิ่งพันธุ์ RRIT 251 มีแนวโน้มสูงขึ้นตามระยะเวลาของการงดการให้น้ำที่ยาวนานขึ้น โดยในวันที่ 0 ของการงดการให้น้ำ ปริมาณการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ในใบของกิ่งพันธุ์ RRIT251 ที่ติดตามบนต้นตอ PB 5/51 RRIM 623 และ RRIT 251 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยอยู่ในช่วง 6-7% ในวันที่ 5 ของการงดการให้น้ำ ปริมาณการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ของกิ่งพันธุ์ RRIT251 ที่ติดตามบนต้นตอ PB 5/51 RRIM 623 และ RRIT 251 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยกิ่งพันธุ์ RRIT 251 ที่ติดตามบนต้นตอ

RRIT 251 มีปริมาณการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ 6.6% ซึ่งต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับกิ่งพันธุ์ RRIT251 ที่ติดตามบนต้นตอ RRIM 623 และ PB 5/51 (9.6% และ 10.6%) ตามลำดับ ในวันที่ 8 ของการงดการให้น้ำ กิ่งพันธุ์ RRIT 251 ที่ติดตามบนต้นตอ RRIT 251 มีปริมาณการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ 6.85% ซึ่งต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับกิ่งพันธุ์ RRIT 251 ที่ติดตามบนต้นตอ RRIM 623 และ PB 5/51 (6.85% และ 11.25% ตามลำดับ) และในวันที่ 11 ของการงดการให้น้ำ ปริมาณการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ของกิ่งพันธุ์ RRIT 251 ที่ติดตามบนต้นตอ RRIT 251 (10.01%) และ RRIM 623 (14.88%) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีปริมาณต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกิ่งพันธุ์ RRIT 251 ที่ติดตามบนต้นตอ PB 5/51 (24.75%) (Figure 3)

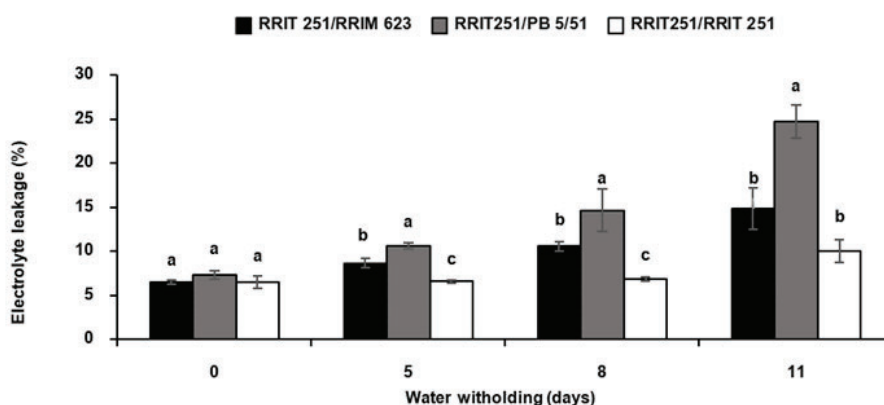


Figure 3 Electrolyte leakage of RRIT 251 scion bud grafted on 3 rootstock clones (PB 5/51, RRIM 623 and RRIT 251) in drought condition after withholding water for 0, 5, 8 and 11 days. Different letters in the same days between rootstock are significantly different ($P < 0.05$) according to DMRT (mean $\pm$ SD).

4. การบันทึกภาพถ่าย

จากการบันทึกภาพถ่ายลักษณะสัณฐานวิทยาของกิ่งพันธุ์ RRIT 251 ที่ติดตามบนต้นตอ PB 5/51 RRIM 623 และ RRIT 251 หลังการงดการให้น้ำในวันที่ 0 5 8 และ 11 พบว่า ในช่วง 5 วันแรก กิ่งพันธุ์ RRIT 251 ที่ติดตามบนต้นตอทั้ง 3 สายพันธุ์ ยังคงอยู่ในสภาพปกติ ไม่พบอาการขาดน้ำหรือการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยา แต่หลังจากการงดการให้น้ำเป็นเวลา 8 วัน กิ่งพันธุ์ RRIT251 ที่ติดตามบนต้นตอ PB 5/51 เริ่มแสดงอาการเหี่ยวของใบ

ในขณะที่กิ่งพันธุ์ RRIT251 ที่ติดตามบนต้นตอ RRIM 623 และ RRIT 251 ยังคงอยู่ในสภาพปกติ และในวันที่ 11 ของการงดการให้น้ำกิ่งพันธุ์ RRIT251 ที่ติดตามบนต้นตอ RRIM 623 มีอาการเหี่ยวของใบชัดเจน ส่วนกิ่งพันธุ์ RRIT 251 ที่ติดตามบนต้นตอ PB 5/51 มีอาการเหี่ยวของใบและก้านใบ โดยเริ่มพบการเหี่ยวของปลายยอด และการเปลี่ยนแปลงของมุมใบที่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ในขณะที่กิ่งพันธุ์ RRIT 251 ติดตามบนต้นตอ RRIT 251 เริ่มแสดงอาการเหี่ยวของใบ (Figure 4)

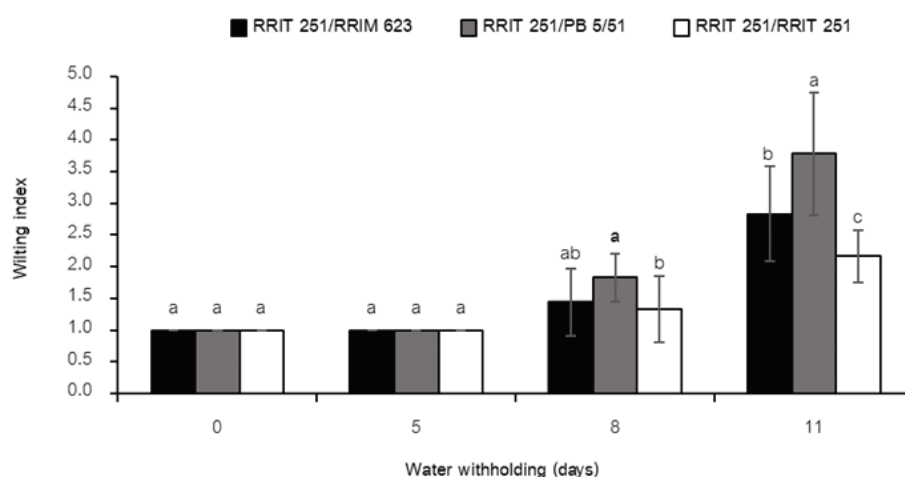


Figure 4 Wilting index of RRIT 251 scion bud grafted on 3 rootstock clones (PB 5/51, RRIM 623 and RRIT 251) in drought condition after withholding water for 0, 5, 8 and 11 days. Different letters in the same days between rootstock are significantly different ($P<0.05$) according to DMRT (mean $\pm$ SD).

5. การศึกษาอิทธิพลของต้นตอต่อปริมาณสารควบคุมแรงดันออสโมซิส

สำหรับปริมาณโพรลีนในใบของกิ่งพันธุ์ดี RRIT 251 ที่ติดตามต้นตอ PB 5/51 RRIM 623 และ RRIT 251 หลังการงดการให้น้ำในวันที่ 0 5 8 และ 11 พบว่า ปริมาณโพรลีนในใบของกิ่งพันธุ์ดี RRIT 251 มีแนวโน้มสูงขึ้นตามระยะเวลาของการงดการให้น้ำที่ยาวนานขึ้น โดยในวันที่ 0 และ 5 ของการงดการให้น้ำ ปริมาณโพรลีนในกิ่งพันธุ์ดี RRIT 251 ที่ติดตามต้นตอ RRIM 623 (4.21 และ 4.46 ไมโครโมลต่อกรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ) และ PB 5/51 (4.15 และ 4.14 ไมโครโมลต่อกรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ) มีปริมาณสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับกิ่งพันธุ์ดีที่

ติดตามต้นตอ PB 5/51 และ RRIT 251 (1.70 และ 2.09 ไมโครโมลต่อกรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ) แต่หลังจากนั้นในวันที่ 8 และ 11 ของการงดการให้น้ำ ปริมาณโพรลีนในใบของกิ่งพันธุ์ดี RRIT 251 ที่ติดตามต้นตอทั้ง 3 สายพันธุ์มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยปริมาณโพรลีนในใบของกิ่งพันธุ์ดี RRIT 251 ที่ติดตามต้นตอ PB 5/51 (27.62 และ 33.35 ไมโครโมลต่อกรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ) มีแนวโน้มสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกิ่งพันธุ์ดี RRIT 251 ที่ติดตามต้นตอ RRIM 623 (15.87 และ 18.11 ไมโครโมลต่อกรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ) และ RRIT 251 (9.25 และ 13.29 ไมโครโมลต่อกรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ) (Figure 5)

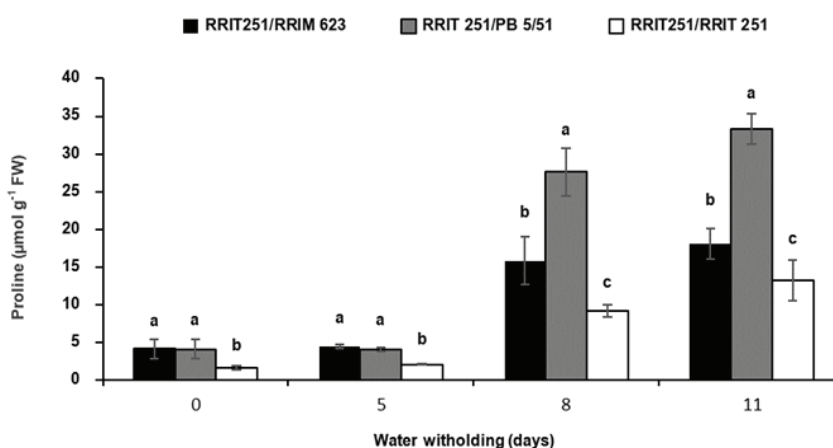


Figure 5 Proline content of RRIT 251 scion bud grafted on 3 rootstock clones (PB 5/51, RRIM 623 and RRIT 251) in drought condition after withholding water for 0, 5, 8 and 11 days. Different letters in the same days between rootstock are significantly different ($P<0.05$) according to DMRT (mean $\pm$ SD).

สำหรับปริมาณไกลซีนบีเทนในใบของกิ่งพันธุ์ดี RRIT 251 ที่ติดตามต้นตอ PB 5/51 RRIM 623 และ RRIT 251 หลังการงดการให้น้ำในวันที่ 0 5 8 และ 11 พบว่า ปริมาณไกลซีนบีเทนในใบของกิ่งพันธุ์ดี RRIT 251 ที่ติดตามต้นตอ RRIM 623 และ PB 5/51 มีแนวโน้มสูงขึ้นในช่วง 0-8 วันของการงดการให้น้ำ และลดลงในวันที่ 11 ของการงดการให้น้ำ ในขณะที่ปริมาณไกลซีนบีเทนในใบของกิ่งพันธุ์ดี RRIT 251 ที่ติดตามต้นตอ RRIT 251 ลดลงในวันที่ 5 ของการงดการให้น้ำ และสูงขึ้นเล็กน้อยในช่วง 8-11 วันของการงดการให้น้ำ โดยในวันที่ 0 ของการงดการให้น้ำ กิ่งพันธุ์ดี RRIT 251 ที่ติดตามต้นตอ RRIM 623 มีปริมาณไกลซีนบีเทน 106 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด ซึ่งสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับกิ่งพันธุ์ดี RRIT 251 ที่ติดตามต้นตอ RRIT 251 และ PB 5/51 (90.19 และ 81.71 ไมโครกรัม

ต่อกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ) ในช่วงวันที่ 5-8 ของการงดการให้น้ำ ปริมาณไกลซีนบีเทนของกิ่งพันธุ์ดี RRIT 251 ที่ติดตามต้นตอ PB 5/51 (133.50 และ 141.39 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ) และ RRIM 623 (116.61 และ 124.23 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีปริมาณสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับ กิ่งพันธุ์ดี RRIT 251 ที่ติดตามต้นตอ RRIT 251 (69.84 และ 78.14 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ) และ วันที่ 11 ของการงดการให้น้ำ ปริมาณไกลซีนบีเทนในใบของกิ่งพันธุ์ดี RRIT 251 ที่ติดตามต้นตอ PB 5/51 RRIM 623 และ RRIT 251 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยกิ่งพันธุ์ดี RRIT251 ที่ติดตามต้นตอ PB 5/51 มีปริมาณไกลซีนบีเทนสูงที่สุด รองลงมาคือ RRIM 623 และ RRIT 251 ตามลำดับ (Figure 6)

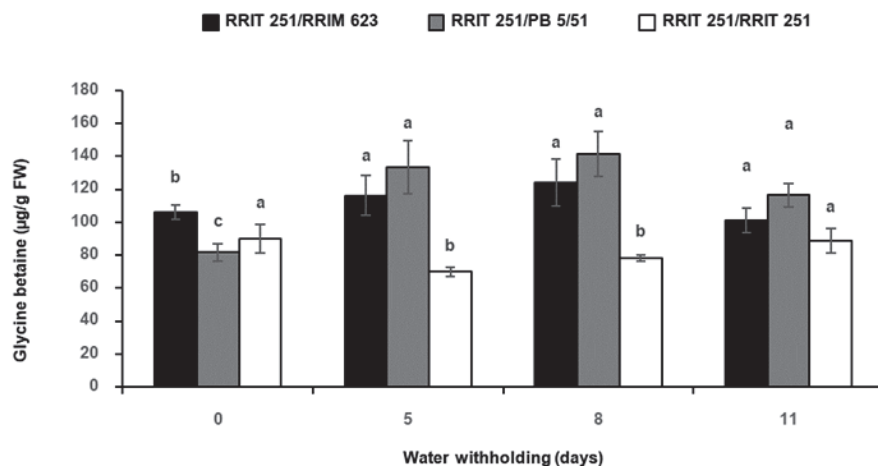


Figure 6 Glycine betaine content of RRIT 251 scion bud grafted on 3 rootstock clones (PB 5/51, RRIM 623 and RRIT 251) in drought condition after withholding water for 0, 5, 8, and 11 days. Different letters in the same days between rootstock are significantly different ($P < 0.05$) according to DMRT (mean $\pm$ SD).

จากการวัดปริมาณน้ำตาลที่ละลายน้ำในใบของกิ่งพันธุ์ดี RRIT 251 ที่ติดตามต้นตอ PB 5/51 RRIM623 และ RRIT251 หลังการงดการให้น้ำในวันที่ 0 5 8 และ 11 พบว่า ปริมาณน้ำตาลที่ละลายน้ำในใบของกิ่งพันธุ์ดี RRIT 251 มีแนวโน้มสูงขึ้นในวันที่ 5 ของการงดการให้น้ำ และต่ำลงในช่วง 8-11 วันของการงดการให้น้ำ ในวันที่ 0 ของการงดการให้น้ำ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในใบของกิ่งพันธุ์ดี RRIT 251

ที่ติดตามต้นตอ PB5/51 RRIM 623 และ RRIT251 มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ กิ่งพันธุ์ดี RRIT 251 ที่ติดตามต้นตอ PB 5/51 มีปริมาณน้ำตาลที่ละลายน้ำสูงที่สุด (26.74 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด) รองลงมาคือกิ่งพันธุ์ดี RRIT 251 ที่ติดตามต้นตอ RRIM 623 (23.53 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด) และ RRIT 251 (20.18 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด) ตามลำดับ ในวันที่ 5-8 ของการงดการ

ให้น้ำ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในใบของกิ่งพันธุ์ดี RRIT 251 ที่ติดตามบนต้นตอ RRIT 251 มีปริมาณสูงกว่า อย่างมีนัยสำคัญ (29.88 และ 22.64 มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบกับกิ่งพันธุ์ดี RRIT 251 ที่ติดตามบน RRIM 623 (25.54 และ 15.83 มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ) และต้นตอ PB 5/51 (23.17 และ 12.80 มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ) ตามลำดับ และในวันที่ 11 ของการงดการ

ให้น้ำ ปริมาณน้ำตาลที่ละลายน้ำในใบของกิ่งพันธุ์ดี RRIT 251 ที่ติดตามบนต้นตอ PB 5/51 RRIM623 และ RRIT251 มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยกิ่งพันธุ์ดี RRIT 251 ที่ติดตามบนต้นตอ RRIT 251 มีปริมาณ น้ำตาลที่ละลายน้ำสูงที่สุด (15.33 มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักสด) รองลงมาคือ กิ่งพันธุ์ดี RRIT 251 ที่ติดตามบน ต้นตอ PB 5/51 (8.61) และ RRIM 623 (6.51 มิลลิกรัม ต่อกรัม น้ำหนักสด) ตามลำดับ (Figure 7)

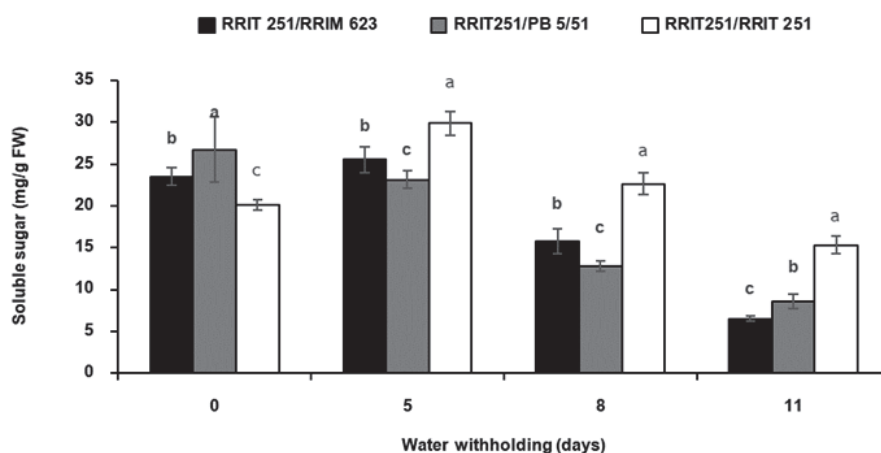


Figure 7 Soluble sugar content of RRIT 251 scion bud grafted on 3 rootstock clones (PB 5/51, RRIM 623 and RRIT 251) in drought condition after withholding water for 0, 5, 8 and 11 days. Different letters in the same days between rootstock are significantly different ($P < 0.05$) according to DMRT (mean $\pm$ SD).

วิจารณ์

การขาดน้ำส่งผลให้ค่าปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในเซลล์ลดลง ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบของกิ่งพันธุ์ดีมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาของการงดการให้น้ำที่ยาวนานขึ้น โดยในช่วงวันที่ 0 จนถึงวันที่ 5 ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ไม่ได้มีความแตกต่างกัน แต่เมื่อการงดการให้น้ำไปจนถึงวันที่ 8 และ 11 ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบของกิ่งพันธุ์ดี RRIT251 ที่ติดตามบนต้นตอทุกสายพันธุ์ลดลงอย่างชัดเจน โดยเฉพาะต้นตอ PB 5/51 ที่ลดลงต่ำที่สุด เช่นเดียวกันกับการศึกษาของ Wang (2014) ที่พบในต้นยางพาราสายพันธุ์ GT1 เมื่องดให้น้ำเป็นเวลา 9 วัน อีกทั้งจากการศึกษาของ อรรชร (2561) และ ชุตินา (2562) พบว่า ในช่วงวันที่ 0 จนถึงวันที่ 5 ของการงดการให้น้ำ ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในต้นกล้ายางพาราแต่ละสายพันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกัน แต่จะค่อยๆ ลดลงตั้งแต่วันที่ 7 จนถึงวันที่ 11 ของการ

งดน้ำ โดยต้นกล้าพันธุ์ RRIT 251 มีความสามารถในการรักษาปริมาณน้ำสัมพัทธ์ได้สูงที่สุด รองลงมาคือ RRIM 623 และ PB 5/51 มีค่าปริมาณน้ำสัมพัทธ์ต่ำที่สุด ซึ่งจากการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำในใบของกิ่งพันธุ์ดีมีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าปริมาณน้ำสัมพัทธ์สอดคล้องกับการรายงานของ dos Santos *et al.* (2019) ที่ศึกษากลไกทางสรีรวิทยาที่ทำให้เกิดความสามารถในการทนต่อสภาวะแล้งของต้นตอ ยางพารา 4 สายพันธุ์ ได้แก่ GT 1 IAC 40 PR 255 และ RRIM 600 จากการงดน้ำเป็นเวลา 32 วัน พบว่า ต้นยางพาราทั้ง 4 สายพันธุ์ มีประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงของคลอโรฟิลล์ลดลงเมื่อสภาวะแล้งรุนแรงหรือยาวนานขึ้น ทั้งนี้เมื่อปริมาณน้ำสัมพัทธ์ลดลง พืชจะปิดปากใบเพื่อลดการสูญเสียน้ำ ส่งผลให้กระบวนการสังเคราะห์แสงลดลง และมีการสะสม

สารอนุมูลอิสระ (อรวรรณ, 2561; ชูติมา, 2562) ในขณะเดียวกัน Wang *et al.* (2018) รายงานว่าการลดลงของอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง รวมทั้งการถ่ายทอดอิเล็กตรอนในการสังเคราะห์ด้วยแสงในสภาวะแล้ง เกิดจากการสร้างสารอนุมูลอิสระ (ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และซิงเกิ้ลออกซิเจน) ที่มากเกินไป ส่งผลต่อการลดลงของโปรตีน D1 ที่ทำหน้าที่ในการถ่ายทอดอิเล็กตรอนของพลาสโตควิโนน (Plastoquinone, PQ) จาก PQ1 ไปยัง PQ2 ซึ่งส่งผลให้เกิดการขาดพลังงาน (ATP) และการสังเคราะห์เอนไซม์รูบิสโค (RuBisCO) ที่จำเป็นสำหรับการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง ดังนั้นประสิทธิภาพการใช้แสงของยางพารามีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับค่าปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ และการสะสมของสารอนุมูลอิสระ อีกทั้งยังเป็นหนึ่งในดัชนีชี้วัดความทนทานต่อสภาวะขาดน้ำของยางพาราได้ดี นอกจากนี้ การสะสมสารอนุมูลอิสระอยู่ในระดับสูง ทำให้เกิดความเสียหายต่อเซลล์เนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (You and Chan, 2015) ส่งผลให้มีปริมาณการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ในใบของกิ่งพันธุ์ดีมากขึ้น โดยในวันที่ 5-11 ของการงดการให้น้ำ ปริมาณการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ของกิ่งพันธุ์ดี RRIT 251 ที่ติดตามบนต้นตอทุกสายพันธุ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่องดการให้น้ำเป็นเวลา 11 วัน ปริมาณการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ของกิ่งพันธุ์ดีที่ติดตามบนต้นตอ PB 5/51 มีปริมาณการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์สูงกว่าการติดตามบนต้นตอสายพันธุ์อื่นๆ สอดคล้องกับการรายงานของ อรวรรณ (2561) และ ชูติมา (2562) พบว่า การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ในต้นกล้ายางพาราแต่ละสายพันธุ์ค่อยๆ เพิ่มขึ้น ตั้งแต่วันที่ 7 จนถึงวันที่ 11 ของการงดน้ำ โดยต้นกล้าพันธุ์ RRIT 251 และ RRIM 623 มีค่าต่ำที่สุด ในขณะที่ PB 5/51 มีค่าการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์สูงที่สุด ยิ่งไปกว่านั้น เมื่อพิจารณาค่าร้อยละของปริมาณน้ำสัมพัทธ์ และค่าการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์จากการทดลองในครั้งนี้ เปรียบเทียบกับการรายงานของ อรวรรณ (2561) และ ชูติมา (2562) พบว่า อิทธิพลของต้นตอ และความเข้ากันได้ของต้นตอ อาจส่งผลให้ยางพาราทนทานต่อสภาวะแล้งได้มากขึ้น

ซึ่งสอดคล้องกับ อุไรพร (2563) ที่ศึกษาความเข้ากันได้ของต้นตอ และกิ่งพันธุ์ดีของยางพารา พบว่า RRIT 251 ที่ติดตามบนต้นตอพันธุ์ RRIT 251 มีความเข้ากันได้ดี ในขณะที่ RRIT 251 ที่ติดตามบนต้นตอพันธุ์ PB 5/51 เข้ากันได้ไม่ดี ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่า กิ่งพันธุ์ดี และต้นตอที่มีความเข้ากันได้ดี มีส่วนสำคัญในการส่งเสริมความทนทานต่อสภาวะเครียดจากการขาดน้ำได้ ซึ่งจากผลการทดลองจะเห็นว่า ต้นกล้าพันธุ์ RRIT 251 มีความสามารถในการทนแล้งได้ดีที่สุด รองลงมาคือ RRIM 623 และ PB 5/51 ตามลำดับ

พืชที่ทนต่อความแห้งแล้งจะมีการปรับศักยภาพออสโมซิส (osmotic potential) ภายในเซลล์ให้ต่ำลง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดูดน้ำมาใช้ในการดำรงชีวิต ทำให้มีการสร้าง และสะสมสารกลุ่ม protective metabolites เพื่อปรับค่าศักย์ของน้ำในเซลล์ (water potential) (ลิลลี่ และคณะ, 2552) โดยจากผลการทดลองพบว่า การงดการให้น้ำที่ระยะเวลามากขึ้น ส่งผลให้การสะสมโปรตีนค่อยๆ เพิ่มขึ้น และเพิ่มสูงสุดหลังงดการให้น้ำเป็นเวลา 11 วัน โดยกิ่งพันธุ์ดี RRIT 251 ที่ติดตามบนต้นตอ PB 5/51 มีการสะสมโปรตีนที่สูงกว่าการติดตามบนต้นตอสายพันธุ์อื่นๆ และพบว่า การสะสมโปรตีนมีปฏิสัมพันธ์ในเชิงลบกับค่าปริมาณน้ำสัมพัทธ์ ซึ่งการลดลงของค่าปริมาณน้ำสัมพัทธ์ส่งผลให้เกิดความไม่สมดุลของกระบวนการออสโมซิสภายในเซลล์ จึงเพิ่มการสะสมโปรตีนมากขึ้นเพื่อปรับสมดุลดังกล่าว นอกจากนี้ การงดการให้น้ำยังส่งผลให้การสะสมไกลซีนปีเทนค่อยๆ เพิ่มขึ้น จนถึงวันที่ 8 ของการงดการให้น้ำ และลดลงหลังงดการให้น้ำเป็นเวลา 11 วัน และเมื่อพิจารณาความแตกต่างของสายพันธุ์ต้นตอพบว่า วันที่ 0 หรือยังไม่มีการงดการให้น้ำ กิ่งพันธุ์ดี RRIT 251 ที่ติดตามบนต้นตอ RRIT 251 มีการสะสมไกลซีนปีเทนสูงสุด และค่อนข้างคงที่ไปจนถึงวันที่ 11 ของการงดการให้น้ำ ในขณะที่กิ่งพันธุ์ดี RRIT 251 ที่ติดตามบนต้นตอสายพันธุ์อื่นๆ มีแนวโน้มการสะสมไกลซีนปีเทนเพิ่มขึ้น และสูงที่สุดในวันที่ 8 จากนั้นลดลงในวันที่ 11 ดังนั้นจะเห็นได้ว่า การสะสมไกลซีนปีเทนมีปฏิสัมพันธ์ในเชิงลบกับค่าปริมาณน้ำสัมพัทธ์เช่นเดียวกับการสะสมโปรตีน สอดคล้องกับการศึกษาของ ทิพย์สุดา และคณะ (2558)

ที่ศึกษาการสะสมไกลซีนปีเทนภายใต้สภาวะขาดน้ำในโรงเรือนเพื่อการคัดเลือกพันธุ์ย่อย โดยการให้น้ำในต้นย่อย 8 สายพันธุ์ เป็นเวลา 6 9 และ 12 วัน พบว่าการสะสมไกลซีนปีเทนในต้นย่อยมีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 0 จนถึงวันที่ 9 และลดลงในวันที่ 12 ของการงดน้ำ ทั้งนี้มีหลายงานวิจัยที่รายงานถึงปริมาณการสะสมโพรีน และไกลซีนปีเทนจะเพิ่มขึ้นตามความรุนแรงของสภาวะแล้ง (Chen *et al.*, 2010; Haider *et al.*, 2018) และเมื่อพิจารณาการร่วงไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ร่วมด้วย พบว่า เซลล์พืชจะค่อยๆ เกิดความเสียหายมากขึ้นเมื่ออยู่ในสภาวะขาดน้ำนานขึ้น ซึ่งอาจเป็นผลจากสารอนุมูลอิสระ ในขณะเดียวกันสารอนุมูลอิสระก็เป็นตัวส่งสัญญาณ กระตุ้นการสะสมสารควบคุมออสโมซิส (ยงยุทธ, 2559) จึงส่งผลให้การสะสมโพรีน และไกลซีนปีเทนค่อยๆ เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม เมื่อถึงจุดหนึ่งที่เซลล์พืชเสียหายอย่างหนัก และไม่สามารถทนทานต่อความเครียดต่อไปได้ กลไกต่างๆ ในเซลล์จึงลดลง การสะสมสารควบคุมออสโมซิสบางชนิดจึงลดลง นอกจากนี้การสะสมน้ำตาลที่ละลายน้ำได้ยังช่วยรักษาแรงดันเต่งของเซลล์ และรักษาสมดุลของกระบวนการออสโมซิส (Arabzadeh, 2012) การสะสมน้ำตาลของยางพาราเป็นการตอบสนองต่อการขาดน้ำที่เร็วที่สุด หลังจากงดการให้น้ำเป็นเวลา 5 วัน กิ่งพันธุ์ดีของยางพาราพันธุ์ RRIT 251 ที่ติดตามต้นตอทุกสายพันธุ์ มีการสะสมน้ำตาลที่ละลายน้ำได้เพิ่มจากวันที่ 0 หรือวันที่ไม่มีการงดน้ำ โดยต้นตอพันธุ์ RRIT 251 มีการสะสมน้ำตาลที่ละลายน้ำได้สูงสุด จากนั้น ปริมาณน้ำตาลที่ละลายน้ำได้ค่อยๆ ลดลงในวันที่ 8 และลดลงต่ำที่สุดในทุกสายพันธุ์หลังการงดการให้น้ำเป็นเวลา 11 วัน ยางพาราเพิ่มการสะสมน้ำตาลที่ละลายน้ำได้มากขึ้น ทำให้ค่าศักยภาพออสโมติกภายในเซลล์พืชมีค่าต่ำลงใกล้เคียงกับแรงดันออสโมติกภายนอก ส่งผลให้ประสิทธิภาพการดูดน้ำภายใต้สภาวะขาดน้ำเพิ่มขึ้นได้ อีกทั้งน้ำตาลที่ละลายน้ำได้ยังเกี่ยวเนื่องกับกลไกต่างๆ มากมายในเซลล์พืช (Yang *et al.*, 2019) น้ำตาลยังเป็นผลิตภัณฑ์หลักจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และเป็นสารตั้งต้นของการสร้างพลังงานของพืช ดังนั้นจึงสามารถอธิบายได้ว่า เมื่อการขาดน้ำเป็นเวลานานขึ้น รุนแรงขึ้น

ส่งผลให้กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงที่มีน้ำเป็นสารตั้งต้นหลัก ลดลง การผลิตน้ำตาลจึงลดลง ในขณะที่กลไกต่างๆ ของพืชยังคงดำเนินต่อไป และยังคงใช้พลังงานจากน้ำตาล จึงทำให้มีการสลายน้ำตาลไปใช้เป็นพลังงาน มากกว่าการสังเคราะห์น้ำตาล จึงพบว่าปริมาณน้ำตาลที่ละลายน้ำได้ลดลงเมื่อยางพาราขาดน้ำรุนแรงขึ้น สอดคล้องกับความทนทานต่อสภาวะขาดน้ำจากการรายงานของ อรรวรรณ (2561) และ ชูติมา (2562) ที่พบว่าต้นกล้าพันธุ์ RRIT 251 มีความสามารถในการทนแล้งได้ดีที่สุด รองลงมาคือ RRIM 623 และ PB 5/51 ตามลำดับ ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า ชนิดหรือสายพันธุ์ของพืชที่มีการสะสมน้ำตาลที่ละลายน้ำได้มากกว่า จะส่งผลให้ชนิดหรือสายพันธุ์ของพืชนั้นๆ มีความสามารถในการทนทานต่อสภาวะขาดน้ำมากกว่าเช่นเดียวกัน (Dua *et al.*, 2020)

สรุป

ต้นตอยางพาราที่มีความสามารถในการชักนำให้เกิดการทนต่อสภาวะแล้งของกิ่งพันธุ์ดี จะช่วยให้การเจริญเติบโตของต้นยางพาราเป็นไปอย่างปกติเมื่ออยู่ในสภาวะแล้ง โดยพันธุ์ยางพาราที่ใช้เป็นต้นตอมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา และชีวโมเลกุลของกิ่งพันธุ์ดีในสภาวะแล้งแตกต่างกันซึ่งอาจเกิดจากลักษณะทางสัณฐานวิทยา สรีรวิทยา และ ชีวโมเลกุลในระบบรากของพันธุ์ยางที่ใช้เป็นต้นตอซึ่งมีความแตกต่างกัน จากการเปรียบเทียบลักษณะทางสรีรวิทยา และชีวโมเลกุลของกิ่งพันธุ์ดี RRIT 251 ที่ติดตามต้นตอ PB 5/51 RRIM 623 และ RRIT 251 ในสภาวะแล้ง ได้แก่ ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ ประสิทธิภาพการใช้แสง การร่วงไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ และ ปริมาณสารควบคุมออสโมซิส ได้แก่ โพรีน ไกลซีนปีเทน และ น้ำตาลที่ละลายน้ำในใบ พบว่ากิ่งพันธุ์ดี RRIT 251 ที่ติดตามต้นตอ RRIT251 มีความสามารถทนต่อสภาวะแล้งได้ดีกว่ากิ่งพันธุ์ดี RRIT 251 ที่ติดตามต้นตอ RRIM 623 และ PB 5/51 จากการมีปริมาณน้ำสัมพัทธ์ ประสิทธิภาพการใช้แสง และปริมาณการสะสมโพรีน ที่ใกล้เคียงกับสภาวะปกติ แม้อยู่ในสภาวะแล้ง ซึ่งสอดคล้องกับการร่วงไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ และปริมาณโพรีน

ที่เพิ่มสูงขึ้นจากการได้รับความเสียหายของเซลล์เมื่อเกิดความเครียดจากการขาดน้ำซึ่งชี้ให้เห็นว่าต้นตอ RRIT 251 มีความสามารถในการชักนำให้เกิดการทนต่อสภาวะแล้งของกิ่งพันธุ์ RRIT 251 ได้ดีกว่าต้นตอ RRIM 623 และ PB 5/51

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยบัณฑิตศึกษาด้านการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร จากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ประจำปีงบประมาณ 2563 ทุนศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษาวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม และทุนศูนย์วิจัยความเป็นเลิศเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร และทรัพยากรธรรมชาติ ระยะที่ 3

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2554. คำแนะนำพันธุ์ยางปี 2554. เอกสารวิชาการ. สถาบันวิจัยยาง, กรุงเทพมหานคร. 49 หน้า.
- ชุติมา สุทธิจิตร์. 2562. การศึกษาการแสดงออกของยีน NCED ที่เกี่ยวข้องกับการสะสมกรดแอบไซทิกในสภาวะขาดน้ำของต้นกล้วยพารา. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา. 80 หน้า.
- นุชนารถ กังพิศดาร มนัชญา รัตนโชติ ปุริตา เปรมกระสิน ฒลวรรณ ชีวรัมย์ ลาวัลย์ จันทรธัมพร และอนันต์ ทองภู. 2553. การพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการธาตุอาหารพืชสำหรับยางพาราเฉพาะพื้นที่. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://www.doa.go.th/research/showthread.php?tid=1051&pid=1053> (8 พฤษภาคม 2564).
- ทิพย์สุดา ทิพย์สุดา อูพานิช, เหว็ด เลิศฤทัยโยธิน, ชัยณรงค์ รัตนกริฑากุล และ อภิวิชญ์ ทรงกระสินธุ์. 2558. การตรวจสอบศักยภาพการใช้ลักษณะใกล้เคียงปีแทนภายใต้สภาวะขาดน้ำในโรงเรือนในการคัดเลือกพันธุ์้อยที่มี
- ผลผลิตสูงในสภาพแปลง. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 4(2): 60-71.
- ยงยุทธ โอสธสสา. 2559. ความเครียดของพืชและการบรรเทาความเครียด. วารสารดินและปุ๋ย 38(1-4): 47-78.
- ลิลลี่ กาวิตะ มาลี ณ นคร ศรีสม สวรรณวงศ์ และ สรียา ตันติวัฒน์. 2552. สรีรวิทยาของพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 259 หน้า.
- วรรณทนี มีลุน, สุภัทร อิศรางกูร ณ อยุธยา และ ศิวพร ศิลเตโช. 2560. อิทธิพลของพื้นที่ปลูกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของยางพารา สายพันธุ์ RRIM 600 และ RRIT 251 ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. แก่นเกษตร 45 ฉบับพิเศษ (1): 325-330.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2562. ภาวะเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2562 และแนวโน้มปี 2563. เอกสารวิชาการ. กองนโยบายและแผนพัฒนาการเกษตร, กรุงเทพมหานคร. 64 หน้า.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2563. ผลผลิตยางพาราแยกตามจังหวัด ปี 2562. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://data.go.th/dataset/rubber62> (30 มิถุนายน 2564).
- อรรณณ แก้วรักษา. 2561. การตอบสนองทางสรีรวิทยาและการแสดงออกของยีน P5CS ที่เกี่ยวข้องกับการสะสมโพรลีนในสภาวะขาดน้ำของต้นกล้วยพารา. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. . มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา. 60 หน้า.
- อุไรพร ปราบปรี. 2563. การศึกษาการแสดงออกของยีนในกลุ่ม Phenylpropanoid ต่อความเข้ากันได้ของต้นตอกล้วยพาราและกิ่งพันธุ์. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา. 79 หน้า.
- Arabzadeh, N. 2012. The effect of drought stress on soluble carbohydrates

- (sugars) in two species of *Haloxylon persicum* and *Haloxylon aphyllum*. Asian Journal of Plant Sciences 11(1): 44-51.
- Bates, L.S., R.P. Waldren and I.D. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil 39(1): 205-207.
- Chen, J.W., Zhang, Q., Li, X.S. and Cao, K.F. 2010. Gas exchange and hydraulics in seedlings of *Hevea brasiliensis* during water stress and recovery. Tree Physiology 30(1): 876-885.
- Chen, T. H. and Murata, N. 2002. Enhancement of tolerance of abiotic stress by metabolic engineering of betaines and other compatible solutes. Current Opinion in Plant Biology 5(1): 250-257.
- Demidchik, V., D. Straltsova, S.S. Medvedev, G.A. Pozhvanov, A. Sokolik and V. Yurin. 2014. Stress-induced electrolyte leakage: the role of K⁺-permeable channels and involvement in programmed cell death and metabolic adjustment. Journal of Experimental Botany 65: 1259-1270.
- Dionisio-Sese, M.L. and S. Tobita. 1998. Antioxidant responses of rice seedlings to salinity stress. Plant Science 135(1): 1-9.
- dos Santos, J.O., L.E.M. de Oliveira, T. de Souza, G.M. Lopes, V.T. Coelho and M.P. Gomes. 2019. Physiological mechanisms responsible for tolerance to, and recuperation from, drought conditions in four different rubber clones. Industrial Crops and Products 141(1): 111714. doi:10.1016/j.indcrop.2019.111714.
- Du, Y., Q. Zhao, L. Chen, X. Yao, W. Zhang, B. Zhang and F. Xie. 2020. Effect of drought stress on sugar metabolism in leaves and roots of soybean seedlings. Plant Physiology and Biochemistry 146(1): 1-12.
- Grieve, C.M. and S.R. Grattan. 1983. Rapid assay for determination of water soluble quaternary ammonium compounds. Plant and Soil 70(1): 303-307.
- Haider, M.S., M.M. Kurjogi, M. Khalil-ur-Rehman, T. Pervez, J. Songtao, M. Fiaz, S. Jogaiah, C. Wang and J. Fang. 2018. Drought stress revealed physiological, biochemical and gene-expressional variations in 'Yoshihime' peach (*Prunus Persica* L) cultivar. Journal of Plant Interactions 13(1): 83-90.
- Irigoyen J. J., D. W. Emerich and D. M. Sanchez. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. Physiologia Plantarum 84(1): 55-60.
- Ludlow, M.M. and R.C. Muchow. 1990. A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited environments. Advances in Agronomy 43: 107-153.
- Maxwell, K. and G.N. Johnson. 2000. Chlorophyll fluorescence—a practical guide. Journal of Experimental Botany 51(345): 659-668.
- Miranda, M.T., S.F. Da Silva, N.M. Silveira, L. Pereira, E.C. Machado and R.V. Ribeiro. 2020. Root osmotic adjustment and stomatal control of leaf gas exchange are dependent on citrus rootstocks under water deficit. Journal of Plant Growth Regulation 40 (1): 1-9.

- Ragel, P., N. Raddatz, E.O. Leidi, F.J. Quintero and J.M. Pardo. 2019. Regulation of K⁺ nutrition in plants. *Frontiers in Plant Science* 10(1): 281, doi:10.3389/fpls.2019.00281
- Sterling, A., N. Rodríguez, E. Quiceno, F. Trujillo, A. Clavijo and J.C. Suárez-Salazar. 2019. Dynamics of photosynthetic responses in 10 rubber tree (*Hevea brasiliensis*) clones in Colombian Amazon: Implications for breeding strategies. *PLoS One* 14(12): e0226254.
- Subbarao, G.V., Y.S. Chauhan and C. Johansen. 2000. Patterns of osmotic adjustment in pigeon pea - its importance as a mechanism of drought resistance. *European Journal of Agronomy* 12: 239-249.
- Wang, L. F. 2014. Physiological and molecular responses to drought stress in rubber tree (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.). *Plant Physiology and Biochemistry* 83(1): 243-249.
- Wang, Z., G. Li, H. Sun, L. Ma, Y. Guo, Z. Zhao, H. Gao and L. Mei, 2018. Effects of drought stress on photosynthesis and photosynthetic electron transport chain in young apple tree leaves. *Biology Open* 7(11): bio035279, doi: org/10.1016/j.plaphy.2014.08.012.
- Yang, J., J. Zhang, C. Li, Z. Zhang, F. Ma and M. Li. 2019. Response of sugar metabolism in apple leaves subjected to short-term drought stress. *Plant Physiology and Biochemistry* 141(1): 164-171.
- Yao, X., X. Chen, J. Wang, J. Zhou, M. Cai and W. Lin. 2017. Effect of clonal rootstocks on the growth and yield of Hevea rubber. *Journal of Rubber Research* 20(3): 203-212.
- You, J. and Z. Chan. 2015. ROS regulation during abiotic stress responses in crop plants. *Frontiers in Plant Science* 6(1): 1092, doi:10.3389/fpls.2015.01092.

ความต้องการการใช้สารอินทรีย์ในการปลูกข้าวของเกษตรกรอำเภอบางซาย
จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

Needs of the Utility of Organic Substances in Rice Cultivation of Farmers in Bangsai District,
Phra Nakhon Si Ayutthaya Province

ธีรพจน์ ทองเหล่¹ ชลาธร จูเจริญ^{1*} และสุภาภรณ์ เลิศศิริ¹

Teerapot Thonglae¹, Chalathon Choocharoen^{1*} and Supaporn Lertsiri¹

Received: August 2, 2024

Revised: September 19, 2024

Accepted: September 19, 2024

Abstract: The research aimed to study 1) personal and socio-economic data, 2) utility of organic substances, 3) knowledge of utility of organic substances and 4) needs of the utility of organic substances in rice cultivation. The sample size was 339 farmers from 2,206 rice farmers. Data were collected by using a questionnaire. Statistics included frequency, percentage, mean, standard deviation, and hypothesis tested by using Chi-square. The results showed that 56.90% of farmers were male, with an average age of 57.36 years. Farmers with 40.10% completed secondary education/vocational certificate. Average household members were 3.79 people. Average experience growing rice was 27.04 years. Average farming area was 6.02 rai. Average rented area was 13.19 rai and average rice growing area was 19.18 rai. Average income was 8,693.00 baht/rai. Utility of organic substances was of moderate level average of 2.13. Selection of organic substances was used instead of chemicals at a high-level average of 2.62. The source of organic substances received support from government at a high level, average of 2.67. The knowledge level of farmers regarding the use of agricultural organic substances was at a high-level average of 15.79. The need of the utility of organic substances was at a high-level average of 2.53. Hypothesis testing found that experience in growing rice, rice areas, rice rented area, age, education, knowledge and utility of organic substances by farmers related to farmer's need for the utility of organic substances in the rice growing at the 0.05 and 0.01 significance level respectively.

Keywords: Needs, Phra Nakhon Si Ayutthaya, Rice cultivation process, Utility of organic substances

บทคัดย่อ: การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ข้อมูลส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคม 2) การใช้สารอินทรีย์ 3) ความรู้ในการใช้สารอินทรีย์ทางการเกษตร 4) ความต้องการการใช้สารอินทรีย์ในการปลูกข้าว กลุ่มตัวอย่าง คือ เกษตรกรผู้ปลูกข้าว 339 ราย จากผู้ปลูกข้าว 2,206 ราย เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม สถิติที่ใช้ ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดสอบสมมติฐานโดยใช้ค่าไคสแควร์ ผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรร้อยละ 56.90 เป็นเพศชาย อายุเฉลี่ย 57.36 ปี ร้อยละ 40.10 จบการศึกษาในระดับมัธยมศึกษา/ปวช.

¹ ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

¹ Department of Agricultural Extension and Communication, Faculty of Agriculture, Kasetsart University,

Ladyao, Chatuchak, Bangkok 10900

*Corresponding author: fagrchch@ku.ac.th

สมาชิกครัวเรือนเฉลี่ย 3.79 คน มีประสบการณ์ในการปลูกข้าวเฉลี่ย 27.04 ปี พื้นที่ทำการเกษตรเฉลี่ย 6.02 ไร่ พื้นที่เช่าเฉลี่ย 13.19 ไร่ พื้นที่ปลูกข้าวเฉลี่ย 19.18 ไร่ มีรายได้เฉลี่ย 8,693 บาท/ไร่ การใช้สารอินทรีย์อยู่ระดับปานกลางค่าเฉลี่ย 2.13 การเลือกใช้สารอินทรีย์ในการปลูกข้าวมีการใช้ทดแทนสารเคมีระดับมากเฉลี่ย 2.62 แหล่งที่มาของสารอินทรีย์ได้รับสนับสนุนจากหน่วยงานรัฐระดับมากเฉลี่ย 2.67 ระดับความรู้ของเกษตรกรต่อการใช้สารอินทรีย์ทางการเกษตรระดับมากเฉลี่ย 15.79 คะแนน ความต้องการการใช้สารอินทรีย์ระดับมากเฉลี่ย 2.53 ทดสอบสมมติฐานพบว่า อายุ การศึกษา ประสบการณ์ในการปลูกข้าว พื้นที่ปลูกข้าว พื้นที่จากการเช่าที่นา ความรู้และลักษณะการใช้สารอินทรีย์ของเกษตรกรมีความสัมพันธ์กับความต้องการการใช้สารอินทรีย์ในการปลูกข้าวของเกษตรกร ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.05 ตามลำดับ

คำสำคัญ: ความต้องการ, พระนครศรีอยุธยา, การปลูกข้าว, การใช้สารอินทรีย์

คำนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม เนื่องจากมีภูมิประเทศเหมาะแก่การทำการเกษตร สามารถเพาะปลูกได้ทุกภูมิภาคของประเทศ มีความหลากหลายทางชีวภาพ และความอุดมสมบูรณ์สูง จนสามารถผลิตอาหารได้อย่างเพียงพอต่อความต้องการของประชากรในประเทศและสามารถส่งออกสินค้าเกษตรได้ ประชากรส่วนใหญ่ของประเทศจึงทำอาชีพเกษตรจากสถานการณ์เศรษฐกิจโลกในปัจจุบัน ส่งผลให้ราคาปุ๋ยเคมีที่ใช้ในการเกษตรเพิ่มสูงขึ้น จากเดิมเป็นจำนวนมาก ประเทศไทยมีการนำเข้าปุ๋ยเคมีสูตรที่สำคัญในปี พ.ศ. 2564 ปริมาณการนำเข้า 5.5 ล้านตัน มีมูลค่าการนำเข้ากว่า 70,102 ล้านบาท การนำเข้าวัตถุดิบทางการเกษตร ปี พ.ศ. 2564 มีปริมาณการนำเข้า 136,140 ตัน มีมูลค่าการนำเข้ากว่า 1,324,943 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565) แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของต้นทุนในการทำการเกษตรเพิ่มมากขึ้น และหากมีการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างไม่ถูกต้อง อาจส่งผลทำให้ดินเสื่อมคุณภาพ และส่งผลเสียในระยะยาวได้ แต่ในทางกลับกันหากเกษตรกรใช้ปุ๋ยอินทรีย์ จะสามารถช่วยลดต้นทุนในการผลิตได้เนื่องจากเกษตรกรสามารถผลิตปุ๋ยอินทรีย์ได้จากวัสดุอินทรีย์หลากหลายชนิดที่ผ่านกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพ ซึ่งประกอบไปด้วยธาตุอาหารพืชและจุลินทรีย์ที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช โดยทั่วไปปุ๋ยอินทรีย์จะช่วยในการปรับปรุงบำรุงดินและเป็นแหล่งธาตุอาหารพืช ในระยะยาว

จังหวัดพระนครศรีอยุธยาเป็นจังหวัดหนึ่งในภาคกลางของประเทศไทย มีพื้นที่ปลูกข้าวมากกว่า 852,722 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 97 ของพื้นที่เกษตรกรรม จำนวนเกษตรกรที่ปลูกข้าว 35,598 ราย ซึ่งข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจหลักของจังหวัดพระนครศรีอยุธยา เนื่องจากลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง และมีแม่น้ำเชื่อมต่อกับทั่วบริเวณพื้นที่ อยู่ในเขตระบบชลประทาน ลักษณะดินเป็นดินเหนียวมีความเหมาะสมในการปลูกข้าว ประกอบกับเกษตรกรมีความถนัดในการปลูกข้าวมาตั้งแต่อดีต (สำนักงานเกษตรจังหวัดพระนครศรีอยุธยา, 2565) อำเภอบางซ้ายเป็นอำเภอหนึ่งในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา มีพื้นที่ปลูกข้าว 79,589 ไร่ มีเกษตรกรผู้ปลูกข้าวจำนวน 2,206 คน (สำนักงานเกษตรอำเภอบางซ้าย, 2565) เกษตรกรในพื้นที่มีปฏิทินการปลูกข้าว 2 รอบต่อปี คือฤดูนาปี และฤดูนาปรัง เพื่อให้ผลผลิตมีจำนวนมาก เกษตรกรมีการใช้ปุ๋ยเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้เกษตรกรมีต้นทุนในการผลิตข้าวค่อนข้างสูง เนื่องจากต้นทุนด้านค่าปุ๋ยและสารเคมีเพิ่มสูงขึ้น จากสถานการณ์ปุ๋ยและสารเคมีทางการเกษตรมีราคาแพง ซึ่งในกระบวนการผลิตข้าวต้องมีการเตรียมดิน การเตรียมเมล็ดพันธุ์ และการดูแลรักษาต้นข้าว จำเป็นต้องมีการใส่ปุ๋ยเพื่อเพิ่มธาตุอาหารพืช และการจัดการศัตรูพืช การฉีดฮอร์โมน ฯลฯ เพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกรเนื่องจากสารเคมีทางการเกษตรราคาสูงขึ้น จึงเป็นที่มาของการศึกษาถึงความต้องการ การใช้สารอินทรีย์ในการ

ปลูกข้าวของเกษตรกรอำเภอบางช้าง เพื่อทดแทนการใช้สารเคมีทางการเกษตร และความต้องการของเกษตรกรต่อการพัฒนาสารอินทรีย์เพื่อใช้ในการผลิตข้าวให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

ความต้องการการใช้สารอินทรีย์ในการปลูกข้าวของเกษตรกรอำเภอบางช้าง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เป็นการวิจัยในเชิงปริมาณ (quantitative research) เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามเพื่อนำผลมาวิเคราะห์ให้ทราบถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์กับความต้องการการใช้สารอินทรีย์ในการปลูกข้าวของเกษตรกรอำเภอบางช้างจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ประชากรที่ใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ คือ เกษตรกรผู้ปลูกข้าวที่ขึ้นทะเบียนเกษตรกรกับสำนักงานเกษตรอำเภอบางช้าง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 2,206 ราย (สำนักงานเกษตรอำเภอบางช้าง, 2565) ผู้วิจัยได้กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ตารางสำเร็จรูปของ Yamane (กัลยา, 2560) ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 โดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย ด้วยวิธีจับ

สลากได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 339 ราย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้แบบสอบถาม (questionnaire) เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณ มีการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา (validity) โดยส่งแบบสอบถามให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบจำนวน 3 ท่านตรวจสอบความถูกต้อง และความเหมาะสมของแบบสอบถามสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และเนื้อหาของงานวิจัยเพื่อพิจารณาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำก่อนนำไปทดสอบในการเก็บข้อมูลจริง จากนั้นนำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างทดลอง (try out) จำนวน 30 ราย จากนั้นนำมาหาค่าความเชื่อมั่นโดยใช้ค่าสัมพันธแอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) (สุรินทร์, 2556) ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ค่าสัมพันธแอลฟาของครอนบาคเรื่องความต้องการการใช้สารอินทรีย์ในการปลูกข้าวเท่ากับ 0.709

การแปลความหมายของการใช้สารอินทรีย์ในการปลูกข้าว กำหนดแบบอันดับภาคขึ้น (interval scale) ซึ่งจัดช่วงคะแนนเฉลี่ยระดับความถี่ในการใช้เป็น 3 ระดับ ได้แก่

คะแนนเฉลี่ย		ระดับความถี่ในการใช้
2.34-3.00	หมายถึง	ระดับความถี่ในการใช้มาก
1.68-2.34	หมายถึง	ระดับความถี่ในการใช้ปานกลาง
1.00-1.67	หมายถึง	ระดับความถี่ในการใช้น้อย

การแปลความหมายของระดับความรู้ของเกษตรกรต่อการใช้สารอินทรีย์ทางการเกษตรในการปลูกข้าว กำหนดแบบอันดับภาคขึ้น (Interval scale) ซึ่งจัดช่วงคะแนนเฉลี่ยระดับความถี่ในการใช้เป็น 3 ระดับ ได้แก่

คะแนนเฉลี่ย		ระดับความรู้
14 – 20	หมายถึง	ระดับความรู้มาก
7 – 13	หมายถึง	ระดับความรู้ปานกลาง
0 – 6	หมายถึง	ระดับรู้น้อย

การแปลความหมายของระดับความต้องการการใช้สารอินทรีย์ของเกษตรกรต่อการใช้สารอินทรีย์ในการปลูกข้าว กำหนดแบบอันดับภาคขึ้น (Interval scale) ซึ่งจัดช่วงคะแนนเฉลี่ยระดับความถี่ในการใช้เป็น 3 ระดับ ได้แก่

คะแนนเฉลี่ย		ระดับความต้องการ
2.34-3.00	หมายถึง	ระดับความต้องการมาก
1.68-2.33	หมายถึง	ระดับความต้องการปานกลาง
1.00-1.67	หมายถึง	ระดับความต้องการน้อย

ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากการเก็บรวบรวมแบบสอบถาม โดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูปเพื่อการวิจัยทางสังคมศาสตร์ช่วยในการบันทึก จัดการ และการวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งออกเป็น การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น ใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistic) แจกแจงความถี่ (frequency) ค่าร้อยละ (percentage) ค่าเฉลี่ย (arithmetic mean) ค่าสูงสุด (maximum) ค่าต่ำสุด (minimum) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) การวิเคราะห์สถิติเชิงอนุมาน โดยใช้ค่าสถิติไคสแควร์ (Chi-square) กำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจและสังคมกับลักษณะการใช้ ความรู้ของเกษตรกรกับความต้องการการใช้สารอินทรีย์ในการปลูกข้าวของเกษตรกรอำเภอบางช้าง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

ผลการทดลองและวิจารณ์

ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคม

จากการวิจัยพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่จากการสัมภาษณ์ ร้อยละ 56.90 เป็น เพศชาย อายุเฉลี่ย 57.00 ปี แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรผู้ปลูกข้าวส่วนใหญ่มีอายุมาก ประกอบกับแรงงานรุ่นใหม่มีงานทำในภาคอุตสาหกรรมมากขึ้น ร้อยละ 40.10 จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษา/ปวช. ร้อยละ 92.90 มีสถานภาพสมรส จำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 3.79 คน มีประสบการณ์ในการปลูกข้าว เฉลี่ย 27.00 ปี แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรมีประสบการณ์ด้านการทำนามาเป็นระยะเวลานาน อีกทั้งยังเป็นอาชีพหลักของคนในพื้นที่ ด้วยลักษณะพื้นที่ที่เป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำ จึงมีความเหมาะสมในการปลูกข้าว ประกอบกับ จังหวัดพระนครศรีอยุธยาอยู่ในพื้นที่เขตชลประทาน จึงมีน้ำเพียงพอต่อการทำนาตลอดรอบปี และพื้นที่ทำการเกษตรส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่ม ลักษณะดินเป็นดินเหนียว จัดเป็นพื้นที่ทำการเกษตรที่มีความเหมาะสมต่อการปลูกข้าว ง่ายต่อการจัดการแปลงและลดต้นทุนด้านการคมนาคม การถือครองที่ดินเฉลี่ย 6.02 ไร่ พื้นที่จากการเช่าที่นาเฉลี่ย 13.19 ไร่ พื้นที่

ปลูกข้าวเฉลี่ย 19.18 ไร่ เนื่องจากเกษตรกรในพื้นที่ส่วนใหญ่ขายที่ดินทำกินเพื่อนำเงินมาเป็นทุนในการทำการเกษตร จึงทำให้พื้นที่ถือครองของเกษตรกรมีจำนวนน้อยกว่าพื้นที่จากการเช่า และพื้นที่ส่วนใหญ่กลายเป็นของนายทุน แต่เกษตรกรยังมีความต้องการในการทำนาทำให้ต้องเช่าพื้นที่เพื่อปลูกข้าว ต้นทุนการผลิตข้าวเฉลี่ย 4,848.00 บาทต่อไร่ รายได้จากการจำหน่ายข้าวเฉลี่ย 8,693.00 บาทต่อไร่ จำนวนแรงงานในการปลูกข้าวเฉลี่ย 3.94 คน ปริมาณผลผลิตข้าวเฉลี่ย 860.00 กิโลกรัม/ไร่ แหล่งเงินทุนส่วนมากใช้ทุนภายในครัวเรือน การเป็นสมาชิกกลุ่มเกษตรกรโดยส่วนใหญ่ไม่ได้เป็นสมาชิกกลุ่ม รองลงมาเป็นกลุ่มแปลงใหญ่ข้าว ร้อยละ 27.14 ด้านการเปิดรับข่าวสาร เกษตรกรส่วนมากรับข่าวสารจากเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร

การใช้สารอินทรีย์ในการปลูกข้าว

จากการศึกษาการใช้สารอินทรีย์ในการปลูกข้าว (Table 1) พบว่า การใช้สารอินทรีย์ในการปลูกข้าวมีคะแนนเฉลี่ย 2.13 ระดับความถี่ในการใช้จัดอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตข้าว มีคะแนนเฉลี่ย 2.51 ระดับความถี่ในการใช้จัดอยู่ในระดับมาก โดยแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตข้าว คือ ได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานรัฐภายในกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และระดับความถี่ในการใช้สารอินทรีย์ส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง ได้แก่ ด้านการใช้สารอินทรีย์ในการปลูกข้าวในปัจจุบัน มีคะแนนเฉลี่ย 2.12 ได้แก่ เพื่อใช้ทดแทนสารเคมี เนื่องจากต้องการลดต้นทุนการผลิต ด้านการเตรียมดินเพื่อปลูกข้าวมีคะแนนเฉลี่ย 1.95 ด้านการเตรียมเมล็ดพันธุ์ข้าวปลูก มีคะแนนเฉลี่ย 1.90 ด้านระยะดูแลต้นข้าว มีคะแนนเฉลี่ย 1.72 โดยเกษตรกรมีการใช้น้ำหมักชีวภาพในการปลูกข้าวในระยะดูแลต้นข้าว แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรมีการใช้สารอินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตข้าวแต่ยังไม่เพียงพอและยังต้องการการสนับสนุนวัสดุและอุปกรณ์ในการผลิตสารอินทรีย์เพื่อลดต้นทุนการผลิตในการปลูกข้าวของเกษตรกร

Table 1 Utility of organic substances in rice cultivation.

(n=339)			
Utility of organic substances	$\bar{x}$	S.D.	Level
Soil preparation	1.95	0.603	Moderate
Seed preparation	1.90	0.663	Moderate
Growth period	1.72	0.723	Moderate
Utility of organic substances in rice cultivation	2.12	0.387	Moderate
Source of organic substances	2.51	5.980	High
Average	2.13	0.396	Moderate

ความรู้ในการใช้สารอินทรีย์ทางการเกษตรของเกษตรกรผู้ปลูกข้าว

ระดับความรู้ของเกษตรกรต่อการใช้สารอินทรีย์ทางการเกษตร (Table 2) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.82 คะแนน จัดอยู่ในระดับมาก โดยเกษตรกรมีระดับความรู้ในระดับมาก จำนวน 194 ราย คิดเป็นร้อยละ 57.20 และเกษตรกรมีระดับความรู้ปานกลาง จำนวน 145 ราย คิดเป็นร้อยละ 42.80 ความรู้เกี่ยวกับการใช้สารอินทรีย์ในการปลูกข้าวที่เกษตรกรตอบถูกมากที่สุดสามลำดับได้แก่การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ช่วยเพิ่มธาตุอาหารพืชและอินทรีย์วัตถุในดิน (ร้อยละ 96.00) ปุ๋ยหมักคือปุ๋ยที่ได้จากการสับ หมัก บด ร่อน สกัด หรือด้วยวิธีการอื่น วัสดุอินทรีย์ถูกย่อยสลายสมบูรณ์ด้วยจุลินทรีย์ (ร้อยละ 89.00) และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สามารถช่วยเพิ่มความร่วนซุย ลดความแน่นทึบในดิน (ร้อยละ 86.00) ส่วนความรู้ที่เกษตรกรตอบผิดมากที่สุดได้แก่ ปุ๋ยพืชสด คือพืชที่ปลูกแล้วสามารถเปลี่ยนเป็นปุ๋ยให้กับดินได้โดยตรง (ร้อยละ 54.00) การใช้ไตรโคโรเดอร์มาแช่เมล็ดพันธุ์ช่วยให้ลดปริมาณ

ข้าวดีด ข้าวแดง ข้าววัชพืช (ร้อยละ 59.00) และ เชื้อราเมธาไรเซียม สามารถใช้พร้อมกับไตรโคเดอร์มาได้ (ร้อยละ 64.00) สอดคล้องกับ จิราภรณ์ (2562) ศึกษาเรื่องการใช้สารอินทรีย์ลดการใช้สารเคมีทางการเกษตรของเกษตรกรในพื้นที่อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ดพบว่า เกษตรกรร้อยละ 46.3 มีความรู้ในระดับมากที่สุด เกษตรกรมีความรู้ความเข้าใจในการใช้สารอินทรีย์เป็นอย่างมาก เนื่องจากเจ้าหน้าที่ของรัฐได้เข้าไปให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้สารอินทรีย์อย่างต่อเนื่อง และเกษตรกรยังสามารถใช้สื่อเทคโนโลยีในการค้นหาความรู้เพิ่มเติมได้ด้วยตนเอง และเกษตรกรได้ลงมือปฏิบัติจริงทำให้มีความรู้ที่ถูกต้องจากการลงมือปฏิบัติ ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรมีความรู้ในการใช้สารอินทรีย์ทางการเกษตรอยู่ในระดับเพียงพอที่จะนำไปปฏิบัติใช้ในการปลูกข้าวได้แต่การใช้สารอินทรีย์ในการปลูกข้าวยังมีระดับความถี่ในการใช้อยู่ในระดับปานกลางแสดงว่าสารอินทรีย์ในปัจจุบันไม่ตรงต่อความต้องการของเกษตรกร การใช้งานจึงน้อยกว่าการใช้สารเคมี

Table 2 Knowledge of utility of organic substances in rice cultivation.

(n=339)		
Knowledge level	Number	Percentage
High (13 - 20 points)	194	57.20
Moderate (7 - 12 points)	145	42.80
Low (0 - 6 points)	0	0.00
$\bar{x}$ = 15.82 points S.D. = 2.300 Max. 20.00 points Min. 9.00 points		

ความต้องการการใช้สารอินทรีย์ในการปลูกข้าวของเกษตรกร

ความต้องการการใช้สารอินทรีย์ในการปลูกข้าวของเกษตรกร (Table 3) พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.53 จัดอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาทางด้านพบว่า ด้านการใช้ประโยชน์สารอินทรีย์ในการปลูกข้าวในการเตรียมดินมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.50 อยู่ในระดับมาก ด้านความต้องการการใช้สารอินทรีย์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.44 พบว่า เกษตรกรต้องการสารอินทรีย์สำเร็จรูปสามารถละลายน้ำแล้วใช้งานได้เลย (ค่าเฉลี่ย 2.81) ด้านการใช้ประโยชน์สารอินทรีย์ในระยะการดูแลต้นข้าว (ระยะแตกกอ - ระยะรับรวง) คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.42 จัดอยู่ในระดับมาก เกษตรกรต้องการสารอินทรีย์ที่ช่วยในการควบคุมหรือกำจัดข้าววัชพืช (ค่าเฉลี่ย 2.84) ด้านการใช้ประโยชน์สารอินทรีย์ในการ

ปลูกข้าวในการเตรียมเมล็ดพันธุ์ข้าวปลูก มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.26 อยู่ในระดับปานกลาง เกษตรกรมีความต้องการสารอินทรีย์ที่ช่วยเพิ่มความต้านทานโรคและแมลงของเมล็ดพันธุ์ (ค่าเฉลี่ย 2.22) สอดคล้องกับ สุพจน์ (2561) ศึกษาเรื่องความต้องการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ของเกษตรกรในอำเภอพาน จังหวัดเชียงรายพบว่า เกษตรกรมีความต้องการความรู้ในการผลิตและการสนับสนุนการผลิตข้าวอินทรีย์ในภาพรวมระดับมากที่สุด การรวบรวมผลผลิต ความรู้เรื่องการจัดการดินและปุ๋ย และเกษตรกรมีความต้องการความรู้ในการผลิตข้าวอินทรีย์ ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรมีความต้องการการใช้สารอินทรีย์ที่มีขั้นตอนการใช้งานง่าย สะดวก ไม่สลับซับซ้อน และมีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาด้านศัตรูพืช โรค และแมลง

Table 3 Need of the utility of organic substances in rice cultivation of farmers.

(n=339)

Need of the utility of organic substances in rice cultivation	$\bar{x}$	S.D.	Needs level
Need of the utility of organic substances	2.44	0.620	High
Soil preparation	2.50	0.612	High
Seed preparation	2.26	0.570	Moderate
Growth period	2.42	0.529	High
Average	2.53	0.534	High

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยกับความต้องการการใช้สารอินทรีย์ของเกษตรกรในการปลูกข้าว

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล ทางเศรษฐกิจ และสังคม และความต้องการการใช้สารอินทรีย์ของเกษตรกรในการปลูกข้าว (Table 4) พบว่า อายุ มีความสัมพันธ์กับความต้องการการใช้สารอินทรีย์ในการปลูกข้าวของเกษตรกรอำเภอบางช้าง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่มีอายุเยอะ และเริ่มเข้าสู่ช่วงผู้สูงอายุ ความต้องการเทคโนโลยีใหม่ ๆ น้อยกว่าเกษตรกรที่อายุน้อยกว่า ซึ่งสอดคล้องกับ รัตนาและคณะ (2565) ทำการศึกษาเรื่อง ความเป็นไปได้ในการยกระดับ

เกษตรกรผู้ปลูกข้าวพันธุ์เมล็ดฝ้ายของพื้นที่ตำบลเขาโร อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ผู้การเป็นเกษตรกรผู้ผลิตแบบเกษตรอินทรีย์ พบว่าอายุมีความสัมพันธ์ต่อความเป็นไปได้ในการยกระดับเกษตรกรผู้ปลูกข้าวพันธุ์เมล็ดฝ้ายผู้การเป็นเกษตรกรผู้ผลิตแบบเกษตรอินทรีย์ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 ระดับการศึกษาที่มีความสัมพันธ์กับความต้องการการใช้สารอินทรีย์ในการปลูกข้าวของเกษตรกรอำเภอบางช้าง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่ที่จบการศึกษาในระดับมัธยมศึกษา มีความต้องการมากกว่าเกษตรกรที่มีระดับการศึกษาต่ำกว่า สอดคล้องกับ อาจริยะและคณะ (2564) ศึกษาเรื่อง ความต้องการการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ของเกษตรกรในจังหวัดเชียงใหม่ พบว่า

ระดับการศึกษาที่มีความสัมพันธ์กับความต้องการการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ของเกษตรกร ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ซึ่งเกษตรกรที่มีระดับความรู้ที่สูง จะมีความต้องการการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์มาก เพราะเกษตรกรจะมีแหล่งการศึกษาหาความรู้หรือข้อมูลจากหลายแหล่ง และรอบด้านในเรื่องการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ ทั้งยังมีการรับรู้และเข้าใจในเรื่องนี้มากกว่าเกษตรกรที่มีระดับการศึกษาต่ำกว่า

ประสบการณ์ในการปลูกข้าว มีความสัมพันธ์กับความต้องการการใช้สารอินทรีย์ในการปลูกข้าวของเกษตรกรอำเภอบางช้าง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 เกษตรกรจังหวัดพระนครศรีอยุธยามีพื้นฐานด้านการทำนาหรือการปลูกข้าวเป็นอาชีพหลักมาตั้งแต่สมัยบรรพบุรุษ เนื่องด้วยลักษณะพื้นที่เป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำจึงมีความเหมาะสมในการปลูกข้าว จึงมีประสบการณ์ในการปลูกข้าวสูง สอดคล้องกับ วิทยาและคณะ (2562) ทำการศึกษาเรื่อง ความต้องการในการส่งเสริมการปลูกพืชสมุนไพรในระบบอินทรีย์ของเกษตรกรอำเภอ พยุหะคีรี จังหวัดนครสวรรค์ พบว่าประสบการณ์การทำเกษตรอินทรีย์ มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 กับความต้องการในการส่งเสริมปลูกพืชสมุนไพรในระบบอินทรีย์ของเกษตรกร โดยที่เกษตรกรที่มีประสบการณ์การทำเกษตรอินทรีย์มากจะมีความต้องการในการส่งเสริมการปลูกพืชสมุนไพรในระบบอินทรีย์มากขึ้นตามไปด้วย

พื้นที่ทำเกษตร และพื้นที่เช่าเพื่อปลูกข้าว มีความสัมพันธ์กับความต้องการการใช้สารอินทรีย์ในการปลูกข้าวของเกษตรกรอำเภอบางช้าง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 การมีพื้นที่ทำการเกษตรมาก จำเป็นต้องใช้ต้นทุนค่าเตรียมดิน ค่าปุ๋ย ค่าจัดการแปลงรวมถึงค่าแรงงาน เพิ่มขึ้น เกษตรกรที่มีพื้นที่ทำการเกษตรมาก จึงต้องการที่ช่วยลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพในการปลูกข้าวซึ่งสอดคล้องกับ วิชาติ (2564) ทำการศึกษาเรื่องส่งเสริมเครือข่ายผู้ปลูกข้าวอินทรีย์ของเกษตรกร ตำบลกล้วยกว้าง อำเภอยะบอย จังหวัดศรีสะเกษ พบว่าการที่เกษตรกรผู้ปลูกข้าวอินทรีย์

มีพื้นที่ถือครองเป็นของตนเองหรือของครัวเรือน จะทำให้การตัดสินใจเข้าร่วมกิจกรรมต่างๆ หรือสร้างเครือข่ายกลุ่ม/เกษตรกร จะเป็นไปด้วยความสะดวกและตัดสินใจเข้าร่วมกิจกรรมของกลุ่มและของเครือข่ายได้ง่ายขึ้น

การใช้สารอินทรีย์ในการปลูกข้าวมีความสัมพันธ์กับความต้องการการใช้สารอินทรีย์ในการปลูกข้าวของเกษตรกรอำเภอบางช้าง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 ซึ่งเกษตรกรที่เดิมมีการใช้สารอินทรีย์ในการปลูกข้าวอยู่แล้วมีความต้องการเทคโนโลยีและมากกว่าเกษตรกรที่ไม่เคยใช้ สอดคล้องกับ กฤษณ์ (2562) ทำการศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวเหนียวสันป่าตอง 1 พบว่า ชุดการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพรวมกับการใช้ปุ๋ยเคมี ส่งผลให้ความสูงต้น การแตกกอ มีแนวโน้มสูงขึ้น จึงควรแนะนำให้เกษตรกรมีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ ในระยะเตรียมดินและมีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน

ความรู้ของเกษตรกรต่อการใช้สารอินทรีย์ในการปลูกข้าวมีความสัมพันธ์กับความต้องการการใช้สารอินทรีย์ในการปลูกข้าวของเกษตรกรอำเภอบางช้าง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 ซึ่งเกษตรกรที่มีระดับความรู้เกี่ยวกับการใช้สารอินทรีย์ในการปลูกข้าวมาก จะทราบถึงประโยชน์และวิธีการใช้สารอินทรีย์แต่ละชนิดให้เกิดประโยชน์ และสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการปลูกข้าวได้ดีกว่าผู้ที่มีระดับความรู้เกี่ยวกับการใช้สารอินทรีย์ในระดับต่ำกว่า สอดคล้องกับดวงกมล (2564) ทำการศึกษาเรื่อง การยอมรับเทคโนโลยีการลดต้นทุนการผลิตข้าวของเกษตรกรในหมู่บ้านชุมชนต้นแบบอำเภอสามโก้ จังหวัดอ่างทอง พบว่า ระดับความรู้และทัศนคติของเกษตรกรมีความสัมพันธ์ กับการยอมรับเทคโนโลยีการลดต้นทุนการผลิตข้าว ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 เมื่อเกษตรกรมีระดับความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีการลดต้นทุนการผลิตข้าวเพิ่มขึ้น การยอมรับเทคโนโลยีการลดต้นทุนการผลิตข้าวในเชิงความคิดเห็นก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

Table 4 Relationship between personal and socioeconomic data and need of the utility of organic substances in rice cultivation.

