



วารสาร วิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ

JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCE AND MANAGEMENT
วารสารวิชาการของคณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปีที่ 8 ฉบับที่ 2 พฤษภาคม - สิงหาคม 2568

สมบัติของวัสดุปลูกต่อความต้องการน้ำของกัญชาในสภาพโรงเรือน รัฐกร สืบคำ อนุสรณ์ เทียนศิริฤกษ์ พชรินทร์ นามวงศ์ และวุฒิ ศรีวิชัย.....	5
อิทธิพลของซีเมนต์นาเกลือที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของเบบี๋แครอต ชมดาว ขำจริง วินิทร่า พ่วงพรม และนิจรินทร์พร สมจิต.....	19
เทคนิคการขยายพันธุ์รีรติ (Petrocosmea pubescens) พืชถิ่นเดียวของไทยในสภาพปลอดเชื้อ พัฒน์นรี รักษิต พิชร์ ปิยะวินิตร์ ปราโมทย์ ไตรบุญ.....	26
เทคนิคการขยายและอนุรักษพันธุ์กรรมมันสา (Maranta arundinacea L.) ในสภาพปลอดเชื้อ พิชร์ ปิยะวินิตร์ พัฒน์นรี รักษิต ปาริฉัตร สังข์สะอาด.....	35
คุณสมบัติการทนความร้อนและความสามารถในการสร้างสารพิษพาทุลินของเชื้อราทนความร้อนที่แยกจากดินไร่สับปะรด ธนภูมิ มณีบุญ วรภา มหากาญจนกุล สมศิริ แสงโชติ รัชณี ธงประยูร และชนัญญา ช่วยศรีนวล.....	45
ผลของความเค็มต่อสารพิษเคมีของกะเพรา 11 หมายเลข ภายใต้สภาพโรงเรือน ธนพงศ์ เก้าพิทักษ์กุล จักรพงศ์ ภิญโญ ณัฐริกา เหลาคำ วชิรญา อิมสบาย และอัญมณี อาวูชานนท์.....	55
ผลของอายุการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพผลและอายุหลังเก็บเกี่ยวของอะโวคาโดพันธุ์ 'ปีเตอร์สัน' เมทินี พลอยเปลี่ยนแสง ศิริกานต์ ศรีธัญรัตน์ และปณวัฒน์ ลิขิตทกสมิต.....	69
การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ เพื่อระบุลักษณะปรากฏของอ้อยต่อโรคเน่าแดงในการปรับปรุงพันธุ์อ้อย ครองทรัพย์ แสงทอง รัตนา ตั้งวงศ์กิจ และภาวิดา ตั้งวงศ์กิจ.....	77
เปรียบเทียบวิธีการรดน้ำหนักแห้งด้วยตูบลมร้อนและเตาไมโครเวฟสำหรับเป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวของอะโวคาโดพันธุ์ 'ปีเตอร์สัน' ปณวัฒน์ ลิขิตทกสมิต และเมทินี พลอยเปลี่ยนแสง.....	87
ผลของอัตราปลูกต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วพุ่ม ชินจิต แก้วกัญญา อัครเดช แก้วเก็บคำ และชยานันต์ ศรีสวัสดิ์.....	96
ความหลากหลายทางพันธุกรรมของถั่วเขียวฉายรังสี ช่วงที่ 5 ธีรวุฒิ วงศ์รัตน์ อัจฉรา จอมสง่าวงศ์ จุฑารัตน์ ช้างแก้วมณี และยิ่งยศ พาลูกา.....	106
การศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดินที่มีผลต่อต้านโรคจาก Fusarium spp. และการปลดปล่อยแอมโมเนียมและไนเตรตทางดินในพืชทุเรียน สิรินภา ช่วงโสภาส และวิภาวรรณ ท้ายเมือง.....	115
สภาพการปรับเปลี่ยนพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวตามแผนที่เกษตร (Agri – Map) ของเกษตรกรใน อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ ชนิตา ช่างผัดส์ และอรุณี พรหมคำบุตร.....	127
ผลของน้ำหมักชีวภาพใบกระถิน มูลสุกร มูลไก่เกล็ด และปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้า ไพบุลย์ หมู่มาศ กัมพล ปาละอุด ศรีณัฐ ไปโซโร เยาวเรศ ชูศิริ ณรงค์ คชภักดีศาสตรา ลาตปะละ และ ศราววุธ วณิชแห่งไพรัช.....	140
ผลของกรดอิมิกต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และการสะสมธาตุอาหารในมะเขือเทศเชอรี่ พันธุ์ CH 154 อัญชิชา พรหมเมืองคุก จุฑาทิพย์ เนตรวัฒน์ ปุญญาธิสา ตระกูลยิ่งเจริญ และญาณิศา นามสวัสดิ์.....	152

คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ

การเตรียมต้นฉบับ

1. ภาษา เป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ

2. การพิมพ์ พิมพ์หน้าเดียวบนกระดาษ A4 ด้วยไมโครคอมพิวเตอร์โปรแกรม ไมโครซอฟต์เวิร์ด 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 กำกับไว้ท้ายนามสกุลของผู้เขียนที่มีที่อยู่ต่างถิ่นนั้น 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 วิจารณ์อาจนำไปรวมกับผลการศึกษา เป็น ผลการศึกษาและวิจารณ์ (Results and Discussion)

3.8 สรุป (Conclusion) ควรสรุปผลที่ได้รับจากการศึกษาวิจัยว่า เป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่ อาจมีข้อเสนอแนะ หรือระบุอุปสรรคและแผนงานวิจัยที่จะดำเนินการต่อไป

3.9 กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement) อาจมีหรือไม่ก็ได้ เป็นการแสดงความขอบคุณแก่ผู้ให้ทุนวิจัย หรือผู้ที่ช่วยเหลือในงานวิจัย แต่ไม่ได้เป็นผู้ร่วมงานวิจัย

3.10 เอกสารอ้างอิง (References)

3.10.1 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. การเปลี่ยนแปลงประชากรตามฤดูกาลของแมลงศัตรูเมล็อน. เกษตร 47(1): 937-946.

มณีนัย ขยานนท์กุล 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 บรรณาธิการ	คณบดีคณะเกษตร กำแพงแสน รศ.ดร.ชเนษฎ์ ม้าลำพอง	Editor	Assoc. Prof. Chanate Malumpong Kasetsart University
รองบรรณาธิการ	ผศ.ดร.ชัยสิทธิ์ ทองจุ	Vice Editor	Assist. Prof. Dr. Chaisit Thongjoo Kasetsart University
กองบรรณาธิการฝ่ายวิชาการ	ศ.ดร.สุพัฒน์ อรรถธรรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศ.ดร.ธีรภาพ เจริญวิริยภาพ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศ.ดร.ทิพย์วดี อรรถธรรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศ.ปรารธนา พฤษะศรี 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.อรรตน์ 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 บุรณพาณิชนันท์
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 Polthane
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 อินนวงศ์
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
Assist. Prof. Dr. Bhundit Innawong
Silpakorn University
Assist. Prof. Dr. Chaiyawan Wattananjan
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

บทบรรณาธิการ

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

คณะเกษตร กำแพงแสนได้เห็นความสำคัญของการพัฒนาและส่งเสริมผลงานวิจัยเพื่อเผยแพร่เชิงบูรณาการให้มีคุณภาพ เกิดประโยชน์อย่างแท้จริง สำหรับฉบับนี้มีบทความวิจัยด้วยกัน 15 เรื่อง ประกอบด้วย สาขาพืชไร่ นา 2 เรื่อง สาขาพืชสวน 7 เรื่อง สาขาปฐพีวิทยา 4 เรื่อง สาขาโรคพืช 1 เรื่อง สาขาเกษตรกลวิธาน 1 เรื่อง ซึ่งกองบรรณาธิการขอขอบคุณผู้เขียนทุกท่าน ที่ได้กรุณาแบ่งปันข้อมูลดีๆ ที่เป็นประโยชน์ เพื่อเผยแพร่สู่สาธารณะต่อไป

รศ.ดร.ชนเชษฐ ม้าลำพอง

บรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ

สมบัติของวัสดุปลูกต่อความต้องการน้ำของกัญชาในสภาพโรงเรือน

Growing Substrate Properties on Cannabis Water Requirement under Greenhouse Condition

รัฐกร สืบคำ¹ อнуสรณ์ เทียนศิริฤกษ์² พัชรินทร์ นามวงษ์² และวุฒิ ศรีวิชัย²

Ratgon Suebkam¹, Anusorn Tiensiriroek², Patcharin Namwong² and Wut Sriwichai²

Received: October 19, 2023

Revised: January 8, 2024

Accepted: January 16, 2024

Abstract: The purpose of this study was to study suitable physical properties of growing substrate on actual cannabis evapotranspiration and reference crop evapotranspiration for calculating cannabis water use coefficient. The results revealed that the growing substrate blending between peat moss: perlite: vermiculite (50: 25: 25) percentage by weight gave suitable of water drainage amount for cannabis growth. Additionally, the cannabis water coefficient different initial (5-6 weeks), vegetative (7-16 weeks) and reproductive stages (17-21 weeks) were adjusted 3.34, 6.08 and 10.6 respectively. It was corresponding with the cannabis growing such as plant height, canopy width and stem width increasing at initial stage were 40.6, 25.3 and 3.2 cm, respectively, following with the vegetative stage were 135.8, 96.1 and 12.6 cm, respectively, as well as the reproductive stage were 187.4, 126.4 and 18.4 cm respectively. Based on the results of water balance equation of actual cannabis evapotranspiration and reference crop evapotranspiration by using Penman-Monteith equation were 2,323.4 and 337.5 mm respectively.

Keywords: cannabis water requirement, growing substrate, greenhouse

บทคัดย่อ: สมบัติของวัสดุปลูกต่อความต้องการน้ำของกัญชาในสภาพโรงเรือนมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของวัสดุปลูกต่อการคายน้ำแท้จริงของกัญชา และการคายน้ำของพืชอ้างอิง เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของกัญชาโดยวิธีการชั่งน้ำหนัก พบว่าสมบัติของวัสดุปลูกที่ประกอบด้วยพีทมอส : เพอร์ไลท์ : เวอร์มิคูไลท์ อัตราส่วน 50:25:25 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มีการระบายน้ำของวัสดุเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของกัญชาและสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของกัญชาที่ปรับแต่งแล้วในช่วงระยะการเจริญเติบโตเริ่มต้น การเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ และระยะการเจริญเติบโตจนถึงเริ่มออกดอกเฉลี่ยเป็น 3.34, 6.08 และ 10.6 ตามลำดับ สอดคล้องกับการเจริญเติบโตของกัญชาที่เพิ่มขึ้น ได้แก่ ความสูง ความกว้างทรงพุ่ม และขนาดลำต้น เมื่อระยะการเจริญเติบโตเริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับ 40.6, 25.3 และ 3.2 เซนติเมตร ตามลำดับ ตามด้วยการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบเฉลี่ยเท่ากับ 135.8, 96.1 และ 12.6 เซนติเมตร ตามลำดับ และระยะการเจริญเติบโตจนถึงเริ่มออกดอกเฉลี่ย 187.4, 126.4 และ 18.4 เซนติเมตร ตามลำดับ ที่ได้จากการสมการสมดุลน้ำของการคายน้ำแท้จริงของกัญชา (ETc) และการคายน้ำของพืชอ้างอิง (ETo) จากสมการ Penman-Monteith เท่ากับ 2,323.4 และ 337.5 มิลลิเมตร ตามลำดับ

คำสำคัญ: ความต้องการน้ำของกัญชา, วัสดุปลูก, โรงเรือน

¹ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น 180 ถนนมิตรภาพ อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000

¹ Khon Kaen Field Crops Research Center, 180 Mittraphap Road, Mueang District, Khon Kaen 40000

² กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา 50 พหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

² Soil Science Research Group, 50 Phaholyothin Road, Lat-Yao Subdistrict, Chatuchak District, Bangkok 10900

*Corresponding author: ratgonsuebkam@gmail.com

คำนำ

กัญชาเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีศักยภาพ โดยเฉพาะการนำมาใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ และสุขภาพมีการใช้ประโยชน์จากส่วนต่างๆ ของกัญชา เช่น ลำต้นนำมาใช้ประโยชน์ในการทำเครื่องนุ่งห่ม เสื้อผ้า และกระดาษ สำหรับใบ ราก และช่อดอกของ กัญชานำมาใช้ประโยชน์เป็นยาสมุนไพร และอาหาร นอกจากนี้เมล็ดกัญชา และกากเมล็ดกัญชานำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีน และกรดไขมันที่เป็นประโยชน์ (โอบเมกา 3 และ โอบเมกา 6) เพื่อเป็นอาหารคนและสัตว์ซึ่งสามารถสร้างรายได้และต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องได้หลากหลาย โดยที่เกษตรกรหรือกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตจำเป็นต้องมีองค์ความรู้ในการผลิตตั้งแต่เรื่องพันธุ์ การปลูกไปจนถึงการเก็บเกี่ยว (กรมวิชาการเกษตร, 2564) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดการให้น้ำสำหรับกัญชาตลอดการเจริญเติบโตทั้งในโรงเรือนและแปลงปลูก พบว่ากัญชาเป็นพืชที่มีความต้องการน้ำสำหรับการเจริญเติบโตมากกว่าพืชบางชนิด เช่น ข้าวสาลี ข้าวโพด ถั่วเหลือง และฝ้าย เป็นต้น เมื่อปลูกกัญชาในสภาพแปลงปลูกบริเวณพื้นที่ทางรัฐแคลิฟอร์เนีย ของสหรัฐอเมริกา พบว่ามีความต้องการน้ำของกัญชาตลอดการเจริญเติบโตเฉลี่ยอยู่ในช่วง 19 ถึง 21 ลิตรต่อวัน เมื่อเปรียบเทียบการปลูกกัญชาในสภาพโรงเรือนที่มีความต้องการน้ำเฉลี่ยน้อยกว่าอยู่ในช่วง 10 ถึง 11 ลิตรต่อวัน ตามลำดับ (Wilson *et al.*, 2019) สำหรับการเจริญเติบโตทั้งทางลำต้นและใบของพืชสกุลกัญชาในระยะกล้ามีความต้องการน้ำของพืชเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต โดยปกติใช้ระยะเวลา 4 ถึง 6 สัปดาห์ แต่ในบางกรณีอาจใช้ระยะเวลา 15 สัปดาห์ เพื่อให้มีการสร้างจำนวนกิ่งที่เพิ่มขึ้น รวมทั้งการใช้วัสดุที่เหมาะสมที่มีการระบายน้ำเป็นอย่างดีช่วยส่งเสริมให้ต้นกัญชาสามารถเจริญเติบโตได้เฉลี่ยสูงถึง 7 เซนติเมตรต่อวัน ซึ่งในช่วงระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ ควรได้รับชั่วโมงแสง 18 ชั่วโมงต่อวัน

ขณะที่ระยะก่อนออกดอก และระยะออกดอกควรได้รับชั่วโมงแสง 12 ชั่วโมงต่อวัน ตั้งแต่ช่วงระยะสัปดาห์ 16 ถึง 29 สัปดาห์การเจริญเติบโตจะลดลงตามลำดับ (Clarke and Merlin, 2016) ขณะที่ กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก (2565) กล่าวว่า กัญชาในแปลงปลูกของเกษตรกรมีความต้องการปริมาณน้ำเพื่อการเจริญเติบโตเฉลี่ย 500 ถึง 600 มิลลิเมตรต่อฤดูกาลปลูก ขึ้นอยู่กับปัจจัยแต่ละสายพันธุ์ ความสั้น และยาวของชั่วโมงแสงในแต่ละวัน ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตของกัญชา และผลผลิตช่อดอกดังกล่าว

Gill *et al.* (2022) รายงานว่าเมื่อกัญชาสายพันธุ์ Black lable ได้รับผลกระทบการขาดน้ำส่งผลต่อมวลชีวภาพ ความสูง และผลผลิตเมล็ดลดลง มีแนวโน้มส่งผลต่อการเปิดปากใบ อัตราการคายน้ำ และอัตราการสังเคราะห์แสงน้อยลง นอกจากนี้ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (Water use efficiency; WUE) ของกัญชาไม่เพิ่มขึ้น ขณะที่ Cosentino *et al.* (2013) พบว่ากัญชาพันธุ์ Futura 75 มีประสิทธิภาพการใช้น้ำกัญชาที่เพิ่มขึ้นจาก 2.73 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เป็น 3.45 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร นอกจากนี้ Tang *et al.* (2018) รายงานว่าเมื่อเกิดสภาพการขาดน้ำเป็นระยะเวลายาวนานส่งผลทำให้ใบกัญชาแก่และมีเหลือง ความกว้างของลำต้นลดลง และ Amaducci *et al.* (2008) รายงานว่าความยาวรากของกัญชาเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีการขาดน้ำในสภาพแปลงดังแสดงใน (Figure 1)

สำหรับการศึกษาสมบัติของวัสดุปลูกต่อความต้องการน้ำของกัญชาในสภาพโรงเรือนครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1. ศึกษาสมบัติทางกายภาพของวัสดุปลูกที่เหมาะสมสำหรับการปลูกกัญชา 2. ศึกษาการคายน้ำแท้จริงของกัญชา (ETc) และการคายน้ำของพืชอ้างอิง (ETo) เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของกัญชา (Kc) เป็นข้อมูลที่สำคัญต่อการพัฒนาและการผลิตกัญชาภายใต้สภาวะโรงเรือน

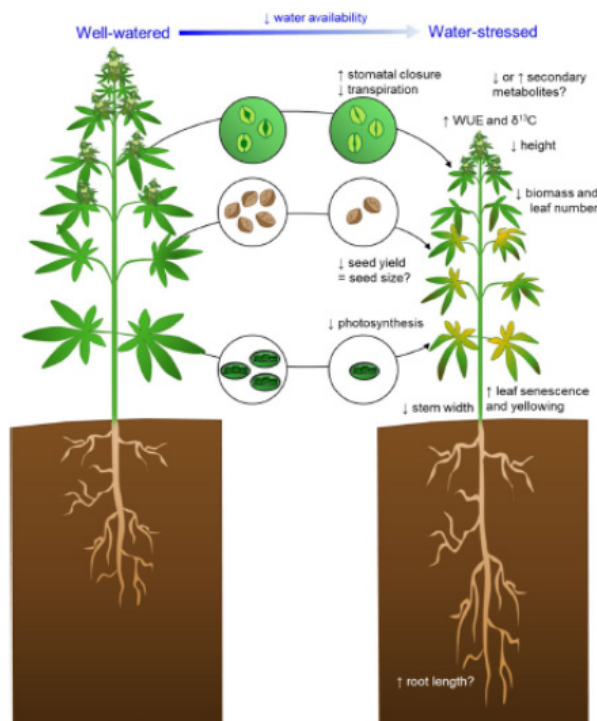


Figure 1 Schematic diagram of the current understanding of cannabis water stress response including conflict response or those the lack evident are indicated by a question mark.

Caution: Gill *et al.* (2023)

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาสมบัติทางกายภาพบางประการของวัสดุปลูกกัญชา

วางแผนทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ประกอบด้วย 4 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 5 ซ้ำ ประกอบด้วย ได้แก่ 1. พีทมอส 2. พีทมอส : เพอร์ไลท์ : เวอร์มิคูไลท์ (70 : 15 : 15) 3. พีทมอส : เพอร์ไลท์ : เวอร์มิคูไลท์ (60 : 20 : 20) และ 4. พีทมอส : เพอร์ไลท์ : เวอร์มิคูไลท์ (50 : 25 : 25) เพอร์ไลท์โดยน้ำหนัก แช่วัสดุปลูกเพื่อให้อิ่มตัวด้วยน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นทำการอัดวัสดุปลูกโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงให้พอดีกับปริมาตรกระบอกบรรจุวัสดุปลูก นำมาแช่เพื่อให้อิ่มตัวด้วยน้ำ

เป็นระยะเวลาอีก 1 ชั่วโมง นำวัสดุปลูกที่อิ่มตัวด้วยน้ำมาใส่ในกรวยกรองปล่อยให้น้ำไหลจากวัสดุปลูกจนกระทั่งหยุดไหล นำน้ำที่ระบายออกจากวัสดุปลูกมาชั่ง เพื่อหาเปอร์เซ็นต์การระบายน้ำ และระดับความจุ ความชื้นความจุสนาม จากนั้นนำตัวอย่างวัสดุปลูกเข้าหม้อแรงดันที่ระดับความดัน 15 บรรยากาศ จนกว่าน้ำจะระบายออกจากวัสดุปลูกหยุดไหล แล้วนำมาชั่ง เพื่อหาความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวรแล้วทำการอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 72 ชั่วโมง แล้วนำมาชั่งหาความชื้นตามลำดับดังแสดงใน (Figures 2 to 4) (จักรพงษ์, 2546)



Figure 2 Growing substrate were compacted with cores by gravimetric method after that saturated with water for 1 hour.



Figure 3 Measurement the amount of drained water and the weight of drained growing substrate to calculate for the field capacity (FC).



Figure 4 Calculation for permanent wilting point (PWP) by compressing the growing substrate in the 15 atmospheres condition until finishing of the draining. Then, the samples were dried up at 60°C for 3 days.

การคายน้ำของพืชอ้างอิง (Reference crop evapotranspiration, ET_o)

คำนวณหาการคายน้ำของพืชอ้างอิงรายวัน (ET_o daily) หมายถึง อัตราการคายน้ำรวมกับการระเหยน้ำจากพื้นผิวที่มีหญ้าปกคลุมสูงจากพื้นดิน 15 เซนติเมตร โดยมีการใช้ข้อมูลพิกัดของ

สถานีอุตุนิยมวิทยา ความสูงจากระดับน้ำทะเล ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย ความเร็วลมที่ระดับความสูงจากพื้นดิน 2 เมตร และความยาวนานชั่วโมงแสงในแต่ละวันที่มีการตั้งสถานี ตรวจอากาศเคลื่อนภายในโรงเรือนโดยใช้สมการ Penman-Monteith ดังแสดงใน Equation 1

$$ET_{o \text{ daily}} = \frac{0.408\Delta (R_n - G) + \gamma 900 / (T + 273) U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 U_2)} \quad (1)$$

เมื่อ $ET_{o \text{ daily}}$ = การคายน้ำของพืชอ้างอิง (มิลลิเมตร/วัน), R_n = ปริมาณรังสีของดวงอาทิตย์ที่พืชได้รับ (เมกกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน), G = ค่าความไหลของความร้อนพื้นดิน (เมกกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน), T = อุณหภูมิของอากาศ (องศาเซลเซียส), Δ = ค่าความลาดเทของเส้นแรงดันไอ (กิโลปาสกาลต่อองศาเซลเซียส), γ = ค่าคงที่ของ psychrometric (กิโลปาสกาลต่อองศาเซลเซียส), U_2 = ค่าความเร็ว

ของลมที่ระดับความสูงจากพื้นดิน 2 เมตร (เมตรต่อวินาที) และ $(e_s - e_a)$ = ค่าความต่างของแรงดันไอน้ำ (กิโลปาสกาล) (Allen *et al.*, 1998)

การคายน้ำแท้จริงของกัญชา และค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของกัญชาสายพันธุ์กาญจนบุรี

หาค่าการคายน้ำของพืชรายสัปดาห์ ($ET_{c \text{ week}}$) ดังแสดงใน Equation 2

$$ET_{c \text{ week}} = I + P - DP \pm \Delta GMMC \quad (2)$$

เมื่อ $ET_{c \text{ week}}$ = การคายน้ำของกัญชา (มิลลิเมตรต่อสัปดาห์), P = ปริมาณน้ำฝนมีค่าเท่ากับ 0 (มิลลิเมตรต่อสัปดาห์), I = ปริมาณน้ำที่ให้ (มิลลิเมตรต่อสัปดาห์), DP = การทราบซึมลึกของน้ำ (มิลลิเมตรต่อวัน) และ $\Delta GMMC$ = ปริมาณความชื้นที่เปลี่ยนแปลงในวัสดุปลูก (มิลลิเมตรต่อสัปดาห์) การคายน้ำแท้จริงของกัญชา และค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของกัญชาสายพันธุ์กาญจนบุรี

ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของกัญชารายสัปดาห์ ($K_c \text{ week}$) คือสัดส่วนของการคายน้ำของกัญชาในสภาวะจริงต่อการคายน้ำของพืชอ้างอิงที่คำนวณจากสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ปลูกพืชในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของกัญชา (Allen *et al.*, 1998) ดังแสดงใน Equation 3

$$ETc_{\text{week}} = \frac{ETc_{\text{week}}}{ETo_{\text{week}}} \quad (3)$$

การบันทึกข้อมูล

ปลูกกุยชาสายพันธุ์กาญจนบุรีอายุ 1 เดือน ถึง 5 เดือน ในกระถางที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร คิดเป็นพื้นที่ 0.071 ตารางเมตร และ ความสูงของกระถาง 40 เซนติเมตร บรรจุวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของ พีทมอส : เพอร์ไลต์ : เวอร์มิคูไลต์ ในอัตราส่วนที่ต่างกันให้มีความสูงจากก้นกระถาง 32 เซนติเมตร จำนวน 10 ต้น บันทึกข้อมูล ได้แก่

(1) ความชื้นของวัสดุปลูกที่เปลี่ยนแปลงโดยวิธีการชั่งน้ำหนักก่อนการให้น้ำรายวัน (2) ปริมาณน้ำที่ให้และน้ำที่ระบายออกรายวัน (3) สภาพอากาศของโรงเรือนรายวัน (4) ความสูงต้นกุยชา ความกว้างทรงพุ่ม และขนาดลำต้นรายสัปดาห์ (5) น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของราก ลำต้น และใบหลังการเก็บเกี่ยวกุยชา ดังแสดงใน (Figure 5)



Figure 5 Measurement the growing substrate moisture change, amount of drained water and watering amount were monitored every day. Plant characteristics as height, canopy width and stem diameter were measured every week until plants were harvested.

เวลาและสถานที่

ระยะเวลาดำเนินการทดลอง กันยายน 2565 ถึง มกราคม 2566 ณ โรงเรือนสำนักเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพมหานคร

ผลการทดลองและวิจารณ์

สมบัติทางกายภาพบางประการของวัสดุปลูกกุยชา

จากผลการทดลอง พบว่าที่ระดับความจุ ความชื้นสนาม (FC) ในช่วง 83.1 ถึง 84.0 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (PWP) ในช่วง 62.4 ถึง 65.3 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่นรวม (BD) ในช่วง 0.14 ถึง 0.16 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และการระบายน้ำ (Water drainage) ในช่วง 15.8 ถึง 16.9 เปอร์เซ็นต์ ของวัสดุปลูกทุกกรรมวิธี ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยพบว่าวัสดุผสมระหว่าง พีทมอส : เพอร์ไลต์ : เวอร์มิคูไลต์ (50 : 25 : 25) โดยน้ำหนักมีการระบายน้ำดีที่สุด ขณะที่ความสามารถในการอุ้มน้ำของวัสดุปลูก (WHC) วัสดุผสมระหว่างพีทมอส : เพอร์ไลต์ : เวอร์มิคูไลต์ (50 : 25 : 25) มีความสามารถในการอุ้มน้ำน้อยที่สุดเท่ากับ

17.8 เปอร์เซ็นต์ น้อยกว่าวัสดุผสมระหว่างพีทมอส : เพอร์ไลต์ : เวอร์มิคูไลต์ (70 : 15 : 15) เท่ากับ 19.9 เปอร์เซ็นต์ ตามด้วยพีทมอสเพียงอย่างเดียวเท่ากับ 21.4 เปอร์เซ็นต์ และวัสดุผสมระหว่าง พีทมอส : เพอร์ไลต์ : เวอร์มิคูไลต์ (60 : 20 : 20) เท่ากับ 21.6 เปอร์เซ็นต์ ทุกกรรมวิธีมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติดังแสดงใน Table 1 เพราะฉะนั้นการศึกษาค้นคว้าความต้องการน้ำของกุยชาในสภาพโรงเรือนได้เลือกใช้วัสดุปลูกในอัตราส่วนผสม พีทมอส : เพอร์ไลต์ : เวอร์มิคูไลต์ (50 : 25 : 25) โดยน้ำหนัก ที่มีการระบายน้ำของวัสดุปลูกดีที่สุด และความสามารถในการอุ้มน้ำของวัสดุปลูกน้อยที่สุด เพราะกุยชาเป็นพืชที่ชอบการระบายน้ำของวัสดุปลูกที่ดี สำหรับในการหายใจของรากเพื่อการเจริญเติบโตของกุยชาได้เป็นอย่างดี (กรมวิชาการเกษตร, 2564)

ขณะที่ หนึ่งและคณะ (2564) พบว่าอัตราส่วนระหว่าง ขุยมะพร้าว เปลือกมะพร้าวสับ และกากหม้อกรอง 3 : 1 : 1 โดยปริมาตร ให้ผลผลิตกุยชาดีที่สุดแต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุปลูกอัตราส่วนระหว่าง ขุยมะพร้าว

เปลือกมะพร้าวสับ และแกลบดิบ 3 : 1 : 1 โดยปริมาตร และวัสดุปลูกอัตราส่วนระหว่าง ขุยมะพร้าว และเปลือกมะพร้าวสับ 3 : 1 โดยปริมาตร นอกจากนี้

เมื่อมีส่วนผสมของแกลบดินทำให้วัสดุปลูกมีการระบายน้ำที่ดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตามก็สามารถทำให้สูญเสียธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชไปได้ง่ายเช่นกัน

Table 1 Physical properties of growing substrate for cannabis cultivation in this study.

Growing substrate ratio (Peatmoss: Perlite: Vermiculite)	% FC ^{1/} (by weight)	% PWP ^{2/} (by weight)	% WHC ^{3/} (by weight)	BD ^{4/} (g cm ⁻³)	% Water Drainage (by weight)
(100 : 0 : 0)	84.2 ± 0.3 ^{5/}	62.8 ± 0.6	21.4 ± 0.5a	0.15 ± 0.002	15.8 ± 0.3
(50 : 25 : 25)	83.1 ± 0.5	65.3 ± 0.8	17.8 ± 0.7b	0.16 ± 0.004	16.9 ± 0.5
(60 : 20 : 20)	84.0 ± 0.4	62.4 ± 0.7	21.6 ± 0.3a	0.14 ± 0.002	16.0 ± 0.4
(70 : 15 : 15)	83.9 ± 0.5	64.0 ± 1.7	19.9 ± 1.4ab	0.15 ± 0.002	16.1 ± 0.5
F-test (df error=16)	1.31	1.34	4.23*	2.33	1.35
% CV	1.10	3.93	9.33	4.27	5.70

^{1/}FC = Field capacity. ^{2/}PWP = Permanent wilting point. ^{3/}WHC = Water holding capacity (FC-PWP). ^{4/}BD = Bulk density.

^{5/} = Means ± S.E (n = 5) were compared by LSD method and * significant at 95 %

การคายน้ำของพืชอ้างอิง (ET_o)

พบว่าในช่วง 5 ถึง 8 สัปดาห์ (เดือนที่ 2) ภายหลังต้นกล้ากัญชาอายุ 1 เดือน มีการคายน้ำของพืชอ้างอิงอยู่ในช่วง 17.3 ถึง 21.1 มิลลิเมตรต่อสัปดาห์ ภายหลังเมื่อการเจริญเติบโตของกัญชาเพิ่มขึ้นในช่วง 9 ถึง 12 สัปดาห์ (เดือนที่ 3) มีการคายน้ำของพืชอ้างอิงอยู่ในช่วง 22.2 ถึง 23.4 มิลลิเมตรต่อสัปดาห์ ตามด้วยการเจริญเติบโตของกัญชาที่เพิ่มขึ้นในช่วง 13 ถึง 16 สัปดาห์ (เดือนที่ 4) มีการคายน้ำของพืชอ้างอิงอยู่ในช่วง 15.2 ถึง 21.0 มิลลิเมตรต่อสัปดาห์ รวมทั้งการเจริญเติบโตของกัญชาที่ในช่วง 17 ถึง 20 สัปดาห์ (5 เดือน) มีการคายน้ำของพืชอ้างอิงอยู่ในช่วง 18.3 ถึง 21.2 มิลลิเมตรต่อสัปดาห์ และการเจริญเติบโตของกัญชาในช่วงระยะเริ่มออกดอกสัปดาห์ที่ 21 (ภายหลัง 5 เดือน) มีการคายน้ำของพืชอ้างอิงเท่ากับ 16.0 มิลลิเมตรต่อสัปดาห์ เนื่องจากจำนวนชั่วโมงของแสงในชั่วโมงดังกล่าวมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.3 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับในช่วงเวลา 17 ถึง 20 สัปดาห์ (5 เดือน) ที่มีชั่วโมงแสงอยู่ในช่วง 2.6 ถึง 3.0 ชั่วโมง ตามลำดับ Upton *et al.* (2013) พบว่าอุณหภูมิในโรงเรือนที่เหมาะสม

สำหรับกัญชาสายพันธุ์ที่ปลูกในเขตร้อนควรอยู่ในช่วง 25 ถึง 30 องศาเซลเซียส และสำหรับสายพันธุ์กัญชาที่ปลูกในเขตอบอุ่นควรมีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ Chandra *et al.* (2013) ความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสม (Relative humidity; RH) ตลอดการเจริญเติบโตของกัญชาควรอยู่ในช่วง 55 ถึง 70 เปอร์เซ็นต์ จากคำแนะนำดังกล่าว พบว่าในเดือนธันวาคมช่วงเวลา 17 ถึง 20 สัปดาห์ (5 เดือน) สภาพอากาศภายในโรงเรือนเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของกัญชามากที่สุด

เมื่อหาค่าสหสัมพันธ์การคายน้ำของพืชอ้างอิง (ET_o) ที่เพิ่มขึ้นกับปัจจัยจำนวนชั่วโมงแสงที่เพิ่มขึ้นมีค่าสหสัมพันธ์ 50 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลทำให้อุณหภูมิในโรงเรือนปลูกกัญชาเพิ่มขึ้นมีค่าสหสัมพันธ์ 35 เปอร์เซ็นต์ และทำให้ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าสหสัมพันธ์ลดลง 18 เปอร์เซ็นต์ ประกอบกับในสภาพโรงเรือนมีข้อจำกัดในการระบายความร้อน ดังนั้นโรงเรือนจำเป็นต้องติดตั้งพัดลมช่วยระบายความร้อนภายในโรงเรือน เพราะฉะนั้นความเร็วลมส่งผลต่อการคายน้ำของพืชอ้างอิงซึ่งมีค่าสหสัมพันธ์เพิ่มขึ้น 23 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับดังแสดงใน (Table 2)

Table 2 Weather data in greenhouse after cannabis were planted.

Week	Avg. Max.Temp (°C)	Avg. Min.Temp (°C)	Avg. RH (%)	Avg. Wind (m.s ⁻¹)	Avg. Sun light (hours)	Avg. ETo (mm.day ⁻¹)	Sum. ETo (mm.week ⁻¹)
5 (13-19 Sep. 2022)	37.3	27.9	59.0	0.07	2.7	3.0	21.1
6	26.1	23.0	66.6	0.01	1.3	2.5	17.3
7	35.0	27.0	67.0	0.01	2.2	2.7	18.8
8	37.7	26.2	67.7	0.03	3.3	3.0	21.1
9	39.6	25.1	59.6	0.03	4.5	3.2	22.6
10	40.7	24.7	56.0	0.00	5.6	3.4	23.4
11	40.3	25.2	54.1	0.00	5.6	3.2	22.5
12	40.9	22.3	49.4	0.00	6.4	3.2	22.2
13	40.9	24.7	52.3	0.00	5.3	3.0	21.1
14	39.6	25.1	68.3	0.00	3.4	2.7	18.6
15	38.0	25.5	66.4	0.00	1.8	2.2	15.2
16	33.8	25.5	66.6	0.01	4.9	2.7	19.0
17	32.4	24.6	65.1	0.00	6.6	2.9	20.5
18	29.0	20.9	59.6	0.00	9.2	3.0	21.2
19	30.0	20.9	57.4	0.00	6.9	2.7	18.6
20	36.6	20.4	52.3	0.00	5.7	2.6	18.3
21 (3-9 Jan 2023)	38.0	23.5	44.9	0.00	3.6	2.3	16.0
Pearson's correlation (n=17)	35 %	12 %	-18 %	23 %	50 %	with summation ETo	

การคายน้ำแท้จริงของกัญชา (ETc) และค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของกัญชา (Kc)

พบว่าในช่วง 5 ถึง 8 สัปดาห์ (เดือนที่ 2) มีการคายน้ำแท้จริงของกัญชาอยู่ในช่วง 64.8 ถึง 74.7 มิลลิเมตรต่อสัปดาห์ ภายหลังเมื่อการเจริญเติบโตของกัญชาเพิ่มขึ้นในช่วง 9 ถึง 12 สัปดาห์ (เดือนที่ 3) การคายน้ำแท้จริงของกัญชาอยู่ในช่วง 55.8 ถึง 168.9 มิลลิเมตรต่อสัปดาห์ ตามด้วยการเจริญเติบโตของกัญชาที่เพิ่มขึ้นในช่วง 13 ถึง 16 สัปดาห์ (เดือนที่ 4) มีการคายน้ำแท้จริงของกัญชาอยู่ในช่วง 138.9 ถึง 198.7 มิลลิเมตรต่อสัปดาห์ รวมทั้งการเจริญเติบโตของกัญชาในช่วง 17 ถึง 20 สัปดาห์ (5 เดือน) มีการคายน้ำแท้จริงของกัญชาอยู่ในช่วง 183.0 ถึง 214.5 มิลลิเมตรต่อสัปดาห์ และการเจริญเติบโตของกัญชาในช่วงระยะ

เริ่มออกดอกสัปดาห์ที่ 21 (ภายหลัง 5 เดือน) มีการคายน้ำแท้จริงของกัญชาเท่ากับ 171.5 มิลลิเมตรต่อสัปดาห์ ในช่วงการเจริญเติบโตของกัญชามีการคายน้ำแท้จริงของกัญชาเท่ากับ 2,323.4 มิลลิเมตร หรืออยู่ในช่วง 0.57 ถึง 2.18 ลิตรต่อวันในสภาพโรงเรือนตามลำดับ ดังแสดงใน (Table 3) และ (Figure 6) เมื่อเปรียบเทียบกับ Wilson *et al.* (2019) พบว่าการให้น้ำสำหรับกัญชาตลอดการเจริญเติบโตทั้งในโรงเรือน และแปลงปลูกในบริเวณมลรัฐแคลิฟอร์เนีย สหรัฐอเมริกามีความต้องการน้ำเฉลี่ยอยู่ในช่วง 10 ถึง 11 ลิตรต่อวัน และในสภาพแปลงปลูกเฉลี่ยอยู่ในช่วง 19 ถึง 21 ลิตรต่อวัน สอดคล้องกับ Zheng *et al.* (2021) ให้คำแนะนำการปลูกกัญชาที่มีการเจริญเติบโตเป็นเวลา 150 วัน ในสภาพแปลงควรมีการให้น้ำประมาณ 10 ลิตรต่อวัน ตามลำดับ

ขณะที่การปลูกกัญชาในสภาพแปลงปลูกเกษตรกรรม กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก (2565) กล่าวว่าโดยทั่วไปพืชกัญชาในแปลงปลูกของเกษตรกรรมมีความต้องการปริมาณน้ำเพื่อการเจริญเติบโตเฉลี่ย 500 ถึง 600 มิลลิเมตรต่อฤดูกาลปลูก ขณะที่ Scordia *et al.* (2022) ได้ศึกษาความต้องการน้ำกัญชาสายพันธุ์ Futura 75 และ Futura 83 ในแปลงปลูกสภาพอากาศเมดิเตอร์เรเนียน ประเทศกรีซ มีความต้องการน้ำของกัญชาอยู่ในช่วง 100 ถึง 400 มิลลิเมตรต่อฤดูกาลปลูก สอดคล้องกับ Tang *et al.* (2018) ทดลองความต้องการน้ำกัญชาสายพันธุ์ Futura 75 ในแปลงปลูกสภาพอากาศเขตอบอุ่น ประเทศอิตาลี อยู่ในช่วง 250 ถึง 450 มิลลิเมตรต่อฤดูกาลปลูก รวมทั้ง Cosentino *et al.* (2013) ที่พบความต้องการน้ำกัญชาสายพันธุ์ Futura 75 ในแปลงปลูกสภาพ

อากาศเมดิเตอร์เรเนียน ประเทศอิตาลี อยู่ในช่วง 140 ถึง 370 มิลลิเมตรต่อฤดูกาลปลูก และคล้ายคลึงกับ Campbell *et al.* (2019) ศึกษาความต้องการน้ำของกัญชาสายพันธุ์ Ferimon 12, Diana และ Carmaleonte ในแปลงปลูกสภาพอากาศแห้งแล้ง ประเทศสหรัฐอเมริกา อยู่ในช่วง 200 ถึง 450 มิลลิเมตรต่อฤดูกาลปลูก

โดยสรุปการปลูกกัญชาในสภาพแปลงปลูกเกษตรกรรมแต่ละประเทศ ได้แก่ ออสเตรเลีย ยุโรป อิตาลี อังกฤษ และสหรัฐอเมริกา มีความต้องการน้ำกัญชาตลอดช่วงการเจริญเติบโตประมาณ 550, 348, 297, 600 และ 530 ถึง 690 มิลลิเมตร ตามลำดับ (Struik *et al.*, 2000; Amaducci *et al.*, 2002; Barrett and Chadwick., 2010; Adesina *et al.*, 2020; Gordon and Brodick, 2020; Schumacher *et al.*, 2020)

Table 3 Water balance of cannabis.

Week	$\Delta GMMC$ (mm.week ⁻¹)	DP (mm.week ⁻¹)	I (mm.week ⁻¹)	ETc (mm.week ⁻¹)
5 (13-19 Sep. 2022)	21.8 ± 1.8	2.5 ± 0.4	49.3	68.6 ± 1.9
6	20.1 ± 1.9	4.6 ± 2.8	49.3	64.8 ± 1.0
7	31.4 ± 3.9	6.0 ± 2.2	49.3	74.7 ± 4.7
8	-35.2 ± 3.3	6.0 ± 1.3	98.6	57.4 ± 3.1
9	-40.2 ± 4.3	2.6 ± 0.5	98.6	55.8 ± 4.2
10	-10.0 ± 1.7	3.5 ± 0.3	98.6	85.1 ± 1.7
11	-5.1 ± 0.7	13.9 ± 1.2	112.7	93.7 ± 1.8
12	4.2 ± 1.0	32.5 ± 2.8	197.2	168.9 ± 3.0
13	-43.3 ± 14.3	15.0 ± 2.5	197.2	138.9 ± 14.0
14	20.6 ± 2.0	36.1 ± 5.8	197.2	181.7 ± 5.3
15	13.0 ± 2.0	11.5 ± 2.9	197.2	198.7 ± 2.1
16	-13.5 ± 1.7	5.0 ± 1.3	197.2	178.7 ± 2.1
17	-1.4 ± 1.7	12.8 ± 1.4	197.2	183.0 ± 2.6
18	11.9 ± 3.2	12.7 ± 2.3	197.2	196.4 ± 2.9
19	-0.8 ± 1.6	5.4 ± 1.5	197.2	191.0 ± 1.9
20	32.8 ± 2.9	15.5 ± 2.5	197.2	214.5 ± 3.4
21 (3-9 Jan 2023)	27.3 ± 3.7	53.0 ± 8.0	197.2	171.5 ± 8.5
Summation	33.6	238.6	2,528.4	2,323.4

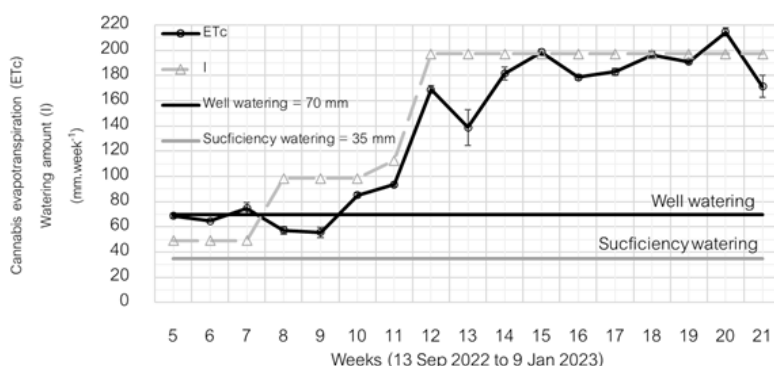


Figure 6 Actual crop evapotranspiration (ETc) of cannabis grown under well watering for 21 weeks.

สำหรับค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของกัญชา พบว่าในช่วง 5 ถึง 8 สัปดาห์ (เดือนที่ 2) มีค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำกัญชาที่ปรับค่าแล้วอยู่ในช่วง 2.99 ถึง 3.55 ภายหลังเมื่อการเจริญเติบโตของกัญชาเพิ่มขึ้นในช่วง 9 ถึง 12 สัปดาห์ (เดือนที่ 3) ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำกัญชาที่ปรับค่าแล้วอยู่ในช่วง 3.72 ถึง 6.29 ตามด้วยการเจริญเติบโตของกัญชาที่เพิ่มขึ้นในช่วง 13 ถึง 16 สัปดาห์ (เดือนที่ 4) ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำกัญชาที่ปรับค่าแล้วอยู่ในช่วง 7.30 ถึง 9.99 รวมทั้งการเจริญเติบโตของกัญชาที่ในช่วง 17 ถึง 20 สัปดาห์ (5 เดือน) มีค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำกัญชาที่ปรับค่าแล้วอยู่ในช่วง 10.59 ถึง 10.98 และการเจริญเติบโตของกัญชาในช่วงระยะเริ่มออกดอกสัปดาห์ที่ 21 (ภายหลัง 5 เดือน) มีค่า

สัมประสิทธิ์การใช้น้ำกัญชาที่ปรับค่าแล้วเท่ากับ 9.91 ตามลำดับ ดังแสดงใน (Table 4) และ (Figure 7) จากผลดังกล่าวเมื่อกัญชามีการเจริญทางลำต้น และใบเพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้การคายน้ำแท้จริงของกัญชาเพิ่มขึ้น รวมกับค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของกัญชาเพิ่มขึ้นมีค่าสหสัมพันธ์ 95 เปอร์เซนต์ตลอดจนค่าการคายน้ำของพืชอ้างอิงมีค่าสหสัมพันธ์ 43 เปอร์เซนต์ตามลำดับ ประกอบกับเมื่ออุณหภูมิ ความเร็วลม และชั่วโมงแสงต่อวันที่เพิ่มขึ้นเป็นปัจจัยที่ส่งเสริมทำให้การคายน้ำแท้จริงของพืชเพิ่มขึ้น เพราะฉะนั้นการพิจารณาการให้น้ำกับกัญชาจำเป็นต้องให้น้ำที่เพิ่มขึ้น ตามลำดับ เพื่อให้เพียงพอสำหรับการระเหยของน้ำจากวัสดุปลูกและการคายน้ำของพืชในแต่ละวันดังกล่าว

Table 4 Crop water coefficient (Kc) of cannabis were measured and adjusted.

Week	ETc (mm.week ⁻¹)	ETo (mm.week ⁻¹)	Kc-measured (week)	Kc-adjusted (week)
5 (13-19 Sep. 2022)	68.6	21.1	3.25	3.55
6	64.8	17.3	3.75	3.12
7	74.7	18.8	3.97	2.99
8	57.4	21.1	2.72	3.22
9	55.8	22.6	2.47	3.72
10	85.1	23.4	3.64	4.44
11	93.7	22.5	4.16	5.31
12	168.9	22.2	7.61	6.29

Table 4 (continued).

Week	ETc (mm.week ⁻¹)	ETo (mm.week ⁻¹)	Kc-measured (week)	Kc-adjusted (week)
13	138.9	21.0	6.61	7.30
14	181.7	18.6	9.77	8.29
15	198.7	15.2	13.07	9.21
16	178.7	19.0	9.41	9.99
17	183.0	20.5	8.93	10.59
18	196.4	21.2	9.26	10.94
19	191.0	18.6	10.27	10.98
20	214.5	18.3	11.72	10.65
21 (3-9 Jan 2023)	171.5	16.0	10.72	9.91
Pearson's correlation (n=17)				
	with ETc	43 %	96 %	95 %

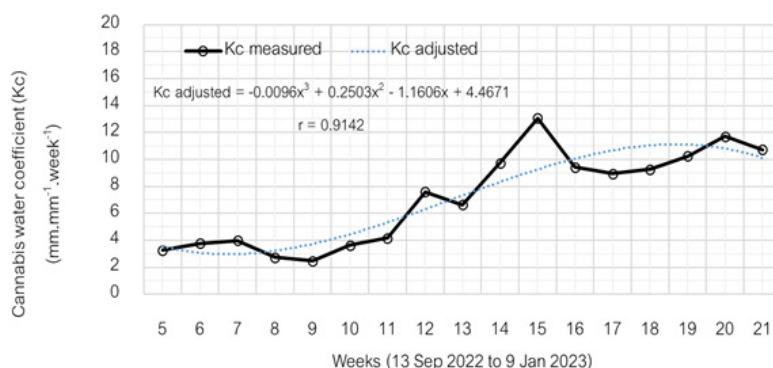


Figure 7 Crop water coefficient (Kc) of cannabis grown under greenhouse condition for 21 weeks.

การเจริญเติบโตและน้ำหนักต้นกัญชา

สำหรับการเจริญเติบโตของกัญชา พบว่าในช่วงหลัง 4 ถึง 8 สัปดาห์ (เดือนที่ 2) มีความสูงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 27.7 ถึง 100.0 เซนติเมตร ความกว้างทรงพุ่มอยู่ในช่วง 17.0 ถึง 73 เซนติเมตร และขนาดลำต้นที่สูงจากพื้นดิน 8 เซนติเมตร อยู่ในช่วง 2.7 ถึง 8.9 เซนติเมตร ภายหลังเมื่อการเจริญเติบโตของกัญชาเพิ่มขึ้นในช่วง 9 ถึง 12 สัปดาห์ (เดือนที่ 3) มีความสูงอยู่ในช่วง 118.2 ถึง 142.4 เซนติเมตร ความกว้างทรงพุ่มอยู่ในช่วง 84.6 ถึง 107.8 เซนติเมตร และขนาดลำต้นอยู่ในช่วง 10.8 ถึง 13.1 เซนติเมตร ตามด้วยการเจริญเติบโตของกัญชาที่เพิ่มขึ้นในช่วง 13 ถึง 16 สัปดาห์ (เดือนที่ 4) มีความสูงอยู่ในช่วง

167.0 ถึง 197.0 เซนติเมตร ความกว้างทรงพุ่มอยู่ในช่วง 106.0 ถึง 127.0 เซนติเมตร และขนาดลำต้นอยู่ในช่วง 14.0 ถึง 17.8 เซนติเมตร รวมทั้งการเจริญเติบโตของกัญชาที่ในช่วง 17 ถึง 20 สัปดาห์ (5 เดือน) มีความสูงอยู่ในช่วง 179.7 ถึง 191.3 เซนติเมตร ความกว้างทรงพุ่มอยู่ในช่วง 124.1 ถึง 128.5 เซนติเมตร และขนาดลำต้นอยู่ในช่วง 18.1 ถึง 18.6 เซนติเมตร และการเจริญเติบโตของกัญชาในช่วงระยะเริ่มออกดอกสัปดาห์ที่ 21 (ภายหลัง 5 เดือน) มีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 188.2 เซนติเมตร ความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยเท่ากับ 127.1 เซนติเมตร และขนาดลำต้นเฉลี่ยเท่ากับ 18.4 เซนติเมตร ดังแสดงใน (Figure 8) คิดเป็นอัตราส่วนการเจริญเติบโตของกัญชา

ความสูง : ขนาดทรงพุ่ม : ขนาดลำต้น เฉลี่ยเท่ากับ 11.5 : 8 : 1 ตั้งแต่ช่วงหลัง 4 สัปดาห์ ถึง 12 สัปดาห์ (เดือนที่ 2 ถึง 3 เดือน) และการเจริญเติบโตของกัญชา รวมทั้งในช่วงระยะเริ่มออกดอกในช่วง 13 ถึง 21 สัปดาห์ (เดือนที่ 4 ถึง 5 เดือน) มีอัตราส่วนการเจริญเติบโตของกัญชาเท่ากับ 10 : 7 : 1 ตามลำดับ สำหรับ น้ำหนักสดของราก ลำต้นรวมกิ่ง ใบ และทั้งต้นของกัญชาเฉลี่ยกับ 288.6, 363.0, 527.1 และ 1,179.3 ตามลำดับ ขณะที่น้ำหนักแห้งของราก ลำต้นรวมกิ่ง ใบ และทั้งต้นของกัญชาเฉลี่ยกับ 53.7, 133.7, 193.9 และ 381.4 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ (Figure 9)

เมื่อคำนวณดัชนีการเก็บเกี่ยวของน้ำหนักแห้งใบต่อน้ำหนักทั้งต้นของกัญชาคิดเป็น 50.84 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้เมื่อคำนวณประสิทธิภาพการใช้น้ำของกัญชา (น้ำหนักแห้ง) เฉลี่ย 2.31 กรัมต่อลิตร สอดคล้องกับ Garcia-Tejero *et al.* (2019) ได้ศึกษาการให้น้ำตามความต้องการน้ำของกัญชา

100 เปอร์เซ็นต์ และ 75 เปอร์เซ็นต์ (ETc) ต่อกัญชาสายพันธุ์ Ermes และ Carma ในแปลงทดลองของประเทศสเปนมีประสิทธิภาพการให้น้ำของกัญชา (น้ำหนักแห้ง) เฉลี่ย 2.33 และ 2.31 กรัมต่อลิตร ขณะที่ Cosentino *et al.* (2013) ศึกษาการให้น้ำกับกัญชาตลอดฤดูกาลปลูก ได้แก่ 370, 255, 198 และ 140 มิลลิเมตร ตามลำดับ สำหรับกัญชาสายพันธุ์ Futura 75 ในแปลงทดลองของประเทศอิตาลีมีประสิทธิภาพการให้น้ำของกัญชา (น้ำหนักแห้ง) เฉลี่ย 2.73, 3.13, 3.15 และ 3.46 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ สอดคล้องกับ Lisson and Medham (1998) ศึกษาการให้น้ำกับกัญชาตลอดฤดูกาลปลูก ได้แก่ 440, 429, 419, 348 และ 277 มิลลิเมตรตามลำดับสำหรับกัญชาสายพันธุ์ Kompolti ในแปลงทดลองของประเทศออสเตรเลียมีประสิทธิภาพการใช้น้ำของกัญชา (น้ำหนักแห้ง) เฉลี่ย 2.6, 2.4, 3.0, 3.1 และ 2.9 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ

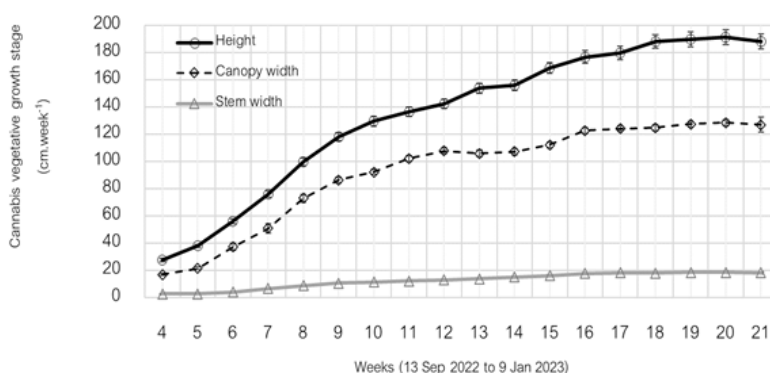


Figure 8 Vegetative growth of cannabis grown under greenhouse condition for 21 weeks.

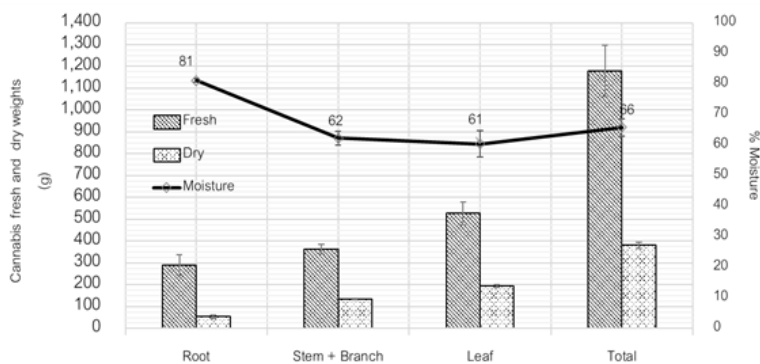


Figure 9 Fresh and dry weight of cannabis at 21 weeks after cultivation.

สรุป

วัสดุปลูกที่มีส่วนผสม พีทมอส : เพอร์ไลท์ : เวอร์มิคูไลท์ ที่อัตราส่วน 50 : 25 : 25 เปรอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มีความสามารถในการระบายน้ำดี และนำมาใช้เป็นวัสดุปลูกกัญชาเพื่อศึกษาสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของกัญชาในช่วงระยะการเจริญเติบโตเริ่มต้นเมื่อกัญชาอายุสัปดาห์ที่ 5 และ 6 มีค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำที่ปรับแต่งแล้วเฉลี่ย 3.34 ตามด้วยระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบเมื่ออายุสัปดาห์ที่ 7 ถึง 16 สัปดาห์ มีค่าเฉลี่ย 6.08 และระยะการเจริญเติบโตจนถึงเริ่มออกดอกเมื่ออายุสัปดาห์ที่ 17 ถึง 21 สัปดาห์ มีค่าเฉลี่ย 10.6 ตามลำดับ สอดคล้องกับการเจริญเติบโตของกัญชาที่เพิ่มขึ้น ได้แก่ ความสูง ความกว้างทรงพุ่ม และขนาดลำต้น เมื่อกัญชาอายุสัปดาห์ที่ 5 และ 6 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 40.6, 25.3 และ 3.2 เซนติเมตร ตามด้วยเมื่อกัญชาอายุสัปดาห์ที่ 7 ถึง 16 สัปดาห์ เฉลี่ยเท่ากับ 135.8, 96.1 และ 12.6 เซนติเมตร และเมื่อกัญชาอายุสัปดาห์ที่ 17 ถึง 21 สัปดาห์ มีค่าเฉลี่ย 187.4, 126.4 และ 18.4 เซนติเมตร ตามลำดับ ที่ได้จากผลข้อมูลผลการผสมคูลน้ำของการคายน้ำแท้จริงของกัญชา (ETc) และการคายน้ำของพืชอ้างอิง (ETo) จากสมการ Penman-Monteith เท่ากับ 2,323.4 และ 337.5 มิลลิเมตร ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนวิจัยสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณสำหรับการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ รวมทั้งสำนักเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตรที่สนับสนุนสถานที่ดำเนินการทดลอง ตลอดจนกลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร ที่สนับสนุนเครื่องมือวิทยาศาสตร์ในการดำเนินการทดลองในครั้งนี้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก.
2565. การเพาะปลูกกัญชาทางการแพทย์. กรม

การแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก
กระทรวงสาธารณสุข. 9 หน้า.

กรมวิชาการเกษตร. 2564. คู่มือเกษตรกรรมการผลิตพืชสกุลกัญชา (*Cannabis sativa* L.) เพื่อประโยชน์ทางการแพทย์และอุตสาหกรรม. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 152 หน้า.

จักรพงษ์ เจิมศิริ. 2546. วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดิน. สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรกรมวิชาการเกษตร. 72 หน้า.

หนึ่ง เตียอำรุง นันทกร บุญเกิด และพรรณลดาดิตตะบุตร. 2564. การผลิตและใช้ประโยชน์จากกัญชา. รายงานการวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 71 หน้า.

Allen, R. G., L. S. Pereira., D. Raes. and M. Smith. 1998. Guidelines for computing crop water requirement. FAO Irrigation and Drainage Paper. 300 p.

Adesina, I., A. Bhowmik., H. Sharma and A. Shahbazi. 2020. A review on the current state of knowledge of growing condition, agronomic soil health practices and utilities of hemp in the United States. Agriculture 10: 129.

Amaducci, S., M. Errani and G. Venturi. 2002. Plant population effects on fiber hemp morphology and production. Journal of Industrial Hemp 7: 33-60.

Amaducci, S., M. T. Amaducci., R. Benati and G. Venturi. 2008. Crop yield and quality parameters of four annual fiber crops (hemp, kenaf, maize and sorghum) in the North of Italy. Industrial Crops Production 11: 179-186.

Barrett, J. and M. Chadwick. 2010. Ecological footprint and water analysis of cotton, hemp and polyester. Cymru, B.D.G.W.

- Campbell, B. J., A. F. Berrada and A. F. Hudalla. 2019. Genotype with environment interaction of industrial hemp cultivars highlight diverse response to environment factors. *Agrosystem Geoscience Environment* 2: 180-187.
- Chandra, S., H. Lata., I. A. Khan, and M. A. Elsohly. 2013. The role biotechnology in *Cannabis sativa* L. propagation of phytocannabinoids. *Biotechnology for Medicinal Plants* 123-148.
- Clarke, R. C. and M. D. Merlin. 2016. Cannabis Domestication, Breeding History, Present-day Genetic Diversity, and Future Prospects. *Critical Reviews in Plant Sciences* 35: (5-6). 293–327.
- Cosentino, S. L., E. Riggi, and G. Testa. 2013. Evaluation of European developed fiber hemp genotype (*Cannabis sativa* L.) in semi-arid Mediterranean environment. *Industrial Crop Production* 50: 312-324.
- Garcia-Tejero, I. F., V. H. Duran-Zuazo., C. Sanchez-Carnenero., A. Hernandez., C. Ferreira-Vera, and C. Cassano. 2019. Seeking suitable agronomical practices for industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) cultivation for biomedical applications. *Industrial Crop Production* 139: 1-8.
- Gill, A. R., B. R. Loveys, and J. M. Cowley. 2022. Physiological and morphological responses of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) to water deficit. *Industrial Crop Production* 187: 115-121.
- Gill, A. R., B. R. Loveys., T. R. Cavagnaro, and R. A. Burton. 2023. The potential of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) as an emerging drought resistant fiber crop. *Plant Soil* 10 p.
- Gordon, S. and R. Brodrick. 2020. A comparative analysis of cotton and hemp production in Australia. *The Australian Cotton Grower* 4 p.
- Lisson, S. and N. Mendham. 1998. Response of fiber hemp (*Cannabis sativa* L.) to varying irrigation regimes. *Journal International Hemp Association* 5 (1): 9-15.
- Schumacher, A. G. D., S. Pequito, and J. Pazour. 2020. Industrial hemp fiber: A sustainable and economical alternative of cotton. *Journal of Cleaner Production* 268: 108-122.
- Scordia, D., E. G. Papazoglou, and D. Kotoula. 2022. Toward identifying industrial crop type and associated agronomies to improve biomass production from marginal lands in Europe. *GCB Bioenergy* 14: 710-734.
- Struik, P., S. Amaducci., M. Bullard., N. Stutterheim., G. Venturi, and H. Cromack. 2000. Agronomy of fiber hemp (*Cannabis sativa* L.) in Europe. *Industrial Crop Production* 11: 107-118.
- Tang, K., A. Fracasso, and P. C. Struik. 2018. Water and nitrogen use efficiency of hemp (*Cannabis sativa* L.) based on whole-canopy measurement and modeling. *Front Plant Science* 9: 1-14.
- Upton, R., L. Craker., M. Elsohly., A. Romm., E. Russo, and M. Sexton. 2013. Cannabis inflorescence: cannabis spp; standard of identity, analysis and quality control. *American Herbal Pharmacopoeia*. Scott Valley. California.

Wilson, H., H. Bodwitch, and J. Carah. 2019. First known survey of cannabis production practices in California. *California Agriculture* 73: 3. 119-127.

Zheng, Z., K. Fiddes, and L. Yang. 2021. A narrative review on environmental impact of cannabis cultivation. *Journal Cannabis Research* 3: 35-45.