Factors	Needs of the utility on organic substances in rice cultivation	
	$\bar{x}$	p-value
Age	59.968**	0.000**
Educational level	76.410**	0.000**
Experience on rice growing	18.894*	0.001*
Rented area	17.603*	0.001*
Rice planting area	12.090*	0.017*
Application of organic substances in rice cultivation	36.717*	0.000**
Knowledge of using organic substances	249.470**	0.000**

Remark: * Significant level at 0.05, ** Significant level at 0.01

ปัญหาและอุปสรรค

จากการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ปลูกข้าวอำเภอบางช้าง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เกษตรกรได้ให้รายละเอียดเกี่ยวกับปัญหาและอุปสรรคต่อการใช้สารอินทรีย์ได้แก่ วัสดุที่ใช้ผลิตค่อนข้างหาได้ยาก กล่าวคือ สารอินทรีย์บางชนิดไม่สามารถผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรได้ เช่น การผลิตเชื้อไตรโคเดอร์มา เชื้อราเมตาไรเซียม เชื้อราบิวเวอเรีย ซึ่งจำเป็นต้องใช้หัวเชื้อเพื่อขยายเชื้อ หรือน้ำส้มควันไม้ ซึ่งจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ในการกลั่น ขั้นตอนการผลิตมีหลายขั้นตอน ซับซ้อนและการผลิตใช้ระยะเวลานาน เช่น การผลิตปุ๋ยหมักชีวภาพหากนำฟางข้าวมาใช้เป็นวัสดุในการผลิตจะใช้ระยะเวลาในการย่อยสลายค่อนข้างนานและยากต่อการกลับกองปุ๋ย หรืออาจจะส่งผลให้มีเมล็ดพันธุ์ข้าววัชพืชติดมาด้วย และจุลินทรีย์บางชนิดจำเป็นต้องขยายเชื้อก่อนจึงสามารถนำไปใช้งานได้ สอดคล้องกับ จิราภรณ์ (2562) ทำการศึกษาเรื่องการใช้สารอินทรีย์ลดการใช้สารเคมีทางการเกษตรของเกษตรกรในพื้นที่อำเภอสวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ดพบว่า ปัญหาในการใช้สารอินทรีย์ลดการใช้สารเคมีทางการเกษตร ได้แก่ การผลิตปุ๋ยหมักและน้ำหมักชีวภาพต้องมีเวลาในการดูแลรักษา มีความยุ่งยากในการนำไปใช้ และวัสดุอุปกรณ์ในการผลิตหายาก อีกทั้งการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพจำเป็นต้องใช้ปริมาณมากเมื่อเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมีและจำเป็นต้องใช้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่มีข้อจำกัดด้าน

อายุและแรงงานในภาคเกษตรคือ พบปัญหาด้านอายุเฉลี่ยของเกษตรกรและจำนวนแรงงานภาคเกษตรที่น้อยลง ส่งผลให้เกษตรกรไม่สามารถใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในปริมาณที่มากได้

สรุป

เกษตรกรผู้ปลูกข้าวในอำเภอบางช้างส่วนใหญ่เป็นเพศชาย และเป็นเกษตรกรสูงวัย การศึกษาอยู่ในระดับมัธยมศึกษา/ปวช. มีประสบการณ์ในการปลูกข้าว พื้นที่ปลูกข้าวส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เช่า เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่ได้มีการรวมกลุ่ม มีการเปิดรับข่าวสารผ่านสำนักงานเกษตรอำเภอเป็นหลัก เกษตรกรมีการใช้สารอินทรีย์ในการปลูกข้าวอยู่ในระดับปานกลาง ระดับความรู้ของเกษตรกรต่อการใช้สารอินทรีย์ในการปลูกข้าวอยู่ในระดับมาก และมีความต้องการการใช้สารอินทรีย์ของเกษตรกรต่อการใช้สารอินทรีย์ในการปลูกข้าวอยู่ในระดับมาก ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อความต้องการการใช้สารอินทรีย์ในการปลูกข้าวของเกษตรกรอำเภอบางช้าง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ได้แก่ อายุ ระดับการศึกษา ประสบการณ์ในการปลูกข้าว พื้นที่ปลูกข้าว รวมถึงพื้นที่จากการเช่า ความรู้ และลักษณะการใช้สารอินทรีย์ของเกษตรกร ดังนั้นควรสนับสนุนส่งเสริมอินทรีย์สำเร็จรูปที่พร้อมใช้งานโดยสามารถละลายน้ำ แล้วเกษตรกรสามารถนำไป ขยายต่อได้โดยง่าย หรือสามารถนำไปฉีดพ่น หรือละลายไปกับระบบน้ำ

ในไร่นา ซึ่งช่วยแก้ปัญหาด้านขั้นตอนการผลิต การใช้งานและปัญหาด้านขนาดแคลนแรงงานทางการเกษตร หรือนวัตกรรมที่ช่วยลดระยะเวลาในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ แต่ผลลัพธ์ใกล้เคียงหรือเทียบเท่ากับการใช้ปุ๋ยเคมี

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ นายอนุสรณ์ เทียนศิริฤกษ์ ผู้อำนวยการกลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร นางสาวศิริลักษณ์ ศรีสังข์งาม นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรชำนาญการพิเศษ สำนักงานเกษตรอำเภอบางซ้าย และนางพิศมัย ยกย่อง นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ เจ้าหน้าที่สถานีพัฒนาที่ดินพระนครศรีอยุธยา สำนักงานเกษตรอำเภอบางซ้าย และนายชวลิต ไทยประกอบ หมอдинอาสาอำเภอบางซ้ายที่ เกษตรกรผู้ปลูกข้าวในอำเภอบางซ้าย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บแบบสอบถามและให้คำแนะนำกับผู้ทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กฤษฎี ใจปัญญา. 2562. ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวเหนียวสันป่าตอง 1. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 37(1): 10-19.
- กัลยา วานิชย์บัญชา. 2560. หลักสถิติ. พิมพ์ครั้งที่ 15. กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 490 หน้า.
- จิราภรณ์ วงศ์วัฒนบุตร. 2562. การใช้สารอินทรีย์ลดการใช้สารเคมีทางการเกษตรของเกษตรกรในพื้นที่อำเภอสวรรคภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด. วิทยานิพนธ์เกษตรศาสตรมหาบัณฑิต (ส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี. 118 หน้า.
- ดวงกมล เริ่มตระกูล. 2564. การยอมรับเทคโนโลยีการลดต้นทุนการผลิตข้าวของเกษตรกรในหมู่บ้านชุมชนต้นแบบอำเภอสากเหล็ก จังหวัด

อ่างทอง. วิทยานิพนธ์เกษตรศาสตรมหาบัณฑิต (ส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี. 138 หน้า.

- ภิชาติ เพชรนาม. 2564. การส่งเสริมเครือข่ายผู้ปลูกข้าวอินทรีย์ของเกษตรกรตำบลกล้วยกว้าง อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดศรีสะเกษ. วิทยานิพนธ์เกษตรศาสตรมหาบัณฑิต (ส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี. 122 หน้า.
- รัตนา อุ่นจันทร์, จาริพร เพชรชิต และสาธิต บัวขาว. 2565. ความเป็นไปได้ในการยกระดับเกษตรกรผู้ปลูกข้าวพันธุ์เมล็ดฝ้ายของพื้นที่ตำบลเขาโร อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยาสู่การเป็นเกษตรกรผู้ผลิตแบบเกษตรอินทรีย์. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 40(3): 116-126.
- วิทยา แก้วเจริญศรี, พุฒิสวรรค์ เครือดำ, นครศรีรังควัด และ สายสกุล ฟองมูล. 2562. ความต้องการในการส่งเสริมการปลูกพืชสมุนไพรในระบบอินทรีย์ของเกษตรกรอำเภอยางชุมน้อย จังหวัดนครสวรรค์. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 37(3): 39-48.
- สุพจน์ คำยา. 2561. ความต้องการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ของเกษตรกรในอำเภอยางชุมน้อย จังหวัดศรีสะเกษ. วิทยานิพนธ์เกษตรศาสตรมหาบัณฑิต (ส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี. 129 หน้า.
- สุรินทร์ นิชมาทกุล. 2556. ระเบียบวิธีวิจัยทางสังคมศาสตร์และสถิติที่ใช้. บุ๊คส์ ฑู ฑู, กรุงเทพฯ. 280 หน้า.
- สำนักงานเกษตรจังหวัดพระนครศรีอยุธยา. 2565. ข้อมูลพื้นฐานทางการเกษตรจังหวัดพระนครศรีอยุธยา (ระบบออนไลน์) แหล่งข้อมูล: <https://ayutthaya.doae.go.th/province> (4 เมษายน 2565).

สำนักงานเกษตรอำเภอบางช้าง. 2565. ข้อมูล
จำนวนเกษตรกร. (ระบบออนไลน์) แหล่ง
ข้อมูล: [https://ayutthaya.doae.go.th/
bangsay](https://ayutthaya.doae.go.th/bangsay) (4 เมษายน 2565).

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2565. ตารางราคา
ปุ๋ยเคมีสูตรที่สำคัญ ณ ระดับราคาขายส่ง
กรุงเทพฯ และราคาขายปลีกท้องถิ่นราย
เดือน. 2565. (ระบบออนไลน์) แหล่งข้อมูล:
<https://oaezone.oae.go.th/view/1/TH-TH>
(24 มีนาคม 2565).

อาจารย์ วันเมือง, วรทัศน์ อินทร์คัมพร, ภาณุพันธุ์
ประภาติกุล และ แสงทิwa สุริยงค์ . 2564.
ความต้องการการส่งเสริมการผลิตข้าว
อินทรีย์ของเกษตรกรในจังหวัดเชียงใหม่.
วารสารผลิตภัณฑ์การเกษตร 3(3): 57-66.

การตัดสินใจของผู้สนใจลงทุนโทเคนดิจิทัลในธุรกิจการเกษตรในประเทศไทย

The Decisions of Those Interested in Digital Tokens Investment for Agribusiness in Thailand

จรุงจิต อิงคภาคย์¹ ชลาธร จูเจริญ^{1*} และสุภาภรณ์ เลิศศิริ¹

Jarungjit Ingkapak¹, Chalathon Choocharoen^{1*} and Supaporn Lertsiri¹

Received: July 24, 2024

Revised: September 26, 2024

Accepted: September 27, 2024

Abstract: The objectives were to study 1) personal basic factors and socio-economic factors of those interested in digital tokens investment for agribusiness, 2) knowledge of digital assets of those interested in digital tokens investment for agribusiness and 3) the decisions by those interested in digital tokens investment for agribusiness. Data collection was obtained by questionnaire with accidental sampling method from 400 of those interested in digital tokens investment for agribusiness. Descriptive statistics are used such as frequency, percentage, mean, standard deviation. The hypothesis was tested by t-test and F-test. The research has shown that most of those interested in digital tokens investment for agribusiness were female (67.25%), with an average age of 29.15 years old, single (85.50%), had a bachelor's degree (66.00%), mostly were students (45.30%) and an average income of 34,482.47 baht/month. Those interested in digital tokens investment for agribusiness had a moderate level of knowledge about digital assets (mean = 15.17), and the decisions of those interested in digital tokens investment for agribusiness was moderate (mean = 2.33). The hypothesis testing was found that those interested in digital tokens investment for agribusiness had different age, knowledge about digital assets, occupations and an average monthly income making the investment decisions in digital tokens for agribusiness differed at a statistical significance level of 0.01 and 0.05 respectively.

Keywords: Agribusiness, Decision, Digital tokens, Investment

บทคัดย่อ: การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจและสังคม 2) ความรู้ในสินทรัพย์ดิจิทัล และ 3) การตัดสินใจลงทุนของผู้สนใจลงทุนโทเคนดิจิทัลในธุรกิจการเกษตร กลุ่มตัวอย่าง 400 คน ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (accidental sampling) ใช้แบบสอบถาม (questionnaire) เป็นเครื่องมือในการวิจัย สถิติที่ใช้ ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดสอบสมมติฐานด้วยค่า t-test และ F-test ผลการศึกษาพบว่า ผู้สนใจโทเคนดิจิทัลมากกว่าครึ่งเป็นเพศหญิง (ร้อยละ 67.25) อายุเฉลี่ย 29.15 ปี มีสถานภาพโสด (ร้อยละ 85.5) ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับปริญญาตรี (ร้อยละ 66.00) เป็นนักเรียน/นักศึกษา (ร้อยละ 45.30) รายได้เฉลี่ย 34,482.47 บาทต่อเดือน ผู้สนใจโทเคนดิจิทัลมีความรู้ทางด้านสินทรัพย์ดิจิทัลในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 15.17 คะแนน) และการตัดสินใจของผู้สนใจลงทุนโทเคนดิจิทัลในธุรกิจการเกษตรอยู่ในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 2.33) ผลการทดสอบสมมติฐานพบว่า อายุ ความรู้ในสินทรัพย์ดิจิทัล อาชีพและรายได้ที่แตกต่างกันมีการตัดสินใจลงทุนโทเคนดิจิทัลในธุรกิจการเกษตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และ 0.05 ตามลำดับ

คำสำคัญ: ธุรกิจการเกษตร, การตัดสินใจ, โทเคนดิจิทัล, ลงทุน

¹ ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

¹ Department of Agricultural Extension and Communication, Faculty Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

* Corresponding author: fagrchch@ku.ac.th

คำนำ

ประเทศไทยเป็นแหล่งเพาะปลูกที่สำคัญ เนื่องจากมีภูมิประเทศที่เอื้อต่อการทำเกษตรกรรม ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพทางการเกษตรหรือมีความเกี่ยวข้องกับภาคเกษตรกรรมมาโดยตลอด ซึ่งได้สร้างความมั่นคงทางอาหารและรายได้ให้กับประเทศ นอกจากนี้แผนยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561-2580) (สุภัทร, 2562) ยังได้ให้ความสำคัญกับมาตรการส่งเสริมและสนับสนุนการพัฒนาประเทศในทุกภาคส่วน รวมถึงภาคการเกษตร โดยยุทธศาสตร์ชาติด้านการสร้างความสามารถในการแข่งขัน ได้กำหนดให้มีการส่งเสริมและพัฒนาภาคเกษตรกรรมผ่านการต่อยอดโครงสร้างธุรกิจการเกษตรด้วยการสร้างมูลค่าเพิ่ม โดยเน้นการผลิตสินค้าเกษตรคุณภาพสูงและขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยีและนวัตกรรม อีกทั้งยังให้ความสำคัญกับการเพิ่มผลผลิตทั้งในเชิงปริมาณและมูลค่า รวมถึงส่งเสริมความหลากหลายของสินค้าเกษตรอีกด้วย อีกทั้งกรมส่งเสริมการเกษตรได้จัดทำแผนยุทธศาสตร์ส่งเสริมการเกษตร ระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2560 - 2579) (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2560) โดยได้กำหนดวิสัยทัศน์ไว้ว่า “เกษตรกรรมมีความเข้มแข็ง มีคุณภาพชีวิตที่ดี ใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรม และมีรายได้ที่มั่นคง” เพื่อใช้เป็นกรอบทิศทางการทำงาน ส่งเสริมการเกษตรในระยะยาว นโยบายของประเทศในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาภาคการเกษตรนั้นมีเป้าหมายหลักในการเพิ่มรายได้และความมั่นคงให้กับเกษตรกร การสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้าเกษตร และการเพิ่มความยั่งยืนในระบบการผลิต การผลักดันนโยบายที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร ซึ่งมีการมุ่งเน้นในการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่อขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศ และการส่งเสริมการเกษตรสมัยใหม่ ได้ให้ความสำคัญต่อการพัฒนาและปรับปรุงภาคการเกษตรให้ก้าวทันตามการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีและเศรษฐกิจโลก โดยการประยุกต์ใช้ระบบอัจฉริยะ (Admin Thai Media PR, 2019) นำเทคโนโลยีและนวัตกรรมเข้ามาใช้ในการเพาะปลูก การผลิต การจัดการ และการตลาด เพื่อพัฒนาไปสู่การทำเกษตรแบบแม่นยำมากขึ้น ซึ่งเกษตรกรสามารถควบคุมทุกอย่างผ่าน

ระบบอินเทอร์เน็ตได้ เป็นการนำเทคโนโลยีจำพวก Internet of Things (IoT), Machine Learning และ Artificial Intelligence (AI) มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด จะพบได้ว่าเมื่อเกษตรกรหรือผู้ประกอบการธุรกิจการเกษตรที่จะนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพผลผลิต (increase productivity) ช่วยลดต้นทุนได้ในระยะยาว (save cost) ลดความผิดพลาดจากการกระทำของมนุษย์ (human errors) เป็นความพยายามในการเพิ่มมูลค่าของผลผลิตแทนที่จะเน้นแต่ปริมาณ (create value) จำเป็นต้องเพิ่มการลงทุนเพื่อเพิ่มผลตอบแทนที่มากขึ้นในอนาคต แต่ในปัจจุบันมีหลายปัจจัยที่ส่งผลให้การทำธุรกิจการเกษตรไม่สามารถพัฒนาไปสู่การเป็นเกษตรดิจิทัลหรือเกษตรอัจฉริยะด้วยการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมได้ โดยมีสาเหตุหลักคือ มีข้อจำกัดในการเข้าถึงแหล่งเงินทุนในตลาดทุนของเกษตรกรหรือผู้ประกอบการธุรกิจการเกษตร (จอมขวัญ, 2563) จะเห็นว่าสินทรัพย์ดิจิทัลเป็นนวัตกรรมทางการเงินรูปแบบใหม่ที่น่าสนใจและอาจมีบทบาทสำคัญในการแก้ไขปัญหาการเข้าถึงแหล่งเงินทุนของเกษตรกรหรือผู้ประกอบการธุรกิจการเกษตร อีกทั้งยังเปิดโอกาสใหม่ในการระดมทุนเพื่อพัฒนาภาคเกษตรไทยได้ในอนาคต

ในปัจจุบันสินทรัพย์ดิจิทัลได้รับความสนใจเป็นอย่างมากในสังคมไทย (Intelligence Team, 2023) โดยทางสำนักงานคณะกรรมการกำกับหลักทรัพย์และตลาดหลักทรัพย์ (ก.ล.ต.) ได้เปิดเผยว่า ในช่วงที่วิกฤตการณ์แพร่ระบาดของเชื้อโควิดกำลังส่งผลกระทบต่อทุกภาคธุรกิจอยู่นั้น การลงทุนในสินทรัพย์ดิจิทัลในประเทศไทยกลับคึกคักและมีผู้สนใจเป็นจำนวนมาก โดยในไตรมาสที่สองปี 2565 มีบัญชีซื้อขายสินทรัพย์ดิจิทัลที่เปิดผ่านศูนย์ซื้อขายสินทรัพย์ดิจิทัลในประเทศไทยจำนวนทั้งสิ้น 2.9 ล้านบัญชี (สำนักงานคณะกรรมการกำกับหลักทรัพย์และตลาดหลักทรัพย์, 2565) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนบัญชีซื้อขายหลักทรัพย์จากตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ณ ช่วงเวลาเดียวกันที่มี 5.5 ล้านบัญชี (ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย, 2566) จะเห็นได้ว่าแม้สินทรัพย์ดิจิทัลเริ่มเป็นที่รู้จักในเวลาไม่นาน

แต่ได้รับความนิยมในภาคการลงทุนของไทยอย่างมาก ทั้งนี้ก็เพื่อเป็นการเพิ่มทางเลือกในการระดมทุนที่นอกเหนือจากรูปแบบดั้งเดิม ซึ่งส่งผลดีต่อการขยายตัวของเศรษฐกิจของประเทศ

ดังนั้นไม่ว่าจะเป็นเกษตรกรรุ่นใหม่หรือผู้ประกอบการธุรกิจการเกษตรจึงสามารถใช้ประโยชน์จากการระดมทุนในรูปแบบของโทเคนดิจิทัลซึ่งเป็นหนึ่งในสินทรัพย์ดิจิทัลในการระดมทุนและเข้าถึงแหล่งเงินทุน จึงเป็นทางเลือกใหม่ของเกษตรกรหรือผู้ประกอบการธุรกิจการเกษตรในการพัฒนาเป็นเกษตรดิจิทัลหรือเกษตรอัจฉริยะต่อไปได้ และก้าวเข้าสู่ยุคใหม่ของการทำเกษตรกรรมสมัยใหม่ได้อย่างเต็มรูปแบบ แม้ว่าการตัดสินใจลงทุนในโทเคนดิจิทัลยังคงเป็นเรื่องใหม่และซับซ้อนสำหรับผู้สนใจลงทุน ภาคการเกษตรของประเทศไทย การศึกษาการตัดสินใจลงทุนของผู้สนใจโทเคนดิจิทัลในธุรกิจการเกษตรจึงมีความจำเป็นเพื่อนำมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนและพัฒนาแนวทางรวมถึงเป็นทางเลือกของผู้ที่สนใจลงทุนโทเคนดิจิทัลในธุรกิจการเกษตร ให้ตรงกับความต้องการของผู้สนใจลงทุนในโทเคนดิจิทัลต่อไป ซึ่งจักเป็นประโยชน์ในการพัฒนาแนวทางและเพื่อส่งเสริมการลงทุนในโทเคนดิจิทัลให้เป็นที่ยอมรับและเป็นประโยชน์มากขึ้นในภาคการเกษตรของประเทศไทย นอกจากนี้ยังสามารถใช้ข้อมูลเหล่านี้เพื่อสนับสนุนนโยบายภาครัฐในการส่งเสริมการลงทุนและการพัฒนาภาคการเกษตรอย่างยั่งยืนต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณประชากรที่ทำการศึกษาคือ ผู้สนใจลงทุนสินทรัพย์ดิจิทัลที่เปิดบัญชีผ่านศูนย์ซื้อขายสินทรัพย์ดิจิทัลในประเทศ มีจำนวนทั้งสิ้น 2,932,536 บัญชี (สำนักงานคณะกรรมการกำกับหลักทรัพย์และตลาดหลักทรัพย์, 2565) โดยเลือกกลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้สนใจลงทุนสินทรัพย์ดิจิทัลที่เป็นสมาชิกในกลุ่มแอฟลิเคชัน Facebook Page (Table 1) ได้แก่ Binance Thai Community Club, Bitcoin Crypto Thailand, Bitcoin Thai Community, และ BITKUB หัดเทรด มือใหม่!!! ซึ่งเป็น Facebook Page ที่มีผู้สนใจลงทุนสินทรัพย์

ดิจิทัลที่เป็นสมาชิกมากที่สุด 4 อันดับแรก และแบ่งกลุ่มละ 100 ราย รวมทั้งสิ้นจำนวน 400 ราย โดยอ้างอิงจากการคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง (sample size) โดยใช้สูตรคำนวณ ของทาโร่ ยามาเน (Taro Yamane) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (accidental sampling) เป็นผู้ที่มีความยินดีให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม โดยใช้แบบสอบถาม (questionnaire) เป็นเครื่องมือในการวิจัยผ่านทางกูเกิลฟอร์ม (Google form) ที่ผู้วิจัยได้โพสต์ลงใน Facebook Page ในแต่ละกลุ่ม โดยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2567 ประกอบด้วยคำถามปลายปิด และปลายเปิด แบ่งเป็น 3 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคมของผู้สนใจโทเคนดิจิทัลในธุรกิจการเกษตร ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้เฉลี่ยต่อเดือน

ตอนที่ 2 ความรู้ทางด้านสินทรัพย์ดิจิทัลของผู้สนใจโทเคนดิจิทัลในธุรกิจการเกษตร ได้แก่ ความรู้เกี่ยวกับคริปโทเคอร์เรนซีและโทเคนดิจิทัล เพื่อทดสอบผู้สนใจโทเคนดิจิทัลว่ามีความรู้ความเข้าใจมากน้อยเพียงใด จากเอกสารเรื่อง รู้เขา รู้ระวัง รู้เท่าทัน สินทรัพย์ดิจิทัล (สำนักงานคณะกรรมการกำกับหลักทรัพย์และตลาดหลักทรัพย์, 2561) มีคำถามรวม 25 ข้อ โดยกำหนดข้อคำถามในลักษณะเลือกตอบ ถูก – ผิด และกำหนดการให้คะแนนดังนี้ ตอบถูกต้องจากหลักวิชาการได้ 1 คะแนน และตอบผิดจากหลักวิชาการได้ 0 คะแนน โดยใช้การคำนวณความกว้างของข้อมูลแต่ละช่วงด้วยอันตรภาคชั้น (สุรินทร์, 2556) หลังจากนั้นนำคะแนนรวมมาจัดลำดับความรู้ในการประเมิน โดยแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ มีระดับความรู้มาก มีระดับความรู้ปานกลาง และมีระดับความรู้น้อย ดังนี้คือ

คะแนนระหว่าง 17.00 – 25.00 หมายถึง มีระดับความรู้มาก

คะแนนระหว่าง 9.00 – 16.00 หมายถึง มีระดับความรู้ปานกลาง

คะแนนระหว่าง 0.00 – 8.00 หมายถึง มีระดับความรู้น้อย

ตอนที่ 3 การตัดสินใจลงทุนของผู้สนใจโทเคนดิจิทัลในธุรกิจการเกษตร ได้แก่ การตัดสินใจเลือกประเภทของธุรกิจการเกษตร (อรรถศาสตร์, 2557) เป็นคำถามให้เลือกตอบแบบประเมินค่า (rating scale) คำนวณความกว้างของข้อมูลแต่ละช่วงด้วยอันตรภาคชั้น (สุรินทร์, 2556) โดยแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ มาก ปานกลาง และน้อย จากระดับคะแนนการตัดสินใจ ดังนี้คือ

คะแนนเฉลี่ย 2.36 – 3.00 หมายถึงระดับคะแนนการตัดสินใจมาก

คะแนนเฉลี่ย 1.68 – 2.35 หมายถึงระดับคะแนนการตัดสินใจปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.67 หมายถึงระดับคะแนนการตัดสินใจน้อย

สมมติฐานการวิจัย มี 4 สมมติฐาน ได้แก่ 1) อายุที่แตกต่างกันมีการตัดสินใจลงทุนของผู้สนใจโทเคนดิจิทัลในธุรกิจการเกษตรแตกต่างกัน 2) อาชีพที่แตกต่างกันมีการตัดสินใจลงทุนของผู้สนใจโทเคนดิจิทัลในธุรกิจการเกษตรแตกต่างกัน 3) รายได้เฉลี่ยต่อเดือนที่แตกต่างกันมีการตัดสินใจลงทุนของผู้สนใจโทเคนดิจิทัลในธุรกิจการเกษตรแตกต่างกัน 4) ความรู้ในสินทรัพย์ดิจิทัลที่แตกต่างกันมีการตัดสินใจลงทุนของผู้สนใจโทเคนดิจิทัลในธุรกิจการเกษตรแตกต่างกัน

Table 1 Samples of members interested in investment in digital assets from Facebook Page.

Source of sample	Number of samples
Binance Thai Community Club	100
Bitcoin Crypto Thailand	100
Bitcoin Thai Community	100
BITKUB หัดเทรด มือใหม่!!!	100
Total	400

การทดสอบความเชื่อมั่นของข้อมูล

นำแบบสอบถามไปทำการทดสอบ (try out) กับกลุ่มเป้าหมายที่มีลักษณะเหมือนกับกลุ่มตัวอย่าง 30 ราย ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของความรู้เกี่ยวกับสินทรัพย์ดิจิทัลตามวิธีของ Kuder–Richardson 20 (KR–20) ได้เท่ากับ 0.84 และการตัดสินใจลงทุนของผู้สนใจโทเคนดิจิทัลในธุรกิจการเกษตร เท่ากับ 0.96 จากนั้นนำผลการทดสอบที่ได้มาทำการปรับปรุง แก้ไข และตรวจสอบแบบสอบถามเพื่อปรับปรุงแก้ไขให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์อีกครั้งก่อนจะนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

1) การวิเคราะห์ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล ปัจจัยพื้นฐานด้านเศรษฐกิจและสังคม ความรู้ทางด้านสินทรัพย์ดิจิทัลของผู้สนใจโทเคนดิจิทัลในธุรกิจการเกษตร และการตัดสินใจลงทุนของผู้สนใจโทเคน

ดิจิทัลในธุรกิจการเกษตร ด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ (frequency) ค่าร้อยละ (percentage) ค่าเฉลี่ย (mean) ค่าต่ำสุด (minimum) ค่าสูงสุด (maximum) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation: S.D.)

2) วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจและสังคม ความรู้ทางด้านสินทรัพย์ดิจิทัลของผู้สนใจโทเคนดิจิทัลในธุรกิจการเกษตรที่มีการตัดสินใจลงทุนของผู้สนใจโทเคนดิจิทัลในธุรกิจการเกษตร ด้วยสถิติการทดสอบค่า t-test และ F-test กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และ 0.01

ผลการทดลองและวิจารณ์

ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจและสังคมของผู้สนใจโทเคนดิจิทัลในธุรกิจการเกษตร

จากการศึกษาพบว่า ผู้สนใจโทเคนดิจิทัลที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย จำนวน 400 ราย

ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 67.30 มีอายุเฉลี่ย 29.15 ปี เป็นนักเรียน/นักศึกษา ร้อยละ 45.30 โดยมีสถานภาพโสด ร้อยละ 85.50 จบการศึกษาระดับปริญญาตรี ร้อยละ 66.00 มีรายได้เฉลี่ย 34,482.47 บาท สอดคล้องกับ อัจฉราพรรณ และ วุฒิยา (2566) ศึกษาเรื่องปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกลงทุนในกองทุนรวมเพื่อการออม (SSF) และกองทุนรวมเพื่อการเลี้ยงชีพ (RMF) พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุระหว่าง 30-39 ปี ระดับการศึกษาสูงสุดปริญญาตรีหรือเทียบเท่า แสดงให้เห็นว่าคนรุ่นใหม่ให้ความสนใจในการลงทุนโทเคนดิจิทัลในธุรกิจการเกษตรอาจเป็นเพราะคนรุ่นใหม่มีอายุน้อย มีการศึกษาสามารถเข้าถึงข้อมูลข่าวสารได้ง่ายและชอบความท้าทายทำให้ตัดสินใจในการลงทุนได้ง่ายกว่า

ความรู้ทางด้านสินทรัพย์ดิจิทัลของผู้สนใจโทเคนดิจิทัลในธุรกิจการเกษตร

จากการศึกษาพบว่า ภาพรวมผู้สนใจลงทุนโทเคนดิจิทัลมีคะแนนความรู้ทางด้านสินทรัพย์ดิจิทัลเฉลี่ย 15.70 คะแนน ส่วนคะแนนต่ำสุด 9.00 คะแนน และสูงที่สุด 25.00 คะแนน โดยผู้สนใจโทเคนดิจิทัล ร้อยละ 73.50 มีความรู้ทางด้านสินทรัพย์ดิจิทัลในระดับปานกลาง และผู้สนใจโทเคนดิจิทัล ร้อยละ 26.50 มีความรู้ทางด้านสินทรัพย์ดิจิทัลในระดับมาก (Table 2) จากการศึกษาพบว่าประเด็นความรู้ทางด้านสินทรัพย์ดิจิทัลที่ตอบถูกต้องมากที่สุด จำนวน 367 คน (ร้อยละ 91.80) ได้แก่ คริปโทเคอร์เรนซี (Cryptocurrency) คือ หน่วยข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้สื่อกลางในการแลกเปลี่ยนสินค้า/บริการ/สินทรัพย์ดิจิทัลอื่นหรือสิทธิอื่นใดได้หากผู้ให้ยอมรับ เนื่องจากคริปโทเคอร์เรนซีแม้เริ่มเป็นที่รู้จักในเวลาไม่นาน แต่ได้รับความนิยมในภาคการลงทุนของไทยอย่างมาก และ

มีการเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับคริปโทเคอร์เรนซีผ่านสื่อต่างๆ เป็นจำนวนมาก ประเด็นที่ตอบถูกน้อยที่สุด จำนวน 286 คน (ร้อยละ 71.50) ได้แก่ โทเคนดิจิทัลเพื่อการลงทุนจะกำหนดสิทธิในการร่วมลงทุนในโครงการหรือสินทรัพย์ใดๆ และผู้ลงทุนจะมีฐานะเป็นเจ้าของบริษัทผู้ออกโทเคน เนื่องจากโทเคนดิจิทัลเป็นการลงทุนรูปแบบใหม่สำหรับผู้สนใจลงทุน อาจทำให้มีความรู้ ความเข้าใจในเรื่องของข้อมูล รายละเอียดและสิทธิในฐานะผู้ลงทุนโทเคนดิจิทัลไม่มากนัก ทั้งนี้การลงทุนส่วนใหญ่มีความเสี่ยง ดังนั้นผู้สนใจลงทุนจึงจำเป็นต้องมีความรู้ในสิ่งที่ลงทุน ซึ่งแต่ละคนจะมีระดับความรู้ในการลงทุนที่แตกต่างกัน แล้วแต่การแสวงหาข้อมูลและประสบการณ์ที่เคยประสบมา สอดคล้องกับงานวิจัยของปริญญ์ (2565) ศึกษาเรื่องปัจจัยกำหนดพฤติกรรมการลงทุนที่นำไปสู่เป้าหมายในชีวิตของประชากร Generation Y ในเขตจังหวัดนครปฐม พบว่า ความรู้ความเข้าใจการลงทุน ด้านทัศนคติเกี่ยวกับการลงทุน ความเสี่ยงในการลงทุน การรับรู้ข้อมูลข่าวสาร และความรู้ความเข้าใจการลงทุนส่งผลต่อพฤติกรรมการลงทุน ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจาก ก่อนการลงทุนนักลงทุนต้องมีความรู้เกี่ยวกับกองทุนโดยเริ่มจากการกำหนดเป้าหมายในการลงทุน พิจารณาเงื่อนไขการลงทุน สามารถยอมรับความเสี่ยงได้มากแค่ไหน ต้องการผลตอบแทนเท่าไร มีเงินลงทุนมากน้อยเพียงใด หรือมีข้อจำกัดเรื่องระยะเวลาหรือไม่ ซึ่งในการลงทุนแต่ละประเภทนั้นย่อมมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันในด้านความเสี่ยงและผลตอบแทน การมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องดังกล่าวจึงเป็นส่วนสำคัญที่จะช่วยให้นักลงทุนจัดสรรเงินลงทุนได้อย่างเหมาะสมและสอดคล้องกับเป้าหมายของตนเองที่ตั้งไว้

Table 2 Digital asset knowledge of those interested in digital tokens investment for agribusiness.

(N=400)

Digital asset knowledge of interested individuals in agribusiness digital tokens	Number of people	Percentage
Low level of digital asset knowledge (0.00-8.00 points)	0	0.00
Moderate level of digital asset knowledge (9.00-16.00 points)	294	73.50
High level of digital asset knowledge (17.00-25.00 points)	106	26.50
Mean=15.70 S.D. 3.95 Min=9.00 Max.=25.00		

การตัดสินใจลงทุนของผู้สนใจโทเคนดิจิทัลในธุรกิจการเกษตร

จากการศึกษาพบว่า ภาพรวมผู้สนใจโทเคนดิจิทัลมีระดับการตัดสินใจลงทุนโทเคนดิจิทัลในธุรกิจการเกษตรอยู่ในระดับปานกลาง โดยมีค่าเฉลี่ย 2.33 เมื่อแยกตามประเภทของธุรกิจการเกษตรจะพบว่า ผู้สนใจโทเคนดิจิทัลมีระดับการตัดสินใจลงทุนโทเคนดิจิทัลในธุรกิจการเกษตรในระดับมาก ได้แก่ ด้านการส่งออกและนำเข้าสินค้าเกษตร ค่าเฉลี่ย 2.59 ด้านการจัดจำหน่ายสินค้าเกษตรภายในประเทศ มีค่าเฉลี่ย 2.51 ด้านการตลาดและจัดหาสินค้าเกษตร มีค่าเฉลี่ย 2.50 ด้านการแปรรูปสินค้าเกษตร มีค่าเฉลี่ย 2.48 และด้านการผลิตสินค้าเกษตร มีค่าเฉลี่ย 2.37 ในขณะที่ผู้สนใจโทเคนดิจิทัลมีระดับการตัดสินใจลงทุนโทเคนดิจิทัลในธุรกิจการเกษตรในระดับปานกลาง ได้แก่ ด้านการบริการธุรกิจเกษตร มีค่าเฉลี่ย 2.31 ด้านปัจจัยการผลิต มีค่าเฉลี่ย 2.27 และด้านสินเชื่อการเกษตร มีค่าเฉลี่ย 2.17 (Table 3) เนื่องจากผู้สนใจโทเคนดิจิทัลมีความสนใจที่อาจจะตัดสินใจลงทุนในธุรกิจการเกษตรที่มีความเชื่อมโยงกับตลาดและการค้าโดยตรง เช่น การส่งออก การนำเข้า การจัดจำหน่ายสินค้า การแปรรูปสินค้าเกษตร และการผลิตสินค้าเกษตร ซึ่งอาจจะสะท้อนถึงความเชื่อมั่นในศักยภาพของธุรกิจเหล่านี้ในการสร้างผลกำไรหรือผลตอบแทนสูง ในทางกลับกันการตัดสินใจ

ลงทุนในธุรกิจการเกษตรประเภทอื่นๆ เช่น ด้านปัจจัยการผลิต การบริการธุรกิจเกษตร และสินเชื่อการเกษตรกลับอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งอาจจะสะท้อนถึงความไม่มั่นใจหรือขาดความรู้เกี่ยวกับศักยภาพของธุรกิจเหล่านี้รวมถึงความเสี่ยงในการลงทุนที่อาจมากกว่า ทำให้ผู้สนใจลงทุนรู้สึกไม่มั่นใจในการลงทุนในโทเคนดิจิทัลของธุรกิจการเกษตรกลุ่มนี้ สอดคล้องกับงานวิจัยของชัยญรัช (2556) ศึกษาเรื่องความเป็นไปได้ของโครงการลงทุนเพื่อพัฒนาธุรกิจกลางสินค้าเกษตรพบว่า ในการดำเนินธุรกิจกลางสินค้าเกษตรมีความเป็นไปได้ในการลงทุน ขึ้นอยู่กับการเพาะปลูกของเกษตรกร ส่งผลต่อราคาสินค้าเกษตรประเภทพืชผักและจำนวนสินค้า ซึ่งเป็นสินค้าที่นำเข้าง่ายในการประกอบการสินค้าเกษตรประเภทผัก เจ้าของกิจการจำเป็นต้องควบคุมค่าใช้จ่ายด้านต่างๆ ในการดำเนินธุรกิจ และสร้างรายได้ในการจำหน่ายสินค้า เพื่อให้ธุรกิจสามารถดำเนินกิจการโดยมีสภาพคล่องได้ และสอดคล้องกับงานวิจัยของพิชญา (2559) ศึกษาเรื่องปัจจัยที่มีผลในการตัดสินใจทำธุรกิจนำเข้าสินค้าเกษตรจากประเทศกัมพูชาพบว่า เป้าหมายของธุรกิจประกอบด้วยผลกำไร ความมั่นคงของธุรกิจ และการเจริญเติบโตของธุรกิจ มีผลต่อการตัดสินใจนำเข้าสินค้าเกษตรจากประเทศกัมพูชา โดยสิ่งที่จูงใจให้เจ้าของธุรกิจดำเนินกิจการต่อไป คือกำไร ถ้าธุรกิจไม่มีกำไรก็ไม่สามารถดำเนินกิจการต่อไปได้

Table 3 The decisions of those interested in digital tokens investment for agribusiness.

(N=400)

Type of agribusiness	$\bar{x}$	S.D.	Level of decision making
1. Input providers	2.27	0.500	Moderate
2. Service providers	2.31	0.610	Moderate
3. Farming	2.37	0.469	High
4. Wholesale and retail marketing	2.50	0.532	High
5. Processing and manufacturing	2.48	0.529	High
6. Distribution and logistics	2.51	0.561	High
7. International trade	2.59	0.533	High
8. Agricultural financing	2.17	0.667	Moderate
Total	2.33	0.451	Moderate

Remark: 2.35 – 3.00 = High, 1.68 – 2.34 = Moderate, 1.00 – 1.67 = Low

ผลการทดสอบสมมติฐานการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างปัจจัยกับการตัดสินใจลงทุนของผู้สนใจโทเคนดิจิทัลในธุรกิจการเกษตร

จากการศึกษา (Table 4) พบว่า อายุที่แตกต่างกันมีการตัดสินใจลงทุนของผู้สนใจโทเคนดิจิทัลในธุรกิจการเกษตรแตกต่างกัน โดยแบ่งออกเป็นช่วงอายุต่ำกว่าหรือเท่ากับ 23 ปี, ช่วงอายุ 24 – 30 ปี และช่วงอายุมากกว่า 30 ปี ค่า p-value เท่ากับ 0.000 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 แสดงให้เห็นว่าผู้สนใจลงทุนโทเคนดิจิทัลในธุรกิจการเกษตรที่มีอายุแตกต่างกันมีการตัดสินใจการลงทุนโทเคนดิจิทัลในธุรกิจการเกษตรที่ต่างกัน อาจเป็นเพราะช่วงอายุต่ำกว่าหรือเท่ากับ 23 ปี ที่มีประสบการณ์ในการลงทุนไม่มากนัก และสามารถยอมรับความเสี่ยงจากการขาดทุนได้เพื่อมีโอกาสได้รับผลตอบแทนมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของกษิต (2564) ศึกษาเรื่องการตัดสินใจลงทุนในสกุลเงินดิจิทัล ของนักลงทุนในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่านักลงทุนในสกุลเงินดิจิทัลในเขตกรุงเทพมหานครที่มีอายุต่างกัน ทำให้การตัดสินใจลงทุน ในสกุลเงินดิจิทัลโดยรวมแตกต่างกัน ซึ่งนักลงทุนที่มีอายุต่างกันั้น มีความคิด การรับรู้ และพฤติกรรมในแต่ละช่วงอายุมีวิธีการในการทำ ความเข้าใจในสกุลเงินดิจิทัลแตกต่างกัน

อาชีพที่ต่างกันมีการตัดสินใจลงทุนของผู้สนใจโทเคนดิจิทัลในธุรกิจการเกษตรแตกต่างกัน โดยแบ่งออกเป็นอาชีพนักเรียน/นักศึกษา นานาชากร และไม่รับราชการ ค่า p-value เท่ากับ 0.021 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงให้เห็นว่าผู้สนใจโทเคนดิจิทัลในธุรกิจการเกษตรที่มีอาชีพแตกต่างกัน มีการตัดสินใจในการลงทุนโทเคนดิจิทัลในธุรกิจการเกษตรที่ต่างกัน เนื่องจากนักเรียน/นักศึกษาที่เป็นกลุ่มที่มีประสบการณ์ในการลงทุนยังไม่มาก เป็นกลุ่มคนรุ่นใหม่ มีการเปิดรับข่าวสารการลงทุน และเข้าใจการลงทุนในสินทรัพย์ดิจิทัลซึ่งเป็นการลงทุนรูปแบบใหม่ได้ง่าย ทำให้การตัดสินใจลงทุนมีความแตกต่างจากกลุ่มอาชีพอื่น สอดคล้องกับงานวิจัยของ นพรินทร์ (2564) ศึกษาเรื่องกระบวนการที่มีความสัมพันธ์ต่อการตัดสินใจลงทุนในสินทรัพย์ดิจิทัล

ของนักลงทุนในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่านักลงทุนในเขตกรุงเทพมหานครที่มีอาชีพแตกต่างกันทำให้กระบวนการที่มีความสัมพันธ์ต่อการตัดสินใจลงทุนในสินทรัพย์ดิจิทัลต่างกัน และสอดคล้องกับงานวิจัยของกษิต (2564) ศึกษาเรื่องการตัดสินใจลงทุนในสกุลเงินดิจิทัล ของนักลงทุนในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่านักลงทุนในสกุลเงินดิจิทัลในเขตกรุงเทพมหานครที่มีอาชีพต่างกัน ทำให้การตัดสินใจลงทุน ในสกุลเงินดิจิทัลโดยรวมแตกต่างกัน พบว่านักลงทุนที่มีอาชีพต่างกันั้น จะมีผลต่อการรับรู้ข่าวสารทำให้เกิดความต้องการในการตัดสินใจลงทุนที่แตกต่าง

รายได้เฉลี่ยต่อเดือนที่ต่างกันมีการตัดสินใจลงทุนของผู้สนใจโทเคนดิจิทัลในธุรกิจการเกษตรแตกต่างกัน โดยแบ่งออกเป็นรายได้ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 10,000 บาท, 10,001 – 20,000 บาท, 20,001 – 30,000 บาท และ รายได้สูงกว่า 30,000 บาท ค่า p-value เท่ากับ 0.036 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงให้เห็นว่าผู้สนใจโทเคนดิจิทัลในธุรกิจการเกษตรที่มีรายได้แตกต่างกันมีการตัดสินใจในการลงทุนโทเคนดิจิทัลในธุรกิจการเกษตรที่ต่างกัน เนื่องจากรายได้เป็นตัวกำหนดความพร้อมและความสามารถในการลงทุน ถ้ามีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนสูง จะส่งผลให้มีโอกาสและความสามารถในการลงทุนมากกว่าผู้มีรายได้ต่อเดือนต่ำ สอดคล้องกับงานวิจัยของนิตยา (2562) ศึกษาเรื่องการตัดสินใจลงทุนในสกุลเงินดิจิทัลของประชากรกรุงเทพมหานคร พบว่าประชากรกรุงเทพมหานครที่มีรายได้แตกต่างกัน มีการตัดสินใจลงทุนในสกุลเงินดิจิทัลแตกต่างกัน และสอดคล้องกับงานวิจัยของกษิต (2564) ศึกษาเรื่องการตัดสินใจลงทุนในสกุลเงินดิจิทัล ของนักลงทุนในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่านักลงทุนที่สนใจลงทุนในสกุลเงินดิจิทัลในเขตกรุงเทพมหานครที่มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนต่างกัน ทำให้การตัดสินใจลงทุนในสกุลเงินดิจิทัลโดยรวมแตกต่างกัน ซึ่งบุคคลที่ระดับรายได้สูงบ่งชี้ให้เห็นถึงความสามารถในการยอมรับนวัตกรรมสมัยใหม่เช่นเดียวกับสกุลเงินดิจิทัล มักจะมีทัศนคติ และการรับรู้การลงทุนในสินทรัพย์เสี่ยง มากกว่าบุคคลที่มีระดับรายได้น้อย

ความรู้ในสินทรัพย์ดิจิทัลที่แตกต่างกัน มีการตัดสินใจลงทุนของผู้สนใจโทเคนดิจิทัลในธุรกิจการเกษตรแตกต่างกัน โดยแบ่งออกเป็นระดับความรู้มาก และระดับความรู้ปานกลาง ค่า p-value เท่ากับ 0.000 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 แสดงให้เห็นว่าผู้สนใจโทเคนดิจิทัลในธุรกิจการเกษตรที่มีความรู้ในสินทรัพย์ดิจิทัลที่แตกต่างกันมีการตัดสินใจในการลงทุนโทเคนดิจิทัลในธุรกิจการเกษตรที่แตกต่างกัน เนื่องจากการลงทุนส่วนใหญ่มีความเสี่ยง ดังนั้นผู้สนใจโทเคนดิจิทัลจึงจำเป็นต้องมีความรู้ในสิ่งที่ลงทุนซึ่งผู้สนใจโทเคนดิจิทัลจะเข้าใจและสามารถเลือกประเภทการลงทุนที่เหมาะสมกับตัวเองได้มากที่สุด เนื่องจากแต่ละคนจะมีความรู้ที่แตกต่างกัน แล้วแต่การแสวงหาข้อมูลและประสบการณ์ที่เคยประสบมา สอดคล้องกับงาน

วิจัยของ ปานระวี (2565) ศึกษาเรื่องการตัดสินใจลงทุนในหุ้นสามัญของพนักงานเอกชนในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่าปัจจัยด้านความรู้มีผลต่อการตัดสินใจลงทุนในตลาดหลักทรัพย์ของพนักงานเอกชนในเขตกรุงเทพมหานครแตกต่างกัน และสอดคล้องกับงานวิจัยของณัฐพร (2561) ศึกษาเรื่องปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจลงทุนในกองทุนรวมเพื่อการเลี้ยงชีพของคนวัยทำงานในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่า ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการลงทุนในกองทุนรวมเพื่อการเลี้ยงชีพแตกต่างกัน มีการตัดสินใจลงทุนในกองทุนรวมเพื่อการเลี้ยงชีพแตกต่างกัน โดยคนที่มีระดับความรู้ความเข้าใจในระดับน้อย มีการตัดสินใจลงทุนในในชั้นตัดสินใจลงทุนน้อยกว่าคนที่มีความรู้ความเข้าใจในระดับปานกลาง

Table 4 The differences analysis of the decisions in digital tokens investment for agribusiness.

(N=400)

Factors	The decisions in digital tokens investment for agribusiness	
	t/F	P-value
Sex	-3.949**	0.000
Age	11.081**	0.000
Occupation	3.896*	0.021
Marital status	-4.165**	0.000
Income	2.870*	0.036
Knowledge of digital asset	3.812**	0.000

Remark: *: Statistically significant level at 0.05, **: Statistically significant level at 0.01

สรุป

ผู้สนใจลงทุนโทเคนดิจิทัลในธุรกิจการเกษตร มีอายุเฉลี่ยน้อยกว่า 30 ปี มีการศึกษาระดับปริญญาตรีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนน้อยกว่า 35,000 บาท โดยที่มาของแหล่งเงินทุนส่วนใหญ่มาจากเงินออม ผู้สนใจโทเคนดิจิทัลในธุรกิจการเกษตรมีความรู้ทางด้านสินทรัพย์ดิจิทัลในระดับปานกลาง มีการตัดสินใจลงทุนโทเคนดิจิทัลในธุรกิจการเกษตรอยู่ในระดับปานกลาง ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจและสังคม ได้แก่ อายุ อาชีพ รายได้เฉลี่ยต่อเดือน และ

ความรู้ในสินทรัพย์ดิจิทัลของผู้สนใจโทเคนดิจิทัลที่แตกต่างกันมีการตัดสินใจลงทุนของผู้สนใจโทเคนดิจิทัลในธุรกิจการเกษตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และ 0.05 ดังนั้นปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจและสังคม ความรู้ในสินทรัพย์ดิจิทัลที่มีการตัดสินใจลงทุนโทเคนดิจิทัลในธุรกิจการเกษตร และการตัดสินใจของผู้สนใจลงทุนโทเคนดิจิทัลในธุรกิจการเกษตรที่ได้จากงานวิจัยนี้ สามารถนำไปใช้เป็นฐานข้อมูลให้ผู้สนใจลงทุนโทเคนดิจิทัลในธุรกิจการเกษตร เช่น เกษตรกรและผู้ประกอบการ

ธุรกิจการเกษตรนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้ในการตัดสินใจลงทุนต่อไปในอนาคต ทั้งนี้เพื่อให้ผู้สนใจมีความรู้ ความเข้าใจมากขึ้นจึงควรมีการอบรม สัมมนา ประชาสัมพันธ์ หรือมีการเผยแพร่ข้อมูลของเทคโนโลยีทางการลงทุนต่าง ๆ ที่ผู้สนใจลงทุนใช้ติดตามข่าวสารเกี่ยวกับการลงทุนเพื่อเป็นข้อมูลที่ใช้ในการตัดสินใจลงทุนต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้สนใจเทคโนโลยีทางการเกษตรทุกท่านที่ได้ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามและให้ข้อมูลเพื่อใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ และสามารถนำข้อมูลไปเป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์ของเกษตรกรหรือผู้ประกอบการธุรกิจการเกษตรต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2560. ยุทธศาสตร์ส่งเสริมการเกษตร ระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2560-2579) และแผนปฏิบัติงาน ระยะ 5 ปี (พ.ศ. 2560-2564) (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <http://www.khorat.doae.go.th/web/attachments/article/119/%E0%B9%81%E0%B8%9C%E0%B8%99%E0%B8%A2%E0%B8%B8%E0%B8%97%E0%B8%98%E0%B8%A8%E0%B8%B2%E0%B8%AA%E0%B8%95%E0%B8%A3%E0%B9%8C%E0%B8%AA%E0%B9%88%E0%B8%87%E0%B9%80%E0%B8%AA%E0%B8%A3%E0%B8%B4%E0%B8%A1%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%80%E0%B8%81%E0%B8%A9%E0%B8%95%E0%B8%A3-20-%E0%B8%9B%E0%B8%B5-new.pdf> (1 มิถุนายน 2566).

กษิตีศ สังกีเพชร. 2564. การตัดสินใจลงทุนในสกุลเงินดิจิทัล ของนักลงทุนในเขตกรุงเทพมหานคร. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://mmm.ru.ac.th/MMM/IS/twin-9/6214>

155031.pdf (1 มิถุนายน 2566).

จอมขวัญ คงสกุล. 2563. FinTech และตลาดทุน หนุนเกษตรกรไทยพลิกมิติใหม่ของเกษตรกรรม. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://www.sec.or.th/TH/PublishingImages/Pages/WeeklyReport/DAWeeklyReport20220708.jpg> (1 มิถุนายน 2566).

ชัยญรช สีสัยมงคล. 2556. ความเป็นไปได้ของโครงการลงทุนเพื่อพัฒนาธุรกิจกลางสินค้าเกษตร. วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยศิลปากร, กรุงเทพมหานคร. 146 หน้า.

ณัฐพร ภักธเกษวิทย์. 2561. ศึกษาเรื่องปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจลงทุนในกองทุนรวมเพื่อการเลี้ยงชีพของคนวัยทำงานในเขตกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพมหานคร. 130 หน้า.

ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย. 2566. มูลค่าซื้อขายตามประเภทบัญชี จำนวนลูกค้า และบัญชีซื้อขาย (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://www.set.or.th/th/market/statistics/market-statistics/trading-statistics> (1 มิถุนายน 2566).

นพรินทร์ อินทร์. 2564. กระบวนการที่มีความสัมพันธ์ต่อการตัดสินใจลงทุนในสินทรัพย์ดิจิทัลของนักลงทุนในเขตกรุงเทพมหานคร (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://mmm.ru.ac.th/MMM/IS/sat17/6214060140.pdf> (1 มิถุนายน 2566).

นิตยา ศิลาเลิศ. 2562. การตัดสินใจลงทุนในสกุลเงินดิจิทัลของประชากรกรุงเทพมหานคร. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://mmm.ru.ac.th/MMM/IS/twin92/6214154741.pdf> (1 มิถุนายน 2566).

ปริญญานันท์ ช่วยบุตดา. 2565. ปัจจัยกำหนดพฤติกรรมการลงทุนที่นำไปสู่เป้าหมายในชีวิตของ

- ประชากร Generation Y ใน เขตจังหวัด นครปฐม. วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจ มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยศิลปากร, กรุงเทพมหานคร. 181 หน้า.
- ปานระวี ขาวสังข์. 2565. การตัดสินใจลงทุนในหุ้น สามัญของพนักงานเอกชนในเขต กรุงเทพมหานคร. การค้นคว้าอิสระ. มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. กรุงเทพมหานคร. 79 หน้า.
- พิชญา ลามจันทิก. 2559. ปัจจัยที่มีผลในการตัดสินใจทำธุรกิจนำเข้าสินค้าเกษตรจากประเทศ กัมพูชา. วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจ มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี. 80 หน้า.
- สุภัทร คำมุงคุณ. 2562. การเกษตรสร้างมูลค่าตาม ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://library.parliament.go.th/sites/default/files/assets/files/works/academic%20office/radio%20scripts/pdf/2562-03/NALT-radioscript-rr 2562-mar2.pdf> (1 มิถุนายน 2566).
- สุรินทร์ นิยมางกูร. 2556. ระเบียบวิธีวิจัยทาง สังคมศาสตร์และสถิติ. บุ๊คส์ หู ยู, กรุงเทพมหานคร. 280 หน้า.
- สำนักงานคณะกรรมการกำกับหลักทรัพย์และ ตลาดหลักทรัพย์. 2561. เรื่อง รู้เขา รู้เรา รู้เท่าทัน สินทรัพย์ดิจิทัล (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://www.sec.or.th/TH/Documents/DigitalAsset/Digital AssetInvestment-Guide.pdf> (1 มิถุนายน 2566).
- สำนักงานคณะกรรมการกำกับหลักทรัพย์และ ตลาดหลักทรัพย์. 2565. รายงานสรุป ภาวะสินทรัพย์ดิจิทัลรายสัปดาห์. (ระบบ ออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://www.sec.or.th/TH/PublishingImages/Pages/WeeklyReport/DAWeeklyReport 20220708.jpg> (1 มิถุนายน 2566).
- อรรถศาสตร์ วิเศียรศาสตร์. 2557. บทที่ 2 ระบบ และโครงสร้างธุรกิจการเกษตร. (ระบบ ออนไลน์). แหล่งข้อมูล: https://technology.udru.ac.th/book/astasad/astasad_book_01/astasad_book_01.pdf (10 มิถุนายน 2566).
- อัจฉราพรรณ ชนประชา และวุฒิยา สหายรายทอง. 2566. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจ เลือกลงทุนในกองทุนรวมเพื่อการออม (SSF) และกองทุนรวมเพื่อการเลี้ยงชีพ (RMF). วารสารสังคมศาสตร์ปัญญาพัฒนา 5 (1):15-30.
- Admin Thai Media PR. 2019. Farmer Model Era 1.0–4.0. (Online): Available Source: <https://www.thaimediapr.com/farmer-model-era-1-0-4-0/> (June 1, 2023).
- Intelligence Team. 2023. Digital Assets Part 1: 'When Thais Turn to Digital Assets'. (Online): Available Source: <https://www.krungsri.com/th/research/research-intelligence/digital-asset-part1-2023> (June 1, 2023).

ผลของวัสดุปลูกจากก้านใบกล้วยต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดขาว Effect of Growing Media from Banana Leaf Stalk on Growth and Yield of Chinese Cabbage

ชมดาว ขำจริง^{1*} ชฎาภรณ์ แก้วจำ¹ เสฏฐวุฒิ พุ่มสมบัติ¹ และพรพกา โพธิ์พร้อม¹
Chomdao Khumjing^{1*}, Chadaphon Kaeocham¹, Setthawut Phumsombat¹ and Pornpak Popom¹

Received: July 19, 2024

Revised: September 26, 2024

Accepted: October 2, 2024

Abstract: Banana trees when the harvest is complete will be cut down. There will be many banana leaf stalks that have peeled off. It becomes waste material left over from the agricultural sector. The objectives of this research were to study the growth and yield of Chinese cabbage using banana leaf stalks as substrate culture. The experiment was conducted using a Completely Randomized Design (CRD) with 3 replications and consisted of 6 treatments: 1) banana leaf stalk, 2) banana leaf stalk : coir dust : rice chaff : rice husk ash : soil (1 : 1 : 1 : 1 : 1 v/v), 3) banana leaf stalk: coir dust (1 : 1 v/v), 4) banana leaf stalk : rice chaff (1 : 1 v/v), 5) banana leaf stalk : rice husk ash (1 : 1 v/v) and 6) banana leaf stalk : soil (1 : 1 v/v). The results showed that Chinese cabbage substrate culture from banana leaf stalk : coir dust: rice chaff : rice husk ash : soil (1 : 1 : 1 : 1 : 1 v/v) and banana leaf stalk: coir dust (1 : 1 v/v) had the most in the growth and yield.

Keywords: Banana leaf stalk, Chinese cabbage, Growing media

บทคัดย่อ: ต้นกล้วยเมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตจะถูกโค่นทิ้ง ซึ่งจะมีก้านใบกล้วยที่หลุดลอกออกมาจำนวนมากกลายเป็นเศษวัสดุที่เหลือทิ้งจากภาคการเกษตร งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของวัสดุปลูกจากก้านใบกล้วยต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดขาว โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 6 ตำรับทดลอง คือ 1) ก้านใบกล้วย 2) ก้านใบกล้วย : ขุยมะพร้าว : แกลบดิบ : แกลบดำ : ดิน อัตรา 1 : 1 : 1 : 1 : 1 โดยปริมาตร 3) ก้านใบกล้วย : ขุยมะพร้าว อัตรา 1:1 โดยปริมาตร 4) ก้านใบกล้วย : แกลบดิบ อัตรา 1:1 โดยปริมาตร 5) ก้านใบกล้วย : แกลบดำ อัตรา 1:1 โดยปริมาตร และ 6) ก้านใบกล้วย : ดิน อัตรา 1:1 โดยปริมาตร ผลการทดลอง พบว่าผักกาดขาวที่ปลูกด้วยวัสดุ ก้านใบกล้วย : ขุยมะพร้าว : แกลบดิบ : แกลบดำ : ดิน อัตรา 1 : 1 : 1 : 1 : 1 โดยปริมาตร และก้านใบกล้วย : ขุยมะพร้าว อัตรา 1:1 โดยปริมาตร มีการเจริญเติบโตและผลผลิตที่ดีที่สุด

คำสำคัญ: ก้านใบกล้วย, ผักกาดขาว, วัสดุปลูก

¹ สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี 76000

¹ Department of Agriculture, Faculty of Agricultural Technology, Phetchaburi Rajabhat University, Phetchaburi 76000

* Corresponding author: Chomdao2526@gmail.com

คำนำ

กล้วยเป็นไม้ผลที่รู้จักอย่างแพร่หลาย เมื่อต้นกล้วยเจริญเติบโตจนถึงเวลาที่เก็บเกี่ยวผลผลิตเรียบร้อยแล้ว จะถูกโค่นทิ้งเพื่อทำการปลูกใหม่ ซึ่งจะมีก้านใบกล้วยที่เหลือดูลอกออกมาจำนวนมาก โดยมักปล่อยให้เน่า ทำให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ ก้านใบกล้วยเป็นเศษวัสดุที่เหลือทิ้งทั้งจากภาคการเกษตรและถูกเทกองไว้กลายเป็นเศษวัสดุเหลือใช้ที่รอการกำจัดต่อไป จึงอาจก่อให้เกิดปัญหาทางมลพิษ เศษก้านใบกล้วยเหล่านี้ได้มีแนวโน้มปริมาณเพิ่มขึ้น ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และสูญเสียไปอย่างไม่คุ้มค่า (วงจันทร์, 2563) ส่วนของก้านใบ ซึ่งมีลักษณะเป็นกาบหุ้มซ้อนกันอยู่หลายกาบ คูคล้ายกับส่วนลำต้น ส่วนก้านใบหรือกาบนี้มีความยาวประมาณ 3 - 5 เมตร ใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ เป็นอาหารสัตว์ หรือใช้ทำเป็นเชื้อกกกล้วย (สุนทร, 2553) โดยแนวความคิดในการใช้ก้านใบกล้วยหรือกาบกล้วยนำมาเป็นวัสดุปลูก เนื่องจากมีคุณสมบัติดูดซับน้ำได้ดี ช่วยระบายอากาศ (บุษรา, 2552) และมีธาตุอาหารโพแทสเซียม (วงจันทร์, 2563) โพแทสเซียมถือเป็นธาตุอาหารพืชที่มีบทบาทสำคัญต่อผลผลิตและคุณภาพของผลผลิต เกี่ยวข้องกับกระบวนการเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตในเซลล์ การกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ การเคลื่อนย้ายและการดูดกึ้นน้ำและธาตุอาหารรวมถึงกระบวนการหายใจในพืช (ประภัสสร และชูชาติ, 2561; Devlin and Witham, 1986; Hussien *et al.*, 2012) ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นวัสดุปลูก โดยนำเศษก้านใบกล้วยมาใช้ทดแทนดินร่วมกับวัสดุอื่นๆ ซึ่งช่วยลดปัญหาเศษก้านใบกล้วยเหลือทิ้งจำนวนมาก อีกทั้งมีจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ ส่งผลให้สภาพแวดล้อมและระบบนิเวศสมบูรณ์ขึ้น (วงจันทร์, 2563) โดยมีงานวิจัยครบรอบ 50 ปี กรมส่งเสริมการเกษตร, (ม.ป.ป.) ที่นำผักตบชวาส่วนบริเวณก้านใบซึ่งมีลักษณะอวบ น้ำเช่นเดียวกับก้านใบกล้วยมาทำเป็นวัสดุปลูก โดยใช้ในอัตราส่วนดังนี้ คือ ผักตบชวาสับตากแห้ง : ขุยมะพร้าว : ไข่ไก่แกลบ : แกลบดิบ : หน้าดินนาบดป่น (1 : 1 : 1 : 1 : 1 โดยปริมาตร) ประกอบด้วยสมบัติที่อุดม

สมบูรณ์ไปด้วยแร่ธาตุอาหารพืชที่หลากหลายชนิดที่ผสมอยู่ในดิน สามารถนำไปปลูกพืชได้หลากหลายไม่ว่าจะเป็นผักสวนครัว ไม้ดอกไม้ประดับ และไม่ผล ช่วยให้เจริญเติบโต และให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ผักกาดขาว นับว่าเป็นผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย เนื่องจากมีผู้นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย ส่วนที่ใช้บริโภคได้แก่ ส่วนใบ รับประทานเป็นผักสดหรือใช้ประกอบอาหารอื่นๆ (อนันต์ และ อาริยา, 2561) ซึ่งการนำก้านใบกล้วยเป็นวัสดุปลูกเพื่อนำทรัพยากรที่มีอยู่มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดลดการเกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม และยังเป็นแนวทางให้กับเกษตรกรเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับเศษวัสดุได้อีกด้วย ดังนั้นงานวิจัยในครั้งนี้จึงมีแนวคิดนำก้านใบกล้วยมาใช้เป็นวัสดุปลูกเช่นเดียวกับก้านใบผักตบชวา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของวัสดุปลูกจากก้านใบกล้วยต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดขาว

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเมล็ดผักกาดขาว พันธุ์ขาวใหญ่ เพราะในภาคหลุมด้วยวัสดุเพาะพีทมอส หลังจากนั้นนำต้นกล้าผักกาดขาว อายุ 20 วัน ที่มีใบจริง 1 คู่ นำลงปลูกในกระถางขนาด 10 นิ้ว ทำการทดลองเดือนกรกฎาคม ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2566 ในโรงเรือนผลิตผักสาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design : CRD) จำนวน 6 ดำรับทดลอง ดำรับทดลองละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ต้น ดังนี้

ดำรับทดลองที่ 1 ก้านใบกล้วย

ดำรับทดลองที่ 2 ก้านใบกล้วย : ขุยมะพร้าว : แกลบดิบ : แกลบดำ : ดิน (1 : 1 : 1 : 1 : 1 โดยปริมาตร)

ดำรับทดลองที่ 3 ก้านใบกล้วย : ขุยมะพร้าว (1 : 1 โดยปริมาตร)

ดำรับทดลองที่ 4 ก้านใบกล้วย : แกลบดิบ (1 : 1 โดยปริมาตร)

ดำรับทดลองที่ 5 ก้านใบกล้วย : แกลบดำ (1 : 1 โดยปริมาตร)

ดำรับทดลองที่ 6 ก้านใบกล้วย : ดิน (1 : 1 โดยปริมาตร)

การเตรียมวัสดุปลูกก้นใบกล้วย นำส่วนของก้นใบกล้วยมาทำความสะอาด สับให้มีความหนาประมาณ 1 นิ้ว ตากแดดให้แห้งเป็นเวลา 7 วัน และกำหนดให้ทุกตำรับทดลองใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 20-10-10 อัตรา 5 กรัมต่อกระถาง แบ่งใส่ 2 ครั้ง คือเมื่อต้นผักกาดขาวอายุได้ 25 และ 30 วันหลังการย้ายปลูก (นิจอพร และคณะ, 2552) เก็บเกี่ยวผลผลิตที่อายุ 46 วัน

การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโต และผลผลิต

ศึกษาข้อมูลการเจริญเติบโตของผักกาดขาว ข้อมูลประกอบด้วยความสูง (เซนติเมตร) วัดโดยใช้ไม้บรรทัดวัดเหนือจากวัสดุปลูก 1 เซนติเมตร จนถึงปลายยอด เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่ม (เซนติเมตร) โดยวัดส่วนที่กว้างที่สุดจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง วัดอีกครั้งโดยให้ตั้งฉากกับเส้นแรกแล้วนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย และจำนวนใบ (ใบ) นับจำนวนใบจริงทั้งหมด ส่วนค่าความเขียวของใบ (SPAD UNIT) วัดโดยใช้เครื่อง Chlorophyll meter รุ่น SPAD-502Plus วัดในใบที่มีการเจริญเติบโต และใบคล้ำเต็มที่แล้ว โดยวัด 2 ตำแหน่งต่อใบ บริเวณที่กว้างที่สุดของใบ ด้านตรงข้ามกัน เว้นเส้นกลางใบ (ชมดาว และคณะ, 2566) จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ย ด้านผลผลิต น้ำหนักสด (กรัม) ชั่งด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล โดยทำการเก็บข้อมูลด้านการเจริญเติบโต และผลผลิตทำโดยบันทึกผลที่ระยะการเก็บเกี่ยว คือ 46 วัน

การวิเคราะห์ข้อมูล นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance : ANOVA) ตามแผนการทดลอง Completely Randomized Design (CRD) โดยใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 22 และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ผลการทดลอง

จากการศึกษาวัสดุปลูกจากก้นใบกล้วยต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตผักกาดขาว พบว่าในทุกลักษณะที่ทำการศึกษามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 1 and 2)

ความสูง ผักกาดขาวใช้วัสดุปลูกก้นใบกล้วย : ขุยมะพร้าว (1 : 1 โดยปริมาตร) มีความสูงมากที่สุด 12.43 เซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับผักกาดขาวที่ใช้วัสดุปลูกก้นใบกล้วย : ดิน (1 : 1 โดยปริมาตร) ก้นใบกล้วย : แกลบดำ (1 : 1 โดยปริมาตร) และก้นใบกล้วย มีความสูงต่ำสุด มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน คือ 6.43 6.25 และ 4.22 เซนติเมตร ตามลำดับ (Table 1)

เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่ม ผักกาดขาวที่ใช้วัสดุปลูกก้นใบกล้วย : ขุยมะพร้าว : แกลบดิบ : แกลบดำ : ดิน (1 : 1 : 1 : 1 : 1 โดยปริมาตร) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มมากที่สุด 24.72 เซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับผักกาดขาวที่ใช้วัสดุปลูกก้นใบกล้วย มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มต่ำสุด คือ 6.51 เซนติเมตร (Table 1)

จำนวนใบ ผักกาดขาวที่ใช้วัสดุปลูกก้นใบกล้วย : ขุยมะพร้าว (1 : 1 โดยปริมาตร) ก้นใบกล้วย : ขุยมะพร้าว : แกลบดิบ : แกลบดำ : ดิน (1 : 1 : 1 : 1 : 1 โดยปริมาตร) และก้นใบกล้วย : แกลบดำ (1 : 1 โดยปริมาตร) จำนวนใบมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน คือ 14.88 14.22 และ 12.66 ใบ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับผักกาดขาวที่ใช้วัสดุปลูกก้นใบกล้วย มีจำนวนใบต่ำสุด คือ 4.44 ใบ (Table 1)

ค่าความเขียวของใบ ผักกาดขาวที่ใช้วัสดุปลูกก้นใบกล้วย : ขุยมะพร้าว : แกลบดิบ : แกลบดำ : ดิน (1 : 1 : 1 : 1 : 1 โดยปริมาตร) มีค่าความเขียวของใบมากที่สุด 36.00 SPAD UNIT ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับผักกาดขาวที่ใช้วัสดุปลูกก้นใบกล้วย มีค่าความเขียวของใบต่ำสุด คือ 21.01 SPAD UNIT (Table 2)

น้ำหนักสด ผักกาดขาว ที่ใช้วัสดุปลูกก้นใบกล้วย : ขุยมะพร้าว (1 : 1 โดยปริมาตร) และก้นใบกล้วย : ขุยมะพร้าว : แกลบดิบ : แกลบดำ : ดิน (1 : 1 : 1 : 1 : 1 โดยปริมาตร) มีน้ำหนักสดมากที่สุด คือ 37.73 และ 36.00 กรัม ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับผักกาดขาวที่ใช้

วัสดุปลูกก้นใบกล้วย : ดิน (1 : 1 โดยปริมาตร) ก้น
ใบกล้วย : แกลบดิบ (1 : 1 โดยปริมาตร) และก้นใบ

กล้วย มีน้ำหนักสดต่ำสุด คือ 8.62 6.04 และ 1.66 กรัม
ตามลำดับ (Table 2)

Table 1 Plant height, canopy width and leaf number of Chinese cabbage at 46 days.