อิทธิพลของซีเดตนาเกลือที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของเบบี้แครอท

Effect of Salt Pan Sediments on Growth and Yield of Baby Carrot

ชมดาว ขำจริง^{1*} วินิตรา พ่วงพรม¹ และนิจรินทร์ทร สมจิต¹

Chomdao Khumjing¹, Winittna Pungprom¹ and Nitjarintorn Somjit¹

Received: October 31, 2023

Revised: January 9, 2024

Accepted: January 16, 2024

Abstract: The objective of this research was to study the influence of salt pan sediments on growth and yield of baby carrot. The experiment was conducted in completely randomized design (CRD) with 4 treatments (4 replications, each experimental unit consisted of 10 plants). The plants were grown in 10-inch pots. Thinning of seedlings was performed at 20 days after seeding, after which the 1st chemical fertilizer (formula 15-15-15) at 1 g/pot was applied. After 20 days, the 2nd fertilizer was applied according to the treatments as the followings: 1) control (1 g/pot of chemical fertilizer formula 13-13-21), 2) salt pan sediments 39 g/pot, 3) salt pan sediments 46 g/pot and 4) salt pan sediments 54 g/pot. The results showed that the baby carrot that received the chemical fertilizer formula 13-13-21 had the highest in growth and yield, whereas the plants receiving 39 g/pot of salt pan sediments had the highest in total soluble solid content.

Keywords: salt pan sediments, growth, yield, baby carrot

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของซีเดตนาเกลือที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของเบบี้แครอท วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 4 ตำหรับทดลองๆ ละ 4 ซ้ำ ๆ ละ 10 ต้น โดยปลูกเบบี้แครอทลงในกระถางขนาด 10 นิ้ว เมื่อเบบี้แครอทมีอายุครบ 20 วัน ทำการถอนแยก แล้วใส่ปุ๋ยเคมีครั้งที่ 1 สูตร 15-15-15 ปริมาณ 1 กรัมต่อกระถาง หลังจากนั้น 20 วัน ทำการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 ตามตำหรับทดลอง ดังนี้ คือ 1) ชุดควบคุม (ปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 ปริมาณ 1 กรัมต่อกระถาง) 2) ซีเดตนาเกลือ 39 กรัมต่อกระถาง 3) ซีเดตนาเกลือ 46 กรัมต่อกระถาง และ 4) ซีเดตนาเกลือ 54 กรัมต่อกระถาง ผลการศึกษาพบว่า เบบี้แครอทที่ได้รับปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 มีการเจริญเติบโต และผลผลิตดีที่สุด ส่วนเบบี้แครอทที่ได้รับซีเดตนาเกลือ 39 กรัมต่อกระถางมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ดีที่สุด

คำสำคัญ: ซีเดตนาเกลือ, การเจริญเติบโต, ผลผลิต, เบบี้แครอท

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

เบบี้แครอท (baby carrot) ชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Daucas carota* L. ลักษณะทั่วไปของเบบี้แครอท มีรูปทรงยาวรี โคนใหญ่ ปลายเรียวแหลม หัวมีสีส้ม มีขนาดเล็กกว่าแครอท เนื้อแข็งกรอบเป็นพืชกินส่วนรากที่เติบโตเป็นหัว นิยมรับประทานสด ปลูกในพื้นที่ขนาดเล็กได้ให้ผลตอบแทนสูง ใช้เวลาในการปลูกสั้น เบบี้แครอทเป็นพืชที่อุดมไปด้วยสาร beta carotene ซึ่งมีฤทธิ์รักษาโรคเบาหวาน ช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด โดยจากการศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดหยาบจากรากแครอท และเบบี้แครอทที่สกัดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ต่อการลดระดับน้ำตาลในเลือด พบว่า สารสกัดหยาบจากรากเบบี้แครอทออกฤทธิ์ในการลดระดับน้ำตาลในเลือดได้ดีกว่าแครอท (มรกต, 2555) นอกจากนี้ เบบี้แครอทยังมีวิตามินบี วิตามินเอ ช่วยป้องกันอาการผิดปกติในกระดูก และโรคผิวหนังได้ด้วย (สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน), 2559) ปัจจุบันการปลูกเบบี้แครอทมีการใช้ปุ๋ยเคมี ส่งผลให้พืชสะสมไนเตรตและเป็นอันตรายกับผู้บริโภค โดยเฉพาะผู้ที่มีความอ่อนแอและภูมิคุ้มกัน (Maynard *et al.*, 1972) และมีต้นทุนการผลิตสูง จึงจำเป็นต้องลดต้นทุนการผลิตโดยใช้ปุ๋ยจากธรรมชาติหรือปุ๋ยที่มีภายในท้องถิ่นหรือผลิตเองได้ แทนการใช้ปุ๋ยเคมีเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค ซึ่งจังหวัดเพชรบุรีเป็นจังหวัดหนึ่งที่มีการทำนาเกลือเป็นจำนวนมาก โดยการทำนาเกลือนั้นนอกจากจะได้ผลผลิตเกลือไปสู่ผู้บริโภคแล้ว ยังมีผลผลิตอื่น ๆ ที่ได้จากกระบวนการทำนาเกลือ แล้วนำไปแปรรูปใช้ในภาคการเกษตรได้อีกด้วย เช่น “ซีเดดนาเกลือ” ซึ่งแต่เดิมนั้นเป็นปัญหาของชาวนาเกลือเป็นอย่างมาก เพราะต้องเสียเวลาชุดทั้งก่อนจะเริ่มทำนาเกลือครั้งใหม่ เพราะหากไม่ชุดทั้งก็ทำให้เกลือตกผลึกน้อยลง อีกทั้งยังทำให้เกลือมีคุณภาพต่ำเนื่องจากเม็ดเกลือที่ได้มีเศษซีเดดปะปน ดังนั้นทุกปีชาวนาเกลือจึงต้องกำจัด “ซีเดดนาเกลือ” และทิ้งไปอย่างไร้ประโยชน์ ซีเดดนาเกลือ คือ สาหร่าย ตะไคร่น้ำ และจุลินทรีย์ต่าง ๆ ที่เจริญเติบโตบนผิวหน้าดิน และเกิดในช่วงหน้าฝนหรือช่วงพักนาเกลือซึ่งจะมีน้ำจืดจากน้ำฝนไหลเข้าไปขังอยู่ มีธาตุอาหาร

ที่มีประโยชน์ต่อพืชมากมายหลายชนิด เช่น ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เมื่อนำมาใส่ไม้ผลและพืชผักเกือบทุกชนิดจะช่วยเพิ่มความหวานได้ โดยมีเกษตรกรชาวสวนส้มโอ ในตำบลบางพรม อำเภอบางคนที จังหวัดสมุทรสงคราม นำ “ซีเดดนาเกลือ” มาใส่ต้นส้มโอ มะพร้าว และลิ้นจี่ร่วมกับปุ๋ยหมัก และปุ๋ยคอกโดยไม่ใช้สารเคมีเลย พบว่า “ซีเดดนาเกลือ” มีธาตุโพแทสเซียมสูงช่วยให้ส้มโอ มะพร้าว และลิ้นจี่มีผลดก และมีรสชาติดียิ่งขึ้น โดยเฉพาะส้มโอไม่เป็นเม็ดข้าวสาร ซึ่งใส่ต้นละ 3 กิโลกรัม ในช่วงก่อนเก็บผลผลิต 60 วัน จากนั้นรดน้ำ อาทิตย์ละ 2 ครั้ง จะได้ส้มโอขาวใหญ่ มะพร้าว และไม้ผลอื่น ๆ ที่มีรสชาติหวานอร่อย (ซีเดดนาเกลือ ปุ๋ยเต็มหวานให้ผลไม้, 2560)

ดังนั้นจึงมีความสนใจในการศึกษาอิทธิพลของซีเดดนาเกลือที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของเบบี้แครอท โดยการนำเอาซีเดดนาเกลือมาเป็นธาตุอาหารเสริม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเจริญเติบโต และความหวานของหัวเบบี้แครอท เนื่องจากเบบี้แครอทมีการนิยมนำไปรับประทานสด จะได้เพิ่มรสชาติหวาน กรอบ และยังช่วยลดต้นทุนในการซื้อปุ๋ยเคมี แล้วใช้ซีเดดนาเกลือแทน ซึ่งมีอยู่ในพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี เป็นการช่วยลดปัญหาของชาวนาเกลือแทนที่จะนำซีเดดนาเกลือไปทิ้งอย่างไร้ประโยชน์ นอกจากนี้ยังสามารถเป็นแนวทางให้กับเกษตรกรที่ปลูกเบบี้แครอทนำไปใช้ต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีการและขอบเขตของการทำวิจัย

ปลูกเบบี้แครอทพันธุ์เงิน โดยปลูกลงในกระถางขนาด 10 นิ้ว โดยใช้วัสดุปลูกคือ แกลบดำ แกลบดิบ และดินร่วน ในอัตราส่วน 1:1:1 เมื่อเบบี้แครอทมีอายุครบ 20 วัน ทำการถอนแยก แล้วใส่ปุ๋ยเคมีครั้งที่ 1 สูตร 15-15-15 ปริมาณ 1 กรัมต่อกระถาง หลังจากนั้น 20 วัน ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 ตามตำหรับทดลองดังต่อไปนี้

ตำหรับทดลอง 1 ชุดควบคุม (ปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 ปริมาณ 1 กรัมต่อกระถาง) (สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1 กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2563)

สำหรับทดลอง 2 ซีซีเดดนาเกลือ 39 กรัมต่อ
กระถาง

สำหรับทดลอง 3 ซีซีเดดนาเกลือ 46 กรัมต่อ
กระถาง

สำหรับทดลอง 4 ซีซีเดดนาเกลือ 54 กรัมต่อ
กระถาง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์
(Completely Randomized Design; CRD) จำนวน
4 สำหรับทดลองๆ ละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ต้น โดยใช้
แครอททั้งหมด 160 ต้น โดยนำวิเคราะห์ข้อมูลมา
วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เปรียบเทียบ
ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's
multiple range test (DMRT)

การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต

ศึกษาข้อมูลการเจริญเติบโตของแครอท
ข้อมูลประกอบด้วยความสูง (เซนติเมตร) วัดเหนือ
จากโคนประมาณ 1 เซนติเมตรจนถึงปลายยอด
(ซิมเมอร์ และคณะ, 2557) เส้นผ่านศูนย์กลางทรง
พุ่ม (เซนติเมตร) ทำการวัดส่วนที่กว้างที่สุดจากด้าน
หนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง วัดอีกครั้งโดยให้ตั้งฉากกับเส้น
แรกแล้วนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย และจำนวนใบ (ใบ)
นับจำนวนใบจริงทั้งหมด ส่วนผลผลิตวัดความยาว
หัว (เซนติเมตร) โดยใช้ไม้บรรทัดวัดตามแนวยาวของ
หัว ความกว้างหัว (มิลลิเมตร) ใช้เวอร์เนียร์คาลิเปอร์
วัดส่วนที่กว้างที่สุดของหัว และชั่งน้ำหนักหัว (กรัม)
ด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล ด้านองค์ประกอบผลผลิตบันทึก
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids

: TSS ของน้ำคั้นเนื้อผล) (°Brix) ด้วยเครื่อง digital
refractometer รุ่น MA871 โดยทำการเก็บข้อมูลด้าน
การเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตทำ
โดยบันทึกผลที่ระยะการเก็บเกี่ยว คือ 60 วัน

ผลการทดลอง

การเจริญเติบโตของเบบี้แครอท

1. ความสูง

ความสูงของเบบี้แครอทที่ได้รับปุ๋ยเคมีสูตร
13-13-21 มีความสูงมากที่สุด คือ 13.87 เซนติเมตร
ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อ
เปรียบเทียบกับความสูงของเบบี้แครอทที่ได้รับซี
เดดนาเกลือ 39 46 และ 54 กรัมต่อกระถาง คือ 8.22 8.43
และ 8.62 เซนติเมตร ตามลำดับ (Table 1)

2. เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่ม

เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มของเบบี้แครอท
ที่ได้รับปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 มีเส้นผ่าศูนย์กลาง
ทรงพุ่มมากที่สุด คือ 27.71 เซนติเมตร ซึ่งมีความ
แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทีย
กับเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มของเบบี้แครอทที่รับ
ซีเดดนาเกลือ 39 46 และ 54 กรัมต่อกระถาง คือ
18.00 18.82 และ 18.32 เซนติเมตร ตามลำดับ
(Table 1)

3. จำนวนใบ

จำนวนใบที่ได้รับปุ๋ย และซีเดดนาเกลือ
สำหรับทดลองต่างๆ พบว่าจำนวนใบไม่มีความแ
กต่างทางสถิติ โดยมีจำนวนใบใกล้เคียงกัน คือ
4.40-6.17 ใบ (Table 1)

Table 1 Shoot height, canopy bushes and leaf number of baby carrot at 60 days after receiving chemical fertilizer (13-13-21) or salt pan sediments at difference amount.

Treatment	shoot height (cm)	canopy bushes (cm)	leaf number (leaf)
Control (13-13-21)	13.87 ^a	27.71 ^a	6.17
Salt pan sediments 39 g/pot	8.22 ^b	18.00 ^b	4.40
Salt pan sediments 46 g/pot	8.43 ^b	18.82 ^b	4.65
Salt pan sediments 54 g/pot	8.62 ^b	18.32 ^b	4.55
F-test	**	*	ns
CV (%)	82.88	81.18	83.27

*,** = significantly different at $P \leq 0.05$ and $P \leq 0.01$ ns = non significantly different.

Means within the same column followed by the different letters are significantly different according to DMRT

ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของเบบี้แครอท

1. ความยาวหัว

ความยาวหัวของเบบี้แครอทที่ได้รับปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 มีความยาวหัวมากที่สุด คือ 10.87 เซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับความยาวหัวของเบบี้แครอทที่ได้รับซีแสดนาเกลือ 39 46 และ 54 กรัมต่อกระถาง คือ 6.82 7.58 และ 7.36 เซนติเมตร ตามลำดับ (Table 2)

2. เส้นผ่านศูนย์กลางหัว

เส้นผ่านศูนย์กลางหัวของเบบี้แครอทที่ได้รับปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 มีเส้นผ่านศูนย์กลางหัวมากที่สุด คือ 12.33 มิลลิเมตร ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเส้นผ่านศูนย์กลางหัวของเบบี้แครอทที่ได้รับซีแสดนาเกลือ 39 กรัมต่อกระถาง ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางหัวต่ำที่สุด คือ 7.74 มิลลิเมตร รองลงมา คือ เบบี้แครอทที่ได้รับซีแสดนาเกลือ 46 และ 54 กรัมต่อกระถาง คือ 8.64 และ 8.80 มิลลิเมตร (Table 2)

3. น้ำหนักหัว

น้ำหนักหัวของเบบี้แครอทที่ได้รับปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 มีน้ำหนักหัวมากที่สุด คือ 11.92 กรัม ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักหัวของเบบี้แครอทที่ได้รับซีแสดนาเกลือ 39 46 และ 54 กรัมต่อกระถาง คือ 6.05 6.97 และ 6.47 กรัม ตามลำดับ (Table 3)

4. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ที่ได้รับซีแสดนาเกลือ 39 กรัมต่อกระถาง มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มากที่สุด คือ 14.25 °Brix ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเบบี้แครอทที่ได้รับซีแสดนาเกลือ 54 กรัมต่อกระถาง ที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่ำที่สุด คือ 10.90 °Brix รองลงมาเบบี้แครอทที่ได้รับปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 และซีแสดนาเกลือ 46 กรัมต่อกระถาง คือ 12.42 และ 11.20 °Brix (Table 3)

Table 2 Root length and root width of baby carrot at 60 days after receiving chemical fertilizer (13-13-21) or salt pan sediments at difference amount.

Treatment	Root length (cm)	Root width (mm)
Control (13-13-21)	10.87 ^a	12.33 ^a
Salt pan sediments 39 g/pot	6.82 ^b	7.74 ^b
Salt pan sediments 46 g/pot	7.58 ^b	8.64 ^{ab}
Salt pan sediments 54 g/pot	7.36 ^b	8.80 ^{ab}
F-test	*	*
CV (%)	85.97	84.87

* = significantly different at $P \leq 0.05$

Means within the same column followed by the different letters are significantly different according to DMRT

Table 3 Root fresh weight and total soluble solid of baby carrot at 60 days after receiving chemical fertilizer (13-13-21) or salt pan sediments at difference amount.

Treatment	Root fresh weight (g)	Total soluble solid (°Brix)
Control (13-13-21)	11.92 ^a	12.42 ^b
Salt pan sediments 39 g/pot	6.05 ^b	14.25 ^a
Salt pan sediments 46 g/pot	6.97 ^b	11.20 ^{bc}
Salt pan sediments 54 g/pot	6.47 ^b	10.90 ^c

Table 3 (continued).

Treatment	Root fresh weight (g)	Total soluble solid (°Brix)
F-test	*	**
CV (%)	58.70	6.85

*, ** = significantly different at $P \leq 0.05$ and $P \leq 0.01$

Means within the same column followed by the different letters are significantly different according to DMRT

Table 4 Detail of treatments and salt pan sediments.

Treatment	N (g/pot)	P (g/pot)	K (g/pot)
Control (13-13-21)	0.13	0.13	0.21
Salt pan sediments 39 g/pot	0.08	3.11	8.80
Salt pan sediments 46 g/pot	0.09	3.67	10.39
Salt pan sediments 54 g/pot	0.11	4.31	12.19
	N (mg/kg)	P (mg/kg)	K (mg/kg)
Salt pan sediments ^{1/}	2.1	79.84	225.88

^{1/} Analysis data by Central Laboratory and Greenhouse Complex of Kasetsart University ,Kamphaeng Saen Campus (2018)

วิจารณ์

เบบีแครอทที่ได้รับซีแตดนาเกลียวในปริมาณต่าง ๆ ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเบบีแครอททางด้านความสูง และเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่ม สอดคล้องกับบทความวิจัยของ พัทธวีเพ็ญ (2559) ซึ่งได้ศึกษาการเปรียบเทียบระหว่างปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงต่อคุณภาพข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีให้กับข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 มีผลทำให้การเจริญเติบโต และปริมาณผลผลิตมากกว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ เมื่อใส่ในอัตราที่ให้ธาตุไนโตรเจนเท่ากัน ทั้งนี้เนื่องจากปุ๋ยเคมีเป็นปุ๋ยที่มีธาตุอาหารในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช และอัตราการปลดปล่อยธาตุอาหารของปุ๋ยเคมีก็เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว พืชจึงสามารถดูดใช้ธาตุอาหารจากปุ๋ยเคมีได้ทันที ในขณะที่อัตราการปลดปล่อยธาตุอาหารของปุ๋ยอินทรีย์จะเป็นไปอย่างช้า ๆ เนื่องจากธาตุอาหารพืชส่วนใหญ่อยู่ในรูปของสารประกอบอินทรีย์

เบบีแครอทที่ได้รับซีแตดนาเกลียว 39 กรัมต่อกระถาง ส่งผลให้ผลผลิตของเบบีแครอทที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ดีที่สุด แต่เมื่อเบบีแครอทที่ได้รับซีแตดนาเกลียว 46 และ 54 กรัมต่อกระถาง กลับมี

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลง อาจเกิดจากการที่พืชได้รับธาตุอาหารโพแทสเซียมในอัตราที่สูง ซึ่งซีแตดนาเกลียว 46 กรัมต่อกระถาง เบบีแครอทได้รับธาตุโพแทสเซียม 10.39 กรัม (Table 4) และซีแตดนาเกลียว 54 กรัมต่อกระถาง เบบีแครอทได้รับธาตุโพแทสเซียม 12.19 กรัม (Table 4) ซึ่งมีปริมาณโพแทสเซียมที่สูงกว่าซีแตดนาเกลียว 39 กรัมต่อกระถาง ที่มีปริมาณธาตุโพแทสเซียม 8.80 กรัม (Table 4) จากชุดควบคุมมีธาตุโพแทสเซียม 0.21 กรัม (Table 4) หรือการได้รับธาตุโพแทสเซียมน้อยเกินไปเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ การลำเลียงน้ำตาลไปสะสมในผลผลิตน้อยลง เนื่องจากโพแทสเซียมเป็นธาตุที่พืชให้ผลผลิตหุ้มต้องการสูง เพื่อช่วยลำเลียงน้ำตาลไปสะสมในผลผลิต (ชัยสิทธิ์ และคณะ, 2565) ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลง ซึ่งได้แก่ น้ำตาลชนิดต่างๆ เช่น น้ำตาลซูโครส กลูโคส ฟรักโทส กรดอินทรีย์ เช่น กรดซิตริก กรดแลคติก และแร่ธาตุต่าง ๆ (กนกพร และคณะ, 2562)

เบบีแครอทที่ได้รับซีแตดนาเกลียว 39 กรัมต่อกระถาง เป็นปริมาณที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้เป็นปุ๋ยเพื่อเพิ่มความหวานให้กับเบบีแครอทได้ดี เนื่องจากซีแตดนาเกลียวมัสมบิตทางเคมีที่ดี คือ

ในเรื่องของปริมาณโพแทสเซียม และฟอสฟอรัสที่สูง เหมาะสำหรับใส่ให้กับพืชผักเพื่อช่วยเพิ่มความหวาน และสีส้มให้ผัก (สรณพงษ์ และคณะ, 2545) ซึ่งในทางกลับกันการใส่ขี้แควนาเกลือในปริมาณเพิ่มมากขึ้น พืชได้รับปริมาณธาตุโพแทสเซียมที่เพิ่มมากขึ้นตามมา แต่แครอทกลับมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับ Babu (2003) ศึกษาผลของโพแทสเซียมสำหรับการปลูกมะละกอและกมลรัตน์ และคณะ (2563) ศึกษาอิทธิพลของขี้แควนาเกลือที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของข้าวโพดหวานนมสด เพียวไวท์ ฮอกไกโด พบว่าการใส่โพแทสเซียมที่มากเกินไปจะทำให้ผลผลิตที่ได้มีการเจริญเติบโต และคุณภาพแปรผกผันไปในทิศทางที่ตรงกันข้าม

สรุป

การศึกษาดังกล่าวของขี้แควนาเกลือที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของเบบี้แครอท สรุปได้ว่าเบบี้แครอทที่ได้รับปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 มีการเจริญเติบโต และผลผลิตที่ดีที่สุด ขณะที่เบบี้แครอทที่ได้รับขี้แควนาเกลือ 39 กรัมต่อกระถาง มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ดีที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

การทำงานวิจัยครั้งนี้สามารถสำเร็จไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผศ.วรรณภา กอวัฒนาวรานนท์ และสถาบันเกลือทะเลไทย มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ที่ให้คำปรึกษา และข้อมูลต่าง ๆ

เอกสารอ้างอิง

กนกพร ละมัย ชูติมา อุทัยหงษ์ และสุปรียา เทพาลุน. 2562. สมบัติทางเคมี กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ และการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไวน์ส้มโอ. วิทยุศาสตรบัณฑิต. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. 130 หน้า. กมลรัตน์ ยังมณี, ปรียากร แก้วปรีดาเชษฐ และชมดาว ขำจริง. 2563. อิทธิพลของขี้แควนาเกลือที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของข้าวโพดหวานนมสด เพียวไวท์ ฮอกไกโด. หน้า 544-551. ใน: การประชุม

วิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 2 ประจำปี 2563.

วิทยาลัยนวัตกรรมการจัดการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์, นครปฐม. ขี้แควนาเกลือ ปุ๋ยเค็มหวานให้ผลไม่. 2560. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: https://www.thaich8.com/news_detail/25274 (27 ธันวาคม 2566).

ชัยสิทธิ์ วัฒนาวังจงสุข, สุทธิเดช ขุนทอง, กมรินทร์ นิมนวลรัตน์ และสุรเชษฐ์ นาราภักดิ์. 2565. ผลของปริมาณปุ๋ยโพแทสเซียมต่อระดับแคลเซียมและแมกนีเซียมในดินและใบขมิ้นชัน. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 39(3): 24-39.

ทิพย์พร สิงห์เทียน, เทวินทร์ จันทวงศ์, ภาณุวัฒน์ ลินเมือง และชมดาว ขำจริง. 2557. อิทธิพลของปุ๋ยมูลไก่และขี้แควนาเกลือที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของแตงกวาวันจังหวัดเพชรบุรี. วารสารแก่นเกษตร 42 (ฉบับพิเศษ 2) :158-163.

พัทตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์. 2559. การเปรียบเทียบระหว่างปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงต่อคุณภาพข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 24(5): 760-761.

มรกต ชาทาธิคุณ. 2555. กลไกการลดระดับกลูโคสในเลือดของสารสกัดหยาบจากแครอทและเบบี้แครอท. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน). 2559. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://hkm.hrdi.or.th/knowledge/detail/19> (22 กันยายน 2562).

สรณพงษ์ บัวโรย, สมบัติ บุตรฉาย, สุริยา หรือประเสริฐ, เรืองเดช เกิดจรงค์, สมทรง แสงตะวัน, นัฐยา เพชรพุ่ม, ชินนุวัฒน์ มณีศรีขำ, มนุ บุญเสริม และบุญโปรด เจริญฤทธิ์. 2545. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการ

- ศึกษาคุณสมบัติและการใช้ประโยชน์จาก
ซีเมนต์นาเกลือ ตำบลบางแก้ว อำเภอเมือง
จังหวัดสมุทรสงคราม. สำนักงานกองทุน
สนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ. 108 หน้า.
- สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1 กรมวิชาการ
เกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2563.
ระบบการปลูกพืชที่เหมาะสมในพื้นที่ภาค
เหนือตอนบน. สำนักวิจัยและพัฒนาการ
เกษตร เขตที่ 1, เชียงใหม่. 70 หน้า.
- Babu, N. 2003. Effect of organic inputs and
potassium on growth and yield of
'Co 5' papaya (*Carica papaya*). Indian
journal of agricultural science 73(4):
212-214.
- Maynard, D. N., A.V. Barker, P. L. Minotti and
N.H. Peck. 1972. Nitrate accumulation
in vegetables. Advance in Agronomy
28: 71-118.

เทคนิคการขยายพันธุ์นรีรัตน์ (*Petrocosmea pubescens*) พืชถิ่นเดียวของไทยในสภาพปลอดเชื้อ *In vitro* Multiplication Technique of *Petrocosmea pubescens*, an Endemic Species in Thailand

พัฒน์นรี รักษ์คิด^{1*} พัทชร ปิริยะวินิต¹ และปราโมทย์ ไตรบุญ²

Padnaree Rukkid¹, Phatchara Piriyaivin¹ and Pramote Triboun²

Received: October 19, 2023

Revised: January 18, 2024

Accepted: January 23, 2024

Abstract: *Petrocosmea pubescens* found only at Doi Tung, Chiang Rai province is an endemic species of Thailand. According to the International Union for Conservation of Nature (IUCN), it has been classified as vulnerable species. This research aimed to determine sterilization method and plant material which were suitable for micropropagation and conservation of this species. The result showed that the most effective sterilization method was dipping the mature pod of *P. pubescens* in 95% ethanol followed by quick moving the pod over flame before culturing seeds on medium. This sterilization method resulted in 50% sterilized seeds that successfully developed into plantlets. Various types and concentrations of plant growth regulators were also examined. The results indicated that after 3 months of culture, the highest shoot number (16 shoots per explant) was obtained from MS medium supplemented with 0.5 mg/L IBA.

Keywords: gesneriaceae, micropropagation, limestone plant

บทคัดย่อ: นรีรัตน์เป็นพืชถิ่นเดียวของไทยพบได้เฉพาะที่ดอยตุง จังหวัดเชียงราย ปัจจุบันองค์การระหว่างประเทศเพื่อการอนุรักษ์ธรรมชาติ (International Union for Conservation of Nature, IUCN) ได้จัดสถานภาพให้อยู่ในระดับพืชที่มีแนวโน้มใกล้สูญพันธุ์ จึงได้นำเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชมาประยุกต์ใช้ในการเพิ่มจำนวนประชากรเพื่ออนุรักษ์พันธุกรรมพืชชนิดนี้ งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการเพิ่มปริมาณต้นนรีรัตน์ในสภาพปลอดเชื้อโดยศึกษาวิธีการและขั้นตอนที่เหมาะสมสำหรับฟอกฆ่าเชื้อ พบว่าการฟอกฆ่าเชื้อเมล็ดนรีรัตน์โดยนำฝักแก่จุ่มในเอทานอล 95% และลนผ่านไฟ แล้วเพาะเลี้ยงเมล็ดจะได้ชิ้นส่วนที่ปลอดเชื้อและสามารถเจริญเติบโตเป็นต้นที่สมบูรณ์ได้ 50% และศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตในอาหารเพาะเลี้ยงต่อการชักนำให้เกิดยอดจากชิ้นส่วนใบในสภาพปลอดเชื้อ พบว่าสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนใบของต้นนรีรัตน์ในสภาพปลอดเชื้อคือ อาหารสูตร MS ที่เติม IBA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยสามารถชักนำยอดได้มากที่สุดเฉลี่ย 16 ยอดต่อชิ้นส่วน เมื่อเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 เดือน

คำสำคัญ: พืชวงศ์ชบา, การขยายพันธุ์, พืชเขาหินปูน

¹ สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร, ปทุมธานี 12110

¹ Biotechnology Research and Development Office, Department of Agriculture, Pathum Thani 12110

² ธนาคารทรัพยากรชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

² National Biobank of Thailand, National Science and Technology Development Agency

*Corresponding author: padnaree.r@gmail.com

คำนำ

นริวรรณ์ (*Petrocosmea pubescens* D.J. Middleton & Triboun) เป็นพืชถิ่นเดียวของไทย (endemic of species in Thailand) จัดอยู่ในวงศ์ชาถาซี (Gesneriaceae) เป็นพืชล้มลุก แผ่นใบเกือบกลมหรือรูปไข่มีขนสั้นนุ่มหนาแน่นทั้งสองด้าน กลีบดอกสีม่วงเข้ม (Middleton and Triboun, 2010) มีศักยภาพเป็นพืชไม้ดอกไม้ประดับประเภทกระถาง โดยอาจพัฒนาให้เป็นพันธุ์ปลูกโดยตรงหรือใช้ในการผลิตเป็นพันธุ์ลูกผสม เนื่องจากดอกมีสีม่วงเข้มและใบมีรูปทรงที่สวยงาม (Shaw, 2011) ซึ่งในประเทศจีนได้มีการศึกษาศักยภาพการใช้ประโยชน์ทางยาและพัฒนาวิธีการผสมข้ามชนิดในพืชสกุล *Petrocosmea* (Ji, 2008) ปัจจุบัน IUCN (International Union for Conservation of Nature Natural resources) ได้จัดสถานภาพอยู่ในระดับ VU: Vulnerable กล่าวคือเป็นพืชที่มีความเสี่ยงสูงที่จะสูญพันธุ์ไปจากธรรมชาติ ในภายหน้า จากการสำรวจพบประชากรต้นนริวรรณ์น้อยกว่า 500 ต้น พบได้เฉพาะบนหินปูนที่ระดับความสูง 1,350-1,400 เมตร จ.เชียงราย บริเวณที่พบมีการถูกคุกคามจากมนุษย์ (Triboun and Middleton, 2012) ซึ่งหากไม่มีการเร่งขยายพันธุ์เพื่อเพิ่มจำนวนประชากร อนาคตอันใกล้ต้นนริวรรณ์อาจอยู่ในสถานะที่เสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ การขยายพันธุ์โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชมีความสำคัญต่อการอนุรักษ์ทรัพยากรพืชโดยเฉพาะพืชถิ่นเดียว พืชหายาก และพืชใกล้สูญพันธุ์ (Siddique *et al.*, 2003) มีการรายงานเกี่ยวกับการศึกษาเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในวงศ์ Gesneriaceae หลายสกุล เช่น Sunpui and Kanchanapoom (2002) ได้ศึกษาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ *Saintpaulia ionantha* พบว่า อาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดยอดจากชิ้นส่วนก้านใบ และอาหารสูตร MS ที่เติม TDZ ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดยอดจากชิ้นส่วนใบ นอกจากนี้ North and Ndakidemi (2012) ศึกษาเทคนิคการเพาะเลี้ยงและขยายพันธุ์ *Streptocarpus rexii* พบว่าเมื่อเพาะ

เลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม IAA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ได้จำนวนต้นมากที่สุด Tang and Lin (2007) ได้รายงานผลการศึกษาเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนใบของ *Chirita longgangensis* ซึ่งเป็นพืชถิ่นเดียวและใกล้สูญพันธุ์ของจีนโดยสามารถชักนำให้เกิด somatic embryo ได้ เมื่อเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนใบบนอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และ Kozak และคณะ (2007) ศึกษาการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนปลายยอด *Kohleria amabilis* พบว่า อาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดยอดได้ดีที่สุดเมื่อเพาะเลี้ยงนาน 4 สัปดาห์ แต่รายงานการศึกษาเพาะเลี้ยงพืชสกุล *Petrocosmea* ในสภาพปลอดเชื้อมีค่อนข้างน้อย การทดลองนี้เป็นการศึกษาเทคนิคการขยายพันธุ์ต้นนริวรรณ์ในสภาพปลอดเชื้อเพื่อลดความเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ และเป็นการเพิ่มจำนวนประชากรให้มีปริมาณมากก่อนที่จะเข้าสู่การพัฒนาวิธีการนำออกปลูกในสภาพโรงเรือนและเป็นแนวทางในการคืนพืชสู่ถิ่นธรรมชาติต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. รวบรวมตัวอย่างต้นนริวรรณ์ จากแหล่งธรรมชาติ ที่บริเวณเขาหินปูนยอดดอยตุง อ.แม่ฟ้าหลวง จ.เชียงราย จัดบันทึกลักษณะพืชและแหล่งที่พบ
2. ศึกษาเทคนิคการฟอกฆ่าเชื้อที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนต้นนริวรรณ์ 4 วิธีการดังนี้

วิธีการที่ 1 ฟอกฆ่าเชื้อใบนริวรรณ์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (Clorox) โดยทำความสะอาดใบนริวรรณ์ด้วยน้ำสบู่ ล้างน้ำแล้วแช่ในเอทานอล 70 เปอร์เซ็นต์ นาน 10 วินาที ตัดชิ้นส่วนใบให้มีขนาด 1 x 1 เซนติเมตร ก่อนนำไปฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารละลาย Clorox 10 เปอร์เซ็นต์ นาน 15 นาที หยอดสาร Tween 20 จำนวน 1-2 หยด ล้างด้วยน้ำที่นิ่งฆ่าเชื้อแล้ว 3 ครั้งๆ ละ 10-15 นาที ตัดชิ้นส่วนใบให้มีขนาดประมาณ 0.6x0.6 เซนติเมตร แล้วเพาะเลี้ยง

บนอาหาร สูตร MS นาน 3 เดือน บันทึกข้อมูลร้อยละของการรอดชีวิตของเนื้อเยื่อที่เพาะเลี้ยงบนอาหาร

วิธีการที่ 2 ฟอกฆ่าเชื้อใบนรีรัตนด้วยสารละลายเมอร์คิวริกคลอไรด์ ($HgCl_2$) โดยทำความสะอาดใบนรีรัตนด้วยน้ำสบู่ล้างน้ำแล้วแช่ในเอทานอล 70 เปอร์เซ็นต์ นาน 10 วินาที ตัดชิ้นส่วนใบให้มีขนาด 1×1 เซนติเมตร ก่อนนำไปฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารละลาย $HgCl_2$ จำนวน 4 กรัมวิธีย่อย ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 $HgCl_2$ เข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 3 นาที

กรรมวิธีที่ 2 $HgCl_2$ เข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 5 นาที

กรรมวิธีที่ 3 $HgCl_2$ เข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 3 นาที

กรรมวิธีที่ 4 $HgCl_2$ เข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 5 นาที

ล้างด้วยน้ำกลั่นที่หนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว 3 ครั้ง ๆ ละ 10-15 นาที ตัดชิ้นส่วนใบให้มีขนาดประมาณ 0.6×0.6 เซนติเมตร แล้วเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS นาน 3 เดือน บันทึกข้อมูลร้อยละของการรอดชีวิตของเนื้อเยื่อที่เพาะเลี้ยงบนอาหาร

วิธีการที่ 3 ฟอกฆ่าเชื้อผักที่ยังสุกแก่ไม่เต็มที่ โดยนำผักที่ยังสุกแก่ไม่เต็มที่ของต้นนรีรัตนจุ่มในเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำไปลนผ่านไฟ ตัดปลายผัก บิดและเคาะผักเพื่อให้เมล็ดออก เพาะเลี้ยงเมล็ดบนอาหารสูตร MS นาน 3 เดือน บันทึกข้อมูลร้อยละของการรอดชีวิตของเนื้อเยื่อที่เพาะเลี้ยงบนอาหาร

วิธีการที่ 4 ฟอกฆ่าเชื้อผักแก่ โดยนำผักแก่ของต้นนรีรัตนจุ่มในเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำไปลนผ่านไฟ ตัดปลายผัก บิดและเคาะผักเพื่อให้เมล็ดออก เพาะเลี้ยงเมล็ดบนอาหารสังเคราะห์สูตร MS นาน 3 เดือน บันทึกข้อมูลร้อยละของการรอดชีวิตของเนื้อเยื่อที่เพาะเลี้ยงบนอาหาร

3. ศึกษาการชักนำให้เกิดยอดจำนวนมาก (multiple shoot induction) จากการเพาะเลี้ยงใบนรีรัตนบนอาหารสูตรต่าง ๆ โดยใช้ใบที่ได้จากต้นที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่มีขนาดเท่า ๆ กัน เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.8 ซม. เพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์สูตรต่าง ๆ จำนวน 15 สูตร ได้แก่ อาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 5 ระดับ คือ 0, 0.1, 0.5, 1.0 และ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IBA ความเข้มข้น 3 ระดับ คือ 0, 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) จำนวน 4 ซ้ำ บันทึกข้อมูลโดยการนับจำนวนยอดและตรวจดูการเปลี่ยนแปลงของชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยง นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P \leq 0.05$)

ผลการทดลองและวิจารณ์

การรวบรวมตัวอย่างต้นนรีรัตน

จากการสำรวจ และรวบรวม พบต้นนรีรัตนขึ้นบนหินปูนในป่าดิบเขาที่ระดับความสูง 1,350-1,400 เมตรจากระดับน้ำทะเล บริเวณคอกยดุง อ.แม่ฟ้าหลวง จ.เชียงราย มีประชากรต้นนรีรัตนเหลือเพียงไม่เกิน 500 ต้น และพบเพียงจุดเดียว ไม่มีการกระจายตัว ต้นนรีรัตนเป็นพืชล้มลุก เหง้ามีขนหนาแน่น ใบเรียงแผ่ที่โคน แผ่นใบเกือบกลมหรือรูปไข่และมีขนสั้นนุ่มหนาแน่นทั้งสองด้าน ก้านใบยาว และมีขนหนาแน่น กลีบดอกสีม่วงเข้ม ผลแห้งลักษณะเรียวยาวขนาดประมาณเมล็ดข้าว (Figure 1) ภายในฝักแก่ประกอบด้วยเมล็ดสีน้ำตาลเข้มเป็นผงขนาดเล็กจำนวนมาก ส่วนเมล็ดในฝักที่ยังสุกแก่ไม่เต็มที่ที่เป็นผงสีน้ำตาลอ่อนจำนวนมากและค่อนข้างขึ้น

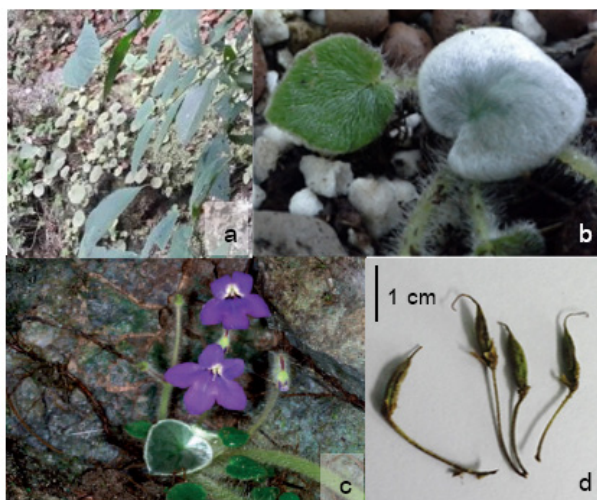


Figure 1 *Petrocosmea pubescens* in natural habitat (a) leaves and stems (b) flowers (c) and pods (d).

การพอกฆ่าเชื้อเนื้อเยื่อต้นนริวรรต

การศึกษาเทคนิคการพอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนต้นนริวรรต พบว่าชิ้นส่วนแผ่นใบไม่เหมาะสำหรับการพอกฆ่าเชื้อเพื่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เนื่องจากใบของต้นนริวรรตมีขนลักษณะสั้น ๆ สีขาวปกคลุมค่อนข้างหนาแน่นและرابไปกับพื้นผิวทั้งบริเวณด้านบนและใต้ของแผ่นใบ (Figure 2a และ b) และสภาพถิ่นที่พบต้นนริวรรตในธรรมชาติเป็นป่าที่มีความชื้นค่อนข้างสูง ชิ้นส่วนที่นำมาเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจึงมีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ค่อนข้างมาก ทำให้การพอกฆ่าเชื้อด้วยสารละลาย $HgCl_2$ และ Clorox ไม่ประสบผลสำเร็จ คือพบการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ทุกชิ้นเนื้อเยื่อ แม้จะมีการเติมสารจับใบ คือ Tween 20 แล้วก็ตาม (Table 1) ในขณะที่มีรายงานว่าพืชบางสกุลในวงศ์ Gesneriaceae นี้ สามารถพอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนใบและสามารถเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเพื่อขยายปริมาณพืชได้ เช่น สกุล *Saintpaulia* (Mithila et al., 2003; Murch et al., 2003) และ *Sinningia* (Yang et al., 2022) แต่ใบของต้นนริวรรตมีการปกคลุมด้วยขนหนาทั้งด้านบนและด้านล่าง ลักษณะดังกล่าวจะเพิ่มความเสี่ยงในการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งทำให้การทำความสะอาดและการพอกฆ่าเป็นไปได้อย่างยิ่งยั้ง มีการรายงานผลการวิจัยการพอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนใบในพืชวงศ์ Gesneriaceae โดยใช้สารละลาย

Clorox ที่ระดับความเข้มข้น และเวลาต่าง ๆ ซึ่งพบการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ (จิรภัทร และคณะ, 2541)

สำหรับการพอกฆ่าเชื้อฝัก พบว่าการนำฝักแก่จุ่มในเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำไปลนผ่านไฟทำให้ได้ฝักที่ปลอดเชื้อจุลินทรีย์มากถึงร้อยละ 50 (Table 1) และนำเมล็ดที่อยู่ข้างในฝักเพาะบนอาหารสูตร MS สามารถเจริญเป็นต้นที่สมบูรณ์ได้ (Figure 2c) แต่ถ้าใช้ฝักที่ยังสุกแก่ไม่เต็มที่นั้น ทำให้ได้ชิ้นส่วนที่มีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ 100 เปอร์เซ็นต์ อาจเนื่องจากตัวฝักเป็นเนื้อเยื่อที่ยังสด มีความชื้นและประกออบกับเมล็ดยังมีการพัฒนาไม่เต็มที่ และมีความชื้นค่อนข้างสูง จึงทำให้ง่ายต่อการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์หลายชนิด

ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการพอกฆ่าเชื้อฝักนกรินทรา (*Paraboea sangwaniae*) ซึ่งเป็นพืชวงศ์เดียวกัน โดยใช้วิธีการนำฝักลนผ่านไฟและเพาะเมล็ดบนอาหารสูตร MS ทั้งนี้ พบว่าเมล็ดมีอัตราการรอดชีวิตสูงกว่าวิธีอื่น (พัชร และคณะ, 2555) อย่างไรก็ตาม ถ้าฝักแก่จัดมีลักษณะที่ปริแตกหรือเสียหาย อาจต้องนำเมล็ดออกมาพอกฆ่าเชื้อด้วยสารละลาย H_2O_2 เช่นในกรณีฝักของชาฤๅษีดอกตุง (*Paraboea doitungensis*) (พัชร และคณะ, 2561)

Table 1 Effect sterilization methods on the rate of contamination of various explants of *Petrocosmea pubescens*.

Parts of plant	Methods	Sterilization methods	Contamination rate (%)
leaf	Clorox	10% Clorox, 15 min	100
leaf	HgCl ₂	0.2% HgCl ₂ , 3 min	100
		0.2% HgCl ₂ , 5 min	100
		0.4% HgCl ₂ , 3 min	100
		0.4% HgCl ₂ , 5 min	100
young pod	over flame	95% EtOH + quick moving over the flame	100
mature pod	over flame	95% EtOH + quick moving over the flame	50

**Figure 2** 0.8x images of ventral leaf pubescence (a) dorsal leaf pubescence (b) plantlets after cultured on MS medium for 3 months (c).

ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการชักนำให้เกิดยอดจำนวนมากจากแผ่นใบ

ศึกษาการชักนำให้เกิดยอดจำนวนมาก โดยเฉพาะเลี้ยงบนรีริตนเป็นเวลา 3 เดือน บนอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต BA ร่วมกับ IBA ทั้ง 15 กรรมวิธี (Table 2) พบว่าให้ผลไม่แตกต่างทางสถิติ โดยอาหารที่สามารถชักนำให้เกิดยอดได้จำนวนมากที่สุด คือ อาหารสูตร MS ที่เติม IBA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เพียงอย่างเดียว สามารถชักนำให้เกิดยอดได้เฉลี่ย 16 ยอดต่อชิ้นส่วน ลักษณะยอดใหม่ที่ได้มีความแข็งแรง สีเขียว และไม่จมน้ำ (Figure 3) ซึ่งอาหารสูตร MS ที่เติม IBA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 0.1-1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มชักนำให้เกิดยอดจำนวนมากได้ดี แต่การเติม IBA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้นสูง 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เกิดยอดใหม่ที่สมบูรณ์ลดลง ส่วนการเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เพียงอย่างเดียว

สามารถชักนำให้เกิดยอดได้เฉลี่ย 15.5 ยอดต่อชิ้นส่วน ซึ่งการเติม BA ที่มีความเข้มข้นที่สูงขึ้นมีแนวโน้มทำให้ชักนำให้เกิดยอดใหม่ที่สมบูรณ์ลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องจากเนื้อเยื่อต้องได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตในปริมาณความเข้มข้นที่เหมาะสมจึงจะสามารถพัฒนาเป็นยอดที่สมบูรณ์ได้ดี แม้จะเพิ่มปริมาณสารควบคุมการเจริญเติบโตทั้งกลุ่มออกซิน (IBA) และไซโตไคนิน (BA) เกินกว่าที่ต้องการก็ไม่ช่วยให้ยอดมีความสมบูรณ์แข็งแรงมากขึ้น (*Paraboea doitungensis*) (พัชร และคณะ, 2561) การทดลองสอดคล้องกับการขยายพันธุ์แอฟริกันไวโอเล็ตและกลีอกขี้นีซึ่งเป็นพืชในวงศ์เดียวกันกับต้นรีริตนโดยทำการเพาะเลี้ยงก้านใบแอฟริกันไวโอเล็ตบนอาหารสูตร MS ที่เติม NAA ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงผลการชักนำให้เกิดยอดใหม่จำนวนมากได้ดีกว่าการใช้ BA ความเข้มข้นสูง ๆ (Bilkey *et al.*, 1978) ซึ่งมีรายงานการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วน ใบแอฟริกันไวโอเล็ตพบว่า เมื่อเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม IBA

ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดยอดได้จำนวนมาก และการเติม IBA ในปริมาณมากเกินไปมีผลต่อการชักนำให้เกิดยอดใหม่ลดลง ในขณะที่อาหารสูตร MS ที่ไม่เติม IBA ชักนำให้เกิดยอดได้เฉลี่ย 9.3 ยอด (Daud and Taha, 2008; Ghasemi *et al.*, 2012) สอดคล้องกับการรายงานของ Ma *et al.* (2010) ที่ได้เพาะเลี้ยงใบ *Metabriggsia ovalifolia* พืชวงศ์ Gesneriaceae พบว่าเมื่อเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มออกซิน (IAA, IBA และ NAA) ระดับ

ความเข้มข้นต่ำสามารถชักนำให้เกิดยอดจำนวนมาก เช่นเดียวกับผลการทดลองเพาะเลี้ยงใบ *Primulima tabacum* บนอาหารสูตรชักนำให้เกิดยอดจำนวน 32 สูตร พบว่าอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ชักนำให้เกิดยอดจำนวนมากเฉลี่ย 6-8 ยอดต่อชิ้นส่วน ในขณะที่อาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IBA 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดยอดได้มากถึง 21 ยอดต่อชิ้นส่วน (Ma *et al.*, 2011)

Table 2 Effect of IBA and BA combination on multiple shoot induction from leaf of *Petrocosmea pubescens* cultured on MS medium for 3 months.

Medium	Number of shoots	Ranks
MS	7.1	9
MS + 0.1 mg/l BA	15.5	2
MS + 0.5 mg/l BA	9.8	5
MS + 1.0 mg/l BA	7.4	7
MS + 1.5 mg/l BA	6.5	11
MS + 0.5 mg/l IBA	16.0	1
MS + 0.5 mg/l IBA + 0.1 mg/l BA	9.6	6
MS + 0.5 mg/l IBA + 0.5 mg/l BA	14.6	3
MS + 0.5 mg/l IBA + 1.0 mg/l BA	10.9	4
MS + 0.5 mg/l IBA + 1.5 mg/l BA	6.0	12
MS + 1.0 mg/l IBA	6.6	10
MS + 1.0 mg/l IBA + 0.1 mg/l BA	5.6	13
MS + 1.0 mg/l IBA + 0.5 mg/l BA	5.6	14
MS + 1.0 mg/l IBA + 1.0 mg/l BA	7.3	8
MS + 1.0 mg/l IBA + 1.5 mg/l BA	3.9	15
mean	8.8	
F-test (T)	ns	
CV (%)	26.23	

CV : coefficient of variation

ns = non significant

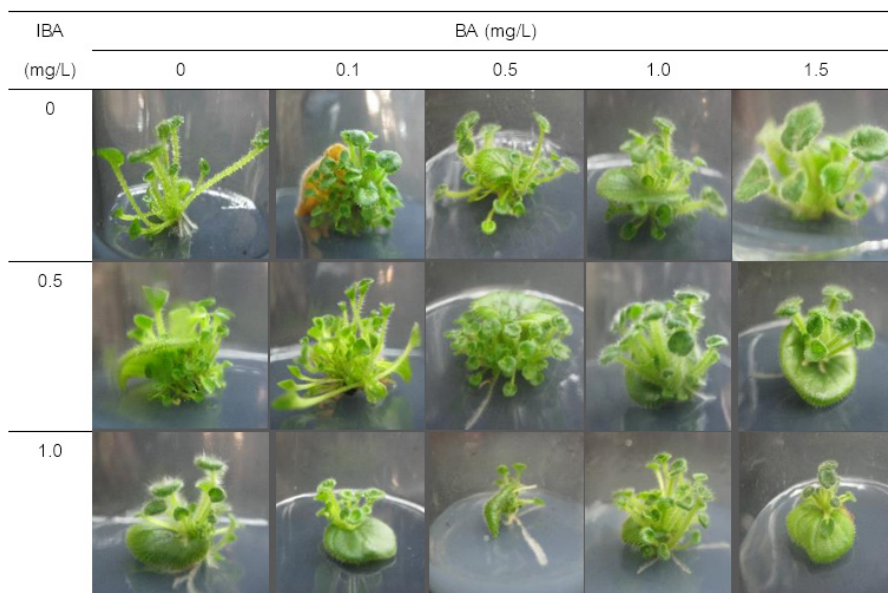


Figure 3 *Petrocosmea pubescens* plantlets after culturing on MS medium supplemented with BA and IBA for 3 months.

นอกจากนี้การย้ายปลูกต้นรีไรต์จากสภาพปลอดเชื้อเพื่อปลูกในสภาพโรงเรือน ต้องเลือกต้นที่มีความสมบูรณ์แข็งแรงและมีรากจำนวนมากนำมาปรับสภาพ โดยการนำออกจากห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ คลายฝาขวดเพื่อลดความชื้นสัมพัทธ์ในขวดและมีการถ่ายเทอากาศมากขึ้น ประมาณ 5 - 7 วัน หลังจากนั้นล้างรากออกจากรากให้สะอาด จุ่มยากันเชื้อรา แล้วปลูกโดยใช้วัสดุปลูกที่มีความโปร่งและอุ้มน้ำค่อนข้างดี แต่ต้องไม่ร่วนจนเกินไป โดยเลือกใช้วัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของ พีทมอส : ดินผสม : เพอร์ไลท์ : หินภูเขาไฟ ในอัตราส่วน 2 : 1 : 1 : 1 พบอัตราการรอดชีวิต 20 เปอร์เซ็นต์

สรุป

จากการทดลองฟอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนต้นรีไรต์ได้เทคนิคที่เหมาะสม คือ ฟอกฆ่าเชื้อผักแก่โดยการจุ่มในแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ แล้วลนผ่านไฟและเพาะเลี้ยงเมล็ด และจากการเพาะเลี้ยงใบรีไรต์ในสภาพปลอดเชื้อเพื่อเพิ่มจำนวนยอด โดยใช้อาหารสูตร MS ที่เติม BA ร่วมกับ IBA พบว่าสูตรอาหารที่เหมาะสมคือ MS ที่เติม IBA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เพียงอย่างเดียว ทำให้เพิ่มปริมาณ

ยอดได้มากที่สุดเฉลี่ย 16 ยอด/ชิ้นส่วน รองลงมาคือสูตรอาหาร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เพียงอย่างเดียว สามารถชักนำให้เกิดยอด 15.5 ยอดต่อชิ้น และ MS ที่เติม IBA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดยอด 14.6 ยอดต่อชิ้น เมื่อเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 เดือน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกรมวิชาการเกษตรและสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่สนับสนุนงบวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณสำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร สถานที่ทำการวิจัย และขอขอบคุณคณะผู้ร่วมวิจัยทุกท่านที่สนับสนุนและร่วมงานวิจัยอย่างเต็มที่

เอกสารอ้างอิง

ธีรภัทร ศรีรัตนโชติ อนุพันธ์ กงบังเกิด และปราณี นางงาม. 2541. วิธีการฟอกฆ่าเชื้อที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงพืชวงศ์ชาถาญีของประเทศไทย ในสภาพปลอดเชื้อ. ปริญญาโท, ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยนครสวรรค์.

- พัชร ปิริยะวินิตร พัฒนบุรี รักษาจิต ปราโมทย์ ไตรบุญ และปาริฉัตร สังข์สะอาด. 2555. ศึกษาเทคนิคการขยายพันธุ์ใน ครินทรา (*Trisepalum sangwaniae*) พืชเฉพาะถิ่นของประเทศไทยในสภาพปลอดเชื้อ. หน้า 395-400. ใน: การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยขอนแก่นวิทยาเขตหนองคาย ครั้งที่ 2, 30-31 สิงหาคม 2555. มหาวิทยาลัยขอนแก่นวิทยาเขตหนองคาย, หนองคาย
- พัชร ปิริยะวินิตร พัฒนบุรี รักษาจิต และปาริฉัตรรักษาจิต. 2561. เทคนิคการขยายพันธุ์ชาฤๅษีดอยตุง (*Paraboea doitungensis*) ในสภาพปลอดเชื้อเพื่อการอนุรักษ์. วารสารวิชาการเกษตร 36(3): 268-278.
- Bilkey, P.C., B.H. McCown and A.C. Hildebrandt. 1978. Micropropagation of african violet from petiole cross-sections. HortScience 13(1): 37-38.
- Daud, N. and R.M. Taha. 2008. Plant regeneration and floral bud formation from intact floral parts of African violet (*Saintpaulia ionantha* H. Wendl.) cultured in vitro. Pakistan Journal of Biological Sciences 11: 1055-1058.
- Ghasemi, Y., G.A. Nematzadeh, V.G. Omran, A. Dehestani and S. Hosseini. 2012. The effects of explants type and phytohormones on African violet (*Saintpaulia ionantha*) micropropagation efficiency. Biharean Biologist 6(2): 73-76.
- Ji, H. 2008. China Papers. Studies on Cytology, Reproductive Biology and Pollen Morphology of *Petrocosmea* (Gesneriaceae) from China. (online): Available source: <http://ir.kib.ac.cn:8080/handle/151853/36> (August 29, 2020).
- Kozak, D., J. Hetman and M. Witek. 2007. The influence of the mineral composition of the medium on in vitro propagation of *Kohleria amabilis* (Planch. Et Linden) Fritsch shoots. Acta Agrobotanica 60(1): 95-99.
- Ma, G.H., A.T. Jaime, J.F. Lü, X.H. Zhang and J.T. Zhao. 2010. Shoot organogenesis and plant regeneration in *Metabriggsia ovalifolia*. Plant Cell Tissue and Organ Culture 105(3): 355-361.
- Ma, G.H., C.X. He, H. Ren, Q.M. Zhang, S.J. Li, X.H. Zhang and B. Eric. 2011. Direct somatic embryogenesis and shoot organogenesis from leaf explants of *Primulina tabacum*. Biologia Plantarum 54(2): 361-365.
- Mithila, J., J. Hall, J.M.R. Victor and P.K. Saxena. 2003. Thidiazuron induces shoot organogenesis at low concentrations and somatic embryogenesis at high concentrations on leaf and petiole explants of African violet (*Saintpaulia ionantha* Wendl.). Plant Cell Reports 21(5): 408-414.
- Middleton, D.J. and P. Triboun. 2010. Two new species of *Petrocosmea* (Gesneriaceae) from Thailand. Thai Forest Bulletin (Botany) 38: 42-47.
- Murch, S.J., J.M.R. Victor and P.K. Saxena. 2003. Auxin, calcium and sodium in somatic embryogenesis of African violet (*Saintpaulia ionantha* Wendl.) cv. Benjamin. Acta Horticulturae 625: 201-209.
- North, J.J. and P.A. Ndakidemi. 2012. Evaluation of different ratios of auxin and cytokinin for the *in vitro* propagation

- of *Streptocarpus rexii* Lindl. International Journal of Physical Sciences 7(7): 1083-1087.
- Shaw, J. 2011. A new species of *Petrocosmea*. The Plantsman 10(3): 177-179.
- Siddique, N.A., M.A. Bari, N. Kham, M. Rahman, M.H. Rahman and S. Huda. 2003. Plant regeneration from nodal segments derived callus in *Hemidesmus indicus* (L.) R.Br. (Anantamul) an endangered medicinal plant in Bangladesh. Journal of Biological Sciences 3: 1158-1163.
- Sunpui, W. and K. Kanchanapoom. 2002. Plant regeneration from petiole and leaf of african violet. (*Saintpaulia ionantha* Wendl.) cultured *in vitro*. Songklanakarin Journal of Science and Technology 24(3): 357-364.
- Tang Z. and H. Lin. 2007. Rapid in vitro multiplication of *Chirita longgangensis* W.T. Wang: An endangered Gesneriaceae species in China. Horticultural Science 42(3): 638-641.
- Triboun, P. and D.J. Middleton. 2012. *Petrocosmea pubescens*. The IUCN Red List of Threatened Species 2012. (online): Available source: <http://www.iucnredlist.org/details/201813/0> (March 15, 2023).
- Yang, H., Y. Yang, Q. Wang, J. He, L. Liang, H. Qiu, Y. Wang and L. Zou. 2023. Adventitious shoot regeneration from leaf explants in *Sinningia Hybrid* 'Isa's Murmur'. Plants.11(1232): 1-11. (online): Available Source: <https://doi.org/10.3390/plants11091232> (September 6, 2023).

เทคนิคการขยายและอนุรักษ์พันธุ์พรรณธัญพืช (Maranta arundinacea L.) ในสภาพปลอดเชื้อ In Vitro Propagation and Conservation Technique of Arrowroot (Maranta arundinacea L.)

พัชร ปิริยะวินิต¹, พัฒนารี รักษัคิต¹ และปาริฉัตร สังข์สะอาด¹

Phatchara Piriyavinit¹, Padnaree Rukkid¹ and Parichart Sangkasa-ad¹

Received: October 19, 2023

Revised: January 17, 2024

Accepted: January 26, 2024

Abstract: Starch produced from arrowroot rhizomes is a low glycemic index starch which is possible to promote as a healthy food. Micropropagation and *in vitro* conservation by tissue culture techniques was investigated in this research. The result showed that the appropriate sterilization method for rhizome buds was the sterilization with 70% ethanol for 10 secs and 20% Clorox for 15 mins followed by 25% Clorox for 5 mins. The survival rate of this sterilization method was 16.7%. For shoot induction, the regenerated shoots from rhizome buds (~2 cm) were cultured on MS medium supplemented with 0, 0.5 and 1.0 mg/L NAA and 0, 3.0, 6.0 mg/L BA. The results showed that 6.0 mg/L BA alone could induce the average number of shoots of 5.5. The average root number of 4.6 and root length of 4.49 cm were observed on MS medium without NAA and BA. In vitro slow growth was attempted by culturing shoots on MS, ½ MS, and ¼ MS medium supplemented with 30, 45 and 60 g/L sucrose. It was revealed that the in vitro shoots cultured on ½ MS medium supplemented with 60 g/L sucrose for 5 months had survival rate and growth at 96.7%.

Keywords: marantaceae, tissue Culture technology, micropropagation, slow growth

บทคัดย่อ: มันสาธูเป็นพืชให้แป้งที่มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำซึ่งมีศักยภาพพัฒนาเป็นอาหารสุขภาพ จึงได้ศึกษาการขยายพันธุ์และอนุรักษ์พันธุ์พรรณธัญพืชด้วยเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยฟอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนตาจากหน่อด้วยเอทานอลความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ นาน 10 วินาที ตามด้วยคลอโรกซ์ ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ และ 25 เปอร์เซ็นต์ นาน 15 และ 5 นาที ตามลำดับ พบเนื้อเยื่อปลอดการปนเปื้อนของเชื้อ 16.7 เปอร์เซ็นต์ การขยายพันธุ์โดยนำยอดอ่อนในสภาพปลอดเชื้ออายุประมาณ 6 สัปดาห์ ขนาด 2 เซนติเมตร เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร Murashige and Skoog (MS) ที่เติม Naphthalene acetic acid (NAA) ความเข้มข้น 0, 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ Benzyladenine (BA) ความเข้มข้น 0, 3.0 และ 6.0 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า อาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 6.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เพียงอย่างเดียวสามารถชักนำให้เกิดยอดได้สูงสุด 5.5 ยอด และเมื่อเพาะเลี้ยงยอดบนอาหารสูตร MS ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตสามารถชักนำการเกิดรากเฉลี่ยสูงสุด 4.6 ราก และรากยาว 4.49 เซนติเมตร สำหรับการชะลอการเจริญเติบโตโดยเพาะเลี้ยงยอดมันสาธูบนอาหารสูตร MS ที่ลดความเข้มข้น ได้แก่ MS, ½ MS และ ¼ MS ร่วมกับการปรับความเข้มข้นน้ำตาลซูโครส 30, 45 และ 60 กรัมต่อลิตร พบว่าอาหาร ½ MS ที่เติมน้ำตาลซูโครส 60 กรัมต่อลิตร มีอัตราการรอดชีวิตและเจริญเติบโตได้ 96.7 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเพาะเลี้ยงได้นาน 5 เดือน โดยไม่ต้องเปลี่ยนถ่ายอาหาร

คำสำคัญ: วงศ์คัลล่า, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ, การขยายพันธุ์, การชะลอการเจริญเติบโต

¹ สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร, ปทุมธานี, 12110

¹ Biotechnology Research and Development Office, Department of Agriculture, Pathum Thani 12110

*Corresponding author: phat87_ka@yahoo.com

คำนำ

มันสาคุ (*Maranta arundinacea* L.; Arrowroot) เป็นพืชหัวให้แป้งที่มีประโยชน์เชิงสุขภาพ คุณสมบัติที่เด่นคือมีค่าดัชนีน้ำตาล (glycemic index, IG) ต่ำ และมีคุณสมบัติเป็นแป้งทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ (resistant starch) (Aprianita *et al.*, 2014) แต่ในประเทศไทยมีการเพาะปลูกมันสาคุเป็นพืชรองซึ่งความสำคัญทางเศรษฐกิจค่อนข้างน้อย (minor crops) นอกจากนี้การเพาะปลูกใช้ระยะเวลาค่อนข้างนานประมาณ 8-10 เดือน (พีรศักดิ์ และคณะ, 2544) และมีอายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมคือช่วง 11 -12 เดือนหลังปลูกเลี้ยง ทำให้ผลผลิตสูงสุดซึ่งหัวจะมีแป้งและกาบใยเหนียวเหมาะที่จะนำมาผลิตแป้ง (อรนุช, 2549) ทำให้พืชชนิดนี้ถูกลดบทบาทความสำคัญลงและพบเห็นได้ยากขึ้นในพื้นที่เพาะปลูกต่างๆ ด้วยเหตุนี้จึงนำเทคนิคเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมาศึกษาการขยายพันธุ์มันสาคุและการอนุรักษ์พันธุกรรม เนื่องจากเทคโนโลยีนี้จะใช้พื้นที่และแรงงานในการดำเนินการน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับ การขยายพันธุ์ในสภาพแปลงปลูก และเหมาะกับพืชที่มีคุณลักษณะที่เฉพาะที่ผ่านมามีการศึกษาขยายพันธุ์มันสาคุในสภาพปลอดเชื้อแล้ว พบว่าอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำการเกิดยอดได้ แต่การแตกยอดบางครั้งยังไม่สามารถเจริญเติบโตเป็นต้นที่สมบูรณ์ได้ (พัชร และคณะ, 2564) และมีงานวิจัยในต่างประเทศที่การเพาะเลี้ยงหน่ออ่อนมันสาคุพันธุ์ 'Criollo' ในสภาพปลอดเชื้อบนอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ในสภาพมืด นาน 1 สัปดาห์แล้วย้ายมาเลี้ยงในสภาพแสงปกติ พบว่าสามารถชักนำการเกิดยอดได้ดีกว่าการเลี้ยงในสภาพแสงปกติ (Daquinta *et al.*, 2009) และมีรายงานเพิ่มเติมว่ามีการใช้ชิ้นส่วนตาข้างของ *Calathea crotalifera* ซึ่งเป็นพืชอยู่ในวงศ์ Marantaceae ในสภาพปลอดเชื้อบนอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 3.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ชักนำการเกิดยอด และชักนำการเกิดรากเมื่อเติมสาร NAA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เพียงอย่างเดียว (Rozali *et al.*, 2014)

สำหรับเทคนิคการชะลอการเจริญเติบโต (slow growth) ซึ่งเป็นการเก็บรักษาพันธุ์กรรมพืชในระยะเวลาสั้นหรือปานกลาง โดยเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในสภาพที่ทำให้มีอัตราในการเจริญเติบโตต่ำ เพื่อลดการเปลี่ยนถ่ายอาหาร ซึ่งจะช่วยลดค่าใช้จ่ายได้ เนื้อเยื่อปลอดภัยจากสภาวะแวดล้อมตามธรรมชาติ และเชื้อพันธุ์สามารถพร้อมใช้ได้ทันที เทคนิคนี้ทำโดยการปรับลดปริมาณธาตุอาหารหรือการเพิ่มปริมาณ sucrose หรือการเพิ่มสารที่มีผลเพิ่ม osmotic ของอาหาร เช่น sorbitol หรือ mannitol ตัวอย่างเช่น เก็บรักษาสโตรเบอร์ในสภาพปลอดเชื้อเพื่อการเก็บรักษาระยะปานกลาง (Hassan and Bekheet, 2008) ดังนั้นการศึกษารังนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อขยายพันธุ์และอนุรักษ์เชื้อพันธุ์กรรมมันสาคุในธนาคารเชื้อพันธุ์พืช กรมวิชาการเกษตร สำหรับการการพัฒนาการใช้ประโยชน์จากเชื้อพันธุ์กรรมพืชต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ศึกษาการฟอกฆ่าเชื้อเพื่อกำจัดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ โดยใช้ชิ้นส่วนหัวมันสาคุ (*Maranta arundinacea* var. *indica*) เป็นมันสาคุใบเขียว ที่มีตานอกที่เจริญเล็กน้อยฟอกฆ่าเชื้อด้วยคลอโรกซ์กรรมวิธีละ 5 ชั่วโมง 4 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ฟอกฆ่าเชื้อด้วยเอทานอล (ethanol, EtOH) ความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ นาน 10 วินาที หลังจากนั้นฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารละลายคลอโรกซ์ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลา 15 นาที และคลอโรกซ์ความเข้มข้น 25 เปอร์เซ็นต์ นาน 3 นาที

กรรมวิธีที่ 2 ฟอกฆ่าเชื้อด้วย EtOH ความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ นาน 10 วินาที หลังจากนั้นฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารละลายคลอโรกซ์ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลา 15 นาที และคลอโรกซ์ความเข้มข้น 25 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 นาที

กรรมวิธีที่ 3 ฟอกฆ่าเชื้อด้วย EtOH ความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ นาน 10 วินาที หลังจากนั้นฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารละลายคลอโรกซ์ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลา 20 นาที และคลอโรกซ์ความเข้มข้น 25 เปอร์เซ็นต์ นาน 3 นาที

กรรมวิธีที่ 4 ฟอกฆ่าเชื้อด้วย EtOH ความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ นาน 10 วินาที หลังจากนั้นฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารละลายคลอโรกซ์ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลา 20 นาที และคลอโรกซ์ความเข้มข้น 25 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 นาที

ตัดชิ้นส่วนตาเห้งมาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS (Murashige and Skoog, 1962) ที่ใส่ผงถ่านกัมมันต์ ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ ช่วยดูดซับสารที่พืชปล่อยออกมา แล้วเพาะเลี้ยงภายใต้การควบคุมสภาพแวดล้อม อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 2,000 ลักซ์ ให้แสงสว่างนาน 16 ชั่วโมงต่อวัน บันทึกเปอร์เซ็นต์การปลดการปนเปื้อนของเชื้อหลังฟอกฆ่าเชื่อนาน 7-10 วัน และจำนวนตาที่สามารถเจริญเติบโตเป็นต้นที่สมบูรณ์ได้

2. ศึกษาการชักนำให้เกิดยอดและราก โดยเพาะเลี้ยงยอดอ่อนอายุประมาณ 6 สัปดาห์ ขนาด 2 เซนติเมตร บนอาหารสูตร MS (Murashige and Skoog, 1962) ที่เติมสารกลุ่มออกซิน คือ NAA ความเข้มข้น 0, 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร รวมกับการใช้สารกลุ่มไซโทไคนิน คือ BA ความเข้มข้น 0, 3.0 และ 6.0 มิลลิกรัมต่อลิตร วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ จำนวน 9 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 สูตรอาหาร MS

กรรมวิธีที่ 2 สูตรอาหาร MS + NAA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 3 สูตรอาหาร MS + NAA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 4 สูตรอาหาร MS + BA ความเข้มข้น 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 5 สูตรอาหาร MS + BA ความเข้มข้น 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร + NAA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 6 สูตรอาหาร MS + BA ความเข้มข้น 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร + NAA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 7 สูตรอาหาร MS + BA ความเข้มข้น 6.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 8 สูตรอาหาร MS + BA ความ

เข้มข้น 6.0 มิลลิกรัมต่อลิตร + NAA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 9 สูตรอาหาร MS + BA ความเข้มข้น 6.0 มิลลิกรัมต่อลิตร + NAA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

บันทึกผลการทดลองหลังเพาะเลี้ยงนาน 3 เดือน โดยบันทึกข้อมูลลักษณะการเจริญเติบโต จำนวนยอดจำนวนรากที่สมบูรณ์ ความยาวราก นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P \leq 0.05$)

3. ศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมในการชะลอการเจริญเติบโตของยอดมันสำคูล โดยนำต้นมันสำคูลที่พัฒนาในสภาพปลอดเชื้อยาวประมาณ 3 เซนติเมตร อายุประมาณ 2 เดือนมาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่ลดความเข้มข้นของอาหาร ได้แก่ $\frac{1}{2}$ MS และ $\frac{1}{4}$ MS ร่วมกับน้ำตาลซูโครสที่ ความเข้มข้น 30, 45 และ 60 กรัมต่อลิตร วางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Factorial in CRD) ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ดังนี้

ปัจจัยที่ 1 คือ ปริมาณสารอาหาร MS จำนวน 3 ระดับ ได้แก่ $\frac{1}{4}$ MS, $\frac{1}{2}$ MS, และ MS

ปัจจัยที่ 2 คือ ปริมาณน้ำตาลซูโครส จำนวน 3 ระดับ ได้แก่ ความเข้มข้น 30, 45 และ 60 กรัมต่อลิตร

ทำการทดลองกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ต้น บันทึกผลการทดลองหลังเพาะเลี้ยงนาน 5 เดือน โดยบันทึกข้อมูลลักษณะการเจริญเติบโต จำนวนยอด ความยาวยอด (เซนติเมตร) และการรอดชีวิต (เปอร์เซ็นต์) นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P \leq 0.05$)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การฟอกฆ่าเชื้อเพื่อกำจัดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์

จากการทดลองการฟอกฆ่าเชื้อที่ผิวของเหง้า

มันสำคูล ด้วยวิธีการ 4 กรรมวิธี พบว่ามีการปนเปื้อนของเชื้อราและแบคทีเรียที่ขึ้นส่วนตาของเหง้าจำนวนมาก โดยการฟอกฆ่าเชื้อด้วยคลอโรกซ์ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ นาน 15 นาที และคลอโรกซ์ความเข้มข้น 25 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 นาที มียอดที่ปลอดเชื้อสูงสุดคิดเป็น 16.7 เปอร์เซ็นต์

(Table 1) ซึ่งค่อนข้างต่ำอาจเนื่องจากชิ้นส่วนที่ฟอกฆ่าเชื้อเป็นเหง้าที่อยู่ใต้ดินเป็นการเพิ่มโอกาสในการเกิดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ แม้จะมีการเตรียมตัวอย่างก่อนการฟอกฆ่าเชื้อโดยล้างทำความสะอาดและเพาะเลี้ยงในทรายที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อก่อนทำการศึกษาเป็นเวลานาน 1 สัปดาห์ (Figure 1)



Figure 1 Arrowroot rhizome explant preparation by choosing rhizome with growing buds (A) a bud explant cultured on MS medium (B) Non-contaminated shoot after being cultured for 1 month (C).

เนื่องจากการเตรียมเนื้อเยื่อก่อนการฟอกฆ่าเชื้อเป็นขั้นตอนที่สำคัญ เพื่อให้เนื้อเยื่อลดการปนเปื้อนของเชื้อ ส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์การฟอกฆ่าเชื้อ ซึ่งการฟอกฆ่าเชื้อมันสำคูลและในพืชสกุล *Maranta* ชนิดอื่น มีรายงานบ้างแล้ว โดยส่วนใหญ่ใช้สารละลายเมอร์คิวริกคลอไรด์ (HgCl_2) เช่นการฟอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนตาด้วย EtOH 70 เปอร์เซ็นต์ นาน 10 วินาที และ HgCl_2 ความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์ นาน 15 นาที พบเนื้อเยื่อที่ปลอดการปนเปื้อนของเชื้อ 35.29 เปอร์เซ็นต์ (พัชร และคณะ, 2564) และการฟอกเหง้ามันสำคูลพันธุ์ Criollo โดยใช้ HgCl_2 ความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์ (w/v) นาน 15 นาที เพื่อศึกษาการขยายพันธุ์มันสำคูลในสภาพปลอดเชื้อ (Daquinta *et al.*, 2009) นอกจากนี้การฟอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนปลายยอดของ *M. leuconeura* cv. Kerchoviana โดยใช้ EtOH ความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 วินาที หลังจากนั้นแช่โซเดียมไฮโปคลอไรท์ (Sodium hypochlorite, NaOCl) ความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ นาน 20 นาที แล้ว

แช่ HgCl_2 ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ นาน 2 นาที (Ebrahim and Ibrahim, 2000)

แม้ว่าการใช้สาร HgCl_2 มีแนวโน้มที่จะฟอกฆ่าเชื้อให้ปลอดการปนเปื้อนของเชื้อได้ดี แต่ต้องใช้ความระมัดระวังในขณะปฏิบัติการเนื่องจากเป็นสารที่มีปรอทเป็นองค์ประกอบ ส่งผลต่อการทำงานของต่อมไร้ท่อ ทำลายเนื้อเยื่อบริเวณทางเดินหายใจส่วนบน และผิวหนังอย่างรุนแรง ก่อให้เกิดอาการไอ ภาวะหายใจสั้นเร็วแบบรุนแรง ปวดศีรษะและ คลื่นไส้ (Supelco, 2566) งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้สารคลอโรกซ์ซึ่งมีสารละลาย NaOCl เป็นองค์ประกอบ ดังที่มีรายงานในการฟอกฆ่าเชื้อลำต้น *M. leuconeura* Morren var. Tricolor ด้วย NaOCl ความเข้มข้น 1.2% นาน 15 นาที (Scaramuzzi and Apollonio, 1997) ซึ่งชนิดของสารการฟอกฆ่าเชื้อ ความเข้มข้น และเวลาที่ใช้ฟอกฆ่าเชื้อจะแตกต่างกันอาจขึ้นกับชนิดและพันธุ์ รวมถึงชิ้นส่วนของเนื้อเยื่อนำมาใช้ในการศึกษา

Table 1 Effect of rhizome bud sterilization methods on the rate of survival.

Sterilization method	Survival rate from contamination (%)
20% Clorox, 15 min + 25% Clorox, 3 min	0
20% Clorox, 15 min + 25% Clorox, 5 min	16.7
20% Clorox, 20 min + 25% Clorox, 3 min	5.26
20% Clorox, 20 min + 25% Clorox, 5 min	0

2. การชักนำการเกิดยอดและราก

จากการเพาะเลี้ยงยอดอ่อนอายุประมาณ 6 สัปดาห์ ขนาด 2 เซนติเมตร บนอาหารสูตร MS ที่เติม NAA ความเข้มข้น 0, 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 0, 3.0 และ 6.0 มิลลิกรัมต่อลิตร นาน 3 เดือน พบว่าเมื่อเพาะเลี้ยงยอดบนสาคูบนอาหาร MS ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ทำให้ยอดมีความยาว 9.0 เซนติเมตร แต่ไม่พบการเกิดการแตกยอดมีจำนวนราก 4.6 ราก และความยาวราก 4.49 เซนติเมตร ซึ่งเป็นค่าความยาวยอดและจำนวนรากมากที่สุด (Table 2) เมื่อเพาะเลี้ยงยอดอ่อนบนอาหารสูตร MS ที่เติม NAA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เพียงอย่างเดียว ยอดอ่อนมีลักษณะน้ำตาลเหลืองและไม่พบการเจริญเติบโต (Figure 2) และเมื่อเพาะเลี้ยงยอดอ่อนบนอาหารสูตร MS ที่เติม BA เพียงอย่างเดียวมีแนวโน้มกระตุ้นการเกิดยอดได้ดีกว่าการเติม BA ร่วมกับ NAA โดยการเพาะเลี้ยงยอดอ่อนบนอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 6.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เกิดยอดได้มากที่สุดเฉลี่ย 5.5 ยอด ยอดมีความยาวเฉลี่ย 4.43 เซนติเมตร มีจำนวนรากเฉลี่ย 3.3 ราก และรากยาวเฉลี่ย 3.33 เซนติเมตร (Table 2) สอดคล้องกับการเพาะเลี้ยงปลายยอด *M. leuconeura* cv. Kerchoviana บนอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ช่วยชักนำการเกิดยอด (Ebrahim and Ibrahim, 2000) อย่างไรก็ตามยังมีการศึกษาการเพาะเลี้ยงเหง้า *M. arundinacea*

บนอาหารสูตร MS ที่เติม กรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซิดิก (2,4-Dichlorophenoxyacetic acid, 2,4-D) ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อชักนำการเกิดยอด และกระตุ้นการยึดของยอดบนอาหารสูตร MS ที่เติม 2,4-D ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (Wahyurini, 2020) และ *Calathea crotalifera* ซึ่งเป็นพืชอยู่ในวงศ์ Marantaceae ในสภาพปลอดเชื้อ พบว่าการเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 3.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ชักนำการแตกยอด (Rozali et al., 2014) จากผลการทดลองจะเห็นว่าความแตกต่างของชิ้นส่วน ชนิดของเชื้อพันธุ์ที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงเนี่ยเยื่อถูกควบคุมด้วยความสมดุลระหว่างความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มออกซินและไซโตไคนินในการชักนำการเกิดยอดและรากซึ่งมีความซับซ้อน โดยมีรายงานว่าออกซินสามารถยับยั้งการสะสมของไซโตไคนิน ขณะที่ไซโตไคนินสามารถยับยั้งออกซินบางส่วนซึ่งโดยปกติมักจะเลือกใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งก่อนแล้วค่อยเปลี่ยนถ่ายอาหารที่เติมสารอีกกลุ่มหนึ่ง (Van Staden et al., 2008) ด้วยเหตุนี้ การศึกษาความสมดุลระหว่างความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มออกซินและไซโตไคนิน จึงต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมที่เฉพาะในแต่ละชิ้นส่วน ชนิดของเชื้อพันธุ์ต่อไป

Table 2 Effect of NAA and BA combination on shoot and root multiplication from arrowroot plantlets cultured on MS medium for 3 months.

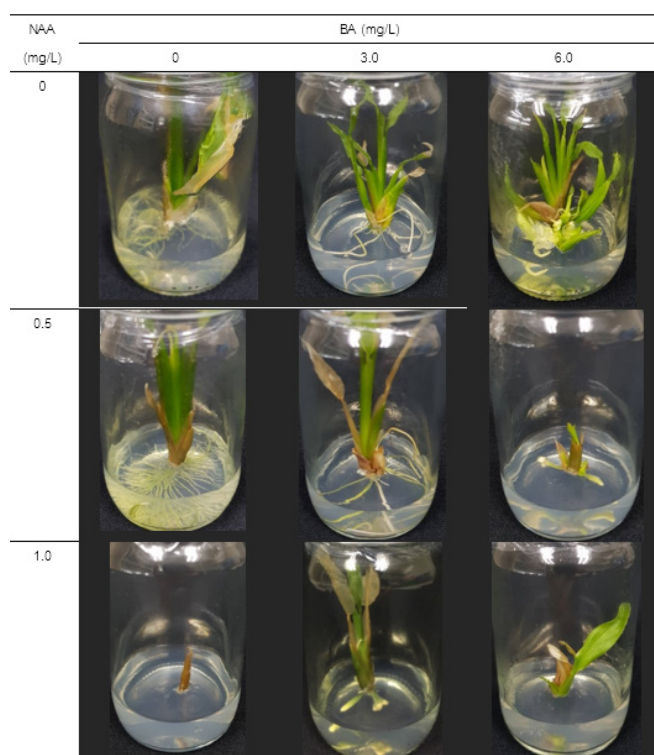
Tissue Culture Medium	Number of shoots	Shoot length (cm)	Number of roots	Root length (cm)
MS	1.0 a	9.00 b	4.6	4.49 c
MS + 0.5 mg/L NAA	1.1 a	5.17 a	2.3	4.15 c
MS + 1.0 mg/L NAA	n/a	n/a	n/a	n/a
MS + 3.0 mg/L BA	2.3 b	4.27 a	2.4	3.34 b
MS + 3.0 mg/L BA + 0.5 mg/L NAA	1.0 a	4.83 a	2.9	4.06 c
MS + 3.0 mg/L BA + 1.0 mg/L NAA	1.0 a	3.33 a	2.3	1.27 a
MS + 6.0 mg/L BA	5.5 c	4.43 a	3.3	3.33 b
MS + 6.0 mg/L BA + 0.5 mg/L NAA	1.5 b	2.67 a	2.6	1.27 a
MS + 6.0 mg/L BA + 1.0 mg/L NAA	1.6 b	3.48 a	2.3	1.30 a
mean	1.63	4.44	2.52	2.65
F-test	**	**	ns	**
CV (%)	23.56	28.9	17.44	28.1

Means within columns and rows followed by the same letters are not significantly different at 5% level probability using DMRT n/a = not applicable (Browning and ungerowing of explant) CV = coefficient of variation

ns = not significant

** = significant at 1% level

Transformation efficiency: Number of shoots and roots are log (X+1) transformed value

**Figure 2** The growth of arrowroot shoots after culturing rhizome buds on MS medium supplemented with various concentrations of BA and NAA for 3 months.

3. การชะลอการเจริญเติบโตของยอดมันสำคั

จากการศึกษาผลของอาหารสูตร MS ร่วมกับน้ำตาลซูโครสความเข้มข้นต่างๆ เพื่อชะลอการเจริญเติบโตพบว่ายอดมันสำคัที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่ความเข้มข้นลดลง ได้แก่ $\frac{1}{4}$ MS และ $\frac{1}{2}$ MS สามารถเจริญเติบโตได้ดี แต่ยอดที่เพาะเลี้ยงบนอาหาร MS ความเข้มข้น 1 เท่าไม่สามารถเจริญได้ และการลดความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสมีแนวโน้มทำให้เกิดจำนวนยอดลดลงส่วนความยาวของยอดพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอาหารสูตร MS และน้ำตาลซูโครส โดยเมื่อเพาะเลี้ยงยอดบนอาหารสูตร $\frac{1}{4}$ MS และ $\frac{1}{2}$ MS ร่วมกับน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 30 กรัมต่อลิตร ลักษณะต้นมีความยาวมากกว่ามากกว่าน้ำตาลซูโครสความเข้มข้นสูง และยอดอ่อนมันสำคัที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ความเข้มข้น 1 เท่าไม่พบการแตกยอดและความยาวของยอดที่สูงขึ้น ลักษณะของยอดสีน้ำตาลเหลืองซีด โดยเฉพาะเมื่อเลี้ยงร่วมกันน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 30 กรัมต่อลิตร ต้นไม่สามารถเจริญเติบโตแตกหน่ออ่อนได้เมื่อเปลี่ยนถ่ายอาหารใหม่ ส่วนต้นที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร $\frac{1}{4}$ MS หลังจากเพาะเลี้ยงนาน 3 เดือน เริ่มมีอาการน้ำตาลเหลืองซีด (Figure 3) เมื่อเพาะเลี้ยงยอดมันสำคันาน 5 เดือน พบว่าต้นมันสำคัที่

เพาะเลี้ยงบนอาหาร $\frac{1}{2}$ MS ยังคงมีลักษณะต้นที่แข็งแรง และมีการเจริญเติบโตแตกยอดใหม่ได้เมื่อเปลี่ยนถ่ายอาหารใหม่ โดยอาหาร $\frac{1}{2}$ MS ที่เติมน้ำตาลซูโครส 60 กรัมต่อลิตร มีอัตราการรอดชีวิตและเจริญเติบโตแตกยอดใหม่ได้ 96.7 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่ต้องเปลี่ยนอาหาร

ผลดังกล่าวสอดคล้องกับพืชหลายชนิดที่มีการศึกษาการชะลอการเจริญเติบโต เช่น พืชในวงศ์ Zingiberaceae ได้แก่ ขิง ไพล และขมิ้น้อย พบว่าการใช้อาหารสูตร MS ที่เติมน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 40 - 60 กรัมต่อลิตร หรือ อาหารสูตร $\frac{1}{2}$ MS ที่เติมน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 40-50 กรัมต่อลิตร สามารถชะลอการเจริญเติบโตได้นานอย่างน้อย 8 เดือน (สนธิชัย, 2548) ในหนังสือเหินขาว (*Globba adhaerens* Gagnep) เมื่อเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร $\frac{1}{4}$ MS ที่เติมน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 20 กรัมต่อลิตร สามารถเพาะเลี้ยงได้นาน 3 เดือน (Iida *et al.*, 2020) ซึ่งการลดปริมาณอาหาร MS จะช่วยในการชะลอการเจริญได้ เนื่องจากการเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในสภาพที่ทำให้มีอัตราในการเจริญเติบโตต่ำจากการควบคุมปริมาณอาหารและแร่ธาตุ แต่ความเข้มข้นที่เหมาะสมอาจแตกต่างกันไปตามชนิดและชิ้นส่วนของพืช

Table 2 Effect of MS medium and sucrose concentration on shoot and regeneration rate from arrowroot plantlets cultured for 5 months.

Sucrose (g/L)	Number of shoots				Shoot length (cm)				Regeneration rate (%)		
	MS			mean	MS			mean	MS		
	MS	$\frac{1}{2}$ MS	$\frac{1}{4}$ MS		MS	$\frac{1}{2}$ MS	$\frac{1}{4}$ MS		MS	$\frac{1}{2}$ MS	$\frac{1}{4}$ MS
30	1.00	1.88	1.00	1.30 ab	3.00 a z	6.83 a x	5.50 a y	5.11	n/a	93.3	66.7
45	1.00	1.29	1.00	1.10 b	3.00 a y	5.67 b x	3.50 b y	4.06	13.3	63.3	46.7
60	1.62	2.30	1.00	1.64 a	3.33 a y	2.33 c z	5.00 a x	3.56	16.7	96.7	63.3
mean	1.21 y	1.83 x	1.00 y		3.11	4.95	4.67	4.24			
F-test (MS)	*				**						
F-test (SU)	**				**						
F-test (MS×SU)	ns				**						
CV (%)	20.30				13.2						

Means within columns and rows followed by the same letters are not significantly different at 5% level probability using DMRT
n/a = not applicable (Browning and ungrowing of explant) CV = coefficient of variation

ns = not significant

* = significant at 5% level

** = significant at 1% level

- The a, b, c combinations compare differences in concentrations of sucrose (SU)

- The x, y, z combinations compare the difference in concentration of MS medium (MS)

Transformation efficiency: Number of shoots is log (X+1) transformed value

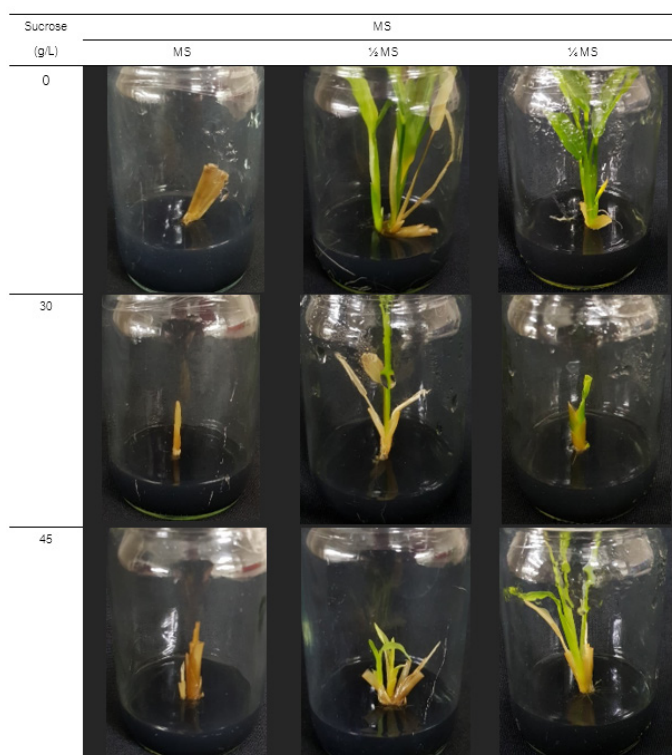


Figure 3 The growth of arrowroot shoots after culturing on different strength of MS medium supplemented with various concentrations of sucrose for 3 months.

สรุป

จากการทดลองฟอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนตาจากเหง้ามันสำคั่วด้วยคลอโรกซ์ได้เทคนิคที่เหมาะสมคือ การฟอกฆ่าเชื้อด้วยเอทานอลความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ นาน 10 วินาที ตามด้วยคลอโรกซ์ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ และ 25 เปอร์เซ็นต์ นาน 15 และ 5 นาที ตามลำดับ พบเนื้อเยื่อปลอดการปนเปื้อนของเชื้อ 16.7 เปอร์เซ็นต์ และการเพาะเลี้ยงยอดอ่อนมันสำคั่วเพื่อเพิ่มปริมาณ โดยใช้อาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 6.0 มิลลิกรัมต่อลิตรเพียงอย่างเดียว สามารถชักนำให้เกิดยอดเฉลี่ยสูงสุด 5.5 ยอด และเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อเพิ่มปริมาณราก มีจำนวนรากเฉลี่ยสูงสุด 4.6 ราก ซึ่งมีการแตกรากฝอยได้ดีกว่ายอดที่เพาะเลี้ยงบนอาหาร MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ส่วนการชะลอการเจริญเติบโตโดยการเพาะเลี้ยงต้นมันสำคั่วบนอาหาร

สูตร $\frac{1}{2}$ MS ที่เติมน้ำตาลซูโครส 60 กรัมต่อลิตร มีอัตราการรอดชีวิตและเจริญเติบโตแตกยอดใหม่ได้คิดเป็น 96.7 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเพาะเลี้ยงได้นาน 5 เดือนโดยไม่ต้องเปลี่ยนถ่ายอาหาร

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้ร่วมวิจัยทุกท่านที่ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในการทำวิจัยในครั้งนี้ งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงานจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.), สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) และสำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร

เอกสารอ้างอิง

พัชร ปิริยะวินิตร พัฒนบุรี รักษาจิต และปาริฉัตร สังข์สะอาด. 2564. อิทธิพลของ BA และสภาพแสงต่อการขยายพันธุ์มันสำคั่ว (*Maranta arundinacea* L.) ในสภาพ

- ปลอดเชื้อ. หน้า 50-58. ใน: ประมวลบทความ ใน: การประชุมวิชาการระดับชาติ มอบ. ครั้งที่ 15, 22-23 กรกฎาคม 2564. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, อุบลราชธานี. วิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยนครสวรรค์.
- พีรศักดิ์ วรสุนทรโรสถ, สุนทร ดุริยะประพันธ์, ทักษิณ อาชาวาคม, สายันต์ ตันพานิช, ชลธิชา นิवासประภฤติ และปริญญานันท์ ศรสูงเนิน. 2544. PROSEA ทรัพยากรพืชในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ 9 พืชที่ให้คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เมล็ด. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ. 299 หน้า.
- สนธิชัย จันทน์เปรม. 2548 การเก็บรักษาพืชวงศ์ขิงบางชนิดโดยการลดการเจริญเติบโตในสภาพปลอดเชื้อ. หน้า 384-389. ใน: การประชุมวิชาการทรัพยากรไทย: สรรพสิ่งล้วนพันเกี่ยว (ภาคโปสเตอร์). โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี, กรุงเทพฯ.
- อรนุช เกษประเสริฐ. 2549. ผลปุ๋ยและอายุเก็บเกี่ยวที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพที่เหมาะสมกับการใช้บริโภคสดและการผลิตแป้งจากหัวสาकु 2 ชนิด. หน้า 33-55. ใน: ผลงานฉบับเต็ม 2549 กรมวิชาการเกษตร. กลุ่มวิจัยพัฒนาธนาคารเชื้อพันธุ์พืชและจุลินทรีย์ สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.
- Aprianita, A., T. Vasiljevic, A. Bannikova and S. Kasapis. 2014. Physicochemical properties of flours and starches derived from traditional Indonesian tubers and roots. *Journal of Food Science and Technology* 51(12): 3669-3679.
- Ebrahim, M.K.H. and I.A. Ibrahim. 2000. Influence of medium solidification and pH value on *in vitro* propagation *Maranta leuconeura* cv. *Kerchoviana*. *Scientia Horticulturae* 86: 211-221.
- Daquinta M., K. Brown, J.A. Teixeira da Silva and F. Sagarra. 2009. *In vitro* propagation of arrowroot (*Maranta arundinacea* L.). *International Journal of Plant Developmental Biology* 3(1): 15-17.
- Hassan, N. A. and S.A. Bekheet. 2008. Mid-term storage and genetic stability of strawberry tissue cultures. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 4(5): 505-511
- Iida K., P. Kaewsorn and S. Wongchaochant. 2020. Slow growth culture media for *in vitro* short-term storage of *Globba adhaerens* Gagnep. pp. 223-230. In: The Proceedings of The 58th Kasetsart University Annual Conference, 5 – 7 Feb 2020. Bangkok, Thailand.
- Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum* 15: 473-497.
- Rozali S.E., Rashid, K.A., and R.M. Taha. 2014. Micropropagation of an exotic ornamental plant, *Calathea crotalifera*, for production of high quality plantlets. *The Scientific World Journal* 2014: 1-12.
- Scaramuzzi, F. and G. Apollonio. 1997. Micropropagation of *Ctenanthe lubbersiana* Eichl. and *Maranta leuconeura* Morren var. *Tricolor*. pp. 85-95. In Bajaj. Y.P.S. *Biotechnology in Agriculture and Forestry*, Vol. 40 *Hight-Tech and Micropropagation VI*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Bari, Italy.

Supelco. 2566. เอกสารข้อมูลความปลอดภัย. เมอร์คิวรี(II) คลอไรด์บริสุทธิ์พิเศษ ผลึกละเอียด. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <http://www.sigmaaldrich.com> (9 มกราคม 2567).

Van Staden, J., E. Zazimalova and E.F. George. 2008. Plant growth regulators II: Cytokinins, their analogues and antagonists. pp. 205-226. *In*: George,

E.F., M. A. Hall and G.J. De Klerk., eds. Plant Propagation by Tissue Culture Volume 1. The Background. 3rd Edition. Springer, Dordrecht, Netherlands.

Wahyurini, E. 2020. In vitro shoot induction of Garut (*Maranta arundinace*) with the addition of 2,4-D and benzyl adenine. AGRIVET 26: 43-49.

คุณสมบัติการทนความร้อนและความสามารถในการสร้างสารพิษพาทูลินของเชื้อรา ทนความร้อนที่แยกจากดินไร่สับปะรด

Heat-Resistant Characteristic and Patulin Production Ability of Heat-Resistant Molds Isolated
from Pineapple Field Soils

ธนภูมิ มณีบุญ^{1, 2, 3} วราภา มหากาญจนกุล^{4*} สมศิริ แสงโชติ⁵ รัชณี ฮงประยูร⁶ และ
ชัญญญา ช้วยศรีนวล³

Thanapoom Maneeboon^{1,2,3}, Warapa Mahakarnchanakul^{4*}, Somsiri Sangchote⁵,
Ratchanee Hongprayoon⁶ and Chananya Chuaysrinule³

Received: October 19, 2023

Revised: January 26, 2024

Accepted: January 29, 2024

Abstract: Heat-resistant molds (HRMs) are a group of molds capable of producing ascospores that can withstand heat treatments at temperatures as high as 75°C for at least 30 min. The presence of HRM ascospores presents a significant challenge in the pasteurization of fruit juices. Moreover, some strains of HRMs can produce mycotoxins, which are harmful to consumers. This study aimed to characterize HRMs isolated from pineapple field soils in Chonburi and Kamphaeng Phet provinces, Thailand. The results revealed that HRMs were present in all soil samples. Subsequently, 60 representative isolates were randomly chosen to evaluate their ascospores-producing ability, which included 5 genera namely *Aspergillus* (with a neosartorya morph), *Talaromyces*, *Penicillium* (with an eupenicillium morph), *Hamigera* and *Paecilomyces* (with a byssoschlamys morph). Among these isolates, 28 isolates demonstrated the capacity to produce heat-resistant ascospores. Furthermore, this study observed patulin-producing capabilities in *Paec. niveus* and *P. setosum* strains, they produced patulin toxin in pineapple juice at higher concentrations, approximately 110 mg/mL. These findings emphasize the significance of the presence of these HRMs in pineapple field soils, as they can produce heat-resistant ascospores, and some strains are capable of producing patulin, which can lead to spoilage in pineapple and other fruit juices.

Keywords: heat-resistant molds, ascospores, patulin, pineapple juice, food safety

¹ ศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

² Center for Agricultural Biotechnology, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140,

³ ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักงานพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10900

⁴ Center of Excellence on Agricultural Biotechnology: (AG-BIO/PERDO-CHE), Bangkok 10900,

⁵ ฝ่ายเครื่องมือและวิจัยทางวิทยาศาสตร์ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่ง มก. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

⁶ Scientific Equipment and Research Division, KURDI, Kasetsart University, Bangkok 10900

⁷ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

⁸ Department of Food Science and Technology, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University, Bangkok 10900,

⁹ ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

¹⁰ Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900,

¹¹ ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

¹² Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen
Campus, Nakhon Pathom 73140,

*Corresponding author: fagiwpm@ku.ac.th

บทคัดย่อ: เชื้อราทนความร้อนเป็นกลุ่มของเชื้อราที่ผลิตแอสโคสปอร์ที่ทนอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ได้อย่างน้อย 30 นาที การปนเปื้อนของแอสโคสปอร์เป็นปัญหาสำคัญในกระบวนการพาสเจอร์ไรส์น้ำผลไม้ นอกจากนี้เชื้อราทนความร้อนบางสายพันธุ์ยังผลิตสารพิษซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติของเชื้อราที่แยกได้จากตัวอย่างดินในไร่สับปะรดของประเทศไทยจากจังหวัดชลบุรี และจังหวัดกำแพงเพชร ผลการทดลองพบว่าเชื้อราทนความร้อนในดินทุกตัวอย่าง เมื่อคัดเลือกเชื้อราจำนวน 60 ไอโซเลท ประกอบด้วยเชื้อรา 5 สกุล ได้แก่ *Aspergillus* (with a neosartorya morph), *Talaromyces*, *Penicillium* (with an eupenicillium morph), *Hamigera* และ *Paecilomyces* (with a byssochlamys morph) มาทดสอบการสร้างแอสโคสปอร์ พบว่าเชื้อรา 28 ไอโซเลท สามารถสร้างแอสโคสปอร์ที่ทนความร้อน นอกจากนี้ยังพบว่า *Paec. niveus* และ *P. setosum* สามารถผลิตสารพิษพาทูลินในน้ำสับปะรดได้ในปริมาณสูง ประมาณ 110 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าเชื้อราในดินปลูกสับปะรดสามารถผลิตแอสโคสปอร์ที่ทนความร้อนและบางสายพันธุ์สามารถผลิตสารพิษพาทูลิน อาจเป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียของน้ำสับปะรดและผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้อื่น ๆ

คำสำคัญ: เชื้อราทนความร้อน, แอสโคสปอร์, พาทูลิน, น้ำสับปะรด, ความปลอดภัยทางอาหาร

คำนำ

เชื้อราทนความร้อน (heat-resistant molds หรือ HRMs) เป็นกลุ่มของเชื้อราที่เป็นสาเหตุการเสื่อมเสียของน้ำผลไม้และผลิตภัณฑ์จากผลไม้ผ่านกระบวนการให้ความร้อน เนื่องจากสามารถสร้างแอสโคสปอร์ (ascospore) ที่มีผนังหนา โดยการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ แอสโคสปอร์สามารถทนต่อความร้อนในกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ได้อย่างน้อย 30 นาที นอกจากนี้ยังทนความดัน และสารเคมีที่ใช้ฆ่าเชื้อต่าง ๆ (Samson et al., 2009) กลุ่มของเชื้อราทนความร้อนที่สำคัญ ได้แก่ *Aspergillus* (with a neosartorya morph), *Talaromyces*, *Paecilomyces* (with a byssochlamys morph), *Penicillium* (with an eupenicillium morph) และ *Hamigera* แหล่งของแอสโคสปอร์ของเชื้อราทนความร้อนที่สำคัญ คือ ดินที่ใช้เพาะปลูกพืช ทั้งนี้แอสโคสปอร์จะเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำผลไม้โดยอาศัยดินที่ปนเปื้อนไปกับผลไม้ที่เก็บเกี่ยวไปจากแปลงปลูก โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลไม้ที่มีผลอยู่ใกล้กับผิวดิน เช่น สับปะรด สตรอเบอร์รี่ นอกจากนี้ยังมีรายงานการปนเปื้อนของแอสโคสปอร์ในบรรจุภัณฑ์ รวมทั้งส่วนประกอบและสารเติมแต่งอื่น ๆ ที่ใช้ในการผลิตเครื่องดื่มจากผลไม้ (Rico-Munoz, 2017) เมื่อแอสโคสปอร์ปนเปื้อนเข้าสู่กระบวนการผลิต

น้ำผลไม้ ความร้อนที่ใช้ในขั้นตอนการฆ่าเชื้อจะกระตุ้นการออกของแอสโคสปอร์และเชื้อรายังสามารถสร้างเอนไซม์ย่อยสลายเพคติน (Kikoku, 2006) เกิดการเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ทำให้เนื้อสัมผัสกลืน และรสชาติเปลี่ยนแปลงไป และก่อให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจ

นอกจากนี้เชื้อราทนความร้อนบางสายพันธุ์สามารถสร้างสารพิษ (mycotoxin) ซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค เช่น สารพิษพาทูลิน (patulin) ที่สร้างโดยเชื้อรา *Paecilomyces niveus* (Byssochlamys nivea) และ *Penicillium* หลายสปีชีส์ โดยเป็นอันตรายต่อดับ ม้าม และไต เป็นพิษต่อระบบภูมิคุ้มกัน (Glaser and Stopper, 2012) สำหรับประเทศไทยซึ่งเป็นผู้ผลิตและส่งออกน้ำผลไม้รายใหญ่ของโลก โดยเฉพาะน้ำสับปะรดเข้มข้น ยังขาดการศึกษาคุณสมบัติต่าง ๆ ของเชื้อราในกลุ่มนี้ โดยเฉพาะคุณสมบัติการทนความร้อนและการสร้างสารพิษ งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาคุณสมบัติการสร้างแอสโคสปอร์ที่ทนความร้อนของเชื้อราที่แยกได้จากดินปลูกสับปะรด และความสามารถในการผลิตสารพิษพาทูลินของเชื้อราบางสายพันธุ์ องค์ความรู้นี้จะสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในพัฒนาวิธีการป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อราทนความร้อน และสารพิษในกระบวนการผลิตน้ำผลไม้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การแยกเชื้อราทนความร้อน

สุ่มเก็บตัวอย่างดินจากแปลงปลูกสับปะรดในจังหวัดชลบุรี จำนวน 5 แปลง และจังหวัดกำแพงเพชร จำนวน 4 แปลง โดยในแต่ละแปลงเก็บตัวอย่างให้กระจายหลาย ๆ จุด นำมาผสมรวมกันอย่างน้อย 1 กิโลกรัม จะได้ตัวอย่างดินจำนวน 1 ตัวอย่าง ทำการแยกเชื้อราทนความร้อนตามวิธีการของ Rico-Munoz *et al.* (2015) ดังนี้ ชั่งตัวอย่างดิน 10 กรัม เติมน้ำกลั่นปลอดเชื้อปริมาตร 240 มิลลิลิตร ที่อยู่ในถุงพลาสติก ปิดปากถุงแล้วนำไปผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ เป็นเวลา 30 นาที นำไปผสมกับอาหารเลี้ยงเชื้อ double strength malt extract agar (MEA) ปริมาตร 250 มิลลิลิตร ที่เติม rose bengal 50 มิลลิกรัมต่อลิตร และ chloramphenicol 100 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยผสมในขณะที่สารละลายตัวอย่างดินและอาหารเลี้ยงเชื้อมีอุณหภูมิประมาณ 55 องศาเซลเซียส แบ่งเทสารละลายดังกล่าวลงในจานเพาะเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มิลลิเมตร บ่มที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียส อย่างน้อย 14 วัน ตรวจนับจำนวนโคโลนีของเชื้อรา ทำการทดลองจำนวน 2 ซ้ำ คัดเลือกโคโลนีที่เป็นตัวแทน โดยอาศัยความแตกต่างของลักษณะโคโลนีมาทำให้บริสุทธิ์สำหรับใช้ศึกษาในขั้นตอนต่อไป

การระบุชนิดของเชื้อราทนความร้อน

การระบุชนิดของเชื้อราทนความร้อนในระดับสกุลอาศัยลักษณะพื้นฐานวิทยา โดยเพาะเลี้ยงเชื้อราบนอาหารเลี้ยงเชื้อชนิด MEA, oatmeal agar (OA) และ dichloran glycerol 18 (DG18) agar บ่มที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน จัดกลุ่มตามลักษณะและสีของโคโลนี ศึกษาลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เช่น ลักษณะเส้นใย รูปร่างและลักษณะของโคนิเดีย สำหรับการระบุชนิดของเชื้อราในระดับสปีชีส์อาศัยการเปรียบเทียบลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณ ITS โดยใช้ไพรเมอร์ ITS1 (5'TCCGTAGG TGAACCTGCGG3') และ ITS4 (5'TCCTCCGCT-TATTGATATGC3')

การผลิตแอสโคสปอร์

เพาะเลี้ยงเชื้อราบนอาหารเลี้ยงเชื้อชนิด MEA ที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน ซึ่งเป็นระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการสร้างแอสโคสปอร์ที่ทนความร้อน (Sant'ana *et al.*, 2009) เตรียมสารละลายแอสโคสปอร์ตามวิธีการของ Wyatt *et al.* (2015) ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ ดังนี้ เติมน้ำกลั่น Tween 80 ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ที่ปลอดเชื้อ ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ลงบนผิวหน้าโคโลนีของเชื้อรา ใช้แท่งแก้วอเกลียเพื่อให้แอสโคสปอร์กระจาย นำสารละลายที่ได้ไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 4,000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที เทส่วนใสทิ้ง ล้างแอสโคสปอร์ด้วยสารละลายเปปโตเนอความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ที่ปลอดเชื้อ ทำซ้ำจำนวน 3 ครั้ง ในขั้นตอนสุดท้ายเติม glass bead ลงในสารละลายดังกล่าว ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องเขี่ยนาน 1 นาที เพื่อให้แอสโคสปอร์หลุดออกจากถุงแอสคัส สำหรับการทำลายเส้นใยเชื้อราและโครงสร้างอื่น ๆ ที่ไม่ทนความร้อนที่อยู่ในสารละลายแอสโคสปอร์ ทำโดยนำสารละลายแอสโคสปอร์ไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เก็บรักษาสารละลายแอสโคสปอร์ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

คุณสมบัติการทนความร้อนของแอสโคสปอร์

เจือจางสารละลายแอสโคสปอร์ใน glucose buffered solution (12.5 °Brix, pH 3.6) ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ให้ได้ปริมาณแอสโคสปอร์เริ่มต้นในช่วง 10^4 - 10^5 แอสโคสปอร์ต่อมิลลิลิตร ขึ้นกับเชื้อราแต่ละสายพันธุ์ เติมน้ำกลั่นดังกล่าวลงในถุงพลาสติกปลอดเชื้อ ขนาด 2x4 นิ้ว (Tranquillini *et al.*, 2017) ปิดปากถุงด้วยเครื่องซีลปิดปากถุงด้วยความร้อน โดยให้มีอากาศภายในน้อยที่สุด นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ เป็นเวลา 30 นาที นำสารละลายแอสโคสปอร์ไปเจือจางในน้ำกลั่นปลอดเชื้อ จากนั้นนำไปเกลี่ยบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA บ่มที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน ตรวจนับจำนวนแอสโคสปอร์ที่รอดชีวิตภายหลังการให้ความร้อนเป็นเวลา 30 นาที ($N_{30 \text{ min}}$) เปรียบเทียบกับจำนวนแอสโคสปอร์เริ่มต้นที่ได้จากการนำสารละลายแอสโคสปอร์ไปให้ความร้อน

ที่อุณหภูมิเดียวกัน เป็นเวลา 5 นาที ($N_{5\text{ min}}$) เพื่อกระตุ้นการออกของแอสโคสปอร์ ทำการทดลองจำนวน 2 ซ้ำ

การตรวจสอบการผลิตสารพิษพาทูลิน

ทดสอบการสร้างสารพิษพาทูลินของเชื้อราในสกุล *Paecilomyces* และ *Penicillium* โดยเฉพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวชนิด potato dextrose broth (PDB) และน้ำสับปะรด (13°Brix, pH 3.6) ปริมาตร 50 มิลลิลิตร โดยเติมสารละลายสปอร์ของเชื้อราที่ได้จากการเพาะเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA เป็นเวลา 7 วัน ให้มีความเข้มข้นของสปอร์เริ่มต้น 1×10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในอาหารทดสอบ นำไปบ่มที่อัตราการเขย่า 100 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน สกัดสารพิษพาทูลินจากอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยกระบวนการสกัดของเหลว-ของเหลว (liquid-liquid extraction) ตามวิธีการของ Hammami *et al.* (2017) โดยใช้สารละลายผสมระหว่างเอทิลอะซิเตทและกรดฟอร์มิก (อัตราส่วน 200:1) เป็นตัวทำละลายในการสกัด วิเคราะห์ปริมาณสารพาทูลินด้วยเทคนิค high performance liquid chromatography (HPLC) โดยใช้คอลัมน์ Ascentis® C18 (4.6x250 mm, 5 μm) (Supelco, Bellefonte, PA, USA) สารละลายเฟสเคลื่อนที่ คือ อะซิโตไนโตรส: น้ำ อัตราส่วน 10:90 อัตราการไหล 1 มิลลิลิตรต่อนาที ตรวจวัดด้วยดีเทคเตอร์ชนิดอัลตราไวโอเล็ต ความยาวคลื่น 276 นาโนเมตร เปรียบเทียบความเข้มข้นของสารพาทูลินในตัวอย่างโดยวิธีการสร้างกราฟมาตรฐานที่เตรียมจากสารมาตรฐานพาทูลิน (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย

โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one-way ANOVA) ด้วยวิธีการทดสอบ Tukey's honestly significant difference (HSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรม Minitab Version 21.1 (Minitab Inc, State College, PA, USA)

ผลการทดลองและวิจารณ์

การตรวจนับจำนวนเชื้อราทนความร้อนในตัวอย่างดิน

ผลการตรวจนับจำนวนเชื้อราในตัวอย่างดินจากแปลงปลูกสับปะรดในจังหวัดชลบุรีและจังหวัดกำแพงเพชร โดยนำตัวอย่างดินไปผ่านขั้นตอน heat treatment เพื่อคัดแยกเฉพาะเชื้อราที่สามารถทนความร้อน แล้วจึงนำไปแยกเชื้อรา พบว่ามีเชื้อราทนความร้อนในดินทุกตัวอย่าง (Table 1) โดยจำนวนเชื้อราที่ตรวจพบอยู่ในช่วง 0.51 – 2.06 Log CFU ต่อกรัมตัวอย่างดิน โดยดินแปลงปลูกสับปะรดจากจังหวัดกำแพงเพชรมีจำนวนเชื้อราทนความร้อนมากที่สุด ทั้งนี้พบเชื้อราในกลุ่ม *Aspergillus* ในดินทุกตัวอย่างและพบเป็นสัดส่วนเฉลี่ยมากที่สุด (ร้อยละ 76.12) สำหรับเชื้อราทนความร้อนกลุ่มอื่นที่พบ ได้แก่ *Talaromyces*, *Penicillium*, *Hamigera* และ *Paecilomyces* ตามลำดับ ทั้งนี้ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อจำนวนและชนิดของเชื้อราทนความร้อนที่พบในดินแต่ละตัวอย่าง ได้แก่ คุณสมบัติของดิน เช่น ปริมาณธาตุอาหาร pH ความเค็ม และความชื้น (Muneer *et al.*, 2021) จากผลการวิจัยของ Graça *et al.* (2021) พบว่า ดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงจะมีเชื้อราในไฟลัม Ascomycota จำนวนมาก ซึ่งเชื้อราทนความร้อนจัดอยู่ในไฟลัมนี้เช่นเดียวกัน

Table 1 Total count of fungi and incidence of fungal genera isolated from pineapple field soils using the heat treatment method at 75°C for 30 min.

Location	Province	Total fungal count* (Log CFU/g soil ± SD)	Incidence (%)				
			<i>Aspergillus</i>	<i>Hamigera</i>	<i>Paecilomyces</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Talaromyces</i>
Pineapple field 1	Chonburi	1.33 ± 0.09 ^{c**}	67.44	0	0	20.93	11.63
Pineapple field 2	Chonburi	2.04 ± 0.56 ^b	75.00	4.09	0	0	20.91
Pineapple field 3	Chonburi	1.47 ± 0.03 ^c	54.24	10.17	0	32.20	3.39
Pineapple field 4	Chonburi	1.45 ± 0.22 ^c	78.57	0	0	0	21.43
Pineapple field 5	Chonburi	1.80 ± 0.08 ^b	98.59	0	0.31	0.16	0.94
Pineapple field 6	Kamphaeng Phet	2.09 ± 0.21 ^a	99.19	0	0	0.65	0.16
Pineapple field 7	Kamphaeng Phet	1.22 ± 0.34 ^c	85.54	14.46	0	0	0
Pineapple field 8	Kamphaeng Phet	1.01 ± 0.26 ^c	76.47	7.84	0	15.69	0
Pineapple field 9	Kamphaeng Phet	0.51 ± 0.04 ^d	50.00	18.75	0	0	31.25
Overall	-	-	76.12	6.15	0.03	8.70	9.97

* Average ± standard deviation (SD) from two replicates

** Different superscript lowercase letters indicate a statistical difference within column according to Tukey's HSD test (p < 0.05).

ชนิดของเชื้อราที่พบในงานวิจัยนี้สอดคล้องกับรายงานของธิดา และเลขา (2553) ที่ศึกษาเชื้อราที่พบจากดินที่ใช้ทำการเกษตรในประเทศไทย โดยใช้วิธี heat treatment ที่อุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10-15 นาที พบเชื้อราทั้งหมด 23 สกุล 32 สปีชีส์ โดยเชื้อราชนิดที่พบเช่นเดียวกับงานวิจัยนี้ ได้แก่ *Paec. niveus* (*B. nivea*), *A. spinosus* (*Neosartorya spinosa*), *T. macrosporus*, *Penicillium* sp. (with an *eupenicillium* morph) และ *Hamigera* sp. เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Eamvijarn (2013) ที่ศึกษาความหลากหลายของเชื้อราในดินที่ใช้เพาะปลูกพืช โดยใช้วิธี heat treatment รายงานว่าเชื้อราส่วนใหญ่ที่พบ คือ *A. siamensis* (*N. siamensis*) และ *A. spinosus* (*N. spinosa*) สำหรับรายงานเกี่ยวกับเชื้อรา *Paecilomyces* ในตัวอย่างดินจากป่าและอุทยานในประเทศไทย โดย Luangsa-ard *et al.* (2004) พบเชื้อรา *Paecilomyces*

ส่วนใหญ่ คือ สปีชีส์ *Paec. variotii* (*B. spectabilis*) นอกจากนี้ยังพบ *Paec. niveus* และ *Paec. fulvus* (*B. fulva*) อย่างไรก็ตาม งานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นไม่ได้ศึกษาการทนความร้อนของแอสโคสปอร์ของเชื้อราที่แยกได้

คุณสมบัติการทนความร้อนของแอสโคสปอร์ของเชื้อราสายพันธุ์ที่คัดเลือก

ได้คัดเลือกเชื้อราจำนวน 60 ไอโซเลทมาระบุชนิดโดยใช้วิธีทางสัณฐานวิทยาพร้อมกับวิธีการเปรียบเทียบลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณ ITS พบว่าประกอบด้วยเชื้อราทั้งหมด 5 สกุล 12 สปีชีส์ (Table 2) เมื่อทดสอบการทนความร้อนของแอสโคสปอร์ที่มีอายุ 30 วัน ใน glucose buffered solution (12.5°Brix, pH 3.6) ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ผลการศึกษาพบว่าสามารถแบ่งกลุ่มเชื้อราตามความสามารถในการทนความร้อนได้ดังนี้ คือ กลุ่มที่ไม่สามารถรอดชีวิตภายหลังจากให้ความร้อน จำนวน 32 ไอโซเลท

(ร้อยละ 53.33) และกลุ่มที่สร้างแอสโคสปอร์ที่ทนความร้อน จำนวน 28 ไอโซเลต แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีจำนวนแอสโคสปอร์ที่ผ่านการให้ความร้อนเป็นระยะเวลา 30 นาที ($N_{30 \text{ min}}$) มีค่าน้อยกว่าที่ระยะเวลาการให้ความร้อน 5 นาที ($N_{5 \text{ min}}$) จำนวน 13 ไอโซเลต (ร้อยละ 21.67) และกลุ่มที่มีจำนวนแอสโคสปอร์ที่รอดชีวิตที่ระยะเวลาการให้ความ

ร้อน 30 นาที ($N_{30 \text{ min}}$) มีค่ามากกว่าระยะเวลาการให้ความร้อน 5 นาที ($N_{5 \text{ min}}$) จำนวน 15 ไอโซเลต (ร้อยละ 25) อย่างไรก็ตาม ในการทดลองนี้พบว่ามีเชื้อราจำนวน 4 สปีชีส์ไม่สามารถสร้างแอสโคสปอร์ที่ทนความร้อน ได้แก่ *A. denticulatus*, *P. javanicum*, *P. setosum* และ *T. brevis*

Table 2 Thermal resistance of ascospores produced from different fungal species after heat treatment at 75°C for 30 min in a glucose buffered solution (12.5°Brix, pH 3.6).

Fungal species	No. of isolates not survived after heat treatment at 75°C for 30 min	No. of isolates survived after heat treatment at 75°C for 30 min	
		$N_{5 \text{ min}} > N_{30 \text{ min}}$	$N_{5 \text{ min}} < N_{30 \text{ min}}$
<i>A. denticulatus</i>	4	0	0
<i>A. fennelliae</i>	6	1	3
<i>A. lacinosus</i>	2	0	3
<i>A. siamensis</i>	0	4	3
<i>A. spathulatus</i>	0	1	0
<i>A. spinosus</i>	3	3	3
<i>H. pallida</i>	5	1	1
<i>P. javanicum</i>	5	0	0
<i>P. setosum</i>	5	0	0
<i>Paec. niveus</i>	0	1	2
<i>T. macrosporus</i>	0	2	0
<i>T. brevis</i>	2	0	0
Overall	32 (53.33%)	13 (21.67%)	15 (25%)

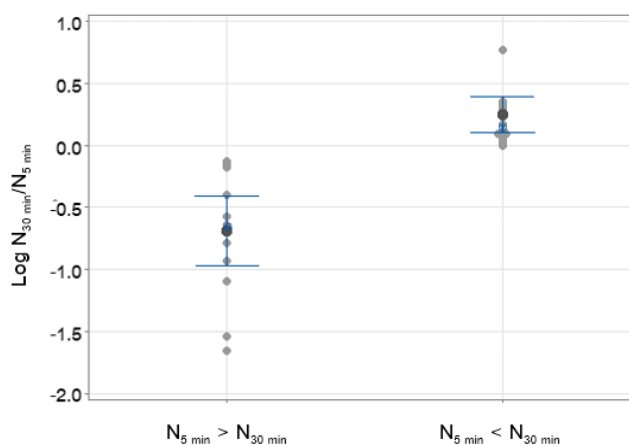


Figure 1 $\log (N_{30 \text{ min}} / N_{5 \text{ min}})$ of ascospores produced by heat resistant isolates suspended in a glucose buffered solution (12.5°Brix, pH 3.6) after heat treatment at 75°C for 30 min.