Treatment	Plant height (cm)	Canopy width (cm)	Leaf number (leaves)
Banana leaf stalk	4.22 ^c	6.51 ^d	4.44 ^c
Banana leaf stalk : coir dust : rice chaff : rice hush ash : soil (1 : 1 : 1 : 1 : 1 v/v)	11.22 ^{ab}	24.72 ^a	14.22 ^a
Banana leaf stalk: coir dust (1 : 1 v/v)	12.43 ^a	24.18 ^{ab}	14.88 ^a
Banana leaf stalk : rice chaff (1 : 1 v/v)	6.25 ^c	11.76 ^c	8.00 ^b
Banana leaf stalk : rice hush ash (1 : 1 v/v)	9.72 ^b	20.60 ^b	12.66 ^a
Banana leaf stalk : soil (1 : 1 v/v)	6.43 ^c	13.65 ^c	9.88 ^b
F-test	**	**	**
CV (%)	27.16	23.74	21.67

** = significantly different at $P < 0.01$

Means within the same column followed by the different letters are significantly different according to DMRT ($P < 0.01$).

Table 2 Leaf greenness and fresh weight of Chinese cabbage at 46 days.

Treatment	Leaf greenness (SPAD UNIT)	Fresh weight (g/plant)
Banana leaf stalk	21.01 ^c	1.66 ^c
Banana leaf stalk : coir dust : rice chaff : rice hush ash : soil (1 : 1 : 1 : 1 : 1 v/v)	36.00 ^a	36.00 ^a
Banana leaf stalk: coir dust (1 : 1 v/v)	34.85 ^{ab}	37.73 ^a
Banana leaf stalk : rice chaff (1 : 1 v/v)	32.81 ^{ab}	6.04 ^c
Banana leaf stalk : rice hush ash (1 : 1 v/v)	34.01 ^{ab}	21.11 ^b
Banana leaf stalk : soil (1 : 1 v/v)	31.35 ^b	8.62 ^c
F-test	**	**
CV (%)	27.16	23.74

** = significantly different at $P < 0.01$

Means within the same column followed by the different letters are significantly different according to DMRT ($P < 0.01$).

วิจารณ์

ผักกาดขาวที่ปลูกด้วยก้นใบกล้วย : ขุยมะพร้าว : แกลบดิบ : แกลบดำ : ดิน อัตราส่วน 1 : 1 : 1 : 1 : 1 โดยปริมาตร มีการเจริญเติบโต คือ ความสูงเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่ม จำนวนใบ และผลผลิต คือ ค่าความเขียวของใบ น้ำหนักสดดีที่สุด เนื่องจากก้น

ใบกล้วยมีคุณสมบัติ ดูดซับน้ำได้ดี ช่วยระบายอากาศ (บุษรา, 2552) และมีธาตุอาหารโพแทสเซียม (วงจันทร์, 2563) โพแทสเซียมมีผลต่อการควบคุม กระบวนการหลายอย่างในด้านสรีรวิทยาและชีวเคมีของพืช ได้แก่ กระบวนการสังเคราะห์แสง การเปิด-ปิดปากใบ การสังเคราะห์โปรตีน และกิจกรรมของเอนไซม์ หน้าที่

บางอย่างจำเพาะกับธาตุโพแทสเซียมเท่านั้น ธาตุอื่นไม่สามารถทดแทนได้ การมีโพแทสเซียมในปริมาณที่พอเหมาะ ส่งผลให้พืชมีพัฒนาการอย่างสมดุล ทุกช่วงระยะการเจริญเติบโต (บุญญา, 2564) ส่วนขุยมะพร้าว มีคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพ คือมีค่า pH ประมาณ 6-7 ค่า EC 3.40 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร มีความพรุนสูง รวมทั้งมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุได้สูง เมื่อขุยมะพร้าวผ่านกระบวนการสลายตัว ความหนาแน่นรวมเมื่อแห้งต่ำ ความพรุนสูง มีความคงทนของโครงสร้างสามารถสลายตัวได้ รวมทั้งสามารถอุ้มน้ำได้ดีมาก เหมาะใช้เป็นวัสดุปลูกได้ดี (วิทยา, 2523) ขณะที่แกลบดิบ มีคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพ มีค่า pH เท่ากับขุยมะพร้าว อุ้มน้ำน้อย ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุต่ำ ความพรุนสูง และมีความคงทนของโครงสร้าง (จันทร์เพ็ญ และคณะ, 2555) แกลบดำเป็นวัสดุปรับปรุงดินเพื่อช่วยเพิ่มความร่วนซุย เพิ่มแร่ธาตุ ช่วยให้อินทรีย์น้ำได้ดี (วิทยา, 2523) ดินหรือดินร่วน อาจให้ธาตุอาหารพืชที่ต้องการได้ แต่ดินร่วนเพียงชนิดเดียวอาจทำให้น้ำที่ไหลไปในระยะหนึ่งก่อให้เกิดการอัดแน่นสูง ถ้ามีเพียงชนิดใดชนิดหนึ่งอาจมีคุณสมบัติประโยชน์ไม่ครบถ้วน (อิศร์ และสมิตรา, 2566) แต่เมื่อเพิ่มวัสดุปลูกข้างต้นที่กล่าวมา ทำให้เกิดการระบายน้ำ และไม่อัดแน่นของวัสดุปลูกทำให้ผักกาดขาวมีเจริญเติบโตที่ดี และส่งผลให้มีผลผลิตดีตามไปด้วย ส่วนวัสดุปลูกก้นใบกล้วย : ขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1 : 1 ที่มีการเจริญเติบโต และผลผลิตดีที่สุด เช่นกันเนื่องจากก้นใบกล้วยมีคุณสมบัติ ดูดซับน้ำได้ดี ช่วยระบายอากาศ (บุษรา, 2552) และมีธาตุอาหารโพแทสเซียม (วงจันทร์, 2563) ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตในเซลล์ การกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ การเคลื่อนย้ายและการดูดกินน้ำและธาตุอาหารรวมถึงกระบวนการหายใจในพืช (ประภัสสร และชูชาติ, 2561; Devlin and Witham, 1986; Hussien et al., 2012) ส่วนขุยมะพร้าวมีน้ำหนักเบา อุ้มน้ำและถ่ายเทอากาศได้ดี มีปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัสต่ำ แต่มีปริมาณโพแทสเซียมที่ค่อนข้างสูง (สมเพียร, 2524) ในขณะที่ Hongpadee and Ruamrungsri (2015) พบว่า

การใช้ขุยมะพร้าวเพิ่มลงในวัสดุปลูก ทำให้เปอร์เซ็นต์ความพรุนช่องบรรจุอากาศ (air-filled porosity) ของวัสดุปลูกเพิ่มขึ้น โดยเมื่อนำวัสดุปลูกทั้งสองชนิดซึ่งเป็นอินทรีย์วัตถุมาผสมกัน สอดคล้องกับรายงานของชัยสิทธิ์ และคณะ (2544) ว่าวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของอินทรีย์วัตถุอยู่ในปริมาณ 60% จะมีปริมาณธาตุอาหารหลักสูงและมีคุณสมบัติทางกายภาพดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุปลูกที่มีจำหน่ายทั่วไป นอกจากนั้นวัสดุปลูกที่ดีควรมีอัตราส่วนของน้ำและอากาศประมาณ 50 : 50 ไม่มีการอัดตัวหรือยุบตัวเมื่อเปียกน้ำหรือเมื่อใช้ไปนานๆ รากพืชสามารถแพร่กระจายได้สะดวกทั่วทุกส่วนของวัสดุปลูก (อิทธิสุนทร, 2555) จึงทำให้ผักกาดขาวมีการเจริญเติบโตดี และมีผลผลิตมากด้วย

สรุป

ในการทดลองครั้งนี้ พบว่าการใช้ก้นใบกล้วย : ขุยมะพร้าว : แกลบดิบ : แกลบดำ : ดิน อัตราส่วน 1 : 1 : 1 : 1 : 1 โดยปริมาตร และก้นใบกล้วย : ขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1 : 1 โดยปริมาตร เหมาะสำหรับใช้เป็นวัสดุปลูกผักกาดขาว

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ที่สนับสนุนเครื่องมืออุปกรณ์ และพื้นที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. ม.ป.ป. ผักกาดขาววิเศษ ตัวร้ายแต่มีประโยชน์. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: https://www.opsmoac.go.th/surin-article_prov-files-421391791824 (10 กรกฎาคม 2567).

จันทร์เพ็ญ ชัยมงคล ดนัย วรณวนิช นิยม บัวบาน และพิศาล ดันลิน. 2555. การใช้กากอ้อยเป็นวัสดุปลูกพืชในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดิน. คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี. 58 หน้า.

- ชมดาว ขำจริง, อรุณี พลายแก้ว และสมภาพ วิสม,
2566. อิทธิพลของแสงสีจากหลอดไฟแอลอีดีที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดหอม พันธุ์แกรนด์แรปิดส์. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ 6(1): 7-14.
- ชัยสิทธิ์ ทองจุ จรัล เห็นพิทักษ์ และวีระศรี หวังการ.
2544. การศึกษาและพัฒนาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมในเขตภาคตะวันตกของประเทศไทย. หน้า 230-236. ใน: รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- นิพนธ์ ณ พัทลุง, สิริพร สิริชัยเวชกุล, วรนิษฐา ช่างชัย และเสาวณี ชชาติเพชร. 2552. การวิเคราะห์ความคุ้มค่าของการใช้ปุ๋ยผสมเองในการผลิตผักกาดฮ่องเต้. วารสารวิชาการ 1(1): 67 – 76.
- บุษรา สร้อยระย้า, 2552. จากเส้นใยต้นกล้วยมาเป็น ‘เส้นใยกล้วย’...ระบายร้อนได้ดี. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: [http://lib3.dss.go.th/fulltext/techno_file/CF64/CF64\(C5\).pdf](http://lib3.dss.go.th/fulltext/techno_file/CF64/CF64(C5).pdf) (10 กรกฎาคม 2567).
- ประภัสสร เจริญไทย และฐชาติ สันธทรัพย์. 2561. ผลของปุ๋ยโพแทสเซียมต่อคุณภาพและผลผลิตข้าวโพดหวานที่ปลูกในพื้นที่อำเภอวาร จังหวัดลำปาง. วารสารเกษตร 34(1): 29 – 40.
- ปญญिता ตระกูลยิ่งเจริญ. 2564. โพแทสเซียมกับการเจริญของพืช. วารสารดินและปุ๋ย 43(1): 10-27.
- วงจันทร์ นุ่นคง. 2563. รายงานการวิจัยการศึกษาวัดปลูกจากกากกล้วยและขี้เลื่อย. มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี, กรุงเทพฯ. 51 หน้า.
- วิทยา สุริยาภณานนท์. 2523. เอกสารประกอบการสอนวิชาอาหารและเครื่องปลูกของพืชสวน. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 45 หน้า.
- สมเพียร เกษมทรัพย์. 2524. ไม้ดอกกระถาง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะเกษตร ภาควิชาพืชสวน, กรุงเทพฯ. 244 หน้า.
- สุนทร ตรีนันทวัน. 2553. ก้านใบพืชที่แปลก. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://www.scimath.org/article-biology/item/497-stalk> (10 กรกฎาคม 2567).
- อนันต์ ดวงสัมฤทธิ์ และอารียา มิ่งขวัญ. 2561. ศึกษาการใช้อัตราส่วนที่เหมาะสมของปุ๋ยหมักชีวภาพจากใบยูคาลิปตัสที่ส่งผลต่อการเจริญของผักกาดขาวโตเกี่ยวเบกานา. ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต. มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์, บุรีรัมย์. 60 หน้า.
- อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2555. การปลูกพืชในวัสดุปลูก. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. 146 หน้า.
- อิศร์ สุป็นราช และสมิตรา สุป็นราช. 2566. การศึกษาวัดปลูกที่เหมาะสมสำหรับเมล็ดพันธุ์เฟิร์ลเนือสี้ส้ม (*Cucumis melo* L.). วารสารแก่นเกษตร 51(1): 547-553.
- Devlin, R.M. and F.H. Witham. 1986. Plant physiology. CBS Publishers, New Delhi. 558 p.
- Hongpakdee, P. and S. Ruamrungsri. 2015. Water use efficiency, nutrient leaching, and growth in potted marigolds affected by coconut coir dust amended in substrate media. Horticulture, Environment, and Biotechnology 56(1): 27-35.
- Hussien, M.M., A.I. Rezk, H.M. Mehanna and A. El-nasharty. 2012. Response of castor bean plants to potassium foliar application and treated sewage water. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 6(7): 611-616.

**ความพึงพอใจของเกษตรกรต่อการบริหารจัดการน้ำชลประทานของ
โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพระองค์ไชยานุชิต กรณีศึกษา เกษตรกรผู้ปลูกข้าว
อำเภอคลองเขื่อน จังหวัดฉะเชิงเทรา**

Farmers' Satisfaction with Irrigation Water Management of Phra-ong Chaiyanuchit Operation
and Maintenance Project: A Case Study of Rice Farmers in Khlong Khuean District,
Chachoengsao Province

สายพิน หัตถประณีต¹ จิรฐินาฏ ถังเงิน^{2*} และพันธ์จิตต์ สีเหนียง²
Saypin Hattapranit¹, Jirattinart Thungngern^{2*} and Panchit Seeniang²

Received: August 2, 2024

Revised: September 19, 2024

Accepted: September 19, 2024

Abstract: This research aims to study: 1) the socio-economics characteristics of farmers, 2) farmers' satisfaction with irrigation water management, and 3) farmers' needs regarding irrigation water management. The sample for this research consists of 283 rice farmers in the Khlong Khuean District, Chachoengsao Province, who depend on the Phra Ong Chaiyanuchit Operation and Maintenance Project. Data were collected through interviews and analyzed using descriptive statistics and hypothesis testing with t-tests and One-way ANOVA. The research findings revealed that the majority of farmers were female (52.30%), with an average age of 58 years. The primary source of information on water management was community leaders and neighbors, (68.12%). Overall, farmers expressed a high level of satisfaction with irrigation management (mean = 3.65), particularly with water allocation (mean = 3.90). Farmers also expressed high levels of needs related to irrigation management (mean = 3.66). Hypothesis testing indicated that the status in water user groups varies, leading to differences in satisfaction with irrigation water management.

Keywords: Satisfaction, Irrigation water management, Rice

บทคัดย่อ: การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) สภาพพื้นฐานทางด้านสภาพเศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกร 2) ความพึงพอใจของเกษตรกรต่อการบริหารจัดการน้ำชลประทาน 3) ความต้องการของเกษตรกรต่อการบริหารจัดการน้ำชลประทาน กลุ่มตัวอย่างในการทำวิจัย ได้แก่ เกษตรกรผู้ปลูกข้าวในพื้นที่อำเภอคลองเขื่อน จังหวัดฉะเชิงเทรา ที่อาศัยน้ำในเขตชลประทานโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพระองค์ไชยานุชิต จำนวน 283 คน โดยใช้แบบสัมภาษณ์เป็นเครื่องมือในการทำวิจัย วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา และทดสอบสมมติฐานด้วย t-test

¹ นิสิตระดับปริญญาโท หลักสูตร การจัดการเกษตรและชุมชน ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน 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 คณะกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 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

และ One-Way ANOVA ผลการวิจัย พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 52.30) มีอายุเฉลี่ย 58.00 ปี ได้รับข่าวสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการน้ำจากชลประทานมากที่สุดจากผู้นำชุมชนและเพื่อนบ้าน ร้อยละ 68.12 เกษตรกรมีความพึงพอใจต่อการบริหารจัดการน้ำชลประทานโดยเฉลี่ยภาพรวมอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.65) โดยประเด็นที่เกษตรกรมีความพึงพอใจเป็นอันดับ 1 คือ ความพึงพอใจต่อการจัดสรรน้ำชลประทานในพื้นที่ (ค่าเฉลี่ย 3.90) สำหรับความต้องการของเกษตรกรต่อการบริหารจัดการน้ำชลประทานโดยเฉลี่ยภาพรวมอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.66) ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่าสถานภาพการเป็นสมาชิกกลุ่มผู้ใช้น้ำแตกต่างกัน มีความพึงพอใจต่อการบริหารจัดการน้ำชลประทานแตกต่างกัน

คำสำคัญ: ความพึงพอใจ, การบริหารจัดการน้ำชลประทาน, ข้าว

คำนำ

น้ำเป็นทรัพยากรที่มีความสำคัญของโลก สิ่งมีชีวิตทุกชนิดต้องอาศัยน้ำในการดำรงชีวิตถึงแม้ว่าจะมีน้ำจำนวนมากมหาศาล แต่การเพิ่มขึ้นของประชากรและการขยายตัวทางเศรษฐกิจ ทำให้มีความต้องการใช้น้ำมากขึ้น ปัจจุบันปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำและเขื่อนทั่วประเทศอยู่ที่ 52,276 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็นร้อยละ 71 ของปริมาณความจุในอ่างเก็บน้ำปริมาณน้ำใช้ได้จริงอยู่ในเกณฑ์น้อยวิกฤตอยู่ที่ 26,746 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็นร้อยละ 38 ซึ่งอยู่ในระดับที่น้อย (คลังข้อมูลน้ำแห่งชาติ, 2566) ประกอบกับ ปี พ.ศ. 2566 ประเทศไทยมีความเสี่ยงที่จะประสบภาวะภัยแล้งที่รุนแรงมากกว่าในปีที่ผ่านมาจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ ทำให้ฝนตกน้อยสภาพอากาศแห้งแล้งถ้าหากไม่มีการวางแผนการใช้น้ำต้นทุนก็อาจส่งผลให้ปี พ.ศ. 2567 ต้องประสบภัยแล้งที่ยาวนานต่อเนื่องภาครัฐจึงจำเป็นต้องบริหารจัดการใช้น้ำตั้งแต่ต้น มีเขื่อนนั้นปริมาณน้ำต้นทุนร้อยละ 80 จะถูกใช้หมดและส่งผลกระทบต่อภาคเกษตรรวมทั้งพืชเศรษฐกิจหลายชนิด อาทิเช่น ข้าวนาปรัง มันสำปะหลัง อ้อย มะม่วง ทุเรียน (วิชญ์, 2566)

ในอดีตเกษตรกรอำเภอคลองเขื่อน จังหวัดฉะเชิงเทรา ต้องพึ่งพาอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก บางปีต้องประสบปัญหาภัยแล้งอย่างหนัก จนกระทั่งกรมชลประทานได้เข้ามาเริ่มดำเนินการก่อสร้างโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพระองค์ไชยานุชิตขึ้นในปี พ.ศ. 2495 (กรมชลประทาน, 2565) เพื่อช่วย

เหลือพื้นที่เพาะปลูกในทุ่งราบฉะเชิงเทรา ทางฝั่งขวาของแม่น้ำบางปะกง โดยมีระบบส่งน้ำเป็นแบบกักเก็บน้ำบนคลอง ไม่มีแหล่งน้ำต้นทุน จึงทำให้การบริหารจัดการน้ำประสบปัญหาทั้งในฤดูแล้งและฤดูฝน จึงได้มีการแก้ไขปัญหาโดยการประสานงานกับโครงการที่อยู่ใกล้เคียงและรับน้ำจากแม่น้ำบางปะกง แต่ก็ยังมีช่วงเวลาจำกัดเช่นกัน คือ สามารถใช้น้ำได้ในช่วงฤดูฝน ตั้งแต่เดือนมิถุนายนจนถึงเดือนมกราคมเท่านั้น หลังจากนั้นจะไม่สามารถรับน้ำเข้าได้เพราะปัญหาของน้ำทะเลหนุนเข้าสู่แม่น้ำบางปะกง จึงทำให้ในพื้นที่ได้รับน้ำอย่างจำกัด ต่อมากรมชลประทานจึงได้มีนโยบายให้เกษตรกรที่มีพื้นที่ทำการเกษตรตามคลองต่างๆ ในเขตชลประทานโครงการส่งน้ำ และบำรุงรักษาพระองค์ไชยานุชิตให้มีการรวมกลุ่มผู้ใช้น้ำขึ้นมาเพื่อให้เกษตรกรได้มีส่วนร่วมในการบริหารจัดการน้ำร่วมกันทั้งดูแลรักษาคลอง จนประสบความสำเร็จในการบริหารจัดการน้ำส่งผลให้จากเดิมเกษตรกรปลูกข้าวได้เพียงปีละ 1 ครั้ง จนมาเป็น 2 ครั้งในปัจจุบัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาความพึงพอใจและความต้องการของเกษตรกรผู้ใช้น้ำในเขตพื้นที่ชลประทาน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพระองค์ไชยานุชิต พื้นที่อำเภอคลองเขื่อน จังหวัดฉะเชิงเทรา ต่อการจัดสรรน้ำชลประทาน ในพื้นที่ให้เพียงพอกับความต้องการของเกษตรกร เพื่อนำข้อมูลที่ได้ใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการส่งเสริมการเกษตร และเป็นแนวทางในการพัฒนาบริหารจัดการน้ำที่มีประสิทธิภาพตรงตามความต้องการของเกษตรกรผู้ใช้น้ำให้เพิ่มสูงขึ้นต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ เกษตรกรผู้ปลูกข้าวที่ขึ้นทะเบียนเกษตรกรในปี พ.ศ. 2566/2567 อาศัยอยู่ในพื้นที่เขตชลประทานฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 1 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพระองค์ไชยานุชิต อำเภอคลองเขื่อน จังหวัดฉะเชิงเทรา 4 ตำบล คือ ตำบลบางตลาด ตำบลคลองเขื่อน ตำบลกอนแก้ว ตำบลบางโรง จำนวน 961 ราย กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรทาโร่ ยามาเน่ (Taro Yamane) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 283 ราย เก็บตัวอย่างโดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (Stratified Random Sampling) เป็นการสุ่มตัวอย่างโดยแยกประชากรออกเป็นกลุ่มก่อน แล้วเลือกตัวอย่างตามสัดส่วน (proportional) ในทุกตำบล จากนั้นใช้การสุ่มอย่างง่าย ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2567 ใช้แบบสัมภาษณ์เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลโดยผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ได้ค่าความสอดคล้องของเนื้อหา (Index of item objective congruence: IOC) มีค่าเท่ากับ 0.962 และนำแบบสัมภาษณ์ที่ได้ปรับปรุงแก้ไขเสร็จเรียบร้อยแล้วไปทดลองใช้ (try out) กับเกษตรกรที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในพื้นที่ศึกษา จำนวน 30 คน แล้วนำมาหาค่าความเชื่อมั่นโดยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) ของครอนบาค (Cronbach) มีค่าเท่ากับ 0.887 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ประกอบด้วย ความถี่ ร้อยละ ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และใช้สถิติเชิงอนุมานในการทดสอบสมมติฐาน ประกอบด้วย t-test และ One-Way ANOVA ในงานวิจัยครั้งนี้ศึกษาตัวสถิติที่ใช้ทดสอบการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างมากกว่า 2 กลุ่ม โดยมีสมมติฐานว่าง (H_0) และ สมมติฐานทางเลือก (H_1) ดังนี้

H_0 : เกษตรกรที่มีสถานภาพการเป็นสมาชิกกลุ่มผู้ใช้น้ำชลประทานแตกต่างกัน มีความพึงพอใจต่อการบริหารจัดการน้ำชลประทานไม่แตกต่างกัน

H_1 : เกษตรกรที่มีสถานภาพการเป็นสมาชิก

กลุ่มผู้ใช้น้ำชลประทานแตกต่างกัน มีความพึงพอใจต่อการบริหารจัดการน้ำชลประทานแตกต่างกัน

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. สภาพพื้นฐานทางเศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกร

เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 52.30) มีอายุเฉลี่ย 58.00 ปี สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาหรือต่ำกว่า (ร้อยละ 60.42) รองลงมาคือระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช. (ร้อยละ 17.67) เกษตรกรประกอบอาชีพหลัก คือ การปลูกข้าว มีประสบการณ์ในการทำเกษตรเฉลี่ย 35.92 ปี มีขนาดพื้นที่ทำการเกษตรเฉลี่ย 22.20 ไร่ มีการถือครองที่ดินทำการเกษตรเป็นประเภทการเช่า (ร้อยละ 62.19) จำนวนแรงงานด้านการเกษตรในครัวเรือนเฉลี่ย 1.5 คน มีรายได้จากการปลูกข้าวเฉลี่ย 440,984.10 บาท/ปี เกษตรกรกลุ่มตัวอย่างเป็นสมาชิกกลุ่มผู้ใช้น้ำจำนวน 3 กลุ่ม คือ สมาชิกกลุ่มผู้ใช้น้ำตำบลบางโรง ร้อยละ 40.99 สมาชิกกลุ่มผู้ใช้น้ำตำบลกอนแก้ว-บางตลาด ร้อยละ 33.92 สมาชิกกลุ่มผู้ใช้น้ำตำบลคลองเขื่อน ร้อยละ 25.09 โดยแบ่งตามขอบเขตการปกครองตำบลบางโรง ตำบลบางตลาด และตำบลกอนแก้ว รวมกับตำบลบางตลาดที่มีอาณาเขตติดต่อกัน เกษตรกรได้รับข้อมูลข่าวสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการน้ำชลประทาน จากผู้นำชุมชนและเพื่อนบ้านมากที่สุด (ร้อยละ 68.12) ซึ่งเป็นบุคคลที่มีความใกล้ชิดและไว้วางใจ รองลงมาคือ เจ้าหน้าที่รัฐ (ร้อยละ 35.14) และประธานกลุ่มผู้ใช้น้ำ (ร้อยละ 30.07) ตามลำดับ

2. ความพึงพอใจของเกษตรกรต่อการบริหารจัดการในเขตชลประทาน

ผลการศึกษาความพึงพอใจของเกษตรกรต่อการบริหารจัดการน้ำชลประทาน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพระองค์ไชยานุชิต จำแนกเป็น 4 ประเด็นหลัก คือ ด้านที่ 1 การให้บริการของเจ้าหน้าที่ชลประทานหรือผู้ประสานงาน ด้านที่ 2 กระบวนการส่งน้ำของหน่วยงานชลประทาน ด้านที่ 3 การดูแลและบำรุงรักษาคล่องส่งน้ำชลประทาน ด้านที่ 4 การจัดสรรน้ำชลประทานในพื้นที่ ผลการศึกษา พบว่า

ในภาพรวมมีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.65) และเมื่อพิจารณาจากประเด็นหลักในแต่ละด้าน มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก 3 ประเด็น คือ ด้านการจัดสรรน้ำชลประทานในพื้นที่ (ค่าเฉลี่ย 3.90) ด้านการให้บริการของเจ้าหน้าที่ชลประทาน หรือผู้ประสานงาน (ค่าเฉลี่ย 3.86) ด้านการดูแลและบำรุงรักษาคอลงส่งน้ำชลประทาน (ค่าเฉลี่ย 3.85) โดยด้านกระบวนการส่งน้ำของหน่วยงานชลประทาน อยู่ในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 2.97) ซึ่งผลการวิจัย มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ ประมว และคณะ (2563) ศึกษาความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ใช้น้ำ ในเขตชลประทาน กรณีศึกษา โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่าโบสถ์ จังหวัดชัยนาท โดยผลการศึกษา พบว่า ระดับความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ใช้น้ำในเขตชลประทาน โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากเช่นกัน เมื่อพิจารณาในแต่ละด้านสามารถเรียงลำดับความพึงพอใจได้ดังนี้ 1) ด้านการบริหารจัดการน้ำ 2) ด้านการให้บริการของเจ้าหน้าที่ 3) ด้านการส่งน้ำและปรับปรุงบำรุงรักษา และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีระดับความพึงพอใจสูงที่สุดเป็นอันดับที่ 1 คือ โครงการมีการวางแผนการบริหารจัดการน้ำแต่ละฤดูกาล หรือประจำปี เนื่องจากเป้าหมายสูงสุดของเกษตรกร คือ การปลูกข้าวที่มุ่งเน้นการผลิตข้าวที่มีคุณภาพดีและปริมาณมาก เพื่อให้สามารถขายได้ในราคาที่ดี น้ำจึงเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญอย่างมาก ในการปลูกข้าว และการที่เกษตรกรทราบถึงแผนการจัดการน้ำตามฤดูกาลอย่างชัดเจน ส่งผลให้เกษตรกรสามารถเพาะปลูกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยสามารถเลือกปลูกข้าวที่เหมาะสมกับปริมาณน้ำที่มีอยู่ในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งช่วยเพิ่มความมั่นคงในการผลิต ลดความเสี่ยงจากการขาดแคลนน้ำ และลดต้นทุนการจัดหาน้ำเพิ่มเติม และผลการศึกษา ความพึงพอใจของเกษตรกรต่อการบริหารจัดการน้ำชลประทาน มีรายละเอียด ในแต่ละประเด็นตามลำดับดังนี้ (Table 1)

1) ความพึงพอใจต่อการจัดสรรน้ำชลประทานในพื้นที่ เมื่อพิจารณาตามประเด็นย่อย พบว่า เกษตรกร มีความพึงพอใจในการได้รับปริมาณน้ำที่เพียงพอต่อการเพาะปลูก อยู่ในระดับ

มาก (ค่าเฉลี่ย 3.95) รองลงมาคือ เกษตรกรมีความพึงพอใจต่อการจัดสรรน้ำเพียงพอกับความต้องการ ทำให้ช่วยลดปัญหาความขัดแย้งระหว่างเกษตรกรผู้ใช้น้ำ อยู่ในระดับมาก (เฉลี่ย 3.93) เกษตรกรมีความพึงพอใจที่ได้รับน้ำตามเวลาหรือตามแผนที่ทางโครงการชลประทานได้กำหนดไว้ อยู่ในระดับมาก (เฉลี่ย 3.92) เกษตรกรมีความพึงพอใจที่สามารถเพาะปลูกข้าวได้ผลผลิตมากขึ้นเมื่อมีโครงการชลประทาน อยู่ในระดับมาก (เฉลี่ย 3.82) ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า เกษตรกรได้รับน้ำเพียงพอ เนื่องจากโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพระองค์ไชยานุชิต ที่อยู่ในการกับดูแลของสำนักงานชลประทานที่ 11 มีการบริหารจัดการน้ำที่ดีจึงทำให้สามารถจัดสรรน้ำได้เพียงพอกับความต้องการเกษตรกร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พรพศุทธิ์ และคณะ (2564) ที่ศึกษาปัจจัยการจัดการองค์การโดยรวมที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของสำนักงานชลประทานที่ 11-13 พบว่า ความคิดเห็นเกี่ยวกับประสิทธิผลในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของสำนักงานชลประทานที่ 11-13 โดยรวมอยู่ในระดับมาก โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 3 อันดับ คือ ความสูญเสียทางเศรษฐกิจที่ลดลง อันเนื่องมาจากอุทกภัยและภัยแล้ง รองมาได้แก่ การยกระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนและชุมชนในพื้นที่ไปสู่ระดับการเสริมอำนาจการบริหารจัดการชลประทาน และการบริหารจัดการน้ำโดยให้ทุกภาคส่วนได้รับน้ำที่มีคุณภาพอย่างทั่วถึงและเป็นธรรมตามปริมาณนาต้นทุนที่มีในแต่ละปี

2) ความพึงพอใจต่อการให้บริการของเจ้าหน้าที่ชลประทาน เมื่อพิจารณาตามประเด็นย่อย พบว่า เกษตรกรมีความพึงพอใจในเรื่องเจ้าหน้าที่หรือผู้ประสานงานให้คำแนะนำและตอบปัญหาข้อซักถาม ตรงตามความต้องการเป็นอันดับ 1 อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.94) ทั้งนี้ในส่วนของตัวแทนในการประสานงานดังกล่าว คือ ผู้นำชุมชน จากการสังเกต พบว่า ผู้นำชุมชนเป็นตัวกลางเชื่อมโยง เนื่องจากเกษตรกรได้ให้ความไว้วางใจกับผู้นำชุมชนซึ่งเป็นผู้ประสานงานในพื้นที่ระหว่างเกษตรกรกับเจ้าหน้าที่ชลประทาน ซึ่งเป็นผู้ใกล้ชิดของเกษตรกร จึงทำให้มีความเข้าใจปัญหาต่างๆ ในพื้นที่ได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับ

งานวิจัยของ ศรวัสัย และคณะ (2566) ที่ศึกษาบทบาทของผู้นำชุมชนในการส่งเสริมการมีส่วนร่วมของชุมชนเพื่อสร้างความเข้มแข็งอย่างยั่งยืน กรณีศึกษายานดอนไทย อำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน พบว่า ผู้นำชุมชนเป็นผู้มีบทบาทหน้าที่ในการประสานงานต่างๆ ทั้งภายในและภายนอกชุมชน เป็นผู้ริเริ่มกระตุ้นให้คนในชุมชนอยากกระทำ จัดให้มีการศึกษาอบรม และดูงาน พาคิดพาทำเป็นตัวอย่าง ควบคุมความสัมพันธ์ในชุมชนทำหน้าที่ให้คำปรึกษาและเป็นที่ปรึกษาใจของชุมชน โดยผ่านหลักการทำงาน "รู้ รักสามัคคี" ประเด็นรองลงมาคือ เจ้าหน้าที่หรือผู้ประสานงานมีความสุภาพและอัธยาศัยดี มีความพร้อมในการให้บริการ อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.90) เจ้าหน้าที่หรือผู้ประสานงานมีความเข้าใจในการปฏิบัติหน้าที่และมีความสม่ำเสมอในการลงพื้นที่ อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.89) ช่องทางการติดต่อเจ้าหน้าที่หรือผู้ประสานงานมีความสะดวก ติดต่อดีได้ง่าย อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.83) เจ้าหน้าที่หรือผู้ประสานงานให้บริการเกษตรกรผู้ใช้น้ำทุกคนโดยไม่เลือกปฏิบัติ อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.77) ตามลำดับ

3) ความพึงพอใจต่อการดูแลและบำรุงรักษาคลองส่งน้ำ เมื่อพิจารณาตามประเด็นย่อยพบว่า เกษตรกรมีความพึงพอใจต่อการกำจัดวัชพืชในคลองส่งน้ำทำให้น้ำไหลได้สะดวก เป็นอันดับ 1 อยู่ในระดับมาก (เฉลี่ย 3.92) รองลงมาคือ คลองส่งน้ำคูส่งน้ำ ถนนบนคันคลอง และอาคารบังคับน้ำ มีความพร้อมในการใช้งาน อยู่ในระดับมาก (เฉลี่ย 3.84) และการขุดลอกตะกอนในคลองส่งน้ำเป็นประจำทำให้น้ำไหลได้สะดวก อยู่ในระดับมาก (เฉลี่ย 3.81) ตามลำดับ เนื่องจาก ในปีที่ผ่านมาหน่วยงานที่รับผิดชอบ ได้มีการกำจัดวัชพืชและขุดลอกคลองส่งน้ำอย่างต่อเนื่อง ส่งผลทำให้ปริมาณวัชพืชในคลองส่งน้ำลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน สอดคล้องกับ รายงานการติดตามและประเมินผลแผนพัฒนาประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 องค์การบริหารส่วนตำบลก้อแก้ว (2565) ได้ปฏิบัติงานตามยุทธศาสตร์การพัฒนาด้านโครงสร้างพื้นฐานทางเศรษฐกิจ โดยดำเนินการกำจัดวัชพืชและสิ่งปฏิกูลในคลองส่งน้ำสาธารณะตำบลก้อแก้ว สอดคล้องกับรายงานการติดตามและประเมินผล

แผนพัฒนาประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 องค์การบริหารส่วนตำบลคลองเขื่อน (2566) ได้ปฏิบัติงานตามยุทธศาสตร์การพัฒนาด้านการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยดำเนินการกำจัดผักตบชวาและวัชพืชในลำคลองภายในตำบลคลองเขื่อน สอดคล้องกับรายงานการติดตามและประเมินผลแผนพัฒนาประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 องค์การบริหารส่วนตำบลบางโรง (2566) ได้ปฏิบัติงานตามยุทธศาสตร์การพัฒนาด้านโครงสร้างพื้นฐานทางเศรษฐกิจ โดยดำเนินการจ้างเหมาเครื่องจักรในการกำจัดสิ่งกีดขวาง กิ่งไม้ เนินดิน และเศษวัชพืชในคลองภายในตำบลบางโรง และ สอดคล้องกับรายงานการติดตามและประเมินผลแผนพัฒนาประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 องค์การบริหารส่วนตำบลบางตลาด (2566) ได้ปฏิบัติงานตามยุทธศาสตร์การพัฒนาด้านการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยดำเนินการขุดลอกคลองสาธารณะภายในตำบลบางตลาด

4) ความพึงพอใจต่อกระบวนการส่งน้ำของหน่วยงานชลประทาน เมื่อพิจารณาตามประเด็นย่อย พบว่า เกษตรกรมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก คือ มีการประชาสัมพันธ์ข้อมูลข่าวสารให้แก่เกษตรกรผู้ใช้น้ำอย่างสม่ำเสมอ อยู่ในระดับมาก (เฉลี่ย 3.87) ทั้งนี้เพราะข่าวสารประชาสัมพันธ์ต่างๆ ถูกส่งผ่านผู้นำในชุมชน ประธานกลุ่มผู้ใช้น้ำ ทำให้เกษตรกรได้รับข่าวสารเกี่ยวกับชลประทาน อยู่เสมอ ได้แก่ แผนการส่งน้ำ รายงานการดูแลและบำรุงรักษา คลองส่งน้ำชลประทาน สถานการณ์ความเค็มในแม่น้ำบางปะกง รายงานสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้น เป็นต้น รองลงมาเกษตรกรมีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง คือ การเปิดโอกาสให้เกษตรกรผู้ใช้น้ำมีส่วนร่วมในการวางแผนการส่งน้ำ (เฉลี่ย 2.99) มีการสำรวจความต้องการใช้น้ำก่อนถึงฤดูกาลเพาะปลูก (เฉลี่ย 2.82) มีการกำหนดแผน ในการส่งน้ำประจำฤดูกาลที่ชัดเจน (เฉลี่ย 2.74) และ เกษตรกรมีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย คือ มีการอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้น้ำ ให้เกิดประสิทธิภาพ (เฉลี่ย 2.46) จากการสัมภาษณ์เกษตรกรกลุ่มตัวอย่างพบว่า การอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้น้ำให้เกิดประสิทธิภาพนั้นจัดขึ้นเพียงปีละ 1 ครั้ง ส่งผลให้

เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่ได้เข้ารับการอบรมเกี่ยวกับการบริหารจัดการน้ำ เนื่องจากเกษตรกรในบางพื้นที่ไม่มีการเข้าถึงข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการอบรม หรือไม่มีการประชาสัมพันธ์ที่เพียงพอ ทำให้ไม่ทราบถึงโอกาสในการเข้าอบรมที่มีอยู่ อีกทั้งการทำนามีฤดูกาลที่แน่นอน โดยเฉพาะในช่วงเวลาปลูกและเก็บเกี่ยวที่เป็นช่วงเวลาสำคัญ จึงทำให้ไม่สะดวกในการเข้าร่วมการอบรม หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรส่งเสริมการอบรมให้ความรู้การใช้น้ำให้เกิดประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เช่น การใช้น้ำในการผลิตข้าวอย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยรูปแบบจัดการน้ำเปียกสลับแห้ง (alternate wetting and drying) ซึ่งมีงานวิจัยของ จิตติวรณ และคณะ (2563) ศึกษาประสิทธิภาพการจัดการน้ำ

ด้วยวิธีแบบเปียกสลับแห้งต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าว พบว่า ประสิทธิภาพการใช้น้ำในการปลูกข้าวแบบเปียกสลับแห้งเป็นเทคนิคหนึ่งที่สามารถประหยัดน้ำโดยไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณผลผลิตข้าว และยังสามารถลดปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ยในการปลูกข้าว ถึงร้อยละ 52 เมื่อเทียบกับการทำนาข้าวแบบปกติ โดยสามารถนำผู้เชี่ยวชาญเข้าไปอบรมในพื้นที่ของเกษตรกร หรือจัดการอบรมใกล้ชุมชน เพื่อให้เกษตรกรสามารถเข้าร่วมได้สะดวกมากขึ้น เมื่อเกษตรกรแต่ละรายจัดการน้ำได้ดี จะส่งผลให้ทรัพยากรน้ำสามารถใช้งานได้อย่างยั่งยืน มีน้ำเพียงพอสำหรับเกษตรกรอย่างทั่วถึง

Table 1 Satisfaction of farmers with irrigation water management.

(N=283)			
Satisfaction	$\bar{x}$	S.D.	level
1. Farmers' satisfaction with the irrigation water distribution system			
1.1 Sufficient water supply for agriculture	3.95	0.93	high
1.2 Adequate water allocation can help reduce conflicts among water-using farmers	3.93	0.93	high
1.3 Receive water on time, as scheduled by the irrigation project	3.92	0.88	high
1.4 Rice yield can be increased with irrigation project	3.82	0.89	high
Average	3.90	0.62	high
2. Satisfaction with service provided by irrigation officers			
2.1 Provide guidance and address questions directly according to specific needs	3.94	0.96	high
2.2 The officers are polite with good manner and always ready to assist with any inquiries.	3.90	0.91	high
2.3 The officers are consistently dedicated to their duties during field visits.	3.89	0.97	high
2.4 The contact channels for officers are convenient and easily accessible.	3.83	0.96	high
2.5 The officers provide services to all water-using farmers without exception.	3.77	0.97	high
Average	3.86	0.70	high
3. Satisfaction with irrigation canal maintenance			
3.1 Weed removal in irrigation canals enhances water flow efficiency.	3.92	0.96	high
3.2 The Irrigation canals, ditches, roads on canal and regulated structure are all in serviceable condition.	3.84	0.89	high
3.3 Regular dredging of irrigation canals	3.81	0.96	high
Average	3.85	0.67	high

Table 1 (continued).

(N=283)

Satisfaction	$\bar{x}$	S.D.	level
4. Satisfaction with the water delivery process and maintenance process of Royal Irrigation Department			
4.1 Farmers' satisfaction with receiving the information	3.87	0.84	high
4.2 Engaging farmers in the water distribution planning process	2.99	0.95	medium
4.3 Survey of water requirements before the planting season	2.82	0.97	medium
4.4 Formulating a well-defined seasonal water delivery schedule	2.74	0.99	medium
4.5 Training session providing knowledge on efficient water usage	2.46	1.05	low
Average	2.97	0.59	medium

Levels of perceptions $\bar{x}$ 1.00- 1.80 = lowest, 1.81- 2.60= low, 2.61 – 3.40 medium, 3.41 – 4.20 = high
4.21 – 5.00 = highest

3. ความต้องการในการบริหารจัดการน้ำในเขตชลประทานของเกษตรกร

พบว่า ความต้องการของเกษตรกรต่อการบริหารจัดการน้ำชลประทาน โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.66) ประกอบไปด้วย 4 ประเด็นหลัก โดยเกษตรกรมีความต้องการอยู่ในระดับมาก 3 ประเด็น คือ ความต้องการด้านการรับผลประโยชน์ในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ (ค่าเฉลี่ย 4.09) ความต้องการด้านการดำเนินการและปฏิบัติในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ (ค่าเฉลี่ย 4.09) และ ความต้องการด้านการติดตามและประเมินผลในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ (ค่าเฉลี่ย 3.78) โดย ความต้องการด้านการวางแผนและตัดสินใจในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ อยู่ในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 2.97) ตามลำดับ (Table 2)

จากผลการศึกษาถึงความต้องการในการบริหารจัดการน้ำทั้ง 4 ประเด็น สะท้อนให้เห็นถึงความต้องการสำคัญที่เกษตรกรให้ความสนใจในการบริหารจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้ได้รับผลตอบแทนจากการใช้น้ำชลประทาน คือ ความต้องการในด้านการรับผลประโยชน์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ และการติดตามประเมินผล แสดงให้เห็นถึงความต้องการของเกษตรกรที่ต้องการให้มีการดำเนินงานดังกล่าวอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้แน่ใจว่าการบริหารจัดการน้ำเป็นไปตามที่คาดหวัง ในขณะที่

ความต้องการด้านการวางแผนและตัดสินใจในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ มีความต้องการในระดับปานกลาง สะท้อนให้เห็นว่า เกษตรกรมีความเชื่อมั่นในการวางแผนที่ดำเนินการโดยภาครัฐ และยังไม่เห็นถึงความสำคัญในการเข้าไปมีส่วนร่วมวางแผนตัดสินใจในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของอนุชา และคณะ (2565) ที่ศึกษาการมีส่วนร่วมของประชาชนในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ กรณีศึกษาลุ่มน้ำโดมใหญ่ พบว่า ความต้องการของประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมทั้ง 4 ด้าน คือ ความต้องการการมีส่วนร่วมในการประชาสัมพันธ์ ความต้องการการมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงาน ความต้องการการมีส่วนร่วมในการติดตามผลการปฏิบัติงาน และความต้องการมีส่วนร่วมในการวางแผน จะอยู่ในระดับปานกลางทั้งหมด เพราะประชาชนขาดความรู้ความเข้าใจ ทำให้ไม่สามารถจัดการทรัพยากรน้ำได้ด้วยตนเอง ดังนั้น กระบวนการที่ต้องดำเนินการเป็นอันดับแรก คือ การสร้างความเข้าใจการมีส่วนร่วมให้มากยิ่งขึ้น ผ่านกระบวนการประชาสัมพันธ์ ฝึกอบรมและศึกษาดูงาน และเพื่อการบริหารจัดการน้ำให้เกิดประสิทธิผลสำเร็จสูงสุด ตามยุทธศาสตร์กรมชลประทาน 20 ปี (พ.ศ.2561 – 2580) ในยุทธศาสตร์ที่ 4 ในการสร้างเครือข่าย และการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนในการบริหารจัดการน้ำชลประทานในระดับพื้นที่ (กรมชลประทาน, 2560)

ไม่สามารถกระทำได้โดยภาคส่วนใดภาคส่วนหนึ่งเพียงลำพัง แต่ต้องอาศัยการทำงานร่วมกันของทั้งภาครัฐ ภาคเอกชน ชุมชน เกษตรกร และประชาชนทั่วไป ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ นิภาพรณ (2565) ศึกษาพื้นที่ที่ประสบความสำเร็จ ในการบริหารจัดการน้ำ คือ พื้นที่ชุมชนป่าภูถ้ำ ที่มีปัญหาหลักได้แก่ ความแห้งแล้งซ้ำซาก โดยกระบวนการแก้ไขปัญหามาจากทุนทางสังคมที่เกิดจากการ

มีส่วนร่วมของผู้คนในชุมชนที่ตระหนักถึงปัญหาร่วมกัน และมีส่วนร่วมในวางแผนปรับวิถีการดำเนินชีวิต โดยเน้นเกษตรทฤษฎีใหม่ การผลิตพืชเชิงเดี่ยว พร้อมทั้งมีวิธีการจัดการปัญหาระยะยาวด้วยการค้นหาทางน้ำไหลและการสร้างคลองตักน้ำหลากที่เรียก “ชาแค” เป็นเครื่องมือสำคัญในการบริหารจัดการน้ำที่ประสบผลสำเร็จในพื้นที่

Table 2 Need of farmers for irrigation water management.

(N=283)

Need	$\bar{x}$	S.D.	level
The need for benefit realization in water resource management	4.09	0.75	high
The need for operation and implementation in water resource management	4.09	0.58	high
The need for monitoring and evaluation in water resource management	3.78	1.15	high
The need for planning and decision-making in water resource management	2.97	0.59	medium
Average	3.66	0.48	high

Levels of perceptions $\bar{x}$ 1.00- 1.80 = lowest, 1.81- 2.60= low, 2.61 – 3.40 medium, 3.41 – 4.20 = high
4.21 – 5.00 = highest

4. ผลการทดสอบสมมติฐาน

สถานภาพการเป็นสมาชิกกลุ่มผู้ใช้น้ำชลประทานกับความพึงพอใจ

การทดสอบแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ สมาชิกกลุ่มผู้ใช้น้ำตำบลบางโรง สมาชิกกลุ่มผู้ใช้น้ำตำบลคลองเขื่อน สมาชิกกลุ่มผู้ใช้น้ำตำบลกอนแก้ว-บางตลาด เมื่อทดสอบความแตกต่างโดยใช้สถิติ One-Way ANOVA โดยผลการศึกษาพบว่า ค่า p-value มีค่าเท่ากับ 0.02 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 ดังนั้น จึงยอมรับสมมติฐานทางเลือก (H_1) สรุปได้ว่า เกษตรกรที่มีสถานภาพการเป็นสมาชิกกลุ่มผู้ใช้น้ำชลประทานแตกต่างกัน มีความพึงพอใจต่อการบริหารจัดการน้ำชลประทานแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และเมื่อทดสอบ Post Hoc โดยวิธีการทดสอบแบบ Least significant difference (LSD) พบว่า มีความแตกต่างกันจำนวน 1 คู่ ได้แก่ สมาชิกกลุ่มผู้ใช้น้ำตำบลคลองเขื่อน กับ

สมาชิกกลุ่มผู้ใช้น้ำตำบลกอนแก้ว-บางตลาด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อนุพงศ์ (2560) ที่ศึกษาความคาดหวังและความพึงพอใจของเกษตรกรในการเข้าร่วมกลุ่มบริหารการใช้น้ำชลประทาน อำเภอทุ่งเสลี่ยม จังหวัดสุโขทัย ผลการศึกษา พบว่าความคาดหวังและความพึงพอใจของกลุ่มบริหารการใช้น้ำฝายแม่บ่อทองและทางระบายน้ำเหมืองนาฝายศรีเสลี่ยมคลองลาน และฝายแม่ถัน มีความคาดหวังและความพึงพอใจแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 เนื่องจาก การบริหารจัดการน้ำพื้นที่อำเภอคลองเขื่อน มีลักษณะเป็นพื้นที่ดอนช่วงตอนกลางของพื้นที่สภาพภูมิประเทศมีระดับสูงลักษณะคล้ายกระทะคว่ำ (กรมชลประทาน, 2565) ซึ่งพื้นที่ตำบลคลองเขื่อนมีพื้นที่สูงกว่าพื้นที่ตำบลอื่นๆ ประกอบกับพื้นที่ตำบลบางโรงได้รับน้ำจากคลองบางขนาก พื้นที่ตำบลกอนแก้ว และพื้นที่ตำบลบางตลาดได้รับน้ำจากคลองนครเนื่องเขตซึ่งเป็น

คลองชลประทานสายหลัก ดังนั้นเมื่อโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพระองค์ไชยานุชิต มีการจัดสรรน้ำมายังพื้นที่ทำการเกษตร ส่งผลทำให้เกษตรกรผู้ปลูกข้าวที่เป็นสมาชิกกลุ่มผู้ใช้น้ำตำบลคลองเขื่อนได้รับน้ำลำดับสุดท้าย อีกทั้งพื้นที่ตำบลกอนแก้วยังเป็นที่ตั้งสำนักงานกลุ่มบริหารการใช้น้ำคลองข้างคันกันน้ำ

สายบางขนาก-ท่าไข่ ทำให้สมาชิกกลุ่มผู้ใช้น้ำตำบลกอนแก้ว-บางตลาด มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับผู้นำที่มีการติดต่อสื่อสารกับสมาชิกในชุมชนอยู่เสมอ จึงส่งผลให้ความพึงพอใจของสมาชิกกลุ่มผู้ใช้น้ำตำบลกอนแก้ว – บางตลาด กับสมาชิกกลุ่มผู้ใช้น้ำตำบลคลองเขื่อนมีความแตกต่างกัน (Table 3)

Table 3 Hypothesis testing on the relationship between memberships status in water user groups and satisfaction.

(N=283)

Memberships in water users	$\bar{x}$	Bang Rong group	Khleng Khuean group	Konkaew - Bang Talat group
		3.65	3.54	3.72
Bang Rong group	3.65	-	0.078	0.232
Khleng Khuean group	3.54	-	-	0.006*
Konkaew - Bang Talat group	3.72	-	-	-

*Statistically significant at the 0.05 level

สรุป

เกษตรกรผู้ตอบแบบสอบถามมากกว่าครึ่งเป็นผู้หญิง อยู่ในช่วงวัยทำงาน และส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษา มีการถือครองที่ดินทำการเกษตรส่วนใหญ่เป็นนาเช่ามากกว่าเป็นของตนเอง มีประสบการณ์ในการทำนาสูง แต่ยังขาดแรงงานด้านการเกษตรในครัวเรือน โดยที่เกษตรกรมากกว่าครึ่งทำนาเพียงคนเดียวในครัวเรือน ในส่วนการปลูกข้าวนั้น เกษตรกรในพื้นที่สามารถปลูกข้าวได้ 2 ครั้งต่อปี โดยในรอบนาปี อยู่ในช่วงฤดูฝนตามที่กรมอุตุนิยมวิทยาประกาศ และในรอบนาปีตรงกับช่วงฤดูแล้ง ซึ่งทางโครงการฯ ได้มีการจัดสรรน้ำให้กับเกษตรกรที่เป็นสมาชิกกลุ่มผู้ใช้น้ำ โดยแบ่งพื้นที่รับน้ำออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ สมาชิกกลุ่มผู้ใช้น้ำกลุ่มตำบลบางโรง สมาชิกกลุ่มผู้ใช้น้ำกลุ่มตำบลกอนแก้ว-บางตลาด และสมาชิกกลุ่มผู้ใช้น้ำกลุ่มตำบลคลองเขื่อน ทั้งนี้เกษตรกรส่วนใหญ่ได้รับข้อมูลข่าวสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการน้ำชลประทาน มาจากผู้นำชุมชนและเพื่อนบ้าน สำหรับความพึงพอใจของเกษตรกรต่อการบริหารจัดการน้ำชลประทาน ในภาพรวมเกษตรกรมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก แบ่งออกเป็น 4 ประเด็นหลัก

จากมากไปน้อย คือ 1) ด้านการจัดสรรน้ำชลประทานในพื้นที่ 2) ด้านการให้บริการของเจ้าหน้าที่ชลประทาน หรือผู้ประสานงาน 3) ด้านการดูแลและบำรุงรักษาคล่องส่งน้ำชลประทาน 4) ด้านกระบวนการส่งน้ำของกรมชลประทาน ส่วนความต้องการของเกษตรกรต่อการบริหารจัดการน้ำชลประทาน โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก แบ่งออกเป็น 4 ประเด็นหลักจากมากไปน้อย โดยเกษตรกรมีความต้องการ 1) ด้านการรับผลประโยชน์ในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ 2) ด้านการดำเนินการและปฏิบัติในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ 3) ด้านการติดตามและประเมินผลในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ 4) ด้านการวางแผนและตัดสินใจในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ โดยผลทดสอบสมมติฐาน สรุปได้ว่า เกษตรกรที่มีสถานภาพการเป็นสมาชิกกลุ่มผู้ใช้น้ำชลประทาน แตกต่างกัน มีความพึงพอใจต่อการบริหารจัดการน้ำชลประทาน แตกต่างกัน สำหรับข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย มีดังต่อไปนี้

1. โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพระองค์ไชยานุชิตร่วมกับสำนักงานเกษตรดำเนินการอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้น้ำให้เกิดประสิทธิภาพ

ตามความต้องการของเกษตรกรและปรับการจัดอบรมให้ตรงกับช่วงเวลาที่เหมาะสมที่มีความยืดหยุ่น เช่น หลังการเก็บเกี่ยว หรือก่อนฤดูปลูก เพื่อให้เกษตรกรสามารถเข้าร่วมการอบรมได้อย่างน้อย 2-3 ครั้งต่อปีเนื่องจากผลการวิจัยครั้งนี้พบว่า เกษตรกรผู้ใช้น้ำมีความพึงพอใจประเด็นการอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้น้ำให้เกิดประสิทธิภาพอยู่ในระดับน้อย

2. โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพระองค์ไชยานุชิต ควรดำเนินการสร้างความเข้าใจในบทบาทหน้าที่ชัดเจนของเกษตรกรในการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ โดยจัดตั้งคณะกรรมการจากตัวแทนเกษตรกรผู้ใช้น้ำในแต่ละหมู่บ้าน เพื่อให้เกษตรกรเข้ามามีบทบาทในการตัดสินใจเกี่ยวกับการใช้น้ำในชุมชนของตน และจัดให้มีเวทีแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างชุมชนหรือกลุ่มเกษตรกรอย่างสม่ำเสมอ เนื่องจากผลการวิจัยครั้งนี้พบว่า เกษตรกรผู้ใช้น้ำมีความต้องการด้านการวางแผนและตัดสินใจในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำลำดับสุดท้าย ซึ่งมองว่าเป็นหน้าที่ของผู้นำชุมชน

3. เกษตรกรผู้ใช้น้ำชลประทานควรมีส่วนร่วมในการประชุมและตัดสินใจเรื่องการส่งน้ำ รวมถึงการกำหนดเวลาที่เหมาะสมสำหรับการจัดสรรน้ำในพื้นที่ และเข้าไปมีส่วนร่วมในการตรวจสอบและบำรุงรักษา โดยการกำจัดวัชพืช ที่กีดขวางในคลองส่งน้ำพื้นที่ของตน เพื่อให้การจัดสรรน้ำในพื้นที่ตรงตามความต้องการของเกษตรกรและเป็นการเตรียมความพร้อมในการรับน้ำตามคลองต่างๆ ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นซึ่งเป็นสิ่งที่เกษตรกรสามารถดำเนินการได้เองโดยไม่ต้องรบกวนงบประมาณ

เอกสารอ้างอิง

กรมชลประทาน. 2560. ยุทธศาสตร์กรมชลประทาน 20 ปี (พ.ศ.2561 – 2580). กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 91 หน้า.

กรมชลประทาน. 2565. เกณฑ์การพัฒนาคูณภาพการบริหารจัดการโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพระองค์ไชยานุชิต ประจำปี 2567. เอกสารวิชาการ. โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา

พระองค์ไชยานุชิต สำนักงานชลประทานที่ 11, ฉะเชิงเทรา. 102 หน้า.

คลังข้อมูลน้ำแห่งชาติ. 2566. ติดตามสถานการณ์น้ำ. (ระบบออนไลน์). แหล่งที่มา: <https://www.thaiwater.net/water> (11 กันยายน 2566).

จิตติวรรณ บำรุงบุตร, พงษ์เทพ หาญพัฒน์กิจ, อานาจ ชิดไธสง, สุชมาภรณ์ แสงงาม และศุภิกา วานิชชัง. 2563. ประสิทธิภาพการจัดการน้ำด้วยวิธีแบบเปียกสลับแห้งต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าว. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 12(24): 10-22.

นิภาพรณ เจนสันติกุล. 2565. การประยุกต์ใช้ทฤษฎีกลุ่มการมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ชุมชนป่าภูถ้ำและแก่งละว้า จังหวัดขอนแก่น. วารสารสังคมศาสตร์บูรณาการ มหาวิทยาลัยมหิดล 9(2): 215-239.

ปรมะ สิงห์ชัย ชวเลข วณิชเวทิน และพิพัฒน์ สอนวงษ์. 2563. ความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ใช้น้ำในเขตชลประทาน กรณีศึกษา โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่าโบสถ์จังหวัดชัยนาท. หน้า 2192-2201. ใน: การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 25. การประชุมออนไลน์.

พรพศุทธิ์ อิตติทรัพย์อุดม, สมยศ อวเกียรติ และसानิต ศิริวิศิษฐ์กุล. 2564. ปัจจัยการจัดการองค์การโดยรวมที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของสำนักงานชลประทานที่ 11-13. วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา 15(1): 75-87.

วิษณุ อรรถวานิช. 2566. เฝ้าระวัง “เอลนีโญ” ปลายปี 2566 ไทยเสี่ยงเจอภัยแล้ง-ร้อนผิดปกติ. (ระบบออนไลน์). แหล่งที่มา: <https://www.tnnthailand.com/news/earth/139360> (5 กันยายน 2566).

ศรวิทย์ สมสวัสดิ์, พลกฤต รักจุล และนิลุบล ศรีเทพ. 2566. บทบาทของผู้นำชุมชนในการส่งเสริมการมีส่วนร่วมของชุมชนเพื่อสร้างความเข้ม

- แข็งอย่างยั่งยืน กรณีศึกษาบ้านดอนไชย อำเภอลำปาง จังหวัดน่าน. วารสารการบริหารและสังคมศาสตร์ปริทรรศน์ 6(3): 61-72.
- องค์การบริหารส่วนตำบลก้อแก้ว. 2565. รายงานการติดตามและประเมินผลแผนพัฒนาท้องถิ่น (พ.ศ.2561-2565) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565. องค์การบริหารส่วนตำบลก้อแก้ว, ฉะเชิงเทรา. 48 หน้า.
- องค์การบริหารส่วนตำบลคลองเขื่อน. 2566. รายงานการติดตามและประเมินผลแผนพัฒนาท้องถิ่น ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 ครั้งที่ 2 (ระหว่างเดือนเมษายน - กันยายน 2566). องค์การบริหารส่วนตำบลคลองเขื่อน, ฉะเชิงเทรา. 36 หน้า.
- องค์การบริหารส่วนตำบลบางตลาด. 2566. รายงานผลการดำเนินงานตามแผนพัฒนาท้องถิ่น ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566. องค์การบริหารส่วนตำบลบางตลาด, ฉะเชิงเทรา. 43 หน้า.
- องค์การบริหารส่วนตำบลบางโรง. 2566. รายงานการติดตามและประเมินผลแผนพัฒนาท้องถิ่น ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 (ระหว่างวันที่ 1 ตุลาคม 2565 - 30 กันยายน 2566). องค์การบริหารส่วนตำบลบางโรง, ฉะเชิงเทรา. 33 หน้า.
- อนุชา เพียรชนะ, จิรญา แก้วปัทมฉาย และช่อภา วงษ์สมบัติ. 2565. การมีส่วนร่วมของประชาชนในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ กรณีศึกษากลุ่มน้ำโดมใหญ่. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด 16(2): 198-209.
- อนุพงศ์ ขอบเขต. 2560. ความคาดหวังและความพึงพอใจของเกษตรกรในการเข้าร่วมกลุ่มบริหารการใช้น้ำชลประทาน อำเภอทุ่งเสลี่ยม จังหวัดสุโขทัย. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 35(2): 55-63.

ปัจจัยที่มีผลต่อการลดต้นทุนการผลิตข้าวของเกษตรกร
ในตำบลบ่อทอง อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก

Factors Affecting the Reduction of Rice Production Costs of Farmers
in Bo Thong Subdistrict, Bang Rakam District, Phitsanulok Province

ศิริพร นิลนนท์เนตร¹ นาริรัตน์ สีระสาร^{1*} และจรรยา สิงห์คำ¹

Siriporn Ninnonnate¹, Nareerut Seerasarn^{1*} and Junya Singkham¹

Received: September 23, 2024

Revised: November 5, 2024

Accepted: November 6, 2024

Abstract: The objectives of this research were to study basic economic and social conditions and factors affecting the reduction of rice production costs of farmers. The population consisted of rice farmers in Bo Thong Subdistrict, Bang Rakam District, Phitsanulok Province. There were 413 registered farmers in 2023/2024. The sample size using Taro Yamane's formula with a margin of error of 0.05, resulted in a sample group of 204 cases, obtained through simple random sampling. Data were collected by conducting interviews. Data were analyzed by frequency distribution, percentage, mean, standard deviation and multiple regression analysis. The results of the research found that 1) most farmers were male, the average age of 53.20 years and completed primary school. The average household size was 3.62 people, the average rice production experience of 26.52 years, the average rice production area was 31.69 rai. The average number of workers in rice production was 2.10 people. The average rice production income was 364,804.51 baht per year. The average total debt was 358,583.33 baht. 2) factors affecting the reduction of rice production costs include experience in rice production and distribution of total liabilities of farmers.