ค่า $\log(N_{30 \text{ min}}/N_{5 \text{ min}})$ ของแอสโคสปอร์ของเชื้อรากลุ่มที่รอดชีวิตจากการให้ความร้อนแสดงดัง (Figure 1) จะเห็นได้ว่าเชื้อราที่แยกได้จากดินแต่ละไอโซเลทสามารถสร้างแอสโคสปอร์ที่ทนความร้อนได้แตกต่างกัน ความผันแปรนี้มีสาเหตุจากความสามารถในการสะสมสาร compatible solute ภายในแอสโคสปอร์ ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่ทำหน้าที่ป้องกันโครงสร้างของสารโมเลกุลใหญ่ไม่ให้เสียสภาพเมื่อแอสโคสปอร์อยู่ในสภาวะเครียด เช่น ความร้อน กรณีของแอสโคสปอร์ของเชื้อราในกลุ่มนี้พบว่าสาร compatible solute ส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์ชนิดทรีฮาโลส และแมนนิทอล (Dijksterhuis et al., 2021)

แอสโคสปอร์ของเชื้อราที่คัดแยกได้จากงานวิจัยนี้สามารถรอดชีวิตและเจริญได้แม้ว่าจะผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และเนื่องจากกระบวนการพาสเจอร์ไรส์น้ำผลไม้ส่วนใหญ่จะใช้อุณหภูมิไม่เกิน 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลาไม่เกิน 30 วินาที (Techakanon and Venkatachalam, 2021) ดังนั้นหากแอสโคสปอร์สามารถผ่านเข้าสู่กระบวนการผลิต จะมีโอกาสรอดชีวิตจากขั้นตอนการพาสเจอร์ไรส์ และก่อให้เกิดการเสื่อมเสียของน้ำผลไม้ภายในบรรจุภัณฑ์ เนื่องจากเชื้อรากลุ่มนี้สามารถเจริญได้ในภาวะที่มีออกซิเจนจำกัด นอกจากนี้ยังพบว่าเชื้อราในกลุ่มที่สร้างแอสโคสปอร์ที่เมื่อผ่านการให้ความร้อนเป็นเวลา 30 นาที มีจำนวนแอสโคสปอร์ที่รอดชีวิต ($N_{30 \text{ min}}$) มากกว่าจำนวนแอสโคสปอร์เริ่มต้น ($N_{5 \text{ min}}$) ได้แก่ *A. fennelliae*, *A. lacinosus*, *A. siamensis*, *A. spinosus*, *H. pallida* และ *Paec. niveus* แสดงให้เห็นว่าความร้อนสามารถกระตุ้น (activate) การงอกของแอสโคสปอร์ ดังนั้นเชื้อรากลุ่มนี้จึงมีโอกาเสี่ยงสูงที่จะเป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียของน้ำผลไม้จากที่กล่าวไปข้างต้น รายงานการศึกษาเรื่องคุณสมบัติการทนความร้อนของแอสโคสปอร์ของเชื้อรากลุ่มนี้ในบริบทด้านความปลอดภัยทาง

อาหารมีอยู่น้อยมาก ปัจจุบันจึงยังไม่มีรายงานการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้ในประเทศไทยที่ระบุว่าสาเหตุจากเชื้อราทนความร้อน แต่ได้มีรายงานการศึกษาในต่างประเทศที่ระบุว่าเชื้อราชนิดเดียวกับที่พบในงานวิจัยนี้เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์จากผลไม้ เช่น การพบเชื้อรา *Paec. niveus* และ *P. fulvus* ปนเปื้อนในน้ำอ้อยในประเทศอินเดีย (Ayesha and Viswanath, 2006) และการปนเปื้อนเชื้อรา *T. macrosporus* ในโยเกิร์ตและไอศกรีมที่มีผลไม้เป็นส่วนผสมในประเทศบราซิลและประเทศเนเธอร์แลนด์ (Santos et al., 2018) เป็นต้น

การสร้างสารพิษพาทูลิน

เนื่องจากมีรายงานว่าเชื้อราทนความร้อนในสกุล *Paecilomyces* รวมทั้งเชื้อราในสกุล *Penicillium* สามารถผลิตสารพิษพาทูลิน (Frisvad, 2018) ดังนั้น การทดลองนี้จึงได้ทดสอบความสามารถในการผลิตสารพิษดังกล่าวเฉพาะเชื้อราในสกุล *Paecilomyces* และ *Penicillium* ที่คัดแยกได้คือ *Paec. niveus*, *P. javanicum* และ *P. setosum* ผลการทดลองพบว่า *Paec. niveus* ทั้ง 3 ไอโซเลท และ *P. setosum* ทั้ง 5 ไอโซเลท สามารถผลิตสารพิษพาทูลินได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อ PDB และในน้ำสับปะรด (Figure 2) โดยปริมาณสารพิษที่สร้างในน้ำสับปะรดจะมากกว่าในอาหารเลี้ยงเชื้อ PDB ทั้งนี้เชื้อรา *Paec. niveus* HR 13-3, HR13-8 และ *P. setosum* HR9-5, HR11-1 และ HR11-3 สามารถผลิตสารพิษพาทูลินในน้ำสับปะรดได้สูงสุดในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ในช่วงความเข้มข้น 105.02-115.27 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งมีค่าเกินกว่าปริมาณสูงสุดของสารพิษพาทูลินในน้ำผลไม้ที่ต้องไม่เกิน 50 พีพีบี หรือ 50 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร (กระทรวงสาธารณสุข, 2563) สำหรับเชื้อรา *P. javanicum* จำนวน 5 ไอโซเลท พบว่าไม่มีไอโซเลทใดสร้างสารพิษพาทูลินในสภาวะที่ทดสอบ

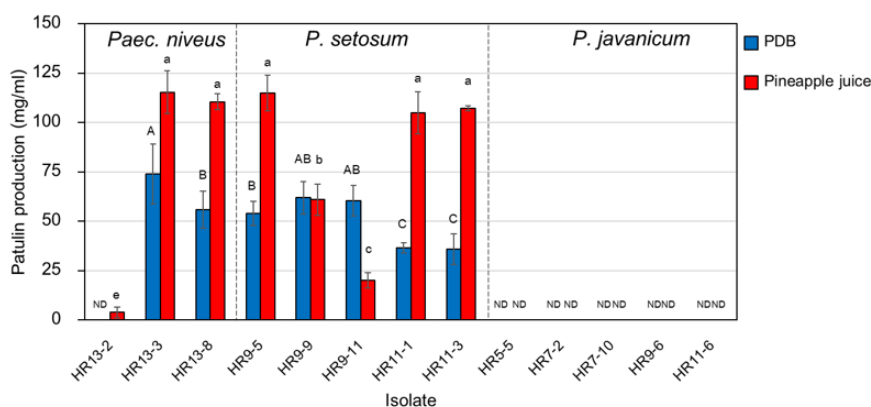


Figure 2 Patulin production in potato dextrose broth (PDB) and pineapple juice by *Paec. niveus*, *P. setosum* and *P. javanicum* strains isolated from pineapple filed soils. Error bars are standard deviations (SD) with n=2. Capital letters indicate a significant difference ($p < 0.05$) between patulin production in PDB using Tukey's HSD test. Small letters indicate a significant difference ($p < 0.05$) between patulin production in pineapple juice using Tukey's HSD test. (ND = not detected)

แม้ว่าจะมีรายงานการพบเชื้อราในสกุล *Paecilomyces* ในตัวอย่างดินของไทยดังที่ได้กล่าวในข้างต้น แต่ยังไม่มียางานการผลิิตสารพิษพาทุลินในเชื้อรา *Paecilomyces* รวมถึงเชื้อราสกุลอื่นๆ ในประเทศไทย ปัจจุบันเชื้อราในสกุล *Paecilomyces* ที่มีการยืนยันว่าผลิตสารพิษพาทุลินได้ คือ *Paec. niveus* และ *Paec. saturatus* (Puel *et al.*, 2010) สำหรับเชื้อรา *P. setosum* ที่แยกได้ในงานวิจัยนี้ สามารถผลิตสารพิษพาทุลิน สอดคล้องกับการศึกษาของ George *et al.* (2019) ที่พบว่าเชื้อรา *P. setosum* ที่แยกได้จากต้นโสมอินเดีย (*Withania somnifera*) สามารถผลิตสารพิษพาทุลินได้เช่นเดียวกัน

นอกจากนี้ งานวิจัยนี้ยังพบว่าเชื้อรา *P. javanicum* (*Eupenicillium javanicum*) ไม่สามารถสร้างแอสโคสปอร์ที่ทนความร้อน แตกต่างจากการศึกษาของ Evelyn *et al.* (2022) ที่รายงานว่าเชื้อราสปีชีส์ดังกล่าวที่แยกได้จากดินในประเทศอินโดนีเซีย สร้างแอสโคสปอร์ที่ทนความร้อนได้ถึง 90 องศาเซลเซียส ทั้งนี้อาจมีสาเหตุจากอิทธิพลของแหล่งดินที่แตกต่างกัน กรณีของความสามารถในการผลิตสารพิษพาทุลิน ของเชื้อรา *P. javanicum* พบว่า เชื้อราทุกสายพันธุ์ที่ทดสอบ ไม่สามารถผลิตสารพิษพาทุลิน สอดคล้องกับผลการศึกษารวมแบบโกลด์สตูดิโอที่สร้างโดยเชื้อรา *P. javanicum* ด้วย

เทคนิค high-resolution mass spectrometry ที่พบว่าเชื้อรา *P. javanicum* ไม่สามารถผลิตสารพิษดังกล่าวได้ (George *et al.*, 2019)

สรุป

ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าเชื้อราทนความร้อนมีการแพร่กระจายในตัวอย่างดินในไร่สับปะรด โดยเชื้อราแต่ละสายพันธุ์ที่แยกได้นั้น สร้างแอสโคสปอร์ที่ทนความร้อนได้แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังพบสายพันธุ์ที่สามารถสร้างสารพิษพาทุลิน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง *Paec. nivues* ที่สามารถสร้างแอสโคสปอร์ที่ทนความร้อนและสามารถผลิตสารพิษดังกล่าวได้ในปริมาณสูง เชื้อราทนความร้อนเหล่านี้อาจเป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียในผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้ของไทยและเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค เนื่องจากแนวโน้มการผลิตอาหารเพื่อสุขภาพในปัจจุบันที่ปรับเปลี่ยนไปใช้กระบวนการฆ่าเชื้อด้วยอุณหภูมิต่ำเพื่อรักษาคุณภาพของสารอาหารและรสชาติ จึงทำให้มีโอกาสพบการปนเปื้อนของเชื้อราทนความร้อนในผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้เพิ่มขึ้น ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการทนความร้อนของเชื้อรากลุ่มนี้จะเป็นแนวทางหนึ่งในการลดความเสี่ยงทางเศรษฐกิจและอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักงานปลัด กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงสาธารณสุข. 2563. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 414) พ.ศ. 2563 ออกตามความในพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 137 ตอนพิเศษ 118 ง. 13 หน้า.

ธิดา เดชฮวบ และเลขา มาโนช. 2553. การศึกษาเชื้อราที่เจริญในอุณหภูมิสูงและราทนความร้อนจากดินและเศษซากพืชที่เหลือจากการเกษตร, หน้า 523-529. ใน: เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48: (สาขาพืช). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Ayesha, F. and P. Viswanath. 2006. *Byssoschlamys* spp in sugarcane juice and its significance. Journal of Food Science and Technology (India) 43(4): 407-409.

Dijksterhuis, J., T. Wyatt, M. Hanssen, E. Golovina, F. Hoekstra and L. Lugones. 2021. Abundant small protein ICARUS inside the cell wall of stress-resistant ascospores of *Talaromyces macrosporus* suggests a novel mechanism of constitutive dormancy. Journal of Fungi (Basel) 7(3) :216.

Eamvijarn, A. 2013. *Neosartorya* species: diversity, morphology, phylogeny, antagonistic tests against plant pathogenic fungi and secondary metabolites of *N. pseudofischeri*. Ph.D. Thesis, Kasetsart University.

Evelyn, E., C. Chairul, S. Aryuda, and I. Ainunnisa. 2022. Resistance of *Eupenicillium javanicum* mold spores to the light-emitting diode (LED), LED-assisted thermal and thermal processing in strawberry and apple juices. CRFS 5: 1524-1529.

Frisvad, J.C. 2018. A critical review of producers of small lactone mycotoxins: patulin, penicillic acid and moniliformin. World Mycotoxin Journal 11 (1): 73-100.

George, T.K., D. Devadasan and M.S. Jisha. 2019. Chemotaxonomic profiling of *Penicillium setosum* using high-resolution mass spectrometry (LC-Q-ToF-MS). Heliyon 5 (2019): e02484.

Glaser, N., and H. Stopper. 2012. Patulin: mechanism of genotoxicity. Food and Chemical Toxicology 50: 1796–1801.

Graça, J., K. Daly, G. Bondi, I. Ikoyi, F. Crispie, R. Cabrera-Rubio, P.D. Cotter, and A. Schmalenberger. 2021. Drainage class and soil phosphorus availability shape microbial communities in Irish grasslands. European Journal of Soil Biology 104: 103297.

Hammami, W., R.A. Thani, S. Fiori, S. Al-Meer, F.A. Atia, D. Rabah, Q. Migheli and S. Jaoua. 2017. Patulin and patulin producing *Penicillium* spp. occurrence in apples and apple-based products including baby food. The Journal of Infection in Developing Countries 11(4): 343-349.

Kikoku, Y. 2006. Heat activation characteristics of *Talaromyces* ascospores. Journal of Food Science 68: 2331-2335.

- Luangsa-ard, J.J., L. Manoch, N. Hywel-Jones, S. Artjariyasripong and R.A. Samson. 2004. Thermotolerant and thermoresistant *Paecilomyces* and its teleomorphic states isolated from Thai forest and mountain soils. *Agriculture and Natural Resources* 38(1): 94-101.
- Muneer, M.A., X. Huang, W. Hou, Y. Zhang, Y. Cai, M.Z. Munir, L. Wu, and C. Zheng. 2021. Response of fungal diversity, community composition, and functions to nutrients management in red soil. *Journal of Fungi* 7(7): 554.
- Puel, O., P. Galtier and I.P. Oswald. 2010. Biosynthesis and toxicological effects of patulin. *Toxins (Basel)* 2 (4): 613-31.
- Rico-Munoz, E., 2017. Heat resistant molds in foods and beverages: Recent advances on assessment and prevention. *Current Opinion in Food Science* 17: 75-83.
- Rico-Munoz, E., J. Houbraken, and R.A. Samson. 2015. Detection and enumeration of heat resistant moulds, pp. 251–263. *In* Y. Salfinger and M.L. Tortorello, (eds.). *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*, Fifth ed. APHA Press. Washington D.C., USA.
- Samson, R.A., J. Houbraken, J. Varga and J.C. Frisvad. 2009. Polyphasic taxonomy of the heat resistant ascomycete genus *Byssoschlamys* and its *Paecilomyces* anamorphs. *Persoonia* 22: 14–27.
- Sant'ana, A.S., A. Rosenthal and P.R. Massaguer. 2009. Heat resistance and the effects of continuous pasteurization on the inactivation of *Byssoschlamys fulva* ascospores in clarified apple juice. *Journal of Applied Microbiology* 107 (1): 197–209.
- Santos, J.L.P., S. Samapundo, A. Biyikli, J.V. Impe, S. Akkermans, M. Höfte, E.N. Abatih, A.S. Sant'Ana and F. Devlieghere. 2018. Occurrence, distribution and contamination levels of heat-resistant moulds throughout the processing of pasteurized high-acid fruit products. *International Journal of Food Microbiology* 281: 72-81.
- Techakanon, C. and K. Venkatachalam. 2021. The effects of pasteurization conditions and storage time on microbial safety, quality and antioxidant properties of cider from rose apple (*Syzygium agueum* Alston cv. Taaptimjan). *Chiang Mai University Journal of Natural Sciences* 20 (2): e2021034.
- Tranquillini, R., N. Scaramuzza and E. Berni. 2017. Occurrence and ecological distribution of heat resistant moulds spores (HRMS) in raw materials used by food industry and thermal characterization of two *Talaromyces* isolates. *International Journal of Food Microbiology* 242: 116-123.
- Wyatt, T.T., M. Leeuwen, E.A. Golovina, F.A. Hoekstra, E.J. Kuenstner, E.A. Palumbo, N.L. Snyder, C. Visagie, A. Verkennis, J.E. Hallsworth, H.A.B. Wösten and J. Dijksterhuis. 2015. Functionality and prevalence of trehalose-based oligosaccharides as novel compatible solutes in ascospores of *Neosartorya fischeri* (*Aspergillus fischeri*) and other fungi. *Environmental Microbiology* 17(2): 395–411.

ผลของความเค็มต่อสารพฤกษเคมีของกะเพรา 11 หมายเลข ภายใต้สภาพโรงเรือน
Effect of Salinity to Phytochemical in 11 Holy Basil Accessions under Greenhouse Conditions

ธนพงศ์ เจ่าพิทักษ์กุล¹ จักรพงศ์ ภิญโญ² ณัฐริกา เหลาคำ³ วชิรญา อิมสabay³
และอัญมณี อวูชานนท์^{3*}

Tanapong Ngoapitakkul¹, Jukkrapong Pinyo², Nattharika Laokkham³, Wachiraya Imsabai³
and Anyamanee Auvuchanon^{3*}

Received: November 28, 2023

Revised: January 29, 2024

Accepted: January 30, 2024

Abstract: Saline soil hampers plant growth and reduces productivity. Planting salt-tolerant crops is a solution. Therefore, this research aimed to evaluate and select 11 holy basil accessions due to their numerous health benefits as antioxidants. The experiment was conducted under greenhouse condition, where holy basil plants were grown using a nutrient solution including salt (NaCl) at different electrical conductivity levels: 2 (control), 4, 6 and 8 dS•m⁻¹. The holy basil was harvested at 3 and 6 weeks (HV1 and HV 2) after treatment with a salt nutrient solution. The phytochemical composition is influenced by both genetic variation (accessions) and salinity levels. For the first harvest, the phenolic compound increased when holy basil was grown in a saline solution and for the second harvest, the phenolic compound increased when holy basil was grown in a salinity level of 6 dS•m⁻¹. There was not the interaction between cultivars and salinity level of antioxidant content for the first harvest and it showed that salinity had a minor impact on the antioxidant content in holy basil. The antioxidant levels of holy basil were consistent after being exposed salt treatment for 6 weeks. Under short-term salinity treatments at level 4 dS•m⁻¹, there was an increase in beta-carotene and at 8 dS•m⁻¹, total chlorophyll also increased. However, holy basil was treated for 6 weeks, both beta-carotene content and total chlorophyll decreased.

Keywords: saline soil, phenolic compound, harvesting, antioxidant

บทคัดย่อ: ดินเค็มส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตที่ลดลงของพืช โดยสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวด้วยการปลูกพืชทนเค็ม งานวิจัยนี้จึงประเมินเชื้อพันธุ์กรรมกะเพรา 11 หมายเลข ที่ปลูกในสภาพความเค็ม เนื่องจากกะเพราเป็นพืชผักที่มีสรรพคุณและคุณประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น สารต้านอนุมูลอิสระ โดยทำการทดลองปลูกกะเพราด้วยสารละลายธาตุอาหารที่มีเกลือ (NaCl) ผสมอยู่ โดยมีค่าการนำไฟฟ้า เท่ากับ 2 (ชุดควบคุม), 4, 6 และ 8 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ในสภาพโรงเรือน เมื่อเก็บเกี่ยวกะเพราหลังให้สารละลายเกลือ 3 และ 6 สัปดาห์ (HV1 และ HV 2)

¹ ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดนครปฐม 73140

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

² ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดนครปฐม 73140

² Department of Animal Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140

³ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดนครปฐม 73140

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

*Corresponding author: agrana@ku.ac.th

พบว่า ปริมาณสารฟลักซ์เคมีขึ้นอยู่กับพันธุ์และระดับความเค็ม สารประกอบฟีนอลิกใน HV1 สูงขึ้นเมื่อได้รับเกลือ และ HV2 สูงขึ้นที่ 6 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ไม่พบปฏิกริยาร่วมระหว่างพันธุ์และระดับความเค็มของปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระใน HV 1 และ พบว่า ความเค็มมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสารต้านอนุมูลอิสระน้อย กะเพราส่วนใหญ่ยังรักษาระดับปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระได้ใกล้เคียงกันแม้ให้ความเค็มนาน 6 สัปดาห์ การให้ความเค็มระยะสั้นเป็นผลให้ปริมาณเบต้าแคโรทีนส่วนใหญ่เพิ่มขึ้นที่ 4 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นที่ความเค็ม 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร และการให้ความเค็มยาวนานมีผลต่อปริมาณเบต้าแคโรทีน และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดลดลง

คำสำคัญ: ดินเค็ม, สารประกอบฟีนอลิก, การเก็บเกี่ยว, สารต้านอนุมูลอิสระ

คำนำ

กะเพรา (holy basil) มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Ocimum sanctum* Linn. อยู่ในวงศ์ Labiatae จัดเป็นพืชที่นิยมนำมาบริโภคและมีสรรพคุณทางยามากมายชนิดหนึ่งของประเทศไทย มีการปลูกเพื่อนำมาบริโภคทั้งภายในและนอกประเทศ กะเพราสามารถจำแนกได้ 2 กลุ่ม คือ กะเพราขาวจะมีกิ่งก้านและใบเป็นสีเขียว และกะเพราแดงจะมีกิ่งก้านและใบเป็นสีม่วง (คัทลียา, 2542) โดยการทดสอบพันธุ์กะเพราที่เป็นพันธุ์ปลูกในประเทศอินเดีย จำนวน 49 สายพันธุ์ สามารถจำแนกลักษณะฐานฐานวิทยาของกิ่งและใบ โดยกิ่งจำแนกได้ 3 ลักษณะ คือ Rama type, Intermediate type และ Shyama type ส่วนใบจำแนกได้ 3 ลักษณะ คือ Green type, Intermediate type และ Black type (Malav *et al.*, 2015) โดยสารฟลักซ์เคมีที่สำคัญในกะเพรา ได้แก่ คลอโรฟิลล์ เบต้าแคโรทีน สารประกอบฟีนอลิก และ เอนโทไซยานิน ซึ่งสารฟลักซ์เคมีเหล่านี้มีส่วนช่วยในการฟื้นฟูร่างกาย ช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน และป้องกันการเกิดปฏิกริยาออกซิเดชัน ซึ่งมีผลต่อการเกิดโรคมะเร็ง (ธีรนาถ, 2560)

กะเพราพันธุ์การค้าที่มีอยู่ในท้องตลาดมีหลากหลายพันธุ์โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ที่ทำการเพาะปลูกอยู่ในจังหวัดนครปฐม กรุงเทพมหานคร ปทุมธานี และอ่างทอง ซึ่งเป็นเขตลุ่มแม่น้ำภาคกลาง (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2563) ซึ่งมักพบปัญหาน้ำทะเลหนุนสูงในช่วงฤดูร้อนทำให้น้ำชลประทานที่ใช้ในการเพาะปลูกมีความเค็มมากขึ้น โดยประเทศไทยมีพื้นที่ที่เป็นดินเค็ม

ครอบคลุมในเขตภาคภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 11.5 ล้านไร่ โดยส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ดินเค็มน้อย 7.3 ล้านไร่ พื้นที่ดินเค็มปานกลาง 3.8 ล้านไร่ พื้นที่ดินเค็มมาก 228,232 ไร่ และดินเค็มจัด 104,019 ไร่ ส่วนภาคกลางมีพื้นที่ดินเค็มอยู่ประมาณ 54,644 ไร่ (ไพรัช, 2560) โดยดินเค็ม (saline soil) คือ ดินที่มีเกลือละลายได้ที่สะสมอยู่ในชั้นดิน ซึ่งมีปริมาณมากจนส่งผลกระทบต่อเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช ซึ่งสามารถจำแนกพืชตามการตอบสนองต่อความเค็มได้ 2 กลุ่ม ได้แก่ พืชชอบเกลือ (halophytes) เป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตและปรับตัวได้ดีในที่ที่มีการสะสมของเกลือในปริมาณสูง และพืชไม่ทนเค็ม (glycophytes หรือ non halophytes) เป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ในระดับความเค็มที่สามารถทนได้ แต่จะแสดงอาการก็ต่อเมื่อมีระดับความเค็มสูงกว่าในระดับที่พืชทนได้โดยพืชบางชนิดแสดงอาการที่มีผลกระทบมาจากเกลือในดินในระดับที่แตกต่างกัน ซึ่งระดับเค็มน้อย คือ 2-4 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีผลต่อพืชที่ไม่ทนเค็ม ระดับเค็มปานกลาง 4-8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีผลต่อพืชหลายชนิด ระดับเค็มมาก 8-16 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร พืชทนเค็มเท่านั้นที่ยังเจริญเติบโตได้ดี และ ระดับเค็มจัด >16 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร พืชชอบเกลือเจริญเติบโตได้ดี (อรุณี, 2546) เมื่อพืชได้รับผลกระทบจากระดับความเค็ม พืชจะแสดงอาการคล้ายกับอาการของพืชที่ขาดน้ำ (Flowers *et al.*, 1977) นอกจากนี้ความเค็มยังส่งผลให้พืชเกิดสภาวะเครียดจากอนุมูลอิสระ (oxidative stress) และการรบกวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (disturbance to

photosynthesis) ซึ่งทำให้การทำงานของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงผิดปกติ โดยเกิดอนุมูลอิสระขึ้นในเนื้อเยื่อสีเขียว ทำให้โปรตีนสูญเสียสภาพ การแตกตัวของรงควัตถุ และการทำงานของเอนไซม์ผิดปกติ (นวรรัตน์, 2558) จากการศึกษาผลกระทบของเกลือ (NaCl) ต่อการเจริญเติบโตในพริก 5 สายพันธุ์ของประเทศตูนีเซีย รดด้วยน้ำเกลือ (NaCl) ที่ระดับความเข้มข้น 0, 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 กรัมต่อลิตร เป็นเวลา 2 เดือน พบว่า เมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ ความสูง น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นลดลง นอกจากนี้ปริมาณ K^+ และ Ca^{2+} และอัตราส่วนของ K^+/Na^+ ในรากมีปริมาณลดลงเมื่อความเค็มมากขึ้น (Kaouther *et al.*, 2013) การศึกษาการทนเค็มในพริก habanero 2 สายพันธุ์ คือ Rex ทนทาน และ Chichen-Itza ไม่ทนทานที่ระดับความเข้มข้นของเกลือ (NaCl) 150 มิลลิโมลาร์ 1 สัปดาห์ พบว่า รากของพันธุ์ทนทานมีการสะสมของ proline มากกว่าพันธุ์ไม่ทนทาน และ Na^+ ถูกจำกัดอยู่ที่รากในพันธุ์ทนทาน รวมถึงรักษาระดับของ K^+ ในพันธุ์ทนทานที่มีประสิทธิภาพมากกว่าพันธุ์ไม่ทนทาน (Bojórquez-Quintal *et al.*, 2014) ระดับความเข้มข้นของเกลือ (NaCl) ที่เพิ่มขึ้น คือ 0, 20, 40, 80 และ 160 มิลลิโมลาร์ ส่งผลให้กระบวนการ photosystem (PS) II และการเจริญเติบโตของมะเขือลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (Hanachi *et al.*, 2014) จากการศึกษาอิทธิพลของเกลือ ต่อการเจริญเติบโต ปริมาณคลอโรฟิลล์ ลิพิดเปอร์ออกซิเดชัน และระบบป้องกันสารต้านอนุมูลอิสระระหว่างถั่วสองชนิด คือ Tema ที่ให้ผลผลิตสูงและ Djadida ที่ให้ผลผลิตต่ำ พบว่าความแตกต่างระหว่างจีโนไทป์ในการตอบสนองต่อความเค็มเป็นลักษณะเชิงปริมาณมากกว่าเชิงคุณภาพ โดยความเค็มทำให้น้ำหนักของรากย่น และปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงตามความเค็มที่เพิ่มขึ้น รวมถึงอัตราการสังเคราะห์และการสะสมของสารต้านอนุมูลอิสระที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังพบสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในใบที่ลดลง (Taïbi *et al.*, 2016) จากการ

ผลิตพืชในตระกูลกะเพรา ภายใต้ระดับความเข้มข้นของเกลือที่ 25 mM และ 50 mM พบว่า ความเค็มมีผลทำให้ผลผลิตการดูดซึมสารอาหาร การสังเคราะห์ด้วยแสงในใบลดลง การสะสม Na และ Cl เพิ่มขึ้น รวมถึงมีการสะสมของโพลีฟีนอล อาทิ Caffeic acid และ Cichoric acid เพิ่มขึ้น (Saia *et al.*, 2021) ผลกระทบของความเครียดจากความเค็มต่อการเจริญเติบโต ปริมาณคลอโรฟิลล์ ของ *O. basilicum* L. และ *O. minimum* L. ที่ระดับความเข้มข้นของเกลือ (NaCl) 0, 3 และ 6 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร พบว่าการเจริญเติบโตลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อวัดจากน้ำหนักสด นอกจากนี้คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์ จะลดลงมากที่สุดที่ระดับความเค็ม 6 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร โดยสายในหมายเลข *O. minimum* L. มีปริมาณของคลอโรฟิลล์เอ, คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีน ลดลงมากกว่า *O. basilicum* L. ในระดับความเค็มเดียวกัน (Mostafa, 2012) ปัจจุบันความต้องการกะเพรามีมากขึ้น เนื่องจากสามารถนำมาปรุงอาหารที่หลากหลายและเป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภค อีกทั้งเป็นส่วนประกอบในตำรับยาสมุนไพร จากความต้องการดังกล่าวทำให้ต้องมีการเพาะปลูกตลอดทั้งปี ปัญหาน้ำทะเลหนุนในช่วงฤดูร้อนเป็นปัญหาหนึ่งในการผลิตกะเพรา ดังนั้น การทดสอบความสามารถในการทนเค็มของกะเพราจึงมีประโยชน์ต่อการคัดเลือกพันธุ์กะเพราเพื่อปลูกในสภาพความเค็มและหากความเค็มมีผลต่อปริมาณสารพฤกษเคมี จะสามารถใช้ความเค็มเพื่อกระตุ้นให้มีปริมาณสารสำคัญที่เป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคได้ การศึกษารั้วนี้จึงมีวัตถุประสงค์ทดสอบเชื้อพันธุ์กรรมกะเพรา เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพความเค็มและมีปริมาณสารพฤกษเคมีสูงในแต่ละรอบของการเก็บเกี่ยว

อุปกรณ์และวิธีการ

ทดสอบสายพันธุ์กะเพรา จำนวน 11 หมายเลข คือ กะเพราที่รวบรวมโดยศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้แก่ OC-006, OC-007, OC-011, OC-078, OC-106, OC-114, OC-148, OC-151 และพันธุ์การค้า

ได้แก่ 3A-RHB, 3A-HB และ EW-KT เมื่อต้นกล้าอายุ 30 วันลงปลูกในกระถางขนาด 10 นิ้ว ที่มีทรายร่อนละเอียดล้างน้ำเป็นวัสดุปลูก แบ่งกะเพราะแต่ละหมายเลขออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 3 กระถาง ทำการรดสารละลายปุ๋ย A ประกอบด้วย $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDTA และ B ประกอบด้วย KNO_3 , $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, H_3BO_3 , $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{NaMoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ความเข้มข้น 0.25 เท่า เป็นเวลา 4 สัปดาห์หลังจากนั้นรดด้วยสารละลาย A และ B แล้วทำวัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหาร โดยที่ระดับความเค็ม 2 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร เป็นชุดควบคุม และรดด้วยสารละลายธาตุอาหารที่ผสมเกลือ (NaCl) ที่ระดับความเค็ม 4, 6 และ 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตรเดซิซีเมนต์ต่อเมตร จากนั้นเก็บเกี่ยวกะเพราะ (Harvest : HV) หลังจากนั้นรดด้วยสารละลายเกลือที่สัปดาห์ที่ 3 (HV1) และ 6 สัปดาห์ (HV2) แล้วนำกะเพราะที่เก็บเกี่ยวได้ไปวิเคราะห์สารฟีนอลิกต่อไป

วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin ciocalteu method (ดัดแปลงมาจาก Thaipong *et al.*, 2005)

นำตัวอย่างใบกะเพราะน้ำหนักสด 1 กรัม

$$Y = 1.447x - 0.0811 \quad (R^2=0.9915)$$

$$\text{Phenolic content} = Y \times \left(\frac{\text{ปริมาตรเมทานอล} + \text{น้ำหนักตัวอย่างสด}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างสด}} \right) \times \left(\frac{\text{ปริมาตรเมทานอล}}{\text{ปริมาตรสารสกัด}} \right) \times 100$$

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) (ดัดแปลงมาจาก Thaipong *et al.*, 2005)

นำตัวอย่างใบกะเพราะน้ำหนักสด 1 กรัม เติมนเมทานอล 10 มิลลิลิตร บดด้วยเครื่อง homogenizer จากนั้นนำส่วนใสปั่นเหวี่ยง 15,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที นำสารสกัดทำปฏิกิริยา โดยดูดสารสกัดส่วนใสปริมาตร 150 ไมโครลิตร เติม DPPH ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 2.85 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันเก็บไว้ในที่มืด 1 ชั่วโมง แล้วนำสารสกัดไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 515 นาโนเมตร

เตรียม standard โดยชั่ง Trolox น้ำหนัก 1 มิลลิกรัม ต่อมเมทานอล 5 มิลลิลิตร จะได้ความ

เข้มข้นเมทานอล 10 มิลลิลิตร บดด้วยเครื่อง homogenizer จากนั้นนำส่วนใสปั่นเหวี่ยง 15,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที นำสารสกัดปริมาตร 30 ไมโครลิตร มาทำปฏิกิริยา โดยเติมน้ำปริมาตร 2.4 มิลลิลิตร ในหลอด 5 มิลลิลิตร และเมทานอลปริมาตร 120 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน จากนั้นเติม 0.25 นอร์มอล Folin & Ciocalteu ปริมาตร 150 ไมโครลิตร และ 1.0 N. Sodium carbonate ปริมาตร 300 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วเก็บไว้ในที่มืด 2 ชั่วโมง และเขย่าทุกๆ 30 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 725 นาโนเมตร

เตรียม standard โดยชั่ง Gallic acid น้ำหนัก 1 มิลลิกรัม เติมนเมทานอลปริมาตร 1 มิลลิลิตร ได้ความเข้มข้นเท่ากับ 1 จากนั้นเจือจางสารละลายให้มีความเข้มข้นที่ 0.5, 0.25, 0.125, 0.0625, 0.03125, 0.015625, 0.0072125, 0.00390625 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ นำสารละลายในแต่ละความเข้มข้นทำปฏิกิริยา วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 725 นาโนเมตร สร้างสมการเส้นตรงมาตรฐานเพื่อคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) คือ

เข้มข้นเท่ากับ 0.8 มิลลิโมลาร์ จากนั้นเจือจางสารละลายจนได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 0.8, 0.4, 0.2, 0.1, 0.05 และ 0.025 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ เติม DPPH ที่ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ นำสารละลายในแต่ละความเข้มข้นไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 515 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer

สมการที่ใช้ในการหาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (มิลลิกรัมทอรอลอกซ์ต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

$$\text{HV 1 : } Y = -4.3303x + 0.9565 \quad (R^2=$$

$$0.9886)$$

$$\text{HV 2 : } Y = -4.7889x + 1.02 \quad (R^2= 0.9932)$$

การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ และเบต้าแคโรทีน (Nagata and Yamashita, 1992)

นำตัวอย่างใบกะเพราน้ำหนักสด 1 กรัม เติมหาสารละลาย acetone : hexane อัตราส่วน 4:6 ปริมาตร 20 มิลลิลิตรจากนั้นปั่นด้วยเครื่อง homogenizer นำสารละลายส่วนใสไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่นแสง 663, 645, 505 และ 453 นาโนเมตร นำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณแล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณคลอโรฟิลล์ และเบต้าแคโรทีน ด้วยการดัดแปลงวิธีการของ Nagata and Yamashita (1992) จากสมการต่อไปนี้

$$\text{เบต้าแคโรทีน (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด)} = 0.216 A_{663} - 1.22 A_{645} - 0.304 A_{505} + 0.452 A_{453}$$

$$\text{ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด)} = (0.999 A_{663} - 0.0989 A_{645}) + (-0.328 A_{663} + 1.77 A_{645})$$

A = ค่าการดูดกลืนแสง

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) สิ่งทดลอง คือ กะเพรา จำนวน 11 หมายเลข 4 ทรีทเมนต์ จำนวน 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS 15.0 for Windows Evaluation Version เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธีของ Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ (P-value = 0.05)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของกะเพราในสภาพเค็ม

กะเพรา 11 หมายเลข ที่ปลูกด้วยสารละลายอาหารที่มีเกลือ หลังจากเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 เมื่อปลูกไป 3 สัปดาห์ เก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 เมื่ออายุ 6 สัปดาห์ (3 สัปดาห์หลังเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1) เมื่อประเมินสารพฤกษเคมีในกะเพรา ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก สารต้านอนุมูลอิสระ เบต้าแคโรทีน และ คลอโรฟิลล์ ทั้งหมด โดยปริมาณสารทั้งหมดของกะเพราในการเก็บเกี่ยว ครั้งที่ 1 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

ของกะเพราที่ระดับความเค็ม 2 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ระหว่าง 2125.1–3623.7 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด พบอิทธิพลร่วมระหว่างหมายเลขต่างๆ กะเพราและระดับความเค็มของสารละลายอาหารที่ได้รับ โดยกะเพราส่วนใหญ่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงขึ้นเมื่อได้รับความเค็มที่ระดับ 4 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ยกเว้นกะเพราหมายเลข OC-148, OC-151 และ 3A-HB ที่ไม่พบความแตกต่างของสารประกอบฟีนอลิกเมื่อเปรียบเทียบกับที่ระดับความเค็ม 2 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร อย่างไรก็ตาม กะเพราทั้ง 3 หมายเลขนี้ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับสารละลายเกลือที่ระดับ 6 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ซึ่งต่างจากกะเพรา 7 หมายเลขที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงขึ้นเมื่อได้รับความเค็มที่ระดับ 4 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร เนื่องจากเมื่อได้รับความเค็มเพิ่มขึ้นระดับ 6 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มี 6 หมายเลขที่มีปริมาณประกอบฟีนอลิกคงที่ ส่วน 1 หมายเลขคือ 3A-RHB ที่มีสารประกอบฟีนอลิกเพิ่มขึ้นและคงที่เมื่อได้รับความเค็มที่ ระดับ 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร จึงเห็นได้ว่า กะเพราส่วนใหญ่มีการปรับตัวต่อสภาพความเค็มด้วยการสะสมปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความเค็มมากขึ้น อย่างไรก็ตาม เมื่อกะเพราปรับตัวได้จะรักษาปริมาณประกอบฟีนอลิกให้อยู่ในระดับคงที่ได้ เมื่อมีความเค็มสูงขึ้น เช่น OC-006, OC-007 และ OC-011 ที่ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับความเค็มที่ระดับ 4 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร และคงที่เมื่อได้รับความเค็มที่ระดับ 6 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร และ 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

เมื่อเก็บเกี่ยวกะเพราในครั้งที่ 2 กะเพราที่ระดับความเค็ม 2 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ระหว่าง 1647.0 – 4859.6 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด กะเพราที่ปลูกด้วยสารละลายอาหารในสภาพโรงเรือน เมื่อตัดครั้งที่ 2 กะเพราหมายเลข OC-106 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกไม่แตกต่างจากการตัดครั้งแรก และมีกะเพรา 7 หมายเลขที่ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่น้อยกว่าการตัดครั้งที่หนึ่ง ส่วนกะเพราที่ให้สารละลาย

อาหารที่มีเกลืออย่างต่อเนื่องหลังจากการตัดครั้งแรกพบว่า กะเพรา OC-148 มีสารประกอบฟีนอลิกที่ไม่แตกต่างกันจากการตัดทั้งสองครั้ง แม้จะได้รับเกลือที่ 4, 6 และ 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร กะเพราที่ได้รับสารละลายอาหารเกลือที่ 4 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ส่วนใหญ่มีสารประกอบฟีนอลิกที่น้อยกว่าที่ระดับความเค็ม 2 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร อย่างไรก็ตาม เมื่อได้รับสารละลายอาหารที่มีเกลือระดับ 6 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร กะเพราส่วนใหญ่มีการสะสมสารประกอบฟีนอลิกสูงขึ้น กะเพราที่มีสารประกอบฟีนอลิกไม่

แตกต่างกันเมื่อได้รับสารละลายเกลือ 6 และ 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร เมื่อเก็บเกี่ยวทั้งสองครั้งคือ OC-011, OC-148 และ OC-151 จึงเห็นได้ว่ากะเพราต่างหมายเลขตอบสนองต่อความเค็มที่ได้รับต่อเนื่องแตกต่างกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ความเค็มระดับ 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีกะเพรา 4 หมายเลขที่สะสมสารประกอบฟีนอลิกไม่ต่างกันจากการเก็บเกี่ยวทั้ง 2 ครั้ง และมี 4 หมายเลขที่มีการสะสมเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับตัดครั้งแรก (Table1, Figure 1)

Table 1 Total phenolic contents (mg GAE/100 g FW) in 11 holy basil accessions.

Cultivar	HV 1				HV 2			
	2 dS•m ⁻¹	4 dS•m ⁻¹	6 dS•m ⁻¹	8 dS•m ⁻¹	2 dS•m ⁻¹	4 dS•m ⁻¹	6 dS•m ⁻¹	8 dS•m ⁻¹
OC -006	3012.6	4007.3	4269.0	3961.1	2270.5	3745.4	4980.3	4305.2
OC -007	3453.6	4035.1	4043.4	3968.5	4859.6	4348.9	3128.6	3034.5
OC -011	2663.1	3845.5	4011.9	4288.4	1647.0	3127.3	4493.5	4366.2
OC -078	2677.9	1777.5	3258.5	2597.5	2025.1	2229.3	4853.0	2331.5
OC -106	3383.3	4063.7	3889.9	3561.7	3202.9	4161.9	5667.4	4103.6
OC -114	2555.0	3669.9	4064.6	3440.6	2294.3	2901.8	4607.6	4390.1
OC -148	3588.5	3948.2	4543.5	4172.8	2980.1	3636.7	4952.5	4444.4
OC -151	3568.2	3351.9	4306.9	4247.7	2230.7	2860.7	4753.5	4307.8
3A RHB	2140.8	3085.6	4187.6	4215.3	2903.2	3710.9	4803.9	3895.3
3A HB	3623.7	3492.4	4149.7	4762.6	2939.0	2404.4	2716.1	3051.7
EW-KT	2125.1	3535.8	3522.0	4182.1	3408.5	4599.6	5514.9	5327.8
Mean	2981.1	3528.4	4022.5	3945.3	2796.4	3429.7	4588.3	3959.8
P-value Cultivar x Salt	<0.0001				<0.0001			
LSD	460.58				350.60			
CV (%)	11.18				8.34			

Note: P-value <0.01 = Statistical Significant

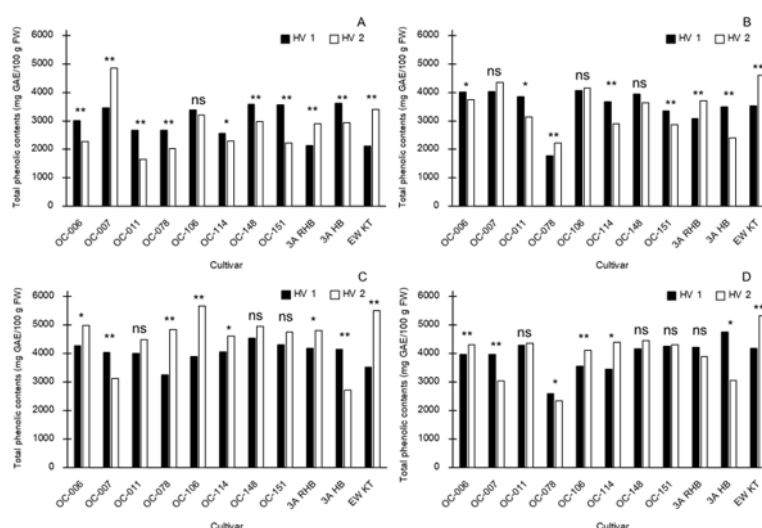


Figure 1 Total phenolic contents in 11 holy basil accessions on HV 1 and HV 2 in salinity levels as 2 (A), 4 (B), 6 (C) and 8 (D) dS·m⁻¹; (Note: T-test: ** (p < 0.01), * (0.01 < p < 0.05) and ns (> 0.05).

ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH ของกะเพราในสภาพเค็ม

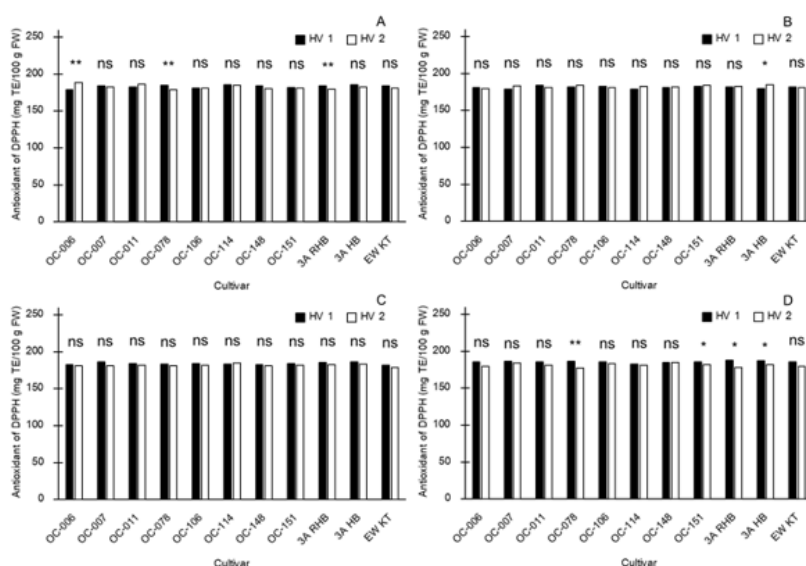
งานวิจัยนี้ทำการศึกษหาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH เนื่องจากเป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็ว และเป็นที่ยอมรับ โดยทำการวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH ของกะเพรา จำนวน 11 หมายเลข ที่ความเค็มระดับต่างๆ พบว่า ปริมาณสารต่อต้านอนุมูลอิสระของแต่ละหมายเลขในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 มีปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระ ระหว่าง 177.64 – 185.38 มิลลิกรัมทอรอลอกซ์ต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด และไม่มีอิทธิพลร่วมกันระหว่างพันธุ์และความเค็ม ซึ่งที่ระดับความเค็ม 6 และ 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร สารต้านอนุมูลอิสระลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกะเพราที่ระดับความเค็ม 2 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ส่วนการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 มีปริมาณของสารต่อต้านอนุมูลอิสระ ระหว่าง 178.64 – 188.67 มิลลิกรัมทอรอลอกซ์ต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด พบปฏิกริยาร่วมระหว่างพันธุ์และความเข้มข้นสารละลายเกลือ ซึ่งการให้สารละลายเกลืออย่างต่อเนื่องจนถึงการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 พบว่า กะเพราที่ได้รับความเค็มที่ระดับ 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีผลให้กะเพรา 8 หมายเลขมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบกับกะเพราที่ระดับความเค็ม 2 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร เป็นที่น่าสังเกตว่า เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารต่อต้านอนุมูลอิสระ ระหว่างการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 และ 2 ด้วย T-test กะเพราส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างกัน มีเพียงบางหมายเลขที่สารต้านอนุมูลอิสระมีความแตกต่างกันระหว่างการเก็บเกี่ยวทั้งสองครั้ง โดยกะเพราที่ปลูกที่ระดับความเค็ม 2 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มี 2 หมายเลขที่มีสารต่อต้านอนุมูลอิสระลดลงคือ OC-078 และ 3A-RHB และมี 1 หมายเลขที่มีปริมาณสารเพิ่มขึ้นคือ OC-006 ส่วนกะเพราที่ได้รับสารละลายเกลือที่ระดับ 4 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีเพียง 1 หมายเลขที่มีสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 คือ 3A-RHB ส่วนกะเพราอีก 10 หมายเลขมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่ไม่ต่างกัน เช่นเดียวกับกะเพราที่ได้รับสารละลายเกลือที่ระดับ 6 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ที่ทุกหมายเลขมีสารต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม กะเพราหมายเลข OC-078, OC-151, 3A-RHB และ 3A-HB ที่สารต้านอนุมูลอิสระลดลงเมื่อได้รับความเค็ม 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร (Table 2, Figure 2) จึงเห็นได้ว่า ความเค็มมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสารต้านอนุมูลอิสระในกะเพราน้อยมาก

Table 2 Antioxidant activity based on DPPH method (mg TE/100 g FW) in 11 holy basil accessions.

Cultivar	HV 1				HV 2			
	2 dS•m ⁻¹	4 dS•m ⁻¹	6 dS•m ⁻¹	8 dS•m ⁻¹	2 dS•m ⁻¹	4 dS•m ⁻¹	6 dS•m ⁻¹	8 dS•m ⁻¹
OC-006	178.97	179.61	181.40	179.20	188.67	181.25	182.56	185.22
OC-007	184.11	183.13	181.28	184.11	182.71	178.85	186.47	186.53
OC-011	182.78	180.93	181.92	181.28	185.95	183.86	183.81	185.74
OC-078	184.86	183.65	180.88	177.64	179.11	181.41	183.29	186.37
OC-106	181.40	180.99	182.09	183.30	181.41	182.82	184.07	185.22
OC-114	185.26	182.15	184.92	181.34	184.96	178.64	183.55	182.24
OC-148	183.94	182.03	181.17	184.86	180.05	181.04	182.77	184.65
OC-151	181.86	184.17	181.68	181.45	180.78	182.66	184.44	185.43
3A RHB	184.34	182.15	182.78	178.34	179.79	182.09	185.64	187.99
3A HB	185.38	184.74	183.19	181.97	182.71	179.79	186.58	187.10
EW KT	184.28	181.11	179.14	179.72	180.99	181.62	181.72	185.64
Mean	183.38 ^a	182.24 ^{ab}	181.86 ^b	181.20 ^b	182.47	181.28	184.08	185.65
P-value _{Cultivar}	0.0626				<0.0001			
P-value _{Salt}	0.0274				<0.0001			
P-value _{Cultivar x Salt}	0.5224				<0.0001			
LSD _{Salt}	-				1.67			
CV (%)	1.88				0.65			

Note: P-value <0.01 = Statistical Significant

**Figure 2** Antioxidant of DPPH in 11 holy basil accessions on HV 1 and HV 2 in salinity levels as 2 (A), 4 (B), 6 (C) and 8 (D) dS•m⁻¹; (Note: T-test: ** (p <0.01), * (0.01 < p < 0.05) and ns (>0.05).

ปริมาณเบต้าแคโรทีนของกะเพราในสภาพเค็ม

จากการวิเคราะห์ปริมาณเบต้าแคโรทีนของกะเพรา 11 หมายเลข ที่ระดับความเค็มในระดับต่าง ๆ พบว่า ในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 กะเพรามีปริมาณเบต้าแคโรทีน ระหว่าง 0.73 – 1.90 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด กะเพราที่ระดับความเค็ม 2 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีปริมาณเบต้าแคโรทีนระหว่าง 0.73-1.29 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ซึ่งกะเพราจำนวน 9 หมายเลขมีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนใกล้เคียงกัน เมื่อให้สารละลายอาหารที่มีเกลือ พบว่า ความเค็มมีผลต่อปริมาณเบต้าแคโรทีนค่อนข้างน้อย เนื่องจากเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกะเพราที่ระดับความเค็ม 2 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร กะเพราที่มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนเพิ่มขึ้น เมื่อปลูกในสารละลายอาหารที่ระดับความเค็ม 4 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ กะเพราหมายเลข OC-007, OC-148, 3A-HB และ EW KT และที่ระดับความเค็ม 6 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ OC-007, OC-078, OC-148 และ 3A-HB ที่ระดับความเค็ม 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มี 2 หมายเลขคือ OC-006 และ OC-007 จึงเห็นได้ว่า ความเค็มส่งผลกระทบต่อการสะสมสารเบต้าแคโรทีนในใบกะเพราค่อนข้างน้อย กะเพราหมายเลข OC-007 เป็นสายพันธุ์กะเพราที่ตอบสนองต่อความเค็มมากที่สุด โดยจะมีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนเพิ่มขึ้นที่ 4 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร จากนั้นจะคงที่เมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้นที่ 6 และ 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ส่วน OC-006 มีการสะสม

สารเบต้าแคโรทีนเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับความเค็ม 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ส่วนกะเพราอีก 9 หมายเลข เมื่อได้รับความเค็มที่ 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารเบต้าแคโรทีน

อย่างไรก็ตาม หากหลังการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 แล้วให้สารละลายอาหารที่มีเกลืออย่างต่อเนื่องและเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 พบว่า กะเพราที่ระดับความเค็ม 2 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีปริมาณเบต้าแคโรทีน ระหว่าง 0.59 – 1.49 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด และ ไม่แตกต่างจากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 มีเพียงกะเพรา 2 หมายเลขเท่านั้นที่มีปริมาณเบต้าแคโรทีนลดลงคือ OC-007 และ OC-148 แต่กะเพราที่ได้รับสารละลายอาหารที่มีเกลือนั้นพบว่า มีกะเพราส่วนใหญ่มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนลดลงจากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 อย่างเห็นได้ชัด โดยกะเพราที่มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีน ไม่แตกต่างจากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 ได้แก่ OC-106 เมื่อได้รับสารละลายเกลือ 4 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร หมายเลข OC-011, OC-106 และ EW-KT ที่ได้รับความเค็ม 6 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร หมายเลข OC-011 และ 3A-RHB เมื่อได้รับความเค็ม 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร อาจกล่าวได้ว่า หากกะเพราได้รับความเค็มอย่างต่อเนื่อง การสะสมปริมาณสารเบต้าแคโรทีนจะลดลง และไม่พบผลกระทบของการปลูกกะเพราโดยใช้สารละลายอาหารในโรงเรือนที่ระดับความเค็ม 2 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ต่อปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในการเก็บเกี่ยวทั้งสองครั้ง (Table 3, Table 5)

Table 3 Total beta-carotene contents (mg/100 g FW) in 11 holy basil accessions.

Cultivar	HV 1				HV 2			
	2 dS•m ⁻¹	4 dS•m ⁻¹	6 dS•m ⁻¹	8 dS•m ⁻¹	2 dS•m ⁻¹	4 dS•m ⁻¹	6 dS•m ⁻¹	8 dS•m ⁻¹
OC -006	0.73	1.12	1.01	1.15	0.83	0.65	0.29	0.49
OC -007	1.13	1.84	1.69	1.59	0.66	0.62	0.67	0.27
OC -011	0.86	1.00	0.95	1.21	0.86	0.58	0.85	0.85
OC -078	1.22	1.00	1.71	1.13	0.93	0.69	0.82	0.70
OC -106	1.27	1.49	1.06	1.57	1.49	1.03	0.96	0.73
OC -114	1.23	1.49	1.04	1.23	0.76	0.60	0.65	0.58
OC -148	1.15	1.90	1.80	1.28	0.73	0.73	0.55	0.73
OC -151	1.02	1.07	1.25	1.21	0.82	0.49	0.61	0.69

Table 3 (continued).

Cultivar	HV 1				HV 2			
	2 dS•m ⁻¹	4 dS•m ⁻¹	6 dS•m ⁻¹	8 dS•m ⁻¹	2 dS•m ⁻¹	4 dS•m ⁻¹	6 dS•m ⁻¹	8 dS•m ⁻¹
3A RHB	1.29	1.14	0.97	1.18	0.90	0.50	0.52	0.71
3A HB	0.81	1.32	1.72	1.13	0.88	0.64	0.71	0.44
EW-KT	1.00	1.76	0.93	1.16	0.59	0.89	0.74	0.77
Mean	1.06	1.38	1.28	1.26	0.86	0.67	0.67	0.63
P-value Cultivar x Salt	<0.0001				<0.0001			
LSD	0.39				0.29			
CV (%)	22.11				29.70			

Note: P-value <0.01 = Statistical Significant

ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของกะเพราในสภาพเค็ม

จากการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดพบว่า ในการเก็บเกี่ยวกะเพราครั้งที่ 1 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของกะเพราที่ระดับความเค็ม 2 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ระหว่าง 2.45-7.64 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด โดยกะเพราที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดส่วนใหญ่สูงสุดที่ระดับความเค็ม 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร อยู่ระหว่าง 7.81-10.98 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด จากผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า เมื่อกะเพราที่ได้รับความเค็มสูงถึง 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร จึงปรับตัวให้ให้มีการสะสมคลอโรฟิลล์สูงขึ้น ยกเว้น หมายเลข OC-007 และ OC-148 ที่มีปริมาณสารคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้นตั้งแต่ได้รับความเค็มที่ 4 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร เป็น 9.76 และ 10.20 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ จากนั้นปริมาณคลอโรฟิลล์คงที่เมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้น ส่วนการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 กะเพราที่ระดับความเค็ม 2 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีปริมาณคลอโรฟิลล์ระหว่าง 3.67-7.20 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการเก็บเกี่ยว

พบว่า กะเพรา 6 หมายเลข ได้แก่ OC-006, O -007, OC-011, OC-078, OC-106 และ 3A-HB มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดไม่แตกต่างกันเมื่อทำการเก็บเกี่ยว 2 ครั้ง แต่มีกะเพรา 1 หมายเลขที่มีคลอโรฟิลล์สูงขึ้นคือ 3A-RHB และมี 5 หมายเลขที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ลดลง อย่างไรก็ตาม ยังพบผลกระทบของความเค็มต่อปริมาณคลอโรฟิลล์เมื่อมีการเก็บเกี่ยวกะเพราครั้งที่สองเปรียบเทียบกับ การเก็บเกี่ยวครั้งแรก ซึ่งกะเพราส่วนใหญ่เมื่อได้รับความเค็มอย่างต่อเนื่องหลังจากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 มีผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง อย่างไรก็ตาม เมื่อให้ความเค็มที่ 4 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีกะเพรา 5 หมายเลข คือ OC-006, OC-011, OC-078, OC-106 และ EW-KT ส่วนที่ 6 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีกะเพรา 4 หมายเลข คือ OC-011, OC-106, 3A-RHB และ EW-KT ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์จากการตัดทั้งสองครั้งไม่แตกต่างกัน ส่วนผลของความเค็ม 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ทำให้กะเพราทุกหมายเลขมีปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงจากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 (Table 4, Table 5) การเก็บเกี่ยวทั้งสองครั้ง (Table 3, Table 5)

Table 4 Total chlorophyll contents (mg /100 g FW) in 11 holy basil accessions.

Cultivar	HV 1				HV 2			
	2 dS•m ⁻¹	4 dS•m ⁻¹	6 dS•m ⁻¹	8 dS•m ⁻¹	2 dS•m ⁻¹	4 dS•m ⁻¹	6 dS•m ⁻¹	8 dS•m ⁻¹
OC-006	4.67	6.28	5.88	10.23	4.99	4.72	2.67	3.56
OC-007	7.46	9.76	9.77	9.42	5.63	3.94	3.67	2.15
OC-011	6.08	6.17	6.20	9.42	5.49	4.17	5.86	5.43
OC-078	6.69	5.21	8.99	9.77	5.35	4.87	5.22	3.96
OC-106	6.23	8.35	6.42	10.33	6.11	6.56	6.10	4.57
OC-114	7.64	8.07	6.35	10.98	5.43	3.47	3.85	2.98
OC-148	6.79	10.20	10.12	10.67	4.49	4.44	3.79	4.78
OC-151	6.36	7.00	7.10	10.24	4.83	4.11	4.16	4.48
3A RHB	2.45	5.80	7.99	9.77	5.92	4.35	5.47	3.08
3A HB	5.68	5.14	5.08	9.34	5.50	3.71	2.72	4.31
EW KT	6.44	9.01	4.62	9.13	3.67	5.49	4.48	4.79
Mean	6.04	7.36	7.23	9.94	5.22	4.53	4.30	4.01
P-value _{Cultivar x Salt}	0.0017				0.0133			
LSD	2.58				1.71			
CV (%)	24.14				27.02			

Note: P-value <0.01 = Statistical Significant

Table 5 T-test of beta-carotene and total chlorophyll content (mg /100 g FW) in 11 holy basil accessions of first and second harvest.

Cultivar	Beta-carotene of HV1-HV2				Total chlorophyll of HV1-HV2			
	2 dS•m ⁻¹	4 dS•m ⁻¹	6 dS•m ⁻¹	8 dS•m ⁻¹	2 dS•m ⁻¹	4 dS•m ⁻¹	6 dS•m ⁻¹	8 dS•m ⁻¹
OC-006	ns	**	*	*	ns	ns	**	*
OC-007	*	**	**	**	ns	*	**	**
OC-011	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	**
OC-078	ns	*	*	*	ns	ns	*	*
OC-106	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	**
OC-114	ns	**	*	*	**	**	**	**
OC-148	**	*	**	**	*	*	**	**
OC-151	ns	*	*	*	*	*	*	*
3A RHB	ns	*	**	ns	*	*	ns	*
3A HB	ns	**	**	**	ns	*	**	**
EW KT	ns	*	ns	*	*	ns	ns	**

(Note: t-test: ** (p <0.01), * (0.01<p<0.05) and ns (>0.05))

จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า กะเพราทุกหมายเลข สามารถเจริญเติบโตได้ที่ระดับความเค็ม 4, 6 และ 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร แต่เมื่อเข้าสู่การเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 กะเพราจะมีการเจริญเติบโตได้ช้าลง ทั้งการแตกกิ่งแขนง และใบลดลง โดยเมื่อพืชได้รับความเค็มจะส่งผลกระทบต่อทำให้พืชจะแสดงอาการคล้ายกับอาการของพืชที่ขาดน้ำ เช่น การเจริญเติบโตชะงัก ซึ่งส่งผลให้พืชนั้นมีขนาดเล็กกว่าพืชที่ปลูกในพื้นที่ดินปกติ (Flower *et al.*, 1977) และพืชจะมีการสะสมสารบางชนิด เช่น โพรลีน และสารจำพวกสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น โพลีฟีนอล เพื่อปรับสมดุลออกซิเดติกและป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้พืชสามารถทนต่อความเครียดจากความเค็มได้ (Chutipaijit *et al.*, 2009) เมื่อวิเคราะห์ปริมาณสารฟลักซ์เคมี กะเพราที่มีการปรับตัวในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 ซึ่งปริมาณของสารฟลักซ์เคมี มีความแตกต่างกันระหว่างการเก็บเกี่ยวทั้ง 2 ครั้ง โดยสารประกอบฟีนอลิกในครั้งที่ 1 สูงขึ้นเมื่อได้รับเกลือในทุกระดับความเค็ม และ ในครั้งที่ 2 สูงขึ้นที่ระดับความเค็ม 6 และ 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร Scagel *et al.* (2019) รายงานว่า ความเค็มที่น้อยกว่า 5 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของโหระพา การตอบสนองต่อความเค็มของโหระพาขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ โดยสายพันธุ์ Sweet Broadleaf มีการสะสมสารประกอบฟีนอลิกสูงขึ้นเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของเกลือ ในขณะที่สายพันธุ์ Siam Queen มีการสะสมลดลงเมื่อความเค็มมากขึ้น

การศึกษานี้ครั้งนี้ความเค็มมีผลต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของกะเพราค่อนข้างน้อย เนื่องจากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 พบว่า สายพันธุ์ไม่มีผลต่อสารต้านอนุมูลอิสระ แต่เมื่อเก็บเกี่ยวในครั้งที่ 2 มีการเพิ่มขึ้นที่ระดับความเค็ม 6 และ 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นด้วย โดยสอดคล้องกับรายงานของ Ciriello *et al.* (2022) ที่ศึกษาโหระพา ที่ได้รับสารละลายอาหารที่มีเกลือ และพบว่า ความเค็มมีผลต่อการเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระ DDPH มากขึ้น 44.96 เปอร์เซ็นต์ และ Gupta *et al.* (2012) ได้รายงานไว้ว่า ปริมาณของสารประ-

กอบฟีนอลิกในใบกะเพราอาจทำให้กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นโดยตรง ดังนั้น เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสารต้านอนุมูลอิสระระหว่างการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 และ 2 โดยใช้ t-test ซึ่งสารประกอบฟีนอลิกส่วนใหญ่มีความแตกต่างกัน ส่วนสารต้านอนุมูลอิสระส่วนใหญ่ไม่แตกต่างกัน ส่วนการเปลี่ยนแปลงของปริมาณเบต้าแคโรทีน ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ด้วย เนื่องจากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 กะเพราบางสายพันธุ์สะสมปริมาณสารเบต้าแคโรทีนจะเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับความเค็ม 4 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร บางสายพันธุ์สะสมเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับความเค็มที่ 6 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ดังรายงานของ Ciriello *et al.* (2022) กล่าวว่า สารเบต้าแคโรทีนของโหระพา สายพันธุ์ Anise และ Cinnamon เพิ่มขึ้นเมื่อได้รับความเค็มเป็นเวลา 26 วัน โดยเพิ่มเป็น 39.17 และ 47.67 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ อย่างไรก็ตามในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 หลังจากทำให้สารละลายอาหารที่มีเกลือ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าปริมาณสารเบต้าแคโรทีนจะลดลง นอกจากนี้ ผลกระทบของความเค็มต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 คลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้นและสูงสุดที่ 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร และลดลงในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Mostafa (2012) กล่าวว่า โหระพาที่ได้รับความเค็ม 6 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร เป็นเวลา 20 วัน มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในใบน้อยกว่าโหระพาที่ไม่ได้รับความเค็ม Singh *et al.* (2023) รายงานว่า เมื่อให้สารละลายเกลือ 500 มิลลิโมลาร์ NaCl ให้กะเพราเป็นเวลา 90 วัน พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดและแคโรทีนอยของกะเพรามีปริมาณลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกะเพราที่ไม่ได้รับเกลือ เมื่อพืชได้รับสารละลายเกลือทุกระดับความเข้มข้น แสดงให้เห็นว่าคลอโรฟิลล์ทั้งหมดลดลงอย่างมีนัยสำคัญภายใต้สภาพเกลือ (Turan *et al.*, 2009)

สรุป

สารฟลักซ์เคมีในกะเพราขึ้นกับสายพันธุ์และระดับความเค็ม เชื้อพันธุ์กรรมกะเพราที่นำมาศึกษาได้รับผลกระทบจากความเค็มแตกต่างกัน ความเค็ม

มีผลให้สารประกอบฟีนอลิกสูงขึ้น แต่มีผลสารต่อต้านอนุมูลอิสระน้อย เมื่อให้ความเค็ม 3 สัปดาห์ ปริมาณเบต้าแคโรทีน และ คลอโรฟิลล์ทั้งหมด มีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่ออยู่ในสภาพเค็ม โดยคลอโรฟิลล์สูงขึ้นที่ระดับความเค็ม 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร เมื่อให้ความเค็ม 6 สัปดาห์ ความเค็มมีผลให้ปริมาณเบต้าแคโรทีน และ คลอโรฟิลล์ทั้งหมดลดลง โดยหมายเลขที่มีความเสถียรของสารพฤษเคมีเมื่อได้รับเกลือและเก็บเกี่ยวทั้ง 2 ครั้ง คือ OC-106

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน ที่สนับสนุนเชื้อพันธุ์กรรม และภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน ที่สนับสนุนการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2563. รายงานสถานการณ์การปลูก ทุเรียน ปี2562. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : <http://www.agriinfo.doae.go.th/year63/plant/rortor/veget/%E0%B8%81%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%9E%E0%B8%A3%E0%B8%B2.pdf> (6 มกราคม 2567).
- คัทลียา ฉัตรเที่ยง. 2542. การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและการสร้างผลผลิตของพืชสกุลโหระพา 4 ชนิด. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 15 หน้า.
- ธีรนาถ สุวรรณเรือง. 2560. ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในผักสด. กรมเกษตรวิทย 16(2): 40-45.
- นวรรตน์ อุดมประเสริฐ. 2558. สรีรวิทยาของพืชภายใต้สภาวะเครียด. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร. 256 หน้า.
- ไพรัช พงษ์วิเชียร. 2560. การเกษตรในพื้นที่ดินเค็มของประเทศไทย เพื่อรับมือความต้องการทางอาหาร. เอกสารวิชาการ. กองวิจัย

และพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพมหานคร. 129 หน้า.

- อรุณี ยูวะนิยม. 2546. การจัดการแก้ไขปัญหาดินเค็ม. เอกสารวิชาการกลุ่มวิจัยและพัฒนาการจัดการดินเค็มสำหรับนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. 101 หน้า.

- Bojórquez-Quintal, E., A. Velarde-Buendía, Á. Ku-González, M. Carillo-Pech, D. Ortega-Camacho, I. Echevarría-Machado, I. Pottosin and M. Martínez-Estévez. 2014. Mechanisms of salt tolerance in habanero pepper plants (*Capsicum chinense* Jacq.): Proline accumulation, ions dynamics and sodium root-shoot partition and compartmentation. *Frontiers in plant science* 5: 1-14.