Keywords: Cost reduction, Phitsanulok, Rice production

บทคัดย่อ: การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) สภาพพื้นฐานทางเศรษฐกิจและสังคม และ 2) ปัจจัยที่มีผลต่อการลดต้นทุนการผลิตข้าวของเกษตรกร ประชากรที่ใช้ในการวิจัยคือ เกษตรกรผู้ปลูกข้าวในตำบลบ่อทอง อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก ที่ขึ้นทะเบียนเกษตรกร ปี พ.ศ. 2566/2567 จำนวน 413 ราย กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้สูตรของทาโร ยามานะ ที่ระดับความคลาดเคลื่อน 0.05 ได้กลุ่มตัวอย่าง 204 ราย โดยวิธีการสุ่มแบบง่าย เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูลคือแบบสัมภาษณ์ และนำมาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการแจกแจงความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ ผลการวิจัย พบว่า 1) เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีอายุเฉลี่ย 53.20 ปี จบการศึกษาระดับประถมศึกษา มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 3.62 คน มีประสบการณ์ผลิตข้าวเฉลี่ย 26.52 ปี มีพื้นที่ผลิตข้าวเฉลี่ย 31.69 ไร่ มีจำนวนแรงงานที่ใช้ผลิตข้าว

¹บัณฑิตศึกษา วิชาเอกส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

จังหวัด นนทบุรี 11120

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

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

เฉลี่ย 2.10 คน มีรายได้ผลิตข้าวเฉลี่ย 364,804.51 บาทต่อปี มีหนี้สินรวมเฉลี่ย 358,583.33 บาท 2) ปัจจัยที่มีผลต่อการลดต้นทุนการผลิตข้าว ได้แก่ ประสิทธิภาพการผลิตข้าว และระดับหนี้สินรวม

คำสำคัญ: การลดต้นทุน, พิษณุโลก, การผลิตข้าว

คำนำ

ข้าวถือเป็นพืชสำคัญของประเทศไทย และเป็นหนึ่งในพืชเกษตรที่ใช้ในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจมาอย่างยาวนาน ทั้งการส่งออก และบริโภคภายในประเทศ ซึ่งการผลิตข้าวมีวิวัฒนาการไปอย่างมาก ทั้งรูปแบบการปลูก การดูแล เก็บเกี่ยว และการพัฒนาสายพันธุ์เพื่อตอบสนองความต้องการของตลาด และสร้างความมั่นคงด้านอาหาร โดยสถานการณ์ข้าวในประเทศไทยในด้านการผลิต ข้าวนาปี ปี พ.ศ. 2565/2566 มีเนื้อที่เพาะปลูก 62,838,047 ไร่ ผลผลิต 26,711,735 ตัน และผลผลิต 449 กิโลกรัมต่อไร่ และข้าวนาปรัง ปี พ.ศ. 2565 มีเนื้อที่เพาะปลูก 9,547,390 ไร่ ผลผลิต 6,171,197 ตัน และผลผลิต 648 กิโลกรัมต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566)

ในปี พ.ศ. 2566 ประเทศไทยส่งออกข้าวได้ 8,763,265.51 ตัน ตามภาวะเศรษฐกิจโลกที่คาดว่าจะขยายตัวต่อเนื่องจากช่วงกลางปี พ.ศ. 2565 และราคาข้าวไทยยังอยู่ในระดับที่แข่งขันได้ โดยราคายังอยู่ในเกณฑ์ดี ตามภาวะเศรษฐกิจโลกที่คาดว่าจะกลับเข้าสู่ภาวะปกติ แต่ยังมีปัจจัยเสี่ยงที่ต้องติดตามและเฝ้าระวัง คือ นโยบายข้าวต่างประเทศ คุณภาพข้าวสูง ประกาศระงับการส่งออกข้าวหัก กำหนดอัตราภาษีส่งออกข้าว สถานการณ์ความขัดแย้งระหว่างรัสเซียและยูเครน รวมไปถึงระบบการจัดการขนส่งสินค้า ความผันผวนของอัตราแลกเปลี่ยน ปัญหาด้านเศรษฐกิจ และภัยธรรมชาติ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566)

จังหวัดพิษณุโลกเป็นอีกจังหวัดหนึ่งที่มีการปลูกข้าวเป็นจำนวนมาก มีเนื้อที่เพาะปลูกจำนวน 1,464,600 ไร่ ผลผลิต (ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์) 582 กิโลกรัมต่อไร่ และปริมาณผลผลิตที่จะออกสู่ตลาดช่วงเดือนกรกฎาคม 2566 - มกราคม 2567 จำนวน 830,757 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรที่

2, 2566) โดยอำเภอบางระกำ มีเนื้อที่เพาะปลูกข้าวมากเป็นอันดับที่ 2 ของจังหวัดพิษณุโลก รองจากอำเภอฟาร์มโพธิ์ และพื้นที่การเกษตรส่วนใหญ่ของตำบลบ่อทอง อำเภอบางระกำ เป็นพื้นที่เพาะปลูกข้าว จำนวน 13,377.75 ไร่ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2566) โดยเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในพื้นที่ส่วนใหญ่มีต้นทุนการผลิตสูงมาก ซึ่งเกิดปัญหาจากต้นทุนและราคาปัจจัยการผลิตที่สูงขึ้น เช่น ราคาปุ๋ยเคมี สารเคมีกำจัดแมลง สารเคมีกำจัดวัชพืช ค่าจ้างราคาน้ำมันเชื้อเพลิง เป็นต้น รวมไปถึงเกษตรกรไม่มีที่ดินทำการเกษตรเป็นของตนเอง และไม่มีองค์ความรู้ทำให้เกษตรกรใช้วิธีการปลูกข้าวแบบดั้งเดิม ไม่มีการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการผลิต ทำให้คุณภาพข้าวลดลงไม่เป็นไปตามความต้องการของตลาด อีกทั้งไม่สามารถกำหนดราคาจำหน่ายผลผลิตทางการเกษตรได้นอกจากนี้เกษตรกรยังขาดการบันทึกข้อมูลรายรับ และรายจ่ายในการผลิตข้าว ทำให้ไม่สามารถคำนวณต้นทุน และผลกำไรในการผลิตข้าวที่แท้จริงได้ (สำนักงานเกษตรอำเภอบางระกำ, 2567) จากสภาพปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น จึงควรศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการลดต้นทุนการผลิตข้าวของเกษตรกรในตำบลบ่อทอง อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก เพื่อศึกษาสภาพพื้นฐานทางเศรษฐกิจและสังคม และเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการลดต้นทุนการผลิตข้าวของเกษตรกร ทำให้เกษตรกรเกิดรายได้จากการผลิตข้าวที่เพิ่มขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (survey research) ประชากรที่ใช้ศึกษา คือ เกษตรกรผู้ปลูกข้าวในตำบลบ่อทอง อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก ที่ขึ้นทะเบียนเกษตรกร ปี พ.ศ. 2566/2567 จำนวน 413 ราย ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดขนาดของ

กลุ่มตัวอย่าง โดยใช้สูตรของ Taro Yamane (Yamane, 1973) ที่ระดับความคลาดเคลื่อน 0.05 ได้กลุ่มตัวอย่าง 204 ราย และสุ่มตัวอย่าง เกษตรกรของแต่ละหมู่บ้านโดยการจับสลากตาม หัวหน้าเกษตรกรตามสัดส่วนในแต่ละหมู่บ้าน สุ่มตัวอย่างแบบง่าย เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูลคือ แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง โดยมีคำถาม และ คำตอบ ทั้งนี้ ตรวจสอบความเชื่อมั่น (reliability) ของแบบสัมภาษณ์ โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ แบบเพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient) มีค่าความเชื่อมั่นที่ 0.89 สะท้อนถึงปัญหาของ เกษตรกรเกี่ยวกับการลดต้นทุนการผลิตข้าวในการ ศึกษาครั้งนี้ แล้วดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลแบบ สัมภาษณ์จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง มีเกณฑ์

สถิติที่ใช้วิเคราะห์ ได้แก่ ค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์การถดถอย เชิงพหุคูณ โดยวิเคราะห์ระหว่างตัวแปรอิสระ 10 ตัวแปร และตัวแปรตาม 1 ตัวแปร

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา และ สถิติเชิงอนุมาน ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1) สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) ได้แก่ ค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วน เบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อบรรยายข้อมูลพื้นฐานทาง เศรษฐกิจและสังคมเกี่ยวกับต้นทุนการผลิตข้าว

2) สถิติเชิงอนุมาน (inferential statistics) เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการลดต้นทุนการผลิตข้าว โดย การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (multiple regression analysis) ซึ่งรูปแบบจำลองสามารถแสดงได้ ดังนี้

$$Y = \alpha_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + \beta_7 X_7 + \beta_8 X_8 + \beta_9 X_9 + \beta_{10} X_{10} + e$$

โดยกำหนดให้ Y หมายถึง ต้นทุนการผลิตข้าว (หน่วย: บาทต่อไร่)

α_0 หมายถึง ค่าคงที่

β หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ตัวประมาณของค่าพารามิเตอร์

e หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อน

X หมายถึง ตัวแปรอิสระ ได้แก่ X_1 หมายถึง อายุ (ปี) X_2 หมายถึง จำนวนสมาชิก ในครัวเรือน (คน) X_3 หมายถึง ประสบการณ์ผลิตข้าว (ปี) X_4 หมายถึง พื้นที่ผลิตข้าว (ไร่) X_5 หมายถึง จำนวนรอบ การผลิตข้าว (ครั้งต่อปี) X_6 หมายถึง จำนวนแรงงานที่ใช้ผลิตข้าว (คน) X_7 หมายถึง รายได้ผลิตข้าว (บาทต่อปี) X_8 หมายถึง หนี้สินรวม (บาท) X_9 หมายถึง ผลผลิตข้าว (กิโลกรัมต่อไร่) และ X_{10} หมายถึง ราคาผลผลิตข้าว (บาท ต่อกิโลกรัม)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. สภาพพื้นฐานทางเศรษฐกิจและสังคม

สภาพพื้นฐานทางสังคม พบว่า เกษตรกร ร้อยละ 55.90 เป็นเพศชาย มีอายุเฉลี่ย 53.20 ปี จบการศึกษาระดับประถมศึกษา มีจำนวนสมาชิกใน ครัวเรือนเฉลี่ย 3.62 คน และมีประสบการณ์ในการ

ผลิตข้าวเฉลี่ย 26.52 ปี (Table 1) สอดคล้องกับ สราลี (2562) และศักดิ์สิทธิ์ (2560) เนื่องจากการ ผลิตข้าวของเกษตรกรเป็นอาชีพหลักทำให้มีการ สืบทอดจากรุ่นสู่รุ่น อีกทั้งยังเป็นพื้นที่เหมาะสมต่อการ ปลูกข้าว ทำให้เกษตรกรมีประสบการณ์และทำการ ผลิตข้าวอย่างต่อเนื่อง

Table 1 Demographic and social characteristics of respondents.

(N=204)

Items	Frequency	Percentage
Gender		
Male	114	55.90
Female	90	44.10

Table 1 (continued).

(N=204)

Items	Frequency	Percentage
Age (years)		
Less than or equal to 40	38	18.60
41 - 50	40	19.60
51 - 60	66	32.40
61 - 70	52	25.50
Greater than or equal to 71	8	3.90
Max = 84 Min = 25 $\bar{X}$ = 53.20 S.D. = 11.742		
Education level		
Not educated	4	2.00
Primary education	118	57.80
Junior high school	24	11.80
High school/Vocational certificate	43	21.10
Associate degree/Vocational certificate	6	2.90
Bachelor's degree	9	4.40
Number of household size (people)		
Less than or equal to 2	46	22.50
3 - 4	104	51.00
Greater than or equal to 5	54	26.50
Max = 8 Min = 1 $\bar{X}$ = 3.62 S.D. = 1.343		
Experience in rice production (years)		
Less than or equal to 10	42	20.60
11 - 20	30	14.70
21 - 30	60	29.40
31 - 40	47	23.00
Greater than or equal to 41	25	12.30
Max = 58 Min = 2 $\bar{X}$ = 26.52 S.D. = 13.722		

สภาพพื้นฐานทางเศรษฐกิจพบว่าเกษตรกรมีพื้นที่ผลิตข้าวเฉลี่ย 31.69 ไร่ ร้อยละ 67.20 มีการเช่าพื้นที่ มีการใช้น้ำบ่อบาดาล มีจำนวนแรงงานที่ใช้ในการผลิตข้าวเฉลี่ย 2.10 คน มีรายได้ในการผลิตข้าวเฉลี่ย 364,804.51 บาทต่อปี และมีหนี้สินรวมเฉลี่ย 358,583.33 บาท (Table 2) ซึ่งมีพื้นที่ผลิตข้าวแตกต่างกับงานวิจัยของ สราลี (2562) มีรายได้ในการผลิตข้าวแตกต่างกับงานวิจัยของ สราลี (2562)

และมีหนี้สินรวมแตกต่างกับงานวิจัยของ เพ็ญภา (2564) เนื่องจากในลักษณะทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่มีความเหมาะสมในแต่ละด้าน และราคาปัจจัยการผลิตในแต่ละรอบที่แตกต่างกันทำให้กระบวนการผลิตข้าวอาจแตกต่างกัน จึงทำให้ต้นทุนการผลิตข้าว และผลผลิตข้าวแตกต่างกัน จะเห็นได้จากการที่เกษตรกรมีต้นทุนในการผลิตข้าวที่สูงส่งผลต่อรายได้และหนี้สินในการผลิตข้าวของเกษตรกรที่แตกต่างกันเช่นกัน

Table 2 Economic characteristics of farmers.

(N=204)

Items	Frequency	Percentage
Rice production area (rai)		
Less than or equal to 15	44	21.60
16 - 25	42	20.60
26 - 35	48	23.50
36 - 45	30	14.70
Greater than or equal to 46	40	19.60
Max = 100 Min = 2 $\bar{x}$ = 31.69 S.D. = 18.180		
Characteristics of ownership of rice production areas (answer more than 1 question)		
Rent	137	67.20
Owned	127	62.30
Family - owned	39	19.10
Water sources used in rice production (answer more than 1 question)		
Artesian well	188	92.20
Public ditch	77	37.70
Own pond	45	22.10
Electric pump canal	37	18.10
Irrigation canal	22	10.80
Number of workers used in rice production (people)		
1	34	16.70
2	119	58.30
3	47	23.00
4	4	2.00
Max = 4 Min = 1 $\bar{x}$ = 2.10 S.D. = 0.684		
Income from rice production (baht per year)		
Less than or equal to 100,000	22	10.80
100,001-250,000	27	13.20
250,001-400,000	93	45.60
400,001-550,000	30	14.70
Greater than or equal to 550,001	32	15.70
Max = 1,500,000 Min = 30,000 $\bar{x}$ = 364,804.51 S.D. = 210,426.336		
Distribution of total liabilities of farmers (baht)		
Less than or equal to 100,000	55	27.00
100,001-300,000	39	19.10
300,001-500,000	68	33.30
500,001-700,000	26	12.70
Greater than or equal to 700,001	16	7.80
Max = 1,600,000 Min = 20,000 $\bar{x}$ = 358,583.33 S.D. = 297,097.881		

2. ปัจจัยที่มีผลต่อการลดต้นทุนการผลิตข้าว

จากการศึกษาต้นทุนการผลิตข้าว พบว่า เกษตรกรมีต้นทุนการผลิตข้าวเฉลี่ย 5,871.74 บาทต่อไร่ เรียงลำดับจากต้นทุนการผลิตข้าวมากที่สุดไปน้อยที่สุด ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการดูแลเฉลี่ย 3,046.74 บาทต่อไร่ ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ (ค่าเช่าพื้นที่ และค่าบำรุงรักษา ซ่อมแซมเครื่องจักร) เฉลี่ย 1,323.09 บาทต่อไร่ ค่าใช้จ่ายในการผลิตเฉลี่ย 631.13 บาทต่อไร่ ค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยวและขนส่งเฉลี่ย 522.06 บาทต่อไร่

และค่าเตรียมดินเฉลี่ย 341.76 บาทต่อไร่ ตามลำดับ (Table 3) ซึ่งมีต้นทุนการผลิตข้าวเฉลี่ยแตกต่างกับต้นทุนการผลิตข้าวเฉลี่ยของประเทศไทย 7,773 บาทต่อไร่ (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2566) เนื่องจากลักษณะพื้นที่ กระบวนการผลิตข้าว และราคาปัจจัยการผลิตในแต่ละรอบมีความแตกต่างกัน ส่งผลให้เกษตรกรมีแนวโน้มในการนำปัจจัยการผลิตและเทคโนโลยีใหม่ๆ มาใช้ในการผลิตเพิ่มมากขึ้นอย่างชัดเจน

Table 3 Rice production costs of farmers.

(N=204)

Items	$\bar{x}$	S.D.
Total rice production costs (baht per rai)	5,871.74	1,446.639
Production supervision cost	3,046.74	1,186.345
Other cost	1,323.09	738.698
Production cost	631.13	157.658
Harvest and shipping cost	522.06	103.216
Soil preparation cost	341.76	131.501

การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Table 4) อธิบายได้ดังนี้

สัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (coefficient of determination หรือ R^2) มีค่าเท่ากับ 0.12 แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองการถดถอยพหุคูณ (Table 4) สามารถอธิบายความแปรปรวนในต้นทุนการผลิตข้าวของเกษตรกรในตำบล บ่อทอง อำเภอบางระก่า จังหวัดพิษณุโลก ร้อยละ 12.00 ซึ่งอาจเกิดจากปัจจัยอื่นๆ ที่ไม่ได้นำมาใช้ในการวิเคราะห์ ที่อาจส่งผลต่อต้นทุนการผลิตข้าว เช่น ราคาปัจจัยการผลิต ความรู้

ในการผลิตข้าว และการปฏิบัติในการผลิตข้าวที่ถูกต้อง ขณะที่สัมประสิทธิ์ของตัวแปรประสบการณ์ผลิตข้าว (X_3) มีค่าเท่ากับ 35.023 หมายถึง เมื่อจำนวนประสบการณ์ผลิตข้าวเพิ่มขึ้น 1 ปี ทำให้ต้นทุนการผลิตข้าวเพิ่มขึ้น 35.023 บาทต่ออิกโลกรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และสัมประสิทธิ์ของตัวแปรหนี้สินรวม (X_0) มีค่าเท่ากับ 0.001 หมายถึง เมื่อหนี้สินเพิ่มขึ้น 1,000 บาทต่อปี ทำให้ต้นทุนการผลิตข้าวเพิ่มขึ้น 0.001 บาทต่ออิกโลกรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

Table 4 Multiple regression analysis.

(N=204)

Variable	Coefficient	S.E.	Beta	t	sig
α_0	4889.313	2102.998		2.325	.021
X_1	-13.182	13.826	-.107	-.953	.342
X_2	-3.540	85.296	-.003	-.042	.967
X_3	35.023	11.859	.332	2.953	.004

Table 4 (continued).

(N=204)

Variable	Coefficient	S.E.	Beta	t	sig
X ₄	-10.949	7.214	-.137	-1.518	.131
X ₅	306.626	274.638	.082	1.116	.266
X ₆	116.308	172.698	.055	.673	.501
X ₇	.000	.001	.037	.424	.672
X ₈	.001	.000	.192	2.592	.010
X ₉	-.090	1.271	-.005	-.071	.944
X ₁₀	-13.567	183.603	-.005	-.074	.941

R=0.346 R²=0.120 Std.Error=1388.750 F=2.477

สรุป

เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย อายุเฉลี่ย 53.20 ปี มีประสบการณ์ในการผลิตข้าว และมีพื้นที่ผลิตข้าวค่อนข้างมาก เกษตรกรส่วนใหญ่ยังไม่ได้รวมกลุ่มในรูปแบบกลุ่มเกษตรกรเพื่อแลกเปลี่ยนประสบการณ์หรือพัฒนาวิธีการผลิตร่วมกันอย่างเป็นระบบ อีกทั้งเกษตรกรส่วนใหญ่มีการเข้าพื้นที่ในการผลิตข้าว ทำให้ต้นทุนการผลิตสูง ก่อให้เกิดภาระหนี้สิน จึงทำให้เกษตรกรประสบปัญหาในการผลิตข้าว โดยมีต้นทุนการผลิตข้าว ในด้านค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาที่เป็นต้นทุนหลักในการผลิต ซึ่งประสบการณ์ในการผลิตข้าว และ จำนวนหนี้สินรวม เป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงต้นทุนการผลิตข้าวอย่างมีนัยสำคัญ โดยทั้งสองปัจจัยมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับต้นทุน กล่าวคือ เมื่อประสบการณ์หรือหนี้สินเพิ่มขึ้น ต้นทุนการผลิตก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตาม ซึ่งชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการวางแผนการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ และการสนับสนุนด้านการจัดการต้นทุนอย่างเหมาะสมแก่เกษตรกร

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัย

1) เกษตรกรควรศึกษาหาความรู้ เรื่องการผลิตข้าวเพิ่มเติม เพื่อเพิ่มประสบการณ์ในการผลิตข้าว และมีการนำเทคโนโลยีการผลิตข้าวสมัยใหม่มาใช้เพื่อลดต้นทุนการผลิตข้าว ทำให้ผลผลิตข้าวมีคุณภาพและเป็นไปตามความต้องการของตลาด

2) เกษตรกรควรรวมกลุ่มกันให้มีความเข้มแข็ง เพื่อแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ในการผลิตข้าว

3) เกษตรกรควรจัดทำบัญชีต้นทุนการผลิตข้าวอย่างเป็นระบบ เพื่อให้ทราบถึงต้นทุนที่แท้จริงและสามารถบริหารจัดการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4) หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรให้ความสำคัญในเรื่องการถ่ายทอดความรู้ในการลดต้นทุนการผลิตข้าวให้มีประสิทธิภาพ และถูกต้องตามหลักวิชาการ ตลอดจนจัดสรรงบประมาณในการจัดทำแปลงเรียนรู้เพื่อเป็นต้นแบบให้กับเกษตรกรทั่วไป

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1) ควรศึกษาในเรื่องการรวมกลุ่มเกษตรกร เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ในการผลิตข้าว อันนำไปสู่วิธีการลดต้นทุนการผลิตข้าว

2) ควรศึกษาเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมในเรื่องการลดต้นทุนการผลิตข้าว เพื่อให้เกษตรกรได้ร่วมคิด ร่วมเรียนรู้ ร่วมค้นคว้า และร่วมทดลองปฏิบัติ เพื่อหาวิธีการหรือองค์ความรู้ใหม่ๆ มาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับพื้นที่ และเพื่อลดต้นทุนการผลิตข้าว

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2566. ระบบฐานข้อมูลทะเบียนเกษตรกรกลาง. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://farmer.doae.go.th/> (28 ธันวาคม 2566).

- เพ็ญนภา โยธาศรี. 2564. ความต้องการส่งเสริมการผลิตข้าวของเกษตรกรอำเภอปางดะ จังหวัดกาฬสินธุ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาเกษตรศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี. 126 หน้า.
- ศักดิ์สิทธิ์ ศรีวิชัย. 2560. แนวทางการส่งเสริมการลดต้นทุนการผลิตข้าวของเกษตรกร ในจังหวัดสมุทรปราการ. วิทยานิพนธ์ปริญญาเกษตรศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี. 145 หน้า.
- สราลี ภูสวัสดิ์เจริญ. 2562. การส่งเสริมเพื่อลดต้นทุนการผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 ของเกษตรกร ตำบลตาเนิน อำเภอเนินสง่า จังหวัดชัยภูมิ. วิทยานิพนธ์ปริญญาเกษตรศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี. 119 หน้า.
- สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2566. ข้อมูลเศรษฐกิจและสังคม. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: https://www.nesdc.go.th/more_news.php?cid=75 (4 พฤศจิกายน 2567).
- สำนักงานเกษตรอำเภอบางระกำ. 2567. แผนพัฒนาการเกษตรระดับตำบล ตำบลบ่อทอง อำเภอบางระกำ ปี 2566-2570 (ฉบับทบทวน ปี 2567). สำนักงานเกษตรอำเภอบางระกำ, พิษณุโลก. 60 หน้า.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2566. ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://oae.go.th/view/1/ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร/TH-TH> (28 ธันวาคม 2566).
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรที่ 2. 2566. ข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตร. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://www.oae.go.th/view/1/ข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตร/TH-TH> (28 ธันวาคม 2566).
- Yamane, T. 1973. Statistics: An introductory analysis. Third edition. New York: Harper and Row Publication. 1130 p.

ผลของการใช้เถ้าไม้ยางพาราต่อสมบัติทางเคมีดินและการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน ในดินกรด

Effects of Rubber Wood Ash on Soil Chemical Properties and Sweet Corn Growth in
Acidic Soil

สุชาวดี จันจาตุรงค์¹ ขวัญตา ขาวมี^{1*} จำเป็น อ่อนทอง¹ และจักรกฤษณ์ พูนภักดี¹
Suchawadee Chanchaturong¹, Khwunta Khawmee^{1*}, Jumpen Onthong¹ and
Chakkrit Poonpakdee¹

Received: October 17, 2024

Revised: November 5, 2024

Accepted: November 6, 2024

Abstract: Rubber wood ash is a by-product from various industries or biomass power plants. There is a large amount of waste from fuel production. The ash of rubber wood is highly alkaline. It is also a source of important plant nutrients. The aim was therefore to investigate the effects of applying rubber wood ash on the chemical properties of the soil and the growth and nutrient uptake of sweetcorn in acidic soil. The experimental design was completely randomized with 3 treatments and 4 replications consist of control, added with lime at the rate of 1.5 times of lime requirement and added with rubber wood ash at the rate of 1.5 times of lime requirement. The results showed that application of rubber wood ash increased soil pH and macronutrients. In addition, this applying could be promoted greater growth and nutrient uptake of sweet corn compared to lime application. Our results suggest that rubber wood ash is able to substitute for conventional liming agents and it is also a source of plant nutrients.

Keywords: Acid soil, Rubber wood ash, Sweet corn

บทคัดย่อ: เถ้าไม้ยางพาราเป็นผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ หรือโรงไฟฟ้าชีวมวล มีปริมาณเหลือทิ้งจากการผลิตเป็นเชื้อเพลิงจำนวนมาก เถ้าไม้ยางพารามีสมบัติเป็นด่างสูง และยังเป็นแหล่งของธาตุอาหารพืชที่สำคัญ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใส่เถ้าไม้ยางพาราต่อสมบัติทางเคมีของดิน การเจริญเติบโต และการดูดใช้ธาตุอาหารของข้าวโพดหวานในดินกรด โดยมีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 ทรีตเมนต์ 4 ซ้ำ ประกอบด้วย ไม่ใส่วัสดุปรับปรุงใส่ปูนขาวอัตรา 1.5 เท่าของความต้องการปุ๋ย และใส่เถ้าไม้ยางพาราอัตรา 1.5 เท่าของความต้องการปุ๋ย พบว่าการใส่เถ้าไม้ยางพาราทำให้พีเอชของดิน ธาตุอาหารหลักและรองเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังทำให้การเจริญเติบโตและการดูดใช้ธาตุอาหารของข้าวโพดหวานสูงกว่าใส่ปูนขาว ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าเถ้าไม้ยางพาราสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินกรดทดแทนวัสดุปูนทางการเกษตรได้ รวมทั้งยังเป็นแหล่งธาตุอาหารพืชด้วย

คำสำคัญ: ดินกรด, เถ้าไม้ยางพารา, ข้าวโพดหวาน

¹ สาขาวิชาวนวัฒนกรรมและการจัดการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ตำบลคอหงส์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110

¹ Agricultural Innovation and Management Division, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai Campus, Kor-Hong, Hat Yai, Songkhla 90110

*Corresponding author: khwunta.k@psu.ac.th

คำนำ

ดินในประเทศไทยส่วนใหญ่มีสภาพเป็นกรด (ค่าพีเอชต่ำกว่า 5.5) ซึ่งพบกระจายทั่วไปทุกภาคของประเทศ ที่มีเนื้อที่ประมาณ 95,410,591 ไร่ (Land Development Department, 2015) ดินกรดเกิดจากสาเหตุหลายประการ ได้แก่ เกิดการชะละลายแคตไอออนชนิดเบสออกไปจากดิน การใช้ปุ๋ยเคมีที่ให้ผลตกค้างเป็นกรดติดต่อกันเป็นเวลานาน เช่น ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตและปุ๋ยยูเรีย ซึ่งความเป็นกรดของดินส่งผลต่อการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของพืช โดยทั่วไปพีเอชที่เหมาะสมกับการปลูกพืชคือ 5.5-7.0 (Brady and Weil, 2008) ซึ่งเป็นช่วงที่ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชโดยส่วนใหญ่ มีความเป็นประโยชน์ได้มาก ดังนั้น ในดินที่มีความเป็นกรดจัด หรือพีเอชต่ำกว่า 5.0 จึงจำเป็นต้องปรับพีเอชของดินให้สูงขึ้น เนื่องจากดินกรดมีอะลูมินัม เหล็ก และแมงกานีส ละลายออกมาจนอาจเป็นพิษ และดินกรดทำให้ขาดแคลนธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (Brady and Weil, 2008; Land Development Department, 2015) ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช

การปรับปรุงดินกรดทำได้โดยใส่ปูนทางการเกษตร (agricultural lime) เช่น ปูนขาว หินปูนฝุ่น ปูนโดโลไมต์ ปูนมาร์ล เปลือกหอยเผา ในปริมาณที่เหมาะสม (Brady and Weil, 2008; Damrongrak, 2019) นอกจากวัสดุปูนต่างๆ แล้ว ยังพบว่า มีถ้ำไม้ต่างๆ ซึ่งมีสมบัติเป็นด่างสามารถนำมาปรับปรุงดินกรดได้ (Etiegni and Campbell, 1991; Angchuan *et al.*, 2015; Dourado *et al.*, 2021) นอกจากนี้ ถ้ำไม้ยางพาราเป็นผลพลอยได้จากการนำไม้ยางพารามาผลิตเป็นเชื้อเพลิง ในปัจจุบันมีความต้องการเชื้อเพลิงชีวมวลจำนวนมาก ทั้งโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ หรือในโรงงานไฟฟ้าชีวมวล ไม้ยางพาราเป็นแหล่งเชื้อเพลิงชีวมวลที่สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ตลอดทั้งปี ซึ่งเป็นอีกตัวชี้วัดในการพิจารณาความมั่นคงด้านปริมาณเชื้อเพลิงชีวมวล และทำให้ง่ายต่อการจัดการสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวล

เมื่อเทียบกับชีวมวลชนิดอื่นที่มีผลผลิตผันแปรตามฤดูกาลเก็บเกี่ยว ยางพาราที่ถูกตัดโค่นสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้หลายส่วน ได้แก่ ปลายไม้ยางพารา ตอ ราก กิ่งก้าน และปึกไม้ยางพารา ตลอดจนขี้เลื่อย และเศษไม้ยางพารา ซึ่งสวนยางพาราพื้นที่ 1 ไร่ จะให้เชื้อเพลิงชีวมวล ประมาณ 32 ตัน (ไม่รวมส่วนไม้ที่ถูกแปรรูป) (Phumichai *et al.*, 2020) ทำให้มีปริมาณเหลือทิ้งจากการผลิตเป็นเชื้อเพลิงจำนวนมาก และโดยทั่วไปถ้ำไม้ถูกกำจัดโดยการฝังกลบ ส่งผลให้ดินพื้นที่นั้นมีพีเอชสูง เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารพืช ตลอดจนส่งผลให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม (Angchuan *et al.*, 2015) ดังนั้นเพื่อไม่ให้เกิดปัญหามลพิษในอนาคต จึงมีความจำเป็นต้องหาวิธีกำจัดหรือใช้ประโยชน์ถ้ำไม้ที่มีมากเกินไปอย่างเร่งด่วน

สำหรับในแง่การเกษตร เนื่องจากถ้ำไม้มีสมบัติเป็นด่างสูง นอกจากนี้ถ้ำไม้ที่ได้จะมีสมบัติแตกต่างกันขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ชนิดและชิ้นส่วนของไม้ที่นำมาเผา กรรมวิธีหรืออุณหภูมิที่ใช้ในการเผาไหม้ (Demeyer *et al.*, 2001) ซึ่งอุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส จะมีคาร์บอนเตและไบคาร์บอนเตมากกว่าอุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส ทำให้ถ้ำไม้เผาไหม้อุณหภูมิต่ำมีค่าพีเอชสูงกว่าถ้ำไม้เผาไหม้อุณหภูมิสูง (Meiwes, 1995) ถ้ำไม้มีค่าสมมูลแคลเซียมคาร์บอเนต (calcium carbonate equivalent; CCE) ระหว่างร้อยละ 13.2 ถึง 92.4 (Vance, 1996) ด้วยสมบัติดังกล่าว จึงสามารถนำมาใช้ทางการเกษตรเพื่อยกระดับพีเอชของดินกรดได้ (Etiegni and Campbell, 1991) และเป็นแหล่งของธาตุอาหารพืช ได้แก่ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม เป็นต้น (Demeyer *et al.*, 2001) ถ้ำไม้มีธาตุอาหารที่พืชต้องการมากกว่าปูนทางการเกษตรชนิดต่างๆ อย่างไรก็ตามหากใส่ถ้ำไม้ในปริมาณมากเกินไป ทำให้เกิดผลเช่นเดียวกับการใส่ปูนมากจนเกิดภาวะเกินปูน (over liming) ซึ่งส่งผลต่อความไม่สมดุลของธาตุอาหารพืชในดิน และส่งผลให้พืชเจริญเติบโตลดลง (Damrongrak, 2019) ทั้งนี้ค่าพีเอชของดินเป็นส่วนของกรดจริงในดิน หลังจากที่ดินกรดส่วนนี้ถูกสะเทินก็จะมีกรดที่แลกเปลี่ยน

ได้ถูกปลดปล่อยออกมาในดิน ทำให้ดินมีสมบัติที่ต้านทานการเปลี่ยนแปลงพีเอช และในดินเนื้อละเอียดก็มีความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนแปลงพีเอชดินได้ดีกว่าดินเนื้อหยาบ (Onthong, 2017) ในการประเมินความต้องการปุ๋ยเพื่อยกระดับพีเอชดินจึงต้องคำนึงถึงสมบัติดิน พีเอช และเนื้อดิน ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความต้องการปุ๋ยและผลของเถ้าไม้ยางพาราต่อสมบัติทางเคมีของดิน การเจริญเติบโต และการดูดใช้ธาตุอาหารของข้าวโพดหวานในสภาพดินกรด

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บ เตรียม และวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของดินกรด

เก็บตัวอย่างดินกรดที่ใช้ทดลองจากต.น้ำน้อย อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา (ชุดดินท่าแซะ (Te); Fine-loamy, kaolinitic, isohyperthermic Typic Kandudults) โดยใช้สว่านเจาะดินแบบทำลายโครงสร้างดิน สุ่มเก็บแบบ X-shape ทั้งหมด 9 จุด ที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร เก็บดินแต่ละจุดให้มีปริมาตรใกล้เคียงกัน นำดินแต่ละจุดมาผสมคลุกเคล้ากัน จากนั้นนำไปผึ่งให้แห้งในที่ร่ม บดและร่อนผ่านตะแกรงช่องเปิดขนาด 2 มิลลิเมตร สำหรับนำไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ และร่อนผ่านตะแกรงช่องเปิดขนาด 0.5 มิลลิเมตร เพื่อใช้วิเคราะห์อินทรีย์วัตถุ (Onthong and Poonpakdee, 2017) วิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์ของดินก่อนปลูก ได้แก่ การแจกกระจายอนุภาคดิน (Pipette method) (Gee and Bauder, 1986) พบว่า ดินมีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ประกอบด้วย อนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ร้อยละ 69, 9 และ 22 ตามลำดับ หาค่าความต้องการปุ๋ยของดินกรด โดยใช้วิธีของเงียช (Vietch method) (Onthong and Poonpakdee, 2017) พบว่า ดินกรดมีความต้องการปุ๋ยแคลเซียมคาร์บอเนต เท่ากับ 229.15 กิโลกรัมต่อไร่ จากนั้นนำค่าปริมาณปุ๋ยที่ได้มาคำนวณเป็นปริมาณเถ้าไม้ยางพาราที่ต้องใช้ โดยอาศัยค่าสมมูลแคลเซียมคาร์บอเนตของเถ้าไม้ยางพารา นอกจากนั้นวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินก่อนปลูกหลังบ่มดิน 7 วัน

ด้วยเถ้าไม้ยางพาราและปูนขาว เนื่องจากค่าพีเอชเริ่มคงที่ และดินหลังปลูก 56 วัน ได้แก่ พีเอช (ดินต่อน้ำ 1:5 w/v) ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของดิน (ดินต่อน้ำ 1:5 w/v) อินทรีย์วัตถุ (Walkley and Black method) ไนโตรเจนทั้งหมด (Kjeldahl Method) และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Bray II method) ส่วนแคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียมที่สกัดได้ ทำได้โดยนำดินมาสกัดด้วย 1 โมลาร์ NH_4OAc pH 7 และวัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) (Onthong and Poonpakdee, 2017)

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของเถ้าไม้ยางพารา

วิเคราะห์สมบัติทางเคมีของเถ้าไม้ยางพารา ได้แก่ พีเอชและค่าสภาพการนำไฟฟ้าของเถ้าไม้ยางพารา (เถ้าไม้ยางพาราต่อน้ำ 1:5 w/v) อินทรีย์วัตถุ (Walkley and Black method) ไนโตรเจนทั้งหมด (Kjeldahl Method) ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมทั้งหมด ย่อยสลายด้วยกรดผสมไนตริกและเพอร์คลอริก ($\text{HNO}_3 : \text{HClO}_4$; 3 : 1 v/v) วิเคราะห์ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสด้วยวิธี Vanadomolybdate วัดด้วยเครื่อง Visible spectrophotometer วิเคราะห์โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม โดยนำไปวัดด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (Onthong and Poonpakdee, 2017) และสมมูลแคลเซียมคาร์บอเนตในเถ้าไม้ยางพารา (CCE) วิเคราะห์ด้วย Wet Method (Land Development Department, 2004)

การวางแผนการทดลองปลูกพืชในกระถาง

ทดลองปลูกข้าวโพดหวานลูกผสม พันธุ์สงขลา 84-1 ที่กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรุงเทพมหานคร วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 3 ทรีตเมนต์ ได้แก่ ทรีตเมนต์ที่ 1 ไม่ใส่วัสดุปรับปรุง ทรีตเมนต์ที่ 2 ใส่ปูนขาวอัตรา 1.5 เท่าของความต้องการปุ๋ย (344 กิโลกรัมต่อไร่) และทรีตเมนต์ที่ 3 ใส่เถ้าไม้ยางพาราอัตรา 1.5 เท่าของความต้องการปุ๋ย (807 กิโลกรัมต่อไร่) เนื่องจากการใส่ปูนขาวและเถ้าไม้ยางพาราอัตรา 1.5 เท่าของความต้องการปุ๋ย

ทำให้ยกระดับพีเอชดินใกล้เคียง 6.5 ทำการผสมคลุกเคล้ากับดินและบ่มดิน 7 วัน ก่อนนำไปปลูกพืช ทำการปลูกข้าวโพดหวานในกระถาง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว ใช้ดิน 7 กิโลกรัมต่อกระถาง โดยใช้ดินกรร่อนผ่านตะแกรงช่องเปิดขนาด 2 เซนติเมตร หยอดเมล็ดข้าวโพดหวาน 3 เมล็ดต่อกระถาง ที่ระดับความลึก 2-3 เซนติเมตร เมื่อต้นกล้าอายุ 7 วัน ถอนต้นกล้าให้เหลือเพียง 1 ต้นต่อกระถาง ให้น้ำทุกวัน จำนวน 2 ครั้ง เช้าและเย็นจนถึงอายุเก็บเกี่ยว และมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนใส่ในรูปยูเรีย ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$; 46-0-0) ฟอสฟอรัสใส่ในรูปไดแอมโมเนียมฟอสเฟต ($(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$; 18-46-0) และโพแทสเซียมใส่ในรูปโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl ; 0-0-60) ทุกทริตเมนต์ใส่ไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยแบ่งใส่ตอนข้าวโพดหวาน อายุ 7, 20 และ 40 วันหลังปลูก ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P_2O_5) 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ (K_2O) 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ใส่ตอนข้าวโพดหวาน อายุ 7 วันหลังปลูก (Khawmee, 2014) และใช้ปูนขาว ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) เกรดวิเคราะห์ยี่ห้อ QReC จากนั้นเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน ได้แก่ ความสูงลำต้น (ใช้ตลับเมตรวัดตั้งแต่ส่วนเหนือดินไปจนถึงข้อแรกที่อยู่บนสุดของต้น) เส้นรอบวงลำต้น โดยวัดรอบโคนต้นที่ตำแหน่งเหนือผิวดิน 5 เซนติเมตร และนับจำนวนใบ ระหว่างการทดลอง ทุกๆ 14 วัน จนเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวานที่ อายุ 56 วัน หลังปลูก

การเก็บตัวอย่างพืชและการวิเคราะห์ธาตุอาหารในพืช

เก็บตัวอย่างข้าวโพดหวาน โดยการแยกส่วนใบ ลำต้น และราก ทำความสะอาด และกำจัด

สิ่งปนเปื้อน โดยล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน แล้วใช้ผ้าที่สะอาดซับให้แห้ง นำส่วนต่างๆ ของข้าวโพดหวานไปชั่งน้ำหนักสด แล้วนำตัวอย่างไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน เมื่อตัวอย่างแห้งและน้ำหนักคงที่ นำมาชั่งหาน้ำหนักแห้ง นำไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดตัวอย่างพืชผ่านตะแกรงร่อนช่องเปิด 20 เมช เก็บไว้ในถุงกระดาษ หลังจากนั้นนำตัวอย่างพืชที่เตรียมไว้ไปวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารในพืช ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด (Kjeldahl Method) โดยย่อยด้วยกรดซัลฟิวริก (98% w/w H_2SO_4) ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมทั้งหมดในพืช โดยย่อยด้วยกรดผสมไนตริก-เพอร์คลอริก (HNO_3 : HClO_4 ; 3:1 v/v) โดยฟอสฟอรัสวัดด้วยเครื่อง Visible spectrophotometer ส่วนโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม วัดด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (Onthong and Poonpakdee, 2017)

การวิเคราะห์สถิติ

นำข้อมูลสมบัติทางเคมีของดินก่อนปลูก และหลังการทดลอง รวมทั้งการเจริญเติบโต และการดูดใช้ธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของข้าวโพดหวานจากการปรับปรุงดินกรดด้วยปูนขาวและถั่วไม่ยางพารา หาค่าเฉลี่ย วิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างทริตเมนต์ ด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ $P = 0.05$ และ 0.01

ผลการทดลอง

สมบัติและปริมาณธาตุในถั่วไม่ยางพารา

ถั่วไม่ยางพารามีสมบัติเป็นต่าง ค่าสภาพการนำไฟฟ้าสูง สมมูลแคลเซียมคาร์บอเนตร้อยละ 57.54 มีธาตุอาหารพืชสูง โดยเฉพาะโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมทั้งหมด (Table 1)

Table 1 The properties of rubber wood ash.

Material	pH 1:5 H_2O	EC 1:5 H_2O (dS m^{-1})	CCE (%)	OM (g kg^{-1})	Total N	Total P	Total K	Total Ca	Total Mg
							----- (g kg^{-1}) -----		
Rubber wood ash	13.30	33.96	57.54	109.23	0.66	17.91	136.93	154.19	22.23

การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินกรดก่อนปลูกและหลังการทดลอง

เมื่อปรับปรุงดินกรดด้วยปูนขาวและเถ้าไม้ยางพารา และบ่มดินก่อนปลูกพืช พบว่า การปรับปรุงดินกรดด้วยเถ้าไม้ยางพาราทำให้พีเอช ค่าสภาพการนำไฟฟ้า อินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สกัดได้สูง

กว่าที่รีตเมนต์ที่ไม่ได้ปรับปรุงดินอย่างชัดเจน การใช้ปูนขาวปรับปรุงดินกรดทำให้ดินมีพีเอชและแคลเซียมที่สกัดได้สูงกว่าที่รีตเมนต์อื่นๆ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า การใช้เถ้าไม้ยางพาราทำให้ดินมีปริมาณธาตุอาหารพืชหลังปลูกพืชสูงกว่าที่รีตเมนต์ที่ไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินและที่ใส่ปูนขาวอย่างชัดเจน (Table 2)

Table 2 Chemical properties of acid soil before planting (after incubation) and after experiment.

Treatment	pH 1:5 H ₂ O	EC 1:5 H ₂ O (dS m ⁻¹)	OM (g kg ⁻¹)	Avail. P (mg kg ⁻¹)	Extr. K ----- (cmolc kg ⁻¹) -----	Extr. Ca	Extr. Mg
Before planting							
Control	5.44c	0.05b	6.65b	8.06b	0.13b	0.16c	0.06b
Lime	8.15a	0.10a	7.43a	8.47b	0.12b	6.35a	0.02b
Rubber wood ash	6.95b	0.11a	7.13ab	23.24a	0.85a	2.94b	0.51a
F-test	**	**	*	**	**	**	**
C.V. (%)	4.84	25.88	5.31	10.65	17.33	21.31	22.74
After experiment							
Control	6.67	0.03	5.82	13.97b	0.39a	0.26b	0.03b
Lime	6.78	0.02	6.48	10.33b	0.12b	4.73a	0.01b
Rubber wood ash	6.81	0.03	6.49	28.80a	0.45a	6.14a	0.49a
F-test	ns	ns	ns	**	**	**	**
C.V. (%)	2.10	36.85	6.67	27.30	26.38	43.57	36.52

Remark: Different letters indicate significant differences between treatment means at $P \leq 0.05$, * = significant at $P \leq 0.05$, ** = significant at $P \leq 0.01$ and ns = non-significant

ผลของเถ้าไม้ยางพาราคือการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานในดินกรด

การเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานหลังจากปลูก 14, 28, 42 และ 56 วัน พบว่า ที่รีตเมนต์ที่ใช้ปูนขาวและเถ้าไม้ยางพาราทำให้ความสูง เส้นรอบวงลำต้น และจำนวนใบของข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับที่รีตเมนต์ที่ไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน (Table 3 และ Figure 1) และเมื่อนำตัวอย่างพืชมาหาน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง

พบว่า ที่รีตเมนต์ที่ใส่ปูนขาวและเถ้าไม้ยางพารา ส่งผลให้มีน้ำหนักสดรวม (ลำต้น ใบ และราก) สูงขึ้นจาก 120.15 กรัม (ที่รีตเมนต์ที่ไม่ใส่วัสดุปรับปรุง) เป็น 292.45 และ 349.22 กรัม ตามลำดับ และที่รีตเมนต์ที่ใส่เถ้าไม้ยางพารามีน้ำหนักแห้งรวม (ลำต้น ใบ และราก) สูงขึ้นจาก 21.07 กรัม (ที่รีตเมนต์ที่ไม่ใส่วัสดุปรับปรุง) เป็น 78.13 กรัม และมีแนวโน้มสูงกว่าที่รีตเมนต์ปูนขาว 54.01 กรัม (Table 4)

Table 3 Effect of rubber wood ash on sweet corn growth at 14, 28, 42 and 56 days after planting in acid soil.

Day after planting	Treatment	Parameters		
		Height (cm)	Stem circumference (cm)	Leaf No. (leaf No. / Plant)
14	Control	8.38ab	2.00b	3.75
	Lime	6.75b	2.13ab	3.75
	Rubber wood ash	11.05a	3.00a	4.25
	F-test	**	**	ns
	C.V. (%)	18.50	16.63	12.77
28	Control	16.63b	3.75b	6.25
	Lime	18.33b	4.57ab	6.67
	Rubber wood ash	24.43a	5.48a	7.00
	F-test	*	**	ns
	C.V. (%)	16.79	11.15	9.85
42	Control	28.03b	4.05b	2.75b
	Lime	38.53ab	5.67ab	5.00a
	Rubber wood ash	53.75a	6.40a	5.00a
	F-test	**	**	**
	C.V. (%)	15.15	13.62	14.03
56	Control	58.70b	3.90b	10.00b
	Lime	92.77ab	5.07ab	12.00a
	Rubber wood ash	139.20a	5.93a	12.75a
	F-test	**	*	*
	C.V. (%)	20.16	15.82	10.04

Remark: Different letters indicate significant differences between treatment means at $P \leq 0.05$, * = significant at $P \leq 0.05$, ** = significant at $P \leq 0.01$ and ns = non-significant

Table 4 Effect of rubber wood ash on fresh weight and dried weight in sweet corn grown in acid soil.

Treatment	Fresh weight (g)				Dry weight (g)			
	Stalk	Leaf	Root	Whole plant	Stalk	Leaf	Root	Whole plant
Control	44.44b	29.44b	46.27b	120.15b	6.20b	6.89b	7.99b	21.07b
Lime	118.20ab	62.50a	111.75ab	292.45a	18.18ab	12.40ab	23.44ab	54.01ab
Rubber wood ash	147.19a	61.26a	140.77a	349.22a	28.80a	16.77a	32.57a	78.13a
F-test	**	*	*	*	**	**	*	*
C.V. (%)	36.19	28.14	44.15	36.47	37.57	28.42	60.28	43.22

Remark: Different letters indicate significant differences between treatment means at $P \leq 0.05$, * = significant at $P \leq 0.05$, ** = significant at $P \leq 0.01$ and ns = non-significant

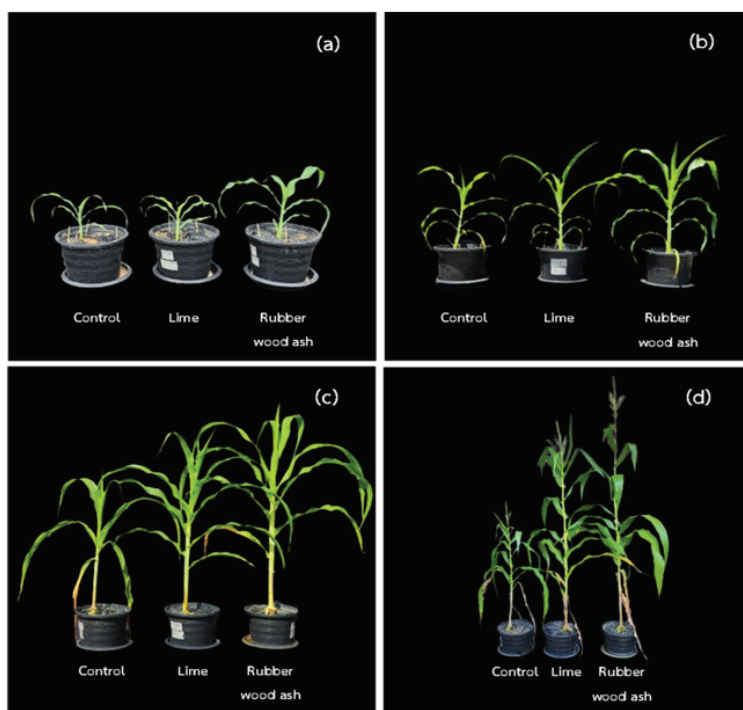


Figure 1 Effect of rubber wood ash on sweet corn growth at 14 (a), 28 (b), 42 (c) and 56 (d) days after planting in acid soil

ผลของเถ้าไม้ยางพาราต่อความเข้มข้นและการดูดใช้ธาตุอาหารพืช

ผลวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารในข้าวโพดหวาน พบว่า ไนโตรเจนทั้งหมดในส่วนของรากและใบในทริตเมนต์ที่ไม่ใส่วัสดุปรับปรุงสูงกว่าทริตเมนต์ที่ใส่ปูนขาวและเถ้าไม้ยางพารา แต่ในส่วนของลำต้นไม่แตกต่างกัน และสำหรับฟอสฟอรัสทั้งหมด พบว่า ทริตเมนต์ที่ไม่ใส่วัสดุปรับปรุงทำให้ฟอสฟอรัสทั้งหมดในรากข้าวโพดหวานสูงกว่าทริตเมนต์ที่ใส่ปูนขาวและเถ้าไม้ยางพารา และในส่วนของลำต้น พบว่า ทริตเมนต์ที่ใส่ปูนขาวทำให้ข้าวโพดหวานมีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสสูงกว่าทริตเมนต์ที่ไม่ใส่วัสดุปรับปรุงและเถ้าไม้ยางพารา และในส่วนของใบไม่แตกต่างกัน (Table 5) ส่วนโพแทสเซียมทั้งหมด พบว่า ทริตเมนต์ที่ใส่ปูนขาวทำให้โพแทสเซียมในใบข้าวโพดหวานสูงกว่าทริตเมนต์ที่ไม่ใส่วัสดุปรับปรุง

และเถ้าไม้ยางพารา แต่ในส่วนของรากและลำต้นไม่แตกต่างกัน ในขณะที่แคลเซียมทั้งหมดในส่วนของรากในทริตเมนต์ที่ใส่ปูนขาวสูงกว่าทริตเมนต์ที่ไม่ใส่วัสดุปรับปรุงและเถ้าไม้ยางพารา แต่ในส่วนของลำต้นและใบไม่แตกต่างกัน และทุกทริตเมนต์มีแมกนีเซียมทั้งหมดในส่วนของราก ลำต้น และใบ ไม่แตกต่างกัน (Table 6)

ศึกษาการดูดใช้ธาตุอาหารในข้าวโพดหวาน พบว่า การดูดใช้ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในส่วนของลำต้น ใบ และรากของข้าวโพดหวานที่ปลูกในทริตเมนต์ใส่เถ้าไม้ยางพาราและใส่ปูนขาวสูงกว่า ทริตเมนต์ที่ไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินอย่างชัดเจน และพบว่าทริตเมนต์ใส่เถ้าไม้ยางพาราทำให้ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมมีแนวโน้มสูงกว่าการใส่ปูนขาว (Table 7 และ 8)

Table 5 Effect of rubber wood ash on nitrogen and phosphorus concentration in sweet corn grown in acid soil.

Treatment	Total N (g kg ⁻¹)			Total P (g kg ⁻¹)		
	Stalk	Leaf	Root	Stalk	Leaf	Root
Control	7.97	17.74a	14.72a	1.54ab	1.50	1.63a
Lime	7.97	11.99ab	8.75b	2.00a	1.55	1.33ab
Rubber wood ash	5.99	9.81b	7.54b	1.08b	1.02	1.17b
F-test	ns	**	**	*	ns	*
C.V. (%)	18.41	22.43	21.08	26.40	36.07	16.68

Remark: Different letters indicate significant differences between treatment means at $P \leq 0.05$, * = significant at $P \leq 0.05$, ** = significant at $P \leq 0.01$ and ns = non-significant

Table 6 Effect of rubber wood ash on potassium, calcium and magnesium concentration in sweet corn grown in acid soil.

Treatment	Total K (g kg ⁻¹)			Total Ca (g kg ⁻¹)			Total Mg (g kg ⁻¹)		
	Stalk	Leaf	Root	Stalk	Leaf	Root	Stalk	Leaf	Root
Control	13.36	14.54b	7.12	4.71	4.62	2.22b	1.24	1.01	0.80
Lime	14.59	20.01a	7.77	4.76	6.02	3.95a	1.60	1.26	0.96
Rubber wood ash	10.42	14.95b	9.30	2.79	4.89	1.91b	0.93	0.98	0.76
F-test	ns	*	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns
C.V. (%)	25.29	16.19	25.13	40.45	29.76	19.49	39.84	22.25	20.83

Remark: Different letters indicate significant differences between treatment means at $P \leq 0.05$, * = significant at $P \leq 0.05$, ** = significant at $P \leq 0.01$ and ns = non-significant

Table 7 Effect of rubber wood ash on nitrogen and phosphorus uptake in sweet corn grown in acid soil.

Treatment	N uptake (g pot ⁻¹)				P uptake (g pot ⁻¹)			
	Stalk	Leaf	Root	Whole plant	Stalk	Leaf	Root	Whole plant
Control	0.05a	0.12	0.12	0.28b	0.01b	0.01b	0.01b	0.03b
Lime	0.14a	0.14	0.18	0.46ab	0.04a	0.02a	0.03ab	0.08a
Rubber wood ash	0.17b	0.16	0.24	0.57a	0.03a	0.02a	0.04a	0.08a
F-test	*	ns	ns	*	*	**	*	*
C.V. (%)	46.46	22.80	53.03	34.82	50.40	21.96	50.24	49.10

Remark: Different letters indicate significant differences between treatment means at $P \leq 0.05$, * = significant at $P \leq 0.05$, ** = significant at $P \leq 0.01$ and ns = non-significant

Table 8 Effect of rubber wood ash on potassium, calcium and magnesium uptake in sweet corn grown in acid soil.

Treatment	K uptake (g pot ⁻¹)				Ca uptake (g pot ⁻¹)				Mg uptake (g pot ⁻¹)			
	Stalk	Leaf	Root	Whole plant	Stalk	Leaf	Root	Whole plant	Stalk	Leaf	Root	Whole plant
Control	0.08 b	0.10b	0.04b	0.23b	0.02b	0.03b	0.01b	0.05b	0.01b	0.01b	0.01b	0.02b
Lime	0.25ab	0.25a	0.19a	0.68ab	0.13a	0.10a	0.11a	0.33a	0.02a	0.02ab	0.03a	0.07a
Rubber wood ash	0.30a	0.26a	0.28a	0.82a	0.08ab	0.07a	0.07ab	0.23a	0.03a	0.02a	0.02ab	0.05ab
F-test	**	*	**	**	**	**	**	**	*	**	**	**
C.V. (%)	40.71	36.34	26.17	28.99	41.55	20.14	30.00	22.00	42.56	30.98	29.00	35.17

Remark: Different letters indicate significant differences between treatment means at $P \leq 0.05$, * = significant at $P \leq 0.05$, ** = significant at $P \leq 0.01$ and ns = non-significant

วิจารณ์

ผลของการใส่เถ้าไม้ยางพาราปรับปรุงดินกรดต่อสมบัติทางเคมีของดิน

ชุดดินที่ใช้ในการทดลอง คือ ชุดดินท่าแซะ (Tha Sae series; Te) ซึ่งจัดอยู่ในอันดับอัลทิซอลส์ (Ultisols) มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (Sirichuaychu *et al.*, 2005) เป็นดินที่มีสภาพกรดจัด (pH 5.44) ธาตุอาหารหลักและรองต่ำ (Table 2) เมื่อมีการใส่เถ้าไม้ยางพาราปรับปรุงดิน ส่งผลให้พีเอชของดินเพิ่มขึ้นจาก 5.44 ซึ่งมีสภาพกรดจัด เปลี่ยนเป็น 6.95 ซึ่งมีสภาพเป็นกลาง (Office of the Royal Society, 2019) และส่งผลให้ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สกัดได้เพิ่มขึ้น (Table 2) เนื่องจากเถ้าไม้ยางพารามีสมบัติเป็นด่าง และมีธาตุอาหารพืชในปริมาณมาก (Table 1) และเมื่อมีการใส่ปูนขาว ทำให้ดินมีพีเอชสูงขึ้นมากและปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้เพิ่มขึ้นกว่าการใส่เถ้าไม้ยางพารา (Table 2) เนื่องจากปูนขาวมีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบสูง (Onthong, 2017) หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตที่ 56 วัน พบว่า ดินที่ปรับปรุงด้วยเถ้าไม้ยางพารามีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สกัดได้สูง (Table 2) สอดคล้องกับ Nottidge and Nottidge (2012) ได้ศึกษาผลของการใช้เถ้าไม้จากอุตสาหกรรมเบเกอรี่อัตราต่างกันต่อพีเอชของดิน

ซึ่งดินที่ทำการศึกษาคือเป็นดินร่วนทราย มีค่าพีเอช 4.80 พบว่า การใส่เถ้าไม้ทำให้พีเอชของดินเพิ่มขึ้นและมีปริมาณธาตุอาหารพืชในดิน ได้แก่ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ Dourado *et al.* (2021) ได้ศึกษาผลของเถ้าไม้ยูคาลิปตัสอัตราต่างกันต่อสมบัติทางเคมีดิน ซึ่งดินที่ทำการศึกษาคือเป็นดินเหนียวปนทราย มีค่า pH 3.98 พบว่า ใส่เถ้าไม้อัตราเพิ่มขึ้น ทำให้พีเอชของดินเพิ่มขึ้นตามลำดับ และมีปริมาณธาตุอาหารพืชในดิน ได้แก่ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน

ผลของเถ้าไม้ยางพาราในดินกรดต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน

การใส่เถ้าไม้ยางพาราและปูนขาวปรับปรุงดินกรด ส่งผลให้การเจริญเติบโตข้าวโพดหวาน ทั้งในด้านความสูง เส้นรอบวงลำต้น จำนวนใบ น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของข้าวโพดเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับทรีตเมนต์ที่ไม่มีการปรับปรุงดินกรด (Table 3, 4 และ Figure 1) เนื่องจากการใส่ปูนขาวและเถ้าไม้ยางพาราซึ่งมีสมบัติเป็นด่าง ทำให้พีเอชของดินกรดเพิ่มขึ้น (Table 2) ทั้งนี้พีเอชของดินที่เพิ่มขึ้นอาจส่งผลให้การละลายของอะลูมิเนียมลดลงเนื่องจากอะลูมิเนียมไม่ใช่ธาตุอาหารพืช มีความเป็นพิษต่อพืชและเป็นข้อจำกัดที่สำคัญในดินกรด (Brady and Weil, 2008) และพบว่า การใส่เถ้าไม้ยางพารา

ปรับปรุงดินกรดทำให้การเจริญเติบโต ของข้าวโพดหวานมีแนวโน้มสูงกว่าการใช้ปุ๋ยขาว (Table 3, 4 และ Figure 1) ทั้งนี้เนื่องจากในถั่วไม่ยางพารามีธาตุอาหารพืชเป็นองค์ประกอบในปริมาณที่สูง โดยเฉพาะธาตุโพแทสเซียมแมกนีเซียม และฟอสฟอรัส (Table 1) ซึ่งไม่มีในปุ๋ยขาว เมื่อใส่ถั่วไม่ยางพาราปรับปรุงดินจึงทำให้ดินมีธาตุอาหารพืชเพิ่มขึ้น (Table 2) ทำให้พืชดูดใช้ธาตุอาหารได้มากกว่าการใส่ปุ๋ยขาว จึงส่งผลให้การเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการทดลองการใช้ถั่วไม่ปรับปรุงดินกรด ซึ่งมีรายงานการศึกษาผลของถั่วไม่ยูคาลิปตัสต่อความสูงของต้นทานตะวันประดับในดินกรดที่มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวปนทราย พีเอช 4.70 พบว่า การใส่ถั่วไม่ยูคาลิปตัสทำให้ความสูงของต้นทานตะวันประดับเพิ่มสูงขึ้น (Bonfim-Silva *et al.*, 2015) นอกจากนี้มีรายงานว่า การใช้ถั่วไม่จากอุตสาหกรรมอาหารปรับปรุงดินกรดที่มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว พีเอช 4.00 ทำให้ความสูงต้นคำฝอยเพิ่มสูงขึ้นเช่นเดียวกัน และทำให้ต้นคำฝอยมีมวลแห้งดอก ลำต้น และรากเพิ่มสูงขึ้น (Bonfim-Silva *et al.*, 2018)

ผลของถั่วไม่ยางพาราในดินกรดต่อการดูดใช้ธาตุอาหารของข้าวโพดหวาน

การปรับปรุงดินกรดด้วยถั่วไม่ยางพาราทำให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารพืช ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ในส่วนของราก ลำต้น และใบต่ำกว่าที่รีดเมนต์ที่ไม่มีการปรับปรุงดิน (Table 5 และ 6) ทั้งนี้เนื่องจากการใช้ถั่วไม่ยางพาราปรับปรุงดินกรด ทำให้การเจริญเติบโตและมวลชีวภาพของข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้น เมื่อมวลชีวภาพเพิ่มขึ้นทำให้ธาตุอาหารพืชในเนื้อเยื่อถูกเจือจาง เนื่องจากผลของความเจือจาง (dilution effect) คือ ความเข้มข้นของธาตุอาหารบางธาตุในพืชลดลงเมื่อพืชโตขึ้น เพราะเมื่อพืชโตขึ้นอัตราการเพิ่มชีวมวลเร็วกว่าอัตราการดูดสะสมธาตุนั้น (Soil and Fertilizer Society of Thailand, 2021) นอกจากนี้ ผลจากการที่ใช้ถั่วไม่ยางพาราปรับปรุงดินกรดทำให้มีความอุดมสมบูรณ์สูงขึ้น ส่งผลให้การ

เจริญเติบโตของพืชเพิ่มขึ้น เนื่องจากพืชดูดธาตุอาหารได้ดี ทำให้เมื่อคำนวณเป็นปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารของข้าวโพดหวาน จึงพบว่า การปรับปรุงดินกรดด้วยถั่วไม่ยางพาราส่งผลให้การดูดใช้ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมได้สูงที่สุด (Table 7 และ 8) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองการใช้ถั่วไม่ปรับปรุงดินกรดเขตร้อนเพื่อปลูกพืช พบว่า การใช้ถั่วไม่ทำให้การเจริญเติบโตของหญ้าไรย์เพิ่มขึ้น การดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นกว่าการไม่ปรับปรุงดินอย่างชัดเจน (Nkana *et al.*, 1998)

สรุป

การปรับปรุงดินกรดด้วยถั่วไม่ยางพาราส่งผลให้ดินมีค่าพีเอชสูงขึ้น ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของดิน อินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สกัดได้เพิ่มขึ้น ถั่วไม่ยางพารายังส่งผลให้การเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน ได้แก่ ความสูงต้น เส้นรอบวงลำต้น และจำนวนใบเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการดูดใช้ธาตุอาหารโดยเฉพาะธาตุโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น ดังนั้นสามารถนำถั่วไม่ยางมาใช้ทดแทนปุ๋ยทางการเกษตรได้นอกจากจะช่วยลดความเป็นกรดในดินแล้วยังช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชได้อีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

- Angchuan, N., S. Sasanarakkit, J. Verasan and A. Kumlung. 2015. Effects of para rubber ash application on growth and yield of rice (*Oryza sativa indica*) grown in acidic soils. *Journal of Science and Technology* 4(3): 39-50.
- Bonfim-Silva, E.M., D.C. Freitas, E.R. Batista and M.A. de Lima. 2015. Wood ash as corrective of soil pH and as fertilizer in ornamental sunflower cultivation. *African Journal of Agricultural* 10(33): 3253-3264.

- Bonfim-Silva, E.M., T.M. Santos, L.G.A. Dourado, C.T.R. Silva, W. Fenner and T.J.A. Silva. 2018. Wood ash as a corrective and fertilizer in safflower crop in oxisol of brazilian cerrado. *Journal of Agricultural Science* 10(9): 412-422.
- Brady, N.C. and R.R. Weil. 2008. *The nature and properties of soils*. Prince Hall. New Jersey. 965 p.
- Damrongrak, I. 2019. Acid soil improvement by ash from bioelectric power plant for baby corn planting. *Thaksin University Journal* 22(2): 37-43.
- Demeyer, A., J.C.V. Nkana and M.G. Verloo. 2001. Characteristics of wood ash and influence on soil properties and nutrient uptake: an overview. *Bioresource Technology* 77: 287-295.
- Dourado, L.G.A., E.M. Bonfim-Silva, T.J.A. da Silva, E.A.R. Pinheiro and W. Fenner. 2021. Effects of wood ash and soil water potential on vegetative development of mung bean (*Vigna radiata* L.). *Australian Journal of Crop Science* 15(03): 354-362.
- Etiegni, L. and A.G. Campbell. 1991. Physical and chemical characteristics of wood ash. *Bioresource Technology* 37: 173-178.
- Gee, G.W. and J.W. Bauder. 1986. Particle-size analysis. pp. 383-411. In: A. Klute (Ed.). *Methods of Soil Analysis: Part 1 Physical and Mineralogical Methods*. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison.
- Khawmee, K. 2014. Potassium release in rubber growing soils of southern Thailand. Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkhla. 81 p.
- Land Development Department. 2004. *Manual for the analysis for soil samples, water, fertilizers, plants, soil amendment and analysis for product standard certification, Volume 2*. Bangkok: Office of Science for Land Development, Land Development Department. 270 p.
- Land Development Department. 2015. *Land Development Guide for Volunteered Soil Doctor and Farmers*. Bangkok: Research and Development for Land Management Division, Land Development Department. 270 p.
- Meiwes, K.J. 1995. Application of lime and wood ash to decrease acidification of forest soils. *Water, Air and Soil Pollution* 85: 143-152.
- Nkana, J.C.V., A. Demeyer and M.G. Verloo. 1998. Availability of nutrients in wood ash amended tropical acid soils. *Environmental Technology* 19(12): 1213-1221.
- Nottidge, D.O. and C.C. Nottidge. 2012. Effect of different rates of wood ash on exchangeable aluminum, growth, nodulation, nitrogen accumulation and grain yield of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) in an acid ultisol. *Global Journal of Agricultural Sciences* 11(2): 81-87.
- Office of the Royal Society. 2019. *Soil science dictionary*. Royal Society edition. Bangkok: Office of the Royal Society. 452 p.
- Onthong, J. 2017. *Soil and plant analysis*. Department of Earth Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkhla. 313 p.

- Onthong, J. and C. Poonpakdee. 2017. Soil and plant analysis guide. Department of Earth Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkhla. 179 p.
- Phumichai, T., T. Tonusin, S. Chotchutima, S. Jenweerawat and P. Maneesan. 2020. Evaluation of biomass production and energy properties of rubber wood. Rubber Journal 41(1): 2-17.
- Sirichuaychu, W., N. Trisuwan, S. Boonpradab, S. Sukchan, K. Huntrakul, B. Sapmak, S. Wattana, A. Pinjongsakuldit, S. Chaiyathip, K. Saritsiri and A. Saphet. 2005. Miraculous soil species. Land Development Department, Bangkok. 144 p.
- Soil and Fertilizer Society of Thailand. 2021. 40 years of soil and fertilizer society of Thailand: Part 1 history and achievements part 2 dictionary of fertilizer and plant nutrients. Soil and Fertilizer Society of Thailand, Bangkok. 326 p.
- Vance, E.D. 1996. Land application of wood-fired and combination boiler ashes: An overview. Journal of Environmental Quality 25: 937-944.

ปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการการส่งเสริมการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกร
ตำบลวังหมัน อำเภอสามเงา จังหวัดตาก

Factors Affecting Extension Needs in Maize Production of Farmers

in Wangmun Sub-district, Samngao District, Tak Province

ฐิตารีย์ ชุตีพงษ์วิเวท¹ นาริรัตน์ สีระสาร^{1*} และบำเพ็ญ เขียวหวาน¹

Thitharee Chutipongwiwate¹, Nareerut Seerasarn¹ and Bumpen Keowan¹

Received: October 18, 2024

Revised: November 12, 2024

Accepted: November 13, 2024

Abstract: The objective of this research was to analyze factor affecting the extension needs of maize farmers. The population consisted of farmers growing maize in Wang Man subdistrict, Sam Ngao district, Tak province, registered with the Sam Ngao District Agricultural Office in 2023. The total population was 563 people. The sample size was determined using Taro Yamane formula with a tolerance of 0.05, resulting in a sample of 234 selected by a simple random sampling. Data collection was conducted using an interview form. Data were analyzed by descriptive statistics using frequency distribution, percentage, minimum, maximum, average, standard deviation, and multiple regression analysis. The results found that most of the farmers were female, with an average age of 53.83 years. The average of training experience in growing maize was 4.71 years. The average of maize production area was 11.32 years. The average maize yield was 1,355 kilogram per rai, and the average selling price was 6.78 baht per kilogram. Farmers expressed a highest level of encouragement in maize production with a need for production credit support, extension methods from agricultural extension officers and a desire for marketing knowledge. Factors affecting the farmers' extension needs in maize production included one independent variable: the average of price maize product with a positively statistical significance level at 0.01.

Keywords: Extension needs, Maize production, Samngao district

บทคัดย่อ: การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการการส่งเสริมการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ประชากรในการวิจัย คือ เกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในตำบลวังหมัน อำเภอสามเงา จังหวัดตาก ที่ขึ้นทะเบียนกับสำนักงานเกษตรอำเภอสามเงา จังหวัดตาก ปี 2566 จำนวนรวมทั้งหมด 563 ราย กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของทาโร ยามานะ ที่ความคลาดเคลื่อน 0.05 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 234 คน โดยวิธีการสุ่มแบบง่าย โดยการจับฉลาก เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูลคือ แบบสัมภาษณ์ และนำมาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา การแจกแจงความถี่ ค่าร้อยละ ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การจัดลำดับ

¹ วิชาเอกส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร สาขาวิชาเกษตรและสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช จ.นนทบุรี 11120

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

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

และวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุคูณ ผลการวิจัยพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุเฉลี่ย 53.83 ปี มีประสบการณ์ได้รับการอบรมเกี่ยวกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เฉลี่ย 4.71 ปี มีพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เฉลี่ย 11.32 ไร่ มีผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ได้เฉลี่ย 1,355 กิโลกรัมต่อไร่ จำหน่ายผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้ราคา เฉลี่ย 6.78 บาทต่อกิโลกรัม เกษตรกรมีความต้องการการส่งเสริมด้านการสนับสนุนในระดับมากที่สุด โดยต้องการการสนับสนุนสินเชื่อเพื่อการผลิต วิธีการส่งเสริมจากเจ้าหน้าที่กรมส่งเสริมการเกษตร และต้องการความรู้ด้านการตลาด ปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการส่งเสริม มีตัวแปรอิสระ 1 ตัวแปร คือ ราคาผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีผลต่อความต้องการการส่งเสริมการเกษตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

คำสำคัญ: ความต้องการส่งเสริม, การผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์, อำเภอสามเภา

คำนำ

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทยและส่งออกมายาวนาน โดยเฉพาะอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ ซึ่งช่วยสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกร โดยแต่ละปีไทยมีการส่งออกอาหารสัตว์เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ยังเป็นวัตถุดิบสำคัญของอุตสาหกรรมที่เป็นมิตรกับสภาพแวดล้อม เช่น พลาสติกชีวภาพ และเอทานอล เป็นต้น สามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มได้หลากหลาย ทั้งนี้ ความต้องการใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อผลิตอาหารสัตว์คาดว่าจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามการฟื้นฟูของอุตสาหกรรมผลิตปศุสัตว์ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566)

ประเทศไทยมีแหล่งผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่สำคัญ คือ จังหวัดเพชรบูรณ์ นครราชสีมา น่าน ตาก และลพบุรี ตามลำดับ สถานการณ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในปี 2566 มีพื้นที่ปลูก 6.79 ล้านไร่ ปริมาณผลผลิต 4.892 ล้านตัน ความต้องการใช้มีปริมาณ 8.37 ล้านตัน มีปริมาณการนำเข้า 1.33 ล้านตัน ราคาเฉลี่ย ณ ความชื้น 14.5 เปอร์เซ็นต์ เฉลี่ยอยู่ที่ 11.24 บาทต่อกิโลกรัม และความชื้นเฉลี่ย 30 เปอร์เซ็นต์ เฉลี่ยอยู่ที่ 8.39 บาทต่อกิโลกรัม ทั้งนี้ ราคาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีแนวโน้มปรับตัวสูงขึ้นในทุกตลาด (กระทรวงพาณิชย์, 2567) ผลผลิตเกือบร้อยละ 95 ถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบหลักในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ที่มีการขยายตัวอย่างต่อเนื่องตามภาวะการเจริญเติบโตของภาคปศุสัตว์ ภาครัฐจึงได้มีการส่งเสริมและสนับสนุนการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อ

เป็นทางเลือกให้กับเกษตรกร ซึ่งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชที่ใช้น้ำน้อยกว่าทานาถึง 2 เท่า หรือประมาณ 450 - 500 มิลลิเมตรต่อฤดูการ หรือ 700 - 800 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อฤดูการผลิต จึงนิยมปลูกในพื้นที่นอกเขตชลประทาน และยังเป็นพืชที่เพาะปลูกระยะสั้น 100 - 110 วันเท่านั้น ทั้งนี้ เกษตรกรมีการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบ่งออกเป็น 2 รุ่น ได้แก่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ รุ่น 1 (ฤดูฝน) ปลูกในช่วงเดือนมีนาคม - ตุลาคม และเก็บเกี่ยวในช่วง มิถุนายน - กุมภาพันธ์ และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ รุ่น 2 (ข้าวโพดหลังนา) ปลูกในช่วงเดือนพฤษภาคม - กุมภาพันธ์ และเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ - พฤษภาคม (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรที่ 2 พิษณุโลก, 2566)

การผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในจังหวัดตากเป็นอีกแหล่งหนึ่งที่มีการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ด้านสถานการณ์การผลิต โดยในปี 2566/2567 จังหวัดตากมีพื้นที่ปลูกทั้งหมด 546,854.62 ไร่ 26,304 ครัวเรือน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2566) ด้านราคาขายข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ปี 2566 ในจังหวัดตาก ราคาเฉลี่ย ณ ความชื้น 14.5 เปอร์เซ็นต์ เฉลี่ยอยู่ที่ 9 บาทต่อกิโลกรัม ด้านสถานการณ์ตลาด ผลผลิตส่วนใหญ่ร้อยละ 85 เกษตรกรจำหน่ายให้กับพ่อค้าผู้รวบรวมในพื้นที่ ผลผลิตร้อยละ 13 ส่งจำหน่ายสถาบันเกษตรกร ได้แก่ สหกรณ์การเกษตรแม่สอด และสหกรณ์แม่ระมาด (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรที่ 2 พิษณุโลก, 2567) ในอำเภอสามเภาที่มีพื้นที่ ปลูกทั้งหมด 40,546.30 ไร่ 2,004 ครัวเรือนและในตำบลวังหมันมีพื้นที่ปลูกทั้งหมด 10,583.20 ไร่ 563 ครัวเรือน

โดยเกษตรกรในตำบลวังหมันมีการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ตลอดทั้งปี โดยแบ่งการปลูกเป็น 2 รุ่น โดยปลูกรุ่นที่ 1 ช่วงเดือนพฤษภาคม-ตุลาคม และรุ่นที่ 2 ช่วงเดือนพฤศจิกายน-เมษายน มีการจัดตั้งกลุ่มแปลงใหญ่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จำนวน 3 กลุ่ม มีสมาชิกรวมทั้งหมด 105 ราย (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2566) แต่ยังมีเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อีก 458 ราย (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2566) ที่ไม่ได้เป็นสมาชิกกลุ่มเกษตรกรเกี่ยวกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ไม่ได้รับความรู้ที่ถูกต้องตามหลักวิชาการจากการอบรมและยังไม่ได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานเกษตรกรส่วนใหญ่อ้างอิงขาดความรู้ที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ รวมถึงเจ้าหน้าที่ยังไม่มีวิธีการส่งเสริมที่เหมาะสมต่อความต้องการของเกษตรกร

จากเหตุผลดังกล่าว การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการส่งเสริมการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรในตำบลวังหมัน อำเภอสามเงา จังหวัดตาก เพื่อต้องการทราบปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องอันมีผลต่อความต้องการส่งเสริมการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เพื่อที่จะได้นำมาเป็นแนวทางในการวางแผนการส่งเสริมที่เหมาะสมแก่เกษตรกร เพื่อให้เกษตรกรได้รับประโยชน์สูงสุดจากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ต่อไป โดยมีวัตถุประสงค์การวิจัยดังนี้

- 1) เพื่อศึกษาสภาพพื้นฐานทางเศรษฐกิจและสังคม
- 2) เพื่อศึกษาสภาพการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
- 3) เพื่อศึกษาความต้องการส่งเสริมการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
- 4) เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการส่งเสริมการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
- 5) เพื่อศึกษาปัญหาและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการส่งเสริมการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกร

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจประชากรในการวิจัย คือ เกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในตำบลวังหมัน อำเภอสามเงา จังหวัด

ตาก ที่ขึ้นทะเบียนกับสำนักงานเกษตรอำเภอสามเงา จังหวัดตาก จำนวนรวมทั้งหมด 563 ราย ปี 2566 กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของทาโร ยามาเน ที่ความคลาดเคลื่อน 0.05 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 234 คน โดยวิธีการสุ่มแบบง่ายโดยการจับฉลาก เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูลคือ แบบสัมภาษณ์ มีลักษณะคำถามทั้งแบบปลายเปิด และปลายปิด ตรวจสอบความเชื่อมั่น (reliability) ของแบบสัมภาษณ์ โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) แบ่งเป็น 5 ตอน คือ ตอนที่ 1 สภาพพื้นฐานทางเศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกร ตอนที่ 2 สภาพการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ตอนที่ 3 ความต้องการส่งเสริมการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกร ตอนที่ 4 ปัญหาและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการส่งเสริมการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกร ทั้งนี้ตรวจสอบความเชื่อมั่น แบบสัมภาษณ์ โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค ได้ค่าความเชื่อมั่นจากสัมประสิทธิ์ของความต้องการส่งเสริมการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกร เท่ากับ 0.887 ปัญหาและข้อเสนอแนะ เท่ากับ 0.754 และ 0.936 วิเคราะห์ข้อมูลโดยสถิติที่ใช้ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการจัดอันดับ โดยกำหนดเกณฑ์จากค่าคะแนนน้ำหนักเฉลี่ย ดังนี้

$$\text{ช่วงคะแนน} = \frac{\text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนต่ำสุด}}{\text{จำนวนชั้น}}$$

ดังนั้นช่วงคะแนนเท่ากับ 0.8 โดยแบ่งคะแนนค่าเฉลี่ยออกเป็น 5 ระดับ คือ 1.00 - 1.80 หมายถึง ระดับน้อยที่สุด ค่าเฉลี่ย 1.81 - 2.60 หมายถึง ระดับน้อย ค่าเฉลี่ย 2.61 - 3.40 หมายถึง ระดับปานกลาง ค่าเฉลี่ย 3.41 - 4.20 หมายถึง ระดับมาก ค่าเฉลี่ย 4.21 - 5.00 หมายถึง ระดับมากที่สุด

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. สภาพพื้นฐานทางเศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกร

พบว่า เกษตรกรร้อยละ 53.40 เป็นเพศหญิง มีอายุเฉลี่ย 53.83 ปี ร้อยละ 58.10 จบระดับการศึกษา ประถมศึกษา มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือน เฉลี่ย

3.50 คน เกษตรกรร้อยละ 47.90 เป็นสมาชิกกลุ่มลูกค้า ธ.ก.ส. รองลงมา ร้อยละ 36.70 เป็นสมาชิกกลุ่มแปลงใหญ่ ร้อยละ 47.90 มีประสบการณ์ในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เฉลี่ย 12.03 ปี ประสบการณ์การฝึกอบรม เรื่อง การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เฉลี่ย 4.71 ปี ร้อยละ 74.40 ได้รับการอบรมจากหน่วยงานสำนักงานเกษตรอำเภอสางงาม ประกอบอาชีพเกษตรกรรมเป็นอาชีพหลัก มีพื้นที่ทำการเกษตรทั้งหมด เฉลี่ย 14.70 ไร่ มีพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เฉลี่ย 11.32 ไร่ มีผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ได้เฉลี่ย 1,355 กิโลกรัมต่อไร่ มากกว่าผลผลิตเฉลี่ยของประเทศ ปีการเพาะปลูก 2566/67 เท่ากับ 743 กิโลกรัมต่อไร่ (กระทรวงพาณิชย์, 2567) จำหน่ายผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้ราคาเฉลี่ย 6.78 บาทต่อกิโลกรัม และมีต้นทุนจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ปี 2566 เฉลี่ย 4,793.63 บาท (Table 1) ต่ำกว่าต้นทุนเฉลี่ย

ของประเทศไทย ปีการเพาะปลูก 2566/67 เท่ากับ 5,247.00 บาทต่อไร่ (กระทรวงพาณิชย์, 2567) อาจเนื่องจาก เกษตรกรเป็นสมาชิกกลุ่มแปลงใหญ่ มีประสบการณ์ได้รับการอบรมเกี่ยวกับการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ ได้รับความรู้เกี่ยวกับการคำนวณต้นทุนการผลิต ลดปัจจัยการผลิตที่ไม่จำเป็น มีผลต่อผลผลิตเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น มีคุณภาพ และสามารถลดต้นทุนการผลิตที่ไม่จำเป็นได้ บางประการสอดคล้องกับงานวิจัยของบุญช่วย (2562) พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นสมาชิกกลุ่ม ธ.ก.ส. เกษตรกรมีประสบการณ์ในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มากกว่า 10 ปี มีพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์กว่า 10 ไร่ มีผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์น้อยกว่าผลผลิตเฉลี่ยของประเทศ ปีการเพาะปลูก 2566/67 และมีต้นทุนการผลิตเฉลี่ยต่ำกว่าต้นทุนเฉลี่ยของประเทศไทย ปีการเพาะปลูก 2566/67

Table 1 The economic and social conditions of Farmers in Wangmun Sub-district, Samngao District, Tak Province.

(N=234)

Items	$\bar{x}$	S.D.
Age	53.83	9.593
Number of labors in the household (person)	3.50	1.477
Experience in growing maize (years)	12.03	8.081
Training experience in growing maize (years)	4.71	3.249
Agricultural area (rai)	14.70	12.895
Maize growing area (rai)	11.32	9.686
Maize yield (kilogram/rai)	1,355	317.694
Average price of maize products (baht per kilogram)	6.78	0.476
Income of growing maize (baht per kilogram)	90,730	53,474.362
Cost of growing maize (baht per kilogram)	4,793.63	1,554.593

2. สภาพการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

พบว่า เกษตรกร ร้อยละ 77.80 ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง มีการไถเตรียมดินก่อนปลูก เฉลี่ย 1.87 ครั้ง โดยร้อยละ 71.40 ใช้วิธีจ้างรถไถเตรียมดิน ร้อยละ 74.40 ใช้เครื่องหยอดขนาดเล็ก ร้อยละ 63.20 ปลูกที่ระยะปลูก 25x25 เซนติเมตร

ใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อัตรา เฉลี่ย 4.48 กิโลกรัมต่อไร่ ร้อยละ 75.20 ไม่ยกทรงปลูก ร้อยละ 88.00 ใช้พันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ลูกผสม โดยร้อยละ 41.50 ซื้อพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จากร้านค้านอกชุมชน รองลงมา ร้อยละ 38.50 ซื้อจากร้านค้าในชุมชน ใส่ปุ๋ยต่อรอบการผลิต เฉลี่ย 1.74 ครั้ง

ร้อยละ 94.00 มีการใส่ปุ๋ยรองพื้นก่อนปลูก ร้อยละ 51.20 ใส่ปุ๋ยรองพื้นด้วยสูตร 15-15-15 ร้อยละ 90.17 ให้น้ำโดยวิธีปล่อยตามร่อง ร้อยละ 91.90 กำจัดวัชพืชโดยใช้สารเคมี โรคและแมลงที่พบในแปลง ร้อยละ 47.40 พบโรคโรคน้ำค้ำระบาด ร้อยละ 91.50 พบหนอนกระทู้ข้าวโพดในแปลง เกษตรกรร้อยละ 85.50 เก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยใช้เครื่องจักรเก็บเกี่ยว ร้อยละ 63.20 มีอายุการเก็บเกี่ยว 120 วัน เกษตรกรร้อยละ 88.00 ขนส่งโดยใช้รถรับจ้าง ร้อยละ 79.90 จำหน่ายผลผลิตให้ลานตากผลผลิต การเกษตรในพื้นที่ เกษตรกรร้อยละ 42.74 จำหน่ายรูปแบบฝักสด ที่ความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 31.44 จำหน่ายในราคา เฉลี่ย 6.95 บาทต่อกิโลกรัม และร้อยละ 62.40 จำหน่ายรูปแบบเมล็ด ที่ความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 32.27 จำหน่ายในราคา เฉลี่ย 6.57 บาทต่อกิโลกรัม มีบางส่วนสอดคล้องกับงานวิจัยของ มลธิชา (2561) พบว่า เกษตรกรไถเตรียมดินจำนวน 2 ครั้ง โดยใช้วิธีการเตรียมดินโดยจากรถไถพรวนดิน ปลูกโดยใช้เครื่องปลูก ใช้เมล็ดพันธุ์อัตรา 5 กิโลกรัมต่อไร่ เมล็ดพันธุ์ที่ใช้ทั้งหมดเป็นเมล็ดพันธุ์ลูกผสม โดยซื้อเมล็ดพันธุ์จากร้านค้านอกชุมชน รองลงมา ซื้อจากร้านค้าในชุมชน การดูแลรักษาของเกษตรกรใส่ปุ๋ย 3 ครั้ง ส่วนใหญ่ไม่ใส่ปุ๋ยรองพื้น ส่วนเกษตรกรที่ใส่ปุ๋ยรองพื้นใส่ด้วยปุ๋ยสูตร 15-15-15 เกษตรกรเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยใช้เครื่องจักรเก็บเกี่ยว เมื่อข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อายุ 120 วัน การจำหน่าย เกษตรกรส่วนใหญ่ขายผลผลิตให้พ่อค้าคนในพื้นที่ และแตกต่างจากงานวิจัยบุญญาพร (2564) ในประเด็นเกษตรกรส่วนใหญ่จำหน่ายข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ให้สหกรณ์การเกษตร

3. ความต้องการการส่งเสริมการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกร

พบว่า เกษตรกรมีความต้องการส่งเสริมการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.34) โดยมีความต้องการด้านการสนับสนุนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.56) รองลงมา คือ ด้านประเด็นความรู้ (ค่าเฉลี่ย 4.30) และด้านวิธีการส่งเสริม (ค่าเฉลี่ย 4.16) (Table 2) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ความต้องการส่งเสริมการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกร ประกอบด้วย 3 ประเด็นดังต่อไปนี้

(1) ด้านประเด็นให้ความรู้ พบว่า เกษตรกรมีความต้องการประเด็นความรู้การส่งเสริม ได้แก่ 1) ด้านการตลาด (ค่าเฉลี่ย 4.50) ประเด็นวิธีการต่อรองราคา (ค่าเฉลี่ย 4.56) 2) ด้านต้นทุนการผลิต (ค่าเฉลี่ย 4.39) ประเด็นการผลิตและการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ (ค่าเฉลี่ย 4.46) 3) ด้านการดูแลรักษา (ค่าเฉลี่ย 4.29) ประเด็นการป้องกันกำจัดโรคและแมลง (ค่าเฉลี่ย 4.46) 4) ด้านการเก็บเกี่ยว (ค่าเฉลี่ย 4.23) ประเด็นวิธีเก็บรักษาผลผลิต (ค่าเฉลี่ย 4.85) และ 5) ด้านการปลูก (ค่าเฉลี่ย 4.09) ประเด็นการเลือกซื้อเมล็ดพันธุ์ (ค่าเฉลี่ย 4.23) ตามลำดับ ใกล้เคียงกับงานวิจัยของ มลธิชา (2561) พบว่า เกษตรกรมีความต้องการด้านการตลาดมากที่สุด รองลงมา ด้านต้นทุนการผลิต ด้านการดูแลรักษา ด้านการปลูก และด้านการเก็บเกี่ยว

(2) ด้านวิธีการส่งเสริม พบว่า เกษตรกรมีความต้องการวิธีการส่งเสริม ได้แก่ 1) วิธีการส่งเสริมแบบบุคคล (ค่าเฉลี่ย 4.33) จากเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร (ค่าเฉลี่ย 4.67) 2) วิธีการส่งเสริมแบบกลุ่ม (ค่าเฉลี่ย 4.14) จากการศึกษาดูงาน (ค่าเฉลี่ย 4.19) และ 3) วิธีการส่งเสริมแบบมวลชน (ค่าเฉลี่ย 4.03) จากหอกระจายเสียง (ค่าเฉลี่ย 4.33) สอดคล้องกับงานวิจัยของพนิดา (2566) พบว่า เกษตรกรมีความต้องการวิธีการส่งเสริมแบบรายบุคคล ประเด็นเจ้าหน้าที่เยี่ยมเยียนเกษตรกรในแปลง เพื่อติดตามสถานการณ์ และให้คำแนะนำ

(3) ด้านการสนับสนุน พบว่า เกษตรกรมีความต้องการการสนับสนุน ได้แก่ 1) การสนับสนุนสินเชื่อเพื่อการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (ค่าเฉลี่ย 4.67) 2) การสนับสนุนประกันราคาผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (ค่าเฉลี่ย 4.61) และ 3) การสนับสนุนเงินค่าชดเชยปัจจัยการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (ค่าเฉลี่ย 4.60) ตามลำดับ ใกล้เคียงกับงานวิจัยของปัฐนันท์ (2566) พบว่า เกษตรกรมีความต้องการมากที่สุด 2 ประเด็น ได้แก่ การสนับสนุนเงินโครงการประกันรายได้ และการสนับสนุนปัจจัยในการผลิต

เนื่องจากเกษตรกรยังขาดความรู้เกี่ยวกับการตลาดวิธีการต่อรองราคา ควรส่งเสริมการรวมกลุ่มเกษตรกร ส่งเสริมให้ภาคเอกชนเข้ามามีส่วนร่วม โดยใช้ระบบการทำเกษตรแบบมีสัญญามาใช้ เพื่อ

สนับสนุนการจัดหาแหล่งสินเชื่อเพื่อการผลิต เมื่อได้ผลผลิตแล้วผู้ประกอบการต้องรับซื้อในราคาที่ตกลงกันไว้ตามคุณภาพที่ระบุไว้

Table 2 The extension needs in maize production in farmers.

Needs	$\bar{x}$	S.D.	Result	Ranking
Knowledge	4.30	0.498	Highest	2
Method	4.16	0.550	High	3
Support	4.56	0.503	Highest	1

4. ปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการการส่งเสริมการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกร

พบว่า ผลการวิจัย โดยการวิเคราะห์สมการถดถอยพหุคูณ พบว่า ค่า F เท่ากับ 6.272 Sig เท่ากับ 0.000 หมายความว่า มีตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัวที่มีความสัมพันธ์และทำนาย ตัวแปรตามในรูปเชิงเส้น เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ของความต้องการการส่งเสริมการผลิตในเชิงพหุคูณ พบว่า Adjusted R^2 มีค่าเท่ากับ 0.185 นั่นคือ ตัวแปรอิสระทั้งหมดสามารถอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม ได้ร้อยละ 18.50 ซึ่งจากการทดสอบมีตัวแปรอิสระ 10 ตัวแปร มี 1 ตัวแปร ที่มีผลต่อความต้องการส่งเสริมการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 สำหรับตัวแปรที่มีผลทางบวก 1 ตัวแปร ได้แก่ ราคาผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ขายได้ (X_8) สัมประสิทธิ์ของตัวแปรราคาผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ขายได้ (X_8) มีค่าเท่ากับ 0.187 หมายถึง เมื่อราคาผลผลิตเพิ่มขึ้น 1 บาทต่อ

กิโลกรัม จะส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของความต้องการการส่งเสริมของเกษตรกรเพิ่มขึ้น 0.187 คะแนน ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่า ราคาของผลผลิตที่เพิ่มขึ้นเป็นแรงจูงใจในการผลิต หากราคาสูงขึ้น เกษตรกรจะมีทุนและมีแรงจูงใจในการลงทุนเพื่อให้เพิ่มประสิทธิภาพผลผลิต เพราะคาดว่าจะได้กำไรมากขึ้น รวมไปถึงราคาเป็นตัวกระตุ้นที่มีอิทธิพลต่อการวางแผนการผลิตของเกษตรกรอย่างมาก เนื่องจาก มีผลต่อรายได้ กำไร และความมั่นคงทางการเกษตร ซึ่งแตกต่างกับงานวิจัยของศรัณยา (2565) พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการการส่งเสริมการปลูกผักปลอดภัยของเกษตรกร อำเภอเมืองปาน จังหวัดลำปาง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 สำหรับตัวแปรที่มีผลทางบวก 4 ตัวแปร ได้แก่ อายุ แหล่งเงินทุน การตรวจสอบการปลูกผักปลอดภัยจากสารพิษ และความรู้เกี่ยวกับการปลูกผักปลอดภัย และตัวแปรที่มีผลทางลบ 1 ตัวแปร ได้แก่ ประสบการณ์การปลูกผัก

Table 3 Factors affecting extension needs in maize production of farmers.

(N=234)

Variable	Coefficient regression (b)	t	Sig
Constant	3.658	7.424	.000
X_1 Age (years)	-.005	-1.329	.185
X_2 Number of labors in the household (person)	-.030	-1.421	.157

Table 3 (continued).

(N=234)

Variable	Coefficient regression (b)	t	Sig
X ₃ Experience in growing maize production (years)	.000	.074	.941
X ₄ Training experience in growing maize (years)	.020	1.556	.121
X ₅ Agricultural area (rai)	-.007	-1.322	.188
X ₆ Maize growing area (rai)	-.010	-1.275	.204
X ₇ Maize yield (kilogram/rai)	.000	-1.231	.220
X ₈ Average price of maize (baht per kilogram)	.187	2.773	.006**
X ₉ Income of growing maize (baht per kilogram)	7.471E-7	0.691	.490
X ₁₀ Cost of growing maize (baht per kilogram)	-6.602E-7	-.194	.847
R ² = 0.220 Adjusted R2 = 0.185 F = 6.272 Sig of F = 0.000			

*statistically significant level at 0.05, ** statistically significant level at 0.01

5. ปัญหาและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการส่งเสริมการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกร

ผลการศึกษาปัญหาการส่งเสริมการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรแต่ละประเด็น มีดังต่อไปนี้

(1) ด้านความรู้พบว่า มีปัญหาด้านประเด็นการส่งเสริมการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 3.37) โดยเกษตรกรมีปัญหาประเด็นปุ๋ยราคาแพง มากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.58) รองลงมา ประเด็นเมล็ดพันธุ์มีราคาแพง (ค่าเฉลี่ย 4.36) และประเด็นต้นทุนการผลิตสูง (ค่าเฉลี่ย 4.32) สอดคล้องกับงานวิจัยของประมวล (2562) พบว่า เกษตรกรมีปัญหาเรื่องปุ๋ยเคมี สารเคมี มีราคาแพงมากที่สุด รองลงมา เรื่องเมล็ดพันธุ์มีราคาแพง สะท้อนให้เห็นว่า ราคาปัจจัยการผลิตที่สูงขึ้นมีผลกระทบต่อยield ของเกษตรกร โดยเฉพาะเกษตรกรรายย่อยที่มีแหล่งรายได้จำกัด และอาจไม่มีทุนสำรองมากพอที่จะรองรับต้นทุนที่เพิ่มขึ้น

(2) ด้านวิธีการส่งเสริม พบว่า ปัญหาด้านวิธีการส่งเสริมการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ภาพรวมอยู่ในระดับน้อย (ค่าเฉลี่ย 2.52) โดยเกษตรกร มี

ปัญหาประเด็นจำนวนกลุ่มเป้าหมายการประชุมอบรม สัมมนา หรือดูงาน มีจำนวนจำกัด มากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 2.59) รองลงมา ประเด็นเวลาว่างไม่ตรงกับเจ้าหน้าที่ (ค่าเฉลี่ย 2.59) และประเด็นการรับข้อมูลไม่ต่อเนื่อง (ค่าเฉลี่ย 2.57) เนื่องจากเกษตรกรบางรายยังไม่ได้รับการอบรมและเป็นสมาชิกกลุ่มทางการเกษตร และเกษตรกรมีอายุที่เริ่มเข้าวัยผู้สูงอายุ อาจเข้าไม่ถึงการสื่อสารออนไลน์จึงทำให้รับข่าวสารไม่ต่อเนื่อง แตกต่างจากสมพงษ์ (2565) พบว่า เกษตรกรมีปัญหาในวิธีการส่งเสริมแบบมวลชน ประเด็นไม่ทราบว่ามีแหล่งข่าวสารใดบ้างจากสื่อมวลชนประเภทต่างๆ

(3) ด้านการรับการสนับสนุน พบว่า ปัญหาด้านการสนับสนุนการส่งเสริมการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 3.12) ได้แก่ 1) การรับซื้อผลผลิตไม่เป็นไปตามราคาที่รับประกันไว้ (ค่าเฉลี่ย 3.42) 2) ได้รับการสนับสนุนไม่ต่อเนื่อง (ค่าเฉลี่ย 3.18) และ 3) ขาดการสนับสนุนแหล่งสินเชื่อที่ดอกเบี้ยถูกแก่เกษตรกร (ค่าเฉลี่ย 3.00) สอดคล้องกับงานวิจัยของสมพงษ์ (2565) พบว่า เกษตรกรมีปัญหาประเด็นการรับซื้อผลผลิตไม่เป็นไปตามราคาที่รับประกันไว้

Table 4 Summary of problem on extension needs in maize production of farmers.

Needs	$\bar{x}$	S.D.	Result	Ranking
Knowledge	3.37	0.597	Moderate	1
Method	2.52	0.589	Little	3
Support	3.12	0.177	Moderate	2

ข้อเสนอแนะการส่งเสริมการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรแต่ละประเด็น มีดังต่อไปนี้

(1) ด้านความรู้ พบว่า มีข้อเสนอแนะด้านประเด็นการส่งเสริมการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ภาพรวมอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.86) โดยมีข้อเสนอแนะว่าควรให้ความรู้ด้านต่างๆ ดังนี้ 1) ต้นทุนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (ค่าเฉลี่ย 4.22) 2) การตลาด (ค่าเฉลี่ย 4.10) 3) การดูแลรักษา (ค่าเฉลี่ย 3.74) 4) การเก็บเกี่ยว (ค่าเฉลี่ย 3.72) 5) กระบวนการปลูก (ค่าเฉลี่ย 3.50) แตกต่างจากงานวิจัยของมลธิชา (2561) พบว่า เกษตรกรข้อเสนอแนะว่าให้ความรู้เกี่ยวกับการเก็บเกี่ยวมากที่สุด รองลงมา ต้นทุนการผลิต การดูแลรักษา กระบวนการปลูก และการตลาด ตามลำดับ

(2) ด้านวิธีการส่งเสริม พบว่า มีข้อเสนอแนะด้านประเด็นการส่งเสริมการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ภาพรวมอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.52) โดยมีข้อเสนอแนะว่าควรใช้วิธีการส่งเสริม ดังนี้

1) แบบมวลชน (3.62) 2) แบบกลุ่ม (ค่าเฉลี่ย 3.52) และ 3) แบบบุคคล (ค่าเฉลี่ย 3.43) แตกต่างจากงานวิจัยของพนิดา (2566) พบว่า มีข้อเสนอแนะด้านการส่งเสริมแบบรายบุคคล ประเด็น เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรควรลงไปติดตามแปลงเกษตรกรอย่างสม่ำเสมอ

(3) ด้านการรับสารสนับสนุน พบว่า มีข้อเสนอแนะด้านประเด็นการส่งเสริมการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ภาพรวมอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.05) โดยมีข้อเสนอแนะว่าควรสนับสนุน ดังนี้ 1) การจัดการรับซื้อผลผลิตให้เป็นไปตามข้อตกลง (ค่าเฉลี่ย 4.26) 2) ควรสร้างความตระหนักให้เกษตรกรทราบถึงการสนับสนุนปัจจัยการผลิตและการช่วยเหลือตนเอง (ค่าเฉลี่ย 4.12) และ 3) ควรสนับสนุนแหล่งสินเชื่อที่ดอกเบี้ยถูกแก่เกษตรกร (ค่าเฉลี่ย 4.07) แตกต่างจากงานวิจัยของสมพงษ์ (2565) พบว่า มีข้อเสนอแนะว่าควรมีโครงการประกันรายได้ให้กับเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

Table 5 Summary of suggestions on extension needs in maize production of farmers.

Needs	$\bar{x}$	S.D.	Result	Ranking
Knowledge	3.86	0.652	High	2
Method	3.52	0.748	High	3
Support	4.05	0.712	High	1

สรุป

เกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในตำบลวังหมัน อำเภอสามเงา จังหวัดตาก ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุเฉลี่ยเริ่มเข้าสู่วัยผู้สูงอายุ มีประสบการณ์การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มาเป็นเวลานาน เป็นสมาชิกกลุ่มทางการเกษตร ได้รับการอบรมเกี่ยว

กับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ส่งผลให้มีผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ได้เฉลี่ยสูงกว่าผลผลิตเฉลี่ยของระดับประเทศ และมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าของระดับประเทศ ส่วนกระบวนการผลิตเกษตรกรปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในช่วงฤดูฝนและช่วงฤดูแล้ง มีการไถเตรียมดินก่อนปลูก กำจัดวัชพืชโดยใช้สารเคมี เก็บเกี่ยวผลผลิตโดยใช้

เครื่องจักรเก็บเกี่ยว ซึ่งช่วยลดเวลาและแรงงาน โดยจำหน่ายผลผลิตให้ลานตากผลผลิตการเกษตรในพื้นที่เกษตรกรรมมีความต้องการวิธีการส่งเสริมจากเจ้าหน้าที่กรมส่งเสริมการเกษตร โดยต้องการการสนับสนุนสินเชื่อเพื่อการผลิต และต้องการความรู้ด้านการตลาดเรื่องวิธีการต่อรองราคา ปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการส่งเสริมการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกร มีตัวแปรอิสระ 1 ตัวแปร คือ ราคาผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ขายได้ ที่มีผลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและมีความสัมพันธ์เชิงบวก นอกจากนี้ ด้านปัญหาและข้อเสนอแนะ เกษตรกรมีปัญหาเรื่องราคาปัจจัยการผลิตสูง จำนวนกลุ่มเป้าหมายในการเข้าร่วมการอบรม มีจำนวนจำกัด ไม่เพียงพอต่อความต้องการของเกษตรกร รวมทั้งมีปัญหาการรับซื้อไม่เป็นไปตามราคาที่รับประกันไว้ โดยเกษตรกรมีข้อเสนอแนะว่าควรให้ความรู้เกี่ยวกับต้นทุนการผลิต โดยใช้วิธีการส่งเสริมแบบมวลชน และควรส่งเสริมด้านการจัดการรับซื้อผลผลิตให้เป็นไปตามข้อตกลง

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะต่อเกษตรกร

1.1 เกษตรกรควรเก็บตัวอย่างดินที่ถูกต้องตามหลักวิชาการเพื่อตรวจวิเคราะห์ดินและนำผลการวิเคราะห์ดินมาใช้ในการจัดการดินก่อนปลูกพืช ทำให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยได้ถูกต้องตามค่าวิเคราะห์ดิน และสามารถลดต้นทุนการผลิตได้

1.2 เกษตรกรควรศึกษาหาความรู้อย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ และพัฒนาทักษะทางด้านเทคโนโลยี เพื่อให้เข้าถึงข่าวสารได้รวดเร็ว และทันต่อเหตุการณ์

2. ข้อเสนอแนะต่อเจ้าหน้าที่

2.1 เจ้าหน้าที่ควรจัดอบรมให้ความรู้เกษตรกรเพื่อให้เกษตรกรมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องและปฏิบัติได้ตามหลักวิชาการ เกี่ยวกับการจัดการดูแลรักษา การพัฒนาคุณภาพและการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต รวมถึงการลดต้นทุนการผลิต ส่วนของค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็น

2.2 เจ้าหน้าที่ควรจัดทำสื่อประชาสัมพันธ์เกี่ยวกับการคำนวณต้นทุน การลดต้นทุนการผลิต

โดยใช้วิธีการส่งเสริมแบบมวลชน เช่น ช่องทางกระจายเสียง สื่อออนไลน์ต่าง ๆ โทรศัพท์ วิทยุ และหนังสือพิมพ์ เป็นต้น อย่างต่อเนื่อง

2.3 เจ้าหน้าที่ควรส่งเสริมการรวมกลุ่มเกษตรกร สร้างเครือข่ายเชื่อมโยงตลาด แหล่งรับซื้อภายในและภายนอกพื้นที่ เช่น กลุ่มแปลงใหญ่ วิสาหกิจชุมชน เป็นต้น

3. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

3.1 ควรศึกษาแนวทางการส่งเสริมการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จะได้ทราบถึงการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในบริบทอื่น

3.2 ควรศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อหาแนวทางในการลดต้นทุนการผลิต

3.3 ควรถอดองค์ความรู้เกษตรกรต้นแบบเพื่อเป็นแนวทางต่อยอดองค์ความรู้ นำไปปรับใช้ให้เหมาะสมกับบริบทในพื้นที่ให้แก่เกษตรกรรายอื่น ในการพัฒนาการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ให้ดีขึ้นกว่าเดิม

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงพาณิชย์. 2567. ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ประจำปี สัปดาห์ที่ 1 เดือนมิถุนายน 2567 (4-7 มิ.ย. 2567). (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : <https://regional.moc.go.th/th/file/get/file/202406109a609c477228d9fa4de21fd3a479e1b1143914.pdf> (8 ตุลาคม 2567).
- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2566. ระบบฐานข้อมูลทะเบียนเกษตรกรกลาง. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : https://farmer.doae.go.th/report/report66/report_corn_66_fmddfb (23 ตุลาคม 2566)
- บุญช่วย อุดคำมี. 2562. การส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรอำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง. วิทยานิพนธ์ปริญญาเกษตรศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี. 129 หน้า.

- บุญญาพร รักษาวงษ์. 2564. การจัดการการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรแปลงใหญ่ในอำเภอศรีรัตนะ จังหวัดศรีสะเกษ. วิทยานิพนธ์ปริญญาเกษตรศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี. 92 หน้า.
- ประมวล บัวกฎ. 2562. การส่งเสริมการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรในตำบลแสนสุข อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี. วิทยานิพนธ์ปริญญาเกษตรศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี. 152 หน้า.
- ปัฐนันท์ พันธุมมาตร. 2566. ความต้องการการส่งเสริมการผลิตมันสำปะหลังของเกษตรกรในอำเภอบ้านบึงจังหวัดชลบุรี. วิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ 6(3): 41-50.
- พนิดา เปรมจิตติบัณฑิต, นาริรัตน์ สี่ระสาร และสินีนุช คุรุเมือง แสนเสริม. 2566. ความต้องการการส่งเสริมการผลิตลำไย นอกฤดูของเกษตรกรในอำเภอโกสุมพินคร จังหวัดกำแพงเพชร. วิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ 6(2): 92-102.
- มลธิชา ทาอาสา. 2561. แนวทางการส่งเสริมการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ฤดูแล้งของเกษตรกรในพื้นที่อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก. วิทยานิพนธ์ปริญญาเกษตรศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี. 159 หน้า.
- ศรัณยา ปัญญาเย็น. 2565. ปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการในการส่งเสริมปลูกผักปลอดภัยจากสารพิษของเกษตรกรอำเภอเมืองปาน จังหวัดลำปาง. วิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ 40(3): 127-137.
- สมพงษ์ พรหมที, นาริรัตน์ สี่ระสาร และบำเพ็ญ เขียวหวาน. 2565. แนวทางการส่งเสริมการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรในอำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี. Journal of Roi Kaensarn Academi 7(10): 332-347.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2566. ภาพเศรษฐกิจการเกษตรปี 2566 และแนวโน้มปี 2567. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรกรุงเทพ, กรุงเทพฯ. 73 หน้า.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรที่ 2 พิษณุโลก. 2567. สศท.2 ติดตามสถานการณ์การผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 6 จังหวัดภาคเหนือ ปีนี้ ผลผลิตรวม 1.2 ล้านตัน (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : <https://www.oae.go.th/view/1/%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B8%A5%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%AD%E0%B8%B5%E0%B8%A2%E0%B8%94%E0%B8%82%E0%B9%88%E0%B8%B2%E0%B8%A7%E0%B8%82%E0%B9%88%E0%B8%B2%E0%B8%A7%E0%B8%97%E0%B8%B1%E0%B9%89%E0%B8%87%E0%B8%AB%E0%B8%A1%E0%B8%94/43843/TH-TH> (8 ตุลาคม 2567).

ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้ระบบ DOAE E-Learning ของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตรใน
8 จังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน

Factors Influencing the Use of DOAE E-Learning System of Extension Officers in 8 Provinces
in the Upper Northeastern Region

ราตรี ปะวะเสนัง¹ ไกรเลิศ ทวีกุล¹ ยศ บริสุทธิ์¹ และไชยธีระ พันธุ์ภักดี^{1*}

Ratri Pawasanang¹, Krailert Taweekul¹, Yos Borisutdhi¹ and Chaiteera Panpakdee^{1*}

Received: October 9, 2024

Revised: November 11, 2024

Accepted: November 13, 2024

Abstract: This study aimed to analyze the factors influencing the use of the DOAE E-Learning system. The population consisted of 544 agricultural extension officers across eight provinces in the upper northeastern region, including Mukdahan, Sakon Nakhon, Loei, Nakhon Phanom, Udon Thani, Nong Bua Lamphu, Bueng Kan, and Nong Khai. The sample size was determined using Taro Yamane's formula, with an acceptable level of error set at 0.05. A simple random sampling method, utilizing a clustering approach, yielded a total of 231 respondents for this study. Descriptive statistics and multiple regression analysis were applied to the data. The findings indicated that most respondents were female (61.04%), and 66.67% held a bachelor's degree. Key motivating factors for utilizing the DOAE E-Learning system among extension officers included its adaptability to learners' varying levels of readiness and its provision of a range of knowledge. Additionally, multiple regression analysis revealed that awareness of the system's benefits, particularly its ability to deliver essential information and appropriate content, positively influenced use with statistical significance at the 0.01 level. Therefore, it is recommended that to encourage extension officers to use the system consistently, stakeholders should focus on regularly updating the content and ensuring that the system interface remains user-friendly and easy to navigate.

Keywords: Agricultural extension, Extension officer, E-learning, Upper northeast

บทคัดย่อ: การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้ระบบ DOAE E-Learning กลุ่มประชากรคือนักวิชาการส่งเสริมการเกษตรจำนวน 544 คนใน 8 จังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ได้แก่ มุกดาหาร สกลนคร เลย นครพนม อุดรธานี หนองบัวลำภู บึงกาฬ และหนองคาย การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างใช้สูตรของทาร์โรว์ ยามาเน่ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ที่ระดับ 0.05 สุ่มตัวอย่างอย่างง่ายโดยใช้วิธีการกำหนดกลุ่มได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 231 คน การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา และการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ ผลการวิจัยพบว่า นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 61.04 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีมากที่สุด ร้อยละ 66.67 แรงจูงใจสำคัญที่ทำให้นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรใช้ระบบ DOAE E-Learning คือ การที่ระบบสนับสนุนการเรียนรู้ตามความพร้อมของผู้เรียนและมีแหล่งความรู้ที่หลากหลาย ส่วนผลการวิเคราะห์

¹ สาขาวิชาการส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

¹ Department of Agricultural Extension, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University 40002

*Corresponding author: chaitpa@kku.ac.th

การถดถอยพหุคูณ พบว่า การตระหนักถึงประโยชน์ในการให้ข้อมูลสำคัญและความเหมาะสมของเนื้อหาที่มีอิทธิพลทางบวกที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 ดังนั้น พบว่าควรมีการส่งเสริมให้นักวิชาการส่งเสริมการเกษตร ใช้ระบบนี้ อย่างสม่ำเสมอ ผู้เกี่ยวข้องควรปรับปรุงเนื้อหาให้ทันสมัยและออกแบบอินเตอร์เฟซของระบบให้เข้าใจง่าย

คำสำคัญ: การส่งเสริมการเกษตร, นักวิชาการส่งเสริมการเกษตร, การเรียนรู้ผ่านอินเทอร์เน็ต, ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน

คำนำ

ด้วยความก้าวหน้าในเทคโนโลยีสารสนเทศ กอปรกับความต้องการบูรณาการความรู้ มีผลให้การเรียนรู้ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต (E-learning) เป็นส่วนสำคัญของการจัดการศึกษาในปัจจุบัน เพราะสามารถสื่อสารสองทางระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน (Almaiah and Alismaiel, 2019) นอกจากนี้ ยังสะดวกสบายต่อการขยายขอบเขตการเรียนรู้ ผู้เรียนสามารถเข้าถึงเนื้อหาได้จากทุกที่และทุกเวลาเพียงมีการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต (Thanji and Vasantha, 2016) สนับสนุนให้ผู้เรียนเลือกเรียนในหัวข้อได้ตามความต้องการ โดยไม่ต้องปฏิบัติตามตารางเรียนที่กำหนด (Taata and Francis, 2019) ความมีประสิทธิภาพนี้ยืนยันได้จากอัตราการเติบโตอย่างสูงของระบบการเรียนรู้ผ่านอินเทอร์เน็ตหลังการระบาดของโรคโควิด-19 ที่เร่งรัดให้มีการปรับเปลี่ยนการจัดการเรียนในห้องเรียนแบบดั้งเดิมไปสู่การเรียนออนไลน์ (Abebe, 2020) อย่างไรก็ตาม การเรียนรู้ผ่านระบบอินเทอร์เน็ตก็มีข้อจำกัดหลายประการที่กระทบต่อการใช้งานอย่างต่อเนื่อง เช่น ประสิทธิภาพของการเรียนรู้มีความสัมพันธ์กับคุณภาพของซอฟต์แวร์ ฮาร์ดแวร์ และโครงสร้างพื้นฐาน (Eze *et al.*, 2020) ปัจจัยเหล่านี้อาจก่อให้เกิดอุปสรรคสำหรับผู้เรียนที่อยู่ในพื้นที่ห่างไกล ซึ่งโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีไม่มีประสิทธิภาพ (Zhang *et al.*, 2020) นอกจากนี้ การเรียนรู้ผ่านระบบอินเทอร์เน็ตยังต้องการให้ผู้เรียนปรับเปลี่ยนพฤติกรรมจากการเป็นผู้เรียนที่รับความรู้ (Passive learners) เป็นผู้เรียนที่มีส่วนร่วมในการใช้งานอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่เชื่อมต่อกับเครือข่ายต่างๆ (Active learners) (Taata and Francis,

2019) หากผู้เรียนขาดทักษะในส่วนนี้ ก็จะส่งผลให้ไม่สามารถเรียนรู้ผ่านระบบอินเทอร์เน็ตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กรมส่งเสริมการเกษตร สังกัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้จัดสรรงบประมาณ 3,486,000 บาท เพื่อพัฒนาระบบการเรียนรู้ผ่านอินเทอร์เน็ตชื่อ DOAE E-Learning ขึ้นในปี พ.ศ. 2566 (พืรดาว และ เพ็ญศรี, 2565) ระบบนี้ คือ แพลตฟอร์มการเรียนรู้ออนไลน์ (Online learning platform) ที่พัฒนาขึ้นเพื่อให้ความรู้และทักษะแก่บุคลากรทางการเกษตรและผู้สนใจทั่วไปผ่านระบบออนไลน์ซึ่งมุ่งเน้นให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงเนื้อหาวิชาการ ข้อมูลเชิงลึก และแนวปฏิบัติที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาเกษตรกรรมผ่านการเรียนรู้ทางไกล เมนูการใช้งานในระบบนี้ประกอบด้วย 6 ส่วนหลัก ได้แก่ (1) หน้าหลัก (Home) ผู้ใช้สามารถเข้าสู่หน้าแรกของระบบเพื่อดูข่าวสารล่าสุด การประกาศเกี่ยวกับหลักสูตรใหม่ และข้อมูลสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ (2) เมนูหลักสูตร (Courses) หน้าหลักสูตรแบ่งหลักสูตรออกเป็นหมวดหมู่ต่างๆ เช่น การปลูกพืช การเลี้ยงสัตว์ การจัดการศัตรูพืช การใช้เทคโนโลยีในเกษตรกรรม เป็นต้น ผู้ใช้สามารถเลือกเรียนหลักสูตรที่สนใจได้ (3) คลังความรู้ (Knowledge repository) เป็นส่วนที่รวบรวมสื่อการเรียนรู้ เช่น วิดีโอ เอกสารและคู่มือ (4) การทดสอบและประเมินผล (Tests and assessments) หลักสูตรแต่ละรายการจะมีการทดสอบและประเมินผลเพื่อให้ผู้เรียนสามารถทบทวนและประเมินความรู้ของตนเองเมื่อเรียนจบหลักสูตร (5) ประวัติการเรียนรู้ (Learning history) ผู้ใช้สามารถตรวจสอบประวัติการเรียนรู้ย้อนหลัง ว่าตนเองได้เรียนหลักสูตรใดบ้าง รวมถึง

ติดตามผลการประเมินแต่ละหลักสูตร และ (6) การรับใบประกาศนียบัตร (Certificates) หลังจากเรียนจบหลักสูตรและผ่านการทดสอบ ผู้ใช้สามารถขอรับใบประกาศนียบัตรออนไลน์ เพื่อใช้ในการรับรองความรู้ในสาขานั้นๆ ทั้งนี้ เนื้อหาในระบบจะมีการปรับปรุงต่อเนื่องเพื่อให้ทันสมัยและตรงกับความต้องการของเกษตรกรในแต่ละภูมิภาค และยังมีการเชื่อมโยงกับโครงการอื่นๆ ของกรมส่งเสริมการเกษตร เช่น โครงการ Smart Farmer ที่มุ่งเน้นให้เกษตรกรสามารถนำความรู้ทางเทคโนโลยีมาใช้ในการเกษตรอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังเป็นเครื่องมือในการเสริมสร้างความรู้และทักษะให้แก่บุคลากรทางการเกษตรของรัฐ เพื่อเพิ่มศักยภาพในการให้คำปรึกษาและพัฒนาเกษตรกรในพื้นที่ต่างๆ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2567)

การดำเนินการนี้มีเป้าหมายไม่เพียงแต่ให้กรมส่งเสริมฯ เป็นผู้นำในด้านการส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร แต่ยังเพื่อปรับตำแหน่งองค์กรให้สอดคล้องกับนโยบายประเทศไทย 4.0 ของรัฐบาล (Bangkok Post, 2017) ระบบ DOAE E-Learning เป็นแพลตฟอร์มการเรียนออนไลน์ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนานักวิชาการส่งเสริมการเกษตรในสังกัดเน้นการให้ความรู้และทักษะเฉพาะทาง เช่น การวิเคราะห์ตลาด และการใช้เทคโนโลยีทางการเกษตร นอกจากนี้ ระบบยังเอื้อต่อการเข้าถึงได้จากทุกที่และมีรูปแบบการเรียนรู้ที่หลากหลาย เช่น วิดีโอแนะนำทักษะ แบบฝึกหัดออนไลน์ และสัมมนาผ่านเว็บที่สำคัญระบบนี้ยังมีเครื่องมือที่ช่วยประเมินผลผู้เรียนทำให้ตรวจสอบผลและปรับปรุงวิธีการเรียนได้อย่างดี (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2567)

อย่างไรก็ดี ความหวังที่จะได้เห็นการใช้ระบบ DOAE E-Learning แพร่หลายในกลุ่มนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร ยังพบอุปสรรคหลายข้อ เริ่มจากผลที่ตามมาของโรคโควิด-19 ทำให้เศรษฐกิจการเกษตรของประเทศช่วง 3-5 ปีที่ผ่านมาหยุดนิ่ง ทำให้ภาระงานในภาคสนามของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตรเพิ่มขึ้น (Bank of Thailand, 2020) นอกจากนี้ องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการเรียนผ่านระบบอินเทอร์เน็ตยังบกพร่อง เช่น ความทันสมัยของระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ คุณภาพและจำนวนอุปกรณ์ที่สอดคล้องกับจำนวนบุคลากร (Thailand

Development Research Institute, 2020) กระนั้นอุปสรรคที่สำคัญที่สุดคือ รายงานที่ว่านักวิชาการส่งเสริมการเกษตรจำนวนมาก ขาดทักษะด้านดิจิทัล (Digital literacy) เพราะคุ้นเคยกับวิธีการเรียนรู้แบบเดิมที่ห้องเรียน ส่งผลให้เกิดความลังเลที่จะปรับตัว เพราะยังติดอยู่ในยุค 3.0 ซึ่งมีรูปแบบการบริหารและการจัดการเรียนแบบดั้งเดิม (Buasuwan, 2018) ข้อสังเกตนี้สอดคล้องกับผลการสำรวจของบริษัทแมนเพาเวอร์กรุ๊ปที่ว่า ประเทศไทยยังไม่พร้อมสำหรับการเปลี่ยนแปลงสู่ยุคประเทศไทย 4.0 โดยเฉพาะในกลุ่มเจ้าหน้าที่ของรัฐที่มีความหลากหลายทางอายุ และทักษะ ข้อจำกัดนี้ทำให้การนำเทคโนโลยีใหม่มาใช้เป็นเรื่องยาก (Noor et al., 2018)

ความท้าทายที่กล่าวไปเป็นเรื่องที่ต้องแก้ไขอย่างเร่งด่วน เพราะนักวิชาการส่งเสริมการเกษตรเป็นบุคคลสำคัญของการพัฒนาการเกษตรของประเทศ จึงต้องได้รับการฝึกอบรมศาสตร์และทักษะต่าง ๆ เพื่อส่งมอบแนวทางปฏิบัติที่ดีแก่เกษตรกร จึงเป็นที่มาของการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการใช้ระบบ DOAE E-Learning ของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร ใน 8 จังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ได้แก่ มุกดาหาร สกลนคร เลย นครพนม อุดรธานี หนองบัวลำภู บึงกาฬและหนองคาย ด้วย 8 จังหวัดมีความสำคัญเชิงกลยุทธ์ต่อกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ที่มีเป้าหมายยกระดับเกษตรกรรายย่อยในพื้นที่เป็นเกษตรกรปราดเปรื่อง (Smart farmers) ที่รู้จักใช้เทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2563) นอกจากนี้ รัฐบาลยังได้กำหนดพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนเป็นหนึ่งในพื้นที่ยุทธศาสตร์สำหรับการพัฒนาเศรษฐกิจ ที่มุ่งเน้นการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของเกษตรกร และส่งเสริมการพัฒนาการเกษตรที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม จากสถานการณ์ดังกล่าว จึงมีความจำเป็นที่จะศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการใช้ระบบ DOAE E-Learning ของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร ใน 8 จังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน เพื่อเป็นแนวทางให้กรมส่งเสริมการเกษตรพัฒนาและออกแบบระบบอย่างมีประสิทธิภาพ อันจะเป็นการสนับสนุนให้นักวิชาการส่งเสริมการเกษตร ใช้ระบบต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรคือนักวิชาการส่งเสริมการเกษตรสังกัดกรมส่งเสริมการเกษตรจำนวน 544 คน ใน 8 จังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ได้แก่ มุกดาหาร สกลนคร เลย นครพนม อุดรธานี หนองบัวลำภู บึงกาฬ และหนองคาย ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างตามสูตรของ Taro Yamane ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Yamane, 1973) ได้กลุ่มตัวอย่าง

จำนวน 231 ราย จากนั้นใช้วิธีการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster sampling) ซึ่งมีพื้นฐานมาจากการใช้จำนวนนักวิชาการส่งเสริมการเกษตรแต่ละจังหวัดเป็นเกณฑ์จัดสรรสัดส่วน เพื่อให้ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมในแต่ละจังหวัด และการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) (สิน, 2554) ใช้ตารางเลขสุ่มที่มีเลขกำกับหน่วยรายชื่อทั้งหมดของประชากร (Table 1)

Table 1 Number of population and sample group.

Research area	Population	Suggested sample size
Nakhon Phanom Provincial Agriculture Office	62	26
Buang Kan Provincial Agriculture Office	47	20
Mukdahan Provincial Agriculture Office	44	19
Loei Provincial Agriculture Office	75	32
Sakon Nakhon Provincial Agriculture Office	104	44
Nong Khai Provincial Agricultural Office	51	22
Nong Bua Lamphu Provincial Agricultural Office	50	21
Udon Thani Provincial Agriculture Office	111	47
Total	544	231

2. การเก็บรวบรวมข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เนื่องจากกรมส่งเสริมการเกษตรมีนโยบายลดการใช้กระดาษ และพัฒนาองค์กรสู่ระบบราชการ 4.0 (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2563) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งนี้คือ แบบสอบถามออนไลน์ผ่านแอปพลิเคชันกูเกิลฟอร์ม (Google form) ซึ่งได้รับการพัฒนาโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและระบบข้อมูลของกรมส่งเสริมฯ จำนวน 3 คน ผลการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบสอบถามด้วยค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha) พบว่าแบบสอบถามนี้ได้ค่าเท่ากับ 0.974 ซึ่งบ่งบอกว่าอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลได้อย่างเหมาะสม (Cronbach, 1984)

เนื้อหาแบบสอบถามออนไลน์แบ่งเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 คำถามปลายปิดเพื่อรวบรวมข้อมูลทั่วไป เช่น เพศ อายุ ระดับการศึกษา และประสบการณ์ทำงาน

ส่วนที่ 2 คำถามที่มุ่งวิเคราะห์แรงจูงใจในการเข้าเรียนรู้ในระบบ DOAE E-Learning เป็นคำถามในรูปแบบปรนัย จำนวน 5 ข้อ 5 ตัวเลือก เพื่อวัดแรงจูงใจในการใช้ระบบ มีค่าคะแนนจาก 1 ถึง 5 ตามแบบวัดมาตราส่วน (Rating scale) (Philip, 2024) และนำผลรวมมาจัดระดับ ตามเกณฑ์การแปลความหมายดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 0 – 1.49 หมายถึง มีความสำคัญน้อยที่สุด

คะแนนเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายถึง มีความสำคัญน้อย

คะแนนเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายถึง มีความสำคัญปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายถึง มีความสำคัญมาก

คะแนนเฉลี่ย 4.50 – 5.00 หมายถึง มีความสำคัญมากที่สุด

ส่วนที่ 3 เป็นชุดคำถาม (Question list) ประกอบด้วย 29 รายการคำถาม เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการใช้ระบบ DOAE E-Learning รายการคำถามใช้มาตรวัด 5 ระดับของลิเคิร์ต ระดับ 1 คือ “ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง” ระดับ 2 “ไม่เห็นด้วย” ระดับ 3 คือ “ไม่แน่ใจ” ระดับ 4 คือ “เห็นด้วย” และระดับ 5 คือ “เห็นด้วยอย่างยิ่ง” (Abuhamda *et al.*, 2021) โดยการศึกษาใช้ตัวแปรอิสระ (X) จำนวน 7 ตัวแปร ซึ่งได้จากการทบทวนวรรณกรรมด้านปัจจัยที่มีผลต่อการการเรียนรู้ผ่านอินเทอร์เน็ต (Ahmadpour and Soltani, 2012; Almaiah and Alismaiel, 2019; Eze *et al.*, 2020) ได้แก่ เพศ (GENDER) ระดับการศึกษา (EDUCATION) แรงจูงใจส่วนบุคคล (INCENTIVE) การตระหนักถึงประโยชน์ (AWARENESS) ความสะดวกในการใช้งาน (CONVENIENCE) ความเหมาะสมของเนื้อหาการเรียนรู้ (APPROPRIATENESS) และคุณภาพของอุปกรณ์ดิจิทัลและการเชื่อมต่อสัญญาณอินเทอร์เน็ตที่หน่วยงานจัดหาให้ (QUALITY) สำหรับตัวแปรตาม (Y) คือ การใช้ระบบ DOAE E-Learning ของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร โดยตัวแปรอิสระ ได้ทำการตรวจสอบว่าแต่ละคู่ไม่มีค่าสหสัมพันธ์สูงกว่า 0.80 ที่จะก่อให้เกิดปัญหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระด้วยกันเอง (Multicollinearity) (Vatcheva *et al.*, 2016)

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS Statistics เวอร์ชัน 27 ใช้การวิเคราะห์ซึ่งประกอบด้วย 1) สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) เช่น ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ 2) สถิติเชิงอนุมาน (Influential statistics) การวิเคราะห์หาค่าคงที่พหุคูณเพื่อสำรวจปัจจัยใดที่มีผลต่อการใช้ระบบ DOAE E-Learning ของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร

4. จริยธรรมการวิจัย

การเข้าร่วมการวิจัยกลุ่มตัวอย่างทุกคนได้

แสดงความยินยอมเข้าร่วมตามหลักเกณฑ์จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์มหาวิทยาลัยขอนแก่น หมายเลขสำคัญโครงการ HE663273

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ลักษณะพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างมากกว่าครึ่งเป็นเพศหญิง (ร้อยละ 61.04) จบการศึกษาระดับปริญญาตรีมากที่สุด (ร้อยละ 66.67) ปริญญาโท (ร้อยละ 32.90) และปริญญาเอก (ร้อยละ 0.43) ช่วงอายุส่วนใหญ่อยู่ที่ 36-40 ปี (ร้อยละ 32.82) ตามมาที่อายุ 41-45 ปี (ร้อยละ 25.77) และมีประสบการณ์การเป็นนักวิชาการส่งเสริมการเกษตรอยู่ที่ 1-5 ปี (ร้อยละ 47.86) ตามมาที่ 6-10 ปี (ร้อยละ 34.36)

2. แรงจูงใจ

แรงจูงใจในการใช้ระบบ DOAE E-Learning (Table 2) พบว่า กลุ่มตัวอย่างเห็นถึงความสำคัญของความสามารถในการเรียนรู้ได้ทุกที่ตลอดเวลา ($\bar{X}$ = 4.24) เป็นแรงจูงใจหลัก เพราะระบบมีความยืดหยุ่นในการเข้าถึงเนื้อหาและสามารถเรียนรู้ได้จากทุกสถานที่ ทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงการศึกษาได้โดยไม่ถูกจำกัดด้วยสถานที่ตั้ง (Taata and Francis, 2019; Yuan, 2021) การพัฒนาความก้าวหน้าในวิชาชีพ ($\bar{X}$ = 4.16) เป็นแรงจูงใจลำดับที่สอง เพราะมีเนื้อหาสนับสนุนต่อการก้าวหน้าในวิชาชีพนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร เช่น การเขียนงานวิจัยในงานส่งเสริมการเกษตรประกอบการเลื่อนวิทยะฐานะ และการบริหารผู้ได้บังคับบัญชา เป็นต้น นอกจากนี้ เนื้อหาของระบบยังเพิ่มพูนความสามารถในวิชาชีพการเป็นนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร ($\bar{X}$ = 4.11) เพราะมีเนื้อหาและแบบเรียนที่สนับสนุนทักษะสำคัญ เช่น การวินิจฉัยศัตรูพืชระดับพื้นที่ การจัดการดินและปุ๋ย กระบวนการโรงเรียนเกษตรกร และการตลาดสินค้าออนไลน์ เป็นต้น (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2567)

สำหรับปัจจัยด้านการใช้งานง่ายอยู่ในระดับน้อยที่สุด ($\bar{X}$ = 4.02) เพราะระบบนี้ได้รับการออกแบบโดยคำนึงถึงความต้องการและพฤติกรรมของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร ทำให้เข้าถึงได้โดยไม่ต้องมีทักษะทางเทคโนโลยีสูง กอปรกับกรมส่งเสริม และ

หน่วยงานภาครัฐอื่น ๆ มีการจัดฝึกอบรมการใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศอย่างต่อเนื่อง ทำให้บุคลากรสามารถใช้งานอินเทอร์เน็ตและเครื่องมือดิจิทัลต่าง ๆ ได้ (Thailand Development Research Institute, 2020) นอกจากนี้ หากพิจารณาคะแนนแรงจูงใจด้านการใช้งานง่ายในบริบทของการพัฒนาทักษะดิจิทัลจะเห็นว่าการที่คะแนนส่วนนี้น้อยที่สุด

แสดงให้เห็นถึงการที่นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรให้ความสำคัญกับความง่ายในการใช้งานระบบฯ เพราะมีศักยภาพในการแก้ปัญหาการขาดแคลนทักษะด้านดิจิทัล (Greene *et al.*, 2014) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มนักวิชาการส่งเสริมการเกษตรที่ไม่คุ้นเคยกับระบบหรือเทคโนโลยีดิจิทัลอื่น ๆ มาก่อน

Table 2 Incentives of respondents towards the use of the DOAE E-Learning system.

(n=231)

Incentives	$\bar{x}$	S.D.	Interpretation
Increase in performance as extension agent	4.11	0.70	Very important
Increase the opportunity of career promotion	4.16	0.68	Very important
More alternative of learning sources	4.07	0.74	Extremely important
Easy to use	4.02	0.77	Very important
Allowing to learn at anytime and anywhere	4.24	0.71	Extremely important
Average	4.12	0.72	

3. ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้

การหาปัจจัยที่มีผลต่อการใช้ระบบ DOAE E-Learning พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) มีค่าเท่ากับ 0.543 ซึ่งหมายความว่า อัตราส่วนของความแปรปรวนในตัวแปรตาม ร้อยละ 54.30 ที่สามารถอธิบายได้โดยตัวแปรต้นในโมเดลนี้ และจาก

ตัวแปรต้นทั้งหมดของการศึกษามีเพียง 2 ตัวแปรที่แสดงอิทธิพลเชิงบวก ได้แก่ การตระหนักถึงประโยชน์ (AWARENESS) และความเหมาะสมของเนื้อหาการเรียนรู้ (APPROPRIATENESS) (Table 3) ซึ่งสรุปได้ดังนี้

Table 3 Factors influencing the use of DOAE E-learning systems.

(n=231)

Independent variables	Coefficient (b)	t	P-value
Constant	0.613	2.325	0.000**
1. GENDER	0.182	0.842	0.400
2 EDUCATION	0.143	2.278	0.237
3. INCENTIVE	0.194	2.526	0.124
4. AWARENESS	0.514	7.078	0.000**
5. CONVENIENCE	-0.340	2.935	1.515
6. APPROPRIATENESS	0.256	3.471	0.000**
7.QUALITY	0.143	2.257	0.270
R = 0.550 R ² = 0.543 F = 8.217 Sig of F = 0.000			

* statistical significance at the 0.05

** statistical significance at the 0.01

1. การตระหนักถึงประโยชน์ พบว่า เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดกับการใช้งานระบบ DOAE E-Learning พิจารณาได้จากค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficient) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (P-value) 0.01 มีค่า 0.514 (Table 3) หมายความว่า เมื่อค่าของการตระหนักถึงประโยชน์เพิ่มขึ้น 1 หน่วย ค่าเฉลี่ยของการใช้ระบบฯ ของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร จะเพิ่มขึ้นประมาณ 0.514 หน่วย ความสัมพันธ์เชิงบวกนี้ เกิดจากความสามารถของระบบฯ ในการให้ข้อมูลที่ มีคุณค่าต่อการทำงาน ทั้งความรู้ที่จำเป็นต่อการทำงานในระดับปฏิบัติการที่ต้องลงพื้นที่พบเกษตรกร สม่ำเสมอ และความก้าวหน้าในวิชาชีพ (Promotion) อย่างหลังมีความสำคัญยิ่งในบริบทของการทำงาน ในหน่วยงานรัฐ ที่การผลิตรายงานที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ เป็นหนึ่งในเกณฑ์ของการเลื่อนวิทยะฐานะ จากตำแหน่งจากนักวิชาการส่งเสริมการเกษตรระดับปฏิบัติการเป็นชำนาญการพิเศษ สอดคล้องกับผล การศึกษาของ Li *et al.* (2012) และ Sinclair และ คณะ (2024) ที่ระบุว่า บุคลากรในองค์กรจะมีความกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้ หากพบว่า สิ่งนั้นสามารถทำให้ก้าวหน้าได้ในสายงานตนเอง ทั้งใน ส่วนค่าตอบแทนและความท้าทายใหม่ ๆ นอกจากนี้ หากพิจารณาเนื้อหาในระบบก็พบว่าความสัมพันธ์ เชิงบวกในตัวแปรนี้สอดคล้องกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริง เพราะเนื้อหาในระบบที่ครอบคลุมตั้งแต่เทคนิค การเกษตร การจัดการศัตรูพืช การเปลี่ยนแปลง ภูมิอากาศ ไปจนถึงเทคโนโลยีการเกษตรสมัยใหม่ (พิรดาว และเพ็ญศรี, 2565) คือสาระการเรียนรู้ ที่ตรงกับความต้องการและปัญหาที่นักวิชาการ ส่งเสริมการเกษตรเผชิญ ทำให้ผู้ใช่มองเห็นถึงความเป็นประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้ในการทำงาน ประจำวัน

2. ความเหมาะสมของเนื้อหาการเรียนรู้ พบว่าตัวแปรนี้มีค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficient) เท่ากับ 0.256 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (P-value) 0.01 (Table 3) แสดงว่า เมื่อค่าของความเหมาะสมของเนื้อหาการเรียนรู้เพิ่มขึ้น 1 หน่วย ค่าเฉลี่ยของการใช้ระบบฯ ของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร จะเพิ่มขึ้นประมาณ 0.256 หน่วย ความสัมพันธ์

เชิงบวกมาจากระบบฯ มีความรู้เฉพาะทางที่จำเป็น ต่อการปฏิบัติงานส่งเสริมการเกษตร เช่น การ ควบคุมศัตรูพืช และการวิเคราะห์ตลาด เป็นต้น และมีรูปแบบการเรียนรู้ที่หลากหลาย เช่น วิดีโอ เอกสาร อิเล็กทรอนิกส์ และแบบฝึกหัดออนไลน์ที่มาพร้อม เครื่องมือที่ช่วยประเมินผล (พิรดาว และเพ็ญศรี, 2565) เนื้อหาส่วนใหญ่ยังได้รับการพัฒนาโดยผู้เชี่ยวชาญ ในสาขาเฉพาะ ทำให้นักวิชาการส่งเสริมการเกษตร อาจารย์ก็มั่นใจในความเหมาะสม และความถูกต้อง ของเนื้อหา (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2567) นอกจากนี้ อินเทอร์เน็ตของระบบยังได้รับการออกแบบให้ง่าย ต่อการทำความเข้าใจ หลักการนี้สอดคล้องกับผล การศึกษาของ Yuan (2021) ที่ระบุว่า การสนับสนุน ให้ผู้เรียนอยากใช้ระบบการเรียนรู้ทางอินเทอร์เน็ต ระบบต้องไม่เพียงแค่ให้ข้อมูลที่สำคัญ แต่ยังต้องมุ่ง เน้นที่การมีอินเทอร์เน็ตที่รองรับความต้องการของ ผู้เรียน เพื่อสร้างแรงจูงใจ หลายวรรณกรรมทางการ ศึกษาและการส่งเสริมการเกษตร (Greene *et al.*, 2014; Almaiah and Alismaiel, 2019) ยังระบุว่า การ มีระบบการเรียนรู้ทางอินเทอร์เน็ตที่ใช้งานง่าย ไม่เพียง แต่ช่วยลดความกังวลใจในกลุ่มผู้ใช้ที่ไม่มีทักษะดิจิทัล หรือมีทักษะดิจิทัลต่ำเท่านั้น แต่ยังช่วยให้ผู้ใช้สามารถใช้ระบบได้อย่างเต็มที่และเกิดประโยชน์สูงสุด โดยไม่ ต้องใช้เวลาในการทำความเข้าใจหรือฝึกฝนมากเกินไป ดังนั้น ระบบที่ออกแบบให้ใช้งานง่าย จึงมีศักยภาพ ในการยกระดับทักษะดิจิทัลแก่ผู้ใช้ในระยะยาว

สรุป

การตระหนักถึงประโยชน์และความเหมาะสมเนื้อหาการเรียนรู้คือ 2 ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้งาน ระบบ DOAE E-Learning เมื่อนักวิชาการส่งเสริม การเกษตรตระหนักว่าระบบมีข้อมูลที่ส่งเสริมความ การก้าวหน้าในวิชาชีพ เลยเกิดความกระตือรือร้นใน การเรียนรู้ เพราะการเลื่อนตำแหน่งไม่เพียงแต่สร้าง โอกาสที่จะได้ปรับขึ้นค่าตอบแทน แต่อีกนัยหนึ่งคือ เป็นการรับรองความสามารถในวิชาชีพและกระตุ้น ให้พัฒนาตนเองต่อไป อย่างไรก็ดี การเข้าระบบฯ ต่อ เนื่อง เนื้อหาควรตรงกับความต้องการของผู้เรียนเพื่อ เพิ่มความสนใจ ดังนั้น มีข้อเสนอแนะที่ได้จากการ ศึกษาดังนี้

1. พัฒนาเนื้อหาการเรียนรู้อยู่ให้เป็นปัจจุบัน: เมื่อความรู้และความท้าทายทางการเกษตรมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา กรมส่งเสริมฯ ควรมีการประเมินและปรับปรุงเนื้อหาให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่นักวิชาการส่งเสริมการเกษตร เผชิญอยู่ การปรับปรุงเนื้อหาไม่ควรมุ่งไปที่ปริมาณแต่รวมถึงการทำให้ระบบมีอินเทอร์เน็ตที่เข้าใจง่าย และรองรับการใช้งานจากอุปกรณ์ดิจิทัลชนิดต่างๆ

2. การเรียนรู้แบบร่วมมือ: การเรียนรู้เป็นความร่วมมือระหว่างผู้สอนและผู้เรียน ด้วยเหตุนี้ การสอบถามความสนใจของผู้เรียนและปรับเนื้อหาให้สอดคล้อง จึงเป็นกลยุทธ์ที่กรมส่งเสริมฯ ในฐานะเจ้าของระบบ DOAE E-Learning ควรดำเนินการ เพื่อสนับสนุนให้นักวิชาการส่งเสริมการเกษตร เข้าใช้งานระบบด้วยความกระตือรือร้น ข้อเสนอแนะนี้ควรทำความเข้าใจกับการจัดฝึกอบรมที่มุ่งเน้นการเพิ่มพูนความรู้ด้านดิจิทัล ซึ่งจะช่วยให้ส่งเสริมทัศนคติที่ดีต่อการเรียนรู้ผ่านอินเทอร์เน็ต

3. การสร้างการตระหนักถึงประโยชน์: กรมส่งเสริมการเกษตรควรจัดสัมมนานำเสนอกรณีศึกษาและประสบการณ์ของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร ที่ประสบความสำเร็จในการใช้ระบบ DOAE E-Learning เพื่อสร้างแรงบันดาลใจและความมั่นใจแก่นักวิชาการส่งเสริมฯ ที่ยังเป็นผู้ใช้ใหม่

เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2563. แผนยุทธศาสตร์ส่งเสริมการเกษตร ระยะ ๒๐ ปี (พ.ศ. ๒๕๖๐ - ๒๕๗๙) และแผนปฏิบัติงาน ระยะ ๕ ปี (พ.ศ. ๒๕๖๐ - ๒๕๖๔). กรุงเทพมหานคร, กรมส่งเสริมการเกษตร. 63 หน้า.
- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2567. ชุดการเรียนรู้สำหรับทบทวนบทเรียน DOAE E-Learning. (Online): Available Source: https://k-station.doae.go.th/?page_id=3870 (August 1, 2024).
- พืรดาว สุจิตพันธ์ และเพ็ญศรี จิรินัง. 2565. การบริหารทรัพยากรมนุษย์ภาครัฐในบริบทระบบราชการ 4.0. วารสารการพัฒนการ

เรียนรู้สมัยใหม่ 7(4): 383-395.

สิน พันธุ์พินิจ. 2554. เทคนิคการวิจัยทางสังคมศาสตร์. สำนักพิมพ์วิทย์พัฒน์ จำกัด. 504 หน้า.

Abebe, G.M. 2020. Emerging and re-emerging viral diseases: The case of coronavirus disease-19 (COVID-19). International Journal of Virology and AIDS 7(1): 1-13.

Abuhamda, E., I. Ismail and T. Bsharat. 2021. Understanding quantitative and qualitative research methods: A theoretical perspective for young researchers. International Journal of Research 8: 71-87.

Ahmadpour, A., and S. Soltani. 2012. Agricultural extension workers attitude to and experience of e-learning. African Journal of Agricultural Research 7(24): 3534-3540.

Almaiah, M. A., and O. A. Alismaiel. 2019. Examination of factors influencing the use of mobile learning system: an empirical study. Education and Information Technologies, 24(1), 885-909, doi: 10.1007/s10639-018-9810-7.

Bangkok Post. 2017. Thailand 4.0: Are we ready?. (Online): Available Source: <https://www.bangkokpost.com/business/general/1173133> (October 8, 2023).

Bank of Thailand. 2020. Monetary policy report, June 2020. Bangkok, Thailand, Bank of Thailand.

Buasuan, P. 2018. Rethinking Thai higher education for Thailand 4.0. Asian Education and Development Studies 7(2): 157-173.

Cronbach, L. 1984. Essential of psychology and education. New York, United States, Mc-Graw Hill.