- Chutipaijit, S., S. Cha-Um and K. Sompornpailin. 2009. Differential accumulations of proline and flavonoids in indica rice varieties against salinity. *Journal of Botany* 41(5): 2497-2506.

- Ciriello, M., L. Formisano, M.C. Kyriacou, P. Carillo, L. Scognamiglio, S. De Pascale and Y. Rouphael. 2022. Morpho-physiological and biochemical responses of hydroponically grown basil cultivars to salt stress. *Antioxidants* 11(11): 2207.

- Flowers, T., P. Troke and A. Yeo. 1977. The mechanism of salt tolerance in halophytes. *Annual review of plant physiology* 28(1): 89-121.

- Gupta, S., M.S. Kumar, B. Duraiswamy, M. Chhajed and A. Chhajed. 2012. *In-vitro* antioxidant and free radical scavenging activities of *Ocimum*

- sanctum. World Journal Pharmaceutical Research 1(1): 78-92.
- Hanachi, S., M.C. Van Labeke and T. Mehouchi. 2014. Application of chlorophyll fluorescence to screen eggplant (*Solanum melongena* L.) cultivars for salt tolerance. Photosynthetica 52: 57-62.
- Kaouther, Z., H. Nina, A. Rezwan and H. Cherif. 2013. Evaluation of salt tolerance (NaCl) in Tunisian chili pepper (*Capsicum frutescens* L.) on growth, mineral analysis and solutes synthesis. Journal of Stress Physiology & Biochemistry 9(1): 209-228.
- Malav, P., A. Pandey, K. Bhatt, S. Gopala Krishnan and I. Bisht. 2015. Morphological variability in holy basil (*Ocimum tenuiflorum* L.) from India. Genetic Resources and Crop Evolution 62: 1245-1256.
- Mostafa, H. 2012. Effects of salinity stress on growth, chlorophyll content and osmotic components of two basil (*Ocimum basilicum* L.) genotypes. African Journal of Biotechnology 11(2): 379-384.
- Nagata, M. and I. Yamashita. 1992. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. Nippon shokuhin kogyo gakkai 39(10): 925-928.
- Saia, S., G. Corrado, P. Vitaglione, G. Colla, P. Bonini, M. Giordano, E.D. Stasio, G. Raimondi, R. Sacchi and Y. Rouphael. 2021. An endophytic fungi-based biostimulant modulates volatile and non-volatile secondary metabolites and yield of greenhouse basil (*Ocimum basilicum* L.) through variable mechanisms dependent on salinity stress level. Pathogens 10(7): 797.
- Scagel, C.F., J. Lee and J.N. Mitchell. 2019. Salinity from NaCl changes the nutrient and polyphenolic composition of basil leaves. Industrial Crops and Products 127: 119-128.
- Singh, S., C.S. Chanotiya, A. Singh, P. Vajpayee and A. Kalra. 2023. Role of ACC-deaminase synthesizing *Trichoderma harzianum* and plant growth-promoting bacteria in reducing salt-stress in *Ocimum sanctum*. Physiology and Molecular Biology of Plants 29(6): 815-828.
- Taïbi, K., F. Taïbi, L.A. Abderrahim, A. Ennajah, M. Belkhodja and J.M. Mulet. 2016. Effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidant defence systems in *Phaseolus vulgaris* L. South African Journal of Botany 105: 306-312.
- Thaipong, K., U. Boonprakob, L. Cisneros-Zevallos and D.H. Byrne. 2005. Hydrophilic and lipophilic antioxidant activities of guava fruits. Southeast Asian journal of tropical medicine and public health 36(4): 254-257.
- Turan, M.A., A.H.A. Elkarim, N. Taban and S. Taban. 2009. Effect of salt stress on growth, stomatal resistance, proline and chlorophyll concentrations on maize plant. African Journal of Agricultural Research 4(9): 893-897.

ผลของอายุการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพผลและอายุหลังเก็บเกี่ยวของอะโวคาโดพันธุ์ 'ปีเตอร์สัน' Effects of Harvesting Stage on Fruit Quality and Postharvest Life of Avocado cv. 'Peterson'

เมทินี พลอยเปลี่ยนแสง^{1*} ศิริกานต์ ศรีธัญรัตน์¹ และปณวัตร สีขัณฑกสมิต²

Metinee Ploypleansaeng¹, Siragan Srithanyarat¹ and Panawat Sikhandakasmitta²

Received: November 1, 2023

Revised: February 9, 2024

Accepted: February 27, 2024

Abstract: The harvesting time for avocados is a crucial factor that significantly impacts both fruit quality and shelf life. This study aimed to investigate the influence of the harvesting stage on fruit quality and shelf life of avocado 'Peterson' grown in Pak Chong District, Nakhon Ratchasima Province, Thailand, which were harvested between July and August 2022. Completely randomized design (CRD) was performed; treatment comprised of harvesting time at 130, 135, 140, 145, 150, 155, and 160 days after flowering (DAF), each harvesting time with 5 replications (2 fruits/replication), stored at room temperature (25 ± 2 °C with 75% of relative humidity) for 12 days. The results showed that the percentage of dry matter and fat content tended to increase as the fruit ages with significant difference ($P < 0.05$), while the ripening period and shelf life were reduced. The appropriate harvesting time for 'Peterson' avocados was found to be between 140 – 145 DAF, as these fruits ripened in 2 – 4 days with high fat content and dry matter. Additionally, they exhibited an extended shelf life of up to 8 days when stored at room temperature

Keywords: fruit quality, harvesting index, fruit age, *Persea americana*

บทคัดย่อ: การเก็บเกี่ยวอะโวคาโดในช่วงเวลาที่เหมาะสมเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่ออายุหลังเก็บเกี่ยวและคุณภาพผล วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ เพื่อศึกษาอิทธิพลของอายุการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพผลและอายุการเก็บรักษาของอะโวคาโดพันธุ์ 'ปีเตอร์สัน' ที่ปลูกในพื้นที่ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา และเก็บเกี่ยวในระหว่างเดือนกรกฎาคม - สิงหาคม 2565 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์โดยวิธีทรีเมนต์ คือ ระยะเวลาเก็บเกี่ยว ได้แก่ 130, 135, 140, 145, 150, 155 และ 160 วันหลังดอกบาน กำหนดให้แต่ละระยะอายุเก็บเกี่ยว มี 5 ซ้ำ ซ้ำละ 2 ผล เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 2 องศาเซลเซียส, ความชื้นสัมพัทธ์ 75 เปอร์เซ็นต์) นาน 12 วัน ผลการศึกษาพบว่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งและปริมาณไขมันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออายุผลมากขึ้นและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในขณะที่ระยะเวลาการสุกและอายุการเก็บรักษาจะลดลง โดยช่วงอายุผลอะโวคาโดพันธุ์ 'ปีเตอร์สัน' ที่เหมาะสมสำหรับเก็บเกี่ยว คือ 140 – 145 วันหลังดอกบาน ผลที่เก็บเกี่ยวมาแล้วใช้ระยะเวลาในการสุก 2 – 4 วัน คุณภาพผลดี โดยมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งและปริมาณไขมันสูงและสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องไว้ได้นาน 8 วัน

คำสำคัญ: คุณภาพผล, ดัชนีการเก็บเกี่ยว, อายุการเก็บรักษา, อายุผล, *Persea americana*

¹ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10900

¹ Postharvest and Processing Research and Development Division, Department of Agriculture, Bangkok 10900

² ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

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

*Corresponding author: metinee.p@gmail.com

คำนำ

อะโวคาโด เป็นพืชเศรษฐกิจทางเลือกใหม่ที่น่าสนใจสำหรับคนรักสุขภาพ สามารถสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรเป็นอย่างดี ปัจจุบันมีกระแสความต้องการของตลาดกลุ่มผู้บริโภคที่รักสุขภาพและความงามเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากอะโวคาโดเป็นผลไม้เพื่อสุขภาพที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและมีแนวโน้มในการเพิ่มปริมาณการเพาะปลูกเพิ่มขึ้น ซึ่งหลาย ๆ จังหวัดให้ให้การสนับสนุนส่งเสริมเกษตรกรปลูก โดยปัจจุบันการผลิตอะโวคาโดในประเทศไทยยังเป็นการผลิตเพื่อบริโภคภายในประเทศ พื้นที่เพาะปลูกส่วนใหญ่อยู่ที่บริเวณภาคเหนือของประเทศไทย คิดเป็นร้อยละ 97 ของพื้นที่ปลูกทั่วประเทศ แหล่งปลูกสำคัญอยู่บนพื้นที่สูงจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และตาก สายพันธุ์ที่ปลูกได้แก่ 'ปีเตอร์สัน' (Peterson) 'บัคคาเนียร์' (Buccaneer) 'บูท 7' (Booth-7) 'พิงค์เคอร์ตัน' (Pinkerton) และ 'แฮส' (Hass) (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรที่ 1 เชียงใหม่, 2564) อย่างไรก็ตามคุณภาพของอะโวคาโดขึ้นอยู่กับการจัดการที่เหมาะสมจากผู้ผลิตจนถึงมือผู้บริโภค ซึ่งมีปัจจัยหลายประการที่จำกัดคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของอะโวคาโด เช่น อายุเก็บเกี่ยว ระยะเวลาการเก็บรักษา วิธีการการเก็บรักษารวมถึงการจัดการโรค เป็นต้น ซึ่งต้องการการจัดการในแต่ละขั้นตอนที่เหมาะสม ในการผลิตอะโวคาโดเพื่อการค้า ระยะเวลาการเก็บเกี่ยวมีความสำคัญมากต่อการเก็บรักษารวมไปถึงคุณภาพของผลผลิต (Parodi and Daga, 2007)

โดยปกติแล้วเป็นการยากที่จะทราบถึงความสุกแก่ของอะโวคาโดด้วยลักษณะภายนอก เนื่องจากลักษณะภายนอกต่างๆ ของอะโวคาโดไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อผลสุก และผลอะโวคาโดจะไม่สุกบนต้น แต่เนื้อจะอ่อนนุ่ม หลังจากเก็บจากต้นแล้ว ซึ่งเกษตรกรสามารถยืดการเก็บเกี่ยวเพื่อให้ได้ช่วงราคาที่เหมาะสมได้ (Schmilovitch *et al.*, 2001) อย่างไรก็ตามต้องมีการเก็บผลอะโวคาโดที่มีการสุกแก่ (mature) เนื่องจากผลอะโวคาโดดิบจะยังไม่สามารถนำไปรับประทานได้ เนื่องจากมีสารแทนนินสูงและมีรสขม จึงต้องบ่มให้สุกก่อนโดยวางไว้ในอุณหภูมิห้อง ผลจะสุกภายใน 3-4 วันจนถึง 1 สัปดาห์ขึ้นอยู่กับ

ความแก่ของผล อุณหภูมิ และพันธุ์ (ฉลองชัย, 2544) ส่วนผลอ่อนหรือที่มีความแก่ไม่สมบูรณ์เมื่อนำไปเก็บรักษาผลจะเหี่ยว รสชาติไม่ดี และเนื้อเหนียว ลักษณะสัมผัสเหมือนยาง (Gamble *et al.*, 2010) โดยทั่วไปการสังเกตการแก่ของผลอะโวคาโดอาจใช้ลักษณะภายนอกของผล เช่น บางพันธุ์ผิวผลเปลี่ยนสีจากเขียวเป็นเขียวปนเหลือง บางพันธุ์เปลี่ยนจากเขียวเป็นเขียวปนม่วง หรืออาจสังเกตจากฤดูเก็บเกี่ยวและลักษณะภายในของผลโดยเก็บผลมาผ่าดูเยื่อหุ้มเมล็ด หากเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแล้วแสดงว่าผลแก่สามารถเก็บเกี่ยว บ่มให้สุกได้ ผิวผลไม่เหี่ยวย่นหรือแห้ง เนื้อไม่เหนียวหรือแข็งและไม่มียีสขม (มูลนิธิโครงการหลวงและสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง, 2554) การผลิตอะโวคาโดในทางอุตสาหกรรมจะมีการเก็บเกี่ยวผลอะโวคาโดโดยตรวจสอบปริมาณไขมันในผล เนื่องจากระยะการสุกแก่ของผลมีความสัมพันธ์กับปริมาณไขมันในผล (Parodi and Daga, 2007) นอกจากนี้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งก็สามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือตรวจสอบความสุกแก่ของอะโวคาโดได้เช่นกัน โดยเป็นพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการแสดงอาการเหี่ยวย่นในผลผลิตอะโวคาโด (Gwanpua *et al.*, 2018) โดยการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักแห้งอะโวคาโดจะเกี่ยวข้องกับการสุกแก่และกระบวนการสุกของอะโวคาโด (Kassim and Workneh, 2020). ในประเทศที่มีการผลิตอะโวคาโดเป็นหลัก เช่น ออสเตรเลีย จะมีการกำหนดน้ำหนักแห้งและปริมาณไขมันขั้นต่ำในการรับซื้ออะโวคาโด โดยอะโวคาโดพันธุ์แฮส จะถูกเก็บเกี่ยวเมื่อมีปริมาณไขมันมากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ และมีเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง 23 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างจากเปรูที่มีการกำหนดที่ปริมาณไขมันมากกว่า 8-9 เปอร์เซ็นต์ และมีเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง 20 เปอร์เซ็นต์ (Avocados Australia Limited, 2008) ซึ่งการผลิตอะโวคาโดในประเทศไทยยังขาดข้อมูลการศึกษาถึงดัชนีการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม ทำให้มีการคัดแยกผลผลิตที่มีการสุกแก่ที่ไม่ถูกต้อง เป็นการลดคุณภาพของผลผลิตและศักยภาพในการเก็บรักษา หลังการเก็บเกี่ยวจึงควรทำการศึกษาเพื่อให้เกษตรกรสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้อย่างถูกต้อง นำไปสู่การ

ผลต่ออะโวคาโดคุณภาพส่งต่อไปถึงมือผู้บริโภคและส่งออกในอนาคตต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลองในระหว่างปี พ.ศ. 2565 โดยคัดเลือกต้นอะโวคาโดพันธุ์ 'ปีเตอร์สัน' (Peterson) อายุประมาณ 5 ปี ที่มีขนาดทรงพุ่มและความสมบูรณ์ใกล้เคียงกัน จากสวนเกษตรกรในจังหวัดนครราชสีมา จำนวน 5 ต้น ทำการผูกข้อดอกที่มีดอกบานประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ในข้อดอก เพื่อให้ทราบอายุที่แน่นอนของอะโวคาโดหลังดอกบาน บันทึกจำนวนวันหลังดอกบาน สำหรับการเก็บเกี่ยวในระยะที่มีความสมบูรณ์แตกต่างกัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยทรีเทเมนต์ คือ ระยะเวลาเก็บเกี่ยว ได้แก่ 130, 135, 140, 145, 150, 155 และ 160 วันหลังดอกบาน กำหนดให้แต่ละระยะอายุเก็บเกี่ยว มี 5 ซ้ำ ซ้ำละ 2 ผล เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 2 องศาเซลเซียส, ความชื้นสัมพัทธ์ 75 ± 1 เปอร์เซ็นต์) นาน 12 วัน โดยหลังจากเก็บเกี่ยวอะโวคาโดแล้ว จะนำมาตัดชิ้นให้มีความยาวประมาณ 1 เซนติเมตร ล้างด้วยน้ำสะอาด และสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ เช็ดให้แห้ง หลังจากนั้นนำผลอะโวคาโดวางให้สุกที่อุณหภูมิห้อง และนำมาตรวจสอบคุณภาพทุก 2 วัน เพื่อประเมินคุณภาพสำหรับใช้เป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม โดยทำการบันทึกผล ดังนี้

1) การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก โดยการวัดค่า $L^* a^* b^*$ ด้วยเครื่อง color meter (KONICA MINOLTA., CR-10, Japan) โดยวัดที่ผิวอะโวคาโด 2 จุดที่อยู่ตรงข้ามกัน

2) วัดความแน่นเนื้อ (firmness) ของเปลือกผลและเนื้ออะโวคาโด โดยใช้เครื่อง texture analyzer (LLOYD instruments., รุ่น LX plus, United Kingdom) ใช้หัวรับแรงกดทรงกลมขนาด 1 กิโลกรัมความเร็ว 50 มิลลิเมตรต่อวินาที ระยะทางการวัด 10 มิลลิเมตร โดยทำการวัดบริเวณกึ่งกลางผลทั้ง 2 ด้าน มีหน่วยเป็นนิวตันต่อตารางเซนติเมตรและนำมาหาค่าเฉลี่ย

3) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total

soluble solids: TSS) โดยผ่าครึ่งผลตามยาว ปอกเปลือกและนำเยื่อหุ้มเมล็ดออก ชูดด้วยอุปกรณ์สำหรับชูดซีสและนำมาปั่นกับน้ำกลั่น โดยปั่นเนื้ออะโวคาโด 1 ส่วนกับน้ำกลั่น 4 ส่วนแล้วนำเข้าเครื่องปั่นเหวี่ยง (centrifuge) นำส่วนใสมาหาปริมาณ TSS ด้วย digital refractometer โดยคำนวณปริมาณ TSS จาก

ปริมาณ TSS ของเนื้ออะโวคาโด (เปอร์เซ็นต์) = ค่าที่อ่านได้ $\times 5$ (ค่าการเจือจาง)

4) น้ำหนักแห้งของผลโดยการชั่งน้ำหนักเนื้ออะโวคาโดทั้งผล ที่ชูดด้วยอุปกรณ์สำหรับชูดซีส ชั่งน้ำหนักเนื้อก่อนอบ จากนั้นนำเข้าเตาอบลมร้อน (hot air oven) อบด้วยความร้อน 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วนำเนื้อผลมาชั่งเป็นน้ำหนักแห้งหลังอบ และนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง

5) วิเคราะห์ปริมาณไขมัน ตามวิธีของ AOAC (1998) ด้วยชุด Soxhlet extractor โดยส่งตัวอย่างเนื้อ อะโวคาโดทั้งผลที่อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน ไปวิเคราะห์ที่บริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) กรุงเทพมหานคร ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีรายงานในรูปกรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม

6) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ทดสอบความแปรปรวนระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มตัวอย่างด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% วิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม SPSS version 14

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาพบว่าในแต่ละระยะความสมบูรณ์ของอะโวคาโดพันธุ์ 'ปีเตอร์สัน' มีอายุเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน โดยผลอะโวคาโดที่มีอายุ 150, 155 และ 160 วันหลังดอกบานสามารถเก็บรักษาได้ 6 วัน ในขณะที่ผลอะโวคาโดที่มีอายุ 130-145 วันหลังดอกบานสามารถเก็บรักษาได้ 8 วัน และเมื่อเก็บรักษาผลอะโวคาโดไว้ 10-12 วันผลอะโวคาโดจะไม่อยู่ในสภาพที่ไม่เหมาะต่อการบริโภค

สีเปลือกของผลอะโวคาโด

สีเปลือกที่วัดในรูปของค่า L^* ในทุกระยะความบิรูรณ์ มีค่าไม่แตกต่างกันในวันที่เก็บเกี่ยว ในขณะที่ผลอะโวคาโดที่มีอายุ 145 วันหลังดอกบาน มีค่า a^* และ b^* ของผิวผลในวันที่เก็บเกี่ยวแตกต่างจากผลอะโวคาโดที่มีอายุอื่นๆ ตามปกติแล้วกระบวนการสุกและการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลอะโวคาโดจะเริ่มขึ้นหลังจากที่มีการเก็บเกี่ยวลงมาจากต้น อาจมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเมื่อยังอยู่บนต้น เช่น ความมันวาวของผิวที่ลดลงหรือผิวมีรอยกระปรากมากขึ้นซึ่งต้องอาศัยประสบการณ์ของผู้ปลูก (Bergh *et al.* 1989) นอกจากนี้ในอะโวคาโดพันธุ์ 'ปีเตอร์สัน' ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสีเมื่อผล

สุกแก่ทำให้การสังเกตความสุกแก่เป็นไปได้ยากเพิ่มมากขึ้น โดยหลังจากเก็บเกี่ยวแล้วสีเปลือกของผลอะโวคาโดมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายกันหลังจากทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยพบว่าในช่วง 4 วันแรกของการเก็บรักษาจะมีค่าค่อนข้างคงที่ หลังจากนั้นทุกระยะบิรูรณ์จะมีแนวโน้มที่ค่า L^* a^* b^* จะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญหลังจากวันที่ 6 ของการเก็บรักษาทำให้สีเปลือกของผลอะโวคาโดเปลี่ยนเป็นสีเหลืองมากขึ้น เนื่องจากการสลายตัวของ chlorophyll เพิ่มมากขึ้นและมีการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ที่เพิ่มขึ้น (Tucker, 1993) (Figure 1)

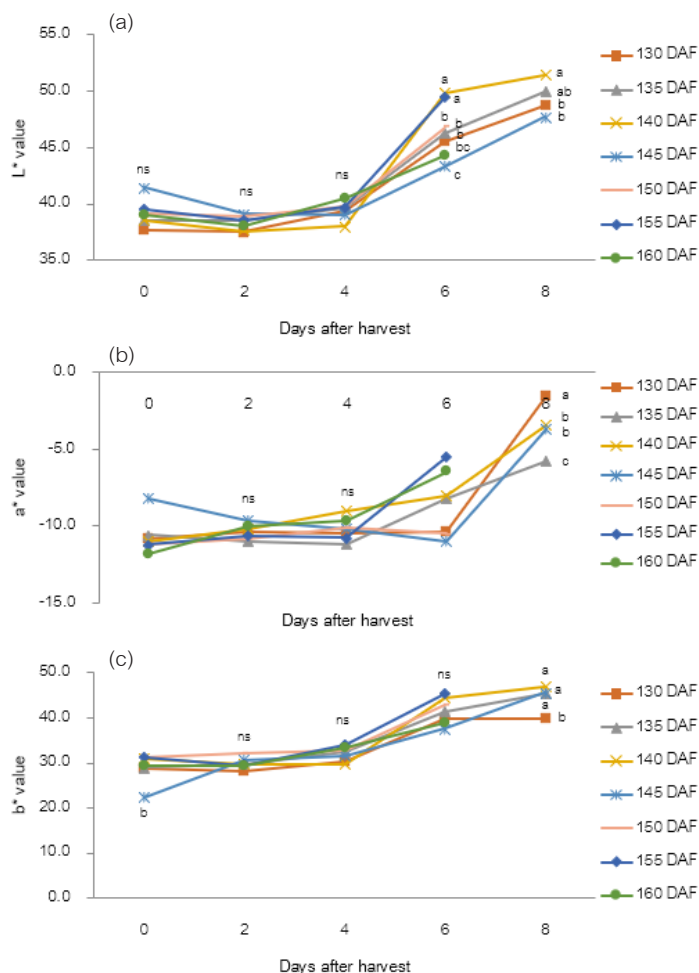


Figure 1 Change in L^* (a), a^* (b) and b^* (c) color parameters of avocado peel cv. Peterson at different harvesting ages (130-160 days after flowering) during storage at room temperature. Data marked by different letters in a column indicate significant difference at $P = 0.05$ level according to DMRT.

ความแน่นเนื้อ

สีในวันที่เก็บเกี่ยวผลอะโวคาโดเข้ามาเก็บรักษา ผลอะโวคาโดที่ระยะบรรจบ 140 145 และ 150 วันหลังดอกบานมีค่าความแน่นเนื้อสูงสุดเท่ากับ 92.17 87.32 และ 95.93 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ และเมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสพบว่าค่าความแน่นเนื้อของทุกระยะบรรจบมีค่าลดลงตามวันที่เก็บรักษา (Figure 2) โดยเมื่ออายุการเก็บรักษา 4 วันทุกระยะบรรจบจะมีค่าความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าระหว่าง 3.11-0.84 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร ผลอะโวคาโดจะมีความแน่นเนื้อลดลงภายหลังจากเก็บเกี่ยวเมื่อผลมีอายุความบรรจบ

เพิ่มสูงขึ้น โดยผลอะโวคาโดที่มีอายุมากมีค่าความแน่นเนื้อจะน้อยกว่าในผลที่มีอายุน้อย ทั้งนี้เพราะผลที่มีอายุมากมีปริมาณเพคตินน้อยกว่าผลที่มีอายุน้อย จากการทดลองนี้หลังจากให้ผลอะโวคาโดสุกที่อุณหภูมิห้อง พบว่าผลอะโวคาโดมีความแน่นเนื้อลดลงมากกว่าในผลขณะเก็บเกี่ยว เนื่องมีเอนไซม์ pectinesterase (PE), polygalacturonase (PG) และ cellulase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่มีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของ cell wall และ middle lamella ในผลไม้ที่เพิ่มมากขึ้นในระหว่างการสุก ซึ่งนำไปสู่การอ่อนนุ่มของเนื้อเยื่อขณะสุก (Tucker, 1993)

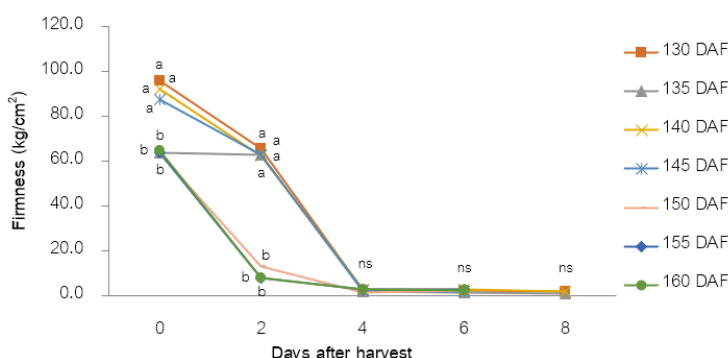


Figure 2 Changes in firmness of 'Peterson' avocado fruits at different harvesting ages (130-160 days after flowering) when stored at room temperature ($25\pm 2^{\circ}\text{C}$). Data marked by different letters in a column indicate significant difference at $P = 0.05$ level according to DMRT.

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS)

สีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้จะเพิ่มมากขึ้นตามระยะบรรจบของผล และหลังจากการเก็บรักษาจะค่อยเพิ่มขึ้นและมีค่าสูงที่สุดที่ 4 และ 6 วันหลังจากการเก็บรักษาซึ่งเป็นระยะที่ผลอะโวคาโดพร้อมบริโภค โดยจะแตกต่างกันในแต่ละระยะบรรจบโดยที่ 145 150 155 และ 160 วันหลังดอกบานปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้จะมีค่าสูงที่สุดที่ 6 วันหลังจากการเก็บรักษา ส่วนที่ 135 และ 140 วัน หลังดอกบานปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้จะมีค่าสูงที่สุด

ที่ 4 วัน หลังจากการเก็บรักษาและมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง (Figure 3) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ที่เพิ่มขึ้นตามระยะบรรจบของผล เนื่องจากอะโวคาโดเป็นผลไม้ชนิดที่สะสมน้ำตาลในระหว่างผลแก่ (दन्यและनिर्या, 2548) ซึ่งปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำจึงมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการสุกแก่ของอะโวคาโด โดยพบน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (monosaccharide) ที่มีคาร์บอน 7 อะตอม คือ D-mannoheptulose มากที่สุด ตามมาด้วย sucrose, glucose และ fructose (Meyer and Terry, 2008)

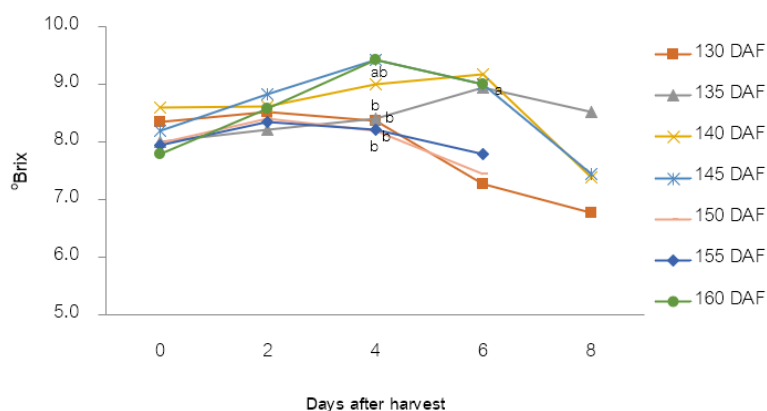


Figure 3 Changes in total soluble solids of 'Peterson' avocado fruits at different harvesting ages (130-160 days after flowering) when stored at room temperature ($25\pm 2^{\circ}\text{C}$). Data marked by different letters in a column indicate significant difference at $P = 0.05$ level according to DMRT.

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งเนื้อ

สืบจากการศึกษาค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งเนื้อผลอะโวคาโด ตั้งแต่อายุ 130-160 วันหลังดอกบาน พบว่าผลอะโวคาโดที่อายุ 130 วันหลังดอกบาน มีค่าน้ำหนักแห้งเนื้อที่ 18.78 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อพัฒนาเข้าสู่ระยะ 145 วันหลังดอกบาน ค่าน้ำหนักแห้งเนื้อจะเพิ่มมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแห้งที่ 145 150 155 160 วันหลังดอกบาน จะมีน้ำหนักแห้งเนื้อที่ 21.24 21.75 22.10 และ 22.90 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (Figure 4) ซึ่งค่อนข้างคงที่ เพียงแต่ความสูงของอะโวคาโดในแต่ละระยะหลังดอกบานใช้ระยะเวลาในการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน โดยผลที่มีอายุหลังดอกบานมากกว่าจะมีระยะการเก็บรักษาที่สั้นกว่า โดยเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งเนื้อผลอะโวคาโดจะเพิ่มมากขึ้นตามกระบวนการพัฒนาและเจริญเติบโตของผล เนื่องมาจากการสะสมของไขมันและน้ำตาลในระหว่างการสุกแก่และจะไม่เปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวแล้ว โดยสอดคล้อง

กับปริมาณน้ำในผลที่ลดลง (Hofman *et al.*, 2002) โดยอะโวคาโดที่มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งสูงกว่าจะมีคุณภาพผลที่ดีกว่าและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากกว่าผลที่มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งต่ำ (Morris and O'Brien, 1980)

ปริมาณไขมัน

จากการศึกษาปริมาณไขมันในอะโวคาโดพันธุ์ 'ปีเตอร์สัน' ในอำเภอปากช่อง จ.นครราชสีมา ในปี 2565 พบว่าที่ความบริบูรณ์ 130-160 วันหลังดอกบาน จะมีปริมาณไขมันอยู่ระหว่าง 23.77 – 26.15 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม โดยปริมาณไขมันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อความบริบูรณ์สูงขึ้น การเพิ่มขึ้นของปริมาณไขมันในระหว่างการสุกแก่ของอะโวคาโดเป็นผลมาจากการทำงานของ acetyl-CoA carboxylase ซึ่งเป็นเอนไซม์สำคัญในการสร้างกรดไขมันสายยาวในเนื้อเยื่อของอะโวคาโด (Villa-Rodriguez *et al.*, 2011) (Figure 4)

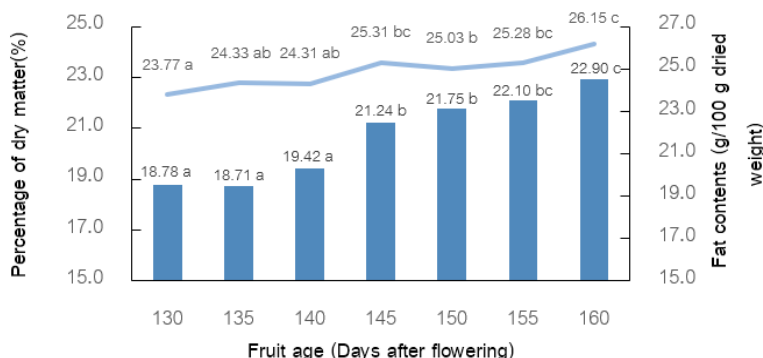


Figure 4 Percentage of dry matter and fat content of 'Peterson' avocado fruits at different fruit ages (130-160 days after flowering). The bar graph shows percentage of dry matter at each fruit age and the line graph shows fat content at each fruit age. Data marked by different letters in a row indicate significant difference at $P = 0.05$ level according to DMRT.

สรุป

การประเมินดัชนีเก็บเกี่ยวของอะโวคาโดพันธุ์ 'ปีเตอร์สัน' ควรใช้หลายวิธีร่วมกัน คือ การทดสอบทางกายภาพ ทางเคมี การประเมินด้วยสายตา และการนับอายุผลประกอบกัน จะทำให้การเก็บเกี่ยวเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยจากข้อมูลเบื้องต้นพบว่าที่ระยะบรรจบ 145 และ 150 วันหลังดอกบาน มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งเนื้อหลังการเก็บเกี่ยวสูงที่สุดและเพิ่มขึ้นค่อนข้างคงที่หลังจากนั้น ซึ่งปริมาณไขมันก็มีแนวโน้มเป็นไปแนวทางเดียวกันกับเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง โดยที่ระยะการเก็บรักษาที่ระยะบรรจบ 145 วันหลังดอกบานสามารถเก็บรักษาได้ 8 วันหลังการเก็บเกี่ยว แต่ที่ระยะบรรจบ 150 วันหลังดอกบานสามารถเก็บรักษาได้เพียง 6 วัน จากข้อมูลนี้พบว่า ที่ระยะ 145 หลังดอกบาน เหมาะสมที่จะเก็บเกี่ยวเนื่องจากมีคุณภาพการรับประทานดี และเหมาะกับการขนส่งและการวางจำหน่าย โดยเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งเนื้อและปริมาณไขมันสามารถนำมาใช้เป็นดัชนีในการเก็บเกี่ยวผลอะโวคาโดได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สวทช.) ที่สนับสนุนทุนในการวิจัย ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานหลังการเก็บเกี่ยว กรม

วิชาการเกษตรและสวน Granny Farm อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา ที่ช่วยเหลือ เชื้อเพื่อสถานที่และอำนวยความสะดวกระหว่างการวิจัยให้แก่คณะผู้วิจัย

เอกสารอ้างอิง

- ฉลองชัย แบบประเสริฐ. 2544. อะโวคาโด. กองพัฒนาที่สูง. กรุงเทพฯ ๗. 63 หน้า.
- दनัย บุญเกียรติ และนิธยา รัตนานนท์. 2548. การปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 5. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ ๗. 248 หน้า.
- มูลนิธิโครงการหลวง และสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน). 2554. การเก็บเกี่ยวและมาตรฐานคุณภาพผลไม้ มูลนิธิโครงการหลวง. มูลนิธิโครงการหลวง และสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน). กรุงเทพฯ ๗. 54 หน้า.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรที่ 1 เชียงใหม่. 2564. 'อะโวคาโด' พืชเศรษฐกิจบนพื้นที่สูง จ.เชียงใหม่ สร้างรายได้งาม ปลูกได้ตลอดทั้งปี สศท.1 เชิญชวนบริโภค ผลผลิตมีคุณภาพ. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : <https://www.oae.go.th/view/1/รายละเอียดข่าว/ข่าว%20ศสท./37759/TH-TH>. (10 ตุลาคม 2565).

- AOAC. 1998. Official Method of Analysis. 16th ed./Rev.4. Association of official Analytical Chemists International. Maryland.
- Avocados Australia Limited. 2008. Avocados Australia New Maturity Standard. Talking Avocados 19(4): 24.
- Bergh, B., J. Kumamoto and P. Chen. 1989. Determining maturity in whole avocados. California Avocado Society 1989 Yearbook 73: 173–176.
- Gamble, J., F.R. Harker, S.R. Jaeger, A. White, C. Bava, M. Beresford, B. Stubbings, M. Wohlers, P.J. Hofman, R. Marques and A. Woolf. 2010. The impact of dry matter, ripeness, and internal defects on consumer perceptions of avocado quality and intentions to purchase. Postharvest Biology and Technology 57: 35–43.
- Gwanpua, S.G., Z. Qian and A.R. East. 2018. Modelling ethylene regulated changes in 'Hass' avocado quality. Postharvest Biology and Technology 136: 12e22.
- Hofman, P. J., Y. Fuchs. and D. Milne. 2002. Harvesting, packing, postharvest technology, transport and processing, pp. 363-402. *In*: A. W. Whitley, B. Schaffer and B. N. Wolstenholme, (eds.) The Avocado; Botany, Production and Uses. CAB Publishing a Division of CAB International, Wallingford, Oxon, UK,
- Kassim, A. and T.S. Workneh. 2020. Influence of postharvest treatments and storage conditions on the quality of Hass avocados. Heliyon 6: 2020.e04234.
- Meyer, D and L.A. Terry. 2008. Development of a rapid method for the sequential extraction and subsequent quantification of fatty acids and sugars from avocado mesocarp tissue. Journal of Agricultural and Food Chemistry 56(16): 7439-7445.
- Morris, R. and K. O'Brien. 1980. Testing avocados for maturity. Agriculture gazette of New South Wales. 3 p.
- Parodi, G.M.S. and W. Daga. 2007. Correlation of oil content, dry matter and pulp moisture as harvest indicators in Hass Avocado fruits (*Persea americana Mill*) grown under two conditions of orchards in Chincha-Peru. *In*: Proceeding VI World Avocado Congress. 12-16 November 2007
- Schmilovitch, Z., A. Hoffman, H. Egozi, R. El-Batzi and C. Degani. 2001. Determination of avocado maturity by near infrared spectrometry, pp. 175–179. *In*: Proceedings: Sensors in Horticulture III. Acta Horti.
- Tucker, G.A. 1993. Introduction, pp. 1–43. *In*: G.B. Seymour, J.E. Taylor and G.A. Tucker, eds. Biochemistry of Fruit Ripening. Chapman and Hall, London.
- Villa-Rodríguez J., F.J. Molina-Corral, F.J. Ayala-Zavala, G. Olivas and G. González-Aguilar. 2011. Effect of maturity stage on the content of fatty acids and antioxidant activity of 'Hass' avocado. Food Research International 44: 1231–1237.

การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ เพื่อระบุลักษณะปฏิกิริยาของอ้อย ต่อโรคเน่าแดงในการปรับปรุงพันธุ์อ้อย

Development of Mobile Phone Application for Characterization of Sugarcane Reaction to Red Rot Disease in Breeding Program

ครองทรัพย์ แสงทอง¹ รัตนา ตั้งวงศ์กิจ^{2*} และภาวิต ตั้งวงศ์กิจ²

Krongsap Sangthong¹, Ratana Tangwongkit^{2*} and Pavit Tangwongkit²

Received: October 17, 2023

Revised: February 28, 2024

Accepted: February 28, 2024

Abstract: The selection of resistant sugarcane varieties depends on testing the cuttings' reaction to the causal fungus, followed by visually scoring the severity of symptoms, which may yield inaccurate results. The visual scoring method may yield inaccurate results. This research addresses this limitation by introducing the Redrot Application for Android phones, version 5 and above. The application utilizes image processing algorithms to assess the reaction of 200 sugarcane varieties to red rot disease. Disease reactions were characterized based on visual assessments by experts, considering three parts: the distance of fungus move through nodes, the size of the red area, and the appearance of red color. The collected data were used to calculate symptom level scores and group resistance reaction characteristics. The program reads and analyzes image results using Python and the OpenCV2 library, incorporating traditional feature extraction, geometry feature extraction, and image segmentation for size and wound detection, including processes such as contouring and morphological operations. Color analysis is performed using Histogram analysis. The confusion matrix was employed to evaluate the prediction results, revealing an application accuracy of 92.50 percent, a recall value of 0.65, a precision value of 0.74, and a balanced F1 score of 0.69. The findings indicate that the application enhances accuracy and efficiency, reducing errors associated with human visual result interpretation. The program processes and displays reaction characteristics promptly upon capturing or loading images for each experimental sugarcane cane.

Keywords: sugarcane breeding, red rot disease, mobile application, image processing

บทคัดย่อ: ในการคัดเลือกพันธุ์อ้อยที่ต้านทานโรคเน่าแดง จะอาศัยวิธีการทดสอบปฏิกิริยาของท่อนพันธุ์ต่อเชื้อราสาเหตุโรค แล้วอ่านผลจากลักษณะอาการโรคที่เกิดขึ้นด้วยสายตา แต่พบว่าการอ่านผลด้วยสายตาอาจมีความคลาดเคลื่อนจึงได้ทำการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ Redrot App บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบปฏิบัติการ

¹ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

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

² ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

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

*Corresponding author: agrmnt@gmail.com

แอนดรอยด์เวอร์ชัน 5.0 ขึ้นไป โดยใช้อัลกอริทึมการประมวลผลภาพถ่ายของลักษณะอาการโรค ทดสอบโปรแกรม โดยปลูกเชื้อโรคเน่าแดงให้กับท่อนพันธุ์อ้อยจำนวน 200 สายพันธุ์ อ่านผลด้วยวิธีให้ผู้เชี่ยวชาญใช้สายตาตรวจดู อาการโรคสามส่วน คือ การเคลื่อนของเชื้อทะลุปล้อง ขนาดของพื้นที่สีแดง และลักษณะสีแดง นำมาคำนวณคะแนน ระดับอาการแล้วจัดกลุ่มตามลักษณะของความต้านทาน เปรียบเทียบกับการอ่านผลจากภาพถ่ายและวิเคราะห์ ลักษณะของความต้านทานโรคด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นใช้ Python และ Library opencv2 ในการประมวลผล ภาพโดยการทำ Traditional feature extraction ประกอบด้วยการทำ Geometry feature extraction และทำ Image segmentation สำหรับขนาดและความยาวของแผล เช่น Contouring, Morphological operation ส่วนการประเมินสีของแผลใช้ Histogram analysis แล้วใช้ Confusion matrix ประเมินผลลัพธ์ที่ได้ พบว่าการ ใช้โปรแกรมประยุกต์มีค่าความถูกต้อง (Accuracy) 92.50% ค่าความระลึก (Recall) 0.65 ค่าความแม่นยำ (Precision) 0.74 และค่าความถ่วงดุล (F1 score) 0.69 มีความแม่นยำและประสิทธิภาพ สามารถลดความ คลาดเคลื่อนจากการอ่านผลด้วยสายตาได้ และโปรแกรมจะประมวลผลและแสดงระดับของลักษณะปฏิกิริยาพื้นที่ ที่ถ่ายภาพหรือโหลดภาพแต่ละลำอ้อยทดลอง

คำสำคัญ: ปรับปรุงพันธุ์อ้อย, โรคเน่าแดง, แอปพลิเคชัน, ประมวลผลภาพ

คำนำ

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ เป็นวัตถุดิบ น้ำของการผลิตน้ำตาลที่เป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญ ของประเทศไทย โดยในปี พ.ศ. 2564 ประเทศไทย ส่งออกน้ำตาลเป็นอันดับ 3 ของโลก มีส่วนแบ่ง ตลาด 5.90% รองมาจาก สหพันธ์สาธารณรัฐบราซิล (50.60%) และสาธารณรัฐอินเดีย (13.20%) (ชัยวัช, 2566) ปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบทำให้ปริมาณ ผลผลิตอ้อยต่อพื้นที่ของประเทศไทยลดลง มี สาเหตุมาจากโรคเน่าแดงของอ้อยที่เกิดจากเชื้อรา *Colletotrichum falcatum* และโรคเส้ดำที่เกิดจาก เชื้อรา *Sporisorium scitamineum* ซึ่งทำลาย ต้นอ้อยและสร้างความเสียหายร้ายแรงต่อการผลิต การปรับปรุงพันธุ์อ้อยให้ต้านทานต่อทั้งสองโรคนี้ เป็นแนวทางหนึ่งที่เหมาะสมในการจัดการโรค (Mohanraj *et. al*, 2012) ดังนั้นในโปรแกรมการ ปรับปรุงพันธุ์อ้อยของไทย จึงกำหนดให้ต้องทำการ ทดสอบระดับความต้านทานต่อโรคเน่าแดง และโรค เส้ดำ โดยพันธุ์อ้อยที่จะประกาศพันธุ์ได้ต้องมีผล การทดสอบระดับความต้านทานต่อโรคทั้งสองระดับ ปานกลางขึ้นไป (วีรกรณ์ และคณะ, 2566)

วิธีการทดสอบโรคเน่าแดง นิยมใช้วิธี ปลูก เชื้อเข้าไปในลำอ้อย หรือ Wound plug method (Srinivasan and Bhatt, 1961) เลี้ยงเชื้อราบนอาหาร

แข็งให้เส้นใยเจริญเต็มจานเลี้ยงเชื้อ ใช้ Cork borer เจาะเส้นใยพร้อมวุ้นอาหาร ใส่เข้าไปในรูที่เจาะไว้ บนลำอ้อย ปิดรูที่เจาะไว้ให้สนิท จากนั้นบ่มอ้อย ไว้นาน 60 วัน แล้วตรวจดูปฏิกิริยาของโรคบนอ้อย แต่ละพันธุ์ที่ได้รับการปลูกเชื้อ โดยผ่าท่อนอ้อยที่ได้ รับเชื้อออกตามยาว ตรวจดูเนื้อเยื่อตรงบริเวณที่เกิด อาการพร้อมทั้งให้คะแนนอาการโรคระดับ 0-9 จาก ลักษณะภายในท่อนอ้อยตามเกณฑ์ของ Srinivasan and Bhatt (1961) คำนวณค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้ จากอ้อย 4 ลำ นำมาใช้ในการประเมินและจำแนก พันธุ์อ้อยออกเป็นกลุ่ม ได้แก่ คะแนน 0.0 ถึง 2.9 ต้านทานมาก (HR) 3.0 ถึง 3.9 ต้านทาน (R) 4.0 ถึง 4.9 ต้านทานปานกลาง (MR) 5.0 ถึง 5.9 อ่อนแอ ปานกลาง (MS), 6.0 ถึง 6.4 อ่อนแอ (S) และ คะแนนสูงกว่า 6.5 อ่อนแอมาก (HS) (สำนักงาน คณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2561) ทั้งนี้ใน การคัดเลือกพันธุ์อ้อยต้องการระดับความต้านทาน มากถึงต้านทานปานกลาง ในขณะที่การอ่านผล ปฏิกิริยาของพันธุ์อ้อยต่อโรคเน่าแดงต้องการความ ถูกต้องและความแม่นยำในการวิเคราะห์ผลจาก ผู้เชี่ยวชาญ ประกอบกับการอ่านผลจำนวนมากด้วย สายตา อาจทำให้มีผลคลาดเคลื่อน และต้องใช้เวลา มากหากต้องตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

การประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital image processing) เป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการระบุลักษณะปฏิกิริยาของอ้อยต่อโรคเน่าแดง เสมือนการอ่านผลและวิเคราะห์ผลโดยผู้เชี่ยวชาญ รวมทั้งมีการบันทึกผลในฐานข้อมูลได้รวดเร็ว แม่นยำ ลดการคลาดเคลื่อนในการจดบันทึกข้อมูลโดยคน ระบบการวินิจฉัยโรคใบขีดแดงในอ้อยโดยใช้เทคโนโลยี Deep learning ใช้การจำแนกภาพวิเคราะห์ภาพ และประมวลผลภาพ ผ่านการอัปโหลดภาพของโรคผ่านเว็บไซต์ การทดลองนี้ได้ถูกนำไปใช้จริงกับผู้ปฏิบัติงานที่มีความเกี่ยวข้องกับการเกษตรด้านอ้อยและนักพัฒนาเทคโนโลยี และผลลัพธ์ที่ได้มีความแม่นยำมากกว่า 90% (Kumpala *et al.*, 2022)

ดังนั้นการศึกษาวิจัยครั้งนี้ จึงนำหลักการประมวลผลภาพมาพัฒนาโปรแกรมสำหรับใช้ในการระบุลักษณะปฏิกิริยาของอ้อยลูกผสมต่อโรคเน่าแดง เพื่อลดความคลาดเคลื่อนจากการใช้สายตาในการประเมินปฏิกิริยาโรคเน่าแดง มีการใช้งานได้สะดวกบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ซึ่งจะสามารถดำเนินการคัดกรองพันธุ์อ้อยได้จำนวนมากและรวดเร็วยิ่งขึ้น อีกทั้งข้อมูลถูกเก็บบันทึกไว้ในฐานข้อมูลอย่างเป็นระบบและเป็นปัจจุบัน (Real time) โดยทำการทดสอบความสามารถของโปรแกรมประยุกต์กับอ้อยลูกผสมจำนวน 200 สายพันธุ์ ของศูนย์การปรับปรุงอ้อยแห่งประเทศไทย (Thailand Sugarcane Breeding Center -TSBC)

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ Redrot App บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

การตรวจระบุลักษณะพันธุ์อ้อยที่นำมาทดสอบต่อโรคเน่าแดง พบว่าตามเกณฑ์การประเมินของ Srinivasan and Bhatt (1961) ในแปลงปลูกอ้อยนั้นสายพันธุ์อ้อยที่อ่อนแอและเป็นโรคจะตรวจพบรอยโรคสีแดงสลับกับจุดสีขาวซึ่งในการทดสอบโรคอาจจะพบหรือไม่พบก็ได้ จึงมีการปรับปรุงเมื่อนิยามลักษณะอาการจุดขาวในเนื้ออ้อยมาเป็นการประเมินลักษณะสีแดงของเนื้ออ้อยในลำอ้อยที่ปลูกเชื้อ ทั้งนี้เนื้อเยื่อที่ถูกเชื้อราเข้าทำลายจะเปลี่ยนจากสีเนื้อเยื่ออ้อยปกติ ไปเป็นสีแดง ซึ่งเกิดจากการ

ผลิตเมดสีแอนโทไซยานินของอ้อยที่มีปฏิกิริยาต่อเชื้อที่เข้าทำลายและถ้าเนื้อเยื่อตายจะเปลี่ยนเป็นสีดำ ดังนั้นการประเมินจึงใช้เกณฑ์ 3 เกณฑ์ ในการวิเคราะห์ปฏิกิริยาของโรคเน่าแดง ได้แก่ การทะลุปล้อง ขนาดของพื้นที่สีแดง และลักษณะสีแดง ดัง (Table 1) จัดกลุ่มพันธุ์อ้อยผลตามระดับคะแนนของลักษณะปฏิกิริยาต่อโรคเน่าแดง ซึ่งแบ่งเป็น 6 ระดับ ได้แก่ 1) ต้านทานมาก (HR) 2) ต้านทาน (R) 3) ต้านทานปานกลาง (MR) 4) อ่อนแอปานกลาง (MS) 5) อ่อนแอ (S) และ 6) อ่อนแอมาก (HS) และเนื่องจากนักปรับปรุงพันธุ์อ้อยจะเลือกอ้อยลูกผสมที่มีระดับลักษณะปฏิกิริยาของโรคเน่าแดงที่ระดับต้านทานปานกลางขึ้นไปเท่านั้น (คือ MR R และHR) จึงได้มีการปรับกำหนดระดับลักษณะปฏิกิริยาของโรคเน่าแดงเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ต้านทานมากและต้านทาน (HR/R) กลุ่มที่ 2 ต้านทานปานกลาง (MR) และกลุ่มที่ 3 อ่อนแอปานกลาง/อ่อนแอ/อ่อนแอมาก (MS/S/HS) ดัง (Table 2) เมื่อนำผลการแบ่งกลุ่ม 3 กลุ่มดังกล่าวไปขอรับความเห็นชอบจากนักโรคพืชของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และนักปรับปรุงพันธุ์อ้อยของ TSBC เมื่อผ่านความเห็นชอบแล้วจึงได้นำวิธีประเมินข้างต้นไปใช้ในการเขียนโปรแกรมประยุกต์ Redrot App บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบแอนดรอยด์ นำคะแนนการประเมินที่ได้รวมกันแล้วหาค่าเฉลี่ยด้วยจำนวนตัวอย่างอ้อยที่ทำการทดสอบแต่ละพันธุ์แล้วเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมกับเกณฑ์ที่ประเมินด้วยสายตา (Srinivasan and Bhat, 1961) ทั้งนี้รูปภาพลำอ้อยอ้อยที่ได้รับการทดสอบโรคเน่าแดงและแสดงอาการของโรค ที่ได้จากคลังภาพการทดสอบโรค ในปี พ.ศ. 2562 และ พ.ศ. 2563 ของ TSBC จำนวน 200 ภาพ ได้ถูก รวบรวม คัดเลือก และจัดเรียง เพื่อใช้เป็น Training data set ชุดภาพที่ใช้เขียนโปรแกรม โดยแบ่งระดับลักษณะอาการออกเป็น 3 กลุ่ม (Table 2) ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ต้านทานมาก (Highly resistant, HR) และ ต้านทาน (Resistant, R) กลุ่มที่ 2 ต้านทานปานกลาง (Moderately resistant, MR) และกลุ่มที่ 3 อ่อนแอปานกลาง (Moderately susceptible, MS) อ่อนแอ (Susceptible, S) และ อ่อนแอมาก (Highly susceptible, HS)

Table 1 Red rot rating based on the 0-9 scale (Srinivasan and Bhat, 1961) adjusted according to the specified criteria for use in application development.

Symptoms	Numerical scale	Severity of symptom	Preview
Nodal transgression	0	No lesion spread	
	1	Lesion spread 1	
	2	Lesion spread 2	
	3	Lesion spread 3	
Lesion width	0	No lesion spread	
	1	Spread 25%	
	2	Spread 50%	
	3	Spread > 50%	
Color	0	No color	
	1	Red-dark red	
	2	Brown-black	

Table 2 Categorization of red rot reactions comparative analysis of items used to assess the severity of red rot disease specified for use in the development of the application categorization of red rot reactions.

Score	Reaction Category	Reaction Category (Redrot App)
0.0 - 2.9	Highly resistant (HR)	HR/R
3.0 - 3.9	Resistant (R)	
4.0 - 4.9	Moderately resistant (MR)	MR
5.0 - 5.9	Moderately susceptible (MS)	
6.0 - 6.4	Susceptible (S)	MS/S/HS
6.5 - 9.0	Highly susceptible (HS)	

การพัฒนาโปรแกรม โดยใช้อัลกอริทึมประมวลผลภาพดิจิทัลจากภาพอาการโรคที่คัดเลือกมาใช้ผ่าน 4 ขั้นตอน ได้แก่ Image correction/restoration, Image enhancement, Image transformation, และ Image classification (Reddy, 2018) ทั้งนี้การออกแบบโปรแกรมในการวิเคราะห์ภาพครั้งนี้ ต้องสามารถระบุ 3 ลักษณะ

นี้ได้ การทะลุปล้อง (Nodal transgression) ความกว้างของแผล (Lesion width) และ ลักษณะสีของแผล (Color) ซึ่งการพัฒนา Redrot App ใช้ Python และ Library opencv2 ในการประมวลผลภาพโดยการทำ Traditional feature extraction ประกอบด้วยการทำ Geometry feature extraction และทำ Image segmentation สำหรับขนาดและ

ความยาวของแผล เช่น Contouring, Morphological Operation ส่วนการประเมินสีของแผลใช้ Histogram analysis โปรแกรมประยุกต์ Redrot App บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ออกแบบให้มีการติดตั้งใช้งานระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เวอร์ชัน 5.0 ขึ้นไป ทั้งนี้มีแนวคิดในการพัฒนาการวิเคราะห์ดังนี้

1) การหาการทะลุปล้อง (Nodal transgression) เนื่องจากลำอ้อยทอดสอบมีลักษณะแตกต่างกัน ไม่สามารถใช้ความยาวที่เป็นเส้นตรงได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหา Contour ของลำอ้อยทั้งหมด และ Contour ของแผล เพื่อสร้างเส้นแทนลำอ้อย รวมทั้งรูปถ่ายไม่สามารถบอกความยาวได้ แอปพลิเคชันจึงจำเป็นต้องให้ถ่ายรูปลำอ้อยที่มีปล้องทั้งหมด 3 ปล้อง เพื่อให้สามารถคำนวณหาการทะลุปล้องได้จากอัตราส่วนความยาวแผลและความยาวของลำอ้อยทั้งหมด

2) การหาความกว้างของแผล (Lesion width) ทั้งนี้ในตาคนทั่วไปสามารถประเมินความกว้างของแผลได้จากความกว้างสูงสุดของแผลได้ถึงแม้ว่าลำอ้อยจะไม่ตรง แต่ในการทำ Image processing การหาความกว้างของแผลในขณะที่ต้นอ้อยคดงอนนั้นทำได้ยาก การประเมินความกว้างแผลด้วย Image processing จึงคำนวณจากอัตราส่วนจำนวน Pixels ระหว่างส่วนที่เป็นแผลกับส่วนที่ปกติแทน โดยใช้ประโยชน์ของ Contour ที่หาได้จากการหา Nodal transgression

3) ลักษณะสีแดง (Red color) เนื่องจากสีเป็นเกณฑ์ที่ได้รับผลกระทบจากสภาพแวดล้อมสูง ทำให้การประเมินสีในทาง Image processing เป็นเรื่องยาก แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากแผลมักจะมี สีดำ สีแดง และ สีเขียว ซึ่งสามารถแยกออกจากกันได้ง่าย โดยการทำ Histogram analysis

โปรแกรมประยุกต์ Redrot App มีผังการออกแบบ Data flow หรือ Architecture structure ของโปรแกรม ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้ (Figure 1)

1. การนำเข้ารูปภาพ โดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถเลือกได้ทั้งแบบการนำเข้าจากอัลบั้มรูปภาพ หรือการถ่ายภาพแบบเรียลไทม์ หลังจากโปรแกรมได้รับข้อมูลรูปภาพมาแล้วโปรแกรมจะประมวลผลภาพ

2. การจัดการข้อมูลก่อนการนำเข้ารูปภาพ (Image pre-processing) ก่อนนำเข้าภาพไปใช้ ทำการปรับเปลี่ยนสีของรูปภาพให้เห็นลักษณะอาการของท่อนอ้อยได้อย่างชัดเจน (Color transformation) จากนั้นปรับคุณภาพของรูปภาพโดยการกำจัดสิ่งรบกวน (Noise removal) ด้วย median filter และลบภาพหลัง (Remove background) ให้เหลือเพียงรูปท่อนอ้อยจนได้ภาพพร้อมใช้ในการวิเคราะห์ขั้นต่อไป

3. กระบวนการในการจำแนกพิกเซลในภาพ (Image segmentation) เพื่อแบ่งข้อมูลเป็นส่วนย่อยการทำงานแบ่งเป็นสองส่วนกล่าวคือ ขั้นที่ 1) หาความกว้างของท่อนอ้อย (Wd) หาได้จากส่วนของรูปที่เป็นท่อนอ้อย (Detect cane contours) ซึ่งนำมาวิเคราะห์พื้นที่ลำอ้อย (Ag) และ 2) หาส่วนพื้นที่แผลสีแดง-ดำบนท่อนอ้อย (Detect red area contours) ซึ่งพื้นที่รอยโรคนี้นำมาวิเคราะห์หาความกว้าง (Wr) และพื้นที่ส่วนรอยโรค (Ar) ดังนั้นในกระบวนการนี้จะได้อัตราส่วน 3 ตัวแปร คือ Wd Wg และ Ar/Ag

4. การแปลผล (Interpretation) คือการใช้ผลรวมคะแนน (Determine score) ที่ได้จากกระบวนการที่ 3 นำมาจัดกลุ่มเพื่อจำแนกระดับความต้านทานของโรค (Classification)

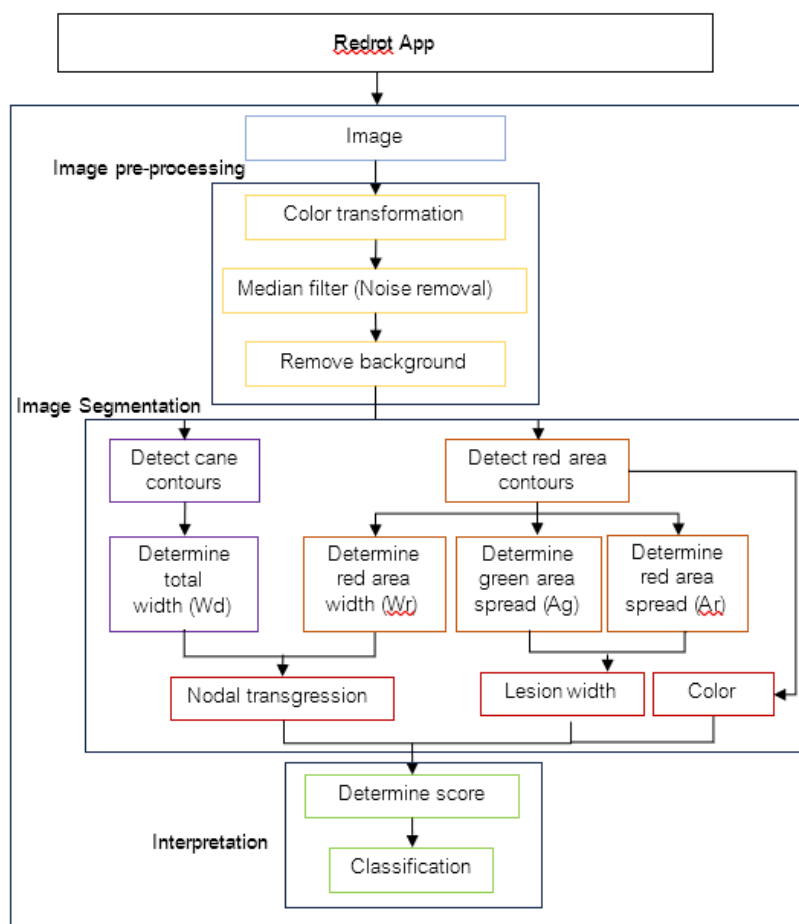


Figure 1 Data flow of Redrot App.

ทำการวิเคราะห์ระดับคะแนนของลักษณะปฏิกิริยาของอ้อยต่อโรคเน่าแดงจากการใช้แอปพลิเคชัน และเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการจัดกลุ่มพันธุ์กับผลการประเมินด้วยวิธีใช้สายตา ตรวจดูลักษณะของปฏิกิริยาต่อโรค ทั้งนี้ในระหว่างการทดสอบ มีการปรับปรุงโปรแกรมจนได้ความถูกต้อง (Accuracy) ของการใช้แอปพลิเคชันมากกว่า 90.00 เปอร์เซ็นต์

วัดความสามารถของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ Confusion matrix เป็นเครื่องมือ เพื่อแสดงค่า ความถูกต้อง (Accuracy) ตรงกับการประเมินด้วยสายตา ค่าความระลึก (Recall) ซึ่งหมายถึงค่า

ความถูกต้องของการทำนายว่าจะเป็น “จริง” เทียบกับจำนวนครั้งของเหตุการณ์ทั้งหมดของการทำนาย และสิ่งที่เกิดขึ้น ว่า “เป็นจริง” ค่าความแม่นยำ (Precision) หรือสัดส่วนของสิ่งที่ทำนายออกมาและทายถูก รวมทั้งประเมินผลลัพธ์ของการทำนาย (Prediction) จากแบบหรือโมเดลที่สร้างขึ้นในโปรแกรม Machine learning โดยวัดว่าสิ่งที่โปรแกรมหรือโมเดลทำนายได้ เป็นสัดส่วนเท่าใดกับ สิ่งที่เกิดขึ้น รวมทั้งคำนวณค่า F1-Score คือ ค่าเฉลี่ยแบบ Harmonic mean ระหว่างค่าความแม่นยำและค่าความระลึก (Kundu, 2022) (Table 3)

Table 3 The evaluation of any algorithm by using Confusion Matrix which accuracy, precision, recall, and F1 score were assessed and shown model capabilities.

	Actual Positive (1)	Actual Negative (0)
Predicted Positive (1)	Ture Positive (TPs)	False Positive (FPs)
Predicted Negative (0)	False Negative (FNs)	Ture Negative (TNs)

Accuracy = $(TPs + TNs) / (TPs + TNs + FPs + FNs)$
 Precision = $TPs / (TPs + FPs)$
 Recall = $TPs / (TPs + FNs)$
 F1 score = $2 \times (Precision \times Recall) / (Precision + Recall)$

True Positives (TP): Number of samples correctly predicted as "positive."
 False Positives (FP): Number of samples wrongly predicted as "positive."
 True Negatives (TN): Number of samples correctly predicted as "negative."
 False Negatives (FN): Number of samples wrongly predicted as "negative."