- Eze, S. C., V. C. Chinedu-Eze, C. K. Okike, and A. O. Bello. 2020. Factors influencing the use of e-learning facilities by students in a private higher education institution (HEI) in a developing economy. *Humanities and Social Sciences Communications* 7(1): 1-15.
- Greene, J. A., S. B. Yu, and D. Z. Copeland. 2014. Measuring critical components of digital literacy and their relationships with learning. *Computers & Education* 76: 55–69.
- Li, Y., Y. Duan, Z. Fu, and P. Alford. 2012. An empirical study on behavioural intention to reuse e-learning systems in rural China. *British Journal of Educational Technology* 43(6): 933-948.
- Noor, M. A., S. Fiaz, A. Nawaz, and M. M. Nawaz. 2018. The effects of cutting interval on agro-qualitative traits of different millet (*Pennisetum americanum* L.) cultivars. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* 17(3): 317-322.
- Philip, M. 2024. Questionnaire, rating scale and checklist – How do they differ?. *Methods in Psychology* 10: 2024.
- Sinclair, P. M., Kable, A., Oldmeadow, C. J., and Wilson, A. 2024. Satisfaction with asynchronous e-learning: An exploratory factor analysis of the Learner Satisfaction with Asynchronous e-Learning (LSAeL) instrument. *Nurse Education in Practice* 75: 103897.
- Taat, M. S., and A. Francis. 2019. Factors influencing the students' acceptance of E- learning at teacher education institute: an exploratory study in Malaysia. *International Journal of Higher Education* 9(1): 133-141.
- Thailand Development Research Institute. 2020. Bureaucratic reform – the way forward. Available: <https://tdri.or.th/en/2020/10/bureaucratic-reform-the-way-forward/> (October 9, 2023).
- Thanji, M., and S. Vasantha. 2016. ICT Factors Influencing consumer adoption of e-commerce offerings for education. *Indian Journal of Science and Technology* 9(32): 1-6.
- Vatcheva, K.P., Lee, M., McCormick, J.B., and Rahbar, M.H. 2016 Multicollinearity in regression analyses conducted in *Epidemiologic Studies*. *Epidemiology* (Sunnyvale) 6(2): 227.
- Yamane, T. 1973. *Statistics: an introductory analysis*. New York, United States, Harper & Row.
- Yuan, L. M. 2021. Students attitude and satisfaction towards transformation learning: research study on emergency remote learning in tertiary education. *Creative Education* 12(3): 494-528.
- Zhang, Z., T. Cao, J. Shu, and H. Liu. 2020. Identifying key factors affecting college students' adoption of the e-learning system in mandatory blended learning environments. *Interactive Learning Environments* 30(8): 1388-1401.

ตารางชีวิตของหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุดเลี้ยงด้วยพืชอาหาร 3 ชนิด รูปแบบการกระจายตัวและการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างอายุของตัวอ่อนในแปลงข้าวโพดฝักอ่อน

Biological Life Tables of *Spodoptera frugiperda* Fed on Three Host Plants, Spatial Distribution Pattern and Age Structure Change of Larval Stages in Baby Corn Field

ณิชนันท์ เกินอาษา^{1,2,*} สิริกาญจน์ ช่วยดำ¹ และสุนิษา ชัยหวัง¹

Nichanun Kernasa^{1,2,*}, Sirakan Chuaydam¹ and Sunisa Chaiwong¹

Received: September 6, 2024

Revised: November 11, 2024

Accepted: November 13, 2024

Abstract: *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) is a key pest of corn. There are more than 80 kinds of host plant of *S. frugiperda* such as rice, sugarcane, sorghum, legumes, tomatoes, potatoes, tobacco, cotton, sunflower, garlic, ginger etc. It can cause severe damage to host plants. The study of the life tables in the laboratory of *S. frugiperda* were conducted in three kinds of plants: sweetcorn, sugarcane cv. Khon Kaen 3, and rice cv. Suphanburi 60, which are the main food plants and are the main economic plants of Thailand. Eggs laid on the same day, 900 eggs were used. A larva was placed in a box containing food plant. Each food plant was fed to 300 larvae of *S. frugiperda* for 300 larvae. Artificial diet was change periodically count and recorded the number of deaths 4 days until becoming adults. Then count the eggs of adults. Until the adults die. The results showed that larvae fed with sweetcorn, sugarcane cv. Khon Kaen 3 and rice cv. Suphanburi 60 had the net reproductive rates (R_0) were 401.12, 62.47 and 25.5. The cohort generation times (T_0) were 34.54, 32.18 and 38.35 days. The capacity for increase (R_c) was 0.173, 0.1284 and 0.0844. The finite rate of increase (λ) was 4.007, 5.3972 and 8.2120 times. The results of the study showed that *S. frugiperda* has the highest net reproductive rate in sweetcorn. This suggests that this insect has the potential to spread and thrive as a pest in corn. Distribution patterns of *S. frugiperda* in 10, 17, 24, 31, 38, 45, 52 and 60 days after field planting of baby corn were aggregated, aggregated, aggregated, regular, regular, regular, regular and regular, respectively.

Keywords: Biological life tables, Distribution patterns, *Spodoptera frugiperda*

บทคัดย่อ: หนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) เป็นศัตรูสำคัญของข้าวโพด มีพืชอาหารมากกว่า 80 ชนิด เช่น ข้าว อ้อย ข้าวฟ่าง พืชตระกูลถั่ว มะเขือเทศ มันฝรั่ง กระเทียม ชিং เป็นต้น เมื่อมีการระบาดอย่างรุนแรงทำให้เกิดความเสียหายอย่างมาก การศึกษาตารางชีวิตในห้องปฏิบัติการของหนอนกระทู้

¹ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

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

²ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ ภาคกลาง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140 ²

²National Biological Control Research Center, Central Regional Center, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

*Corresponding author: agropk@ku.ac.th

ข้าวโพดลายจุด *S. frugiperda* ครั้งนี้ได้มีการเลี้ยงหนอนบนพืชอาหารสามชนิด คือ ข้าวโพดหวาน ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 60 และอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 เนื่องจากพืชทั้งสามชนิดนี้เป็นพืชอาหารและพืชเศรษฐกิจหลักของไทย โดยเริ่มจากไข่ที่ถูกวางในวันเดียวกัน จำนวน 900 ฟอง ไปเลี้ยงในพืชทั้งสามชนิด โดยเลี้ยงพืชชนิดละ 300 ตัว กล่องละ 1 ตัว เปลี่ยนอาหาร นับระยะการเจริญเติบโตและจดบันทึกจำนวนการตายทุก 4 วัน จนกว่าเป็นตัวเต็มวัยแล้วนับไข่ของตัวเต็มวัย จนกว่าตัวเต็มวัยจะตายหมด ดำเนินการในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ ภาคกลาง ผลการศึกษาพบว่า ในข้าวโพดหวาน อ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 และข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 60 มีอัตราการขยายพันธุ์สุทธิ (R_0) เท่ากับ 401.12, 62.47 และ 25.5 ช่วงอายุขัยของกลุ่ม (T_c) 34.54, 32.18 และ 38.35 วัน ความสามารถในการขยายพันธุ์ทางกรรมพันธุ์ (r_c) เท่ากับ 0.173, 0.1284 และ 0.0844 อัตราการเพิ่มที่แท้จริง (λ) เท่ากับ 4.007, 5.3972 และ 8.2120 เท่า ตามลำดับ หนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด *S. frugiperda* สามารถเจริญเติบโตได้ดีในพืชทั้งสามชนิด การศึกษาประชากรหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด *S. frugiperda* ที่ 10, 17, 24, 31, 38, 45, 52 และ 60 วันหลังปลูกข้าวโพดฝักอ่อนในแปลง พบว่า ประชากรหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุดมีการกระจายตัวแบบ aggregated, aggregated, aggregated, regular, regular, regular, regular และ regular ตามลำดับ

คำสำคัญ: รูปแบบการกระจายตัว, ตารางชีวิต, *Spodoptera frugiperda*

คำนำ

หนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) เป็นแมลงที่มีถิ่นกำเนิดในอเมริกา และพบรายงานการระบาดครั้งแรกกว่าระบาดทำความเสียหายรุนแรงในแอฟริกาในเขตร้อนของประเทศไนจีเรีย ปี 2559 (Akutse *et al.*, 2019) จากนั้นได้แพร่กระจายไปหลายพื้นที่ในแอฟริกา มีรายงานว่าหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุดสามารถเข้าทำลายพืชได้ 350 ชนิด ใน 76 วงศ์ (Montezano *et al.*, 2018) ในปี 2561 มีรายงานว่าหนอนชนิดนี้ได้แพร่ระบาดในประเทศอินเดียและปากีสถาน (Tahir *et al.*, 2020) ในประเทศปากีสถาน หนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุดมีรายงานว่าเข้าทำลายข้าวโพดในช่วงฤดูใบไม้ร่วง ในปี 2562 ที่จังหวัดสิงค์ (Naeem-Ullah *et al.*, 2019) จากนั้นได้แพร่กระจายเข้าทำลายข้าวโพดอย่างรุนแรงในหลายพื้นที่ หนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุดเข้ามาระบาดในประเทศไทยในช่วงปี 2561 โดยระบาดในแปลงข้าวโพดในหลายจังหวัด การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาตารางชีวิตแบบ Biological life table ของหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุดในพืชที่ต่างกัน 3 ชนิด คือ ในข้าวโพดหวาน อ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 และข้าว

พันธุ์สุพรรณบุรี 60 และเพื่อศึกษาประชากรและการกระจายตัวของหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุดในแปลงข้าวโพดฝักอ่อน เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการควบคุมหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด *S. frugiperda* ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเพาะเลี้ยงหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุดเพื่อใช้ในการทดลอง

เก็บรวบรวมหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุดจากแปลงข้าวโพดฝักอ่อนที่ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ ภาคกลาง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม มาเพาะเลี้ยง โดยเลี้ยงระยะหนอนวัย 1-2 ในถาดพลาสติกทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 23 เซนติเมตร สูง 7.5 เซนติเมตร ซึ่งเจาะฝากล่องเป็นวงกลมกรุด้วยผ้าขาวบาง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ให้อาหารเทียม (Southland Products, Lake Village Arkansas) 200 กรัม เปลี่ยนอาหารทุก 3 วัน ในเวลา 9:00 นาฬิกา

เมื่อหนอนเริ่มเข้าวัย 3 จึงแยกใส่ถาดทรงกลมขนาดเล็กเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร สูง 2.5 เซนติเมตร อย่างละ 1 ตัว โดยเปลี่ยนอาหาร

เทียมหรือเติมอาหารทุก 1-2 วัน จนหนอนเข้าดักแด่ แยกดักแต่ออกมาใส่ในกล่องในกล่องพลาสติก ทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 23 เซนติเมตร สูง 7.5 เซนติเมตร ซึ่งเจาะฝากล่องเป็นวงกลมกรุด้วย ผ้าขาวบาง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร เมื่อตัวเต็มวัยฟักออกมา ให้ใส่ลึชุบน้ำฝึ้ง 20 เปอร์เซ็นต์ เป็นอาหาร ปล่อยให้ผสมพันธุ์และวางไข่ ภายในกล่อง ทำการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณที่อุณหภูมิห้อง ให้ได้ปริมาณเพียงพอต่อการทดลอง

การศึกษาตารางชีวิตหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด

นำไข่หนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด จำนวน 900 ฟอง มาแยกเป็นกล่อง กล่องละ 300 ฟอง รอหนอนฟักออกจากไข่ ฟืชที่ใช้เลี้ยงหนอนคือ ข้าวโพดหวาน อ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 และข้าวพันธุ์ สุพรรณบุรี 60 พืชละ 300 ฟองจากการแยกในตอน เริ่มต้น นำหนอนวัย 1 ที่ได้จากการฟักของหนอน แต่ละเซตไปเลี้ยงลงในพืชอาหารที่หั่นเตรียมไว้ 1 ตัวต่อกล่อง นับจำนวนหนอนที่ตายทุก 4 วัน จนเข้า ดักแด่ เมื่อดักแด่ฟักเป็นตัวเต็มวัยนำมาผสมพันธุ์ กัน ข้อมูลที่ได้มาสร้างตารางชีวิตตามวิธีการของ Napompeth (1973)

การเตรียมแปลงข้าวโพดเพื่อการศึกษาประชากร และการกระจายตัวหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด

เตรียมแปลงจำนวน 1 ไร่ ณ แปลงศูนย์วิจัย ควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีแห่งชาติ ภาคกลาง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม โดยปลูกข้าวโพดฝักอ่อน ระยะห่าง ระหว่างแถว 75 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างหลุม ประมาณ 20-25 เซนติเมตร หยอดเมล็ด 1-2 เมล็ดต่อ หลุม

การศึกษาสำรวจประชากรหนอนกระทู้ข้าวโพด ลายจุด

ทำการสำรวจต้นข้าวโพดมีอายุ 10 วัน เพราะหนอนจะระบาดทำลายข้าวโพดตั้งแต่อายุ ประมาณ 7 วัน จนถึงออกฝัก โดยกีดกั้นยอดและ ใบข้าวโพดแห้ง หรือกีดกั้นทั้งแผ่นใบ และจะพบ ตัวหนอนหลบซ่อนแสงอยู่ที่ยอดหรือโคนกาบใบ ข้าวโพด โดยสำรวจแบบสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (random sampling) จำนวน 50 จุด จากนั้นสำรวจ

ห่างกันทุก 7 วัน และครั้งสุดท้ายเมื่อข้าวโพดอายุ 60 วัน ซึ่งเป็นช่วงอายุการเก็บเกี่ยวข้าวโพดฝักอ่อน ทำการทดลองตั้งแต่วันที่ 8 มกราคม ถึง 7 มีนาคม 2567

ผลการทดลองและวิจารณ์

การศึกษาตารางชีวิตหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด

ผลการศึกษาตารางชีวิตหนอนกระทู้ ข้าวโพดลายจุด *S. frugiperda* เมื่อเลี้ยงด้วยข้าวโพด หวาน อ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 และข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 60 คุณลักษณะทางชีววิทยาหนอนกระทู้ข้าวโพด ลายจุด *S. frugiperda* อัตราการขยายพันธุ์สุทธิ (R_0) 401.12 62.47 และ 25.5 ช่วงอายุขัยของกลุ่ม (T_c) 34.54 32.18 และ 38.35 วัน ความสามารถในการขยายพันธุ์ทางกรรมพันธุ์ (r_c) เท่ากับ 0.173, 0.1284 และ 0.0844 อัตราการเพิ่มที่แท้จริง (λ) เท่ากับ 4.007, 5.3972 และ 8.2120 เท่า He *et al.* (2021) รายงานว่า หนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด *S. frugiperda* เมื่อเลี้ยงด้วย ถั่วเหลือง เมล็ดเรป และทานตะวัน มีอัตราการขยายพันธุ์สุทธิ (R_0) 35.31±8.28 58.66±12.63 และ 98.45±15.66 ช่วงอายุขัยของกลุ่ม (T_c) 42.21±0.49 39.10±0.34 และ 40.44±0.53 วัน ความสามารถในการขยาย พันธุ์ทางกรรมพันธุ์ (r_c) เท่ากับ 0.0844±0.0056 0.1041±0.0059 และ 0.1134±0.0043 อัตรา การเพิ่มที่แท้จริง (λ) เท่ากับ 1.0881±0.0062 1.1098±0.0066 และ 1.1202±0.0048 Gilal *et al.* (2022) รายงานว่า เมื่อเพาะเลี้ยงหนอนกระทู้ ข้าวโพดลายจุด *S. frugiperda* ด้วยลำต้นข้าวโพด มี ความสามารถในการขยายพันธุ์ทางกรรมพันธุ์ (r_c) และอัตราการขยายพันธุ์ทางธรรมชาติ (r_m) เท่ากับ 0.1237±0.0032 และ 0.1248±0.0033 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าเมื่อเพาะเลี้ยงด้วยใบ ซึ่งข้าวโพด มี ความสามารถในการขยายพันธุ์ทางกรรมพันธุ์ (r_c) และอัตราการขยายพันธุ์ทางธรรมชาติ(r_m) เท่ากับ 0.1027±0.0025 และ 0.1034±0.0026 ตามลำดับ มีอัตราการเพิ่มที่แท้จริง (λ) และอัตราการ ขยายพันธุ์สุทธิ (R_0) เท่ากับ 0.2791±0.0069 และ 69.63±6.22 ตามลำดับ

Table 1 Biological life table of *S. frugiperda* fed with sweetcorn under laboratory conditions (28±2 °C and 75±2% RH).

Pivotal age in days (x)	Proportion at birth of female being alive at age x ¹ (l _x)	Age-specific fecundity ($\sum \frac{(\sum \text{eggs})}{l_x} / x$) ² (m _x)	Egg curve ³ (l _x m _x)
1	1.00	0	0
3.5	0.86	0	0
6.5	0.67	0	0
9.5	0.58	0	0
12.5	0.52	0	0
15.5	0.50	0	0
18.5	0.47	0	0
21.5	0.45	0	0
24.5	0.45	0	0
27.5	0.45	0	0
30.5	0.44	249	109.56
33.5	0.44	267	117.48
36.5	0.40	787.5	117.48
39.5	0.34	115	39.1
42.5	0.10	175	17.5
45.5	0.00	0	0
			R ₀ = 401.12

¹l_x = The probability of individual being alive at the beginning of the age-interval²m_x = The number of female eggs of offspring for each age-interval³l_x m_x = After Laughlin (1965)**Table 2** Biological life table of *S. frugiperda* fed with sugarcane Khon Kaen 3 under laboratory conditions (28±2 °C and 75±2% RH).

Pivotal age in days (x)	Proportion at birth of female being alive at age x ¹ (l _x)	Age-specific fecundity ($\sum \frac{(\sum \text{eggs})}{l_x} / x$) ² (m _x)	Egg curve ³ (l _x m _x)
1	1.00	0	0
2.5	0.81	0	0
5.5	0.67	0	0
8.5	0.44	0	0
11.5	0.4	0	0
14.5	0.38	0	0
17.5	0.32	0	0
20.5	0.30	0	0
23.5	0.30	0	0

Table 2 (continued).

Pivotal age in days (x)	Proportion at birth of female being alive at age x ¹ (l _x)	Age-specific fecundity ([Q] eggs/[Q]/x) ² (m _x)	Egg curve ³ (l _x m _x)
26.5	0.30	0	0
29.5	0.24	95.5	22.92
32.5	0.24	121	29.04
35.5	0.19	52	4.75
38.5	0.12	48	5.76
41.5	0	0	0
			R ₀ = 62.47

¹l_x = The probability of individual being alive at the beginning of the age-interval

²m_x = The number of female eggs of offspring for each age-interval

³l_x m_x = After Laughlin (1965)

Table 3 Biological life table of *S. frugiperda* fed with rice Suphanburi 60 under laboratory conditions (28±2 °C and 75±2% RH).

Pivotal age in days (x)	Proportion at birth of female being alive at age x ¹ (l _x)	Age-specific fecundity ([Q] eggs/[Q]/x) ² (m _x)	Egg curve ³ (l _x m _x)
1	1.00	0	0
2.5	0.83	0	0
6.5	0.56	0	0
10.5	0.41	0	0
14.5	0.35	0	0
18.5	0.27	0	0
22.5	0.25	0	0
26.5	0.22	0	0
29.5	0.22	0	0
32.5	0.22	0	0
25.5	0.16	66	10.56
38.5	0.12	47	5.64
41.5	0.6	15.5	9.3
44.6	0	0	0
			R ₀ = 25.5

¹l_x = The probability of individual being alive at the beginning of the age-interval

²m_x = The number of female eggs of offspring for each age-interval

³l_x m_x = After Laughlin (1965)

Table 4 Parameters calculated for biological attributes of *S. frugiperda* fed with 3 different host plants under laboratory conditions (28±2 °C and 75±2% RH)

Biological attributes	Host plants		
	Sweetcorn	Sugarcane cv. Khon Kaen 3	Rice cv. Suphanburi 60
Net reproductive rate of increase (R_0)	401.12	62.47	25.5
Cohort generation time (T_0) (days)	34.54	32.18	38.35
Capacity for increase (r_m)	0.173	0.128	0.084
Finite rate of increase (λ)	4.007	5.3972	8.2120

การศึกษาประชากรหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด *S. frugiperda*

การศึกษารูปแบบประชากรหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด *S. frugiperda* ในแปลงปลูกข้าวโพดฝักอ่อน 10, 17, 24, 31, 38, 45, 52 และ 60 วันพบว่า ประชากรหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุดมีการ

กระจายตัวแบบ aggregated, aggregated, aggregated, regular, regular, regular, regular และ regular ตามลำดับ (Table 5) โดยการกระจายตัวแบบ aggregated เป็นการกระจายตัวเป็นจุดภายในแปลง ส่วนการกระจายตัวแบบ regular เป็นการกระจายตัวทั่วทั้งแปลง

Table 5 Distribution patterns of *S. frugiperda* in baby corn plantation.

Days after sowing	Average (X)	Variance (S^2)	Variance/Average (X/S^2)	Distribution patterns
10	1.62	7.75	4.78	aggregated
17	2.50	3.44	1.38	aggregated
24	1.74	3.83	2.20	aggregated
31	1.14	0.33	0.29	regular
38	1.18	0.56	0.47	regular
45	1.18	0.60	0.51	regular
52	1.06	0.10	0.09	regular
60	1.04	0.04	0.04	regular

$X < S^2$ (aggregated), $X = S^2$ (random), $X > S^2$ (regular)

ผลสำรวจประชากรหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด *S. frugiperda* ในแปลงปลูกข้าวโพดฝักอ่อน 10 วันหลังปลูกพบหนอนวัย 1 เท่านั้น จำนวน 81 ตัว 17 วันหลังปลูก พบหนอนวัย 1, 2, 3, 4 และ 5 จำนวน 55, 46, 17, 4, และ 3 ตัวต่อต้น ตามลำดับ 24 วันหลังปลูก พบหนอนวัย 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 จำนวน 28, 14, 15, 10, 10 และ 10 ตัวต่อต้น ตามลำดับ 31 วันหลังปลูก พบหนอนวัย 2, 3, 4, 5 และ 6 จำนวน 10, 10, 12,

11 และ 14 ตัว ตามลำดับ 38 วันหลังปลูก พบหนอนวัย 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 จำนวน 6, 9, 10, 9, 14 และ 11 ตัว ตามลำดับ 46 วันหลังปลูก พบหนอนวัย 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 จำนวน 6, 12, 6, 15, 8 และ 12 ตัว ตามลำดับ 53 วันหลังปลูก พบหนอนวัย 2, 3, 4, 5 และ 6 จำนวน 3, 7, 10, 15 และ 18 ตัว ตามลำดับ 60 วันหลังปลูก พบหนอนวัย 3, 4, 5 และ 6 จำนวน 16, 13 และ 17 ตัว (Figure 1) ซึ่งผลการทดลองแตกต่างจาก

Supartha *et al.* (2021) รายงานว่า พบประชากร หนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด *S. frugiperda* ใน ข้าวโพดหวานจำนวน 14.80 ตัว และข้าวโพด ข้าวเหนียว 15.40 ตัว Supartha *et al.* (2022) รายงานว่า พบประชากรหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด *S. frugiperda* กระจายตัวอยู่ในระดับความสูงที่แตกต่างกัน โดยพบประชากรสูงที่สุดที่ระดับความสูง 500-1,000 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล มีความหนาแน่น ประชากร 14.20 ตัวต่อหน่วยสุ่ม Yang *et al.* (2021) รายงานว่า พบประชากรหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุดมี ความหนาแน่น 16.0-22.0 ตัวต่อ 100 ต้น ในเขตร้อน

ในเขตกึ่งร้อน พบประชากร 1.0-13.0 ตัวต่อ 100 ต้น และผลการทดลองเป็นไปในทางเดียวกันกับ การศึกษาของ Khan *et al.* (2021) รายงานว่า รูปแบบการ เข้าทำลายของหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุดในแปลง พบหนอนวัย 1 เข้าทำลายเนื้อเยื่อที่ยังอ่อนของ ข้าวโพด หนอนวัย 3 เข้าทำลายทั้งใบ Widhayasa *et al.* (2022) รายงานว่า หนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด เข้าทำลายต้นข้าวโพดที่อายุน้อยจนถึงระยะออกดอก ซึ่งเป็นไปในทางเดียวกันกับการทดลองนี้ที่พบว่า หนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุดเข้าทำลายต้นข้าวโพด ตั้งแต่อายุน้อยจนต้นข้าวโพดโต

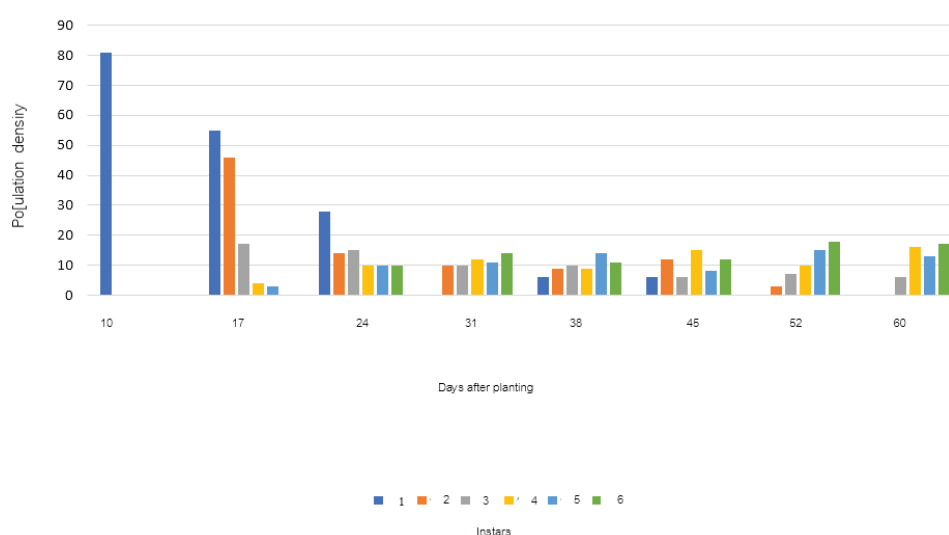


Figure 1 Population distribution of *S. frugiperda* in baby corn plantation

สรุป

หนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด *S. frugiperda* สามารถเจริญเติบโตได้ดีในพืชทั้งสามชนิด รูปแบบ ประชากรหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด *S. frugiperda* ในช่วง 24 วัน หลังปลูกเป็นแบบ aggregated ซึ่งอยู่ รวมกันเป็นกลุ่ม หลังจากนั้นเป็นแบบ regular ซึ่ง กระจายตัวทั่วแปลง การควบคุมจึงต้องทำการควบคุม เป็นจุดในช่วง 24 วันแรก หลังจากนั้นจึงทำการ ควบคุมหนอนชนิดนี้ทั้งแปลง ซึ่งเมื่อศึกษาประชากร หนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด *S. frugiperda* พบว่า 10 วันหลังปลูกพบหนอนวัย 1 หลังจากนั้นพบหนอนทุก วัยซึ่งการควบคุมต้องดำเนินการตั้งแต่อ่อน 10 วัน จึง จะได้ผลในการควบคุมที่มีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

- Akutse, K.S., J.W. Kimemia, S. Ekesi, F.M. Khamis, O.L. Ombura and S. Subramanian. 2019. Ovicidal effects of entomopathogenic fungal isolates on the invasive fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Applied Entomology* 143: 626–663.
- Gilal, A.A., L.B. Rajput, M.I. Kubar, G.M. Kaleri, T. Zahra, M.I. Mastoi and Z. Rasheed. 2022. Life table studies of invasive *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera:

- Noctuidae) on maize under laboratory conditions. *Pakistan Journal of Agricultural Research* 35(2): 259-265.
- He, L., W. Qiu-lin, G. Xi-wu and W. Kong-ming. 2021. Population life tables for the invasive fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* fed on major oil crops planted in China. *Journal of Integrative Agriculture* 20(3): 745-754.
- Khan, R.U., F. Kauser, S. Ali, M.U. Anwar, M.A. Arshad, H. Hussain, W.B. Zardari and M. Ramzan. 2021. Occurrence, damage pattern and developmental parameters of *Spodoptera Frugiperda* on corn in Pakistan. *Global Academic Journal of Agriculture and Bio sciences*. (Online): Available Source: <https://www.gajrc.com> (March 21, 2024).
- Laughlin, R. 1965. Capacity for increase: A useful population statistics. *Journal of Animal Ecology* 34: 77-91.
- Montezano, D.G., A. Specht, D.R. Sosa-Gómez, V.F. Roque-Specht, J.C., Sousa-Silva, S.V. Paula-Moraes, J.A. Peterson and T.E. Hunt. 2018. Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas. *African Entomology* 26: 286–300.
- Naeem-Ullah, U., M.A. Ansari, N. Iqbal and S. Saeed. 2019. First authentic report of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Noctuidae: Lepidoptera) an alien invasive species from Pakistan. *Applied Sciences and Business Economics* 6(1): 1-3.
- Napompeth, B. 1973. Ecology and population dynamics of the corn planthopper, *Peregrinus maidis* (Ashmead) (Homoptera: Delphacidae), in Hawaii. Ph. D. Dissertation, University of Hawaii, Honolulu. 257 p.
- Supartha, W., A.S. Sunari, G.P.B. Krisna, K.W. Yudha, G.F. Mahaputra and P.A. Wiradana. 2021. Invasion, population development, and attack Intensity of the fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) J.E Smith (Lepidoptera: Noctuidae) on two varieties corn in Serongga village, Gianyar Regency, Bali -Indonesia. *Technology Reports of Kansai University* 63(1): 6945-6954.
- Supartha, W., W. Susila, K.A. Yuliadhi, E.S.M. Haloho, K.W. Yudha, W.E.K. Utama and P.A. Wiradana. 2022. Monitoring of damage and distribution of invasive fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) on maize crop in Karo, North Sumatera, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. (Online): Available Source: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/951/1/012010/meta> (March 24, 2024).
- Tahir, A.H., M. Tariq, A. Mazhar and M. Shehzad. 2020. *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). An invasive pest in agriculture crops and its management. *Plant Protection* 4(3): 149-153.
- Widhayasa, B., E.S. Darma, H. Gendroyono and E.D. Prasetyani. 2022. Detection of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* and its damage symptoms to maize in East Kalimantan, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. (Online):

Available Source: doi:10.1088/1755-1315/1083/1/012094 (March 24, 2024).
Yang, X., Y. Song, X. Sun, X. Shen, Q. Wu, H. Zhang, D. Zhang, S. Zhao, G. Liang and K. Wu. 2021. Population occurrence of the fall armyworm,

Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae), in the winter season of China. *Journal of Integrative Agriculture* 20(3): 772–782.

**การเปรียบเทียบสมบัติทางชีวภาพและเคมีบางประการของปุ๋ยอินทรีย์สดจาก
วัสดุอินทรีย์ 5 ชนิดที่ถูกย่อยสลายด้วยตัวอ่อนแมลงวันลายกับมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์**
Comparison of Some Biological and Chemical Properties of Fresh Organic Fertilizers from
Five Organic Materials Digested by Black Soldier Fly Larvae with Organic Fertilizer Standards
สุภเวช ทศนิกิจ¹ ชาญวิทย์ แก้วตาปี² รุ่งทิพย์ มาศเมธาธิพย์³ และสิรินภา ช่างโสภาส^{1*}
Supphawed Tussanakit¹, Chanwit Kaewtapee², Rongthip Masmeatathip³ and
Sirinapa Chungopast^{1*}

Received: September 18, 2024

Revised: November 11, 2024

Accepted: November 13, 2024

Abstract: The black soldier fly larvae (BSFL) can decompose organic materials from agriculture and food industry for producing organic fertilizers. This research aimed to study some biological and chemical properties of the fresh organic fertilizers from five organic materials digested by BSFL with organic fertilizer standards from the Department of Agriculture. A completely randomized design with 3 replications and 5 treatments was used. The BSFL were reared with the following diets: 1) chicken feed + coconut coir, 2) soybean milk residue + coconut coir, 3) pineapple peel + coconut coir, 4) cassava residue + coconut coir, 5) dried chicken manure + coconut coir. From the results of biological properties analysis, the fresh organic fertilizers of BSFL from soybean milk residue had the highest total bacterial count of 7.66 logCFU/gDw. *Bacillus* spp. and *Escherichia coli* were detected in all treatments. In the part of analyzing the chemical properties, only electrical conductivity, organic matter, macronutrients, and sodium content passed the organic fertilizer standard criteria in all treatments. The fresh organic fertilizers of BSFL fed on cassava residue had outstanding properties, with a germination index at 109.60%, and a high organic matter content of 77.12%.

Keywords: Bacteria, Black soldier fly larvae, Fresh organic fertilizers, Organic materials

บทคัดย่อ: ตัวอ่อนแมลงวันลายสามารถย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางชีวภาพและเคมีของปุ๋ยอินทรีย์สดจากวัสดุอินทรีย์ 5 ชนิด ที่ย่อยด้วยตัวอ่อนแมลงวันลายโดยเปรียบเทียบกับมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์จากกรมวิชาการเกษตร วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ 3 ซ้ำ จำนวน 5 ตำรับการทดลอง ซึ่งมีการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลายด้วยอาหารดังนี้

¹ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

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

² ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จ.กรุงเทพฯ 10900

² Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

³ ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

³ Department of Entomology, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen campus, Nakhon Pathom 73140

* Corresponding author: agrsrnp@ku.ac.th

1) อาหารไก่ + ขุยมะพร้าว 2) กากเต้าหู้ + ขุยมะพร้าว 3) เปลือกสับปะรด + ขุยมะพร้าว 4) กากมันสำปะหลัง + ขุยมะพร้าว 5) มูลไก่แห้ง + ขุยมะพร้าว จากผลการวิเคราะห์สมบัติทางชีวภาพ ปุ๋ยอินทรีย์สดจากการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลายด้วยกากเต้าหู้มีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดสูงสุดเท่ากับ 7.66 ล็อกซีเอฟยูต่อกรัมแห้ง พบ *Bacillus* spp. และ *Escherichia coli* ในทุกตำรับการทดลอง ส่วนการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีพบว่ามีความค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ธาตุอาหารหลัก และโซเดียม ผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ในทุกตำรับการทดลอง ปุ๋ยอินทรีย์สดจากการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลายด้วยกากมันสำปะหลังมีสมบัติที่โดดเด่น โดยมีการย่อยสลายสมบูรณ์ผ่านเกณฑ์เท่ากับ 109.60 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงเท่ากับ 77.12 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: แบคทีเรีย, ตัวอ่อนแมลงวันลาย, ปุ๋ยอินทรีย์สด, วัสดุอินทรีย์

คำนำ

แมลงวันลาย (Black soldier fly) จัดอยู่ในวงศ์ Stratiomyidae อันดับ Diptera มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Hermetia illucens* สำหรับวัฏจักรชีวิตของแมลงวันลาย ประกอบด้วย 5 ระยะ ได้แก่ ไข่ ตัวอ่อน ก่อนเข้าดักแด้ ดักแด้ และตัวเต็มวัย โดยระยะตัวอ่อนแมลงวันลายชอบอาศัยอยู่ตามร่มไม้ เป็นพวกกินซากและย่อยสลายสารอินทรีย์จึงช่วยลดกลิ่นเหม็นได้ (Salam *et al.*, 2022) พบว่ามีการใช้อัตราส่วนของวัสดุอินทรีย์ 100 มิลลิกรัมต่อตัวอ่อนต่อวัน เพื่อกำจัดขยะอินทรีย์ (Diener *et al.*, 2009; Banks *et al.*, 2014) และรักษาระดับความชื้นของวัสดุอินทรีย์ที่ 60-70 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (Diener *et al.*, 2009; Cammack and Tomberlin, 2017) จึงมีการนำแมลงวันลายระยะตัวอ่อนมาใช้ในการจัดการของเสีย ซึ่งวัสดุอินทรีย์ที่สามารถใช้เลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลายมีหลายชนิด เช่น เศษอาหาร เศษผักผลไม้ มูลสัตว์ เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร หรือของเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น (Siddiqui *et al.*, 2022) โดยเฉพาะประเทศไทยมีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นจำนวนมากถึง 43 ล้านตันต่อปี แต่พบว่ายังมีการนำมาใช้ประโยชน์น้อยและถูกปล่อยทิ้งไว้ในพื้นที่เพาะปลูกหรือถูกเผาทิ้ง ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดมลพิษหมอกควันในปัจจุบัน (ยิ่งลักษณ์และคณะ, 2566) สำหรับวัสดุอินทรีย์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้แก่ อาหารไก่ กากเต้าหู้ เปลือกสับปะรด กากมันสำปะหลัง และมูลไก่แห้ง พบว่าตัวอ่อน

แมลงวันลายย่อยสลายมูลสัตว์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยดูดซับสารอาหารจากการย่อยสลายเข้าสู่เซลล์ กลายเป็นชีวมวล และมูลไก่ (chicken manure) มีความเหมาะสมสำหรับเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลายทำให้มีอัตราในการรอดชีวิตของตัวอ่อนถึง 98.35 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่ามากกว่าการใช้มูลวัว (Rehman *et al.*, 2017) มูลไก่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เท่ากับ 2.28, 5.91 และ 3.02 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ทรายแก้ว และคณะ, 2556) ขณะที่อาหารไก่ (chicken feed) ใช้เป็นตำรับควบคุมในการทดลอง เนื่องจากมีการใช้อาหารไก่ในการฟักตัวอ่อนแมลงวันลาย (Lalander *et al.*, 2019) สำหรับกากเต้าหู้ (soybean milk residue) เป็นผลพลอยได้จากการผลิตน้ำเต้าหู้ นมถั่วเหลือง ซอสถั่วเหลือง นมผงถั่วเหลือง และแป้งถั่วเหลืองโดยกากเต้าหู้ดิบมีความชื้น 80-90 เปอร์เซ็นต์ (ภัทรกร และคณะ, 2563) กากเต้าหู้แห้งมีปริมาณโปรตีน 15.2-33.4 เปอร์เซ็นต์ หรือคิดเป็นปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 2.4-5.3 เปอร์เซ็นต์ มีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม 0.6 และ 0.9 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (Marlina and Askar, 2004; Singh *et al.*, 2015; Rahman *et al.*, 2021) นอกจากนี้ พูลศักดิ์และคณะ (2565) ใช้ตัวอ่อนแมลงวันลายที่เลี้ยงด้วยกากเต้าหู้เพื่อให้ได้ตัวอ่อนที่มีโปรตีนสูงสำหรับเป็นอาหารสัตว์ ดังนั้นเป็นไปได้ว่าปุ๋ยอินทรีย์สดที่ได้จากการเลี้ยงจะมีปริมาณไนโตรเจนสูงตามไปด้วย จึงนำกากเต้าหู้มาเปรียบเทียบกับตำรับการทดลอง ส่วนเปลือกสับปะรด (pineapple peel) ที่ได้จากการทำ

สับปะรดกระป๋อง ในพื้นที่ 1 ไร่จะได้เปลือกสับปะรดเฉลี่ยประมาณ 2,700 กิโลกรัม หรือถ้าคิดเป็นปริมาณเปลือกทั้งประเทศประมาณ 2.8 ล้านตัน ส่วนของใบสับปะรดและจุกมีประมาณ 4.0 และ 0.370 ล้านตันตามลำดับ (สมบัติ และคณะ, 2537) และมีรายงานพบว่าภายในเปลือกสับปะรดมีปริมาณ ในโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และ โพแทสเซียมทั้งหมด 0.95, 0.43 และ 1.80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Zziwa *et al.*, 2021) ผลพลอยได้เหล่านี้มีออกมามากทุกปี ขณะที่กากมันสำปะหลัง (cassava residue) เป็นผลพลอยได้จากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งมีรายงานว่าในการผลิตแป้งมันสำปะหลังถ้าใช้หัวมันสำปะหลัง 100 เปอร์เซ็นต์ จะได้กากมันสำปะหลัง 11.1 เปอร์เซ็นต์ (พิพัฒน์ และวิศิษฐพร, 2550) จากปริมาณผลผลิตของหัวมันสำปะหลังสดในปี พ.ศ. 2566 มีประมาณ 30 ล้านตันต่อปี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566) ดังนั้นจึงมีกากมันสำปะหลังจากกระบวนการผลิตปริมาณ 3.33 ล้านตันต่อปี ซึ่งจากรายงานของ Keaokliang *et al.* (2018) พบว่าในเยื่อมันสำปะหลังมีฟอสฟอรัส 0.03 เปอร์เซ็นต์ และ โพแทสเซียม 0.36 เปอร์เซ็นต์ มีความเป็นไปได้ที่จะใช้ตัวอ่อนแมลงวันลายในการกำจัดเปลือกสับปะรดและกากมันสำปะหลังเพื่อให้ได้ปุ๋ยอินทรีย์สด

สำหรับคุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์ของประเทศไทยถูกกำหนดโดยเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ (กรมวิชาการเกษตร, 2550; 2557) ซึ่งระบุปริมาณธาตุอาหารแน่นอน อย่างไรก็ตามยังไม่ได้มีการระบุถึงชนิดและปริมาณแบคทีเรียที่สามารถปนเปื้อนได้ในปุ๋ยอินทรีย์ สำหรับในบางประเทศได้กำหนดปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนไว้ เช่น กฎหมายปุ๋ยของอิตาลี (D.M. n. 29819/2009) กำหนดความเข้มข้นสูงสุดที่ยอมรับได้ของ *Escherichia coli* คือ < 3 ล็อกซีเอฟยูต่อกกรัม (Bonetta *et al.*, 2014) เช่นเดียวกับมาตรฐานกากตะกอนน้ำเสียที่ใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ในการเกษตรของยุโรป ในประเทศสาธารณรัฐเช็ก กำหนด *E. coli* < 3 ล็อกซีเอฟยูต่อกกรัม ขณะที่ทางใต้ของออสเตรเลียกำหนด *E. coli* < 2 ล็อกซีเอฟยูต่อกกรัม (Hudcová

et al., 2019) เนื่องจากการใส่ปุ๋ยอาจส่งผลทำให้เกิดการปนเปื้อนในพืชผลที่เพาะปลูกได้ (Machado *et al.*, 2006) ในมูลไก่พบ *E. coli* 5-10 ล็อกซีเอฟยูต่อกกรัม (Kyakuwairi *et al.*, 2019) ในทางตรงกันข้ามแบคทีเรียที่ปนเปื้อนอาจเป็นแบคทีเรียที่มีประโยชน์ต่อพืช รายงานแบคทีเรียที่แยกได้จากปุ๋ยหมักมีศักยภาพในการควบคุมเชื้อก่อโรค และ *Bacillus sp.* ที่แยกได้จากปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (Sreevidya and Gopalakrishnan, 2017) ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาสมบัติทางชีวภาพ ได้แก่ ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด (total bacteria) *Bacillus spp.* และ *E. coli* เพื่อระบุแบคทีเรียที่ปนเปื้อนบางชนิด รวมถึงศึกษาสมบัติทางเคมีบางประการในปุ๋ยอินทรีย์สดจากการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลายด้วยวัสดุอินทรีย์ที่แตกต่างกัน และเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์เพื่อประเมินการนำไปใช้ประโยชน์สำหรับปลูกพืชและหมุนเวียนวัสดุอินทรีย์กลับมาใช้ใหม่

อุปกรณ์และวิธีการ

การเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลาย

งานวิจัยนี้ได้รับการอนุญาตทางจริยธรรมการวิจัยในสัตว์ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เลขที่ ACKU67-AGK-020 โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ 5 ดำรับการทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ ขั้นตอนการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลายแสดงใน (Figure 1) โดยเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลายด้วยวัสดุอินทรีย์ชนิดต่างๆ ได้แก่ อาหารไก่ กากเต้าหู้ เปลือกสับปะรด กากมันสำปะหลัง และมูลไก่แห้ง ในกระบะพลาสติกขนาด 39×50×10 เซนติเมตร แต่ละกระบะใส่ขุยมะพร้าว 150 กรัม เพื่อเป็นที่อยู่ให้กับตัวอ่อนแมลงวันลาย จากนั้นใส่ตัวอ่อนแมลงวันลาย 500 ตัว และใส่วัสดุอินทรีย์แต่ละชนิดลงในแต่ละกระบะ 500 กรัม โดยที่วัสดุอินทรีย์แต่ละชนิดจะมีความชื้นอยู่ที่ 70 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนการให้อาหารอยู่ในช่วง 30-60 มิลลิกรัมของวัสดุอินทรีย์ต่อตัวอ่อนต่อวัน เลี้ยงที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20-40 วัน ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุอินทรีย์ (วิธีเลี้ยงดัดแปลงจาก Sheppard *et al.*, 2002; Makkar *et al.*, 2014)

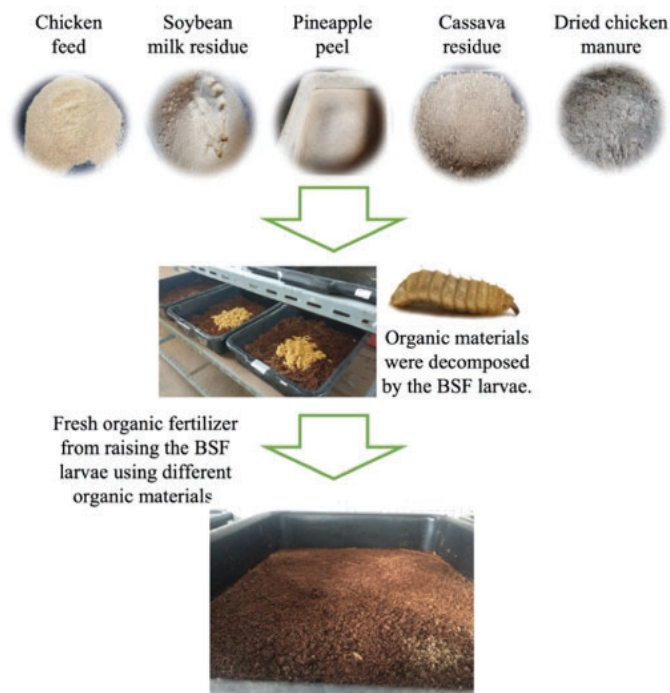


Figure 1 The diagram shows the steps of the compost production from five organic materials using black soldier fly larvae.

ศึกษาชนิดและจำนวนแบคทีเรียในปุ๋ยอินทรีย์สดจากตัวอ่อนแมลงวันลาย

เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ 3 ชนิด ได้แก่ Plate Count Agar สำหรับเพาะเลี้ยงแบคทีเรียทั้งหมด, MacConkey Agar สำหรับเพาะเลี้ยงเพื่อศึกษา *E. coli* ที่มีโอกาสเป็นเชื้อก่อโรค และ Bacillus Agar สำหรับเพาะเลี้ยงแบคทีเรียในกลุ่ม *Bacillus* spp. ที่อาจส่งเสริมการเจริญเติบโตให้กับพืช หรือในบางสปีชีส์ที่มีโอกาสเป็นเชื้อก่อโรค (Biagi *et al.*, 2006; Messelhäußer and Ehling-Schulz, 2018; Saxena *et al.*, 2020; Smith and Brown, 2022) เจือจางโดยการชั่งน้ำหนักตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์สด 10 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่มีน้ำ 90 มิลลิลิตร ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วเขย่าให้เข้ากัน นำสารละลายที่ได้มาเจือจางให้อยู่ในช่วง 10^{-1} - 10^{-8} เลือกความเจือจางที่เหมาะสมกับตัวอย่าง โดยปิเปตมา 100 ไมโครลิตร นำไปใส่ในอาหารเลี้ยงเชื้อ ทั้ง 3 ชนิด บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตรวจสอบชนิดและจำนวนแบคทีเรียที่พบ

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการของปุ๋ยอินทรีย์สดที่ได้จากการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลาย

เตรียมตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์สดที่ได้จากการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลาย โดยอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน จึงนำมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดและผสมคลุกเคล้าให้ตัวอย่างมีความสม่ำเสมอ จากนั้นร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร นำไปวิเคราะห์สมบัติบางประการตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ (กรมวิชาการเกษตร, 2550; 2557)

วิเคราะห์ค่า pH โดยชั่งตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์สด 10 กรัม ใส่ในปิเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร (อัตราส่วน 1:2) คนด้วยแท่งแก้ว ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที วัดด้วยเครื่อง pH meter (กลุ่มงานวิเคราะห์ปุ๋ย, 2541) วิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้าและปริมาณโซเดียม โดยการชั่งตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์สด 5 กรัม เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร (อัตราส่วน 1:10) เขย่าด้วยเครื่องเขย่า 30 นาที กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 นำสารละลายไปวัดค่าการนำไฟฟ้าด้วยเครื่อง

conductivity meter ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และวัดปริมาณโซเดียมด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) (Jackson, 1958) วิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุตามวิธีการของ Walkley and Black (1934) ด้วยการชั่งตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์สด 0.1 กรัม ปิเปตสารละลาย potassium dichromate 10 มิลลิลิตร และเติม 98 เปอร์เซ็นต์ H_2SO_4 10 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ในตู้ดูดควันเป็นเวลา 16 ชั่วโมง จากนั้นปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร เติมสารละลาย O-phenanthroline ferrous sulfate 8 หยด นำมาไทเทรตด้วยสารละลาย ferrous sulfate จนได้สารละลายสีน้ำตาลปนแดง จากนั้นนำมาคำนวณปริมาณอินทรีย์วัตถุ วิเคราะห์ค่าความชื้นโดยน้ำหนัก ด้วยการชั่งน้ำหนักฟอยด์ก่อนอบ นำตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์สด 5 กรัม ใส่ฟอยด์ จากนั้นนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ รอให้เย็นจึงนำไปชั่งน้ำหนักและคำนวณความชื้น (กลุ่มงานวิเคราะห์ปุ๋ย, 2526) วิเคราะห์การย่อยสลายเสริมจสมบูรณ์ (germination Index) ตามวิธีของจิตติมา และคณะ (2558) โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์สดใส่ในน้ำกลั่น (อัตราส่วน 1:10) โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เขย่า 180 ครั้งต่อนาทีเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 เพื่อสกัดสารละลายตัวอย่าง จากนั้นตีตารางบนกระดาษกรอง 10 ช่อง วางเมล็ดถั่วแดง 1 เมล็ด ใส่ น้ำสกัดปุ๋ยอินทรีย์สด จานละ 3 มิลลิลิตร และใส่น้ำกลั่นในตำรับควบคุม 3 มิลลิลิตร บ่มในที่มืดเป็นเวลา 48 ชั่วโมง อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส เก็บข้อมูลต่อไปนี้ ค่าเฉลี่ยจำนวนเมล็ดที่งอกทั้งหมดต่อจาน วัดความยาวรากทั้งหมดแล้วหาค่าเฉลี่ย นำไปคำนวณการย่อยสลายเสริมจสมบูรณ์ และวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดด้วยวิธี Kjeldahl method (Horwitz, 2000) โดยการย่อยตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์สดด้วย H_2SO_4 เข้มข้น และ salicylic acid ซึ่งมี potassium sulfate และ copper sulfate เป็นสารเร่งปฏิกิริยา ทำให้สารละลายเป็นด่างด้วย sodium hydroxide แล้วจึงนำไปกลั่น ดักจับแอมโมเนียที่เกิดขึ้นด้วยกรดบอริก ทำการไทเทรตสารละลายที่ได้จากการกลั่นด้วย HCl แล้วจึงคำนวณหาปริมาณ

ไนโตรเจนทั้งหมด ส่วนฟอสเฟตทั้งหมดวิเคราะห์โดยวิธี molybdovanadophosphate method ใช้กรดผสม ($\text{HClO}_4 : \text{HNO}_3$) (อัตราส่วน 1:1) ในการย่อยตัวอย่างเพื่อให้ฟอสฟอรัสในตัวอย่างปุ๋ยอยู่ในรูปสารละลายฟอสเฟต จากนั้นทำให้เกิดสีด้วย molybdovanadate reagent และวัดด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส (Horwitz and Latimer, 2005) วิเคราะห์โพแทสเซียมทั้งหมดโดยใช้กรดผสม $\text{HNO}_3 : \text{HClO}_4$ ปริมาณ 20 มิลลิลิตร นำไปย่อยบน hot plate ที่อุณหภูมิไม่เกิน 220 องศาเซลเซียส จนมีลักษณะสีใส จากนั้นถ่ายสารละลายตัวอย่างและล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่น ใส่ขวดปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร นำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 และวัดด้วยเครื่อง AAS จากนั้นนำมาเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม (Horwitz, 2000) นำผลวิเคราะห์ที่ได้ทั้งหมดเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลจากการทดลองนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยโปรแกรม RV.4.1.2 (R Core Team, 2018) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณแบคทีเรียแต่ละชนิด และเปรียบเทียบความแตกต่างของสมบัติทางเคมีบางประการของปุ๋ยอินทรีย์สดจากการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลาย โดยวิธีการ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการทดลอง

1. ปริมาณแบคทีเรียในปุ๋ยอินทรีย์สดจากตัวอ่อนแมลงวันลาย

จากผลการทดลองศึกษาปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด *Bacillus* spp. และ *E. coli* ที่ปนเปื้อนในปุ๋ยอินทรีย์สดจากการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลาย (Table 1) พบว่าในอาหาร Plate Count Agar มีแบคทีเรียอยู่ในทุกตำรับการทดลอง โดยที่ตำรับการทดลองที่เลี้ยงด้วยกากเต้าหู้มีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดสูงที่สุดอยู่ที่ 7.66 ล็อกซีเอฟยูต่อกรัมแห้ง รองลงมาคือ อาหารไก่ เปลือกสับปะรด กาก

มันสำปะหลังและมูลไก่แห้งมีค่าเท่ากับ 6.69, 6.74, 6.71 และ 5.95 ลีคซีเอพยูต่อกรัมแห้ง ตามลำดับ ในอาหาร *Bacillus* Agar มีปริมาณ *Bacillus* spp. ในปุ๋ยอินทรีย์สดจากการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลาย ทุกตำรับการทดลอง โดยที่ตำรับการทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารไก่ กากเต้าหู้ เปลือกสับปะรด กากมันสำปะหลัง มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มูลไก่แห้งมีจำนวน *Bacillus* spp. น้อยที่สุดเท่ากับ 5.35 ลีคซีเอพยูต่อกรัมแห้ง ส่วนในอาหาร MacConkey Agar มีปริมาณ *E. coli* ในปุ๋ยอินทรีย์สดทุกตำรับการทดลองแตกต่างกันทางสถิติ โดยพบว่าตำรับการทดลองที่เลี้ยงด้วยกากมันสำปะหลังมีปริมาณ *E. coli* สูงที่สุดเท่ากับ 5.60 ลีคซีเอพยูต่อกรัมแห้ง

2. ปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยอินทรีย์สดจากการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลาย

จากการวิเคราะห์สมบัติเคมีบางประการ ในปุ๋ยอินทรีย์สดจากการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลาย (Table 2) พบว่าปุ๋ยอินทรีย์สดจากการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลายด้วยวัสดุอินทรีย์ต่างชนิดกันจะมีสมบัติเคมีแตกต่างกัน โดยค่า pH ของปุ๋ยอินทรีย์สดจากการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลายด้วยเปลือกสับปะรด (8.88) หรือมูลไก่แห้ง (8.70) อยู่ในระดับที่เป็นเบสจัด และ pH ของปุ๋ยอินทรีย์สดจากการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลายด้วยอาหารไก่ (6.93) หรือกากมันสำปะหลัง (7.03) มีค่าอยู่ในระดับที่เป็นกลาง และ pH ของปุ๋ยอินทรีย์สดจากการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลายด้วยกากเต้าหู้ (6.30) อยู่ในระดับที่เป็นกรดอ่อน สำหรับค่าการนำไฟฟ้าของปุ๋ยอินทรีย์สดจากการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลายในทุกตำรับการทดลองพบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 4.03-8.58 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ซึ่งปุ๋ยอินทรีย์สดจากการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลายด้วยอาหารไก่หรือมูลไก่แห้งมีค่าการนำไฟฟ้าสูงที่สุดเท่ากับ 8.58 และ 8.47 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ตามลำดับ พบว่ามีปริมาณโซเดียมในทุกตำรับการทดลองอยู่ในช่วง 0.09-0.68 เปอร์เซ็นต์ โดยปุ๋ยอินทรีย์สดจากการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลายด้วยอาหารไก่มีปริมาณโซเดียมสูงสุด 0.68 เปอร์เซ็นต์ ในทุกตำรับการทดลองมีอินทรีย์วัตถุอยู่ในช่วง 43.77-88.44 เปอร์เซ็นต์ ส่วนความชื้นอยู่ในช่วง 62.73-85.71 เปอร์เซ็นต์ ปุ๋ยอินทรีย์สดจาก

การเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลายด้วยกากเต้าหู้ทำให้มีค่าอินทรีย์วัตถุและความชื้นสูงสุดเท่ากับ 88.44 และ 85.71 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยพบว่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของปุ๋ยอินทรีย์สดจากการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลายในทุกตำรับการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 14.04-30.34 ซึ่งปุ๋ยอินทรีย์สดจากการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลายด้วยเปลือกสับปะรดทำให้มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงสุด สำหรับการย่อยสลายของปุ๋ยอินทรีย์อยู่ในช่วง 39.52-109.60 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าปุ๋ยอินทรีย์สดจากการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลายด้วยกากมันสำปะหลังมีการย่อยสลายของปุ๋ยอินทรีย์สูงสุด ซึ่งทำให้เกิดการงอกของเมล็ดกว้างดั่งได้ดี ในส่วนของปริมาณไนโตรเจนในทุกตำรับการทดลองอยู่ในช่วง 1.47-3.14 เปอร์เซ็นต์ โดยพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสทุกตำรับการทดลองอยู่ในช่วง 0.52-4.12 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณโพแทสเซียมทุกตำรับการทดลองอยู่ในช่วง 0.61-3.75 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่าปุ๋ยอินทรีย์สดจากการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลายด้วยอาหารไก่มีทั้งปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมสูงสุด โดยมีปริมาณไนโตรเจนมีค่าสูงในปุ๋ยอินทรีย์สดจากการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลายด้วยอาหารไก่ (3.14 เปอร์เซ็นต์) กากเต้าหู้ (2.72 เปอร์เซ็นต์) กากมันสำปะหลัง (1.82 เปอร์เซ็นต์) และเปลือกสับปะรด (1.48 เปอร์เซ็นต์) เรียงตามลำดับ ในส่วนของปุ๋ยอินทรีย์สดจากการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลายด้วยมูลไก่แห้งพบว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมสูงสุดเท่ากับ 4.12 และ 3.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

3. การเปรียบเทียบค่าวิเคราะห์ของปุ๋ยอินทรีย์สดจากการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลายกับเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์

เมื่อเปรียบเทียบค่าวิเคราะห์ของปุ๋ยอินทรีย์สดจากการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลายด้วยวัสดุอินทรีย์ต่างชนิดกันกับมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ (Table 3) พบว่าค่า pH ผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ (กรมวิชาการเกษตร, 2550; 2557) ยกเว้นปุ๋ยอินทรีย์สดจากการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลายด้วยเปลือกสับปะรดและมูลไก่แห้ง ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณโซเดียม อินทรีย์วัตถุ ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและ

โพแทสเซียมทั้งหมด ผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ ในทุกตัวรับการทดลอง และมีอัตราส่วนคาร์บอน ต่อไนโตรเจนไม่เกินมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ ยกเว้นปุ๋ย อินทรีย์สดจากการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลายด้วย เปลือกสับปะรดและกากมันสำปะหลัง การย่อยสลาย สมบูรณ์ในปุ๋ยอินทรีย์สดจากการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวัน ลายด้วยกากมันสำปะหลังเป็นตัวรับการทดลองเดียว ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ การใช้วัสดุอินทรีย์ที่

แตกต่างกันนี้ในการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลายจะทำให้ มีสมบัติทางเคมีบางประการที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน แตกต่างกัน ปริมาณธาตุอาหารและอินทรีย์วัตถุที่ผ่าน เกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์เหมาะสมสำหรับการใช้ ปุ๋ยอินทรีย์สดจากการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลายเป็น ปุ๋ยสำหรับปลูกพืชและปรับปรุงดิน และในส่วนของ ความชื้นของปุ๋ยอินทรีย์สดสามารถจัดการอย่างง่าย โดยการตากแห้ง

Table 1 The number of total bacteria, *Bacillus* spp. and *Escherichia coli* in five fresh organic fertilizers obtained from the rearing of black soldier fly larvae.

Treatments	Total bacteria (logCFU/gDw)	<i>Bacillus</i> spp. (logCFU/gDw)	<i>Escherichia coli</i> (logCFU/g)
T1	6.69 ^b	6.32 ^a	5.07 ^{ab}
T2	7.66 ^a	6.19 ^a	5.24 ^{ab}
T3	6.74 ^b	6.20 ^a	5.00 ^b
T4	6.71 ^b	6.07 ^a	5.60 ^a
T5	5.95 ^c	5.35 ^b	4.95 ^b
F-test	*	*	ns
CV (%)	2.79	2.21	5.45

Note - Values are the mean $\pm$ standard deviations (n = 3). Statistically significant differences of different organic materials are indicated with different letter *, p < 0.05. T1 = chicken feed + coir, T2 = soybean milk residue + coir, T3 = pineapple peel + coir, T4 = cassava residue + coir, and T5 = dried chicken manure + coir, EC = electrical conductivity, OM = organic matter and C:N ratio = carbon/nitrogen ratio

Table 2 Comparison of some chemical properties of fresh organic fertilizers from five organic materials digested by black soldier fly larvae.

Property	T1	T2	T3	T4	T5	F -test	CV (%)
pH (1:5)	6.93 ^c	6.30 ^d	8.88 ^a	7.03 ^c	8.70 ^b	*	0.87
EC 1:10 (dS/m)	8.58 ^a	4.03 ^d	5.79 ^c	7.49 ^b	8.47 ^{ab}	*	6.00
OM (%)	76.04 ^b	88.44 ^a	76.48 ^b	77.12 ^b	43.77 ^c	*	1.40
C:N ratio	14.04 ^d	19.01 ^c	30.34 ^a	24.63 ^b	17.40 ^{cd}	*	9.41
Moisture content (%)	73.37 ^c	85.71 ^a	74.08 ^c	80.37 ^b	62.73 ^d	*	0.81
Germination Index (%)	39.52 ^e	57.98 ^b	48.44 ^d	109.60 ^a	52.55 ^c	*	0.00
Total N (%)	3.14 ^a	2.72 ^b	1.48 ^d	1.82 ^c	1.47 ^d	*	5.46
Total P ₂ O ₅ (%)	3.44 ^b	0.78 ^c	0.63 ^d	0.52 ^d	4.12 ^a	*	2.53
Total K ₂ O (%)	2.04 ^b	1.41 ^c	2.42 ^b	0.61 ^d	3.75 ^a	*	9.37
Na (%)	0.68 ^a	0.23 ^c	0.09 ^d	0.57 ^a	0.40 ^b	*	13.40

Note - Values are the mean $\pm$ standard deviations (n = 3). Statistically significant differences of different organic materials are indicated with different letter *, p < 0.05. T1 = chicken feed + coir, T2 = soybean milk residue + coir, T3 = pineapple peel + coir, T4 = cassava residue + coir, and T5 = dried chicken manure + coir

Table 3 Quality of fresh organic fertilizers (T1-T5) compared with the organic fertilizer standard of Thailand from five organic materials digested by black soldier fly larvae.

Property	Standard	T1	T2	T3	T4	T5
pH (1:5)	5.5 – 8.5	✓	✓	X	✓	X
EC 1:10 (dS/m)	Not more than 10 dS/m	✓	✓	✓	✓	✓
OM (%)	Not less than 20% by weight	✓	✓	✓	✓	✓
C:N ratio	Not more than 20 : 1	✓	✓	X	X	✓
Moisture content (%)	Not more than 30% of weight	X	X	X	X	X
Germination Index (%)	Not less than 80%	X	X	X	✓	X
Total N (%)	Not less than 1.0% of weight	✓	✓	✓	✓	✓
Total P ₂ O ₅ (%)	Not less than 0.5% of weight	✓	✓	✓	✓	✓
Total K ₂ O (%)	Not less than 0.5% of weight	✓	✓	✓	✓	✓
Total macronutrients (%)	Not less than 2.0% by weight	✓	✓	✓	✓	✓
Na (%)	Not more than 1% by weight	✓	✓	✓	✓	✓
Size (mm)	Not more than 12.5x12.5 mm	✓	✓	✓	✓	✓
Gravel (%)	Not more than 2% of weight	✓	✓	✓	✓	✓
Plastic, glass and etc. (%)	Must not be found	✓	✓	✓	✓	✓

Note - Passed (✓) and not passed (X) are presented. T1 = chicken feed + coir, T2 = soybean milk residue + coir, T3 = pineapple peel + coir, T4 = cassava residue + coir, T5 = dried chicken manure + coir, EC = electrical conductivity, OM = organic matter, and C:N ratio = carbon/nitrogen ratio

วิจารณ์

การศึกษาศาสตร์ทางชีวภาพบางประการของปุ๋ยอินทรีย์สดจากการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลายเพื่อทราบชนิดและปริมาณแบคทีเรียบางชนิดที่ปนเปื้อนในปุ๋ยอินทรีย์สด ซึ่งอาจอยู่ในกลุ่มที่ก่อโรคหรือกลุ่มที่เป็นประโยชน์ เพื่อประเมินการนำไปใช้ประโยชน์เป็นปุ๋ยอินทรีย์สำหรับปลูกพืช จากผลการทดลองพบว่าทุกตำรับการทดลองมี *E. coli* 4.95-5.60 ล็อกซีเอฟยูต่อกรัม ซึ่งอยู่ในปริมาณใกล้เคียงกับรายงานในมูลโคนมที่ย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนมี *E. coli* 4.5–5.4 ล็อกซีเอฟยูต่อกรัม (Saunders *et al.*, 2012) ซึ่งเป็นแบคทีเรียก่อโรคฉวยโอกาส (Denamur *et al.*, 2021) สำหรับประเทศไทยยังไม่มีเกณฑ์มาตรฐานกำหนดปริมาณแบคทีเรียแต่ละชนิดในปุ๋ยอินทรีย์สำหรับเชิงพาณิชย์ แต่สำหรับการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (Good Agricultural Practices: GAP) จะต้องมีการจัดการใช้ปุ๋ยและน้ำสำหรับปลูก

พืชเนื่องจากเป็นปัจจัยที่มีโอกาสทำให้มีจุลินทรีย์ปนเปื้อนในผลผลิตทางการเกษตร สำหรับอาหารพร้อมบริโภคประเภทผักและผลไม้ กำหนดว่าควรตรวจพบ *E. coli* น้อยกว่า 100 เซ็มพีเอ็นต่อกรัม (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2560) ส่วนมาตรฐานภาคตะกอนน้ำเสียที่ใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ในการเกษตรของยุโรป ในประเทศโปรตุเกส สาธารณรัฐเช็ก ฟินแลนด์ และลิทัวเนีย กำหนด *E. coli* < 3 ล็อกซีเอฟยูต่อกรัม (Hudcová *et al.*, 2019) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับผลจากการทดลองพบว่าปริมาณ *E. coli* ในปุ๋ยอินทรีย์สดมีค่ามากกว่ามาตรฐานเหล่านี้ ดังนั้น การนำปุ๋ยอินทรีย์สดที่ได้จากการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลายไปใช้สำหรับปลูกพืชจึงควรมีกระบวนการกำจัด *E. coli* ด้วยการตากแห้ง ซึ่งมีรายงานว่า แสง UV สามารถฆ่าเชื้อ *E. coli* ในมูลไก่ได้สูงถึง 98.40 เปอร์เซ็นต์ (El-Maghawry *et al.*, 2024) ในปุ๋ยอินทรีย์สดยังพบ *Bacillus* spp. ในทุกตำรับการทดลอง โดย

Saxena *et al.* (2020) รายงานว่าแบคทีเรียกลุ่มนี้มีอิทธิพลต่อสุขภาพพืช ช่วยในการหมุนเวียนสารอาหารในดิน ทำให้พืชทนต่อความเครียด ป้องกันเชื้อโรค และผลิตฮอร์โมนพืช เป็นต้น เช่น *B. pumilus*, *B. subtilis* และ *B. subterraneus* ที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช โดยผลิตฮอร์โมนพืชกระตุ้นการงอก ละลายฟอสเฟต หรือปลดปล่อยแอมโมเนีย เป็นต้น (Gohil *et al.*, 2022) หากมีแบคทีเรียในกลุ่มนี้จะทำให้ปุ๋ยอินทรีย์สดที่ได้จากการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลายเป็นประโยชน์กับการปลูกพืชในทางตรงกันข้ามมีรายงานว่า *Bacillus* บางสปีชีส์ อย่างเช่น *B. cereus* มีอยู่ตามธรรมชาติแต่อาจเป็นเชื้อก่อโรคฉวยโอกาสในมนุษย์ (Messelh  user and Ehling-Schulz, 2018) ในการนำปุ๋ยอินทรีย์สดที่เลี้ยงจากตัวอ่อนแมลงวันลายไปใช้ควรมีการตรวจสอบเบื้องต้นเกี่ยวกับจุลินทรีย์กลุ่มที่ก่อโรค และกลุ่มที่เป็นประโยชน์ก่อนนำไปผลิตในเชิงพาณิชย์ ส่วนสมบัติทางเคมีบางประการแสดงให้เห็นว่าปุ๋ยอินทรีย์สดจากการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลายผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ได้แก่ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมทั้งหมด โดยปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงสุดในปุ๋ยอินทรีย์สดจากการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลายด้วยกากเต้าหู้ มีค่า 88.44% ใกล้เคียงกับรายงานของ G  rttling and Schulz, (2022) ซึ่งพบว่าปุ๋ยอินทรีย์สดจากการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลายมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงถึง 86 เปอร์เซ็นต์ในส่วนค่าการนำไฟฟ้าและปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน จึงส่งผลดีต่อการเจริญเติบโตของพืช ในทางกลับกันหากค่าการนำไฟฟ้าเกินความต้องการของพืชจะส่งผลให้ความสูงต้น น้ำหนักสด ความยาวก้าน อัตราการสังเคราะห์แสงและอัตราการคายน้ำลดลง เมล็ดพืชไม่สามารถงอกได้ (สุมาลี และปัทมา, 2560; วีระศักดิ์ และคณะ, 2566) จากการทดลองยังพบว่าปุ๋ยอินทรีย์สดจากการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลายเหล่านี้มีสมบัติบางประการที่โดดเด่นสำหรับการนำไปใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์สำหรับปลูกพืช โดยอาหารไก่และกากเต้าหู้มีปริมาณไนโตรเจนสูงแตกต่างจากการเลี้ยงด้วยวัสดุอินทรีย์อื่น เนื่องจาก

อาหารไก่ที่นำมาเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลายมีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นส่วนประกอบและมีไนโตรเจนสะสมในเมล็ด ส่วนกากถั่วเหลืองมีปริมาณไนโตรเจน 6.10 % (กรมวิชาการเกษตร, 2564) ซึ่งปริมาณไนโตรเจนจะแปรผันตรงกับสิ่งที่ตัวอ่อนแมลงวันลายกินเข้าไป ดังนั้นปุ๋ยอินทรีย์สดที่ได้จากการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลายด้วยอาหารไก่และกากเต้าหู้จะมีปริมาณไนโตรเจนสูงตามไปด้วย ปุ๋ยอินทรีย์สดจากการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลายด้วยมูลไก่แห้งพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมสูง เนื่องจากไก่กินอาหารที่มีองค์ประกอบของแคลเซียมฟอสเฟต รำหยาบ และกากถั่วเหลือง (Angel, 2011; Ara  jo *et al.*, 2022) จึงทำให้มูลไก่ที่ได้มีปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมสูง ปุ๋ยอินทรีย์สดจากการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลายด้วยกากมันสำปะหลังมีการย่อยสลายสมบูรณ์ผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์โดยมีค่า 109.60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งทดสอบโดยใช้สารสกัดปุ๋ยอินทรีย์สดใส่ลงจานแก้วที่มีเมล็ดถั่วแดงดู พบว่ามีดัชนีการงอกสูง ตามรายงานของ Dalzell (1987) และ Cooperband *et al.* (2003) การย่อยสลายสมบูรณ์ของปุ๋ยหมักจะเกิดกระบวนการมินิเอร์ไลเซชัน (mineralization) ปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ และเป็นปัจจัยสำคัญที่สนับสนุนการเจริญเติบโตของพืช อีกเหตุผลหนึ่งที่ทำให้เมล็ดงอกคือในปุ๋ยอินทรีย์สดอาจมีสารกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช เช่น กรดฮิวมิก กรดอินทรีย์ รวมถึงมีจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ปะปนอยู่ในปุ๋ยนั้น เป็นต้น (Arancon *et al.*, 2006; El-Sayed and Hagab, 2020) ในทางกลับกัน ปุ๋ยอินทรีย์สดที่การย่อยสลายสมบูรณ์ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ซึ่งได้จากการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลายด้วยอาหารไก่ กากเต้าหู้ หรือมูลไก่นั้นอาจมีสาเหตุจากในระหว่างกระบวนการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์จนกลายเป็นปุ๋ยหมัก จะเกิดกระบวนการอิมโมบิไลเซชัน (immobilization) จุลินทรีย์ต้องการก๊าซออกซิเจนเพื่อให้เกิดการย่อยสลายสมบูรณ์ หรืออาจเกิดสารประกอบที่เป็นพิษบางชนิดซึ่งมีผลต่อการงอกของพืชได้ (Sayara *et al.*, 2020) ในทุกตำรา

จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำไปใช้ปลูกพืช ซึ่งการมีอินทรีย์วัตถุสูงช่วยปรับปรุงบำรุงดิน โครงสร้างของดิน เนื้อสัมผัส และการเติมอากาศ เพิ่มปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน เพิ่มความสามารถในการกักเก็บน้ำในดิน และกระตุ้นการพัฒนารากให้แข็งแรง (Assefa and Tadesse, 2019; Wang *et al.*, 2019) ปุ๋ยอินทรีย์สดจากการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลายด้วยวัสดุอินทรีย์ชนิดต่างๆ สามารถใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ในการปลูกพืช อีกทั้งวิธีนี้ยังช่วยกำจัดวัสดุอินทรีย์เหลือใช้และหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ อย่างไรก็ตาม การผ่านกระบวนการตากแห้งและลดความชื้นจะทำให้เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ในเชิงพาณิชย์ นอกจากนี้ อาจนำไปหมักกับวัสดุอินทรีย์ชนิดอื่นๆ ก่อนนำไปใช้ เพื่อให้เกิดการย่อยสลายสมบูรณ์โดยผ่านกระบวนการของจุลินทรีย์ก่อนการนำไปใช้ (กรมวิชาการเกษตร, 2548; Misra *et al.*, 2003)

สรุป

ปุ๋ยอินทรีย์สดที่ได้จากการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลายด้วยวัสดุอินทรีย์ 5 ชนิด มีสมบัติทางชีวภาพและทางเคมีที่แตกต่างกัน โดยพบแบคทีเรียในกลุ่ม *Bacillus* spp. และ *E.coli* ส่วนปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยอินทรีย์สดขึ้นอยู่กับวัสดุอินทรีย์ที่เป็นอาหารเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลาย ซึ่งปุ๋ยอินทรีย์สดที่ได้จากการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลายด้วยอาหารไก่และกากเต้าหู้มีปริมาณไนโตรเจนสูง ขณะที่เมื่อเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลายด้วยมูลไก่แห้งทำให้ปุ๋ยอินทรีย์สดมีปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมสูง ปุ๋ยอินทรีย์สดที่ได้จากการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลายด้วยกากมันสำปะหลังมีการย่อยสลายสมบูรณ์ทำให้เมล็ดงอกได้ดี จึงทำให้ปุ๋ยอินทรีย์สดที่ได้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์บางประการ สามารถนำไปใช้ปลูกพืชได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่สนับสนุนสถานที่และอุปกรณ์เครื่องมือในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2548. ปุ๋ยอินทรีย์ การผลิต การใช้ มาตรฐานและคุณภาพ. เอกสารวิชาการ ลำดับที่ 17/2548, สำนักวิจัยและพัฒนา ปัจจัยการผลิตทางการเกษตร, กรุงเทพฯ. 87 หน้า.
- กรมวิชาการเกษตร. 2550. กำหนดเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2550. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2551/A/007/1.PDF> (10 กันยายน 2567).
- กรมวิชาการเกษตร. 2557. กำหนดเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2557. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://www.doa.go.th/ard/wp-content/uploads/2019/11/FEDOA11.pdf> (10 กันยายน 2567).
- กรมวิชาการเกษตร. 2564. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน สำหรับพืชไร่เศรษฐกิจ. เอกสารวิชาการ. กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 105 หน้า.
- กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2560. เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร ฉบับที่ 3. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <http://bqsfdmsc.moph.go.th/bqsfdWeb/wp-content/uploads/> (30 ตุลาคม 2567).
- กลุ่มงานวิเคราะห์ปุ๋ย. 2526. วิธีวิเคราะห์ปุ๋ย. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 37 หน้า.
- กลุ่มงานวิเคราะห์ปุ๋ย. 2541. คู่มือวิธีวิเคราะห์ปุ๋ย. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 114 หน้า.
- จิตติมา ยถาภูธานนท์ พืชรพงษ์ เขาวนพงษ์ ศรีสุดา รื่นเจริญ รัฐกร สืบคำ และ ทิวาพร ผดุง. 2558. ศีรษะเทคนิคการตรวจสอบการย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์. รายงานผลงานเรื่อง เติ้มการทดลองที่สิ้นสุด ปีงบประมาณ 2558, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 33 หน้า.

- ทรายแก้ว อนาคต ชุตินา จันทรเจริญ พัฒนพงษ์
เกิดหล้า พิลาสลักษณ์ ลุ่มลิ้ว และ สาริต
กาละพวก. 2556. รายงานผลการวิจัย เรื่อง
ผลของปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยเคมีต่อความอุดม
สมบูรณ์ของดินผลผลิต และคุณภาพของ
ฮ้อยในกลุ่มชุดดินที่ 36. กลุ่มวิชาการเพื่อ
การพัฒนาที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต
8 กรมพัฒนาที่ดิน, เพชรบูรณ์. 40 หน้า.
- พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์ และวิศิษฐ์พร สุขสมบัติ.
2550. กากมันสำปะหลังกับการใช้ประโยชน์
ในอาหารโคนม. (ระบบออนไลน์).
แหล่งข้อมูล: http://sutir.sut.ac.th:8080/sutir/bitstream/123456789/2085/1/BIB1286_F.pdf (8 พฤศจิกายน 2567).
- พูลศักดิ์ ตรีวัย อาภาภรณ์ ลวดลายทอง สิริธนา
ช่วงโสภาส และ ชาญวิทย์ แก้วตาปี.
2565. การศึกษาปริมาณแบคทีเรียและการ
เสริมหมอนแมลงวันลายในอาหารต่อ
สมรรถภาพการผลิต และคุณภาพไข่ของ
ไก่ไข่. หน้า 411-422. ใน: การประชุมวิชาการ
บัณฑิตศึกษาระดับชาติ ครั้งที่ 12.
มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม.
- ภัทรกร ทศพงษ์, แสงดาว หารปึก และ รัตนภรณ์
เทพสวัสดิ์. 2563. การใช้กากน้ำตาลหุ้มสด
ต่อประสิทธิภาพการผลิตและสมดุล
ไนโตรเจนของแพะพันธุ์ลูกผสมบอร์-ชาเนน.
วารสารเกษตรนเรศวร 17(1): 58-67.
- ยิ่งลักษณ์ กาญจนฤกษ์ อรณิชา เมียงบัว และ
ทศนัศว์รัตนแก้ว. 2566. การวิเคราะห์ต้นทุน
และผลตอบแทนของรูปแบบการจัดการเศษ
วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร. (ระบบออนไลน์)
แหล่งข้อมูล : https://webapp.idd.go.th/lpd/node_modules/file/Eco/cost-benefit_waste%20management/cost-benefit.pdf. (7 กันยายน 2567).
- วีระศักดิ์ วิชาเบ็ง, ชัยอาทิตย์ อินคำ, กนกวรรณ
ปัญจะมา และโสระยา ร่วมรังสี. 2566. ผล
ของค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุ
อาหารต่อการเติบโตและคุณภาพพุดอก
ของทิวลิปที่ปลูกในระบบไฮโดรพอนิกส์.
วารสารเกษตร 39(2): 197 -208.
- สมบัติ ตงเต้า ทวีศักดิ์ แสงอุดม และยุพิน
กลินเกษมพงษ์. 2537. สรุปผลงานกรม
วิชาการเกษตรปี 2534-2535. เอกสาร
ประกอบการสัมมนาวิชาการสัปดาห์
ครั้งที่ 1. โรงแรมไพล์ฟิช, ระยอง. ม.ป.ป.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2566. มั่นสำปะหลัง
โรงงาน: เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว
ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ แยกตามช่วงอายุ
ระดับจังหวัด ปี 2566. (ระบบออนไลน์)
แหล่งข้อมูล : <https://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcadata/files/ช่วงอายุเก็บเกี่ยว%2066.pdf> (8
พฤศจิกายน 2567).
- สุมาลี ชุกกำแพง และปัทมา จัตุรัส. 2560. ผลของ
ไซเดียมคลอไรด์ต่อการงอกของเมล็ดและ
การเจริญเติบโต ของมันแกว (*Pachyrhizus
erosus* (L.) Urb.) โดยวิธีการปลูกแบบ
ไฮโดรพอนิกส์. วารสารวิจัย มสค 10(1):
81-92.
- Angel, R. 2011. Calcium and phosphorus
requirements in broilers and laying
hens. pp. 32-48. In: 22nd Annual
Australian Poultry Science Symposium,
Sydney.
- Arancon, N.Q., C.A. Edwards, S. Lee and R.
Byrne. 2006. Effects of humic acids
from vermicomposts on plant growth.
European Journal of Soil Biology 42:
65-69.
- Araújo, G.S., G.O. Ribeiro, S.M.A. de Souza,
G. Paulo da Silva, G.B.M. de Carvalho,
J.A.C. Bispo and E.A. Martínez. 2022.
Rice (*Oryza sativa*) bran and soybean
(*Glycine max*) meal: unconventional
supplements in the mead production.
Food Technology and Biotechnology
60(1): 89-98.

- Assefa, S. and S. Tadesse. 2019. The principal role of organic fertilizer on soil properties and agricultural productivity-a review. *Agricultural Research and Technology* 22(2): 556192, doi: 10.19080/ARTOAJ.2019.22.556192.
- Banks, I.J., W.T. Gibson and M.M. Cameron. 2014. Growth rates of black soldier fly larvae fed on fresh human faeces and their implication for improving sanitation. *Tropical Medicine and International Health* 19(1): 14-22.
- Biagi, G., A. Piva, M. Moschini, E. Vezzali and F.X. Roth. 2006. Effect of gluconic acid on piglet growth performance, intestinal microflora, and intestinal wall morphology. *Journal of Animal Science* 84: 370-378.
- Bonetta, S., S. Bonetta, E. Ferretti, G. Fezia, G. Gilli and E. Carraro. 2014. Agricultural reuse of the digestate from anaerobic co-digestion of organic waste: microbiological contamination, metal hazards and fertilizing performance. *Water, Air, and Soil Pollution* 225: 1-11.
- Cammack, J.A. and J.K. Tomberlin. 2017. The impact of diet protein and carbohydrate on select life-history traits of the black soldier fly *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae). *Insects* 8, doi: 10.3390/insects8020056.
- Cooperband, L.R., A.G. Stone, M.R. Fryda and J.L. Ravet. 2003. Relating compost measures of stability and maturity to plant growth. *Compost Science and Utilization* 11: 113 – 124.
- Dalzell, H.W. 1987. *Soil Management: Compost production and use in tropical and subtropical environments*, Issue 56. Food and Agriculture Organization, Rome. 177 p.
- Denamur, E., O. Clermont, S. Bonacorsi and D. Gordon. 2021. The population genetics of pathogenic *Escherichia coli*. *Nature Reviews Microbiology* 19(1): 37-54.
- Diener, S., C. Zurbrugg and K. Tockner. 2009. Conversion of organic material by black soldier fly larvae: establishing optimal feeding rates. *Waste Management and Research* 27: 603–610.
- El-Maghawry, A.H., A.M. Zain Eldin and M.I. Morsy. 2024. Applying germicidal ultraviolet in chicken manure disinfection for promoting agricultural sustainability. *Misr Journal of Agricultural Engineering* 41(3) : 243-262.
- El-Sayed, S.Y. and R.H. Hagab. 2020. Effect of organic acids and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on biochemical content and productivity of wheat under saline soil conditions. *Middle East Journal of Agriculture Research* 9(2): 227-242.
- Gärtling D. and H. Schulz. 2022. Compilation of black soldier fly frass analyses. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 22: 937–943.
- Gohil, R.B., V.H. Raval, R.R. Panchal and K.N. Rajput. 2022. Plant growth-promoting activity of *Bacillus* sp. PG-8 isolated from fermented panchagavya and its effect on the growth of *Arachis hypogea*. *Frontiers in Agronomy* 4: 805454, doi: 10.3389/fagro.2022.805454.

- Horwitz, W. 2000. Official Method of Analysis of AOAC International. 17th ed. Method 938.02. AOAC International Inc., Gaithersberg MD. 27p.
- Horwitz, W. and G.W. Latimer. 2005. Official Method of Analysis of AOAC International. 18th ed. Official Method 957.02, 958.01. AOAC International Inc., Gaithersberg MD.
- Hudcová, H., J. Vymazal and M. Rozkošný. 2019. Present restrictions of sewage sludge application in agriculture within the European Union. *Soil and Water Research* 14(2): 104-120.
- Jackson, M.L. 1958. Soluble Salt Analysis for Soils and Water. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, NJ, 498 p.
- Keaokliang, O., T. Kawashima, W. Angthong, T. Suzuki and R. Narmseelee. 2018. Chemical composition and nutritive values of cassava pulp for cattle. *Animal Science Journal* 89(8): 1120 – 1128.
- Kyakuwaire, M., G. Olupot, A. Amoding, P. Nkedi-Kizza and T.A. Basamba. 2019. How safe is chicken litter for land application as an organic fertilizer?: A review. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16(19): 3521, doi: 10.3390/ijerph 16193521.
- Lalander, C., S. Diener, C. Zurbrügg and B. Vinnerås. 2019. Effects of feedstock on larval development and process efficiency in waste treatment with black soldier fly (*Hermetia illucens*). *Journal of Cleaner Production* 208: 211-219.
- Machado, D.C., C.M. Maia, I.D. Carvalho, N.F.D. Silva, M.C.D.P.B. André and Á.B. Serafini. 2006. Microbiological quality of organic vegetables produced in soil treated with different types of manure and mineral fertilizer. *Brazilian Journal of Microbiology* 37: 538-544.
- Makkar, H.P., G. Tran, V. Heuzé and P. Ankers. 2014. State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology* 197: 1-33.
- Marlina, N. and S. Askar. 2004. Chemical composition of some agriculture and industry by-products. pp. 99-103. *In: Proceedings of the national technical meeting of agricultural functional staff*, Bogor.
- Messelhäußer, U. and M. Ehling-Schulz. 2018. *Bacillus cereus*-a multifaceted opportunistic pathogen. *Current Clinical Microbiology Reports* 5: 120-125.
- Misra, R.V., R.N. Roy and H. Hiraoka. 2003. On-farm composting methods. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 33 p.
- R Core Team. 2018. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. (Online): Available Source: <https://www.R-project.org> (September 9, 2024).
- Rahman, M.M., K. Mat, G. Ishigaki and R. Akashi. 2021. A review of okara (soybean curd residue) utilization as animal feed: Nutritive value and animal performance aspects. *Animal Science Journal* 92(1): 13594, doi: 10.1111/asj. 13594.

- Rehman K.U., M. Cai, X. Xiao, L. Zheng, H. Wang, A.A. Soomro, Y. Zhou, W. Li, Z. Yu and J. Zhang. 2017. Cellulose decomposition and larval biomass production from the co-digestion of dairy manure and chicken manure by mini-livestock (*Hermetia illucens* L.). Journal of Environmental Management 1(196): 458-465.
- Salam, M., A. Shahzadi, H. Zheng, F. Alam, G. Nabi, S. Dezhi, W. Ullah, S. Ammara, N. Ali and M. Bilal. 2022. Effect of different environmental conditions on the growth and development of black soldier fly larvae and its utilization in solid waste management and pollution mitigation. Environmental Technology and Innovation 28: 102649, doi: 10.1016/j.eti.2022.102649.
- Saunders, O., J. Harrison, A.M. Fortuna, E. Whitefield and A. Bary. 2012. Effect of anaerobic digestion and application method on the presence and survivability of *E. coli* and fecal coliforms in dairy waste applied to soil. Water, Air, and Soil Pollution 223: 1055-1063.
- Saxena, A.K., M. Kumar, H. Chakdar, N. Anuroopa and D.J. Bagyaraj. 2020. *Bacillus* species in soil as a natural resource for plant health and nutrition. Journal of Applied Microbiology 128(6): 1583-1594.
- Sayara, T., R. Basheer-Salimia, F. Hawamde and A. Sánchez. 2020. Recycling of organic wastes through composting: Process performance and compost application in agriculture. Agronomy Journal 10(11): 1838, doi: 10.3390/agronomy10111838.
- Sheppard, D.C., J.K. Tomberlin, J.A. Joyce, B.C. Kiser and S.M. Sumner. 2002. Rearing methods for the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae). Journal of Medical Entomology 39(4): 695-698.
- Siddiqui, S.A., B. Ristow, T. Rahayu, N.S. Putra, N.W. Yuwono, B. Mategeko, S. Smetana, M. Saki, A. Nawaz and A. Nagdalian. 2022. Black soldier fly larvae (BSFL) and their affinity for organic waste processing. Waste Management 140: 1-13.
- Singh, A., M. Meena, D. Kumar, A.K. Dubey and M.I. Hassan. 2015. Structural and functional analysis of various globulin proteins from soy seed. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 55(11): 1491-1502.
- Smith, H., and A.E. Brown. 2022. Benson's Microbiological Applications: Laboratory Manual. 15th ed. McGraw-Hill, Boston. 667p.
- Sreevidya, M. and S. Gopalakrishnan. 2017. Direct and indirect plant growth-promoting abilities of *Bacillus* species on chickpea, isolated from compost and rhizosphere soils. Organic Agriculture 7: 31-40.
- Walkley, A. and C. Black. 1934. An examination of degtjareff method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science 37: 29-35.
- Wang, H., J. Xu, X. Liu, D. Zhang, L. Li, W. Li and L. Sheng. 2019. Effects of long-term application of organic fertilizer on improving organic matter content and retarding acidity in red soil from China. Soil and Tillage Research 195: 104382, doi:org/10.1016/j.still.2019.104382

Zziwa, A., J. Jjagwe, S. Kizito, I. Kabenge, A. John Komakech and H. Kayondo. 2021. Nutrient recovery from pineapple waste through controlled batch and continuous vermicomposting systems. *Journal of Environmental Management* 279:111784,doi:10.1016/j.jenvman.2020.111784.

การวิเคราะห์การจัดการและการดำเนินงานในโซ่อุปทานของเกษตรกรผู้เลี้ยงจิ้งหรีดใน
อำเภอหนองปรือ จังหวัดกาญจนบุรี

The Analysis of Supply Chain Management and Operations of Cricket Farmers in
Nong Prue District, Kanchanaburi Province

นิธิตา มีแก้ว¹ รพี ดอกไม้เทศ^{1*} และรุ่งทิพย์ มาศเมธาธิพย์²

Nitima Meekeaw¹, Rapee Dokmaithes^{1*} and Rongthip Masmethathip²

Received: October 17, 2024

Revised: November 21, 2024

Accepted: November 22, 2024

Abstract: This research aimed to analyze the supply chain management and operations, as well as to study the challenges and provide recommendations for cricket farming management among 12 farmers in Nong Prue district, Kanchanaburi province, using the SCOR model. Data collection was conducted using semi-structured in-depth interviews and data were analyzed using descriptive statistics and content analysis. The results revealed that cricket farmers sold their products through both wholesale and retail channels. Their operations were structured either as community enterprises or individual businesses. The SCOR model analysis covered six processes: planning, sourcing, production, delivery, returns and operations support. The study found that farmers operating as community enterprises had structured production planning. Raw materials were sourced both within and outside the community. Production was forecasted based on customer demand, and crickets were processed accordingly. Transportation was scheduled in advance with customers every time. No product returns occurred, as quality checks were conducted before packaging, and operations received support from government agencies, which differed from individual farmers, who did not have formal production planning. Raw materials were sourced only within the community, producing crickets based on incoming orders, with no processing involved. Customers picked up products directly from the farm, with prior scheduling. No returns were necessary due to pre-sorting of cricket sizes before packaging, and no external support from organizations for their operations. The problems and recommendations for cricket farming included the lack of GAP certification, as all the cricket farmers had not yet obtained GAP certification. The farmers suggested that relevant agencies should promote knowledge regarding the process of obtaining GAP certification for cricket farms.

Keywords: Cricket, SCOR model, Supply chain

¹ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

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

²ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

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

*Corresponding author: agrppd@ku.ac.th

บทคัดย่อ: งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์การจัดการและการดำเนินงานในโซ่อุปทาน รวมทั้งศึกษาปัญหาและข้อเสนอแนะในการจัดการการเลี้ยงจิ้งหรีดของเกษตรกรในอำเภอหนองปรือ จังหวัดกาญจนบุรี จำนวน 12 ราย โดยใช้ SCOR model การเก็บข้อมูลทำโดยใช้แบบสัมภาษณ์เชิงลึกแบบกึ่งโครงสร้าง วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนาและการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการศึกษาพบว่าเกษตรกรผู้เลี้ยงจิ้งหรีดมีการจำหน่ายผลผลิตทั้งแบบขายส่งและขายปลีก ลักษณะการดำเนินงานมีทั้งเป็นรูปแบบวิสาหกิจชุมชน และแบบรายเดี่ยว ผลวิเคราะห์ตามแบบจำลองอ้างอิงการดำเนินงานโซ่อุปทาน (SCOR model) 6 กระบวนการ ประกอบด้วย การวางแผน การจัดหาแหล่งวัตถุดิบ การผลิต การขนส่ง การส่งคืน และการสนับสนุนการดำเนินงาน พบว่าเกษตรกรที่ดำเนินงานรูปแบบวิสาหกิจชุมชนมีการวางแผนการผลิต จัดหาวัตถุดิบทั้งในและนอกชุมชน การผลิตจะคาดการณ์จากปริมาณความต้องการของลูกค้าและมีการแปรรูปจิ้งหรีด การขนส่งมีการนัดหมายกับลูกค้าก่อนล่วงหน้าทุกครั้ง ไม่มีการส่งคืนสินค้าเนื่องจากมีการตรวจสอบคุณภาพทุกครั้งก่อนบรรจุ และการสนับสนุนการดำเนินงานจะมีหน่วยงานทางภาครัฐเข้ามาสนับสนุนการดำเนินงาน ซึ่งแตกต่างจากเกษตรกรรายเดี่ยวที่ไม่ได้มีการวางแผนการผลิต จัดหาวัตถุดิบภายในชุมชน ผลิตเพื่อรอคำสั่งซื้อ ไม่มีการแปรรูปจิ้งหรีด การขนส่งจะมีการนัดหมายล่วงหน้าโดยลูกค้าจะมารับเองที่ฟาร์ม ไม่มีการส่งคืนสินค้าเนื่องจากมีการคัดขนาดก่อนบรรจุ และไม่มีหน่วยงานอื่นเข้ามาสนับสนุนการดำเนินงาน ปัญหาในการเลี้ยงจิ้งหรีด คือ การขาดการรับรองมาตรฐาน GAP เนื่องจากเกษตรกรผู้เลี้ยงจิ้งหรีดทั้งหมดยังไม่มีการรับรองมาตรฐาน GAP โดยเกษตรกรมีข้อเสนอแนะคือต้องการให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องเข้ามาส่งเสริมเกี่ยวกับด้านความรู้เรื่องการขอรับรองมาตรฐาน GAP สำหรับฟาร์มจิ้งหรีด

คำสำคัญ: จิ้งหรีด, แบบจำลองอ้างอิงการดำเนินงานโซ่อุปทาน, โซ่อุปทาน

คำนำ

ในปี พ.ศ.2564 ประชากรร้อยละ 10 ของโลก (ประมาณ 770 ล้านคน) ต้องเผชิญกับความอดอยาก เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2563 (ร้อยละ 9.3) และปี พ.ศ. 2562 (ร้อยละ 8) ตัวเลขนี้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเนื่องจากสถานการณ์ COVID-19 (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2022) และการเพิ่มขึ้นของประชากร ทำให้ความต้องการอาหารเพิ่มขึ้น และเกิดการขาดแคลนอาหารและสารอาหารที่จำเป็น โดยเฉพาะโปรตีนจากสัตว์ที่มีกระบวนการผลิตที่ซับซ้อน โดยองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) สนับสนุนการผลิตและการบริโภคโปรตีนทางเลือก เช่น โปรตีนจากพืชและแมลง (FAO, 2022) จิ้งหรีดซึ่งมีโปรตีนสูงถึง 31 กรัมต่อน้ำหนัก 100 กรัม เมื่อเทียบกับเนื้อไก่ที่มีโปรตีนเพียง 22 กรัมต่อน้ำหนักเดียวกัน จิ้งหรีดยังให้ปริมาณไขมันน้อยกว่าเนื้อไก่ถึง 3 เท่า การเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดใช้น้ำน้อยกว่าเนื้อไก่ถึง 1,000 เท่า และใช้เนื้อที่

น้อยกว่า 6 เท่า นอกจากนี้ ฟาร์มจิ้งหรีดยังปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และมีเทนน้อยกว่าฟาร์มโค 100 เท่า และ 80 เท่าตามลำดับ (สถาบันอาหารกระทรวงอุตสาหกรรม, 2564) ดังนั้นจากการที่จำนวนประชากรโลกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศทำให้ความต้องการอาหารเพิ่มขึ้น การหาทางแก้ไขที่ยั่งยืนและประหยัดทรัพยากรจึงเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งการเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดนั้นเป็นหนึ่งในทางเลือกที่ตอบโจทย์ เนื่องจากจิ้งหรีดสามารถขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว ทนต่อสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงในภาวะโลกร้อน และการเลี้ยงจิ้งหรีดใช้พื้นที่และทรัพยากรธรรมชาติน้อยกว่าการทำปศุสัตว์เศรษฐกิจทั่วไป เช่น วัว ไก่ และหมู ซึ่งจิ้งหรีดไม่เพียงแต่เป็นแหล่งโปรตีนที่มีคุณภาพสูง ยังช่วยลดการปล่อยก๊าซของเสียออกสู่ชั้นบรรยากาศในกระบวนการผลิต การผลิตและบริโภคจิ้งหรีดยังสอดคล้องกับแนวความคิดของผู้บริโภครุ่นใหม่ที่มีความสำคัญกับสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืน การเลือกบริโภคโปรตีนจากจิ้งหรีด

เป็นการสนับสนุนกิจการที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และลดผลกระทบต่อโลก (สถาบันอาหารกระทรวงอุตสาหกรรม, 2564)

สำหรับประเทศไทยมีสภาพอากาศที่เหมาะสมแก่การทำการเกษตร โดยเฉพาะการเลี้ยงจิ้งหรีด โดยการเลี้ยงจิ้งหรีดแพร่หลายทั่วทุกภูมิภาค และมีการจัดทำมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) เพื่อให้ได้จิ้งหรีดที่มีคุณภาพและตรงตามความต้องการของผู้บริโภคทั้งในและนอกประเทศ นอกจากนี้ กรมส่งเสริมการเกษตรมีการสนับสนุนให้เกษตรกรเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดเป็นอาชีพเสริมที่สามารถสร้างรายได้เป็นอย่างดีและช่วยให้เกษตรกรมีทางเลือกในการเพิ่มรายได้ในครัวเรือนโดยเฉพาะจิ้งหรีดที่เลี้ยงง่าย ขยายพันธุ์เร็ว และให้ผลตอบแทนเร็ว ประมาณ 30-40 วัน สามารถจับมาบริโภคและจำหน่ายได้ และในหนึ่งปีสามารถเลี้ยงได้ประมาณ 5-6 รุ่น ซึ่งจากข้อมูลในปี 2564 พบว่า มีเกษตรกรผู้เลี้ยงจิ้งหรีด จำนวน 28,648 ราย รวม 323,651 บ่อ มีกำลังการผลิตจิ้งหรีดเฉลี่ย 15 กิโลกรัมต่อบ่อ รวมทั้งสิ้น 25,774 ตัน สำหรับการจำหน่ายจิ้งหรีดมีทั้งรูปแบบสด แช่แข็ง และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น จิ้งหรีดทอด คั่ว อบแห้ง อบกรอบ ทำผง คุกกี้ พาสต้า และโปรตีนบาร์ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2564)

เกษตรกรในอำเภอหนองปรือ จังหวัดกาญจนบุรี ส่วนใหญ่มีอาชีพหลักคือการทำเกษตร โดยพืชที่มีการปลูกมากที่สุด ได้แก่ มันสำปะหลัง และอ้อยโรงงาน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2566) ซึ่งเป็นพืชที่มีอายุยาวและให้รายได้เพียงปีละครั้งเท่านั้น เกษตรกรมักจะได้รับผลกระทบจากต้นทุนการผลิตที่เพิ่มขึ้น ราคาผลผลิตที่ตกต่ำ รวมถึงปัญหาภัยธรรมชาติ เช่น โรคแมลง ภัยแล้ง และน้ำท่วมในฤดูฝน ซึ่งล้วนก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิต ทำให้รายได้ไม่เพียงพอต่อค่าใช้จ่าย เพื่อต่อสู้กับปัญหาดังกล่าว เกษตรกรจึงมองหาอาชีพเสริมเพื่อเพิ่มรายได้ให้แก่ครัวเรือน หนึ่งในอาชีพเสริมที่ได้รับความนิยมในช่วงหลายปีที่ผ่านมา คือการเลี้ยงจิ้งหรีด เนื่องจากมีความต้องการบริโภคจิ้งหรีดที่สูงขึ้น จิ้งหรีดเลี้ยงง่าย ลงทุนน้อย ไม่ต้องใช้พื้นที่มาก รอบการ

ผลิตค่อนข้างสั้น และให้ผลตอบแทนที่ดี รวมถึงมีเงินทุนหมุนเวียนที่ดีอีกด้วย โดยในอำเภอหนองปรือ การเลี้ยงจิ้งหรีดถือเป็นกิจกรรมใหม่ที่เกษตรกรยังขาดองค์ความรู้ในการจัดการจิ้งหรีดอย่างมีประสิทธิภาพ จึงมีความจำเป็นต้องศึกษาโซ่อุปทานของการเลี้ยงจิ้งหรีด โดยใช้ SCOR model เพื่อพัฒนาและปรับปรุงการเลี้ยงจิ้งหรีดให้สามารถผลิตได้ตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) (มฤดี และวิวัฒน์, 2562) ทั้งนี้ การดำเนินการตั้งแต่ต้นน้ำจนถึงปลายน้ำ จะช่วยให้เกษตรกรสามารถเพิ่มผลผลิตและสร้างรายได้ที่มั่นคงขึ้น โดยความรู้และการพัฒนากระบวนการผลิตจะช่วยให้เกษตรกรมีความสามารถในการรับมือกับปัญหาที่เกิดขึ้น และสามารถผลิตจิ้งหรีดที่มีคุณภาพ ตรงตามความต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศ (ธัญธร และคณะ, 2565)

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยครั้งนี้เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ ประชากรที่ใช้ศึกษาคือ เกษตรกรผู้เลี้ยงจิ้งหรีดทั้งหมด จำนวน 12 ราย ในอำเภอหนองปรือ จังหวัดกาญจนบุรี เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์เชิงลึก โดยใช้คำถามแบบกึ่งมีโครงสร้างที่เป็นคำถามปลายเปิด และคำถามปลายปิด ประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ 1) ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกรผู้เลี้ยงจิ้งหรีด 2) การจัดการโซ่อุปทานการเลี้ยงจิ้งหรีด ได้แก่ การวางแผนการผลิต (plan) การจัดหาแหล่งวัตถุดิบ (source) การผลิต (make) การขนส่ง (delivery) การส่งคืน (return) และการสนับสนุนการดำเนินงาน (enable) และ 3) ปัญหาและข้อเสนอแนะ ในส่วนการวิเคราะห์ข้อมูล ใช้สถิติเชิงพรรณนาในการอธิบายข้อมูลเชิงปริมาณ ซึ่งประกอบด้วยค่าความถี่ ร้อยละ และค่าเฉลี่ย โดยข้อมูลเชิงปริมาณนี้จะถูกใช้ในส่วน of วัตถุประสงค์ข้อที่ 1 ซึ่งเป็นวิเคราะห์การจัดการและการดำเนินงานในโซ่อุปทานของเกษตรกรผู้เลี้ยงจิ้งหรีด ในขณะที่ข้อมูลเชิงคุณภาพมาจากการสัมภาษณ์เชิงลึกและการสังเกตการณ์ ซึ่งครอบคลุมถึงวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 โดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (content analysis) เพื่อสรุปและอธิบายข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์และการสังเกตการณ์

ผลการทดลอง

สำหรับการศึกษาเรื่องการจัดการโซ่อุปทานของเกษตรกรผู้เลี้ยงจิ้งหรีดในอำเภอหนองปรือ จังหวัดกาญจนบุรี แบ่งเป็น 3 ตอน ได้แก่ 1) ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกรผู้เลี้ยงจิ้งหรีด 2) การจัดการโซ่อุปทานการเลี้ยงจิ้งหรีดโดยใช้ SCOR model และ 3) ปัญหาและข้อเสนอแนะ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ลักษณะทั่วไปของเกษตรกรผู้เลี้ยงจิ้งหรีด

ลักษณะทั่วไปของเกษตรกรผู้เลี้ยงจิ้งหรีดที่ใช้ในการวิจัย ซึ่งมีจำนวนทั้งสิ้น 12 ราย พบว่าเกษตรกรมากกว่าครึ่งเป็นเพศชายจำนวน 7 ราย คิดเป็นร้อยละ 58.33 และเพศหญิงจำนวน 5 ราย คิดเป็นร้อยละ 41.67 โดยมีอายุเฉลี่ย 45.17 ปี สมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 3.67 ราย และมีแรงงานในการเลี้ยงจิ้งหรีดเฉลี่ย 2.17 รายต่อครัวเรือน สำหรับการเป็นสมาชิกในสถาบันเกษตรกร พบว่าเกษตรกร 7 ราย คิดเป็นร้อยละ 58.33 เป็นลูกค้า ธ.ก.ส. เป็นสมาชิกกองทุนหมู่บ้าน 7 ราย คิดเป็นร้อยละ 58.33 และเป็นกลุ่มวิสาหกิจและชุมชน 7 ราย คิดเป็นร้อยละ 58.33

เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลจำแนกเกษตรกรออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ เกษตรกรที่เป็นสมาชิกวิสาหกิจชุมชน และเกษตรกรรายเดี่ยว พบว่า เกษตรกรที่เป็นสมาชิกวิสาหกิจชุมชนมีลักษณะการเข้าถึงทรัพยากรและการสนับสนุนจากภาครัฐมากกว่า เช่น การได้รับการส่งเสริมความรู้และการสนับสนุนทางการเงินและ

ปัจจัยการผลิต ในขณะที่เกษตรกรรายเดี่ยว มักจะพึ่งพาแรงงานในครัวเรือนและมีข้อจำกัดในการเข้าถึงแหล่งเงินทุน ทำให้เกิดความแตกต่างในการจัดการและผลการดำเนินการระหว่างสองกลุ่ม

การจัดการและการดำเนินงานในโซ่อุปทานการเลี้ยงจิ้งหรีดโดยใช้ SCOR model

โซ่อุปทานของเกษตรกรผู้เลี้ยงจิ้งหรีดในอำเภอหนองปรือ จังหวัดกาญจนบุรี เกษตรกรผู้ผลิตจะหาซื้อวัตถุดิบจากทั้งภายในและภายนอกชุมชน เช่น รำข้าว ข้าวโพดป่น ฟักทอง และขุยมะพร้าว รวมถึงภาชนะและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการเลี้ยงจิ้งหรีด เพื่อให้การเลี้ยงดูเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเกษตรกรในวิสาหกิจชุมชนมักได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานรัฐในการจัดหาความรู้ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์และการแปรรูป ทำให้สามารถรวบรวมผลผลิตและจำหน่ายให้กับพ่อค้ารายใหญ่ในจังหวัดนครปฐม รวมทั้งพ่อค้ารายย่อยและผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ สำหรับโซ่อุปทานจิ้งหรีดจะจำหน่ายออนไลน์เป็นหลัก ผลิตภัณฑ์แปรรูปจะถูกนำไปจัดแสดงในงานแสดงสินค้าของหน่วยงานต่างๆ และจำหน่ายในรูปแบบออนไลน์ด้วย ในขณะที่เกษตรกรรายเดี่ยวที่ไม่ได้รวมกลุ่มจะหาซื้อวัตถุดิบจากพื้นที่ใกล้เคียงและจำหน่ายผลผลิตให้พ่อค้ารายย่อยในชุมชนหรือผ่านช่องทางออนไลน์เท่านั้น โดยไม่ได้มีการแปรรูปผลิตภัณฑ์ ดังรายละเอียดที่แสดงใน (Figure 1)

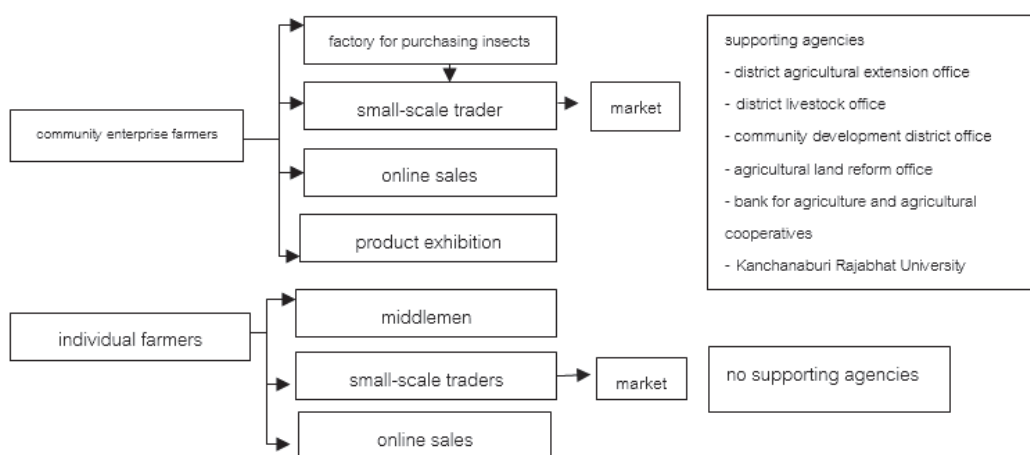


Figure 1 Supply chain of cricket farmers in Nong Prue district, Kanchanaburi province

การวิเคราะห์ SCOR model ของเกษตรกรผู้เลี้ยงจิ้งหรีดในอำเภอนองปรีอ จังหวัดกาญจนบุรีสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

1. การวางแผนการผลิต (plan) มีการวางแผนทั้งการจัดหาวัตถุดิบ วางแผนการผลิต จากปริมาณความต้องการของลูกค้า จะเป็นการเลี้ยงให้แต่ละรุ่นเหลื่อมกัน ให้สามารถส่งลูกค้าได้ในทุกสัปดาห์ การวางแผนการขนส่ง ก่อนการจัดส่งสินค้าเกษตรกรจะทราบข้อมูลปริมาณความต้องการของลูกค้าและปริมาณผลผลิตที่จะส่งมอบให้ลูกค้าในแต่ละครั้ง จะมีการติดต่อประสานงานกับลูกค้าก่อนทุกครั้ง สมาชิกภายในวิสาหกิจชุมชน จะมีการนัดหมายกันล่วงหน้าในการรวบรวมผลผลิตส่งมอบให้กับลูกค้า การวางแผนการส่งคืน กรณีที่ 1 การขายตัวจิ้งหรีดแช่แข็ง เกษตรกรไม่ได้มีการวางแผนการส่งคืนสินค้าเนื่องจากเกษตรกรได้มีการคัดขนาดและคุณภาพของจิ้งหรีดแล้วในเบื้องต้นจึงไม่มีปัญหาเรื่องการส่งคืนสินค้า และถ้าสินค้ามีขนาดและคุณภาพไม่ได้ตรงตามมาตรฐานที่ลูกค้ากำหนด ราคาที่ลูกค้ารับซื้อก็จะลดหลั่นกันไป แต่จะไม่มีการส่งคืนสินค้า กรณีที่ 2 การขายไข่จิ้งหรีด วางแผนโดยการให้ลูกค้าส่งคืนไข่ที่ไม่สามารถฟักออกมาได้โดยทางลูกค้าต้องเป็นคนจ่ายค่าขนส่งของกลับมาเอง แล้วเกษตรกรจะมีการส่งไข่จิ้งหรีดชุดใหม่ให้ทดแทนไข่ที่ไม่ฟักจำนวน 1 ครั้ง การวางแผนการสนับสนุนการดำเนินงาน มีการวางแผนจัดการเงินทุนหมุนเวียนให้เพียงพอในการซื้อวัตถุดิบแต่ละรอบการผลิต และจัดสรรแรงงานในการเก็บจิ้งหรีดไว้ล่วงหน้าก่อนการจัดเก็บจิ้งหรีด ส่วนเกษตรกรรายเดียว ไม่มีการวางแผนในการซื้อวัตถุดิบและการผลิตจะเลี้ยงพร้อมกันในทุกบ่อ และไม่มีการวางแผนการสนับสนุนการดำเนินงาน แต่มีการวางแผนการขนส่งสินค้าโดยนัดหมายการส่งสินค้าล่วงหน้ากับพ่อค้าคนกลาง

2. การจัดหาแหล่งวัตถุดิบ (source) ไข่จิ้งหรีด เกษตรกรสามารถผลิตไข่จิ้งหรีดได้เอง เมื่อผลิตไปได้ประมาณ 3 -4 รุ่นจะมีการนำไข่จากฟาร์มภายนอกมาใช้เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาความอ่อนแอของสุขภาพจิ้งหรีดจากการผสมพันธุ์กันเองในประชากร

ที่มีแหล่งพันธุกรรมใกล้เคียงกันหรือการป้องกันเลือดชิดโดยการแลกเปลี่ยนไข่จิ้งหรีด และการซื้อผ่านแหล่งต่างๆ ได้แก่ ร้านค้าออนไลน์ และฟาร์มจิ้งหรีดที่น่าเชื่อถือในพื้นที่อื่นๆ

อาหารจิ้งหรีด ใช้เป็นอาหารสำเร็จรูป ราคากระสอบละ 580 บาท (กระสอบละ 30 กิโลกรัม) ควรมีโปรตีนร้อยละ 21 เกษตรกรซื้ออาหารจากร้านขายอาหารสัตว์ในชุมชนหรือจากฟาร์มจิ้งหรีดในอำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม ส่วนเกษตรกรรายเดียวจะซื้ออาหารจากร้านขายอาหารสัตว์ในชุมชนและยังมีอาหารเสริมต่างๆ อีก เช่น ฟักทอง ใบข้าวโพด ใบกล้วย มันสำปะหลัง ซึ่งเกษตรกรจะทำการปลูกเอง หรือหาซื้อในชุมชนที่มั่นใจและเชื่อมั่นได้ว่าปลอดสารพิษ

แผงไข่ มีทั้งเป็นแบบมือสองที่ราคาถูกและแบบใหม่ ที่มีคุณภาพดีกว่าใช้ได้นานกว่า แต่ราคาสูงกว่า ราคาแผงไข่ ประมาณ 1.5 -2 บาท การสั่งซื้อเกษตรกรจะสั่งซื้อแผงไข่ล่วงหน้าในปริมาณที่มาก ซึ่งซื้อจากฟาร์มจิ้งหรีดที่อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม และมีการรวบรวมคำสั่งซื้อจากเกษตรกรภายในวิสาหกิจชุมชนเพื่อซื้อแต่ละครั้งในปริมาณมาก เป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ส่วนเกษตรกรรายเดียวจะซื้อต่อจากฟาร์มในวิสาหกิจชุมชน หรือสั่งซื้อออนไลน์จากร้านในอินเทอร์เน็ต

วัสดุอุปกรณ์อื่นประกอบการเลี้ยง ประกอบด้วยตู้แช่แข็งสำหรับแช่จิ้งหรีด ถาดพลาสติกสำหรับใส่น้ำและอาหาร ขันรองไข่ กระละมัง ถังพลาสติกสำหรับบรรจุผลผลิตขนาด 1 กิโลกรัม เทปกาวยึดให้จิ้งหรีดลื่นกันออกจากขอบบ่อ ตาข่ายไนล่อน กันแมลง ขุยมะพร้าวสำหรับรองไข่ ส่วนใหญ่เกษตรกรจะซื้อจากร้านค้าในชุมชน

3. การผลิต (make) ประสิทธิภาพการเลี้ยงจิ้งหรีดของเกษตรกรในวิสาหกิจชุมชน เฉลี่ยแล้วอยู่ที่ประมาณ 6 ปี เกษตรกรรายเดียวเฉลี่ยแล้วอยู่ที่ประมาณ 2 ปี เกษตรกรทั้งหมดไม่มีมาตรฐาน GAP บ่อเลี้ยงจิ้งหรีดของเกษตรกรในวิสาหกิจชุมชนจะมีด้วยกัน 2 รูปแบบ คือ 1) สมาร์ทบอร์ต ขนาด 1.20 x 2.40 เมตร จำนวนเฉลี่ยอยู่ที่ 34 บ่อและ 2) บ่อปูนขนาด 1.5 x 12 เมตร จำนวน 2 บ่อ เกษตรกรรายเดียว

มีบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดแบบเดี่ยว คือ แบบสมาร์ทบอร์ด ขนาด 1.20 x 2.40 เมตร จำนวนเฉลี่ยอยู่ที่ 2 บ่อ ต้นทุนในการเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดของเกษตรกรในวิสาหกิจชุมชน ประกอบด้วย 1) ต้นทุนคงที่ ได้แก่ อุปกรณ์โครงสร้างโรงเรือนเฉลี่ย 83,143 บาท และ บ่อเลี้ยงเฉลี่ย 1,800 บาทต่อบ่อ 2) ต้นทุนแปรผัน ได้แก่ แฉงไข่เฉลี่ย 314 แฉงต่อบ่อ (เฉลี่ยแฉงละ 1.5 บาท) และ ไข่จิ้งหรีดเฉลี่ย 4 ขันต่อบ่อ (เฉลี่ยขันละ 50 บาท) และ 3) ค่าใช้จ่ายในการผลิต ได้แก่ ค่าอาหารเฉลี่ย 870

บาทต่อบ่อ และค่าแรงงานเฉลี่ย 314 บาท/คน ในส่วนต้นทุนในการเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดของเกษตรกรรายเดี่ยว ประกอบด้วย 1) ต้นทุนคงที่ ได้แก่ อุปกรณ์โครงสร้างโรงเรือน 3,600 บาท และ บ่อเลี้ยงเฉลี่ย 1,940 บาทต่อบ่อ 2) ต้นทุนแปรผัน ได้แก่ แฉงไข่เฉลี่ย 330 แฉงต่อบ่อ (เฉลี่ยแฉงละ 2 บาท) และ ไข่จิ้งหรีดเฉลี่ย 5 ขันต่อบ่อ (เฉลี่ยขันละ 50 บาท) และ 3) ค่าใช้จ่ายในการผลิต ได้แก่ ค่าอาหารเฉลี่ย 885 บาทต่อบ่อ และ ค่าแรงงานเฉลี่ย 320 บาทต่อคน

Table 1 Production costs of cricket farmers in community enterprises and individual farmers.

(N=12)

Item	Community enterprise farmers		Individual farmers	
	Quantity	Price (Baht)	Quantity	Price (Baht)
Fixed costs				
Structure equipment for shed	1 Shed	83,143	1 Shed	3,600
Rearing pond	1 Pond	1,800	1 Shed	1,940
Variable costs				
Egg trays	314 trays/pond (1.5 Baht/tray)	471	330 trays/pond (2 Baht/tray)	660
Cricket eggs	4 bowls/pond (50 Baht/bowl)	200	5 bowls/pond (50 Baht/bowl)	250
Production expenses				
Feed (30 kg/bag)	1.5 bags (580 Baht/bag)	870	1.5 bags (590 Baht/bag)	885
Labor	1 person	314	1 person	320
Total		86,796		7,655

ต้นทุนการผลิตของเกษตรกรผู้เลี้ยงจิ้งหรีดในรูปแบบวิสาหกิจชุมชนและเกษตรกรรายเดี่ยว โดยแบ่งเป็นต้นทุนคงที่ ต้นทุนแปรผัน และค่าใช้จ่ายในการผลิต สำหรับเกษตรกรในวิสาหกิจชุมชน พบว่ามีต้นทุนคงที่สำหรับอุปกรณ์โครงสร้างโรงเรือนสูงกว่ารายเดี่ยว โดยมีค่าใช้จ่ายประมาณ 83,143 บาท ต่อโรงเรือน ในขณะที่เกษตรกรรายเดี่ยวมีต้นทุนคงที่ต่ำกว่าที่ 3,600 บาท ต่อโรงเรือน เกษตรกรในวิสาหกิจชุมชนมีต้นทุนต่อบ่อ 1,800 บาท ขณะที่เกษตรกรรายเดี่ยวมีต้นทุนต่อบ่อ 1,940 บาท ในต้นทุนแปรผันพบว่า เกษตรกรในวิสาหกิจชุมชนใช้แฉงไข่จำนวน

314 แฉงต่อบ่อ ในราคา 1.5 บาทต่อแฉง รวมเป็น 471 บาท ในขณะที่เกษตรกรรายเดี่ยวใช้ 330 แฉงต่อบ่อ ราคา 2 บาทต่อแฉง รวมเป็น 660 บาท ต้นทุนค่าไข่จิ้งหรีดสำหรับเกษตรกรในวิสาหกิจชุมชนและรายเดี่ยวอยู่ที่ 200 และ 250 บาท ตามลำดับ ค่าอาหารและค่าแรงงานของทั้งสองกลุ่มมีความแตกต่างกันเล็กน้อย โดยรวมต้นทุนการผลิตทั้งหมดสำหรับเกษตรกรในวิสาหกิจชุมชนอยู่ที่ 86,796 บาท ในขณะที่เกษตรกรรายเดี่ยวมีต้นทุนรวมอยู่ที่ 7,655 บาท ดัง (Table 1)

Table 2 Revenue per pond for cricket farmers in community enterprises and individual farmers.

(N=12)

Item	Community enterprise farmers	Individual farmers
	Price (Baht) / Pond	Price (Baht) / Pond
Crickets	2,990	2,880
Cricket eggs	920	-
Processing (cricket powder)	435	-
Cricket manure	150	-
Total	4,495	2,880

รายได้จากการขายผลิตภัณฑ์จิ้งหรีดต่อบ่อสำหรับเกษตรกรในวิสาหกิจชุมชนและเกษตรกรรายเดี่ยว รายการที่แสดงได้แก่ รายได้จากการขายตัวจิ้งหรีด ไข่จิ้งหรีด ผลิตภัณฑ์แปรรูป และมูลจิ้งหรีด โดยเกษตรกรในวิสาหกิจชุมชนมีรายได้จากการขายตัวจิ้งหรีดที่ 2,990 บาท ไข่จิ้งหรีด 920 บาท ผลิตภัณฑ์แปรรูปเป็นจิ้งหรีดผง 435 บาท และมูลจิ้งหรีด 150 บาท รวมรายได้ต่อบ่อทั้งหมดอยู่ที่ 4,495 บาท ดัง (Table 2) สำหรับเกษตรกรรายเดี่ยวมีรายได้เพียงจากการขายตัวจิ้งหรีดซึ่งอยู่ที่ 2,880 บาทต่อบ่อ โดยไม่ได้มีรายได้จากการขายไข่จิ้งหรีดและการแปรรูปผลิตภัณฑ์เป็นจิ้งหรีดผงเหมือนกับวิสาหกิจชุมชน

4. การขนส่ง (delivery) เกษตรกรในวิสาหกิจชุมชนมีการวางแผนการจัดส่งและส่งมอบผลผลิตให้กับลูกค้าสอดคล้องกับแผนการผลิต ใน 3 ลักษณะ ได้แก่ ส่งมอบผลผลิตเป็นรายวัน วันละ 3-5 กิโลกรัม ขายปลีกให้ลูกค้ารายย่อย ส่งมอบผลผลิตเป็นรอบหรือรุ่น รอบละ 500 กิโลกรัม ส่งผลผลิตให้กับลูกค้าเองโดยตรง หรือมีการรวบรวมผลผลิตไปส่งยานพาหนะในการขนส่งคือรถกระบะและการขายออนไลน์ ส่วนเกษตรกรรายเดี่ยว ไม่ได้วางแผนการจัดส่ง ขายให้กับลูกค้ารายย่อยในชุมชน หรือถ้ามีจำนวนมากก็จะขายให้กับวิสาหกิจชุมชน

5. การส่งคืน (return) เกษตรกรในวิสาหกิจชุมชน มีการส่งคืน 2 กรณีคือ ไข่จิ้งหรีด จะมีการรับ

ประกันสินค้า 1 ครั้ง เมื่อมีไข่ฟักออกมาจำนวนน้อยและตัวจิ้งหรีดแข็งแรง ไม่มีการส่งคืนเนื่องจากได้มีการตรวจสอบคุณภาพทุกครั้ง ทั้งขนาดตัว การบรรจุสิ่งปนเปื้อนต่างๆ แต่ถ้าขนาดตัวเล็กกว่าที่กำหนดราคาจะลดหลั่นกันไป ส่วนเกษตรกรรายเดี่ยว ไม่ได้มีการส่งคืนสินค้าเนื่องจากมีการคัดขนาดของสินค้าเรียบร้อยแล้ว ถ้าสินค้ามีขนาดเล็ก ราคาจะลดหลั่นกันไป

6. การสนับสนุนการดำเนินงาน (enable) เกษตรกรในวิสาหกิจชุมชน มีหน่วยงานที่เข้ามาสนับสนุน ได้แก่ เกษตรอำเภอ ปศุสัตว์อำเภอ ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม พัฒนาชุมชนอำเภอ เข้ามาสนับสนุนด้านองค์ความรู้ การพัฒนาฟาร์มจิ้งหรีดได้มาตรฐาน GAP และความรู้ด้านการแปรรูปผลิตภัณฑ์ และเพิ่มมูลค่าผลผลิต ส่วนเกษตรกรรายเดี่ยว ยังไม่ได้มีหน่วยงานใดเข้ามาสนับสนุน

วิเคราะห์การจัดการด้านการผลิตและการตลาดตลอดโซ่อุปทานโดยใช้ SCOR model ของเกษตรกรผู้เลี้ยงจิ้งหรีดในอำเภอนองบรีอ จังหวัดกาญจนบุรีทั้ง 6 ด้าน โดยสามารถจำลองการดำเนินงานในส่วนต่างๆ ของเกษตรกรในวิสาหกิจชุมชนได้ดัง (Figure 2)

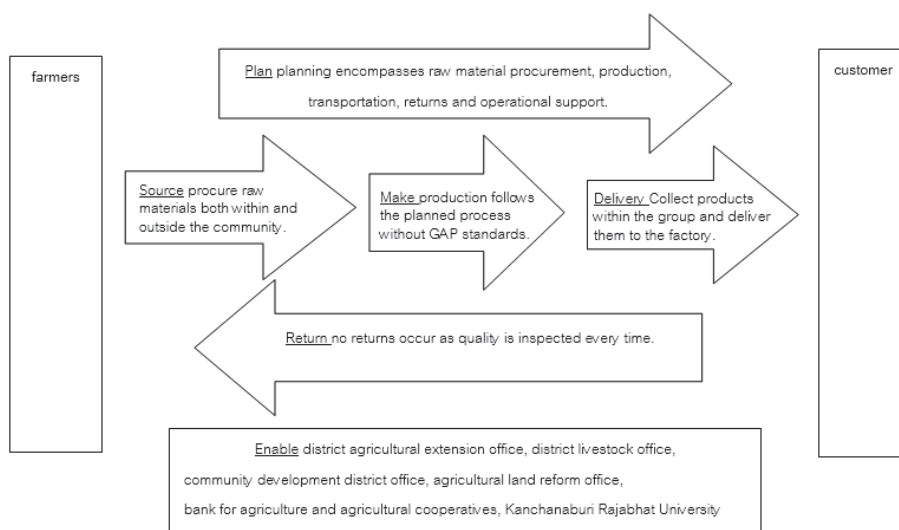


Figure 2 Process of cricket farmers in community enterprises in Nong Prue district, Kanchanaburi province

วิเคราะห์การจัดการด้านการผลิตและการตลาดตลอดโซ่อุปทานโดยใช้ SCOR model ของเกษตรกรผู้เลี้ยงจิ้งหรีดในอำเภอหนองปรือ

จังหวัดกาญจนบุรีทั้ง 6 ด้าน โดยสามารถจำลองการดำเนินงานในส่วนต่างๆ ของเกษตรกรรายเดียว ดัง (Figure 3)

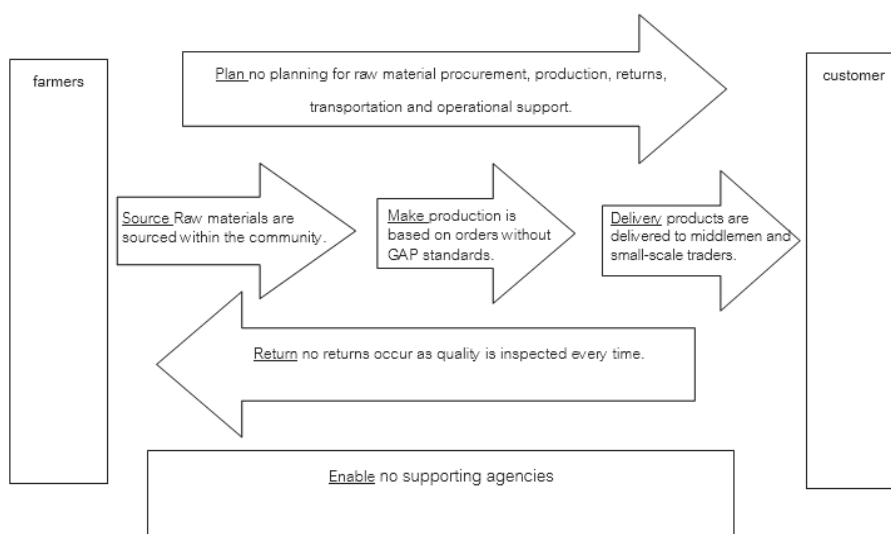


Figure 3 Process of an individual cricket farmer in Nong Prue district, Kanchanaburi province

ปัญหาที่พบในการเลี้ยงจิ้งหรีด

1. ด้านการขอรับรองมาตรฐาน GAP เกษตรกรทั้งหมดยังไม่ได้มีการรับรองมาตรฐาน GAP ต้องการให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องเข้ามาส่งเสริมเกี่ยวกับด้านความรู้เรื่องการขอรับรองมาตรฐาน GAP
2. โรคและศัตรูจิ้งหรีด ต้องการให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องเข้ามาส่งเสริมเกี่ยวกับด้านความรู้เรื่อง

การป้องกันกำจัดโรคและศัตรูจิ้งหรีด

3. การเลือกสถานที่ตั้งฟาร์ม หากใกล้แปลงเกษตรควรระมัดระวังเรื่องสารกำจัดแมลงและควันไฟเพราะอาจทำให้จิ้งหรีดตายได้ ควรมีการทำแนวป้องกันหรือหลักเฉียงการเลี้ยงจิ้งหรีดใกล้พื้นที่ทำการเกษตรโดยเฉพาะ พื้นที่ปลูกผัก

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัย พบว่า เกษตรกรผู้เลี้ยงจิ้งหรีดทุกรายในพื้นที่อำเภอหนองปรือ จังหวัดกาญจนบุรี ยังไม่มีการรับรองทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มจิ้งหรีด (GAP) ซึ่งมีความสำคัญในการเลี้ยงจิ้งหรีดเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพดีตรงตามมาตรฐานที่กำหนด และสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภค ซึ่งการมีมาตรฐาน GAP สามารถขยายตลาดและฐานลูกค้าให้กว้างขึ้น ดังนั้น การจัดการโซ่อุปทานเพื่อให้เกษตรกรสามารถบริหารจัดการฟาร์มจิ้งหรีด เกษตรกรจึงมีความต้องการในการรับการส่งเสริมด้านความรู้เรื่องการบริหารจัดการฟาร์มจิ้งหรีด (GAP)

ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการจัดการการผลิตและการตลาดจิ้งหรีดตลอดโซ่อุปทานประกอบด้วย 1) พัฒนาการจัดหาวัตถุดิบโดยการตรวจสอบคุณภาพและการจัดเก็บที่เหมาะสม 2) นำระบบควบคุมคุณภาพและมาตรฐาน GAP มาประยุกต์ใช้ในระบบการผลิต 3) ขยายช่องทางการตลาดผ่านออนไลน์และปรับปรุงระบบโลจิสติกส์ให้ยืดหยุ่น 4) บริหารจัดการสภาพคล่องทางการเงินเพื่อลดความเสี่ยงจากการชำระหนี้ล่าช้า และ 5) ขอรับการสนับสนุนด้านการฝึกอบรมและการเข้าถึงตลาดจากหน่วยงานรัฐ การดำเนินการเหล่านี้จะช่วยให้เกษตรกรผลิตจิ้งหรีดที่มีคุณภาพและเพิ่มความสามารถในการแข่งขันได้

วิจารณ์

จากผลการศึกษากิจการการจัดการโซ่อุปทานและการศึกษาแบบจำลองอ้างอิงการดำเนินงานโซ่อุปทาน (SCOR model) ที่ครอบคลุมทั้งด้านการวางแผนการจัดหาวัตถุดิบ การผลิต การขนส่ง การส่งคืน และการสนับสนุนการดำเนินงานของเกษตรกรผู้เลี้ยงจิ้งหรีดในอำเภอหนองปรือ จังหวัดกาญจนบุรี โดยการวางแผนของเกษตรกรในวิสาหกิจชุมชน จะมีการวางแผนทั้งการจัดซื้อวัตถุดิบ การผลิต การส่งมอบสินค้าและการส่งคืนสินค้า โดยคาดการณ์จากปริมาณความต้องการของลูกค้า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของชนมัญสุธา (2562) ระบุว่าผู้ประกอบการฟาร์มจิ้งหรีด

มีการวางแผนในกิจกรรมงานต่างๆ โดยมีการคาดการณ์ความต้องการของลูกค้าก่อนผลิต และนำข้อมูลไปวางแผนเพื่อจัดหาวัตถุดิบมาใช้ในกระบวนการผลิตให้สอดคล้องกับความต้องการของลูกค้า ในขณะที่เกษตรกรรายเดียวไม่มีการวางแผนการผลิต ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ มณฑิรา และคณะ (2565) ที่พบว่า ผู้ประกอบการฟาร์มจิ้งหรีด ไม่มีการวางแผนการเพาะเลี้ยง แต่อาศัยประสบการณ์ เนื่องจากเป็นการเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดแบบรุ่นต่อรุ่น

การจัดหาวัตถุดิบ มีทั้งไข่จิ้งหรีด อาหารสำเร็จรูป แฉ่งไข่ ขุยมะพร้าว อาหารเสริม ได้แก่ ฟักทอง ข้าวโพด มันสำปะหลัง ในการเลี้ยงจิ้งหรีด จากทั้งในและนอกชุมชนโดยสอดคล้องกับแผนที่วางไว้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชมพูนุท และคณะ (2565) พบว่าทางสหกรณ์จะจัดหาวัตถุดิบที่เชื่อมโยงกับการวางแผนการผลิต ที่คาดการณ์จากความต้องการของลูกค้า และประเมินผลผลิตของเกษตรกรเพื่อนำข้อมูลไปวางแผนในการจัดหาวัตถุดิบต่อไป

การผลิต เกษตรกรทั้งหมดไม่มีการรับรองมาตรฐาน GAP ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ มณฑิรา และคณะ (2565) ที่ระบุว่า ผู้ประกอบการฟาร์มจิ้งหรีด ไม่มีความน่าเชื่อถือ เนื่องจากเป็นการผลิตเพื่อรอคำสั่งซื้อ ไม่มีการรองรับมาตรฐาน GAP ครบทุกฟาร์ม

การขนส่ง ส่งมอบผลผลิตให้กับลูกค้า สอดคล้องกับแผนการผลิต ใน 3 ลักษณะ ได้แก่ ส่งมอบผลผลิตเป็นวัน ขายปลีกให้ลูกค้ารายย่อย ส่งมอบผลผลิตเป็น รอบหรือรุ่น ส่งผลผลิตให้กับลูกค้าเองโดยตรง หรือมีการรวบรวมผลผลิตไปส่ง ยานพาหนะในการขนส่ง คือ รถกระบะ และการขายออนไลน์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชนมัญสุธา (2562) ระบุว่า ผู้ประกอบการทุกรายมีการวางแผนการจัดส่งและส่งออกผลผลิตให้กับลูกค้าสอดคล้องกับแผนการ มีการส่งออกผลผลิตทุกวันโดยเป็นการขายปลีกให้กับลูกค้ารายย่อยและส่งออกผลผลิตเป็นรอบหรือรุ่น ในการขนส่งปริมาณมากจะนัดหมายกับผู้รับซื้อก่อนส่งผลผลิต ยานพาหนะสำหรับการขนส่งมีทั้งรถกระบะและรถบรรทุกซึ่งมีตู้ควบคุมอุณหภูมิ

การส่งคืน มี 2 กรณีคือ ไข่จิ้งหรีด จะมีการรับประกันสินค้า 1 ครั้ง เมื่อมีไข่ฟักออกมาจำนวนน้อย

จะส่งไปจังหวัดให้ลูกค้าอีกครั้งหนึ่ง และตัวจังหวัด ไม่มีการส่งคืนเนื่องจากได้มีการตรวจสอบคุณภาพทุกครั้ง ทั้งขนาดตัว การบรรจุ สิ่งปนเปื้อนต่างๆ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของศิริธรรม และคณะ (2560) ที่ระบุถึงการจัดการโลจิสติกส์ในโซ่อุปทานข้าวจังหวัดนครราชสีมาว่ามีการวางแผนการขนส่งให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาดและการพัฒนาช่องทางการจัดส่งที่สะดวกและมีประสิทธิภาพสูงสุด

การสนับสนุนการดำเนินงาน เกษตรกรในวิสาหกิจชุมชน มีหน่วยงานที่เข้ามาสนับสนุน ด้านองค์ความรู้ การพัฒนาฟาร์มจังหวัด ตามมาตรฐาน GAP และความรู้ด้านการแปรรูปผลิตภัณฑ์ และเพิ่มมูลค่าผลผลิต ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชมภูษ และคณะ (2563) พบว่า การดำเนินงานของวิสาหกิจชุมชน มีการประสานงานร่วมมือระหว่างหน่วยงานภาครัฐและภาคส่วนอื่นๆ เพื่อขยายกำลังการผลิต ขยายโอกาสและแลกเปลี่ยนความรู้

สรุป

เกษตรกรที่ดำเนินการในรูปแบบวิสาหกิจชุมชนสามารถวางแผนและจัดการการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีการวางแผนการผลิตและการจัดหาวัตถุดิบจากทั้งในและนอกชุมชน คาดการณ์ความต้องการของลูกค้า และมีการแปรรูปจังหวัดเพื่อเพิ่มมูลค่าในตลาด นอกจากนี้ การขนส่งยังมีการนัดหมายกับลูกค้าล่วงหน้าและมีการสนับสนุนจากภาครัฐ ซึ่งช่วยให้การดำเนินงานมีความมั่นคงและสอดคล้องกับความต้องการของตลาด ขณะที่เกษตรกรที่ดำเนินการในลักษณะรายเดี่ยวไม่ได้มีการวางแผนการผลิตที่ชัดเจน ผลิตตามคำสั่งซื้อและพึ่งพาวัตถุดิบในชุมชนโดยไม่มีการแปรรูปจังหวัดทำให้ไม่สามารถเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ได้ อีกทั้งไม่ได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐ ซึ่งส่งผลให้ขาดความสามารถในการแข่งขันในตลาด การจัดการโซ่อุปทานของเกษตรกรรายเดียวยังมีข้อจำกัดในด้านการบริหารจัดการด้านการเงินและการตลาด โดยต้องอาศัยแรงงานภายในครัวเรือนและการขายผลิตภัณฑ์ในชุมชนเป็นหลัก ข้อเสนอแนะจากการวิจัยนี้คือ การสนับสนุนให้เกษตรกรทุกคนได้รับการรับรองมาตรฐาน

GAP ซึ่งจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์จังหวัดมีคุณภาพสูงขึ้นและสอดคล้องกับมาตรฐานความปลอดภัยด้านอาหาร เพิ่มความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภค ทั้งนี้ เกษตรกรควรได้รับการส่งเสริมความรู้เกี่ยวกับการขอรับรองมาตรฐาน GAP การป้องกันและกำจัดโรคและศัตรูจังหวัด ตลอดจนการจัดการฟาร์มที่ปลอดภัยจากสารเคมีและควันไฟ นอกจากนี้ การพัฒนาและขยายช่องทางการตลาดออนไลน์เป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากจะช่วยให้เกษตรกรสามารถเข้าถึงกลุ่มลูกค้าที่กว้างขึ้น และช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีโอกาสในการแข่งขันในตลาดระดับชาติและระดับนานาชาติ จากมุมมองของการบริหารจัดการภายในโซ่อุปทาน การนำ SCOR model มาใช้ช่วยให้เกษตรกรมีแนวทางในการพัฒนากระบวนการผลิตและการจัดหาวัตถุดิบอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการมีระบบการตรวจสอบคุณภาพ การควบคุมการผลิต และการวางแผนการจัดส่งซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างมาตรฐานในการดำเนินงาน อย่างไรก็ตาม การสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐเป็นสิ่งสำคัญที่ควรเพิ่มเติมให้ครอบคลุมถึงเกษตรกรรายเดี่ยว เพื่อเสริมสร้างขีดความสามารถในการดำเนินงานและการบริหารจัดการในลักษณะที่ยั่งยืนต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2564. การเลี้ยงจังหวัดเพื่อการค้า. (ระบบออนไลน์) แหล่งข้อมูล : <http://www.agriman.doae.go.th/> (7 กรกฎาคม 2566).
- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2566. การปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร. กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (ระบบออนไลน์) แหล่งข้อมูล : <https://farmer.doae.go.th/> (15 กรกฎาคม 2566).
- ชนมณัฐชา กังวานศุภพันธ์. 2562. การวิเคราะห์และประเมินองค์ประกอบการจัดการโซ่อุปทานของผู้ประกอบการธุรกิจฟาร์มจังหวัดกรณีศึกษาจังหวัดสุรินทร์. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ 10 (2): 213-242.