2. การทดสอบประสิทธิภาพของ Redrot app เพื่อใช้ในการประเมินปฏิกิริยาต่อโรคเน่าแดงในอ้อย

ในปี 2564 พันธุ์อ้อยที่ทดสอบเป็นของศูนย์การปรับปรุงพันธุ์อ้อยแห่งประเทศไทย (TSBC) ใช้ อ้อยลูกผสมอายุ 7-8 เดือน จำนวน 200 สายพันธุ์ๆ ละ 10 ลำ ตัดและนำมาปักชำในกระป๋องบรรจุทราย กระป๋องละ 5 ลำ ปักชำ 4 ลำ อีก 1 ลำ เป็นสิ่งทดลองควบคุมที่ไม่ปักชำ วางกระป๋องไว้ในโรงเรือนตาข่าย นาน 30-45 วัน ให้น้ำเวลาเช้าและเย็น เตรียมเชื้อรา *Colletotrichum falcatum* ที่ได้รับจาก TSBC เลี้ยงเชื้อเพิ่มปริมาณโดยเจาะรูส่วนปลายเส้นใยวางบนกลางจานอาหารแข็ง PDA บ่มไว้ 10 วันจนเชื้อเจริญ มีเส้นใยเต็มจาน จึงนำไปใช้ปักชำอ้อยตามวิธีการของ TSBC การปักชำทดสอบโรคเน่าแดง ใช้วิธี wound plug method โดยเจาะลำอ้อยตรงตำแหน่งที่สูงจากโคนอ้อย 50 เซนติเมตร หรือปล้องที่ 3-5 นับจากโคนต้น เจาะ 1 รู ใส่ชิ้นส่วนของเชื้อสาเหตุโรคเน่าแดง ปิดรูด้วยปิโตรเลียมเจล และพันด้วยฟิล์มยืดให้แน่น 5 รอบ นาน 60 วัน ให้น้ำเช้า-เย็น หลังจากปักชำแล้ว 60 วัน นำอ้อยที่ปักชำมาผ่ากลางลำ อ้อยตามความยาวของลำต้น ถ่ายภาพลักษณะแผลที่เกิดโรคเน่าแดงทุกตัวอย่าง โดยให้ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ประเมินด้วยสายตาแล้วให้คะแนนตามเกณฑ์จาก

นั้นนำคะแนนที่ได้รวมกันหารด้วยจำนวนตัวอย่างน้อย ที่ทำการทดสอบ เพื่อหาค่าเฉลี่ยของระดับอาการของแต่ละพันธุ์ นำค่าเฉลี่ยไปใช้จัดกลุ่มลักษณะปฏิกิริยาของอ้อยต่อโรคเน่าแดง (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2561)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. โปรแกรมประยุกต์ Redrot App บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรมประยุกต์แสดงในภาพ ดาวโหลดและติดตั้ง Redrot App จาก Google play store เข้าสู่ระบบใช้ชื่อผู้ใช้ และรหัสผ่านที่ได้รับจากจากผู้พัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อเข้าสู่ระบบ (2a) เข้าสู่หน้าหลักเมื่อเข้าสู่ระบบเพื่อเริ่มการใช้งาน (2b) โดยใช้เมนูสแกนบาร์โค้ดที่เป็น QR-code (2c) ของพันธุ์อ้อยทดสอบโรคเน่าแดง (2d) สามารถเลือกรูปภาพที่ต้องการอัปโหลดจากคลังรูปภาพหรือใช้กล้องถ่ายรูป (2e) อัปโหลดจากคลังรูปภาพ (2f) และทำเครื่องหมายถูกบนภาพท่อนอ้อย (2g) จากนั้นอัปโหลดรูปภาพ (2h) ผลการประเมินเมื่อการอัปโหลดรูปภาพสำเร็จ แอปพลิเคชันจะแสดงผลการประเมินลักษณะปฏิกิริยาของโรคเน่าแดงของแต่ละท่อน หลังจากที่ได้รับผลการประเมินลักษณะ

ปฏิกิริยาของท่อนอ้อย สามารถยืนยันและบันทึกข้อมูลได้เป็นภาพตัวอย่างของท่อนอ้อยควบคุม (2i) ที่ไม่

แสดงอาการของโรคเน่าแดงจึงมีผลคะแนนเท่ากับ 0 (2j) (Figure 2)

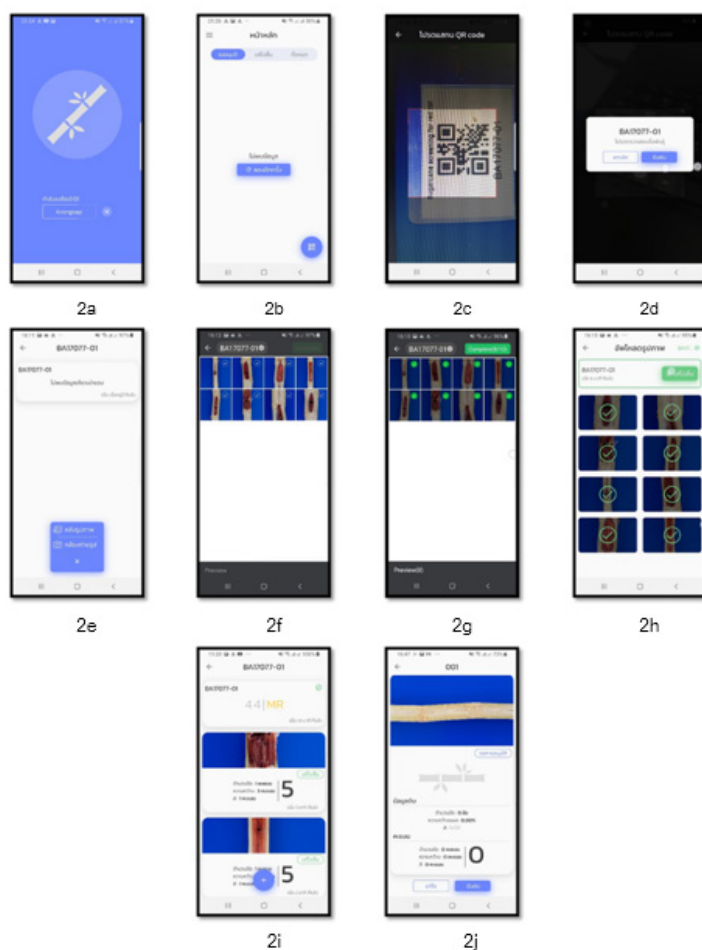


Figure 2 Operational step of Redrot App for characterization of sugarcane reaction to Red rot disease.

2. ผลการวิเคราะห์ความถูกต้องของการใช้ Redrot App

ทำการวัดความถูกต้องของการประเมินตามที่ Redrot App วัดได้ กับ ค่าที่นักโรคพืชประเมินไว้ โดยใช้ผลลัพธ์ของการจัดกลุ่มหรือจำแนกสายพันธุ์ที่มีระดับลักษณะปฏิกิริยาแบบต้านทานมาก/ต้านทาน (HR/R) และต้านทานปานกลาง (MR) เป็นพันธุ์ที่สามารถนำไปใช้งานต่อไป โดยโปรแกรมจะประมวลผลและแสดงระดับของลักษณะปฏิกิริยาทันทีที่ถ่ายภาพหรือโหลดภาพแต่ละลำอ้อยทดลอง ผลการ

วิเคราะห์ความสามารถในการทำงานของ Redrot App (Table 3) พบว่า ความถูกต้องหรือ Accuracy ที่ Redrot App โดยใช้ confusion matrix วัดได้ตรงกับค่าที่นักโรคพืชวัดได้ 92.50% และความสามารถของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น มีค่า Precision (ความแม่นยำ) เท่ากับ 0.74 ค่า recall หรือ ความถูกต้องของการทำนายว่าจะเป็น “จริง” เทียบกับ จำนวนครั้งของเหตุการณ์ทั้งทำนาย และเกิดขึ้นว่า “เป็นจริง” เท่ากับ 0.65 และ ค่าความถ่วงดุล F1-score หรือ สัดส่วนของความระลึกับกับความแม่นยำเท่ากับ 0.69

ซึ่งการใช้เทคนิคการประมวลผลภาพได้นำมาใช้ในการประเมินโรคใบไหม้ของมันฝรั่งให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำ 85.00% มากพอที่จะนำมาใช้ในการตัดสินใจ ในการจัดการโรค การประมวลผลภาพช่วยให้สามารถตรวจและประเมินความรุนแรงของโรคได้อย่างอัตโนมัติ เพิ่มความถูกต้องในการประเมินโรคใบไหม้ของมันฝรั่ง การประมวลผลภาพที่ใช้ในการประเมินโรคสามารถให้ข้อมูลระดับความรุนแรงของโรค การใช้เทคนิคการประมวลผลภาพยังช่วยลดเวลาในการทำ การประเมิน และทำให้การตรวจโรคเป็นไปอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น ช่วยให้ตัดสินใจถูกต้อง ในการจัดการโรค โดยการประเมินความรุนแรงของโรคทำให้สามารถวางแผนในการป้องกันและควบคุมโรคใบ

ไหม้ของมันฝรั่ง (Satyendra *et al.*, 2021) ผลจากการใช้ Redrot App กับอ้อยทดสอบโรคเน่าแดง ปี พ.ศ.2564 ของ TSBC จำนวน 200 สายพันธุ์ได้ผลการทดสอบดัง (Table 4) ทั้งนี้ผลการประเมินปฏิกิริยาในระดับ MR แต่การอ่านผลจาก Redrot App เป็น (MS/S/HS) ซึ่งมีผลทำให้การเลือกจำนวนโคลนอ้อยในกระบวนการปรับปรุงลดลง เนื่องจากคุณภาพของภาพล่าช้าที่มีการแสดงอาการของโรค แสงสว่างในขณะถ่ายภาพ สีของพื้นหลัง ซึ่งทำให้โปรแกรมคำนวณพิกเซล และค่าอื่นๆ ผิดพลาดได้ ดังนั้นในการถ่ายภาพวิเคราะห์ระดับลักษณะการเกิดโรคเน่าแดงต้องมีความระมัดระวัง

Table 4 The capabilities of Redrot App analysis by using confusion matrix.

Predicted by Redrot App

Actual Value by scientist			
	HR/R	MR	MS/S/HS
HR/R	0	1	0
MR	1	15	6
MS/S/HS	0	9	168

HR/R and MR were accepted by sugarcane breeder.

	Actual Positive	Actual Negative
Predicted Positive	17 (TPs)	6 (FPs)
Predicted Negative	9 (FNs)	168 (TNs)

True Positives (TP): Number of samples correctly predicted as "positive."

False Positives (FP): Number of samples wrongly predicted as "positive."

True Negatives (TN): Number of samples correctly predicted as "negative."

False Negatives (FN): Number of samples wrongly predicted as "negative."

Accuracy

= (TPs + TNs) / (TPs + TNs + FPs + FNs)

= (17+168)/(17+9+6+168) = 92.50%

Precision

= TPs / (TPs + FPs) = 17/ (17+6) = 0.74

Recall

= TPs/(TPs + FNs) = 17/(17+9) = 0.65

F1 score

= 2 x (Precision x Recall)/(Precision + Recall) = 2 x (0.74x0.65)/(0.74+0.65) = 0.69

สรุป

จากการทดสอบความสามารถของ Redrot App เปรียบเทียบกับวิธีประเมินด้วยสายตาแบบมาตรฐาน ในการทดสอบกับอ้อยลูกผสมของ TSBC จำนวน 200 สายพันธุ์ แบ่งกลุ่มลักษณะปฏิกิริยาต่อโรคเน่าแดงที่อ้อยทดลองแสดงออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

1) ต้านทานมาก/ต้านทาน (HR/R) 2) ต้านทานปานกลาง (MR) และ 3) อ่อนแอปานกลาง/อ่อนแอ/อ่อนแอมาก (MS/S/HS) แอปพลิเคชันได้รับการยอมรับจากผู้ที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้ในความเป็นจริงแล้ว การใช้สายตา ประเมินตามวิธีการเดิมก็อาจจะมีข้อผิดพลาดขึ้นได้เช่นเดียวกันซึ่งขึ้นกับประสบการณ์ของ

ผู้ทำการประเมิน แอปพลิเคชันนี้สามารถใช้ในหน่วยงานที่มีการปรับปรุงพันธุ์อ้อยในการเก็บข้อมูล และวิเคราะห์ผลของโรคเน่าแดงในอ้อย โดยมีข้อควรระวังในการใช้งานเรื่องของแสงและเงาในการถ่ายภาพที่อาจทำให้ผลคลาดเคลื่อน พื้นที่หลังที่ใช้รองท่อนอ้อยควรเป็นสีน้ำเงินเพื่อไม่ให้สีของพื้นที่หลังเหมือนกับเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินที่ทำให้การระบุระดับของปฏิกิริยาต่อการเกิดโรคเน่าแดงผิดพลาดได้

เอกสารอ้างอิง

- ชัยวัช ไชวเจริญสุข. 2566. แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรม ปี 2566-2568. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://www.krungsri.com/th/research/industry/industry-outlook/agriculture/sugar/io/sugar-2023-2025> (11 สิงหาคม 2566).
- วีรกรณ์ แสงไธย, เบญจวรรณ รัตวัตร์ และวีรวรรณ เชื้อกิตติศักดิ์. 2563. การระบุชนิดเชื้อสาเหตุโรคเส้ดำและโรคเน่าแดงในอ้อยโดยลักษณะสัณฐานวิทยาและวิธีอณูชีววิทยาและการพัฒนาการประเมินการเกิดโรคที่รวดเร็ว. วารสารแก่นเกษตร ฉบับพิเศษ 1: 646-655.
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2561. โครงการพัฒนาเพื่อปรับโครงสร้างการปรับปรุงพันธุ์อ้อยและพัฒนาระบบการบริหารจัดการการผลิตอ้อยอย่างครบวงจร ปีงบประมาณ 2561. รายงานผลงานวิจัย. สำนักงานอ้อยและน้ำตาลทราย กระทรวงอุตสาหกรรม. 362 หน้า.
- Inchaya Ku., Wi. Notawat and Pi. Prasomsab. 2022. Sugar cane red stripe disease detection using YOLO CNN of deep learning technique. Engineering access 8 (2): 192-197.
- Kundu, R. 2022. F1 score in machine learning: intro & calculation. (Online): Available source: <https://www.v7labs.com/blog/f1-score-guide> (May 21, 2023).
- Mohanraj, D., P. Padmanaban and R. Viswanathan. 2012. Screening for red rot resistance in sugarcane. Functional Plant Science and Biotechnology 6 (2): 51-62.
- Reddy, G.P.O. 2018. Digital image processing: Principles and Applications. pp. 101-126. In: Reddy, G., Singh, S. (eds). Geospatial Technologies in Land Resources Mapping, Monitoring and Management. Geotechnologies and the Environment. Springer, Cham.
- Satyendra, N.M., R. Kunal., D. Sanket., M. Subhranil., R.B. Ashis and C. Ashis 2021. Development of disease scoring system for severity analysis of late blight of potato based on image processing approach. Cohesive Journal of Microbiology & Infectious Disease 5: 1-7.
- Srinivasan, K.V. and N.R. Bhat. 1961. Red rot of sugarcane criteria for grading resistance. Journal of Indian Biological Society 40: 566-577.

เปรียบเทียบวิธีการวัดน้ำหนักแห้งด้วยตู้อบลมร้อนและเตาไมโครเวฟสำหรับเป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวของอะโวคาโดพันธุ์ 'ปีเตอร์สัน'

Comparison of Dry Matter Determination Method Using Hot Air and Microwave Ovens to Assess the Harvest Index in 'Peterson' Avocado

ปณวัตร สีขันทกสมิต¹ และเมทีนี พลอยเปลี่ยนแสง^{2*}

Panawat Sikhandakasmita¹ and Metinee Ploypleansaeng^{2*}

Received: November 1, 2023

Revised: February 28, 2024

Accepted: March 1, 2024

Abstract: Avocados are fruits whose level of maturity is challenging to determine based on their external characteristics. Therefore, the measurement of dry weight percentage is employed to determine the maturity of avocados. However, there are various methods for determining dry weight. Hence, this study aimed to compare drying methods using a hot air oven and a microwave oven to measure the dry weight of avocados. Additionally, the study aimed to explore the relationship between dry weight percentage, fruit age, and total fat content in 'Peterson' avocado cultivars, using 10 g of scraped flesh from the whole fruit. The study findings indicated that microwave drying (900 watts) took approximately 20 to 30 minutes, while hot air drying at 60°C required more than 72 hours. Nonetheless, the calculated dry weight percentages from both methods exhibited a positive correlation with fruit age and fat content (with correlation coefficients ranging from 0.748 to 0.889). Based on the experimental results, it can be concluded that measuring the percentage dry weight through both hot air oven and microwave oven methods is applicable as a harvest index for 'Peterson' avocado. The use of a microwave oven for percentage dry measurement requires less time, the average dry weight percentage obtained from microwave oven drying is 3-5 percent lower than that obtained using the hot air oven method, with variations depending on the age of the fruit.

Keywords: fruit age, fruit quality, harvesting index, *Persea americana*

บทคัดย่อ: อะโวคาโดเป็นผลไม้ที่สังเกตระดับความอ่อน-แก่จากลักษณะภายนอกได้ยาก จึงมีการใช้การประเมินเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งในการระบุระดับความอ่อน-แก่ของอะโวคาโด แต่วิธีการหาน้ำหนักแห้งนั้นมีหลายวิธี ดังนั้นจุดประสงค์ของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ คือ การเปรียบเทียบการอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนและเตาไมโครเวฟในการวัดน้ำหนักแห้งของอะโวคาโด และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง อายุผล และปริมาณไขมันในผลอะโวคาโดพันธุ์ 'ปีเตอร์สัน' โดยใช้เนื้อที่ขูดจากทั้งผลจำนวน 10 กรัม ผลการศึกษาค้นคว้าพบว่าการอบแห้งด้วยเตาไมโครเวฟ (900 วัตต์) ใช้เวลาประมาณ 20-30 นาที ในขณะที่การอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ

¹ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

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

² กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10900

² Postharvest and Processing Research and Development Division, Department of Agriculture, Bangkok 10900

*Corresponding author: metinee.p@gmail.com

60 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 72 ชั่วโมง อย่างไรก็ตามเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งที่คำนวณได้จากทั้งสองวิธีมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับอายุผล และปริมาณไขมัน (ค่า r มีค่าระหว่าง 0.748 ถึง 0.889) จากผลการทดลองสรุปได้ว่า การวัดเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งด้วยตู้อบลมร้อนและเตาไมโครเวฟสามารถใช้เป็นดัชนีเก็บเกี่ยวสำหรับอะโวคาโดพันธุ์ 'ปีเตอร์สัน' ได้ โดยการวัดเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งด้วยเตาไมโครเวฟใช้เวลาน้อยกว่า แต่เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งเฉลี่ยที่คำนวณได้จากการอบแห้งด้วยเตาไมโครเวฟจะมีค่าต่ำกว่าวิธีการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน 3-5 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับอายุผล

คำสำคัญ: อายุผล, คุณภาพผล, ดัชนีการเก็บเกี่ยว, *Persea americana*

คำนำ

อะโวคาโดจัดเป็นผลไม้บ่มสุกหรือ climacteric fruit แต่อะโวคาโดเป็นไม้ผลประเภทที่ต้องเก็บเกี่ยวเมื่อแก่ (mature) ได้ที่เท่านั้น ผลอะโวคาโดอ่อนหรือผลที่ยังไม่แก่นั้นจะไม่สามารถพัฒนาผลให้สุกหลังการเก็บเกี่ยวได้เลย อีกทั้งเมื่อรับประทานยังมีรสขม เนื่องจากมีปริมาณแทนนินสูง และเนื้อสัมผัสคล้ายยาง (rubbery texture) (Pak et al., 2003) ลักษณะที่ต้องเก็บเกี่ยวเมื่อผลแก่เท่านั้น พบได้ในทุเรียนเช่นกัน ระดับความอ่อน-แก่ของผลอะโวคาโดนั้นส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพของการบริโภค โดยเฉพาะความแน่นเนื้อ (flesh firmness) เนื้อสัมผัส (texture) และรสชาติ (taste) โดยระดับความแก่ขึ้นต่ำหรือความแก่ทางสรีรวิทยา (physiological maturity) ของอะโวคาโดนั้น คือ ระยะที่เมื่อนำผลไปบ่มให้สุกแล้วผลนั้นไม่เหี่ยว สามารถรับประทานได้ (Subedi and Walsh, 2020) ในปัจจุบันมีผลอะโวคาโดอ่อนปะปนกับผลที่แก่ออกสู่ท้องตลาดเนื่องจากการตรวจสอบระดับความอ่อน-แก่ของผลจากลักษณะภายนอกของผลทำได้ยาก โดยเฉพาะพันธุ์ที่ผิวผลไม่เปลี่ยนสีเมื่อผลแก่ ประกอบกับในหนึ่งรอบปีนั้นอะโวคาโดสามารถออกดอกได้หลายชุด ทำให้ผลที่อยู่บนต้นนั้นมีอายุไม่เท่ากัน เป็นสาเหตุให้การเก็บเกี่ยวอะโวคาโดในระยะที่เหมาะสมเป็นไปได้ยาก (บรรจง, 2566; Rodríguez, et al., 2023) ซึ่งการเก็บเกี่ยวอะโวคาโดก่อนกำหนดทั้งด้วยความตั้งใจหรือไม่ตั้งใจนั้นส่งผลกระทบต่อภาพรวมของอุตสาหกรรมการผลิตอะโวคาโด ทำให้ผู้บริโภคขาดความเชื่อมั่นในคุณภาพ

โดยปกติแล้วเกษตรกรส่วนใหญ่ในประเทศไทยใช้วิธีการสังเกตลักษณะของผลที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น การเกิดจุดประบนผิวผล การเปลี่ยนสีของผิวผลหรือผิวผล และการที่เยื่อหุ้มเมล็ดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล หรือใช้การนับอายุผล เป็นดัชนีประกอบการตัดสินใจเก็บเกี่ยวอะโวคาโด (อัจฉรา, 2560) แต่การสังเกตลักษณะภายนอกที่ปรากฏนั้นต้องใช้ความสามารถและความชำนาญของผู้เก็บเกี่ยวและมีปัจจัยเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมภายนอกมาเกี่ยวข้องด้วย ทำให้การใช้การสังเกตลักษณะภายนอกเป็นดัชนีเก็บเกี่ยวนั้นยังมีความคลาดเคลื่อนอยู่มากและผิดพลาดได้ง่าย เช่นเดียวกันกับการนับอายุผลตั้งแต่วันดอกบาน 50% ของช่อดอกจนถึงวันเก็บเกี่ยว เช่น พันธุ์ปีเตอร์สันสามารถเก็บเกี่ยวผลได้เมื่อผลมีอายุ 160 วันหลังดอกบาน หรือพันธุ์คาคาเนียและพันธุ์แอต สามารถเก็บเกี่ยวได้เมื่อมีอายุผล 181–187 และ 242–251 วันหลังดอกบาน ตามลำดับ (อัจฉรา, 2560) แต่อายุผลที่เก็บเกี่ยวได้นั้นก็จะคลาดเคลื่อนไปบ้างตามพื้นที่ปลูก และสภาพแวดล้อมในแต่ละปี (บรรจง, 2566) ดังนั้น จึงมีการใช้วิธีการอื่นๆ เช่น การหาปริมาณน้ำมันในผลอะโวคาโด หรือการหาเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง เพื่อระบุระดับความอ่อน-แก่ของผลอะโวคาโดแทน

ในระหว่างกระบวนการเจริญเติบโตของผลอะโวคาโดนั้นจะมีการสะสมปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้นตามระดับความแก่ของผล ซึ่งสัมพันธ์กับคุณภาพผลของอะโวคาโดทั้งด้านเนื้อสัมผัสและรสชาติ แต่ข้อจำกัดของการหาปริมาณน้ำมัน คือ ใช้เวลาค่อนข้างนาน มีวิธีการที่ซับซ้อนและค่าใช้จ่ายสูง ในหลายๆ

ประเทศที่เป็นผู้ผลิตอะโวคาโดที่สำคัญ เช่น นิวซีแลนด์ แอฟริกาใต้ และออสเตรเลีย จึงนิยมใช้การหาเปอร์เซ็นต์ น้ำหนักแห้งในการระบุระดับความอ่อน-แก่ และวันเก็บเกี่ยวของอะโวคาโด โดยจะเริ่มเก็บเกี่ยวอะโวคาโดเมื่อมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งตามข้อกำหนดขั้นต่ำเท่านั้น (Subedi and Walsh, 2020) เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณน้ำมันและความยอมรับของผู้บริโภค แต่ใช้เวลาและค่าใช้จ่ายน้อย รวมไปถึงวิธีการหรืออุปกรณ์ที่ใช้สามารถทำได้ง่ายกว่าการหาปริมาณไขมัน (Gamble, et al., 2010) ทางคณะผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดที่จะนำการระบุความอ่อน-แก่ด้วยเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งมาใช้ในประเทศไทย ซึ่งขั้นตอนการหาเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งนั้นมีหลายวิธี เช่น การใช้ตู้อบลมร้อนหรือการใช้เตาไมโครเวฟ โดยแต่ละวิธีมีเทคนิค ระยะเวลา และอุปกรณ์ที่ใช้แตกต่างกัน ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนและเตาไมโครเวฟในวัดการน้ำหนักแห้งของอะโวคาโด และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง อายุผล และปริมาณไขมันในผลอะโวคาโดพันธุ์ 'ปีเตอร์สัน' ระหว่างปีพ.ศ. 2565 และปีพ.ศ. 2566

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกต้นอะโวคาโดพันธุ์ 'ปีเตอร์สัน' อายุ 5 ปีที่มีความสม่ำเสมอจำนวน 5 ต้น จากสวนเกษตรกรในอำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ทำการผูกข้อดอกเมื่อจำนวนดอกบานเกิน 50 เปอร์เซ็นต์ของข้อดอก เพื่อให้ทราบอายุผลที่แน่นอนของอะโวคาโด เก็บเกี่ยวผลอะโวคาโดรอบๆ ทรงพุ่มเมื่อผลมีอายุได้ 130 135 140 145 150 155 และ 160 วันหลังดอกบาน กำหนดให้แต่ละอายุเก็บเกี่ยวมีทั้งสิ้น 5 ซ้ำ (ซ้ำละ 2 ผล)

นำอะโวคาโดที่เก็บเกี่ยวมาปอกเปลือก แล้วชูดเนื้อของอะโวคาโดทั้งผลด้วยอุปกรณ์สำหรับชูดชีส คลุกเคล้าเนื้อที่ชูดแล้วให้เข้ากัน แบ่งตัวอย่างเนื้ออะโวคาโดออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่งนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (hot air oven) โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างจำนวน 10 กรัมแล้วนำเข้าไปอบแห้ง

ด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักตัวอย่างอีกครั้งเพื่อหาน้ำหนักเนื้อแห้ง แล้วนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งจากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักแห้ง (g)}}{\text{น้ำหนักสด (g)}} \times 100$$

เนื้ออะโวคาโดส่วนที่สองนำไปอบแห้งด้วยเตาไมโครเวฟ โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างเนื้ออะโวคาโดก่อนนำไปอบจำนวน 10 กรัม เข้าไปอบแห้งด้วยเตาไมโครเวฟ (Sharp Model R-311 ขนาด 28 ลิตร กำลังไฟ 900 วัตต์) ที่กำลังไฟอ่อนที่สุดเป็นเวลา 5 นาที แล้วนำออกมาชั่งน้ำหนัก นำเนื้ออะโวคาโดเข้าอบเป็นครั้งที่ 2 ด้วยอุณหภูมิและเวลาเท่าเดิม แล้วนำออกมาชั่งน้ำหนักอีกครั้งหนึ่ง ทำเช่นนี้จนกระทั่งน้ำหนักแห้งที่ได้ไม่เปลี่ยนแปลง แล้วจึงนำน้ำหนักแห้งไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งตามสูตรด้านบน ตัวอย่างเนื้ออะโวคาโดส่วนที่สามนั้นนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วส่งไปวิเคราะห์หาปริมาณไขมันตามวิธี AOAC (1998) ที่บริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด กรุงเทพมหานคร

การวิเคราะห์ข้อมูล

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณไขมันในผลอะโวคาโดปี 2565 และ 2566 ด้วยวิธีการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างตัวแปร 2 ตัวที่เป็นอิสระต่อกัน (independent samples t-test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงและหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient) ระหว่างเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง อายุผล และไขมัน ด้วยโปรแกรม SAS On Demand for Academic

ผลการทดลองและวิจารณ์

การเปรียบเทียบระหว่างการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนและเตาไมโครเวฟ

จากการศึกษาพบว่าการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แม้ว่าจะอบได้

ครั้งละหลายตัวอย่าง แต่ใช้เวลาถึง 72 ชั่วโมง ในขณะที่ การอบแห้งด้วยเตาไมโครเวฟที่กำลังไฟต่ำที่สุด อบได้ครั้งละ 2-3 ตัวอย่าง แต่ใช้เวลาเพียง 20-30 นาทีต่อครั้ง ตัวอย่างจึงมีน้ำหนักแห้งที่คงที่ (Table 1) การอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนนั้นใช้การเป่าลมคอยล์ร้อนหรือ heater และเมื่อลมร้อนไหลผ่านตัวอย่างที่วางไว้ในตู้อบ ทำให้น้ำบริเวณผิวนอกของตัวอย่างจะระเหยออกไปก่อน ส่งผลให้ความเข้มข้นของสารละลายในเซลล์บริเวณผิวนอกของอาหารเพิ่มขึ้น จึงเกิดการเคลื่อนที่ของน้ำจากภายในเซลล์ไปยังผิวนอกของเซลล์ เมื่อน้ำเคลื่อนที่ออกมาที่ผิวนอกก็จะได้รับพลังงานความร้อน ทำให้น้ำระเหยกลายเป็นไอ การเคลื่อนที่ของน้ำในตัวอย่างจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและสิ้นสุดเมื่อน้ำในเซลล์ผิวนอกไม่สามารถระเหยออกไปได้อีก (ศรีปาน และคณะ, 2555; สราวุฒิ และคณะ, 2560) ซึ่งการระเหยของน้ำเฉพาะบริเวณผิวนอกของตัวอย่างนั้นทำให้การอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนนั้นใช้เวลานาน และสิ้นเปลืองพลังงานมาก ส่วนการอบแห้งโดยใช้เตาไมโครเวฟนั้นเป็นการใช้พลังงานในรูปของคลื่นไมโครเวฟซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่ง เมื่อตัวอย่างได้รับคลื่นไมโครเวฟ ทำให้โมเลกุลที่มีขั้วในตัวอย่างนั้นเกิดการเคลื่อนที่และเสียดสีกัน จนเกิดความร้อนขึ้นทั่วทั้งชิ้นตัวอย่างอย่างรวดเร็ว และไม่ทำให้ผิวหน้าของตัวอย่างร้อนเกินไป (นันทวัน และสุพิชา, 2554) ดังนั้นในการอบแห้งด้วยเตาไมโครเวฟนั้นเป็นวิธีการอบแห้งที่สามารถลดระยะเวลาในการอบแห้งและประหยัด

พลังงานกว่าการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (กฤษณ์ และคณะ, 2555; Varith *et al.*, 2007) แต่อย่างไรก็ตามเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งที่คำนวณจากการอบแห้งด้วยเตาไมโครเวฟมีค่าน้อยกว่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งที่คำนวณจากการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนในทุกๆ ช่วงอายุผล โดยวิธีการอบแห้งด้วยเตาไมโครเวฟมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งน้อยกว่าวิธีการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน 2.74–5.02% (Table 1) ทั้งนี้ อาจจะเนื่องมาจากการที่โมเลกุลของน้ำหรือความชื้นในเซลล์ของตัวอย่างเกิดการเคลื่อนที่และเสียดสีกันเมื่อได้รับคลื่นไมโครเวฟ ซึ่งนอกจากทำให้เกิดความร้อนขึ้นในระยะเวลาอันสั้นแล้ว ยังก่อให้เกิดแรงดันขึ้นภายในเซลล์อย่างรวดเร็วซึ่งทำให้เซลล์แตก และปล่อยสารอินทรีย์ต่างๆ ที่อยู่ภายในเซลล์ออกมาภายนอกเป็นผลให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งมีค่าน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (นิรนาม, 2552; วรางคณา และคณะ, 2559) สอดคล้องกับการทดลองของ Çelen (2019) ที่ได้ทดลองอบแห้งพลับด้วยเตาไมโครเวฟที่กำลังไฟระดับต่างๆ และศึกษาการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างตัวอย่างด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope) พบว่า การอบแห้งด้วยไมโครเวฟทำให้เกิดรูจำนวนมากบนตัวอย่าง และเมื่อกำลังไฟของไมโครเวฟเพิ่มขึ้น จำนวนและขนาดของรูบนพื้นผิวของตัวอย่างก็จะเพิ่มขึ้นด้วย โดยรูเหล่านี้เกิดจากอุณหภูมิและแรงดันภายในเซลล์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้เซลล์แตกหรือเกิดรูขึ้นบนผิวของตัวอย่าง

Table 1 Drying times were determined by using a hot air oven set at 60°C and a microwave oven operating at its lowest temperature. The percentage of dry matter was calculated for each fruit age using both hot air oven and microwave oven drying methods.

Drying methods	Drying time	Percentage of dry matter (%) at each fruit age (days after flowering)						
		130 days	135 days	140 days	145 days	150 days	155 days	160 days
Hot air oven	72 hours	17.95 ± 0.49*	19.13 ± 0.66	18.06 ± 2.02	20.97 ± 0.66	21.63 ± 0.91	22.12 ± 0.86	22.06 ± 0.44
	20-30 minutes	14.19 ± 1.38	14.89 ± 1.79	15.32 ± 1.66	16.36 ± 1.03	17.44 ± 0.91	17.10 ± 0.68	18.55 ± 1.70
t-test		**	**	*	**	**	**	**
The different of dry matter between two methods		3.76	4.24	2.74	4.61	4.19	5.02	3.51

* Data are expressed as mean ± standard deviation (n = 20)

* and ** denote significant differences at $P \leq 0.05$ and $P \leq 0.01$, respectively, as determined by t-test.

ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง อายุ ผล และปริมาณไขมันในผลอะโวคาโด

ในปัจจุบันเกษตรกรผู้ปลูกอะโวคาโดใช้การนับอายุผลร่วมกับดัชนีเก็บเกี่ยวอื่น ๆ โดยเริ่มนับอายุผลเมื่อดอกในช่อดอกบานเกิน 50 เปอร์เซ็นต์จนถึงวันเก็บเกี่ยว อัจฉรา (2560) รายงานว่า ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ อะโวคาโดพันธุ์ 'ปีเตอร์สัน' สามารถเก็บเกี่ยวได้เมื่อมีอายุผล 160 วันขึ้นไป พันธุ์ 'บัคคาเนีย' เริ่มเก็บเมื่อมีอายุผล 180-187 วัน หรือพันธุ์ 'แฮส' สามารถเก็บเกี่ยวได้เมื่อผลมีอายุ 242-250 วันหลังดอกบาน ซึ่งการศึกษาค้นคว้า พบว่า อายุผลมีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งที่คำนวณได้จากทั้งการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนและเตาไมโครเวฟ ค่า correlation coefficient ของเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งที่หาจากวิธีอบแห้งในตู้อบลมร้อนกับอายุผล คือ 0.8673 ในขณะที่ค่า correlation coefficient ของวิธีอบแห้งด้วยเตาไมโครเวฟกับอายุผล คือ 0.7477 (Figure 1) โดยเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเมื่ออายุผลมากขึ้น เนื่องจากปริมาณน้ำหนักแห้ง คือ ปริมาณแบ่งทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรด ธาตุอาหาร ไขมัน โปรตีน และโครงสร้างของผนังเซลล์ (Palmer *et al.*, 2013) ซึ่งระหว่างที่ผลเจริญเติบโตจะมีการสะสมสารอินทรีย์ต่าง ๆ เหล่านี้เพิ่มขึ้น (Toivonen and Lannard, 2020) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาปริมาณไขมันในผลอะโวคาโดพันธุ์ 'ปีเตอร์สัน' ที่อายุผลต่างๆ

ในปี พ.ศ. 2565 พบว่า อะโวคาโดพันธุ์ 'ปีเตอร์สัน' ที่มีอายุ 130 วันหลังวันดอกบาน มีปริมาณไขมันเฉลี่ย 23.32 g/100 g dry weight ในขณะที่เมื่อผลมีอายุ 160 วันหลังดอกบาน มีปริมาณไขมันเฉลี่ย 28.47 g/100 g dry weight แต่จากการทดสอบทางสถิติพบว่า ปริมาณไขมันของอะโวคาโดพันธุ์ 'ปีเตอร์สัน' ในปี 2565 มีค่ามากกว่าปี 2566 ในทุกช่วงอายุผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 2) โดยอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยใน อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา ปี พ.ศ. 2566 ระหว่างเดือนมีนาคม-เดือนสิงหาคม ซึ่งเป็นช่วงที่ผลอะโวคาโดกำลังพัฒนานั้นอยู่ในช่วง 32.0-35.8 องศาเซลเซียส ในขณะที่ปี พ.ศ. 2565 อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยในช่วงดังกล่าวอยู่ที่ 29.7-32.9 องศาเซลเซียส จากการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่า หนึ่งในปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการสะสมของน้ำมันในผลมะกอก (Conde *et al.*, 2008; Andrea *et al.*, 2013) หรือการสะสมไขมันในผลอะโวคาโด (Ferreira *et al.*, 2016; Tan *et al.*, 2017) คือ อุณหภูมิในช่วงระหว่างที่ผลกำลังเจริญเติบโต Garcia-Inza *et al.* (2014) ได้ศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิระหว่างที่ผลมะกอกเจริญเติบโตในสภาพควบคุมที่อุณหภูมิที่แตกต่างกันตั้งแต่ 16.7 องศาเซลเซียส ไปจนถึง 30.7 องศาเซลเซียส พบว่า ปริมาณน้ำมันมีแนวโน้มลดลงในอัตรา 1.1 เปอร์เซ็นต์ ต่ออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 1 องศาเซลเซียส เช่นเดียวกับปริมาณน้ำหนักแห้งมีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน

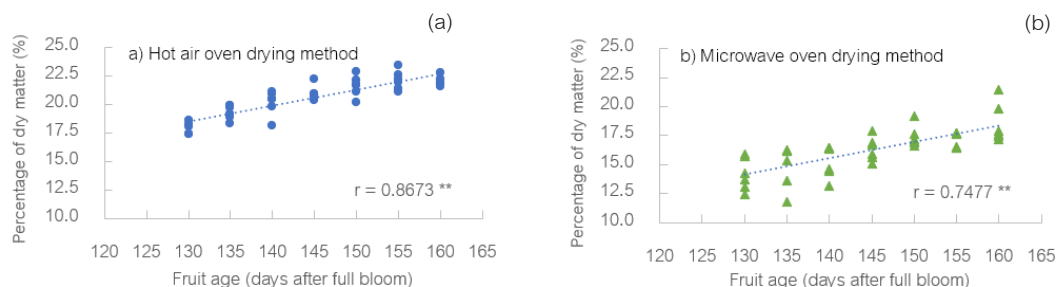


Figure 1 Pearson's correlation coefficient (r) between the percentage of dry matter (%) that calculated by hot air oven (a) and microwave oven (b) methods and fruit age (n = 20). Correlation coefficient not significant (ns) or significant: $P < 0.01^{**}$ and $P < 0.05^{*}$. in breeding program

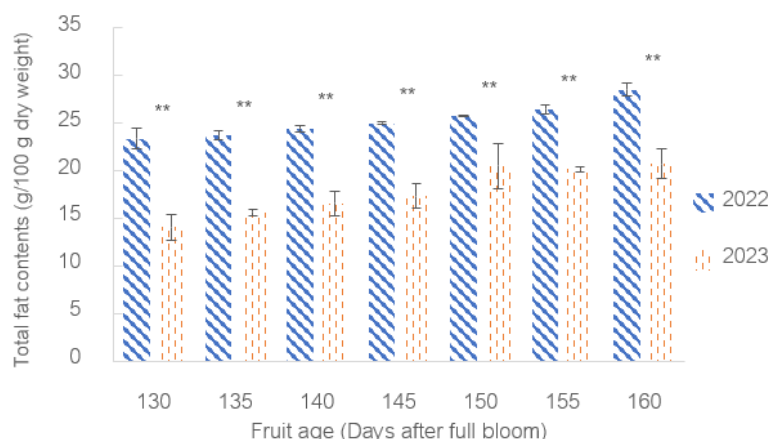


Figure 2 Comparison of total fat content in 'Peterson' avocado at different fruit ages (130-160 days after full bloom) for the years 2022 and 2023. Data are expressed as mean values $\pm$ standard deviation ($n = 10$). ** denote significant differences ($P \leq 0.01$; t-test).

ในทำนองเดียวกันการศึกษานี้ พบว่า เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งที่คำนวณได้จากวิธีการอบแห้ง ทั้งสองวิธีมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับปริมาณไขมัน ในผลอะโวคาโดพันธุ์ 'ปีเตอร์สัน' โดยในปี 2565 ค่า correlation coefficient ของเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง จากวิธีการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อนและการอบแห้ง แบบเตาไมโครเวฟต่อปริมาณไขมัน มีค่า 0.812 และ 0.889 ตามลำดับ ในขณะที่ปี 2566 มีค่า correlation coefficient คือ 0.839 และ 0.853 ตามลำดับ (Table 2) ตามที่ได้กล่าวไปข้างต้น ปริมาณไขมัน ทั้งหมดนั้นเป็นหนึ่งในองค์ประกอบของปริมาณ น้ำหนักแห้ง ดังนั้นการสะสมไขมันและปริมาณ น้ำหนักแห้งจะเพิ่มขึ้นเมื่อผลอะโวคาโดมีการ

เจริญเติบโต โดยปริมาณไขมันนั้นเป็นหนึ่งในปัจจัย สำคัญที่สะท้อนถึงคุณภาพผลของอะโวคาโด แต่การ ประเมินปริมาณไขมันนั้นมีขั้นตอนยุ่งยาก ต้องใช้ อุปกรณ์เฉพาะทาง ใช้เวลานานและมีค่าใช้จ่ายในการ ตรวจสอบค่อนข้างสูง ในขณะที่การหาน้ำหนักแห้งนั้น ทำได้ง่ายกว่า ใช้เวลาไม่นาน และมีต้นทุนในการตรวจสอบต่ำกว่า (กฤษณ์ และคณะ, 2555; Varith *et al.*, 2007) จากความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์น้ำหนัก แห้งและปริมาณไขมันนี้แสดงให้เห็นว่า สามารถใช้ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งที่คำนวณได้จากการอบแห้ง ด้วยตู้อบลมร้อนและเตาไมโครเวฟเป็นดัชนีเก็บเกี่ยว ของอะโวคาโดพันธุ์ 'ปีเตอร์สัน' ได้

Table 2 Linear equation, correlation coefficient (r), and regression coefficient (r^2) between dry matter percentage and total fat content in 'Peterson' avocado using hot air oven and microwave oven methods for 2022 and 2023.

Drying method	Year	Linear equation	r	r^2	p-value
Hot air oven	2022	$y = 0.811x + 8.571$	0.812	0.659	0.004
	2023	$y = 1.529x - 13.639$	0.839	0.704	< 0.001
Microwave oven	2022	$y = 0.705x + 14.336$	0.889	0.790	< 0.001
	2023	$y = 1.947x - 15.234$	0.853	0.728	< 0.001

สรุป

การเปรียบเทียบการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนเตาไมโครเวฟในการวัดน้ำหนักแห้ง พบว่า การอบแห้งด้วยเตาไมโครเวฟที่กำลังไฟต่ำที่สุด ใช้เวลาเพียง 20-30 นาทีต่อครั้ง โดยแต่ละครั้งสามารถอบแห้งได้ 2-3 ตัวอย่าง ในขณะที่การหาค่าน้ำหนักแห้งของอะโวคาโดด้วยวิธีการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนใช้เวลาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง โดยเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งที่คำนวณได้จากวิธีการอบแห้งด้วยเตาไมโครเวฟนั้นมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณไขมันซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่สะท้อนถึงคุณภาพผลของอะโวคาโด โดยมีค่า correlation coefficient เท่ากับ 0.748 นอกจากนี้ยังพบว่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งนั้นแปรผันตามกับอายุผลของอะโวคาโดพันธุ์ 'ปีเตอร์สัน' อีกด้วย การศึกษาครั้งนี้เป็นเครื่องยืนยันว่าการหาค่าน้ำหนักแห้งและการนับอายุผลนั้นสามารถใช้เป็นดัชนีเก็บเกี่ยวอะโวคาโดได้เป็นอย่างดี แต่อย่างไรก็ตามข้อควรระวังสำหรับการหาค่าน้ำหนักแห้งด้วยเตาไมโครเวฟ คือ การอบแห้งด้วยเตาไมโครเวฟนั้นทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งมีค่าต่ำกว่าการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนประมาณ 3-5 เปอร์เซ็นต์

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สวทช.) ที่สนับสนุนทุนในการวิจัย ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ที่ฝึกปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยว กรมวิชาการเกษตร และสวน Granny Farm อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา ที่ช่วยเหลือ เชื้อเพื่อสถานที่และอำนวยความสะดวกระหว่างการวิจัยให้แก่คณะผู้วิจัย และขอขอบคุณศูนย์อุตุนิยมหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรเวศน์เชียงใหม่ตอนล่างที่อนุเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยในอำเภอปากช่อง จ.นครราชสีมา เพื่อประกอบการวิเคราะห์ผลการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

กฤษณ์ อภิญาวิศิษฐ์, อติศักดิ์ นาคกรณกุล และ สมชาติ โสภณธนฤทธิ์. 2555. การอบแห้งลำไยด้วยไมโครเวฟแบบเป็นช่วงร่วมกับ

ลมร้อน. วิทยาศาสตร์เกษตร 43 (3): 147–150.

นันทวัน เทิดไทย และสุพิชา กระจำเมธิกุล. 2554. ผลของการใช้ไมโครเวฟร่วมกับการอบแห้งแบบลมร้อนต่อคุณภาพของพริกทองอบแห้ง, หน้า 133–140. ใน: เรื่องเติมการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49 (สาขาอุตสาหกรรมเกษตร). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

นิรนาม. 2552. กระบวนการสกัดสารจากพืชเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร. Food Focus Thailand 4 (40): 32–35.

บรรจง ปานดี. 2566. การปลูกอะโวคาโด. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://hkm.hrdi.or.th/Knowledge/detail/634> (9 ตุลาคม 2566).

วรางคณา สมพงษ์, ภาสกร วีระศิลป์วิสุกุล และคณิน ศรีสาธิตกุลรัตน์. 2559. การสกัดกัมเมลิตมะขาม (*Tamarindus indica* L.) ด้วยไมโครเวฟและการใช้ในผลิตภัณฑ์แยมสตรอว์เบอร์รี่. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2: 288–298.

ศรีปาน เขยกลิ่นเทศ, กลอยใจ เขยกลิ่นเทศ และทศพร นามโฮง. 2555. การอบแห้งเนื้อผลลำไยลื่นจีและเงาะด้วยไมโครเวฟร่วมกับอินฟราเรด. คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล สุวรรณภูมิ, พระนครศรีอยุธยา.

สรวิชัย ดาแก้ว, ชูทวีป ปาลกะวงศ์ ณ อยุธยา, พรพิชญ์ ธรรมปัทม์, ศนันธร พิชัย, ปาริชาติ ราชมณี และญาณิศา โพธิ์รัตนโส. 2560. การออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานความร้อนร่วมรังสีอินฟราเรดและลมร้อน. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, มหาสารคาม.

อัจฉรา ภาวศุทธิ. 2560. การเก็บเกี่ยวผลอะโวคาโดที่เหมาะสม. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://www.hrdi.or.th/Articles/Detail/23> (14 ตุลาคม 2566).

- Andrea, B., C. Giovanni, M. Fabio and G. Riccardo. 2013. Oil accumulation in intact olive fruits measured by near infrared spectroscopy-acousto-optically tunable filter. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 93 (6): 1259–1265.
- AOAC. 1998. Official Method of Analysis. 16th ed./Rev.4. Association of official Analytical Chemists International. Maryland.
- Celen, S. 2019. Effect of microwave drying on the drying characteristics, color, microstructure, and thermal properties of Trabzon persimmon. *Foods* 8(2): 84.
- Conde, C., S. Delrot and H. Gerós. 2008. Physiological, biochemical and molecular changes occurring during olive development and ripening. *Journal of Plant Physiology* 165 (15): 1545–1562.
- Ferreira, R., G. Sellés, J. Saavedra, J. Ortiz, C. Zúñiga, R.S.A. Troncoso, A.M. González and B.G. Defilippi. 2016. Identification of pre-harvest factors that affect fatty acid profiles of avocado fruit (*Persea americana* Mill.) cv. 'Hass' at harvest. *South African Journal of Botany* 104: 15–20.
- Gamble, J., F.R. Harker, A.R. Jaeger, A. White, C. Bava, M. Beresford, B. Stubbings, M. Wohlers, P.J. Hofman, R. Marques and A. Woolf. 2010. The impact of dry matter, ripeness and interval defects on consumer perceptions of avocado quality and intention to purchase. *Postharvest Biology and Technology* 57 (1): 35–43.
- Garcia-Inza, G.P., D.N. Castro, A.J. Hall and M.C. Rousseaux. 2014. Responses to temperature of fruit dry weight, oil concentration, and oil fatty acid composition in olive (*Olea europaea* L. var. 'Arauco'). *European Journal of Agronomy* 54: 107–115.
- Pak, H.A., J. Dixon, D.B. Smith, T.A. Elmsly and J.G.M. Cutting. 2003. Impact of rainfall prior to harvest on ripe fruit quality of 'Hass' avocados in New Zealand, pp. 22-31. In: H.A. Pak, ed. *NZ Avocado Growers' Association Annual Research Report Vol. 2. Avocado growers' association*, New Zealand.
- Palmer, J., R. Diack, J. Johnston and H. Boldingh. 2013. Manipulation of fruit dry matter accumulation and fruit size in 'Scifresh' apple through alteration of the carbon supply, and its relationship with apoplastic sugar composition. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 88 (4): 483–489.
- Rodriguez, P., J. Villamizar, L. Londono, T. Tran and F. Davrieux. 2023. Quantification of dry matter content in Hass avocado by Near-Infrared Spectroscopy (NIRS) scanning different fruit zones. *Plants* 12 (17): 3135.
- Subedi, P.P. and K.B. Walsh. 2020. Assessment of avocado fruit dry matter content using portable near infrared spectroscopy: Method and instrumentation optimisation. *Postharvest Biology and Technology* 161: 111078.

- Tan, C.X., S.S. Tan and S.T. Tan. 2017. Influence of geographical origins on the physiochemical properties of Hass avocado oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 94: 1431–1437.
- Toivonen, P.M.A. and B. Lannard. 2020. Dry matter content association with time of on-tree maturation, quality at harvest, and changes in quality after controlled atmosphere storage for 'Royal Gala' apples. *Canadian Journal of Plant Science* 101: 98–106.
- Varith, J., P. Dijkanarukkul, A. Achariyaviriya and S. Achariyaviriya. 2007. Combined microwave-hot air drying of peeled longan. *Journal of Food Engineering* 81: 459–468.

ผลของอัตราปลูกต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วพุ่ม

Effects of Plant Density on Growth, Yield and Seed Quality of Cowpea

(*Vigna unguiculata* L. Walp.)

ชินจิต แก้วกัญญา^{1*} อัครเดช แก้วเก็บคำ¹ และชยานันต์ ศรีสวัสดิ¹

Chunjit kaewkunya^{1*}, Akkaradeth Kaewkebkham¹ and Chayanant Srisawat¹

Received: January 18, 2024

Revised: February 27, 2024

Accepted: March 1, 2024

Abstract: This research aimed to investigate the effect of plant densities on growth, yield and seed quality of cowpea cultivated in field condition under lateritic soil. The experiment was conducted at Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus, during August 2018 to March 2019. Randomized Complete Block Design (RCBD) with 4 replications was used as an experimental design. Treatments consisted of 3 plants densities (number of plants per hill): 1 plant per hill (4,800 plants per rai), 2 plants per hill (9,600 plants per rai) and 3 plants per hill (14,400 plants per rai), plant spacing at 75x50 cm. The results indicated that plant density had not significant effect on plant height of cowpea. However, statistically significant different ($P < 0.05$) was found in leaf number per plant at 5 weeks after planting, which the planting rate of 1 plant per hill gave the highest average leave number (7.0 leave per plant). Planting rate at 3 plants per hill produced the highest average seed yield (166.7 kg/rai) with significantly different ($p < 0.05$). In term of seed quality (physical and physiological characteristics), significant difference between the treatments was not found ($p > 0.05$). This study concludes that the planting of cowpea at a rate of 3 plants per hill should be used for the cowpea production on lateritic soil, which gave the higher seed yield and seed quality.

Keywords: population density, seed yield, lateritic soil, cowpea

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอัตราปลูกต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วพุ่มที่ปลูกในดินลูกรังอันมีสภาพดินไร้ ดำเนินการทดลองที่คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ระหว่างเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2561 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2562 วางแผนการทดลองแบบ Randomize Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 3 สิ่งทดลอง คือ อัตราปลูกที่ต่างกัน (จำนวนต้นต่อหลุม) ได้แก่ 1 ต้นต่อหลุม (4,800 ต้นต่อไร่) 2 ต้นต่อหลุม (9,600 ต้นต่อไร่) และ 3 ต้นต่อหลุม (14,400 ต้นต่อไร่) ระยะปลูก 75x50 เซนติเมตร ผลการทดลองพบว่า อัตราปลูกไม่มีผลต่อความสูงต้นถั่วพุ่ม ($p > 0.05$) อย่างไรก็ตามพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของอัตราปลูกต่อจำนวนใบเฉลี่ย ($p < 0.05$) เมื่ออายุ 5 สัปดาห์ หลังปลูก อัตราปลูก 1 ต้นต่อหลุม มีจำนวนใบเฉลี่ยสูงสุด (7.0 ใบต่อต้น) อัตราปลูกที่ 3 ต้นต่อหลุม ให้ผลผลิตเมล็ดเฉลี่ยสูงสุด (166.7 กิโลกรัมต่อไร่) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

¹ ภาควิชาเกษตรและทรัพยากร คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร 47000

¹ Department of Agriculture and Resources, Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University Chalermphakait Sakon Nakhon Province Campus, Muang district, Sakon Nakhon 47000

*Corresponding author: csncjk@ku.ac.th

ทางสถิติกับอัตราปลูกอื่นๆ ($p < 0.05$) ในด้านคุณภาพเมล็ดพันธุ์ (ลักษณะทางกายภาพ และสรีรวิทยา) พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างสิ่งทดลอง ($p > 0.05$) จากการศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่าการปลูกถั่วพุ่มในสภาพดินลูกรังเพื่อให้ได้ผลผลิตเมล็ดที่สูงและเมล็ดพันธุ์คุณภาพดีควรใช้อัตราปลูกที่ 3 ต้นต่อหลุม

คำสำคัญ: ความหนาแน่นประชากร, ผลผลิตเมล็ด, ดินลูกรัง, ถั่วพุ่ม

คำนำ

ถั่วพุ่ม (Cowpea) (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) เป็นพืชตระกูลถั่วชนิดหนึ่งที่ใช้เป็นแหล่งโปรตีนให้กับประชากรโลกในประเทศยากจนแถบเอเชีย แอฟริกา และอเมริกาใต้ เนื่องจากเมล็ดแห้งของถั่วพุ่มมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบด้วยแป้ง 28.3-36.2 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 1.3-1.9 เปอร์เซ็นต์ เกลือแร่ 3.2-3.7 เปอร์เซ็นต์ เส้นใยที่ไม่ละลายน้ำ 1.7-3.0 เปอร์เซ็นต์ และโปรตีนสูงถึง 22.5-25.6 เปอร์เซ็นต์ (Ginka *et al.*, 2014) สามารถใช้ทดแทนโปรตีนจากเนื้อสัตว์ได้ ถั่วพุ่มเป็นพืชที่ปลูกง่าย สามารถเจริญเติบโตได้ในดินเกือบทุกชนิดรวมถึงดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีอายุเก็บเกี่ยวสั้น ทนแล้ง ปลูกได้ทั้งในสภาพไร่และสภาพนา (หลังการเก็บเกี่ยวข้าว) เป็นพืชที่ใช้ประโยชน์ได้เอนกประสงค์ใช้บริโภคได้ทั้งฝักสดและเมล็ดแห้ง ส่วนของลำต้นและใบหลังเก็บเกี่ยวผลผลิตฝักสดยังคงมีสีเขียวสดและมีโปรตีนสูงใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ดีโดยเฉพาะสัตว์เคี้ยวเอื้อง (เมธา, 2533) ชื่นจิต และคณะ (2555) รายงานว่าถั่วพุ่มที่อายุ 75 วันหลังปลูก มีวัตถุแห้ง 89.41 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนหยาบ 13.84 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย Neutral Detergent fiber (NDF) และ Acid Detergent fiber (ADF) เท่ากับ 43.60 และ 34.63 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังให้เมล็ดเป็นอาหารชั้นในการเลี้ยงสัตว์กระเพาะเดี่ยว เช่น สุกร สัตว์ปีก และสัตว์น้ำได้ เนื่องจากเมล็ดมีโปรตีนสูงจึงนำมาทดแทนโปรตีนจากสัตว์ที่ราคาแพง (Agza *et al.*, 2012) ถั่วพุ่มยังมีประโยชน์ในด้านการปรับปรุงบำรุงดินโดยปลูกหมุนเวียนกับพืชหลัก เช่น ข้าวโพด และมันสำปะหลัง เป็นต้น โดยหว่านหรือโรยเมล็ดก่อนปลูกพืชหลักอย่างน้อย 45-60 วัน แล้วไถกลบ หรือปลูกแซมในระหว่างแถวพืชหลัก ถั่วพุ่มน้ำหนักสดประมาณ 1-4 ต้นต่อไร่ ให้ธาตุไนโตรเจน

14.18 กิโลกรัมต่อการไถกลบถั่วพุ่มสามารถคืนธาตุอาหารหลัก ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมประมาณ 2.68 0.39 และ 2.46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (เนตรนภา, 2562)

วิธีการปลูก เช่น ระยะปลูก และอัตราปลูก ตลอดจนวันปลูก เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโต การให้ผลผลิต และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ของพืชชนิดต่างๆ ในส่วนของพืชตระกูลถั่ว นั้น มีรายงานผลการศึกษาวิจัยทั้งใน และต่างประเทศ ซึ่งในประเทศ สุรินทร์ และคณะ (2557) ศึกษาผลของระยะปลูกและจำนวนต้นต่อหลุมของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีเด่น MHS 17 พบว่า ในฤดูแล้งการปลูก 3 และ 4 ต้นต่อหลุม ให้ผลผลิตเมล็ดสูงกว่าจำนวน 2 ต้นต่อหลุม แต่ไม่พบอิทธิพลของระยะปลูกและจำนวนต้นต่อหลุมต่อน้ำหนัก 100 เมล็ด และชื้นจิต และคณะ (2565) ศึกษาผลของอัตราปลูกถั่วพุ่มที่ปลูกในสภาพดินลูกรัง ภายในพื้นที่จังหวัดสกลนคร พบว่า อัตราปลูกที่ 3 ต้นต่อหลุม (14,400 ต้นต่อไร่) ให้ผลผลิตเมล็ดสูงสุด (368.19 กิโลกรัมต่อไร่) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอัตราปลูก 1 และ 2 ต้นต่อหลุม ($p < 0.05$) แต่ในด้านคุณภาพเมล็ดพันธุ์ทางด้านกายภาพ (น้ำหนัก และขนาดเมล็ด) และทางด้านสรีรวิทยา (ความงอก ดัชนีการงอก ค่าเฉลี่ยวันที่แทงอก และน้ำหนักต้นกล้า) ไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างสิ่งทดลอง ($p > 0.05$) การศึกษาในต่างประเทศ Prusiński (2022) ศึกษาผลของระยะห่างแถวและจำนวนต้นต่อผลผลิตของถั่วปากอ้า (faba bean) ภายใต้สภาวะความชื้นที่แตกต่างกันมาก โดยใช้ระยะห่างแถว 2 ระยะ (16 และ 32 เซนติเมตร) และอัตราปลูก 3 อัตรา (45 60 และ 75 ต้นต่อตารางเมตร) ผลการศึกษา พบว่าระยะห่างแถวไม่มีผลต่อผลผลิตเมล็ด อัตราปลูกที่ 60 และ 75 ต้นต่อตารางเมตร

ให้ผลผลิตเมล็ดสูงใกล้เคียงกัน แตกต่างทางสถิติจากอัตรา 45 ต้นต่อตารางเมตร แต่ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างแถวและอัตราปลูกต่อผลผลิตเมล็ด ระยะห่างแถว และอัตราปลูกไม่มีอิทธิพลต่อจำนวนเมล็ดต่อฝัก น้ำหนักเมล็ดต่อฝัก และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด สำหรับในถั่วพุ่ม El Naim and Jabereldar (2010) ศึกษาผลของอัตราปลูก (4,800, 9,600, 14,400 และ 19,200 ต้นต่อไร่) และสายพันธุ์ (Buff, Haydood และ Eien Elgazal) ต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตเมล็ดถั่วพุ่มที่ปลูกในประเทศซูดาน พบว่าการเพิ่มอัตราปลูกความสูงต้นจะเพิ่มขึ้น แต่จำนวนใบต่อต้น และดัชนีพื้นที่ใบลดลง การเพิ่มอัตราปลูกทำให้ถั่วพุ่มมีผลผลิตเมล็ดต่อพื้นที่สูงขึ้น อย่างไรก็ตามจำนวนฝักต่อต้น น้ำหนักเมล็ด และดัชนีการเก็บเกี่ยวจะลดลงเมื่อเพิ่มจำนวนประชากรต่อพื้นที่ พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างสายพันธุ์ และ Bisikwa *et al.* (2014) ศึกษาผลของอัตราปลูกต่อศักยภาพของถั่วพุ่มพันธุ์ท้องถิ่น และพันธุ์ดีเด่น ในภาคตะวันออกของประเทศยูกันดา (Uganda) ประกอบด้วย 3 สิ่งทดลอง คือ อัตราปลูก 11,851 ต้นต่อไร่ ระยะปลูก 45x30 เซนติเมตร อัตรา 8,888 ต้นต่อไร่ ระยะปลูก 60x30 เซนติเมตร และอัตรา 7,111 ต้นต่อไร่ ระยะปลูก 75x30 เซนติเมตร ผลการศึกษาสรุปว่าการเพิ่มอัตราปลูกจะเพิ่มผลผลิตเมล็ดถั่วพุ่มทั้งสองกลุ่ม โดยการปลูกในอัตราต่ำ กลาง และสูง สามารถให้ผลผลิตเมล็ดเฉลี่ย 140.16 148.48 และ 155.04 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

สำหรับประเทศไทย ศูนย์วิจัยพืชไร่ อุบลราชธานี (2543) รายงานวิธีการปลูกถั่วพุ่ม ซึ่งแบ่งตามลักษณะทรงพุ่ม โดยพันธุ์ที่มีลักษณะทรงพุ่มตั้ง ต้นค่อนข้างเล็ก ใช้ระยะปลูก 50x20 เซนติเมตร ปลูกแบบหยอด 2 ต้น/หลุม หรือโรยแถว ระยะแถว 50 เซนติเมตร โรยเมล็ดระยะห่างประมาณ 5 เซนติเมตร สำหรับพันธุ์ที่ทรงพุ่มเลื้อย หรือต้นใหญ่ ใช้ระยะปลูก 75x50 เซนติเมตร ปลูกแบบหยอด 2 ต้นต่อหลุม และสำหรับการปลูกเพื่อไถกลบเป็นปุ๋ยพืชสด ใช้ระยะ 30x30 เซนติเมตร หยอดเมล็ด 1 ต้นต่อหลุม หรือโรยตามร่องไถ ใช้เมล็ดประมาณ 5 กิโลกรัมต่อไร่ หรือการ

ปลูกแบบหว่านจะใช้เมล็ดพันธุ์ประมาณ 7-8 กิโลกรัมต่อไร่

จากที่กล่าวมาข้างต้นแสดงให้เห็นว่าวิธีการปลูกเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต การให้ผลผลิต ตลอดจนคุณภาพเมล็ดพันธุ์พืช การจัดการวิธีการปลูกที่เหมาะสมนอกจากจะส่งผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตพืช แล้วยังส่งผลต่อความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ จากความสำคัญดังกล่าวจึงได้ศึกษาวิจัยโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอัตราปลูกต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วพุ่มที่ปลูกในสภาพไร่ สำหรับใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาระบบการผลิตที่มีประสิทธิภาพต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษานี้ใช้ถั่วพุ่มพันธุ์ KRU 264 R (เมล็ดแดง) เป็นสายพันธุ์ดีเด่นของมหาวิทยาลัยขอนแก่น ทดลองปลูกพืชที่ฟาร์มพืช คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ระหว่างเดือน สิงหาคม พ.ศ. 2561-มีนาคม พ.ศ. 2562 ศึกษาการเจริญเติบโต และผลผลิตเมล็ดในสภาพไร่ซึ่งเป็นชุดดินอินพินัส (ดินลูกรังอันดับ Ultisols) และศึกษาคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในห้องปฏิบัติการ

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ 3 สิ่งทดลอง ประกอบด้วย อัตราปลูกที่แตกต่างกัน 3 อัตรา คือ

สิ่งทดลองที่ 1 (T1) = 1 ต้น/หลุม (4,800 ต้นต่อไร่)

สิ่งทดลองที่ 2 (T2) = 2 ต้น/หลุม (9,600 ต้นต่อไร่)

สิ่งทดลองที่ 3 (T3) = 3 ต้น/หลุม (14,400 ต้นต่อไร่)

วิธีการปลูกและการจัดการ

เตรียมแปลงขนาด 2x3 เมตร ที่มีระยะห่างระหว่างแปลง 1.5 เมตร และระยะปลูกระหว่างแถวและหลุม 75x50 เซนติเมตร ปลูกโดยการหยอดเมล็ด 2-4 เมล็ดต่อหลุม หลังเมล็ดงอก 2 สัปดาห์ ถอนแยก

ให้ได้จำนวนต้นตามสิ่งทดลอง (1 และ 3 ต้นต่อหลุม) ตามลำดับ ให้น้ำโดยใช้ระบบสปริงเกอร์สัปดาห์ละ 2-3 ครั้ง ยกเว้นกรณีฝนตก การกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ย กำจัดวัชพืชก่อนการใส่ปุ๋ยโดยใช้จอบถากแล้วใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ หลังปลูก 14 วัน และครั้งที่ 2 ใส่ 30 วัน หลังปลูก โดยวิธีการโรยข้างแถวพร้อมกลบโคนต้น การเก็บเกี่ยว หลังปลูกประมาณ 60-68 วัน ผักถั่วพุ่มจะทยอยแก่และแห้ง (ผักเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นเหลือง และสีน้ำตาล) โดยเก็บผักที่เปลี่ยนเป็นสีเหลืองใส่ถุงตาข่าย แล้วนำไปผึ่งไว้ในที่ร่ม 6-7 วัน หลังจากผักแห้งนำไปกะเทาะเมล็ดด้วยมือทำความสะอาดเมล็ดซึ่งน้ำหนักต่อแปลงและคำนวณเป็นน้ำหนักเมล็ดต่อไร่ แล้วนำเมล็ดที่ได้ในแต่ละแปลงภายหลังทำความสะอาดและลดความชื้นเรียบร้อยแล้วไปตรวจสอบคุณภาพในห้องปฏิบัติการต่อไป

การบันทึกข้อมูล

1. ความสูง โดยวัดความสูงของถั่วพุ่มจากผิวดินถึงส่วนที่สูงที่สุด โดยบันทึกข้อมูลทุกสัปดาห์จนถึงระยะออกดอก
2. จำนวนใบ โดยนับจำนวนใบต่อต้นทำการบันทึกข้อมูลทุกสัปดาห์ จนถึงเก็บเกี่ยวผลผลิต
3. จำนวนผักต่อต้น ในระยะก่อนเก็บเกี่ยว ผลผลิตสุ่มนับจำนวนผักต่อต้นจำนวน 10 ต้นต่อแปลงย่อย แล้วหาค่าเฉลี่ย
4. จำนวนเมล็ดต่อต่อผัก สุ่มผักแห้งที่เก็บเกี่ยวในแต่ละแปลงจำนวน 10 ผักต่อแปลงย่อย และ

$$\text{ความงอกของเมล็ด (เปอร์เซ็นต์)} = \left\{ \frac{\text{จำนวนของเมล็ดที่งอก}}{\text{จำนวนเมล็ดทั้งหมด}} \right\} \times 100$$

- 2) ดัชนีการงอก (germination index; GI) โดยเพาะเมล็ดเช่นเดียวกันกับการทดสอบความงอก ตรวจนับจำนวนต้นกล้าปกติทุกวันหลัง

$$\text{ดัชนีการงอกของเมล็ด} = \text{ผลรวม} \left\{ \frac{\text{จำนวนต้นกล้าปกติที่งอกในแต่ละวัน}}{\text{จำนวนวันหลังเพาะเมล็ด}} \right\}$$

- 3) ค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่ใช้ในการงอก (mean germination time; MGT) (Ghiyasi et

$$\text{ค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่ใช้งอก (วัน)} = \text{ผลรวม} \left\{ \frac{\text{จำนวนเมล็ดที่งอก} \times \text{จำนวนวันที่นับ}}{\text{ผลรวมของเมล็ดทั้งหมดที่งอก}} \right\}$$

ผักเพื่อนับจำนวนเมล็ดต่อผัก แล้วหาค่าเฉลี่ย

5. ผลผลิตเมล็ด (กิโลกรัมต่อไร่) ทยอยเก็บผลผลิตผักแห้งทั้งแปลง ภายในพื้นที่ 6 ตารางเมตร และนำไปตากในร่มเพื่อลดความชื้น เมื่อผักแห้งกะเทาะเมล็ดนำไปทำความสะอาดและชั่งน้ำหนักเมล็ดต่อแปลง และคำนวณเป็นผลผลิตเมล็ดต่อไร่

6. คุณภาพเมล็ดพันธุ์ นำเมล็ดถั่วพุ่มที่ได้แต่ละสิ่งทดลองตรวจสอบคุณภาพในห้องปฏิบัติการ ดังนี้

6.1 คุณภาพทางด้านกายภาพของเมล็ดพันธุ์ ประกอบด้วย

- 1) ขนาด (ความกว้าง ความยาว และความหนา) ใช้เวอร์เนียร์คาลิเปอร์วัดเมล็ดจำนวน 20 เมล็ด จำนวน 4 ซ้ำ
- 2) น้ำหนักเมล็ด ใช้เครื่องชั่ง 3 ตำแหน่ง ชั่งเมล็ดจำนวน 100 เมล็ด 4 ซ้ำ

6.2 คุณภาพทางสรีรวิทยา โดยการประเมินความงอก และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ที่สำคัญ 5 ลักษณะ ประกอบด้วย

- 1) ความงอกมาตรฐาน
โดยนำเมล็ดถั่วพุ่มได้จากการปลูกในสภาพไร้เพาะในกล่องเพาะเมล็ดที่บรรจุทรายที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ จำนวน 3 ซ้ำๆ ละ 50 เมล็ด วางไว้ในสภาพอุณหภูมิห้อง ประเมินความงอกครั้งแรกเมื่ออายุ 7 วัน และประเมินความงอกครั้งสุดท้าย เมื่ออายุ 10 วัน (ISTA, 2017) เพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความงอกจากสูตร

$$\left\{ \frac{\text{จำนวนของเมล็ดที่งอก}}{\text{จำนวนเมล็ดทั้งหมด}} \right\} \times 100$$

เพาะจนสิ้นสุดการทดลองแล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณจากสูตร (AOSA, 1983)

$$\left\{ \frac{\text{จำนวนต้นกล้าปกติที่งอกในแต่ละวัน}}{\text{จำนวนวันหลังเพาะเมล็ด}} \right\}$$

al., 2008) โดยคำนวณจากสูตร

$$\left\{ \frac{\text{จำนวนเมล็ดที่งอก} \times \text{จำนวนวันที่นับ}}{\text{ผลรวมของเมล็ดทั้งหมดที่งอก}} \right\}$$

4) ความสูงต้นกล้า วัดความสูงต้นจากโคนต้นระดับผิวดินถึงปลายยอดของต้นกล้าปกติ

$$\text{ความสูงต้นกล้าเฉลี่ย (เซนติเมตร)} = \frac{\text{ผลรวมความสูงของต้นกล้าปกติ}}{\text{จำนวนต้นกล้าปกติ}}$$

5) น้ำหนักต้นกล้า (น้ำหนักสด และแห้ง) ชั่ง 10 ต้น แล้วหาค่าเฉลี่ย) โดยตัดต้นกล้าปกติที่ระดับคอดินที่อายุ 7 วัน แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 80

$$\text{น้ำหนักแห้งต้นกล้าต่อต้น (มิลลิกรัม)} = \frac{\text{ผลรวมน้ำหนักแห้งของต้นกล้าปกติ}}{\text{จำนวนต้นกล้าปกติ}}$$

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนตามแผนการทดลอง และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยโปรแกรมสำเร็จรูป (Statistix 8.0)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การเจริญเติบโต

ผลของอัตราปลูกต่อการเจริญเติบโตทางด้านความสูง และจำนวนใบต่อต้นของถั่วพุ่มที่ระยะเวลาต่าง ๆ ซึ่งเห็นได้ว่าไม่พบอิทธิพลของอัตราปลูกต่อความสูงต้น ($p>0.05$) โดยมีความสูงเฉลี่ย 23.4 27.3 และ 31.8 เซนติเมตร สำหรับที่อายุ 3 4 และ 5 สัปดาห์ หลังปลูก ตามลำดับ (Table 1) ทั้งนี้เนื่องจากการปลูกทั้ง 3 อัตรา ใช้ระยะปลูกที่เท่ากันคือระยะระหว่างแถวและระหว่างหลุมที่ 75x50 เซนติเมตร และได้รับปัจจัยต่างๆ ในปริมาณที่เท่ากันและเพียงพอสำหรับจำนวนใบในช่วงแรกของการเจริญเติบโตคือที่อายุ 3 และ 4 สัปดาห์ หลังปลูก ถั่วพุ่มที่ปลูกด้วยอัตราแตกต่างกันมีจำนวนใบไม่แตกต่างกันทางสถิติ (เฉลี่ย

ที่อายุ 7 วัน คำนวณความสูงของต้นกล้าเฉลี่ย จากสูตร

$$\text{ผลรวมความสูงของต้นกล้าปกติ} \\ \text{จำนวนต้นกล้าปกติ}$$

องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (AOSA, 1983) และคำนวณน้ำหนักแห้งของต้นกล้าเฉลี่ย จากสูตร

$$\text{ผลรวมน้ำหนักแห้งของต้นกล้าปกติ} \\ \text{จำนวนต้นกล้าปกติ}$$

1.8 และ 3.4 ใบต่อต้น) แต่ที่อายุมากขึ้น 5 สัปดาห์ หลังปลูก การปลูกที่อัตรา 1 ต้นต่อหลุม ส่งผลให้ถั่วพุ่มมีจำนวนใบเฉลี่ยสูงสุด (7.0 ใบต่อต้น) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอัตราปลูก 2 และ 3 ต้นต่อหลุม ที่มีจำนวนใบใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อพืชมีอายุมากขึ้นอัตราปลูกที่ต่ำ (1 ต้นต่อหลุม) ได้รับปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตเต็มที่ที่ไม่มีการแข่งขันจึงมีการเจริญเติบโตดีกว่า ผลการศึกษาค้นคว้าสอดคล้องกับรายงานของ ชื่นจิต และคณะ (2565) ที่ศึกษาผลของอัตราปลูกต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วพุ่ม ซึ่งพบว่าอัตราปลูกไม่มีผลต่อความสูงต้นของถั่วพุ่ม และเมื่ออายุมากขึ้นอัตราปลูก 1 ต้นต่อหลุม ทำให้ถั่วพุ่มมีจำนวนใบสูงกว่าอัตรา 2 และ 3 ต้นต่อหลุม แต่ขัดแย้งกับรายงานวิจัยของ El Naim and Jabereldar (2010) ศึกษาผลของอัตราปลูก (4,800, 9,600, 14,400 และ 19,200 ต้นต่อไร่) และสายพันธุ์ (Buff, Haydood และ Eien Elgazel) ต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตเมล็ดถั่วพุ่มที่ปลูกในประเทศชูดาน พบว่า การเพิ่มอัตราปลูกความสูงต้นจะเพิ่มขึ้น แต่จำนวนใบต่อต้น และดัชนีพื้นที่ใบลดลง

Table 1 Effect of plant densities (plants per hill) on plant height and leaf number of cowpea at 3, 4 and 5 weeks after planting.

Plant densities	Plant height (cm.)			Leave number (leaves per plant)		
	3 WAP	4 WAP	7 WAP	3 WAP	4 WAP	5 WAP
1 plant/hill (4,800 plants/rai)	22.2	27.7	30.4	1.7	3.7	7.0 a
2 plants/hill (9,600 plants/rai)	23.6	27.8	32.2	1.7	3.5	5.1 b
3 plants/hill (14,400 plants/rai)	24.4	26.4	32.9	1.9	3.2	5.3 b

Table 1 (continued).

Plant densities	Plant height (cm.)			Leave number (leaves per plant)		
	3 WAP	4 WAP	7 WAP	3 WAP	4 WAP	5 WAP
Mean	23.4	27.3	31.8	1.8	3.4	5.8
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	*
C.V. (%)	5.3	5.6	9.5	10.1	12.0	12.6

ns= non-statistically significant difference, * statically significant difference at $p < 0.05$

Means within the same column followed by a common letter are not significant different at 5 % level by LSD.

2. องค์ประกอบผลผลิตบางประการ และผลผลิตเมล็ด

จากการศึกษาองค์ประกอบผลผลิตบางประการของถั่วพุ่มจาก (Table 2) พบว่า การปลูกที่อัตรา 1 ต้นต่อหลุม ทำให้มีจำนวนฝักต่อเฉลี่ยต้นสูงสุด (12.4 ฝักต่อต้น) แตกต่างทางสถิติกับการปลูกที่อัตรา 2 และ 3 ต้นต่อหลุม ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการได้รับปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น น้ำ ธาตุอาหาร อากาศ และแสงอย่างเต็มที่ที่ไม่มีการแก่งแย่งจากต้นอื่นๆ อย่างไรก็ตามถั่วพุ่มที่ปลูกทั้ง 3 อัตรา มีจำนวนเมล็ดต่อฝักไม่แตกต่างกันทางสถิติคือมีค่าเฉลี่ย 9.4 เมล็ดต่อฝัก ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยนี้ถูกควบคุมด้วยลักษณะทางพันธุกรรม ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ ชื่นจิต และคณะ (2565) ที่ศึกษาผลของอัตราปลูกต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วพั่ว ซึ่งพบว่าอัตราปลูกที่ต่ำ ถั่วพั่วจะมีจำนวนฝักต่อต้นสูงสุด แต่อัตราปลูกไม่มีผลต่อจำนวนเมล็ดต่อฝัก และสอดคล้องกับรายงานของ El Naim and Jabereldar (2010) ศึกษาผลของอัตราปลูก (4,800, 9,600, 14,400 และ 19,200 ต้นต่อไร่) และสายพันธุ์ (Buff, Haydood และ Eien Elgazel) ต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตเมล็ดถั่วพุ่มที่ปลูกในประเทศซูดานพบว่า จำนวนฝักต่อต้นจะลดลงเมื่อเพิ่มจำนวนประชากรต่อพื้นที่

เมื่อพิจารณาในส่วนของผลผลิตเมล็ดพบว่า การปลูกที่อัตรา 3 ต้นต่อหลุม ให้ผลผลิตสูงสุด คือ

166.7 กิโลกรัมต่อไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอัตราปลูก 1 และ 2 ต้นต่อหลุม ซึ่งให้ผลผลิตใกล้เคียงกัน (Table 2) ทั้งนี้เนื่องจากความหนาแน่นของประชากรพืชมีผลต่อการเพิ่มหรือลดผลผลิตเมล็ด การศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของนักวิจัยหลายท่าน ได้แก่ สุริยันต์ และคณะ (2557) ที่พบว่า การปลูกถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีเด่น MHS17 ที่อัตรา 3 และ 4 ต้นต่อหลุม จะให้ผลผลิตเมล็ดสูงกว่าการปลูกจำนวน 2 ต้นต่อหลุม ชื่นจิต และคณะ (2565) ศึกษาผลของอัตราปลูกต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วพั่ว พบว่า การปลูกถั่วพั่วในสภาพดินลูกรังด้วยอัตรา 3 ต้นต่อหลุม ให้ผลผลิตเมล็ดสูงกว่าอัตราปลูก 1 และ 2 ต้นต่อหลุม El Naim and Jabereldar (2010) ศึกษาผลของอัตราปลูก (4,800, 9,600, 14,400 และ 19,200 ต้นต่อไร่) และสายพันธุ์ (Buff, Haydood และ Eien Elgazel) ต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตเมล็ดถั่วพุ่ม ที่ปลูกในประเทศซูดาน พบว่า ผลผลิตเมล็ดจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มจำนวนประชากรต่อพื้นที่ แต่ไม่พบผลของอัตราปลูกต่อจำนวนเมล็ดต่อฝักของถั่วพุ่มทั้ง 3 สายพันธุ์ และ Bisikwa *et al.* (2014) ศึกษาผลของอัตราปลูกต่อศักยภาพของถั่วพุ่มพันธุ์ท้องถิ่น และพันธุ์ดีเด่นในภาคตะวันออกของประเทศยูกันดา (Uganda) ผลการศึกษาสรุปว่า การเพิ่มอัตราปลูกจะเพิ่มผลผลิตเมล็ดถั่วพุ่มทั้งสองกลุ่ม

Table 2 Effect of plant densities (plants per hill) on some yield components and seed yield of cowpea.

Plant densities (plant/hill)	Pod per plant	Seed per pod	Seed yield (kg/rai)
1 plant/hill (4,800 plants/rai)	12.4 a	9.4	129.3 b
2 plants/hill (9,600 plants/rai)	9.4 b	9.0	132.5 b
3 plants/hill (14,400 plants/rai)	6.7 c	9.8	166.7 a
Mean	9.5	9.4	142.8
F-test	**	ns	*
C.V. (%)	13.1	9.0	9.3

ns= non-statistically significant difference, * = statically significant difference at $p < 0.05$, ** = statically significant difference at $p < 0.01$; Means within the same column followed by a common letter are not significant different at 5 % level by LSD.

ผลผลิตเมล็ดถั่วพุ่มที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ (เฉลี่ย 142.8 กิโลกรัมต่อไร่ และสูงสุด 166.7 กิโลกรัมต่อไร่) ซึ่งผลผลิตที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้น้อยกว่าการรายงานของ ศูนย์วิจัยพืชไร่อุบลราชธานี (2543) ซึ่งถั่วพุ่มสายพันธุ์ KRU 264 R ปลูกในชุดดินวริน ให้ผลผลิตเมล็ดแห้งระหว่าง 180-200 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้งนี้เนื่องจากปลูกในสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน โดยเฉพาะสภาพดินซึ่งการศึกษาครั้งนี้ปลูกในดินลูกรังซึ่งมีหน้าดินตื้น (ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ) ถึงแม้ว่าอัตราปลูก 1 ต้นต่อหลุม จะมียอดประกอบผลผลิตในส่วน ของจำนวนฝักต่อต้นสูงสุด (12.4 ฝักต่อต้น) แต่ให้ผลผลิตเมล็ดต่ำกว่า ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อพิจารณาถึงจำนวนต้นต่อพื้นที่จะมีจำนวนต้นต่อพื้นที่น้อยกว่าการปลูกด้วยอัตราปลูกที่สูงกว่า

3.คุณภาพเมล็ดพันธุ์

จากผลการทดลองพบว่า ไม่พบอิทธิพลของอัตราปลูกต่อน้ำหนักเมล็ด โดยการปลูกทั้ง 3 อัตรา ทำให้ถั่วพุ่มมีน้ำหนักเมล็ดใกล้เคียงกันคือเฉลี่ย 23.4 กรัมต่อ 100 เมล็ด ในขณะที่ขนาดเมล็ด (ความกว้าง ยาว และหนา) ให้ผลจะสอดคล้องกับน้ำหนักเมล็ด โดยอัตราปลูกทั้ง 3 อัตรา ไม่มีผลต่อขนาดเมล็ดถั่วพุ่ม ($p > 0.05$) โดยเมล็ดมีความกว้าง ความยาว และความหนา อยู่ในช่วงระหว่าง 5.1–5.6 8.6–9.7 และ 3.5–4.1 มิลลิเมตร ตามลำดับ (Table 3) สอดคล้องกับการรายงานของ สุริยันต์ (2557) ที่พบว่า การปลูก ถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีเด่น MHS17 ด้วยอัตรา 2 3 และ 4 ต้นต่อหลุม ไม่ทำให้ถั่วเหลืองมีน้ำหนัก 100 เมล็ด

แตกต่างกันทางสถิติ (เฉลี่ย 13.6 กรัมต่อ 100 เมล็ด) นอกจากนี้ ขึ้นจิต และคณะ (2565) ที่ศึกษาผลของ อัตราปลูกต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพ เมล็ดพันธุ์ถั่วพุ่ม พบว่า อัตราปลูกไม่มีอิทธิพลต่อน้ำหนัก และขนาดเมล็ดพันธุ์ถั่วพุ่มที่ปลูกในสภาพดินลูกรัง ภายในพื้นที่จังหวัดสกลนคร และ Prusíński (2022) ที่ศึกษาผลของระยะห่างระหว่าง แถวและจำนวนต้นต่อผลผลิตของถั่วปากอ้า (faba bean) ภายใต้สภาพที่มีความชื้นแตกต่างกันมาก โดยใช้ระยะห่างระหว่างแถว 2 ระยะ (16 และ 32 เซนติเมตร) และอัตราปลูก 3 อัตรา (45 60 และ 75 ต้นต่อตารางเมตร) ซึ่งพบว่า อัตราปลูกไม่มีอิทธิพลต่อจำนวนเมล็ดต่อฝัก น้ำหนักเมล็ดต่อฝัก และ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด

ในส่วนของคุณภาพทางด้านสรีรวิทยาของ เมล็ดพันธุ์ ซึ่งประกอบไปด้วยความงอกมาตรฐาน ดัชนีการงอก ค่าเฉลี่ยวันที่แทงอก ความสูง และ น้ำหนักต้นกล้า พบว่า อัตราปลูกไม่มีอิทธิพลต่อคุณภาพดังกล่าว โดยมีความงอกเฉลี่ย 86.7 เปอร์เซ็นต์ ดัชนีการงอกเฉลี่ย 12.2 และค่าเฉลี่ย จำนวนวันที่แทงอกเฉลี่ย 4.1 วัน โดยต้นกล้าของถั่วพุ่ม มีความสูงเฉลี่ย 19.0 เซนติเมตร และมีน้ำหนักน้ำหนั กสดและน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 1.36 และ 0.08 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (Table 4) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอัตราปลูกทั้ง 3 อัตรา (1 2 และ 3 ต้นต่อหลุม) สามารถผลิตเมล็ดพันธุ์ที่มีอาหารสะสมเพียงพอที่จะทำให้เมล็ดพันธุ์มี คุณภาพทางด้านสรีรวิทยาไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ซึ่งผลการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้สอดคล้องกับการรายงานของ ชื่นจิต และคณะ (2565) ที่พบว่า อัตราปลูกไม่มีผลต่อคุณภาพทางสรีรวิทยาของเมล็ดพันธุ์ถั่วพุ่ม และจากการศึกษาของ Vujakovic *et al.* (2014) ที่ศึกษา

อิทธิพลของอัตราปลูกและสายพันธุ์ต่อคุณภาพเมล็ด และผลผลิตเมล็ดเรพซิด (*Brassica napus* L.) พบว่าไม่พบความแตกต่างทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ความออกของเมล็ดต่อสายพันธุ์ และอัตราปลูก

Table 3 Effect of plant densities (plants per hill) on seed weight and seed size of cowpea seed.

Plant densities (plant/hill)	100 Seed weight (gram)	Seed size (mm.)		
		Width	Length	Thickness
1 plant/hill (4,800 plants/rai)	24.8	5.6	9.7	4.1
2 plants/hill (9,600 plants/rai)	22.3	5.1	8.6	3.5
3 plants/hill (14,400 plants/rai)	23.0	5.3	8.9	3.9
Mean	23.4	5.3	9.1	3.9
F-test	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	4.0	6.4	7.1	5.2

ns= non-statistically significant difference

Table 4 Effect of plant densities (plants per hill) on physiological qualities of cowpea seed.

Plant densities (plant/hill)	Seed germination (%)	Germination index ; GI	Mean germination time (day)	Shoot length (cm)	Seedling weight (gram/plant)	
					Fresh	Dry
1 plant/hill (4,800 plants/rai)	86.0	12.1	4.2	19.5	1.38	0.08
2 plants/hill (9,600 plants/rai)	84.0	11.0	4.4	18.3	1.35	0.07
3 plants/hill (14,400 plants/rai)	90.0	13.6	3.9	19.2	1.37	0.09
Mean	86.7	12.2	4.1	19.0	1.36	0.08
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	5.6	12.4	10.9	6.0	6.3	13.1

ns= non-statistically significant difference

สรุป

การปลูกถั่วพุ่มสายพันธุ์ KCU 264 R ในสภาพดินลูกรัง ภายใต้สภาพแวดล้อมจังหวัดสกลนคร ด้วยอัตราปลูก (จำนวนต้นต่อหลุม) ที่แตกต่างกัน คือ 1 2 และ 3 ต้นต่อหลุม ทำให้ถั่วพุ่มมีความสูงต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่การปลูกที่จำนวน 1 ต้นต่อหลุม ทำให้ถั่วพุ่มมีจำนวนใบต่อต้นสูงสุด ทั้งนี้การปลูกที่ 3 ต้นต่อหลุม ทำให้ถั่วพุ่มมีผลผลิตเมล็ดสูงสุด (166.7 กิโลกรัมต่อไร่) แม้ไม่พบความแตกต่างอย่างมี

นัยสำคัญในด้านคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ทั้งทางด้านกายภาพ (น้ำหนัก และขนาดเมล็ด) และด้านสรีรวิทยา (ความงอกมาตรฐาน ดัชนีการงอก ค่าเฉลี่ยวันที่ใช้งอก ความสูง และน้ำหนักต้นกล้า) ระหว่างอัตราปลูกที่แตกต่างกัน

ข้อเสนอแนะ

การปลูกถั่วพุ่มในสภาพดินลูกรัง ภายใต้สภาพแวดล้อมจังหวัดสกลนคร เพื่อให้ได้ผลผลิตเมล็ดที่สูงและเมล็ดพันธุ์คุณภาพดีควรปลูกในอัตรา

3 ต้นต่อหลุม (14,400 ต้นต่อไร่) อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้เป็นเพียงการศึกษาจำนวนต้นต่อหลุม โดยใช้ระยะปลูกที่เท่ากัน คือ ระยะห่างระหว่างแถว และระหว่างหลุม 75x50 เซนติเมตร เท่านั้น จึงควรมี การศึกษาระยะปลูกทั้งระยะห่างระหว่างต้น ระยะห่าง ระหว่างแถวกับการศึกษาอัตราปลูก (จำนวนต้นต่อ หลุม) ควบคู่กันไปเพื่อเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- ชื่นจิต แก้วกัญญา, ปณิตดา ประสาทชัย และอมรรัตน์ อุปพงศ์. 2555. ศักยภาพของถั่วเขตร้อน เพื่อเป็นอาหารสัตว์คุณภาพดีและการ ปรับปรุงบำรุงดินลูกไร่. วารสารวิทยาศาสตร์ เกษตร 43 (พิเศษ 2): 585-588.
- ชื่นจิต แก้วกัญญา, เครือฟ้า คนหมั่น และรัตติยา สารโสภา. 2565. ผลของอัตราปลูกต่อการ เจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพเมล็ด พันธุ์ของถั่วพุ่ม. หน้า 151-156 ใน : การประชุมวิชาการนวัตกรรมเกษตรและ ทรัพยากรธรรมชาติ ครั้งที่ 1 มหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์วิทยาเขตหาดใหญ่, สงขลา.
- เนตรนภา อินสลด. 2562. การปลูกพืชบำรุงดิน. โครงการแนวทางการยกระดับการผลิตและ การเพิ่มมูลค่าผลผลิตข้าวและกัญชงบน พื้นที่สูง.ภายใต้โครงการบริการวิชาการ ในลักษณะโครงการ (Project base) เพื่อ บูรณาการยุทธศาสตร์. คณะผลิตกรรม การเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 7 หน้า.
- เมธา วรรณพัฒน์. 2533. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. พันธุ์พืชบลิซซิง. กรุงเทพฯ. 473 หน้า
- ศูนย์วิจัยพืชไร่อุบลราชธานี. 2543. ถั่วพุ่ม. โรงพิมพ์ ศิริธรรมออฟเซ็ท อุบลฯ, อุบลราชธานี. 39 หน้า.
- สุริยนต์ ดีดเหล็ก, มณฑิยา แสงตะหมื่น, กัญญารัตน์ สุวรรณ และรัชนี้ ไสยา. 2557. ผลของระยะ ปลูกและจำนวนต้นต่อหลุมของถั่วเหลือง สายพันธุ์ดีเด่น MHS17 ในแหล่งปลูก จังหวัดแม่ฮ่องสอน. คลังผลงานวิจัย กรม วิชาการเกษตร. (ระบบออนไลน์). แหล่ง ข้อมูล: <http://www.doa.go.th/research/attachment.php?adi=2332> (6 กรกฎาคม 2561).
- Agza B., B. Kasa., S. Zewdu., E. Aklilu and F. Alemu. 2012. Animal feed potential and adaptability of some cowpea (*Vigna unguiculata*) varieties in North West lowlands of Ethiopia. Wudpecker Journal of Agricultural Research 1(11): 478-483.
- Association of Official Seed Analysts (AOSA). 1983. Seed Vigor Testing Handbook. 1st Edition, AOSA, East Lansing, 88 p.
- Bisikwa, J., R. Kawooya., J.M. Ssebuliba., S.P. Ddungu., M.Biruma and D.K. Okello. 2014. Effect of plant density on the performance of local and elite cowpea (*Vigna unguiculata* L. (Walp)) varieties in Eastern Uganda. African Journal of Applied Agricultural Sciences and Technologies (Online) 1 (1): 28-41.
- El Naim, A.M. and A.A. Jabereldar. 2010. Effect of plant density and cultivar on growth and yield of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). Australian Journal of Basic and Applied Sciences 4(8): 3148-3152.
- Ghiyasi, M., M.R. Zardoshty and A.F. Mogadam. 2008. Effect of osmo priming on germination and seedling growth of corn (*Zea mays* L.) seeds. Research Journal of Biological Science 3(7): 779-782.
- Ginka A. A., D.S. Tsvetelina and M.I. Marin. 2014. Proximate and lipid composition of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) cultivated in Bulgaria. Journal of Food Composition and Analysis 33 (2): 146-152.

ISTA. 2017. International Rules for Seed Testing. International Seed Testing Association. Basesdorf, Switzerland. Available Source : <https://www.seedtest.org/en/home.html> (February 10, 2019).

Prusiński, J. 2022. Effect of row spacing and plant density on the yield of *Faba bean* L. under vary differentiated humidity conditions. Journal of Agricultural Science 14 (1): 1-10.

Vujakovic, M., A.M. Jeromela, D. Jovicic, N. Jakovljevic, R. marinkovic, N. jakovljevic and S.M. Stanisic. 2014. Effects of plant density on seed quality and yield of oilseed rape (*Brassica napus* L.). Journal on Processing and Energy in Agriculture 18(2): 73-76.

ความหลากหลายทางพันธุกรรมของถั่วเขียวฉายรังสี ชั่วที่ 5

Genetic Variation of the M₅ Generation Irradiation of Mung Beansธีรวุฒิ วงศ์วรรัตน์^{1*} อัจฉรา จอมสง่างวงศ์² จุฑารัตน์ ช้างแก้วมณี² และยิ่งยศ พาลูกา¹Theerawut Wongwarat^{1*}, Achara Jomsangawong², Jutarat Changkaewmanee² andYingyod Paluka¹

Received: October 19, 2023

Revised: March 1, 2024

Accepted: March 12, 2024

Abstract: Yield evaluation of the M₅ generation of electron beam irradiated mungbean, Chai Nat 84-1 and Chai Nat 3, was performed. The study was designed with RCB with 3 replications. Statistically significant differences were observed ($p \leq 0.5$). Higher yields (98.25-105.50 kilogram/rai) were observed in the Chai Nat 84-1 M₅ generations compared to the initial cultivars (84.90 Kilogram/rai). The yields of the Chai Nat 3 M₅ generations were greater than those of the initial lines (70.20 Kilogram/rai). The environment might influence the higher yield. The genetic diversity study of the M₅ generation varieties and initial cultivars using 9 SSR markers could divide the high yield M₅ generation from the initial cultivars that they were real mutant lines. Confirmation of the mutation-induced M₅ generation of mungbeans caused by mutation. These mutant lines will be the preliminary yield trials.

Keywords: mutation, genetic diversity, SSR markers

บทคัดย่อ: การประเมินผลผลิตของถั่วเขียวฉายรังสีเลือกตรอนชั่วที่ 5 (M₅) จากถั่วเขียวพันธุ์ตั้งต้น ได้แก่ พันธุ์ Chai Nat 84-1 และ Chai Nat 3 ศึกษาด้วยการวางแผนการทดลอง RCB 3 ซ้ำ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.5$) ถั่วเขียวฉายรังสี M₅ Chai Nat 84-1 มีผลผลิต (98.25-105.50 กิโลกรัมต่อไร่) สูงกว่าพันธุ์ตั้งต้น (84.90 กิโลกรัมต่อไร่) ถั่วเขียวฉายรังสี M₅ Chai Nat 3 มีผลผลิต 70.65-127.00 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าพันธุ์ตั้งต้น (70.20 กิโลกรัมต่อไร่) ผลผลิตที่สูงขึ้นอาจเป็นผลจากอิทธิพลของสิ่งแวดล้อม และเพื่อศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของถั่วเขียวฉายรังสี M₅ และพันธุ์ตั้งต้น ด้วยเครื่องหมายเอสเอสอาร์ 9 เครื่องหมาย พบว่าสามารถแยกถั่วเขียวฉายรังสี M₅ ที่มีผลผลิตสูงออกจากพันธุ์ตั้งต้นได้ จึงยืนยันว่าเป็นสายพันธุ์กลายจริง และนำเข้าขั้นตอนการเปรียบเทียบผลผลิตเบื้องต้นต่อไป

คำสำคัญ: กลายพันธุ์, ความหลากหลายทางพันธุกรรม, เครื่องหมายเอสเอสอาร์

¹ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน จ. ขอนแก่น 40000

¹ Khon Kaen Field Crops Research Center, Field and Renewable Energy Crops Research Institute, Khon Kaen 40000

² ศูนย์วิจัยพืชไร่นา สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน จ. ชัยนาท 17150

² Chai Nat Field Crops Research Center, Field and Renewable Energy Crops Research Institute, Chai Nat 17150

*Corresponding author: theerawut6949@gmail.com

คำนำ

ถั่วเขียวพันธุ์ Chai Nat 84-1 ได้รับการรับรองพันธุ์เมื่อวันที่ 15 มิถุนายน 2555 ส่วนถั่วเขียวพันธุ์ Chai Nat 3 ได้รับการรับรองพันธุ์เมื่อวันที่ 1 มีนาคม 2562 โดยกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ถั่วเขียวทั้งสองพันธุ์นี้เป็นถั่วเขียวประเภทผิวมัน นำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมวันเส้น และผลิตภัณฑ์อื่นๆ ซึ่งมีแนวโน้มความต้องการผลผลิตถั่วเขียวเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่พื้นที่ปลูกถั่วเขียวลดลง ดังนั้นนักปรับปรุงพันธุ์จึงมุ่งเน้นพัฒนาพันธุ์ถั่วเขียวที่ปลูกเพื่อการค้าให้มีลักษณะทางการเกษตร โดยเฉพาะให้ได้ถั่วเขียวที่มีผลผลิตสูงขึ้น การพัฒนาพันธุ์ด้วยการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์โดยการฉายรังสีอิเล็กตรอน (electron beam) เป็นทางเลือกหนึ่งของนักปรับปรุงพันธุ์ ที่ต้องการสร้างประชากรให้มีความหลากหลายทางพันธุกรรม และสามารถนำสายพันธุ์ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้ รังสีอิเล็กตรอนคือกระแสของอนุภาคอิเล็กตรอนที่ผลิตจากเครื่องเร่งอนุภาค (accelerator) จนเกิดเป็นรังสีอิเล็กตรอน มีความเข้มข้นของรังสีสูงกว่ารังสีแกมมา รังสีอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นเป็นช่วง (pulse) ในขณะที่รังสีแกมมาเกิดต่อเนื่อง (continuous) อัตราการดูดซึมรังสีมีอิทธิพลอย่างมากต่อผลทางชีววิทยาสัมพัทธ์ (relative biologic effective; RBE) และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของจีนดีเอ็นเอ (Houglund *et al.*, 2000) มีรายงานการชักนำให้ถั่วเขียวผิวดำกลายพันธุ์ด้วยฉายรังสีอิเล็กตรอนเปรียบเทียบกับรังสีแกมมา พบว่าอัตราการกลายพันธุ์ของประชากรชั่วที่ 2 ของถั่วเขียวผิวดำที่ถูกชักนำให้กลายพันธุ์ด้วยฉายรังสีอิเล็กตรอนสูงกว่าการฉายรังสีแกมมา (Souframanien *et al.*, 2016) การชักนำให้ถั่วเขียวกลายพันธุ์ให้มีลักษณะผลผลิตสูงขึ้น เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าการปรับปรุงพันธุ์แบบมาตรฐาน ทำให้นำไปสู่ความมั่นคงทางอาหารของโลก (Mounika, 2020) มีรายงานการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของถั่วเขียวรุ่นชั่วที่ 2 และ 3 ที่มาจากการชักนำให้กลายพันธุ์ พบว่าถั่วเขียวชั่วที่ 3 มีลักษณะทางการเกษตร ได้แก่ การแตกกิ่ง จำนวนฝัก และจำนวนเมล็ดต่อต้น มีความสัมพันธ์ทิศทางบวก

กับความแปรปรวนทางพันธุกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Khan, 1990) การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีจีโนมิก เทคโนโลยีชีวภาพ มาใช้ในงานปรับปรุงพันธุ์ด้วยเทคโนโลยีระดับชีวโมเลกุล เป็นเครื่องมือที่ช่วยทำให้ได้ถั่วเขียวสายพันธุ์ใหม่ที่มีลักษณะผลผลิตสูงต้านทานโรค และคุณค่าทางโภชนาการสูง (Huppert *et al.*, 2013) มีรายงานการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของถั่วเขียวพันธุ์ป่า และเชื้อพันธุกรรมของถั่วเขียวโดยใช้เครื่องหมายเอสเอสอาร์ พบว่าสามารถคัดเลือกพันธุ์ถั่วเขียวที่มีลักษณะเด่นเฉพาะทาง และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านการปรับปรุงพันธุ์ต่อไปได้ (Sangiri *et al.*, 2007) วัตถุประสงค์ของวิจัยนี้ศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของถั่วเขียวพันธุ์ดั้งเดิม และสายพันธุ์ฉายรังสีชั่วที่ 5 เพื่อยืนยันว่าเป็นถั่วเขียวพันธุ์กลายจากการฉายรังสีอิเล็กตรอนจริง ซึ่งจะช่วยนักปรับปรุงพันธุ์ในการตัดสินใจคัดเลือกสายพันธุ์ตรงตามเป้าหมาย นำเข้าสู่ขั้นตอนของการปรับปรุงพันธุ์

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ถั่วเขียวสายพันธุ์กลายจากพันธุ์ดั้งเดิมที่ถูกชักนำให้กลายพันธุ์ด้วยการฉายรังสีอิเล็กตรอน

ปลูกถั่วเขียวฉายรังสี ชั่วที่ 5 (M_5) ที่ได้มาจากการฉายรังสีอิเล็กตรอนพันธุ์ดั้งเดิม ได้แก่ พันธุ์ Chai Nat 84-1 และ Chai Nat 3 ที่คัดเลือกได้จากขั้นตอนการปลูกและคัดเลือกสายพันธุ์ชั่วรุ่นที่ 1-ชั่วที่ 4 (M_1 - M_4) จำนวน 22 สายพันธุ์ และ 25 สายพันธุ์ตามลำดับ โดยใช้พันธุ์ชัณษาท 84-1 และชัณษาท 3 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ โดยปลูกตามแบบแผนการทดลอง Randomized Complete Block (RCB) 3 ซ้ำ ขนาดแปลงทดลองย่อย 1x6 เมตร พื้นที่เก็บเกี่ยว 1x4 เมตร มีระยะห่างระหว่างแถว 50 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างต้น 20 เซนติเมตร จำนวน 3 ต้นต่อหลุม แล้วถอนแยกให้เหลือ 2 ต้นต่อหลุม ใส่ปุ๋ยเคมี 12-24-12 รองพื้น อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ พันสารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชตามความจำเป็น กำจัดวัชพืช 2 ครั้ง ดังนี้ เมื่อถั่วเขียวอายุ 15 วัน และ 30 วัน บันทึกข้อมูลลักษณะทางการเกษตร ความสูงต้น จำนวนข้อต่อต้น จำนวนกิ่งต่อต้น จำนวนฝักต่อต้น

ความยาวฝัก จำนวนเมล็ดต่อฝัก น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และผลผลิต

2. การวิเคราะห์สถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าความแปรปรวน ANOVA และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่บ้านทีกได้ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

3. การสร้างแผนภูมิความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม

เก็บใบอ่อนถั่วเขียวพันธุ์ Chai Nat 84-1, Chai Nat 3 และถั่วเขียวฉายรังสี ข้าวที่ 5 ทุกสายพันธุ์มาตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ซึ่งน้ำหนักให้ได้ 100 กรัม นำใส่ลงในโถงที่มีไนโตรเจนเหลว บดใบอ่อนให้เป็นผงละเอียด จากนั้นเติมสารสกัดดีเอ็นเอตามขั้นตอนของชุดสกัดดีเอ็นเอสำเร็จรูป (TIANGEN, China) สารสกัดดีเอ็นเอที่ได้ถูกนำมาใช้เป็นสารพันธุกรรมต้นแบบในการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยเทคนิคพีซีอาร์โดยใช้เครื่องหมายเอสเอสอาร์ จำนวน 28 เครื่องหมาย (ไม่ได้แสดงข้อมูลเครื่องหมาย) มีส่วนผสมของการทำปฏิกิริยา ดังนี้ ต้นแบบดีเอ็นเอความเข้มข้น 100 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร ปริมาตร 3 ไมโครลิตร สารละลายบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 10x ปริมาตร 1.5 ไมโครลิตร สารละลาย dNTP ความเข้มข้น 0.4 มิลลิโมล ปริมาตร 1.2 ไมโครลิตร แมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 25 มิลลิโมล ปริมาตร 0.6 ไมโครลิตร ไพโรเมอร์ forward และ reverse ความเข้มข้นไพโรเมอร์ละ 0.5 ไมโครโมล ปริมาตร 0.7 ไมโครลิตร และเอนไซม์ดีเอ็นเอพอลิเมอร์เรสความเข้มข้น 5 ยูนิตไมโครลิตร ปริมาตร 0.3 ไมโครลิตร (Thermo Scientific, USA) เติมน้ำกลั่นปราศจากเชื้อจุลินทรีย์และอาร์เอ็นเอให้ได้ปริมาตรสุทธิ 15 ไมโครลิตร จากนั้นนำหลอดพีซีอาร์บรรจุลงในเครื่องเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ โดยควบคุมอุณหภูมิ ดังนี้ ให้ความร้อนก่อนการแยกสายดีเอ็นเอ (pre-denaturation) ที่อุณหภูมิ 94 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที ตามด้วยอุณหภูมิ ที่ใช้เพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ โดยการแยกสายดีเอ็นเอ (denaturation) ที่ 94 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที, จับคู่ของไพโรเมอร์กับสายดีเอ็นเอ (annealing) ที่ 50 องศาเซลเซียส นาน 30 วินาที, ต่อสายดีเอ็นเอ (extension) ที่ 72 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที ทำซ้ำจำนวน 35 รอบ

และการต่อสายสุดท้าย (final extension) ที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส นาน 7 นาที แยกขนาดของชิ้นดีเอ็นเอด้วยร้อยละ 5 ของอะกาโรสอิเล็กโตรโฟรีซิสบนทีก์แถบดีเอ็นเอที่ได้ แล้วนำข้อมูลมาเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างของแถบดีเอ็นเอทั้งหมด แล้วหาค่าสัมประสิทธิ์ความคล้ายคลึงกันทางพันธุกรรม (similarity coefficient) จากนั้นจัดกลุ่มด้วยวิธี unweighted pair group method with arithmetic means (UPGMA) และสร้างแผนภูมิความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมด้วยวิธีของ SAHN โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป NTSYSpc 2.01 (Jaccard, 1908)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ลักษณะทางการเกษตรของถั่วเขียวพันธุ์ Chai Nat 84-1 และสายพันธุ์ถั่วเขียว Chai Nat 84-1 ฉายรังสี

ถั่วเขียวพันธุ์ Chai Nat 84-1 ใช้เป็นพันธุ์ตั้งต้นในการชักนำให้ถั่วเขียวกลายพันธุ์ด้วยการฉายรังสีอิเล็กตรอน ดำเนินการปลูก เมื่อปี พ.ศ. 2560 ปลูกและคัดเลือกลักษณะเด่นจนถึง ปี พ.ศ. 2566 ได้ถั่วเขียวฉายรังสี ข้าวที่ 5 (M_5) จำนวน 22 สายพันธุ์ โดยใช้ถั่วเขียวพันธุ์ Chai Nat 84-1 เป็นตัวเปรียบเทียบผลของการเก็บข้อมูลลักษณะทางเกษตร (Table 1) พบว่ามีเพียงความยาวฝัก และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดเท่านั้นที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความยาวฝักของพันธุ์ Chai Nat 84-1 เท่ากับ 10.5 เซนติเมตร ในขณะที่ถั่วเขียวฉายรังสีสายพันธุ์ CN84-1-100-01 มีค่าความยาวฝักยาวมากที่สุด เท่ากับ 10.9 เซนติเมตร สายพันธุ์ CN84-1-600-04 มีค่าความยาวฝักสั้นที่สุด เท่ากับ 9.8 เซนติเมตร ทั้ง 2 สายพันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับพันธุ์เปรียบเทียบ

น้ำหนัก 1,000 เมล็ดของพันธุ์ Chai Nat 84-1 เท่ากับ 70.8 กรัม ในขณะที่ถั่วเขียวฉายรังสีสายพันธุ์ CN84-1-400-04 มีน้ำหนักมากที่สุด เท่ากับ 77.0 กรัม และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับพันธุ์เปรียบเทียบ ส่วนสายพันธุ์ CN84-1-400-04 มีน้ำหนักน้อยที่สุด 67.5 กรัม และไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับพันธุ์เปรียบเทียบ

Table 1 Agronomic character of Chai Nat 84-1 and the 22 mutant varieties from Chai Nat 84-1 by electron beam irradiation.

Lines/varieties	Plant height (cm)	Nodes per plant	Branches per plant	Pods per plant	Pod length ¹ (cm)	Seeds per pod	1000 seeds weight ¹ (g)	Pod yield (kg/plant)
CN84-1-100-01	55.2	10.5	1.3	17.2	10.9 a	12.7	68.5 ef	22.5
CN84-1-100-02	64.1	11.0	1.3	21.9	10.7 a-d	12.8	68.8 ef	29.1
CN84-1-100-03	55.5	10.2	1.0	17.7	10.9 ab	12.4	74.8 abc	23.6
CN84-1-100-04	61.2	10.5	1.8	21.7	10.6 a-e	12.2	69.0 def	28.4
CN84-1-100-08	63.1	11.5	1.6	21.7	10.9 a	12.9	73.0 a-e	30.1
CN84-1-100-09	58	9.9	0.5	17.6	10.7 ad	12.9	73.5 a-e	24.6
CN84-1-100-10	55.4	10.5	1.2	17.6	10.7 ad	12.3	71.0 b-f	23.0
CN84-1-100-12	46.4	9.6	1.3	12.7	10.5 a-e	12.0	75.3 ab	16.6
CN84-1-100-14	52.9	10.1	1.0	17.4	10.6 a-e	12.6	74.3 a-d	24.0
CN84-1-100-16	58.9	10.4	1.5	19.7	10.8 abc	12.4	71.5 b-f	26.9
CN84-1-200-02	58.0	10.6	1.6	19.8	10.7 a-d	12.7	69.8 c-f	29.5
CN84-1-200-04	56.0	9.9	1.3	17.4	10.5 a-e	12.4	73.3 a-e	23.9
CN84-1-200-11	55.4	10.2	1.3	17.1	10.3 a-e	12.4	72.3 a-f	23.9
CN84-1-200-12	54.4	10.0	0.5	16.8	9.8 e	11.9	68.8 ef	19.0
CN84-1-300-06	48.2	9.3	1.5	14.5	10.7 a-d	12.3	75.8 ab	19.6
CN84-1-400-01	51.4	9.9	1.0	16.5	10.3 a-e	12.4	77.0 a	25.5
CN84-1-400-04	50.9	10.2	1.4	17.9	9.9 de	12.7	67.5 f	23.6
CN84-1-500-04	50.5	9.6	0.5	15.2	10.1 b-e	12.2	72.5 a-f	20.6
CN84-1-500-05	50.4	9.4	1.1	16.6	10.5 a-e	11.4	73.0 a-e	20.5
CN84-1-600-03	49.0	9.6	0.5	16.2	10.4 a-e	12.3	72.0 a-f	20.6
CN84-1-600-04	45.8	9.5	1.0	16.3	9.8 e	12.5	72.8 a-f	19.5
CN84-1-600-05	58.4	10.1	1.3	16.4	10.0 cde	11.1	73.5 a-e	18.6
Chai Nat 84-1	57.4	10.3	1.5	20.7	10.5 a-e	13.0	70.8 b-f	27.5
MEAN	54.6	10.1	1.2	17.7	10.5	12.3	72.1	23.5
C.V. (%)	2.5	6.7	35.7	15.9	3.2	4.8	3.1	16.5
F-test	NS	NS	NS	NS	*	NS	*	NS

¹ Mean within the same column with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$) according to DMRT.

NS = non significant different. * Significantly different ($p \leq 0.05$).

ลักษณะทางการเกษตรของถั่วเขียวพันธุ์ Chai Nat 3 และสายพันธุ์ถั่วเขียว Chai Nat 3 ฉายรังสี
ถั่วเขียวพันธุ์ Chai Nat 3 ใช้เป็นพันธุ์ตั้งต้นในการชักนำให้ถั่วเขียวกลายพันธุ์ด้วยการฉายรังสีอิเล็กตรอน ดำเนินการปลูก เมื่อปี พ.ศ. 2560 นำปลูกและคัดเลือกลักษณะเด่นจนถึง ปี พ.ศ. 2566 ได้

ถั่วเขียวฉายรังสีช่วงที่ 5 (M_5) จำนวน 25 สายพันธุ์ โดยใช้ถั่วเขียวพันธุ์ Chai Nat 3 เป็นตัวเปรียบเทียบ ผลของการเก็บข้อมูลลักษณะทางการเกษตร (Table 2) พบว่ามีเพียงความยาวฝัก และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดเท่านั้นที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ความยาวฝักของพันธุ์ Chai Nat 3 เท่ากับ 9.4 เซนติเมตร ถั่วเขียวการฉายรังสีสายพันธุ์ CN3-100-12 มีความยาวฝักยาวมากที่สุด เท่ากับ 9.9 เซนติเมตร แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับพันธุ์เปรียบเทียบ ส่วนสายพันธุ์ CN3-500-02 มีความยาวฝักสั้นที่สุด เท่ากับ 8.1 เซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กับพันธุ์เปรียบเทียบ

น้ำหนักของเมล็ด 1,000 เมล็ดของพันธุ์ Chai Nat 3 เท่ากับ 72.8 กรัม ถั่วเขียวการฉายรังสีสายพันธุ์ CN3-200-08 มีน้ำหนักของเมล็ด 1,000 เมล็ด มากที่สุด เท่ากับ 75.5 กรัม แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับพันธุ์เปรียบเทียบ ในขณะที่สายพันธุ์ CN3-500-02 มีน้ำหนักของเมล็ด 1,000 เมล็ด น้อยที่สุด เท่ากับ 61.0 กรัม ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กับพันธุ์เปรียบเทียบ

Table 2 Agronomic character of Chai Nat 3 and the 25 mutant varieties from Chai Nat 3 by electron beam irradiation.

Lines/varieties	Plant height (cm)	Nodes per plant	Branches per plant	Pods per plant	Pod length ¹ (cm)	Seeds per pod	1000 seeds weight ² (g)	Pod yield (kg/plant)
CN3-100-01	51.8	11.7	1.3	21.1	9.5 a-d	12.1	70.0 bcd	24.4
CN3-100-02	51.4	11.7	1.3	19.3	9.4 a-d	12.5	71.8 a-d	24.1
CN3-100-04	57.6	12.3	1.6	25.6	9.5 a-d	12.7	70.5 a-d	28.7
CN3-100-05	54.0	12.0	1.3	21.3	9.4 a-d	12.1	71.8 a-d	25.4
CN3-100-06	57.0	12.7	1.5	21.8	9.2 bcd	12.4	72.3 a-d	27.7
CN3-100-07	53.8	12.5	1.0	23.0	9.3 a-d	12.2	68.3 d	25.4
CN3-100-12	54.2	12.1	1.4	20.8	9.9 a	12.3	73.0 a-d	26.0
CN3-100-13	52.1	11.8	1.2	18.5	9.3 a-d	12.1	74.0 ab	22.0
CN3-200-02	48.8	11.7	1.2	18.8	9.1 cd	12.4	73.0 a-d	22.9
CN3-200-03	44.3	10.5	1.0	17.5	9.2 a-d	12.2	74.5 ab	20.8
CN3-200-05	44.1	10.7	0.7	19.1	9.1 cd	11.7	71.8 a-d	22.1
CN3-200-08	44.7	10.6	0.7	16.0	8.9 d	11.8	75.5 a	19.9
CN3-200-09	49.2	11.1	0.7	19.6	9.0 d	11.6	74.8 ab	24.0
CN3-200-10	50.2	11.1	1.7	18.5	9.8 ab	12.4	74.3 ab	23.7
CN3-200-11	53.3	12.0	1.5	18.7	9.4 a-d	11.9	73.8 abc	25.7
CN3-300-03	50.8	11.5	1.1	17.5	9.1 bcd	12.1	73.8 abc	22.6
CN3-300-04	47.6	10.3	0.5	16.2	9.7 abc	12.8	72.8 a-d	19.7
CN3-300-06	47.7	11.3	1.3	16.4	9.2 bcd	12.2	70.0 bcd	19.2
CN3-300-07	54.3	11.6	0.9	18.6	9.4 a-d	10.7	72.3 a-d	23.6
CN3-300-09	55.0	11.0	1.0	18.5	9.4 a-d	11.5	71.5 a-d	21.1
CN3-400-03	50.2	10.9	1.2	19.0	9.3 a-d	11.5	72.8 a-d	21.1
CN3-400-04	50.3	10.9	1.2	19.4	8.9 d	11.4	67.8 d	20.3
CN3-500-02	48.9	10.7	0.7	18.3	8.1 e	11.7	61.0 e	17.6
CN3-500-03	49.2	11.3	1.2	21.2	9.1 cd	11.6	68.5 cd	21.3
CN3-500-04	46.9	11.2	1.0	18.2	9.1 cd	11.5	68.5 cd	21.2

Table 2 (continued).

Lines/varieties	Plant height (cm)	Nodes per plant	Branches per plant	Pods per plant	Pod length ¹ (cm)	Seeds per pod	1000 seeds weight ² (g)	Pod yield (kg/plant)
Chai Nat 3	52.9	11.7	1.4	19.8	9.4 a-d	12.0	72.8 a-d	25.0
MEAN	50.8	7.8	1.1	19.3	9.2	12.0	71.6	22.9
C.V.(%)	9.8	6.9	41.6	19.2	3.0	5.0	3.0	18.3
F-test	NS	NS	NS	NS	*	NS	**	NS

¹ Mean within the same column with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$) according to DMRT.

² Mean within the same column with different letters are significantly different ($p \leq 0.01$) according to DMRT.

NS = non significant different. * Significantly different ($p \leq 0.05$). ** Significantly different ($p \leq 0.01$).

ความหลากหลายทางพันธุกรรมของถั่วเขียวพันธุ์ Chai Nai 84-1 และถั่วเขียวฉายรังสีช่วงที่ 5

เมื่อนำสารสกัดดีเอ็นเอที่ได้จากถั่วเขียวพันธุ์ Chai Nat 84-1 และถั่วเขียวสายพันธุ์ Chai Nat 84-1 ฉายรังสีอเล็กตรอน เป็นสารพันธุกรรมต้นแบบในการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยเทคนิคพีซีอาร์โดยใช้เครื่องหมายเอสเอสอาร์ จำนวน 28 เครื่องหมาย (ไม่ได้แสดงข้อมูลเครื่องหมาย) พบว่ามีเครื่องหมายที่ให้แถบดีเอ็นเอที่มีความแตกต่างกัน จำนวน 7 เครื่องหมาย ได้แก่ CEDC05, CEDG232, CEDG0282, MB-SSR238, VrCSSTS1, VrCSSTS2, และ SSR10 (Table 3) มีแถบดีเอ็นเอปรากฏ จำนวน 5 2 2 2 2 10 และ 2 แถบ ตามลำดับ ซึ่งทั้งหมดเป็นแถบดีเอ็นเอที่แตกต่างกันที่ตำแหน่งเดียวกัน รวมเป็น 25 แถบ เมื่อนำมาข้อมูลแถบดีเอ็นเอมาสร้างแผนภูมิความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม พบว่าที่ค่าสัมประสิทธิ์ 0.66 สามารถแบ่งกลุ่มได้เป็น 4 กลุ่ม (Figure 1) ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วยถั่วเขียวฉายรังสีจำนวน 1 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ CN84-1-100-02

กลุ่มที่ 2 ประกอบด้วย ถั่วเขียวฉายรังสีจำนวน 15 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ CN84-1-100-01, CN84-1-100-03, CN84-1-100-04, CN84-1-100-09, CN84-1-100-10, CN84-1-100-12, CN84-1-100-14, CN84-1-100-16, CN84-1-200-02, CN84-1-200-04, CN84-1-200-11, CN84-1-400-01, CN84-1-500-04, CN84-1-600-03 และ CN84-1-600-05,

กลุ่มที่ 3 ประกอบด้วย ถั่วเขียวฉายรังสีจำนวน 5 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ CN84-1-100-08, CN84-1-200-12, CN84-1-300-06, CN84-1-400-04 และ CN84-1-600-04

กลุ่มที่ 4 ประกอบด้วย พันธุ์ Chai Nat 84-1 และถั่วเขียวฉายรังสี จำนวน 1 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ CN84-1-500-05

จากการแบ่งกลุ่มที่ได้แสดงให้เห็นถึงความหลากหลายทางพันธุกรรมของถั่วเขียวตั้งแต่ต้นและถั่วเขียวฉายรังสีด้วยการฉายรังสีอเล็กตรอน จึงยืนยันได้ว่าการฉายรังสีอเล็กตรอนมีผลทำให้ถั่วเขียวสายพันธุ์ Chai Nat 84-1การกลายพันธุ์ อย่างไรก็ตามมีสายพันธุ์ที่มีความใกล้ชิดกันมากหรือไม่มี ความแตกต่างกันทางพันธุกรรมในกลุ่มที่ 2 สายพันธุ์ CN84-1-300-06 กับ CN84-1-500-04, CN84-1-200-11 กับ CN84-1-200-04, CN84-1-400-01 กับ CN84-1-200-02 และ CN84-1-100-10 กับ CN84-1-100-03

เมื่อพิจารณาร่วมกันระหว่างลักษณะทางการเกษตรกับแผนภูมิความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมพบว่า ถั่วเขียวฉายรังสีสายพันธุ์ CN84-1-400-04 ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่มีน้ำหนัก 1,000 เมล็ด มากกว่าถั่วเขียวสายพันธุ์ 84-1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และถูกแยกออกจากกลุ่มของพันธุ์ Chai Nat 84-1 อย่างชัดเจน

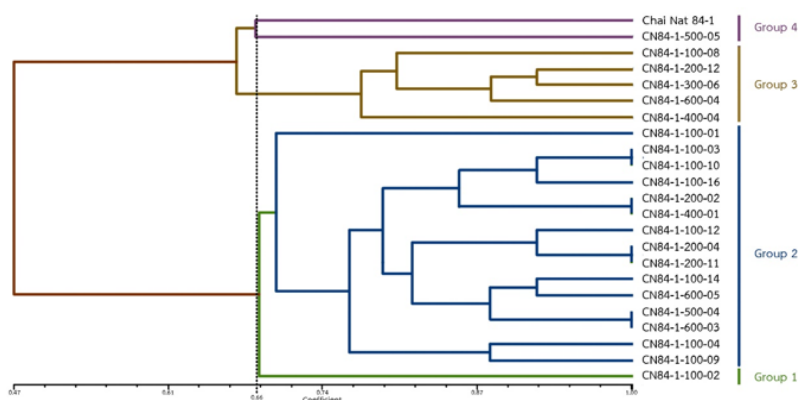


Figure 1 Dendrogram demonstrating genetic variability among Chai Nat 84-1 lines and the 22 mutants varieties based on UPGMA.

ความหลากหลายทางพันธุกรรมของถั่วเขียวพันธุ์ Chai Nat 3 และถั่วเขียวฉายรังสีช่วงที่ 5

เมื่อนำสารสกัดดีเอ็นเอที่ได้จากถั่วเขียวพันธุ์ Chai Nat 3 และถั่วเขียวพันธุ์ Chai Nat 3 ฉายรังสีอิเล็กตรอน เป็นสารพันธุกรรมต้นแบบในการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยเทคนิคพีซีอาร์โดยใช้เครื่องหมายเอสเอสอาร์จำนวน 28 เครื่องหมาย (ไม่ได้แสดงข้อมูลเครื่องหมาย) พบว่ามีเครื่องหมายที่ให้แถบดีเอ็นเอที่มีความแตกต่างกัน จำนวน 4 เครื่องหมายได้แก่ CEDG305, CEDG191, CEDG0282 และ SSR10 (Table 3) มีแถบดีเอ็นเอปรากฏ จำนวน 3 3 2 และ 4 แถบ ตามลำดับ ซึ่งทั้งหมดเป็นแถบดีเอ็นเอที่แตกต่างกันที่ตำแหน่งเดียวกัน รวมเป็น 12 แถบ เมื่อนำมาข้อมูลแถบดีเอ็นเอมาสร้างแผนภูมิความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ 0.66 สามารถ

แบ่งกลุ่มได้เป็น 3 กลุ่ม (Figure 2) ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วย ถั่วเขียวฉายรังสี จำนวน 9 สายพันธุ์

กลุ่มที่ 2 ประกอบด้วย ถั่วเขียวฉายรังสี จำนวน 7 สายพันธุ์

กลุ่มที่ 3 ประกอบด้วย พันธุ์ Chai Nat 3 และ ถั่วเขียวฉายรังสี จำนวน 9 สายพันธุ์

เมื่อพิจารณาร่วมกันระหว่างลักษณะทางกายภาพกับแผนภูมิความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม พบว่าถั่วเขียวสายพันธุ์ Chai Nat 3 ฉายด้วยรังสีอิเล็กตรอนมีความแปรปรวนทางพันธุกรรม ทำให้ลักษณะทางพันธุกรรมแตกต่างจากถั่วเขียวสายพันธุ์ Chai Nat 3 ดั้งเดิม แต่ไม่มีผลทำให้ลักษณะทางกายภาพมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

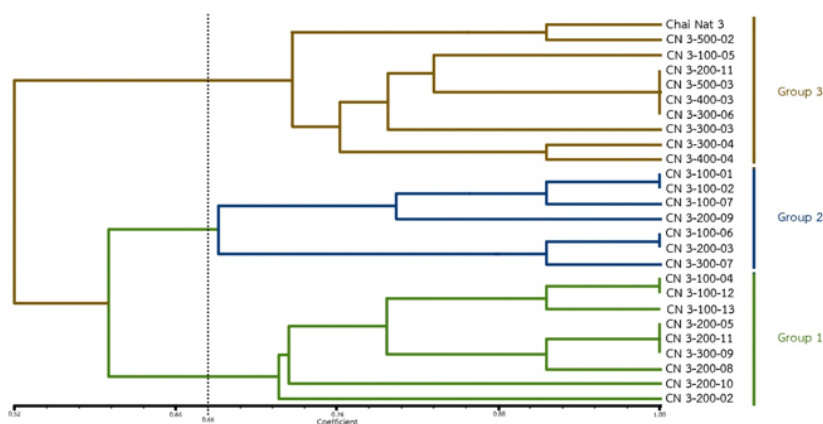


Figure 2 Dendrogram demonstrating genetic variability among Chai Nat 3 lines and the 25 mutants varieties based on UPGM.