- ชมพูนุท ด้วงจันทร์, สุทธิจิตต์ เชียงทอง, สิริภัทร์ ไซติช่วง และสุชาติ เชียงทอง. 2565. การวิเคราะห์ห่วงโซ่อุปทานของเงาะโรงเรียนนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี:กรณีศึกษาสหกรณ์การเกษตรบ้านนาสารจำกัด. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 39(1): 139-149.
- ชมภูนุช นุ่นนาค, ปภาวดี มนต์วีรัต และวิพร เกตุแก้ว. 2563. แนวทางการจัดการวิสาหกิจชุมชน:ศึกษาเฉพาะกรณีศูนย์สาธิตการเกษตรร้านค้าชุมชนตำบลท่าเสาอำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี. วารสารผู้ตรวจการแผ่นดิน 13(2): 21-53.
- ธันยธร ติณภพ, ศิริลักษณ์ เมฆสังข์, และฉันทนา จันทร์บรรจง. 2565. การจัดการห่วงโซ่อุปทานโดยวิสาหกิจชุมชนผลิตข้าวอินทรีย์ในเขตภาคกลางของประเทศไทย. วารสารวิจัยและพัฒนาโดยองค์การนิพนธ์พระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 11(3): 320-330.
- มณฑิรา พรหมดี, ฉัตรชัย สุทธิเกษณะ, เอกชัย คุปตาวาทีน และสันติย์ ปัตตะเน. 2565. การศึกษาแบบจำลองอ้างอิงการดำเนินงานโซ่อุปทาน (SCOR Mode) กรณีศึกษาผู้ประกอบการธุรกิจฟาร์มจิ้งหรีด ชุมชนบ้านแสนตอ ตำบลบัวใหญ่ อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น. วารสารวิจัยราชภัฏธนบุรี 8(2): 26-65.
- มฤดี จันทร์ตัน และวิวัฒน์ แก่นสาร. 2562. การประยุกต์แบบจำลองอ้างอิงการดำเนินงานโซ่อุปทานเพื่อการลดต้นทุนการผลิต กรณีศึกษา โรงงานผลิตผ้าดีสก์เบรก โดยวิธีจำลองโซ่อุปทาน (SCOR Model). วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี 13(1): 20-29.
- ศิริสรณ์ เจริญกมลลิมสกุล, ทวี วัชรเกียรติศักดิ์ ดวงพร กิจอาทร และสุวรรณา เตชะธีระปรีดา. 2560. การจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทานข้าวจังหวัดนครราชสีมา: สถานการณ์ปัจจุบัน ความเชื่อมโยง ปัญหา และแนวทางการพัฒนา. วารสารเทคโนโลยีสุรนารี 11(2): 119-143.
- สถาบันอาหารกระทรวงอุตสาหกรรม. 2564. รายงานศึกษาตลาดผลิตภัณฑ์อาหารจากแมลงเพื่อรองรับการพัฒนาอุตสาหกรรมอาหารไทย. สถาบันอาหารกระทรวงอุตสาหกรรม. (ระบบออนไลน์) แหล่งข้อมูล: <https://www.oie.go.th/assets/portals> (23 มิถุนายน 2566).
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2022. World food and agriculture—Statistical yearbook 2022. (Online): Available Source: <https://doi.org/10.4060/cc2211> (October 22, 2023).

ผลของการใช้แคลเซียมซิลิเกตร่วมกับการฉีดพ่นโพแทสเซียมซิลิเกตทางใบต่อผลผลิตและการดูดใช้ธาตุโพแทสเซียม แคลเซียม และซิลิคอนของข้าวที่ปลูกในชุดดินสระบุรี

Effect of Calcium Silicate and Potassium Silicate Foliar Application on Yield, Potassium,

Calcium and Silicon Uptake of Rice Planted in Saraburi Soil Series

สุทธาทิพย์ ทองคำปั้น¹ อัญธิชา พรมเมืองคุก^{1*} ศุภชัย อำคา¹ ณัฏชา ศรีหิรัญ¹ และ
ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย¹

Sutatip Thongkumpan¹, Aunthicha Phommuangkhu^{1*}, Suphachai Amkha¹, Natcha Sornhiran¹
and Tawatchai Inboonchuay¹

Received: November 11, 2024

Revised: November 21, 2024

Accepted: November 27, 2024

Abstract: Silicon (Si) is considered a beneficial element. Several evidences have indicated the positive effects of Si on rice yield by alleviating several abiotic and biotic stresses. However, in Thailand, findings about benefits of Si for rice production remain poorly understood, especially for low to medium level of available Si in soil. This study aimed to investigate the effect of calcium silicate application and potassium silicate foliar spray on yield and nutrient uptake of RD 85 rice variety in Saraburi soil series. The experiment was arranged in a randomized complete block design (RCBD) consisted of three replications and five treatments; control (T1), T2 was applied calcium silicate at the rate of 30 kg per rai (at 40 DAP), while the potassium silicate was sprayed at a rate of 2,000 mgSi per liter (at 60 DAP) in combination with a calcium silicate applied in T3, T4 and T5 (10, 20 and 30 kg per rai, respectively). The yield, yield components, total K, Ca, and Si content in different rice parts were analyzed at the harvest stage. The result revealed that the accumulation of Si was highest in the stem, followed by rice husk, leaf and brown rice, respectively. The application of Si resulted in plant uptake of K and Ca in above ground biomass higher than T1 and T2. In term of the application rates, T4 gave the highest yield, Si uptake in stem biomass and economic returns comparing with other treatments. Therefore, T4 is an appropriate rate to apply for Saraburi soil series, which contain soil available Si in medium level.

Keywords: Calcium silicate, Potassium silicate, Silicon, Silicon accumulation

บทคัดย่อ: ซิลิคอนถูกจัดเป็นธาตุเสริมประโยชน์ มีงานวิจัยที่รายงานถึงผลดีของซิลิคอนที่มีต่อข้าวในการบรรเทาความเครียดทั้งจากปัจจัยชีวและอชีว สำหรับประเทศไทยยังมีข้อมูลที่ได้จากงานทดลองในสภาพแปลงเมื่อมีการปลูกข้าวในดินซึ่งมีซิลิคอนที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำถึงปานกลางอยู่น้อย จึงทำการทดลองในสภาพแปลง เพื่อศึกษาผลของแคลเซียมซิลิเกตร่วมกับการฉีดพ่นโพแทสเซียมซิลิเกตทางใบต่อผลผลิต และการดูดใช้ธาตุอาหารของข้าวพันธุ์ กข 85 ที่ปลูกในชุดดินสระบุรี วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก จำนวน 3 ซ้ำ

¹ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

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

*Corresponding author: agracp@ku.ac.th

มี 5 ตำรับการทดลอง ได้แก่ ตำรับควบคุม (T1) ตำรับที่ 2 (T2) ใส่แคลเซียมซิลิเกตอัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ตำรับที่ 3 4 และ 5 (T3 T4 และ T5) ใส่แคลเซียมซิลิเกตอัตรา 10 20 และ 30 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ที่อายุข้าว 40 วัน หลังหว่าน ร่วมกับการฉีดพ่นโพแทสเซียมซิลิเกตความเข้มข้น 2,000 มิลลิกรัมซิลิคอนต่อลิตร ที่ข้าวอายุ 60 วัน หลังหว่าน เก็บข้อมูลผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และวิเคราะห์ปริมาณธาตุโพแทสเซียม แคลเซียม และซิลิคอน ทั้งหมดในส่วนต่าง ๆ ของข้าวที่ระยะเก็บเกี่ยว ผลการทดลองพบว่าธาตุซิลิคอนมีการสะสมในลำต้นมากที่สุด รองลงมาคือ แกลบ ใบ และเมล็ดข้าวกล้อง การใส่ซิลิคอนมีผลให้การดูดใช้โพแทสเซียม และแคลเซียมในส่วนเหนือดินมากกว่าตำรับควบคุมและตำรับการทดลองที่ 2 สำหรับอัตราที่ใส่พบว่าการใช้ซิลิคอนในตำรับการทดลองที่ 4 ให้ผลผลิต และการดูดใช้ซิลิคอนในลำต้นสูงที่สุด รวมทั้งมีผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงกว่าเมื่อเทียบกับตำรับการทดลองอื่น ดังนั้น ตำรับการทดลองที่ 4 จึงเหมาะสมกับการใช้ในชุดดินสระบุรีที่มีระดับของซิลิคอนที่เป็นประโยชน์ในดินในระดับปานกลาง

คำสำคัญ: แคลเซียมซิลิเกต, โพแทสเซียมซิลิเกต, ซิลิคอน, การสะสมซิลิคอน

คำนำ

ซิลิคอน (Si) เป็นธาตุที่มีในชั้นผิวโลกมากเป็นอันดับสอง แต่ส่วนใหญ่เป็นองค์ประกอบของแร่ซิลิเกตและซิลิเกต ดังนั้นในสารละลายดินจึงมีเพียงเล็กน้อย รากพืชดูดใช้ในรูปของกรดซิลิก (H₄SiO₄) พืชทุกชนิดที่เจริญเติบโตในดินจะมีซิลิคอนอยู่ในเนื้อเยื่อเสมอแต่ความเข้มข้นจะแตกต่างกันไป ในบรรดาพืชชั้นสูงที่ดูดใช้ซิลิคอน พบว่าข้าวเป็นพืชที่สะสมซิลิคอนสูง มีซิลิกาในเนื้อเยื่อพืชแห้งประมาณ 10-15 เปอร์เซ็นต์ บทบาทของซิลิคอนที่มีต่อการเจริญเติบโตของข้าว มี 4 ประการ คือ 1) เป็นองค์ประกอบในผนังเซลล์ 2) ผลต่อผนังเซลล์และเมแทบอลิซึม 3) บรรเทาความเครียดจากปัจจัยชีวและ เช่น ปฏิกิริยาพิษจากการเข้าทำลายของโรคแมลงศัตรูพืช และชีวและ เช่น ความแล้ง ความร้อน ความเค็ม ลดพิษจากธาตุโลหะในดิน และ 4) ผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต (Epstein, 1999; Guntzer *et al.*, 2012; Ma and Takahashi, 2002; Tubana *et al.*, 2016) การวิจัยเกี่ยวกับธาตุนี้ในประเทศญี่ปุ่นมีความก้าวหน้ามาก จนนำไปสู่การพัฒนาเทคโนโลยีที่สมบูรณ์เรื่องการใช้ปุ๋ยซิลิคอนในนาข้าว ซิลิคอนมีการสะสมอยู่ที่ชั้นเอพิเดอมิสในใบข้าว ลำต้น และแกลบในรูปของซิลิกาอสัณฐาน และเคลื่อนที่มาสู่ส่วนเหนือดินตามแรงดึงดูดการคายน้ำ (Farooq and Dietz, 2015; Ma *et*

al., 2011; Pontigo *et al.*, 2015; Yoshida, 1965) Ando *et al.* (2002) พบว่า การใส่ปุ๋ยซิลิคอนในนาข้าวอัตรา 50-180 กรัมซิลิคอนต่อตารางเมตร มีประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงสูงกว่าข้าวที่ไม่ได้รับซิลิคอน ทั้งในระยะข้าวแตกกอสูงสุด และในระยะข้าวตั้งท้อง

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยและเป็นอาหารหลักของประชากรโลกกว่าสามพันล้านคน โดยเฉพาะเอเชีย แอฟริกา และอเมริกาใต้ (ยงยุทธ และคณะ, 2558) ดังนั้น ภายใต้หลักการพื้นฐานของการผลิตพืช หากมีการจัดการองค์ประกอบหลัก (genetics x environment x management = yield + quality) ให้เหมาะสม ล้วนส่งผลต่อการผลิตอาหารเลี้ยงประชากรโลกทั้งสิ้น Klotzucher *et al.* (2015) ทำการทดลองภายใต้โครงการ LEGATO รายงานว่าธาตุซิลิคอนเป็นกุญแจสำคัญที่ทำให้การผลิตข้าวในพื้นที่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้มีความยั่งยืน ประเทศไทยได้นำซิลิคอนมาใช้ในการเกษตร เช่น โพแทสเซียมซิลิเกต แคลเซียมซิลิเกต โซเดียมซิลิเกต และกรดซิลิก แต่ละชนิดมีความสามารถในการละลายแตกต่างกันขึ้นกับชนิดของสารประกอบ จึงมีคำแนะนำอัตราการใช้ที่หลากหลาย สิปปวิทย์ (2559) รายงานว่า การใส่แคลเซียมซิลิเกตในดินที่มีซิลิคอนที่เป็นประโยชน์ได้สูง

ปานกลาง และต่ำ (ปริมาณซิลิคอนน้อยกว่าหรือเท่ากับ 40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) จะแนะนำการใช้ที่อัตรา 0 5 และ 10 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งให้ผลผลิตไม่แตกต่างกับการใช้ที่อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ ขณะที่ ชนิกันต์ (2557) พบว่า การใช้วัสดุเหลือใช้แคลเซียมซิลิเกต อัตรา 320 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลให้ข้าวมีน้ำหนักเมล็ดตอสูงขึ้น แต่ไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ที่อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่ Chen *et al.* (2011) และ Ma *et al.* (2011) รายงานว่า แปลงข้าวที่มีการคายน้ำน้อย พบการเคลื่อนที่ของซิลิคอนมาสู่ส่วนเหนือดินน้อยลงด้วย ส่วนแปลงที่ฉีดพ่นซิลิคอนทางใบในระยะกำเนิดช่อดอกจะทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำแคลเซียมซิลิเกตร่วมกับการฉีดพ่นโพแทสเซียมซิลิเกตมาใช้เป็นแหล่งของซิลิคอนเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวในดินที่มีค่าการประเมินความเป็นประโยชน์ของซิลิคอนระดับปานกลาง โดยอ้างอิงงานทดลองของ ชนิกันต์ (2557) และ สิปวิชญ์ (2559) ในการกำหนดอัตราที่ใช้ ดังนั้น การวิจัยนี้จึงมีประโยชน์อย่างมากในแง่ของการเลือกใช้อัตราของแคลเซียมซิลิเกตและโพแทสเซียมซิลิเกตในนาข้าวให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ใช้แคลเซียมซิลิเกตซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ทางการค้า (Calcium silicate; Ca_2SiO_3 ประกอบด้วย CaO : 43 และ SiO_2 : 23 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก; %wt) และโพแทสเซียมซิลิเกต (Potassium silicate; K_2SiO_3 ประกอบด้วย SiO_2 : 27.30 และ K_2O : 13.23 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก; %w/w สารนี้เป็นของเหลวที่มีความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.4) เป็นแหล่งของซิลิคอน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (Randomized Complete Block Design; RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ มี 5 ตำรับการทดลอง ได้แก่ ตำรับควบคุมตำรับที่ 2 ใส่แคลเซียมซิลิเกตอัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนตำรับที่ 3 4 และ 5 ใส่แคลเซียมซิลิเกตอัตรา 10 20 และ 30 กิโลกรัมต่อไร่ (1.07 2.15 และ 3.22 กิโลกรัมซิลิคอนต่อไร่ ตามลำดับ) ร่วมกับการฉีดพ่นโพแทสเซียมซิลิเกตที่ความเข้มข้น 2,000 มิลลิกรัมซิลิคอนต่อลิตร (29.14 กิโลกรัมซิลิคอนต่อไร่)

ทดลองในสภาพแปลงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2566-2567 ณ ตำบลวังหว้า อำเภอศรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี ($14^{\circ}40'06.8''\text{N}$ $100^{\circ}05'31.6''\text{E}$) ซึ่งเป็นชุดดินสระบุรี (Saraburi series: Very-fine, mixed, active, nonacid, isohyperthermic Vertic (Aeric) Endoaquepts) เก็บตัวอย่างดินแบบสุ่มกระจายทั่วทั้งแปลงเพื่อนำมาวิเคราะห์สมบัติดินพื้นฐานก่อนการทดลอง โดยค่าพีเอชดิน (ทัศนีย์ และจรงค์, 2542) มีความเป็นกรดเล็กน้อย (6.12) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Walkley and Black, 1934) อยู่ในระดับสูง คือ 36.2 กรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ อยู่ในระดับสูง มีค่าเท่ากับ 1,684.65 และ 447.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ มีปริมาณเหล็ก แมงกานีส และทองแดงที่สกัดได้ อยู่ในระดับสูงมาก (196.76, 73.61 และ 7.20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ) ส่วนปริมาณสังกะสีที่สกัดได้ อยู่ในระดับสูง คือ 4.93 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ อยู่ในระดับสูงมาก มีค่า 49.12 และ 143.64 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ทัศนีย์ และจรงค์, 2542; Bray and Kurtz, 1945) ขณะที่ปริมาณซิลิคอนที่เป็นประโยชน์ อยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเท่ากับ 70.20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยอ้างอิงเกณฑ์ประเมินความพอเพียงของซิลิคอนกับข้าวจาก Imaizumi and Yoshida (1958) ซึ่งสกัดดินด้วยโซเดียมอะซีเตทบัฟเฟอร์ที่พีเอช 4.0 (กรมวิชาการเกษตร, 2544; Hallmark *et al.*, 1982; Imaizumi and Yoshida, 1958)

จากผลทดสอบดิน สามารถกำหนดอัตราปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่ใส่ตามค่าวิเคราะห์ดินกับข้าวไม่ไวแสงได้เท่ากับ 6-0-0 กิโลกรัมของ $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$ ต่อไร่ (กรมวิชาการเกษตร, 2548) โดยทุกตำรับจะได้รับปุ๋ยธาตุหลักอัตราเดียวกันตลอดการทดลอง ไถเตรียมดินและทำคันนาเพื่อแบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด 5x5 ตารางเมตร ส่วนคันนามีความสูง 30 เซนติเมตร กว้าง 20 เซนติเมตร จากนั้นแช่เมล็ดข้าวพันธุ์ กข 85 ในน้ำกลั่น เป็นเวลา 1 คืน นำมาบ่มด้วยผ้าขาวบางที่ชุ่มด้วยน้ำเป็นเวลา 2 คืน ก่อนนำเมล็ดไปหว่านลงในแปลง ใช้เมล็ดพันธุ์

อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ ใส่ปุ๋ยรองพื้นสูตร 46-0-0 อัตรา 3 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อข้าวมีอายุ 21 วันหลังหว่าน และเมื่อข้าวเข้าสู่ระยะการแตกกอสูงสุด คือที่อายุ 40 วัน จะใส่ปุ๋ยแต่งหน้าสูตร 46-0-0 อัตรา 3 กิโลกรัมต่อไร่ พร้อมกับแคลเซียมซิลิเกตตามอัตราที่กำหนด ในแต่ละครั้งทดลอง ส่วนการฉีดพ่นโพแทสเซียมซิลิเกต จะทำเมื่อข้าวมีอายุ 60 วันหลังหว่าน ในด้านการทดลอง ที่ 3 4 และ 5 ที่ความเข้มข้น 2,000 มิลลิกรัมซิลิคอนต่อลิตร เติร์ยมโดยละลายโพแทสเซียมซิลิเกต จำนวน 5.34 มิลลิกรัม ในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิกรัม สำหรับปริมาตรที่ใช้ฉีดพ่นในพื้นที่ 25 ตารางเมตร คือ 320 มิลลิกรัม เทียบเท่ากับอัตราการฉีดพ่น 20.5 ลิตรต่อไร่ การปฏิบัติดูแลรักษาอื่นๆ เช่น การให้น้ำ การกำจัดโรคและแมลง เป็นไปตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกรจนกระทั่งเก็บเกี่ยว

เก็บเกี่ยวข้าวทั้งแปลงที่อายุ 120 วัน จากนั้นบันทึกน้ำหนักผลผลิต ส่วนข้อมูลองค์ประกอบผลผลิต สุ่มเก็บจากพื้นที่ 1x1 ตารางเมตร แยกส่วนใบ ลำต้น เมล็ดข้าวกล้อง และแกลบนำส่วนต่างๆ ไปอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ซึ่งน้ำหนักแล้วบันทึกเป็นน้ำหนักมวลชีวภาพแห้ง นำตัวอย่างที่ผ่านการอบไปบดด้วยเครื่องบดตัวอย่างพืช เพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของข้าว ได้แก่ ปริมาณโพแทสเซียมและแคลเซียมทั้งหมด (ทศนิยม และจรงค์, 2542) สำหรับปริมาณซิลิคอนทั้งหมด ทำโดยนำตัวอย่างพืชไปย่อยด้วยเครื่อง microwave digester จำนวน 2 รอบ รอบแรกจะใช้โปรแกรม straw method with hydrofluoric acid; HF (10 มิลลิกรัมของ HNO_3 + 1 มิลลิกรัมของ HF) และรอบที่ 2 จะสะเทิน HF โดยใช้โปรแกรม boric acid HF neutralization (ใช้ 4 เปอร์เซ็นต์ของสารละลายกรดบอริก จำนวน 10 มิลลิกรัม) ปรับปริมาตรและเก็บสารละลายที่ได้ในขวดพลาสติก แล้ววัดปริมาณซิลิคอนด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma (ICP-OES) (ดัดแปลงจาก Jones and Dreher, 1996; Saito *et al.*, 2005) คำนวณการดูดใช้ธาตุอาหารในส่วนต่างๆ และส่วนเนื้อดินทั้งหมด คำนวณดัชนีการเก็บเกี่ยวซิลิคอน (silicon harvest index; SHI) จาก $\text{SHI} = \left[\frac{\text{การดูดใช้}}$

ซิลิคอนในเมล็ด(การดูดใช้ซิลิคอนในเมล็ด+การดูดใช้ซิลิคอนในลำต้น)] และคำนวณการกระจายของธาตุซิลิคอนในส่วนต่าง ๆ ของข้าวจาก [(ผลรวมการดูดใช้ซิลิคอนในส่วนต่าง ๆ จากทุกตำรับx100)/การดูดใช้ในส่วนเนื้อดินทั้งหมดจากทุกตำรับทดลอง] กำหนดให้การดูดใช้ในส่วนเนื้อดินทั้งหมดจากทุกตำรับทดลองเป็นค่าสูงสุด (Fageria, 2014)

คำนวณต้นทุนการผลิต (บาทต่อไร่) จากต้นทุนการปลูกข้าว (บาทต่อไร่) + ต้นทุนการใส่ซิลิคอน (บาทต่อไร่)

คำนวณรายได้ จากผลผลิต (ตันต่อไร่) x ราคาข้าวเปลือก (บาทต่อดัน)

คำนวณกำไรสุทธิ จาก รายได้ - ต้นทุน

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป IBM SPSS Statistics เวอร์ชัน 26 ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการทดลองและวิจารณ์

องค์ประกอบผลผลิต ผลผลิต และมวลชีวภาพแห้งในส่วนต่างๆ ของข้าว

ระดับของซิลิคอนที่ใส่มีผลทำให้องค์ประกอบผลผลิตของข้าวมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ยกเว้นน้ำหนักเมล็ดดิบโดยผ่านการทดลองที่ 4 ให้น้ำหนัก 100 เมล็ด และน้ำหนักเมล็ดดี สูงที่สุด คือ 3.33 กรัม และ 3.48 กรัมต่อรวง ตามลำดับ ขณะที่ตำรับควบคุม ให้น้ำหนัก 100 เมล็ด และน้ำหนักเมล็ดดีน้อยที่สุด คือ 3.00 กรัม และ 2.97 กรัมต่อรวง ตามลำดับ ระดับของซิลิคอนที่ใส่ไม่มีผลทำให้น้ำหนักเมล็ดดิบระหว่างตำรับทดลองแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าการใส่ซิลิคอนทางดินร่วมกับการฉีดพ่นทางใบ จะมีน้ำหนักเมล็ดดิบน้อยกว่าการไม่ใส่ซิลิคอน (Figure 1) จากการทดลองของ Rupasinghe *et al.* (2022) ศึกษาการใส่ซิลิคอนทางดินในอัตราต่างๆ ได้แก่ 0 50 75 100 125 และ 150 กิโลกรัมซิลิกาต่อเฮกตาร์ ต่อการผลิตข้าวพันธุ์ Bw 367 ในประเทศมาเลเซีย พบว่า การใส่ซิลิคอนอัตรา 100 กิโลกรัมซิลิกาต่อเฮกตาร์ ทำให้

น้ำหนักเมล็ดดีมีค่าสูงขึ้น 51 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่น้ำหนักเมล็ดลีบลดลงถึง 30 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับตำรับที่ไม่ใส่ นอกจากนี้ยังให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ดสูงที่สุดเมื่อเทียบกับอัตราอื่น ยงยุทธ และคณะ (2558) กล่าวว่า การเจริญเติบโตของข้าวในวัฏภาคเต็มเต็มเมล็ดหรือระยะเติบโตด้านการสุกแก่ (spikelet filling phase) เป็นระยะที่กำหนดขนาดและน้ำหนักเมล็ด เนื่องจากการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตจากใบและต้นมาสะสม ทำให้เมล็ดโตขึ้นจนมีสภาพสุกแก่เชิงสรีระ ซึ่งการสังเคราะห์แสงของใบข้าวในระยะนี้มีความสำคัญต่อการเพิ่มน้ำหนักเมล็ดข้าวเป็นอย่างมาก Ando *et al.* (2002) พบว่า ธาตุซิลิคอนจะเพิ่มความแข็งแรงของผนังเซลล์ที่ใบและลำต้นโดยเชื่อมโยงชั้นของซิลิกากับเซลลูโลส ทำให้โครงสร้างทรงพุ่มของต้นข้าวดีขึ้น การใส่ซิลิคอนในระยะการเจริญเติบโตด้านลำต้น และเจริญพันธุ์จึงสัมพันธ์กับผลผลิตข้าว เมื่อความเข้มแสงสัมพันธ์ในทรงพุ่มส่วนบนสูงกว่าต้นข้าวที่ไม่ได้รับปุ๋ยซิลิคอนทั้งในระยะแตกกอสูงสุดและระยะข้าวตั้งท้อง ดังนั้น เมื่อข้าวมีการสังเคราะห์แสงที่มีประสิทธิภาพ จึงมีส่วนสำคัญในการเพิ่มน้ำหนักและผลผลิตเมล็ด สอดคล้อง

กับ Fujii *et al.* (1999) ที่รายงานว่า ซิลิคอนช่วยให้ใบข้าวมีองศาที่ตั้งชัน (erect degree of leaf blades) พื้นที่ใบในการรับแสงมากขึ้น ทำให้การสังเคราะห์แสงของข้าวเพิ่มขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้ การศึกษาผลของซิลิคอนที่มีต่อการผลิตข้าวของ Inanaga *et al.* (2002) พบว่า การใส่ซิลิคอน มีน้ำหนักและจำนวนเมล็ดลีบต่อรวงลดลง ตรงข้ามกับเมล็ดดีที่มีน้ำหนักและจำนวนเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับการศึกษาของ Hossain and Miyagawa (2001) สรุปว่าข้าวที่มีการใส่ซิลิคอนสามารถทำให้จำนวนรวง จำนวนเมล็ดต่อต้น และน้ำหนัก 1000 เมล็ดเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองที่ไม่ใส่ซิลิคอน นอกจากนี้ Chen *et al.* (2011) รายงานว่าเนื่องจากซิลิคอนมีบทบาทต่อการสังเคราะห์แสงของพืช หากพืชอยู่ภายใต้สภาวะแห้งแล้ง ธาตุซิลิคอนมีบทบาททางอ้อมในการควบคุมการเปิดปิดของปากใบ และส่งเสริมการผลิตเม็ดสี (pigment) ซึ่งมีความจำเป็นต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช จากเหตุผลดังกล่าว จึงสามารถช่วยให้ข้าวมีการเจริญเติบโตเป็นปกติและส่งเสริมให้องค์ประกอบผลผลิตเพิ่มสูงขึ้น

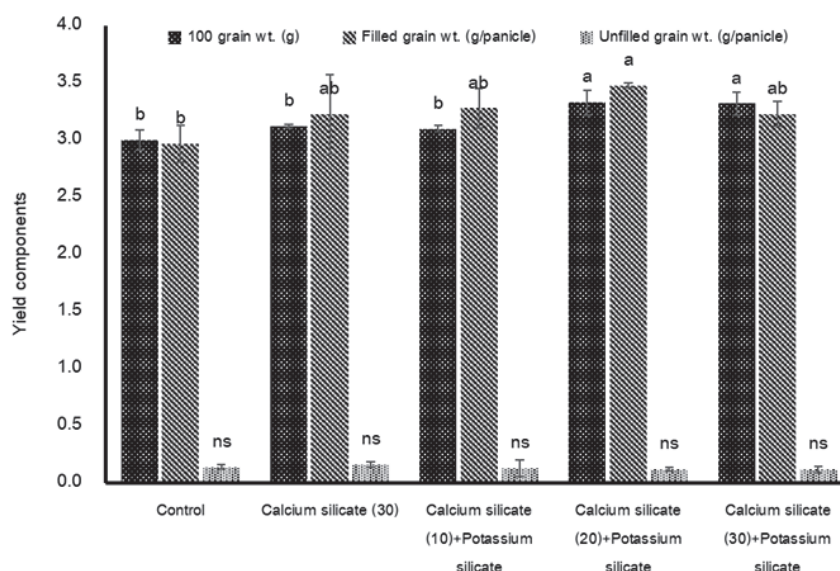


Figure 1 Effect of Si application on yield component of rice cv. RD 85. The mean values for bars with the same letter above them are not significantly different ($p < 0.05$) using DMRT, while "ns" reveals in unfilled grain weight. Error bars are standard error of the mean ($n=3$).

ในแง่ของผลผลิตพบว่าตำรับการทดลองที่ 4 ให้ผลผลิตสูงสุดที่สุด คือ 572.07 กิโลกรัมต่อไร่ ($P < 0.05$) สอดคล้องกับน้ำหนัก 100 เมล็ด และน้ำหนักเมล็ดดีที่มีค่าสูงสุดในตำรับดังกล่าวเช่นกัน ขณะเดียวกันก็ให้น้ำหนักเมล็ดลีบน้อยที่สุดด้วย ขณะที่ตำรับควบคุมให้ผลผลิตน้อยที่สุด คือ 509.99 กิโลกรัมต่อไร่ (Figure 2) จากผลการทดลองของ Lavinsky *et al.* (2016) รายงานว่า การใส่กรดโมโนซิลิกที่เตรียมจากโพแทสเซียมซิลิเกตโดยใช้ cation-exchange resin ให้กับข้าวในทุกระยะการเจริญเติบโต ทำให้ความเข้มข้นของซิลิคอนในช่อดอก ใบธง และข้าวเปลือกเพิ่มสูงขึ้น ส่วนการใส่ซิลิคอนที่ระยะกำเนิดช่อดอกจนถึงระยะท้องแก่ (60-90 วันหลังปลูก) ทำให้จำนวนเมล็ดต่อรวง และจำนวนเมล็ดต่อต้นเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 49 และ 77 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งสัมพันธ์กับน้ำหนักเมล็ดดีและน้ำหนัก 1,000 เมล็ดที่มีค่าสูงสุดเมื่อเทียบกับการไม่ใส่ซิลิคอนที่ระยะดังกล่าว นอกจากนี้ ยังพบการแสดงออกของโปรตีนพาหะ Lsi6 ที่ระยะกำเนิดช่อดอกจนถึงท้องแก่มากกว่าระยะสุกแก่ ซึ่งโปรตีนพาหะ Lsi6 จะเกี่ยวข้องกับการดูดซิลิคอนจากภายนอกเข้ามาภายในรากข้าว Kato and Owa (1997) ศึกษาการตอบสนองของข้าวที่ระยะต่างๆ ต่อการได้รับซิลิคอนที่อัตราต่ำ กลาง และสูง ทำการทดลองในดินนาของประเทศญี่ปุ่น (National Institute of Agro-Environmental Sciences) พบว่า ข้าวดูดธาตุซิลิคอนไปใช้ตั้งแต่การเจริญเติบโตในระยะแตกกอเป็นต้นไป แต่ระยะที่เหมาะสมต่อการใส่ซิลิคอนจะเป็นระยะเจริญพันธุ์ ซึ่งระยะนี้จะมีผลต่อการเพิ่มน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินและผลผลิตของข้าว ส่วน Korndörfer *et al.* (2001) รายงานว่า ผลผลิตข้าวที่เพิ่มขึ้นจะแปรผันตรงกับความเข้มข้นและการดูดใช้ซิลิคอนในตอซังข้าว

การใส่ซิลิคอนมีผลทำให้มวลชีวภาพแห้งในส่วนต่าง ๆ ของข้าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ยกเว้นมวลชีวภาพแห้งของกลีบการใส่ซิลิคอนในตำรับการทดลองที่ 5 ให้มวลชีวภาพแห้งใบสูงที่สุด คือ 103.01 กรัมต่อตารางเมตร ส่วนตำรับการทดลองที่ 2 ให้มวลชีวภาพแห้งใบน้อยที่สุด คือ 71.46 กรัมต่อตารางเมตร (Figure 2) ซิลิคอนมีบทบาทตั้งแต่ระยะการเจริญเติบโตด้านลำต้นเป็นต้นไป โดยส่งผลให้ผนังเซลล์ของใบข้าวมีความแข็งแรงจึงช่วยให้ใบข้าวมีองศาที่ตั้งชันพื้นที่ใบในการรับแสงมากขึ้น การสังเคราะห์แสงจึงมีประสิทธิภาพจึงอาจทำให้ตำรับที่ 5 ซึ่งได้รับซิลิคอนอัตราสูงมีมวลชีวภาพแห้งใบสูงกว่าตำรับอื่น ๆ สำหรับมวลชีวภาพแห้งลำต้นและเมล็ดข้าวกล้อง มีค่าสูงสุดในตำรับการทดลองที่ 3 โดยมีค่าเท่ากับ 367.33 และ 346.21 กรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ ขณะที่ตำรับการทดลองที่ 2 และ 5 ให้มวลชีวภาพแห้งลำต้นและเมล็ดข้าวกล้องน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับตำรับอื่น ๆ คือ 280.33 และ 262.76 กรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ สำหรับมวลชีวภาพแห้งกลีบ มีพิสัยอยู่ในช่วง 86.55-105.04 กรัมต่อตารางเมตร (Figure 2) Hoseinian *et al.* (2020) ศึกษาการใช้แหล่งของซิลิคอนที่แตกต่างกัน ได้แก่ แคลเซียมซิลิเกต โพแทสเซียมซิลิเกต โซเดียมซิลิเกต และไบโอชาร์ ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวที่ปลูกในดิน 2 ประเภท ซึ่งมีซิลิคอนที่เป็นประโยชน์ในดินดั้งเดิมอยู่ที่ 56 และ 112 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบว่า ซิลิคอนถูกสะสมในลำต้นมากขึ้นตามอัตราโพแทสเซียมซิลิเกตที่ใส่ แต่การใส่ที่อัตรา 500 กิโลกรัมซิลิคอนต่อเฮกตาร์กลับทำให้ผลผลิตน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการใส่ที่อัตรา 25 กิโลกรัมซิลิคอนต่อเฮกตาร์ โดยผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต มีการตอบสนองต่อการใส่ไบโอชาร์ และโพแทสเซียมซิลิเกตมากกว่าซิลิคอนชนิดอื่น

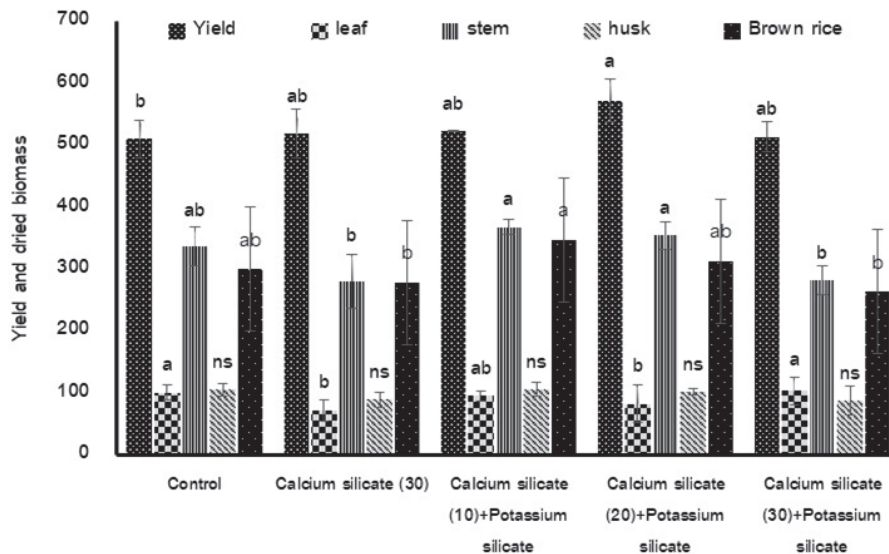


Figure 2 Effect of Si application on yield (kg/rai) and dried biomass (g/m²) in different parts of rice cv. RD 85. The mean values for bars with the same letter above them are not significantly different ($p < 0.05$) using DMRT ($p < 0.05$ for yield, leaf, stem and brown rice dried biomass, while “ns” showed in husk dried biomass). Error bars are standard error of the mean ($n=3$).

การดูใช้ธาตุโพแทสเซียม

ระดับของซิลิคอนที่ใส่มีผลทำให้การดูใช้โพแทสเซียมในส่วนต่างๆ ของข้าวมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ยกเว้นการดูใช้โพแทสเซียมในใบและแกลบ โดยดำรับการทดลองที่ 3 มีการดูใช้โพแทสเซียมในลำต้นสูงที่สุด คือ 12.11 กิโลกรัมโพแทสเซียมต่อไร่ ขณะที่ดำรับการทดลองที่ 2 มีการดูใช้โพแทสเซียมในลำต้นน้อยที่สุด คือ 8.82 กิโลกรัมโพแทสเซียมต่อไร่ (Figure 3) ตรงข้ามกับการดูใช้โพแทสเซียมในเมล็ดข้าวกล้องที่พบว่าดำรับการทดลองที่ 2 มีค่าสูงสุด ส่วนดำรับควบคุมมีค่าน้อยที่สุด คือ 2.72 และ 1.56 กิโลกรัมโพแทสเซียมต่อไร่ ตามลำดับ (Figure 3) สำหรับการดูใช้โพแทสเซียมในส่วนเหนือดินทั้งหมด พบว่า มีค่าสูงสุดในดำรับการทดลองที่ 3 คือ 22.44 กิโลกรัมโพแทสเซียมต่อไร่ และแตกต่างทางสถิติกับดำรับการทดลองที่ 2 ซึ่ง

มีค่าน้อยสุด คือ 16.87 กิโลกรัมโพแทสเซียมต่อไร่ ตามลำดับ (Figure 3) ขณะที่การดูใช้โพแทสเซียมในใบและแกลบมีพิสัยอยู่ระหว่าง 5.32-7.04 และ 0.59-0.91 กิโลกรัมโพแทสเซียมต่อไร่ ตามลำดับจากการทดลอง พบว่า ลำต้น มีการดูใช้ธาตุโพแทสเซียมมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ ใบ เมล็ดข้าวกล้อง และแกลบ ตามลำดับ (Figure 3) เนื่องจากการวิจัยนี้ ทำการทดลองในแปลงข้าวซึ่งมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับสูง (143.64 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ถือว่าพอเพียงกับความต้องการของข้าว (กรมวิชาการเกษตร, 2548; ทศนีย์ และจรงค์, 2542) จึงอาจเป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้ไม่เห็นความแตกต่างของการดูใช้โพแทสเซียมในใบและแกลบระหว่างดำรับควบคุมกับดำรับที่ใส่ซิลิคอน แต่มีแนวโน้มว่าดำรับที่ฉีดพ่นซิลิคอนทางใบจะมีการดูใช้ธาตุนี้สูงกว่าดำรับที่ไม่ได้ฉีดพ่น (Figure 3)

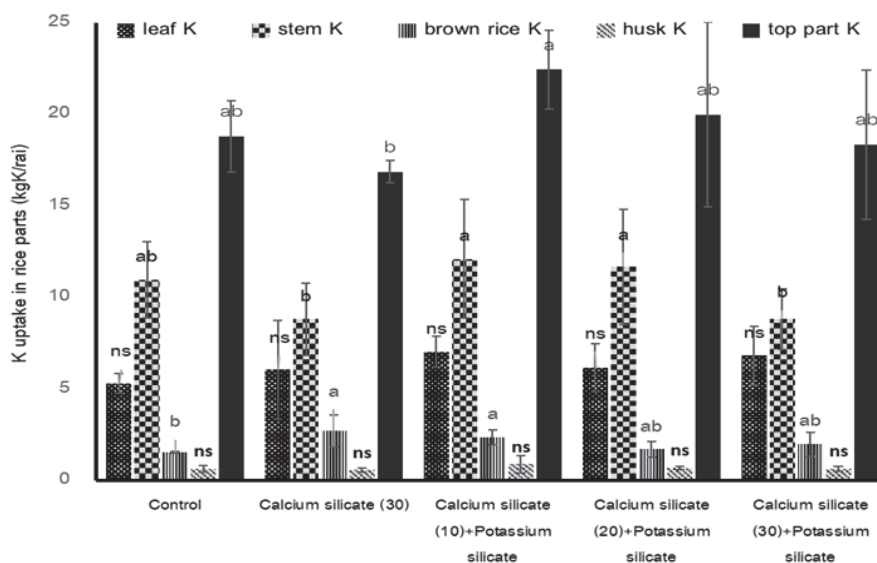


Figure 3 Effect of Si application on potassium uptake in different parts of rice cv. RD 85 (kgK/rai). The mean values for bars with the same letter above them are not significantly different ($p < 0.05$) using DMRT ($p < 0.05$ for K uptake in stem, brown rice and top part, while “ns” showed for K uptake in leaf and husk). Error bars are standard error of the mean ($n=3$).

การดูดใช้ธาตุแคลเซียม

อิทธิพลของซิลิกอนที่ใส่ต่อการดูดใช้แคลเซียมในส่วนต่างๆ ของข้าว พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในใบ เมล็ด ข้าวกล้อง และส่วนเหนือดินทั้งหมด โดยได้รับการทดลองที่ 4 มีการดูดใช้แคลเซียมในใบสูงที่สุด คือ 1.73 กิโลกรัมแคลเซียมต่อไร่ ขณะที่ได้รับการทดลองที่ 2 ซึ่งใส่แคลเซียมซิลิเกตเพียงอย่างเดียว มีการดูดใช้แคลเซียมในใบน้อยที่สุด คือ 1.01 กิโลกรัมแคลเซียมต่อไร่ สำหรับการดูดใช้แคลเซียมในเมล็ดข้าวกล้อง และส่วนเหนือดินทั้งหมด มีค่าสูงสุดในได้รับการทดลองที่ 5 คือ 0.38 และ 2.87 กิโลกรัมแคลเซียมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนได้รับการทดลองที่ 2 จะพบการดูดใช้ในเมล็ดข้าวกล้อง และส่วนเหนือดินน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับตัวอื่น ๆ คือ 0.04 และ 1.77 กิโลกรัมแคลเซียมต่อไร่ ตามลำดับ (Figure 4) สำหรับการดูดใช้แคลเซียมในลำต้นและแกลบ มีพิสัยอยู่ระหว่าง

0.60-0.84 และ 0.08-0.12 กิโลกรัมแคลเซียมต่อไร่ ตามลำดับ จากการทดลองพบว่า ใบข้าว มีการสะสมแคลเซียมมากที่สุด รองลงมา คือ ลำต้น ส่วนเมล็ดข้าวกล้อง และแกลบ มีค่าใกล้เคียงกัน (Figure 4) การที่ใบข้าวมีการสะสมแคลเซียมมากกว่าส่วนอื่นๆ เนื่องจากแคลเซียมไอออนจะถูกเคลื่อนย้ายทางไซเล็มสู่ส่วนเหนือดินและกระจายไปยังใบตามวิถีอะพوپลาสต์ การสะสมของธาตุนี้ในใบจึงสัมพันธ์กับโดยตรงกับปริมาณการคายน้ำ หากดินมีแคลเซียมอย่างเพียงพอและการคายน้ำของพืชเป็นปกติ จะพบว่าใบมีการสะสมแคลเซียมได้มากกว่าผล (ยงยุทธ, 2558; Gilliam *et al.*, 2011) สอดคล้องกับแปลงทดลองที่ใช้ ซึ่งมีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอยู่ในระดับสูง คือ 1,684.65 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม นอกจากนี้ การใส่แคลเซียมซิลิเกตอัตราสูงมีแนวโน้มพบการดูดใช้แคลเซียมในใบสูงกว่าตัวที่ใส่อัตราต่ำกว่า (Figure 4)

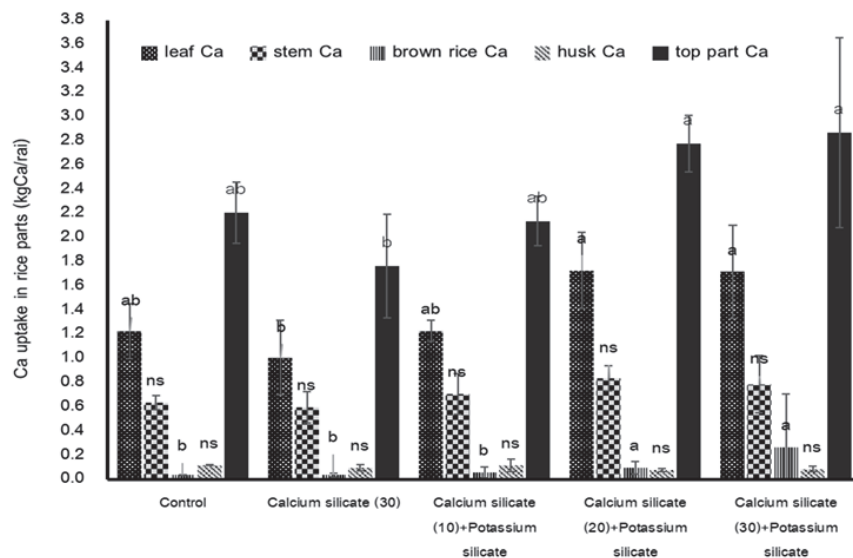


Figure 4 Effect of Si application on calcium uptake in different parts of rice cv. RD 85 (kgCa/rai). The mean values for bars with the same letter above them are not significantly different ($p < 0.05$) using DMRT ($p < 0.05$ for Ca uptake in leaf, brown rice and top part, while "ns" showed for Ca uptake in stem and husk). Error bars are standard error of the mean ($n=3$).

การดูดใช้ธาตุซิลิคอน

ระดับของซิลิคอนที่ใส่มีผลทำให้การดูดใช้ซิลิคอนในใบ ลำต้น แกลบ และส่วนเหนือดินทั้งหมดของข้าวมีความแตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นการดูดใช้ซิลิคอนในเมล็ดข้าวกล้องที่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ โดยมีพิสัยอยู่ในช่วง 0.32-0.48 กิโลกรัมซิลิคอนต่อไร่ ดำรับการทดลองที่ 5 มีการดูดใช้ซิลิคอนในใบสูงที่สุด คือ 5.76 กิโลกรัมซิลิคอนต่อไร่ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับดำรับการทดลองที่ 2 ซึ่งมีการดูดใช้ซิลิคอนในใบน้อยที่สุด คือ 3.66 กิโลกรัมซิลิคอนต่อไร่ (Figure 5) ขณะที่ดำรับการทดลองที่ 4 มีการดูดใช้ซิลิคอนในลำต้นมากที่สุด คือ 15.63 กิโลกรัมซิลิคอนต่อไร่ ส่วนดำรับการทดลองที่ 2 มีค่าน้อยที่สุด คือ 12.38 กิโลกรัมซิลิคอนต่อไร่ การดูดใช้ซิลิคอนในแกลบและส่วนเหนือดินทั้งหมด มีค่าสูงสุดในดำรับการทดลองที่ 3 (8.74 และ 29.01 กิโลกรัมซิลิคอนต่อไร่ ตามลำดับ) ส่วนดำรับการทดลองที่ 2 ให้ค่าน้อยที่สุด คือ 6.42 และ 22.81 กิโลกรัมซิลิคอนต่อไร่ ตามลำดับ (Figure 5) แปลงที่ทำการทดลองมีซิลิคอนที่เป็นประโยชน์ในระดับปานกลาง ความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับสูง การใส่แคลเซียมซิลิเกตตามอัตราที่ใช้ทดลองจึงอาจทำให้การดูดใช้ซิลิคอนในใบในดำรับควบคุมมีค่าสูงกว่าดำรับการทดลองที่

2 ซึ่งใส่แคลเซียมซิลิเกตอัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ แต่เมื่อพิจารณาการดูดใช้ในใบในดำรับการทดลองที่มีการฉีดพ่นซิลิคอนทางใบร่วมด้วย พบว่ามีค่าสูงกว่าการใส่ทางดินในอัตราเดียวกันเพียงอย่างเดียว จากงานทดลองของ Korndörfer *et al.* (2001) ได้เปรียบเทียบระดับซิลิคอนที่เป็นประโยชน์ในแปลงปลูกข้าวเก็บตัวอย่างดินจำนวน 28 แปลง เป็นเวลา 5 ปีติดต่อกัน ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณซิลิคอนในดินกับผลผลิตของข้าว เทียบมาตรฐานและแปลความหมาย โดยคำนวณเป็นผลผลิตสัมพัทธ์เพื่อลดความแปรปรวนของข้อมูล ผลการศึกษาพบว่า มี 19 แปลงที่ให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น คิดเป็นผลผลิตสัมพัทธ์มากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ และเป็นกลุ่มที่มีปริมาณซิลิคอนที่เป็นประโยชน์ในดินมากกว่า 6.5 มิลลิกรัมซิลิคอนต่อลิตร มีความเข้มข้นของซิลิคอนในตอซังมากกว่า 34 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนแปลงที่มีซิลิคอนในดินน้อยกว่าค่าดังกล่าว จะให้ผลผลิต น้ำหนักตอซัง ความเข้มข้นของซิลิคอนในตอซังต่ำกว่า และมีผลผลิตสัมพัทธ์น้อยกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ผลผลิตสัมพัทธ์ที่มีค่าสูงจะสัมพันธ์ทางบวกกับความเข้มข้นและการดูดใช้ซิลิคอนในตอซัง สอดคล้องกับผลผลิตข้าวที่ได้ในการทดลองซึ่งมีค่าสูงสุดในดำรับที่มีการดูดใช้ซิลิคอนในตอซังสูงสุดเช่นกัน (Figure 2 5 และ 6)

เมื่อเปรียบเทียบการกระจายของซิลิคอนในส่วนต่าง ๆ ของข้าว พบว่า ลำต้นมีการดูดใช้ซิลิคอนมากที่สุด คิดเป็น 53.55 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา ได้แก่ แกลบ ใบ และเมล็ด คิดเป็น 27.11 17.89 และ 1.46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Figure 6) สอดคล้องกับ Fageria (2014) ที่กล่าวว่า ความเข้มข้นโดยเฉลี่ยของซิลิคอนในข้าว มีค่าประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเทียบเท่ากับธาตุอาหารพืชในกลุ่มมหธาตุ และกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ จะถูกดูดใช้ในส่วนของลำต้นมากกว่าส่วนอื่น ๆ ความเข้มข้นของซิลิคอนในฟางข้าวจะผันแปรอยู่ระหว่าง 2-10 เปอร์เซ็นต์ ข้าวที่ให้ผลผลิต 1 ตันต่อไร่ จะดูดใช้ซิลิคอนจากดินประมาณ 77 กิโลกรัม ซิลิคอนต่อไร่ โดยที่ 80 เปอร์เซ็นต์ จะยังคงอยู่ในส่วนของตอซัง Food and Agriculture Organization [FAO] (1998) รายงานว่า ปริมาณซิลิคอนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในพื้นที่ทำการเกษตรจะถูกเคลื่อนย้าย

ออกไปมากที่สุดราว 210-240 ล้านตันต่อปี เมื่อเทียบกับธาตุอาหารอื่น ขณะที่ Ma and Takahashi (2002) รายงานว่า เมื่อใส่ซิลิคอนจากตอซังข้าวลงดิน จะมีรูปที่ปลดปล่อยได้ทันทีประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอีก 70 เปอร์เซ็นต์ จะใช้เวลาในการย่อยสลายไม่ต่ำกว่า 40 ปี แต่หากมองว่าซิลิกาออสฐานจากพืชเป็นแหล่งหลักของซิลิคอนในดิน การปลูกพืชอย่างต่อเนื่องจะทำให้ซิลิคอนลดน้อยลงจนมีผลต่อการให้ผลผลิต ดังนั้น การคืนเศษเหลือพืชลงแปลงจึงควรปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอ Linam *et al.* (2024) ศึกษาบทบาทและการคงอยู่ของเหล็กออกไซด์และออกซีไฮดรอกไซด์บริเวณรากต่อการดูดซิลิคอน ฟอสฟอรัส สารหนู และซีลีเนียมของรากข้าวในดินนา พบว่า ซิลิคอนมีการกระจายในส่วนต่าง ๆ ของข้าว โดยตอซังมีการดูดใช้มากที่สุด รองลงมา ได้แก่ แกลบ และราก ขณะที่เมล็ดข้าวกล้างจะพบการดูดใช้น้อยที่สุด

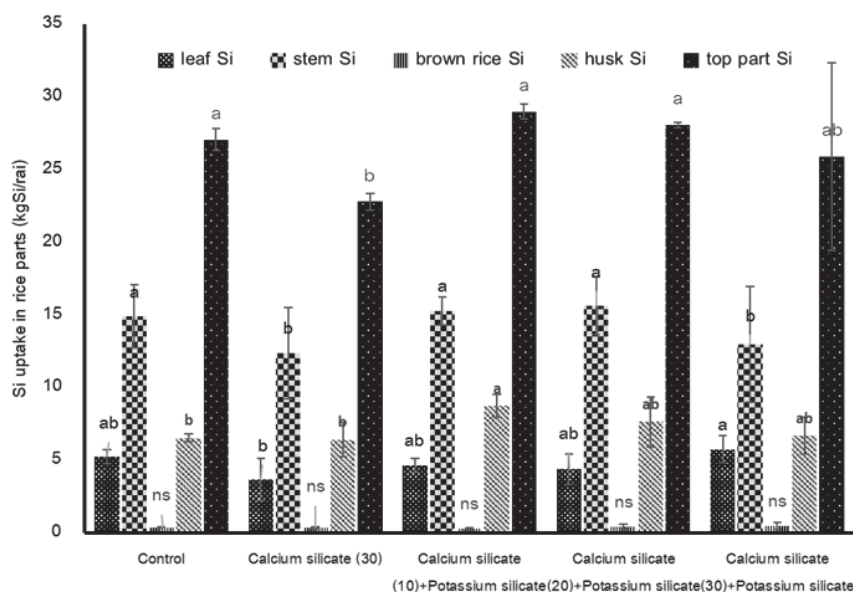


Figure 5 Effect of Si application on silicon uptake in different parts of rice cv. RD 85 (kgSi/rai). The mean values for bars with the same letter above them are not significantly different ($p < 0.05$) using DMRT ($p < 0.01$ for Si uptake in leaf, $p < 0.05$ for Si uptake in stem, husk and top part, while “ns” showed for Si uptake in brown rice). Error bars are standard error of the mean ($n=3$).



Figure 6 Si distribution in different parts of rice cv. RD 85.

ดัชนีการเก็บเกี่ยวซิลิคอน (Silicon harvest index; SHI) และผลตอบแทนการผลิตข้าว

ดัชนีการเก็บเกี่ยวซิลิคอนมีความสำคัญในการประเมินปริมาณซิลิคอนในเมล็ด และต่อชั่งจากการทดลอง พบว่า ระดับของซิลิคอนที่ใส่ไม่มีผลทำให้ดัชนีการเก็บเกี่ยวซิลิคอนแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.30- 0.37 (Table 1) จากสูตรการคำนวณ SHI หมายความว่ากว่า 63-70 เปอร์เซ็นต์ของซิลิคอนจะสะสมอยู่ในตอชั่งมากกว่าในเมล็ด สอดคล้องกับ Fageria (2014) ที่กล่าวว่า พบการสะสมซิลิคอนในตอชั่งมากกว่าในเมล็ด โดยมีค่า SHI อยู่ระหว่าง 0.17-0.20 ซึ่งค่าที่ได้อาจแตกต่างกันไป ขึ้นกับพันธุ์ข้าว ระบบการปลูก และสภาพแวดล้อม

เมื่อพิจารณาผลตอบแทนการผลิตข้าวภายใต้การจัดการปัจจัยการผลิตที่ศึกษา คือ การใส่ปุ๋ยซิลิคอน พบว่า ต้นทุนการผลิต รายได้สุทธิ และกำไร

สุทธิ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยตำรับการทดลองที่ 5 มีต้นทุนการผลิตสูงที่สุด คือ 2,519.46 บาทต่อไร่ และแตกต่างกับตำรับการทดลองอื่น ๆ ยกเว้นตำรับการทดลองที่ 2 และ 4 ส่วนตำรับควบคุม มีต้นทุนการผลิตต่ำที่สุด คือ 1,857.36 บาทต่อไร่ (Table 1) ขณะที่ตำรับการทดลองที่ 4 ให้รายได้สุทธิสูงที่สุด คือ 6,292.82 บาทต่อไร่ ส่วนตำรับควบคุม มีรายได้สุทธิต่ำที่สุด คือ 5,609.94 บาทต่อไร่ (Table 1)

ในแง่ของกำไรสุทธิ พบว่า ตำรับการทดลองที่ 4 มีกำไรสุทธิสูงที่สุด คือ 3,983.36 บาทต่อไร่ และแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองอื่น ยกเว้นตำรับควบคุม (3,752.58 บาทต่อไร่) ส่วนตำรับการทดลองที่ 5 ให้กำไรสุทธิต่ำที่สุด คือ 3,128.03 บาทต่อไร่ (Table 1)

Table 1 Effect of Si application on silicon harvest index and economic returns.

Treatments	SHI	Cost (baht/rai)	Net income (baht/rai)	Net profit (baht/rai)	(%)
T_1 = control	0.30	1,857.36b	5,609.94c	3,752.58ab	-
T_2 = Ca_2SiO_3 (30)	0.33	2,487.36a	5,700.99b	3,213.63c	-14.36
T_3 = Ca_2SiO_3 (10) + K_2SiO_3 (2000)	0.37	2,099.46b	5,744.64b	3,645.18b	-2.86
T_4 = Ca_2SiO_3 (20) + K_2SiO_3 (2000)	0.34	2,309.46ab	6,292.82a	3,983.36a	6.15

Table 1 (continued).

Treatments	SHI	Cost (baht/rai)	Net income (baht/rai)	Net profit (baht/rai)	(%)
$T_5 = Ca_2SiO_3(30) + K_2SiO_3(2000)$	0.36	2,519.46a	5,647.49b	3,128.03c	-16.64
F-test	ns	*	*	*	-
CV (%)	14.26	10.02	9.81	10.85	-

Remark: Means within a column followed by the same letter do not differ significantly at 0.05 by DMRT.

* significant at $P < 0.05$, while ns is not statistically significant.

สรุป

จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า ธาตุซิลิคอน มีการสะสมในลำต้นมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ แกลบ ใบ และเมล็ด การใส่แคลเซียมซิลิเกตร่วมกับการฉีดพ่นโพแทสเซียมซิลิเกตมีผลให้การดูดใช้โพแทสเซียม และแคลเซียมในส่วนเหนือดินทั้งหมดมากกว่าค่ารับควบคุมและค่ารับที่ใส่แคลเซียมซิลิเกตเพียงอย่างเดียว สำหรับอัตราการใช้ สรุปว่า ค่ารับการทดลองที่ 4 ซึ่งใช้แคลเซียมซิลิเกตอัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการฉีดพ่นโพแทสเซียมซิลิเกตทางใบที่ 2,000 มิลลิกรัม ซิลิคอนต่อลิตร ให้ผลผลิตและการดูดใช้ซิลิคอนในลำต้นสูงที่สุด รวมทั้งมีผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับค่ารับการทดลองอื่น อัตราดังกล่าวจึงเหมาะสมกับการใช้ในชุดดินสระบุรีที่มีระดับของซิลิคอนที่เป็นประโยชน์ในดินดั้งเดิมระดับปานกลาง การใส่ซิลิคอนทางดินร่วมกับการฉีดพ่นทางใบสามารถเพิ่มผลผลิต การดูดใช้ซิลิคอน รายได้สุทธิ และกำไรสุทธิในการผลิตข้าวได้มากกว่าการใส่แคลเซียมซิลิเกตทางดินเพียงอย่างเดียว

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท ไบโอวิซ เทคโนโลยี จำกัด ที่สนับสนุนทุนวิจัย และบริษัท ช เคมีไทย จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์สารโพแทสเซียมซิลิเกตสำหรับใช้ในงานทดลอง

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2544. คู่มือการวิเคราะห์ดิน และพืช. พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ. 164 หน้า.

กรมวิชาการเกษตร. 2548. คำแนะนำการใช้น้ำปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ เอกสารวิชาการลำดับที่ 8/2548. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ. 121 หน้า.

ชนิกานต์ เหลืองไพโรจน์. 2557. ผลของวัสดุเหลือใช้โรงงานอุตสาหกรรมถลุงแร่เหล็กต่อการเพิ่มผลผลิตและการสะสมธาตุหลักและซิลิคอนในข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 81 หน้า.

ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และจรัญ จันทร์เจริญสุข. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการการวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 108 หน้า.

ยงยุทธ ไสยสสภ. 2558. ธาตุอาหารพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร กำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 548 หน้า.

ยงยุทธ ไสยสสภ. บุญดิษฐ์ วรินทร์รักษ์ และสิริมา ปันศิริ. 2558. การเจริญเติบโตของข้าว. หน้า 186-217. ใน: ยงยุทธ ไสยสสภ (บก.). ดิน ธาตุอาหารและปุ๋ยข้าว. สมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

สิปปวิชญ์ ปัญญาตุ้ย. 2559. ผลของแคลเซียมซิลิเกตต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในดินนาที่มีซิลิคอนแตกต่างกัน. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 160 หน้า.

- Ando, H., L. Kakuda, H. Fujii, K. Suzuki and T. Ajika. 2002. Growth and canopy structure of rice plants grown under field conditions as affected by Si application. *Soil Science and Plant Nutrition* 48: 341-345.
- Bray, R.H. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Science* 59: 39-45.
- Chen, W., X.Q. Yao, K.Z. Cai and J. Chen. 2011. Silicon alleviates drought stress of rice plants by improving plant water status, photosynthesis and mineral nutrient absorption. *Biological Trace Element Research* 142: 67–76.
- Epstein, E. 1999. Silicon. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 50: 641-664.
- Fageria, N.K. 2014. Mineral nutrition of rice. CRC Press. New York. 552 p.
- Food and Agriculture Organization [FAO]. 1998. World agricultural center. FAOSTAT agricultural statistic data-base gateway.
- Farooq, M.A. and K.J. Dietz. 2015. Silicon as versatile player in plant and human biology: overlooked and poorly understood. *Frontiers in Plant Science Article no. 994*. [https://doi: 10.3389/fpls.2015.00994](https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00994).
- Fujii, H., T. Hayasaka, K. Yokoyama and H. Ando. 1999. Effect of silica application to a nursery bed of rice on rooting ability and early growth of rice plants. *Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 70(6): 785-790.
- Gilliam, M., M. Dayod, B.J. Hocking, B. Xu, S.J. Conn, B.N. Kaiser, R. A. Leigh and S.D. Tyerman. 2011. Calcium delivery and storage in plant leaves: exploring the link with water flow. *Journal of Experimental Botany* 62(7): 2233-2250.
- Guntzer, F., C. Keller and J.D. Meunier. 2012. Benefits of plant silicon for crops: a review. *Agronomy for Sustainable Development* 32: 201-213.
- Hallmark, C.T., L.P. Wilding and N.E. Smeck. 1982. Silicon. pp. 263-271. In: A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney (Eds.). *Methods of soil analysis part 2: Chemical and biological properties-Second edition, Number 9 (Part 2) in the series agronomy*. American Society of Agronomy, Inc., Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Hoseinian, Y., M. A. Bahmanyar, F. Sadegh-zade, M. Emadi and P. Biparv. 2020. Effects of different sources of silicon and irrigation regime on rice yield components and silicon dynamics in the plant and soil. *Journal of Plant Nutrition* 43(15): 2322–2335.
- Hossain, K.A. and S. Miyagawa. 2001. Effect of silicate materials on growth and grain yield of rice plants grown in clay loam and sandy loam soils. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 24(1): 1-13.
- Imaizumi, K. and S. Yoshida. 1958. Edaphological studies on silicon supplying power of paddy soils. *Bulletin of the National Institute of Agricultural Sciences* 8: 261–304.
- Inanaga, S., Y. Higuchi and N. Chishaki. 2002. Effect of silicon application on reproductive growth of rice plant. *Soil Science and Plant Nutrition* 48 (3): 341-345.

- Jones, R. L. and G. B. Dreher. 1996. Silicon. pp. 627-639. In: D.L. Sparks, A.L. Page, P.A. Helmke, R.H. Loeppert, P.N. Soltanpour, M. A. Tabatabai, C.T. Johnston and M.E. Sumner (Eds.) Methods of soil analysis part 3: Chemical methods. Soil Science Society of America, Inc. American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- Kato, N. and N. Owa. 1997. Dissolution of slag fertilizer in paddy soil and Si uptake by rice plant. *Soil Science and Plant Nutrition* 43(2): 329-341.
- Klotzücher, T., A. Marxen, D. Vetterlein, J. Schneiker, M. Türke, N. van Sinh, N.H. Manh, H. van Chien, L. Marquez, S. Villareal, J.V. Bustamante and R. Jahn. 2015. Plant-available silicon in paddy soils as a key factor for sustainable rice production in Southeast Asia. *Basic and Applied Ecology* 16(8): 665-673.
- Korndörfer, G. H., G.H. Snyder, M. Ulloa, G. Powell and L.E. Datnoff. 2001. Calibration of soil and plant silicon analysis for rice production. *Journal of Plant Nutrition* 24(7): 1071-1084.
- Lavinsky, A.O., K.C. Detmann, J.V. Reis, R.T. Avila, M.L. Sanglard, L.F. Pereira, L.M.V.P Sanglard, F.A. Rodrigues, W.L. Araújo and F.M. DaMatta. 2016. Silicon improves rice grain yield and photosynthesis specifically when supplied during the reproductive growth stage. *Journal of Plant Physiology* 206: 125-132.
- Linam, F. A., M.A. Limmer and A.L. Seyfferth. 2024. Contrasting roles of rice root iron plaque in retention and plant uptake of silicon, phosphorus, arsenic, and selenium in diverse paddy soils. *Plant Soil* 502: 397-415.
- Ma, J. F. and E. Takahashi. 2002. *Soil Fertilizer and Plant Silicon Research in Japan*. Elsevier, Amsterdam. 281 p.
- Ma, J. F., N. Yamaji and N. Mitani. 2011. Transport of silicon from roots to panicles in plants. *Proceedings of the Japan Academy (Series B)* 87: 377-385.
- Pontigo, S., A. Ribera, L. Gianfreda, M.L. Mora, M. Nikolic and P. Cartes. 2015. Silicon in vascular plants: uptake, transport and its influence on mineral stress under acidic conditions. *Planta* 242: 23-37.
- Rupasinghe, M.G.N, M.M. Hanafi, M.R.Yusop, R. Ismail, P. Azizi, L.R.M. C. Liyanage and A.P. Mayakaduwa. 2022. Optimizing silicon application to improve growth, grain yield, and nutrient uptake of indica rice (*Oryza sativa* cv. Bw 367). *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science* 45(4), doi.org/10.47836/pjtas.45.4.08.
- Saito, K., A. Yamamoto, T. Sa and M. Saigusa. 2005. Rapid, micro-methods to estimate plant silicon content by dilute hydrofluoric acid extraction and spectrometric molybdenum method. *Soil Science and Plant Nutrition* 51(1): 29-36.
- Tubana, B.S., T. Babu and L.E. Datnoff. 2016. A review of silicon in soils and plants and its role in US agriculture. *Soil Science* 181: 393-411.

Walkley, A. and C.A. Black. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science 37: 29-38.

Yoshida, S.A. 1965. Chemical aspects of the role of silicon in physiology of the rice plant. National Institute of Agricultural Science Series B 15: 1-58.

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. ห้างหุ้นส่วนจำกัดโอเคเค 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 รักขนิม 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. สถาบันหรือหน่วยงานที่จัดทำ, 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).

ในกรณีไม่มีข้อมูลปีที่พิมพ์ ให้ระบุเป็นปีที่สืบค้นข้อมูล

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 หลังจากนั้นถ้ามีการระบุชื่อนี้ก็ให้ย่อชื่อสกุล 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 ท่านและผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาตอบรับการตีพิมพ์จำนวน 2 ท่านจากจำนวน 3 ท่าน *โดยบทความทุกเรื่องใช้ระบบการตรวจอ่านแบบ (double-blinded review system)*

สำนักงานและติดต่อ (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 9, Issue 1 January - April 2026

Protoplast Isolation from the Mycelium of <i>Pleurotus ostreatus</i> and <i>Cordyceps militaris</i> Penkhae Rungrueng, Sontichai Chanprame and Sermsiri Chanprame.....	5
Factors Affecting the Extension of Vegetable Production According to Good Agricultural Practices of Farmers in Nuea Khlong District, Krabi Province Suphalak Kwansri, Nareerut Seerasarn and Sineenuch Khrutmuang Sanserm.....	16
Influence of Rubber Rootstocks on Physiological Response and Osmolyte Accumulation of RRIT 251 Scion in Water Deficit Condition Poramet Kaewprasert, Korakot Nakkanong, Charassri Nualsri and Natthakorn Woraathasin.....	27
Needs of the Utility of Organic Substances in Rice Cultivation of Farmers in Bangsai District, Phra Nakhon Si Ayutthaya Province Teerapot Thonglae, Chalathon Choocharoen and Supaporn Lertsiri.....	43
The Decisions of Those Interested in Digital Tokens Investment for Agribusiness in Thailand Jarungjit Ingkapak, Chalathon Choocharoen and Supaporn Lertsiri.....	53
Effect of Growing Media from Banana Leaf Stalk on Growth and Yield of Chinese Cabbage Chomdao Khumjing, Chadaphon Kaeocham, Sethhawut Phumsombat and Pornpak Popom.....	63
Farmers' Satisfaction with Irrigation Water Management Phra-ong Chaiyanuchit Operation and Maintenance Project: A Case Study of Rice Farmers in Khlong Khuean District, Chachoengsao Province Saypin Hattapranit, Jirattinart Thungngern and Panchit Seeniang.....	69
Factors affecting the Reduction of Rice Production Costs of Farmers in Bo Thong Subdistrict, Bang Rakam District, Phitsanulok Province Siriporn Ninnonnate, Nareerut Seerasarn and Junya Singkham.....	80
Effects of Rubber Wood Ash on Soil Chemical Properties and Sweet Corn Growth in Acidic Soil Suchawadee Chanchaturong, Khwunta Khawmee, Jumpen Onthong and Chakkrit Poonpakdee.....	88
Factors Affecting Extension Needs in Maize Production of Farmers in Wangmun Sub-district, Samngao District, Tak Province Thitharee Chutipongwiwate, Nareerut Seerasarn and Bumpen Keowan.....	100
Factors Influencing the Use of DOAE E-Learning System of Extension Officers in 8 Provinces in the Upper Northeastern Region Ratri Pawasanang, Krailert Taweekul, Yos Borisutdhi and Chaiteera Panpakdee.....	110
Biological Life Tables of <i>Spodoptera frugiperda</i> Fed on Three Host Plants, Spatial Distribution Pattern and Age Structure Change of Larval Stages in Baby Corn Field Nichanun Kernasa, Sirakan Chuaydam and Sunisa Chaiwong.....	119
Comparison of Some Biological and Chemical Properties of Fresh Organic Fertilizers from Five Organic Materials Digested by Black Soldier Fly Larvae with Organic Fertilizer Standards Supphawed Tussanakit, Chanwit Kaewtapee, Rongthip Masmeatathip and Sirinapa Chungopast.....	128
The Analysis of Supply Chain Management and Operations of Cricket Farmers in Nong Prue District, Kanchanaburi Province Nitima Meekeaw, Rapee Dokmaithes and Rongthip Masmeatathip.....	143
Effect of Calcium Silicate and Potassium Silicate Foliar Application on Yield, Potassium, Calcium and Silicon Uptake of Rice Planted in Saraburi Soil Series Sutatip Thongkumpan, Aunthicha Phommuangkhu, Suphachai Amkha, Natcha Sornhiran and Tawatchai Inboonchuay.....	154

ISSN 2985-1904 (online)