มีรายงานวิจัยพบว่าถั่วเขียวผิวดำที่ชักนำให้กลายพันธุ์ด้วยฉายรังสีอิเล็กตรอน มีอัตราการกลายพันธุ์ทางสัณฐานวิทยาร้อยละ 0.7 (Souframanien *et al.*, 2016) การพัฒนาคุณภาพของพันธุ์ด้วยการชักนำให้กลายพันธุ์นั้นความหลากหลายทางสัณฐานวิทยาและลักษณะทางการเกษตรโดยเฉพาะผลผลิตเป็นปัจจัยที่มีความจำเป็นในการบ่งชี้การกลายพันธุ์ (Baojiang *et al.*, 1989) เพื่อให้มีการกระจายตัวทาง

พันธุกรรมอย่างสม่ำเสมอจึงต้องปลูกและคัดเลือกสายพันธุ์กลายอย่างน้อยครั้งที่ 3 หรือ ครั้งที่ 4 ขึ้นไป (Oladosu *et al.*, 2016) ในการศึกษาความแปรปรวนทางพันธุกรรมของสายพันธุ์กลายที่ชักนำให้กลายพันธุ์นั้นจำเป็นต้องตรวจสอบทั้งทางสัณฐานวิทยา ลักษณะทางการเกษตร และระดับชีวโมเลกุล เพื่อยืนยันได้ว่าความแตกต่างของสายพันธุ์เกิดขึ้นจากการฉายรังสี (Arumingtyas and Ahyar, 2022)

Table 3 List of SSR markers used in the present, DNA band size and number of DNA bands.

Primer name	Forward	Reverse	DNA band size (bp)	Number of DNA bands
CEDC0500 ¹	TCCCACTTCTCCATTACCTCCAC	GAGATTATCTTCTGGGCAGCAAGG	100-300	5
CEDG232 ¹	GATGACCAAGGTAACGTG	GGACAGATCCAAAACGTG	100-300	2
CEDG305 ¹	GCAGCTTCACATGCATAGTAC	GAACCTAAGTGGGTGTCTGC	100-300	3
CEDG191 ²	CAATAAGCAATCTGTGGAGAG	CTGCAGGAACTTGGAATTGC	100-150	3
CEDG0282 ²	CAGCAACAAGACATGGAGTG	CAGCAACAAGACATGGAGTG	100-150	2
MB-SSR238	AGCTATTGGTGCATAGGTTC	GATATGATGAGTATGGTGTAG	200-300	2
VrCSSTS1 ²	ATTACTTGAGGTGGGGATAAT	AATAGACCACTTTTCCGT	200-300	2
VrCSSTS2 ²	ATTTGATGACGATGTATTTAA	TAAAGATAATGCTGAGGG	200-500	10
SSR10 ³	CATCAGTCACTTGTGAACCTTGT	AAAGCATCTCCCCTAGGACTCT	100-300	4

¹ Primers follow from Kitiya, (2019), ² Primers follow from Pavithra *et al.*, (2021), ³ Primer follows from Kumer *et al.* (2012)

สรุป

การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของถั่วเขียวฉายรังสีครั้งที่ 5 และพันธุ์ดั้งเดิม ด้วยการวิเคราะห์เครื่องหมายจำนวน 9 เครื่องหมายพบว่าถั่วเขียวฉายรังสีครั้งที่ 5 มีความหลากหลายทางพันธุกรรมจากการกลายพันธุ์ไปจากพันธุ์ดั้งเดิม จึงยืนยันได้ว่าถั่วเขียวฉายรังสีครั้งที่ 5 ในงานวิจัยนี้เกิดจากการกลายพันธุ์ แต่อย่างไรก็ตาม มีเพียงถั่วเขียวฉายรังสีสายพันธุ์ CN84-1-400-04 เท่านั้น ที่มีน้ำหนักเมล็ด 1,000 เมล็ดที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับถั่วเขียวพันธุ์ดั้งเดิม ซึ่งจะถูกใช้เป็นข้อมูลในการคัดเลือกถั่วเขียวสายพันธุ์ดีเด่น เพื่อเข้าสู่ขั้นตอนการเปรียบเทียบผลผลิตเบื้องต้นต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผลงานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยและพัฒนาพันธุ์ถั่วเขียวเพื่อเพิ่มผลผลิต คุณภาพ และเสริมสร้างความมั่นคงทางอาหาร กรมวิชาการเกษตร โดยได้รับการสนับสนุนงบวิจัยจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.)

เอกสารอ้างอิง

Arumingtyas, E.L. and A.N. Ahyar. 2022. Genetic diversity of chili pepper mutant (*Capsicum frutescens* L.) resulted from gamma-ray radiation. IOP Conference Series: Earth and

- Environmental Science 1097.012059.
Doi: 10/1088/1755-1315/1097/1-012059.
- Baojiang G., P. Qishen and A. Kolman. 1989. Cytogenetic effects of electron-beam radiation on dry seed storage. *Hereditas* 110: 113-115.
- Houglund, E., E. Blomquist, J. Carlsson and B. Stenerlow. 2000. DNA damage induced by radiation of different linear energy transfer: initial fragmentation. *International Journal of Radiation Biology* 76: 539-547.
- Huppertz, M., L. Manasa, D. Kachhap, A. Dalai, N. Yadav, M.A. Khan, P. Bauer and K.C.S. Panigrahi. 2013. Review: Exploring the potential of mung bean: sustainability and genomics in a changing
- Jaccard, P. 1908. Nouvelles recherches sur la distribution florale. *Bulletin de la Societe vaudoise des sciences naturelles* 44: 223-270.
- Khan, S. 1990. Studies on chemical mutagenesis in mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). Ph.D. Thesis, Aligarh Muslim University.
- Kitiya, A. 2019. ISSR and SSR markers linked to powdery mildew and cercospora leaf spot resistance in mungbean. Ph.D. Thesis, Suranaree University of Technology.
- Kumer, V., H.K. Dikshit, N. Jain, J. Kumari, D. Singh, A. Singh, R. Tak and T.R. Sharma. 2012. Genetic diversity in mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] and related *Vigna* spp. Detected by ISSR, URP and markers. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding* 72 (3): 318-324.
- Mounika, Y. 2020. Effects of mutagens on various traits in mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 11: 394-402.
- Oladosu, Y., M.Y. Rafii, N. Abdullah, G. Hussin, A. Ramli, H.A. Rahim, G. Miah and M. Usman. 2016. Principle and application of plant mutagenesis in crop improvement: a review. *Biotechnology and Biotechnological Equipment* 30 (1): 1-16. Doi:10.1080/13102818.2015.1087333.
- Pavithra, B.S., L. Behera and K.C. Samal. 2021. Genetic diversity analysis and validation of microsatellite markers linked with tolerance to powdery mildew disease in mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek]. *Legume Research* 1-10. Doi: 10.18805/LR-4472.
- Sangiri, C. A. Kaga, N. Tomooka, D. Vaughan and P. Srinives. 2007. Genetic diversity of the mungbean (*Vigna radiata*, Leguminosae) genepool on the basis of microsatellite analysis. *Australian Journal of Botany* 837-847.
- Souframanien, J., K.S. Reddy, V.C. Petwal and J. Dwivedi. 2016. Comparative effectiveness and efficiency of electron beam and ^{60}Co γ - rays in induction of mutations in black gram [*Vigna mungo* (L.) Hepper]. *Journal of Food Legumes* 29 (1): 1-6.

**การศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดินที่มีผลต่อต้านโรค
จาก *Fusarium* spp. และการปลดปล่อยแอมโมเนียมและไนเตรตทางดินในพืชทุเรียน**
**Study of the Effectiveness of Soil Amendment Product Against Disease from *Fusarium* spp.,
and the Release of Ammonium and Nitrate from the Soil of Durian Plants**

สิรินภา ช่งโสภาส^{1*} และวิภาวรรณ ท้ายเมือง¹
Sirinapa Chungopast^{1*} and Wipawan Thaymuang¹

Received: January 29, 2024

Revised: March 11, 2024

Accepted: March 12, 2024

Abstract: The appropriate soil amendment product application can improve soil chemical, physical and biological properties. The research aimed to investigate the biological and chemical properties of the soil amendment product. The quantification of bacteria in a specific culture medium, isolation of bacteria from soil with and without soil amendment product, testing their efficiency in inhibiting the pathogenic fungus *Fusarium* spp., and soil nutrients were analyzed in column. The experiment findings revealed a tenfold increase in bacterial numbers approximately 18 days after the addition of soil amendment products compared to the untreated soil. Numerous beneficial nitrogen-fixing bacteria were discovered. However, bacteria beneficial to degrade cellulose were present in very small quantities. When soil amendment products were mixed with PDA at a 2% concentration, they inhibited *Fusarium* sp. 1 by approximately 40% in Petri dishes. Bacterial isolates NA03, NA08, and NA09 effectively inhibited *Fusarium* spp. Moreover, the soil amendment products resulted in reduced ammonium and nitrate levels in soil cultivated with durian compared to untreated soil. Applying this products led to the utilization of ammonium and nitrate by nitrogen-fixing bacteria within the products for growth at 18 days. Therefore, the use of this product delayed the durian plants nitrogen intake from the soil for a short period of time.

Keywords: *Fusarium* spp., bacteria, nitrogen, durian

บทคัดย่อ: การใช้ผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดินที่เหมาะสมช่วยให้สมบัติทางเคมี ฟิสิกส์และชีวภาพของดินดีขึ้น การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบสมบัติทางชีวภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์นี้ วิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียในอาหารเพาะเลี้ยงเฉพาะ คัดแยกแบคทีเรียออกจากดินที่มีและไม่มีผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดิน ทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งรากโรค *Fusarium* spp. วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดินในกระบอก พบว่า จำนวนแบคทีเรียเพิ่มขึ้นประมาณ สิบเท่าที่ 18 วันหลังจากการเติมผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดิน เมื่อเทียบกับดินที่ไม่ใส่ผลิตภัณฑ์ มีแบคทีเรียตรึงไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์มาก อย่างไรก็ตาม แบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ในการย่อยเซลลูโลสถูกพบในปริมาณที่น้อยมาก เมื่อผสมผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินกับอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ จะยับยั้ง *Fusarium* sp. 18 วัน ดังนั้น การใช้ผลิตภัณฑ์นี้ทำให้ต้นทุเรียนชะลอการได้รับไนโตรเจนจากดินช่วงระยะเวลาสั้นๆ

¹ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

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

*Corresponding author: agrsrnp@ku.ac.th

1 ได้สูงสุดประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ ในงานเพาะเชื้อ แบคทีเรียที่คัดแยกได้ไฮโซเลต NA03, NA08 และ NA09 มีประสิทธิภาพในการยับยั้ง *Fusarium* spp. ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินยังส่งผลให้ระดับแอมโมเนียมและไนเตรตในดินที่ปลูกทุเรียนลดลงเมื่อเทียบกับดินที่ไม่ใส่ผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดินที่ระยะเวลา 18 วัน ดังนั้น การใช้ผลิตภัณฑ์นี้ทำให้ต้นทุนเรียนชะลอการได้รับไนโตรเจนจากดินช่วงระยะเวลาสั้นๆ

คำสำคัญ: *Fusarium* spp., แบคทีเรีย, ไนโตรเจน, ทุเรียน

คำนำ

ผลผลิตทุเรียนในประเทศไทยสามารถสร้างรายได้จากการส่งออกที่สูงขึ้นโดยมีมูลค่าประมาณ 45,346 ล้านบาท คิดเป็นปริมาณการส่งออก 653,564 ตันในปี 2562 (Thongkaew *et al.* 2021) และยังมีการผลิตอย่างต่อเนื่องเพราะทุเรียนสามารถส่งออกในต่างประเทศได้จำนวนมาก จึงมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจในประเทศไทย การประชุมคณะกรรมการพัฒนาและบริหารจัดการผลไม้ ครั้งที่ 1/2566 รายงานสถานการณ์การผลิตไม้ผลภาคตะวันออกพบว่าผลผลิตทุเรียนในปี 2565 มีจำนวน 732,330 ตัน และคาดการณ์ว่าจะเพิ่มขึ้นในปี 2566 อีก 3.30 เปอร์เซ็นต์ (สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร, 2566) อย่างไรก็ตามปัจจัยที่ช่วยให้ได้ผลผลิตสูงและคุณภาพดีมี 3 ประการ คือ ปัจจัยการผลิตที่ดี การป้องกันโรค และสุขภาพดินที่ดี ส่วนการใช้สารปรับปรุงดินอาจส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช โดยเพิ่มอินทรีย์วัตถุปรับปรุงสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน (สุทธิภัทร, 2563) การใช้สารปรับปรุงดินบางชนิดอาจส่งผลต่อการปลดปล่อยธาตุไนโตรเจน และปริมาณไนโตรเจนมีผลต่อการออกดอกของพืช มีรายงานว่า ในสภาวะที่ไนโตรเจนต่ำจะช่วยให้พืชออกดอกเร็วขึ้นจากการทดสอบกับพืช *Arabidopsis thaliana* (Weber and Burrow, 2018) การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนสูงเพื่อเพิ่มผลผลิตพืชผลมักนำไปสู่การเลื่อนเวลาการออกดอกและการสุกของข้าว ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้ปัจจัยการผลิตและระยะเวลาในการปลูก (Zhang *et al.*, 2021b) ผลการวิเคราะห์พืชสามารถใช้ประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินได้ (จำเริญ, 2547) ในพืชทุเรียนพบว่าไนโตรเจนในใบตอนแรกเพิ่มขึ้นในระยะการเจริญเติบโตและลดลงในระยะสืบทพันธุ์ ไนโตรเจนในใบจะต่ำที่ระยะการ

พัฒนาผล (Pinduma and Angeles, 2009) จึงเป็นผลให้ในช่วงระยะเวลาการพัฒนามิได้ผล เกษตรกรมีแนวโน้มที่จะใช้ปุ๋ยที่มีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมสูง แต่มีไนโตรเจนต่ำ (Salakpetch, 2005) นอกจากนี้การใช้สารปรับปรุงดินอาจส่งผลต่อการเพิ่มจุลินทรีย์ในดิน การเพิ่มจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์จะทำให้ดินมีระบบนิเวศที่ดี (Zhang *et al.*, 2021a) และป้องกันโรคได้ (Falardeau *et al.*, 2013) โดยเฉพาะโรคพืชที่เกิดจากเชื้อ *Fusarium* spp. มีรายงานว่า *F. solani* และ *Lasiodiplodia pseudotheobromae* เป็นราก่อโรคสาเหตุของโรคลำต้นเน่าในต้นทุเรียน (Chantarasiri and Boontanom, 2021) นอกจากนี้ผลการศึกษารอคักแห่งในทุเรียนจากเชื้อรา ได้จัดจำแนกชนิดของราไว้ 3 กลุ่มคือ *F. incarnatum*, *F. solani* และ *F. mangiferae* (Pongpisutta *et al.*, 2023) และมีรายงานว่ามีการใช้ความเข้มข้นของสารทดสอบการยับยั้งรา *F. oxysporum* ซึ่งเป็นปัญหาหลักจากเศษผักผสมกับ *Posidonia oceanica* (70:30% vol:vol) ที่อัตรา 0.5, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 15 และ 20% ให้ผลการยับยั้งที่แตกต่างกัน (Kouki *et al.*, 2012) การเกิดโรคจากเชื้อราก่อให้เกิดภัยคุกคามร้ายแรงต่อคุณภาพและปริมาณของผลิตภัณฑ์ทุเรียน ในปัจจุบันมีสารปรับปรุงดินหลายชนิดซึ่งผลิตจากวัสดุที่แตกต่างกัน จึงมีผลต่อระบบนิเวศดินต่างกัน การศึกษาด้านประสิทธิภาพของสารปรับปรุงดินในการผลิตทุเรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการควบคุมโรคในทุเรียนยังมีน้อย งานวิจัยนี้ใช้ผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดินจากบริษัท เพอร์ติเฟอริไลเซอร์ จำกัด มาทดสอบซึ่งมีส่วนประกอบของสารคาร์บอนอินทรีย์ ที่ได้จากการนำผลิตภัณฑ์ไบโอโรเลียมไปผ่านกระบวนการย่อยสลายด้วยแบคทีเรีย มีกากขี้เถ้าหรือฟิเตอร์แคค และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ มีพีเอช 8.69

ปริมาณอินทรีย์วัตถุและคาร์บอนอินทรีย์เท่ากับ 4.09 และ 2.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 0.18, 0.50 และ 0.67 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ อัตราที่ใช้สำหรับต้นทุเรียนคือ 5 กิโลกรัมต่อต้น ทั้งนี้ยังไม่มีรายงานการศึกษาศักยภาพชีวภาพ ดังนั้นจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพเคมีของดิน (ปริมาณแอมโมเนียมและไนเตรต) และสมบัติทางชีวภาพของดิน (จำนวนและกิจกรรมของแบคทีเรีย) เมื่อใส่ผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดิน เพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดินที่มีผลต่อต้านโรคจากเชื้อ *Fusarium* spp. และผลของการปลดปล่อยแอมโมเนียมและไนเตรตทางดิน ซึ่งส่งผลต่อการออกดอกของพืชทุเรียน

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บตัวอย่างดินและรากต้นทุเรียน

เก็บตัวอย่างดินพิกัด 12.798611°N, 101.761139°E ของ ตำบลทุ่งควายกิน อำเภอแกลง จังหวัดระยอง โดยสุ่มเลือกต้นทุเรียนที่มีขนาดทรงพุ่มขนาดใกล้เคียงกัน จำนวน 4 ต้น เก็บรอบทรงพุ่มที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร ที่ระยะเวลา 1 8 18 และ 30 วัน นำดินผสมคลุกเคล้ากันและวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและชีวภาพ สำหรับการแยกเชื้อรา *Fusarium* spp. เก็บดินและรากบริเวณที่ต้นทุเรียนเกิดโรค พิกัด 12.874427°N, 101.892034°E ตำบลเขาแก้ว อำเภอนาใหม่ จังหวัดจันทบุรี จากข้อมูลของระบบสารสนเทศเชิงพื้นที่ เพื่อวางแผนการใช้ที่ดินเกษตรกรรมแปลงกรรมพัฒนาที่ดิน (กรรมพัฒนาที่ดิน, 2567) สมบัติดินที่ใช้ในระบอบทดสอบและการแยกเชื้อราเป็นชุดดินท่าแซะ (Te) ลักษณะสมบัติของดินเป็นดินลึกมาก ดินบนมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย มีสีน้ำตาล ดินล่างมีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย มีสีน้ำตาลถึงสีเหลืองปนน้ำตาล การอุ้มน้ำของดินปานกลาง ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงกรดจัด (pH 4.5-5.5) ในดินบนแล้วลดลงตามความลึก ข้อจำกัดคือ มีความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำและเนื้อดินเป็นดินปนทราย

การวิเคราะห์ปริมาณและกิจกรรมของแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช

การตรวจสอบปริมาณและกิจกรรมของแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ ได้แก่ ความสามารถตรึงไนโตรเจน ละลายฟอสเฟต หรือย่อยสลายเซลลูโลสได้ในผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดินและในดินที่ปลูกทุเรียน โดยระบุจำนวนแบคทีเรีย วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ 3 ตำรับการทดลอง 3 ซ้ำ คือ 1) ผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดิน 2) ดินปลูกทุเรียนที่ไม่ใส่ผลิตภัณฑ์ 3) ดินทุเรียนที่ใส่ผลิตภัณฑ์ ซึ่งตัวอย่างดินและผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดินอย่างละ 10 กรัม จากนั้นทำการเจือจางสารละลายลงเป็น 10-1-10-6 คูดสารละลายดินจากความเข้มข้นที่ 10-4, 10-5 และ 10-6 อย่างละ 0.1 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อเพื่อทดสอบกิจกรรมที่เป็นประโยชน์ในอาหารที่มีความจำเพาะ ได้แก่ แบคทีเรียตรึงไนโตรเจนเจริญในอาหาร nitrogen free medium (NF) (Kifle and Laing, 2016) แบคทีเรียละลายฟอสเฟตเจริญในอาหาร Pikovskaya medium (PVK) (Pikovskaya, 1948) และแบคทีเรียย่อยเซลลูโลสเจริญในอาหาร carboxymethyl cellulose (CMC) (Immanuel et al., 2006) เมื่อบ่มเชื้อเป็นเวลา 5-7 วัน

การตรวจสอบการยับยั้งรา *Fusarium* spp.

ทดสอบการยับยั้งรา *Fusarium* spp. ในอาหาร potato dextrose agar (PDA) ซึ่งผสมผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดินที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน คือ 0.5 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และทดสอบการยับยั้งรา *Fusarium* spp. โดยใช้แบคทีเรียที่คัดแยกได้จากตัวอย่างดินและผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดิน เลี้ยงเชื้อราในอาหาร PDA ใช้ cork borer ขนาด 5 มิลลิเมตร ตัดชิ้นวุ้นที่มีเชื้อราเจริญมาวางในอาหาร PDA อีกครั้ง จากนั้นจุดเชื้อแบคทีเรียที่คัดแยกได้จำนวน 4 จุด ในตำแหน่งที่ห่างจากขอบจานอาหารเลี้ยงเชื้อประมาณ 3 เซนติเมตร บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน เมื่อเชื้อราและแบคทีเรียเจริญ คำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของ *Fusarium* spp. จากสูตรเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญเติบโต = $[(C - T)/C] \times 100$ โดยที่ C และ T ค่าเฉลี่ย

เส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อก่อโรคที่เลี้ยงในอาหาร PDA (control) และค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อก่อโรคที่เลี้ยงในอาหาร PDA ที่ทรีตด้วยแบคทีเรีย (Aghighi *et al.*, 2004)

การวิเคราะห์การปลดปล่อยแอมโมเนียมและไนเตรตในกระบอกทดสอบ

การตรวจสอบสมบัติทางเคมีของดินที่ไม่ใส่และใส่ผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดิน โดยเตรียมกระบอกทอพีวีซีใส่ดินที่ปลูกทุเรียน 4 กิโลกรัม ขนาดทอสูง 35 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 6.5 เซนติเมตร บ่มกับผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดินตามอัตราที่แนะนำ 5 กิโลกรัมต่อต้น โดยรดน้ำให้มีความชื้น 60 เปอร์เซ็นต์ตลอดช่วงการบ่มดินเป็นเวลา 30 วัน โดยเก็บตัวอย่างดินที่ระยะ 1 8 18 และ 30 วัน มาวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียมและไนเตรต โดยการสกัดด้วย 2 N KCl ใช้เวลา 60 นาที แล้วนำมากลั่นด้วยวิธี Kjeldahl (Nelson and Sommers, 1980)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ตามแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ Duncan Multiple Range Test ด้วยโปรแกรม R version 2.9.1 (R Core Team, 2018)

ผลการทดลอง

จำนวนและกิจกรรมของแบคทีเรียในผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดินและในดินที่ใส่ผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดิน

เมื่อนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดิน ดินปลูกทุเรียนที่ไม่ใส่และใส่ผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดิน มาวิเคราะห์จำนวนแบคทีเรีย พบว่า ในผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดินมีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดอยู่ 1.8×10^5 ซีเอฟยูต่อกรัมดินแห้ง และมีแบคทีเรีย

ที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้ 7.5×10^4 ซีเอฟยูต่อกรัมดินแห้ง (Table 1) ตัวอย่างดินทั้งที่ไม่ใส่และใส่ผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดินพบว่ามีแบคทีเรียทั้งหมดและแบคทีเรียตรึงไนโตรเจนอยู่ในช่วง 103-104 ซีเอฟยูต่อกรัมดินแห้ง ไม่พบแบคทีเรียละลายฟอสเฟต แต่พบแบคทีเรียย่อยเซลลูโลสเพียง 6 โคโลนี จึงไม่สามารถนับจำนวนแบคทีเรีย อย่างไรก็ตาม สามารถทำให้แบคทีเรียบริสุทธิ์และนำไปใช้เป็นหัวเชื้อที่เป็นประโยชน์ต่อไปได้ ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดและแบคทีเรียตรึงไนโตรเจนในตำรับที่ใส่สารปรับปรุงดินมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับที่ไม่ใส่สารปรับปรุงดิน ($P < 0.05$) ที่ระยะเวลา 8 18 และ 30 วัน ตามลำดับ และมีจำนวนเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาหลังใส่ผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดิน (Table 2) โดยดินที่ใส่ผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดินมีผลทำให้ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดและแบคทีเรียตรึงไนโตรเจนมีค่าสูงขึ้นอยู่ที่ 4.7×10^4 และ 3.3×10^4 ซีเอฟยูต่อกรัมดินแห้ง ตามลำดับ ที่ 8 วัน และปริมาณแบคทีเรียเหล่านี้จะสูงขึ้นประมาณ 9-10 เท่าของดินที่ไม่ได้ใส่ผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดิน ที่ 18 วัน ส่วนปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดและแบคทีเรียตรึงไนโตรเจนที่ 30 วัน มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 8.5×10^4 และ 6.2×10^4 ซีเอฟยูต่อกรัมดินแห้ง ตามลำดับ

ผลการคัดแยกแบคทีเรียในสิ่งทดลองสามารถคัดแยกจากผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดิน ดินปลูกทุเรียนที่ไม่ใส่และใส่ผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดิน ได้ทั้งหมด 22 ไอโซเลต ได้แก่ แบคทีเรียทั่วไปเจริญในอาหาร NA 10 ไอโซเลต (รหัส NA01-NA10) แบคทีเรียตรึงไนโตรเจนเจริญในอาหาร NF 5 ไอโซเลต (รหัส NF01-NF05) แบคทีเรียละลายฟอสเฟตเจริญในอาหาร PVK 3 ไอโซเลต (รหัส PA01-PA03) และแบคทีเรียย่อยเซลลูโลสเจริญในอาหาร CMC 4 ไอโซเลต (รหัส CMC01-CMC04)

Table 1 Average of bacterial numbers of soil amendment product was shown in each bacterial group.

Bacterial groups	Bacterial numbers ($\times 10^4$ CFU/g Dw)
Total bacteria	18
Nitrogen-fixing bacteria	7.5
Phosphate-solubilizing bacteria	-
Cellulolytic bacteria	6 colonies

Table 2 Some biological properties in soil where durian is grown.

Day	Treatment	Average of	
		Total bacteria ($\times 10^4$ CFU/g Dw)	Nitrogen-fixing bacteria ($\times 10^4$ CFU/g Dw)
1	C-BIO	0.25	0.22
	T-BIO	0.27	0.24
F-test		ns	ns
C.V. (%)		9.00	8.17
8	C-BIO	3.8 ^b	0.34 ^b
	T-BIO	4.7 ^a	3.3 ^a
F-test		**	**
C.V. (%)		4.09	9.93
18	C-BIO	0.72 ^b	0.63 ^b
	T-BIO	7.1 ^a	5.7 ^a
F-test		**	**
C.V. (%)		4.61	4.66
30	C-BIO	5.8 ^b	3.8 ^b
	T-BIO	8.5 ^a	6.2 ^a
F-test		**	**
C.V. (%)		2.58	3.04

Means within the same column with the different letter are significantly different by DMRT test, ns = non-significant,

* = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$. C-BIO = soil without soil amendments, T-BIO = soil treated with soil amendments

ปริมาณแอมโมเนียมและไนเตรต

ปริมาณแอมโมเนียมและไนเตรตจากกระบอกที่ใส่ดินและใส่ดินผสมผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดินไม่มีความแตกต่างกันที่ 1 และ 8 วัน (Figure 1) แต่ที่ 18 วัน มีความแตกต่างของปริมาณแอมโมเนียมและไนเตรตในดิน ($P < 0.05$) พบว่าดินที่ผสมผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดินมีการปลดปล่อยแอมโมเนียม (6.06

มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และไนเตรต (57.40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ได้น้อยกว่าดินที่ไม่ผสมสารปรับปรุงดินซึ่งมีปริมาณแอมโมเนียมและไนเตรตเท่ากับ 12.11 และ 64.70 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ และที่ 30 วัน จึงมีการปลดปล่อยแอมโมเนียมและไนเตรตจากดินที่ผสมผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดินเพิ่มขึ้น

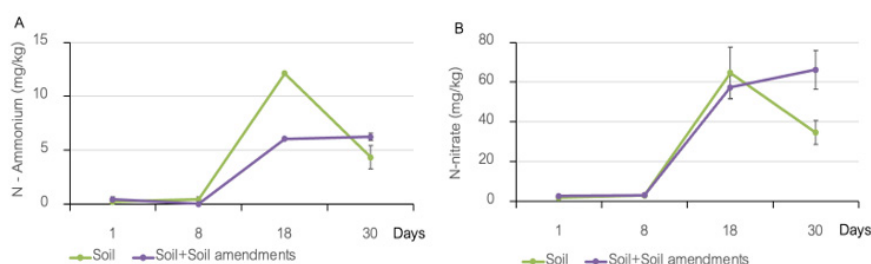


Figure 1 The amount of nitrogen concentration in the form of ammonium (A) and nitrate (B) from the column of soil and soil + soil amendments treatments at 1, 8, 18 and 30 days.

เชื้อราที่คัดแยกได้และผลการทดสอบการยับยั้งรา

ลักษณะโคโลนีและรูปร่างสปอร์ของ *Fusarium* spp. ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แสดงไว้ใน (Figure 2) โดย *Fusarium* spp. แต่ละชนิดมีลักษณะโคโลนี สีโคโลนี เส้นใยของโคโลนี และขนาดสปอร์แตกต่างกัน สามารถจำแนกตามลักษณะพื้นฐานวิทยาได้ 3 ชนิด ผลการทดสอบการยับยั้งเชื้อราโดยใช้สารปรับปรุงดินผสมในอาหาร PDA ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันคือ 0.5 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 3) ทั้งปัจจัยความเข้มข้นของสารปรับปรุงดินชนิดของ *Fusarium* spp. และปัจจัยร่วมระหว่างความเข้มข้นของสารปรับปรุงดินและ *Fusarium* spp. มีผลต่อการยับยั้งโคโลนีของรา โดยที่ระดับความเข้มข้นของสารปรับปรุงดิน 2 เปอร์เซ็นต์ มีการยับยั้งรามากที่สุดซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18.43 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.05$) และ *Fusarium* spp. ไอโซเลตที่ 1 ถูกยับยั้ง

มากที่สุด เท่ากับ 36.58 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.05$) เมื่อเทียบกับ *Fusarium* spp. ไอโซเลตที่ 2 และ 3 ทำให้ขนาดโคโลนีเชื้อราเจริญได้น้อย

ผลการทดสอบการยับยั้งเชื้อราโดยใช้แบคทีเรียที่คัดแยกได้พบว่ามีแบคทีเรียบางชนิดไม่เจริญหลังจากเก็บรักษาที่ -20 องศาเซลเซียส และแบคทีเรียบางชนิดเจริญช้าจึงไม่นำมาทดสอบการยับยั้ง ไอโซเลตของแบคทีเรียที่สามารถยับยั้ง *Fusarium* sp. ไอโซเลตที่ 1 2 และ 3 แสดงใน (Table 4) พบว่าแบคทีเรียไอโซเลตที่ NA08 และ NA09 สามารถยับยั้ง *Fusarium* spp. ไอโซเลตที่ 1 (Table 4, Figure 3) ได้ดีที่สุด มีค่าเท่ากับ 50.13 และ 52.91 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P < 0.05$) ในขณะที่ไอโซเลต NA03 สามารถยับยั้ง *Fusarium* sp. ไอโซเลตที่ 2 และ 3 ได้มากที่สุด (Table 4, Figure 4) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 27.46 และ 29.21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P < 0.05$)

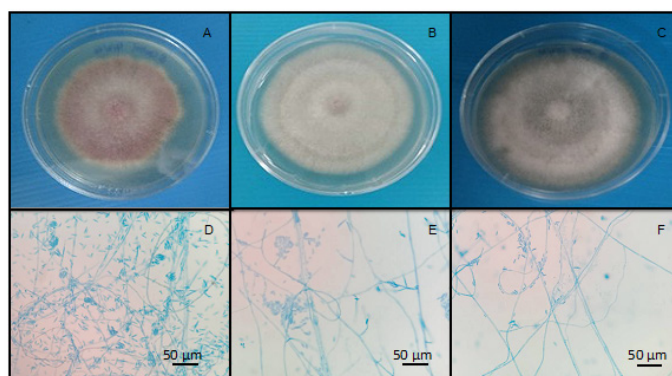


Figure 2 Colony characteristic and spore shape under a microscope at magnification 400X of each *Fusarium* species isolated from diseased durian roots: *Fusarium* sp. isolate 1 (A, D), *Fusarium* sp. isolate 2 (B, E), and *Fusarium* sp. isolate 3 (C, F), respectively. Bar is 50 µm.

Table 3 Average percentage inhibition of each type of *Fusarium* spp. when cultured on potato dextrose agar (PDA) medium mixed with soil amendment at concentrations of 0.5, 1, and 2%, respectively, incubated for 7 days at room temperature (~30°C).

Concentration of soil amendments	The inhibitory percentage of <i>Fusarium</i> spp. (%)			Average of concentration
	<i>Fusarium</i> sp. isolate 1	<i>Fusarium</i> sp. isolate 2	<i>Fusarium</i> sp. isolate 3	
0.5%	35.90 ^b	3.33 ^f	8.44 ^{de}	15.89 ^b
1%	33.85 ^b	6.67 ^e	10.22 ^{cd}	16.91 ^{ab}
2%	40.00 ^a	2.86 ^f	12.44 ^c	18.43 ^a
Average of <i>Fusarium</i> spp.	36.58 ^a	4.29 ^c	10.37 ^b	
Concentration of soil amendments (CT)			*	
<i>Fusarium</i> spp. (F)			**	
CT * F			**	
C.V. (%)			10.31	

Means within the same column with the different letter are significantly different by DMRT test, * = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$

Table 4 Average percentage inhibition of each isolated bacteria on *Fusarium* spp. when cultured on potato dextrose agar (PDA) and incubated for 7 days at room temperature (~30°C).

Isolate	The inhibitory percentage of <i>Fusarium</i> spp. (%)		
	<i>Fusarium</i> sp. isolate 1	<i>Fusarium</i> sp. isolate 2	<i>Fusarium</i> sp. isolate 3
NA02	20.56 ^f	0.00 ^c	0.00 ^b
NA03	33.63 ^c	27.46 ^a	29.21 ^a
NA04	29.26 ^{cde}	0.00 ^c	0.00 ^b
NA07	30.29 ^{cd}	4.39 ^b	0.00 ^b
NA08	50.13 ^a	0.00 ^c	0.00 ^b
NA09	52.91 ^a	0.00 ^c	0.00 ^b
NF01	21.09 ^{ef}	0.00 ^c	0.00 ^b
NF02	0.00 ^g	0.00 ^c	0.00 ^b
NF03	41.66 ^b	0.00 ^c	0.00 ^b
NF04	0.00 ^g	0.00 ^c	0.00 ^b
PA01	34.33 ^{bc}	0.00 ^c	0.00 ^b
PA02	27.48 ^{cdef}	0.00 ^c	0.00 ^b
PA03	21.09 ^{ef}	0.00 ^c	0.00 ^b
CMC01	33.34 ^c	0.00 ^c	0.00 ^b
CMC02	22.66 ^{def}	0.00 ^c	0.00 ^b
CMC03	0.00 ^g	0.00 ^c	0.00 ^b
CMC04	0.00 ^g	0.00 ^c	0.00 ^b
F-test	*	*	*
C.V. (%)	18.48	37.36	10.08

Means within the same column with the different letter are significantly different by DMRT test, * = $P < 0.05$

NA: nutrient agar, NF: nitrogen free medium, PA: Pikovskaya agar, CMC: carboxymethyl cellulose agar and the number after the culture medium name is the isolate number.

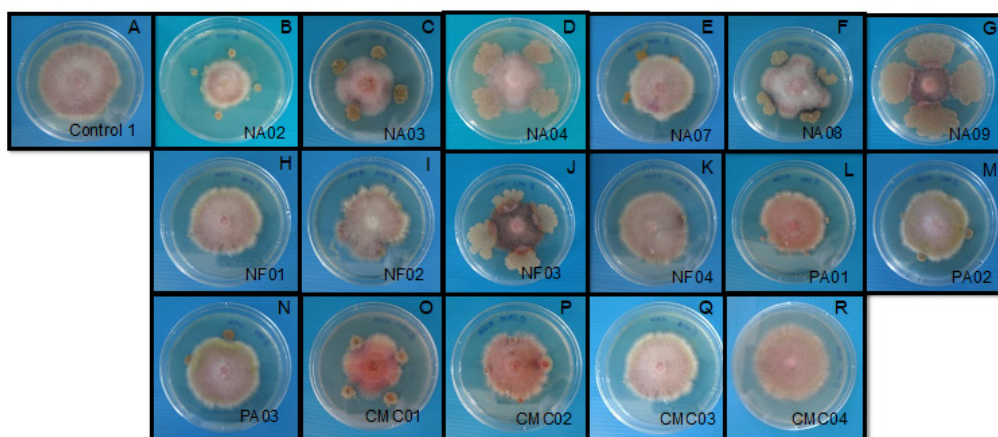


Figure 3 Inhibition of *Fusarium* sp. isolate 1 by individual bacterial isolates (B-R) cultured on potato dextrose agar (PDA) for 7 days at room temperature ($\sim 30^{\circ}\text{C}$). Control was uninoculation of bacteria (A).

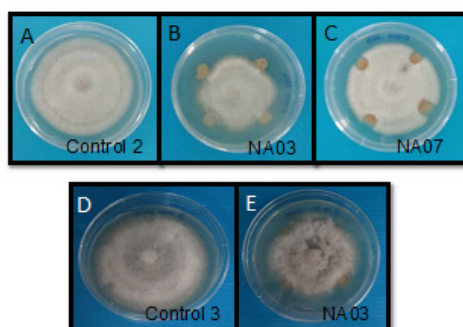


Figure 4 Inhibition of *Fusarium* sp. isolate 2 and 3 by individual bacterial isolates (B, C, and E) cultured on potato dextrose agar (PDA) for 7 days at room temperature ($\sim 30^{\circ}\text{C}$). Control of *Fusarium* sp. isolate 2 and 3 was uninoculation of bacteria (A and D), respectively.

วิจารณ์

การศึกษาสมบัติทางประชากรเคมีและชีวภาพของผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดิน เพื่อทราบถึงประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์สำหรับใช้ส่งเสริมการปลูกพืชทุเรียน พบแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ในผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดิน ซึ่งเป็นแบคทีเรียตรึงไนโตรเจนมีจำนวนมากที่สุด สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศในรูปก๊าซไนโตรเจน (N_2) ให้เป็นแอมโมเนีย (NH_3) และเปลี่ยนต่อไปเป็นแอมโมเนียม (NH_4^+) ซึ่งพืชสามารถดูดซึมไปใช้ได้ (Huergo *et al.*, 2008) และงานวิจัยนี้พบแบคทีเรียละลายฟอสเฟตและแบคทีเรียย่อยเซลลูโลสมีความเป็นประโยชน์ต่อพืช แม้ว่าจะมีจำนวนน้อยแต่สามารถแยกเชื้อให้บริสุทธิ์และทำเป็น

หัวเชื้อต่อไป ผลการยับยั้งเชื้อ *Fusarium* spp. พบว่าผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดินมีส่วนผสมของกากขานอ้อยและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ทำให้มีค่าพีเอชสูง (8.69) ไม่เหมาะสมสำหรับการเจริญของ *Fusarium* spp. ทำให้มีผลยับยั้งการเจริญของเชื้อ ซึ่งสอดคล้องกับ Agarwal and Sarbhoy (1978) ที่รายงานว่า *Fusarium* spp. ทุกชนิดชอบเจริญในที่ที่เป็นกรด โดยค่าพีเอชที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเจริญของเชื้อในจันสั่นอยู่ในช่วง 3.5 ถึง 6.5 (Gupta *et al.*, 2010) พบว่าระดับความเข้มข้นของสารปรับปรุงดิน 2 เปอร์เซ็นต์ ยับยั้งราได้มากที่สุด สอดคล้องกับการศึกษาสารสกัดชนิดต่าง ๆ และ ความเข้มข้นของสารที่ใช้แตกต่างกันมีผลในการยับยั้งรา *Fusarium* spp.

แตกต่างกัน (พิกุล, 2559) นอกจากนี้ยังสามารถคัดแยกแบคทีเรียที่ยับยั้งราก่อโรค *Fusarium* spp. ได้จากผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดินและดินที่ไม่ใส่และใส่ผลิตภัณฑ์นี้ โดยเฉพาะแบคทีเรียไฮโซเลต NA03, NA08 และ NA09 ที่สามารถยับยั้งรา *Fusarium* spp. ได้มากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับ Wachowska *et al.* (2017) ที่รวบรวมกลไกต่างๆ ของแบคทีเรียที่สามารถยับยั้งราชนิดนี้ได้ โดยสร้างสารต่อต้านรา สารปฏิชีวนะหรือสร้างสารเมตาบอไลซึม เช่น surfactin, iturin และ fengycin lipopeptides เป็นต้น รายงานของ Handoko *et al.* (2014) ซึ่งศึกษาโรคใบไหม้ของทุเรียนที่เกิดจากรา *Fusarium* spp. พบว่า *Bacillus* spp. สามารถยับยั้งการเจริญของรานี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพในหลอดทดลอง และรายงานของ Ayala-Torres *et al.* (2023) พบแบคทีเรียอีกหลายชนิดในจีนัส *Bacillus*, *Delftia*, *Micromonospora*, *Pseudomonas*, *Sphingobacterium*, *Staphylococcus* และ *Stenotrophomonas* สามารถยับยั้งรา *Fusarium* spp. ดังนั้นหากมีการใช้ผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดินที่มีพีเอชสูงและมีแบคทีเรียผสมอยู่ หรือสารอินทรีย์ในผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดินเป็นอาหารให้แบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ในดินเจริญ ส่งผลให้ยับยั้งเชื้อรา *Fusarium* spp. ได้

จากข้อมูลของระบบสารสนเทศเชิงพื้นที่เพื่อวางแผนการใช้ที่ดินเกษตรกรรมรายแปลงแสดงปริมาณอินทรีย์วัตถุและความอุดมสมบูรณ์ต่ำในชุดดินท่าแซะ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2567) อย่างไรก็ตาม ข้อมูลของเกษตรกรในพื้นที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ในพื้นที่อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานทำให้มีปริมาณไนโตรเจนอยู่ในดิน เมื่อวิเคราะห์ดินที่ไม่ใส่ผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดินซึ่งนำมาจากพื้นที่ปลูกทุเรียน พบว่ามีปริมาณแอมโมเนียมและไนเตรตสูงกว่าดินที่ใส่ผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดินที่ 18 วัน หรือในอีกทางหนึ่ง ดินที่ใส่ผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดินที่ 18 วัน จะมีปริมาณแอมโมเนียมและไนเตรตต่ำกว่าดินที่ไม่ใส่ผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดิน เป็นไปได้ว่ามาจาก 2 สาเหตุคือ ในผลิตภัณฑ์

สารปรับปรุงดินมีแบคทีเรียตรึงไนโตรเจน และภายใต้สภาวะที่ดินมีแหล่งไนโตรเจนมากอยู่แล้วหรือได้แหล่งไนโตรเจนและอินทรีย์วัตถุจากผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดิน แบคทีเรียตรึงไนโตรเจนจะมีหน้าที่ควบคุมไม่ให้เกิดกิจกรรมของเอนไซม์ไนโตรจีเนส จึงไม่ตรึงไนโตรเจนและดึงเอาแหล่งไนโตรเจนจากดินมาใช้เป็นอาหาร (Batista and Dixon, 2019) ส่งผลให้ปริมาณแอมโมเนียมและไนเตรตในดินต่ำลงในช่วงเวลานั้น อีกสาเหตุหนึ่งคือ ในผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดินมีกากขานอ้อยผสมอยู่ ซึ่งกากขานอ้อยมีองค์ประกอบของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสและลิกนินเป็นโครงสร้างเป็นวงแหวนอะโรมาติกที่ย่อยสลายได้ยากระหว่างกระบวนการหมัก (Kumar *et al.*, 2021; Wu *et al.*, 2022) อัตราการสลายตัวของสารอินทรีย์ต่ำมีความสัมพันธ์กับอัตราไมเนอรัลไลเซชันต่ำ (Hoffland *et al.*, 2020) จึงมีการปลดปล่อยไนโตรเจนได้ช้า อีกทั้งจุลินทรีย์ในดินต้องการใช้แหล่งไนโตรเจนจากดินระหว่างกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ สอดคล้องกับข้อมูลการย่อยสลายช้าลง เนื่องจากไนโตรเจนที่ไม่เพียงพอสำหรับจุลินทรีย์ (Gea *et al.*, 2004; Jacobson, 2004) จุลินทรีย์จะดึงเอาไนโตรเจนในดินมาใช้และทำให้ปริมาณไนโตรเจนในดินขณะนั้นต่ำลง จากทั้ง 2 สาเหตุที่กล่าวข้างต้นเมื่อปริมาณไนโตรเจนต่ำลงจะมีผลทำให้ต้นทุเรียนออกดอก เนื่องจากมีรายงานว่าหากต้นทุเรียนขาดธาตุไนโตรเจนจะเจริญเติบโตได้ไม่ดีเนื่องจากมีอาหารไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต ในทางตรงกันข้าม การให้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูงต้นทุเรียนจะบานช้าหรือไม่ออกดอก (Phanomsophon *et al.*, 2022)

สรุป

ผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดินนี้สามารถเพิ่มปริมาณแบคทีเรียในดินที่ปลูกทุเรียน เมื่อผสมสารนี้ในอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA สามารถยับยั้ง *Fusarium* sp. ไฮโซเลตที่ 1 ได้ดีที่สุด ที่ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพการยับยั้งจึงขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อก่อโรค และความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดินแบคทีเรีย NA08 และ NA09 สามารถยับยั้ง *Fusarium* spp. ไฮโซเลตที่ 1 ได้สูงสุด ขณะที่แบคทีเรีย NA03

มีผลยับยั้งการเจริญของ *Fusarium* spp. ได้ทั้ง 3 ไส้หลอด ปริมาณแอมโมเนียมและไนเตรตในดินที่ได้รับสารปรับปรุงดินจะถูกปลดปล่อยออกมาหลังจากบ่มดินไปแล้ว 8 วัน และปลดปล่อยออกมาได้น้อยกว่าดินที่ไม่มีการใส่สารปรับปรุงดิน เนื่องจากแบคทีเรียตรึงไนโตรเจนที่อยู่ในผลิตภัณฑ์นี้ใช้แหล่งไนโตรเจนจากดินสำหรับการเจริญ หรือจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายสารอินทรีย์ในดินมีไนโตรเจนไม่เพียงพอต่อการเกิดมิเนอรัลไลเซชันในดิน จึงดึงเอาไนโตรเจนจากดินมาใช้ เป็นผลให้ปริมาณไนโตรเจนในดินขณะนั้นลดลง ต้นทุเรียนจึงได้รับปริมาณไนโตรเจนน้อย ส่งผลให้พืชออกดอก และหลังจาก 18 วัน จึงมีการปลดปล่อยแอมโมเนียมและไนเตรตออกมาสู่ดินมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนวิจัยสนับสนุนโดยโครงการพัฒนาวิชาการระหว่างมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน บริษัท เพชรดี เฟอริติไลเซอร์ จำกัด และโปรแกรมสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยี และนวัตกรรม (ITAP) ภายใต้สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2567. ระบบสารสนเทศเชิงพื้นที่เพื่อวางแผนการใช้ที่ดินเกษตรกรรมแปลงกรมพัฒนาที่ดิน. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://liddonfarm.ldd.go.th/liddonfarm/main> (16 กุมภาพันธ์ 2567).

จำเริญ อ่อนทอง. 2547. คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา. 168 หน้า.

พิกุล นุชนวลวรรณ์. 2559. ผลของสารสกัดจากพืชบางชนิดที่มีต่อโรคหลังเก็บเกี่ยวของกล้วยไข่ที่เกิดจากเชื้อรา *Fusarium* sp. วารสารวิจัยรำไพพรรณี 10(2): 79-88.

สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร. 2566. รายงานสถานการณ์การผลิตไม้ผลภาคตะวันออกปี 2566. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://doanews.doae.go.th/archives/16543> (6 ตุลาคม 2566).

สุทธิภัทร แซ่ย่าง. 2563. ผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อคุณสมบัติของดินใต้ทรงพุ่มมะม่วงอ.เฉลิมพระเกียรติ จ.สระบุรี. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 104 หน้า.

Agarwal, D.K. and A.K. Sarboy. 1978. Physiological studies on four species of *Fusarium* pathogenic to soyabean. Indian Phytopathology 31(1): 24-31.

Aghighi, S., G.H.S. Bonjar, I. Saadoun, R. Rawashdeh and S. Batayneh. 2004. First report of antifungal spectra of activity of Iranian actinomycetes strains against *Alternaria solani*, *Alternaria alternata*, *Fusarium solani*, *Phytophthora megasperma*, *Verticillium dahliae* and *Saccharomyces cerevisiae*. Asian Journal of Plant Sciences 3: 463-471.

Ayala-Torres, A.M., S. Aranda-Ocampo, C.D. León-García de Alba, C. Nava-Díaz and J.R. Sánchez-Pale. 2023. Antagonistic bacteria against *Fusarium* spp. isolated from sclerotia of *Claviceps gigantea* in maize (*Zea mays*). La Revista Mexicana de Fitopatología 41(2): 143-164.

Batista, M.B. and R. Dixon. 2019. Manipulating nitrogen regulation in diazotrophic bacteria for agronomic benefit. Biochemical Society Transactions 47(2): 603-614.

Chantarasiri, A. and P. Boontanom. 2021. *Fusarium solani* and *Lasiodiplodia pseudotheobromae*, fungal pathogens causing stem rot disease on durian trees (*Durio zibethinus*) in Eastern Thailand. New Disease Reports 44(1): 1-3.

- Falardeau, J., C. Wise, L. Novitsky and T.J. Avis. 2013. Ecological and mechanistic insights into the direct and indirect antimicrobial properties of *Bacillus subtilis* lipopeptides on plant pathogens. *Journal of chemical ecology* 39: 869-878.
- Gea T., R. Barrena, A. Artola and A. Sanchez. 2004. Monitoring the biological activity of the composting process: oxygen uptake rate (OUR), respirometric index (RI) and respiratory quotient (RQ) *Biotechnology and Bioengineering* 88: 520-527.
- Gupta, V., A. Misra and R. Gaur. 2010. Growth characteristics of *Fusarium* spp. causing wilt disease in *Psidium guajava* L. in India. *Journal of Plant Protection Research* 50(4): 452-462.
- Handoko, A., A.L. Abadi and L.Q. Aini. 2014. Karakterisasi penyakit penting pada pembibitan tanaman Durian di Desa Plangkrongan, Kabupaten Magetan dan pengendalian dengan bakteri antagonis secara in vitro. *Jurnal HPT (Hama Penyakit Tumbuhan)* 2(2): 15-22.
- Hoffland, E., T.W. Kuyper, R.N. Comans and R.E. Creamer. 2020. Eco-functionality of organic matter in soils. *Plant and Soil* 455: 1-22.
- Huergo, L.F., R.A. Monteiro, A.C. Bonatto, L.U. Rigo, M.B.R. Steffens, L.M. Cruz, L.S. Chubatsu, E.M. Souza and F.O. Pedrosa. 2008. Regulation of nitrogen fixation in *Azospirillum brasilense*. CASSÁN, FD; GARCIA DE SALAMONE, I. *Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. Buenos Aires: Asociación Argentina de Microbiología 17-35.
- Immanuel, G., R. Dhanusha, P. Prema and A.J.I.J. Palavesam. 2006. Effect of different growth parameters on endoglucanase enzyme activity by bacteria isolated from coir retting effluents of estuarine environment. *International Journal of Environmental Science and Technology* 3: 25-34.
- Jacobson, S. 2004. Aerobic decomposition of organic wastes 2. Value of compost as fertilizer, *Resources, Conservation and Recycling* 13: 57-71.
- Kifle, M.H. and M.D. Laing. 2016. Isolation and screening of bacteria for their diazotrophic potential and their influence on growth promotion of maize seedlings in greenhouses. *Frontiers in plant science* 6: 1225.
- Kouki, S., N. Saidi, A.B. Rajeb, M. Brahmi, A. Bellila, M. Fumio, A. Hefiène, N. Jedidi, J. Downer and H. Ouzari. 2012. Control of *Fusarium* wilt of tomato caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* using mixture of vegetable and *Posidonia oceanica* compost. *Applied and Environmental Soil Science* 2012: 239639.
- Kumar, A., V. Kumar and B. Singh. 2021. Cellulosic and hemicellulosic fractions of sugarcane bagasse: Potential, challenges and future perspective. *International Journal of Biological Macromolecules* 169: 564-582.
- Nelson, D.W. and L.E. Sommers. 1980. Total nitrogen analysis of soil and plant tissues. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists* 63(4): 770-778.

- Phanomsophon, T., N. Jaisue, A. Worphet, N. Tawinteung, B. Shrestha, J. Posom, L. Khurnpoon and P. Sirisomboon. 2022. Rapid measurement of classification levels of primary macronutrients in durian (*Durio zibethinus* Murray CV. Mon Thong) leaves using FT-NIR spectrometer and comparing the effect of imbalanced and balanced data for modelling. Measurement 203: 111975.
- Pikovskaya, R.I. 1948. Mobilization of phosphates in soil in relation with vital activity of some microbial species. Mikrobiologiya 17: 362–370.
- Pinduma, R.T. and D.E. Angeles. 2009. Relationship between leaf nitrogen concentration and fruit yield of Philippine. Journal of Crop Science 34(1): 53-61.
- Pongpisutta, R., P. Keawmanee, S. Sanguansub, P. Dokchan, S. Bincader, V. Phuntumart and C. Rattanakreetakul. 2023. Comprehensive investigation of die-back disease caused by *Fusarium* in Durian. Plants 12(17): 3045.
- 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> (October 10, 2023).
- Salakpetch, S. 2005. Durian (*Durio zibethinus* L.) flowering, fruit set and pruning pp. 17-16. In: Proceedings of 5th Annual International Tropical Fruit Conference, Hilo Hawaiian.
- Thongkaew, S., C. Jatuporn, P. Sukprasert, P. Rueangrit and S. Tongchure. 2021. Factors affecting the durian production of farmers in the eastern region of Thailand. International Journal Agricultural Extension 9(2): 285-293.
- Wachowska, U., D. Packa and M. Wiwart. 2017. Microbial inhibition of *Fusarium* pathogens and biological modification of trichothecenes in cereal grains. Toxins 9(12): 408.
- Weber, K. and M. Burow. 2018. Nitrogen–essential macronutrient and signal controlling flowering time. Physiologia Plantarum 162(2): 251-260.
- Wu, D., Z. Wei, T.A. Mohamed, G. Zheng, F. Qu, F. Wang, Y. Zhao and C. Song. 2022. Lignocellulose biomass bioconversion during composting: Mechanism of action of lignocellulase, pretreatment methods and future perspectives. Chemosphere 286: 131635.
- Zhang, N., N. Nunan, P.R. Hirsch, B. Sun, J. Zhou and Y. Liang. 2021a. Theory of microbial coexistence in promoting soil–plant ecosystem health. Biology and Fertility of Soils 57: 897-911.
- Zhang, S., Y. Zhang, K. Li, M. Yan, J. Zhang, M. Yu, S. Tang, L. Wang, H. Qu, L. Luo and W. Xuan. 2021b. Nitrogen mediates flowering time and nitrogen use efficiency via floral regulators in rice. Current Biology 31(4): 671-683.

**สภาพการปรับเปลี่ยนพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวตามแผนที่เกษตร (Agri – Map)
ของเกษตรกรใน อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ**

**A Changing of Unsuitable Area for Rice Production toward the Agri - Map of Farmer
in Mueang District, Chaiyaphum Province.**

ชนิตา ช่างผัสน้อย¹ และอรุณี พรหมคำบุตร^{1*}

Chanita Changphat¹ and Arunee PhomKhambut^{1*}

Received: February 13, 2024

Revised: March 12, 2024

Accepted: March 13, 2024

Abstract: The objectives of this research were to study 1) economics, social characteristics and agricultural resources 2) changing rice area conditions, and 3) problems of farmers in Mueang district, Chaiyaphum province. The sample was 64 farmers continuing to grow crops in an unsuitable area for rice. Data was collected using questionnaires. Data were analyzed using descriptive statistics. The results found that most farmers are female, with an average age of 59.86 years, and most have completed primary school. The average agricultural experience was 31.78 years. The average number of household laborers was 2.41 people. The average amount of debt was 481,910.71 baht. The average amount of land changed was 3.30 rai. Chemical fertilizers and compost were used in the plots but not pesticides. Each farmer had a water source in their plot. Farmers used an average of 22,840.63 baht for farm investment, mostly for water resources. Most of the farms used household labor. Crops grown in their plots included fruit trees (93.75 percent), vegetables (50.00 percent), and planted forest (25.00 percent). Raising animals were fishing (73.44 percent), cattle or buffalo (34.38 percent), and poultry (9.38 percent). Mostly farmers grew for home consumption and sold the surplus in the community. Income from selling products was higher than income from rice, averaging 7,429.12 baht/rai. Most farmers have problems with high production costs and drought. Government agencies should support water resources and low-interest funds. Extension officers should regularly follow up and provide knowledge.

Keywords: zoning, changing unsuitable area, Agri – Map, rice production

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ลักษณะส่วนบุคคลทางเศรษฐกิจ สังคมและทรัพยากรการเกษตร 2) สภาพปรับเปลี่ยนพื้นที่ และ 3) ปัญหาในการปรับเปลี่ยนพื้นที่ของเกษตรกรอำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ กลุ่มตัวอย่าง 64 ราย ที่ยังคงปลูกพืชอื่นทดแทนการปลูกข้าวในพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมอย่างต่อเนื่อง เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุเฉลี่ย 59.86 ปี ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับประถมศึกษา มีประสบการณ์ทำการเกษตรเฉลี่ย 31.78 ปี จำนวนแรงงานในครัวเรือนเฉลี่ย 2.41 คน จำนวนหนี้สินเฉลี่ย 481,910.71 บาท จำนวนพื้นที่ที่ปรับเปลี่ยนเฉลี่ย 3.30 ไร่

¹ สาขาวิชาการส่งเสริมและพัฒนากการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

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

* Corresponding author: arunee@kku.ac.th

ในแปลงมีการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยหมักและน้ำหมัก ไม่ใช้สารกำจัดศัตรูพืช มีแหล่งน้ำในแปลง เงินทุนที่ใช้ปรับเปลี่ยนพื้นที่เฉลี่ย 22,840.63 บาท ส่วนใหญ่เพื่อสร้างแหล่งน้ำในแปลง ส่วนใหญ่ใช้แรงงานในครัวเรือน ชนิดพืชในแปลงได้แก่ ไม้ผล ร้อยละ 93.75 พืชผัก ร้อยละ 50.00 และสวนป่า ร้อยละ 25.00 เลี้ยงสัตว์ในแปลงได้แก่ ประมง ร้อยละ 73.44 โคกระบือ ร้อยละ 34.38 และสัตว์ปีก ร้อยละ 9.38 เกษตรกรส่วนใหญ่ผลิตเพื่อบริโภคและขายส่วนเกินในชุมชน รายได้จากการจำหน่ายผลผลิตจากพืชอื่นมากกว่ารายได้จากการจำหน่ายข้าว เฉลี่ย 7,429.12 บาทต่อไร่ เกษตรกรส่วนใหญ่มีปัญหาเรื่องต้นทุนการผลิตสูง และภัยแล้ง หน่วยงานราชการควรสนับสนุนแหล่งน้ำและเงินทุนดอกเบี้ยต่ำ เจ้าหน้าที่ส่งเสริมควรเข้าไปติดตามและให้ความรู้อย่างสม่ำเสมอ

คำสำคัญ: การจัดเขต, การปรับเปลี่ยนพื้นที่ที่ไม่เหมาะสม, แผนที่เกษตรเชิงรุก, การผลิตข้าว

คำนำ

ข้าว เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย โดยผลิตเพื่อการบริโภคภายในประเทศและส่งออกต่างประเทศ อย่างไรก็ตาม การผลิตข้าวของเกษตรกรไทยในปัจจุบันกำลังประสบปัญหาผลผลิตข้าวต่ำ และต้นทุนการผลิตสูง โดยเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศคู่แข่งการส่งออกข้าว เช่น เวียดนามและอินเดีย พบว่า ราคาข้าวในตลาดโลกมีราคาต่ำกว่าข้าวไทยประมาณร้อยละ 20.00 ส่งผลให้ประเทศคู่ค้ารายสำคัญของไทยมีการนำเข้าข้าวจากไทยลดลง (กรมการค้าต่างประเทศ, 2563) สาเหตุประการหนึ่งที่ราคาข้าวไทยสูง เนื่องจากเกษตรกรปลูกข้าวในพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมตามศักยภาพของพื้นที่ ทำให้ต้นทุนการผลิตสูง เกษตรกรจำเป็นต้องลงทุนในขั้นตอนการผลิตข้าวเพิ่มขึ้นเพื่อให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558) ในปี 2558 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์จึงนำโครงการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรม (Zoning by Agri-Map) เข้ามาช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าว เพื่อสนับสนุนและส่งเสริมให้เกษตรกรปรับเปลี่ยนการผลิตให้เหมาะสมตามสภาพพื้นที่ สังคม และเศรษฐกิจ และสอดคล้องกับความต้องการของตลาดมากที่สุด เพื่อสร้างความสามารถในการแข่งขันการผลิตสินค้าเกษตร ตามแผนยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี ยุทธศาสตร์ที่ 2 (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2561) การดำเนินการแก้ไขปัญหานี้ในพื้นที่ที่ไม่เหมาะสม (S3 และ N) โดยใช้แผนที่เกษตรเพื่อการบริหารจัดการเชิงรุก (Agri-Map) เป็นเครื่องมือในการคัดเลือกพื้นที่เข้าร่วมโครงการตามเขตความเหมาะสม

สำหรับการปลูกพืชเศรษฐกิจ 13 ชนิด บูรณาการร่วมกันระหว่างหน่วยงาน 10 หน่วยงาน ภายใต้แผนกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558)

กรมส่งเสริมการเกษตร ได้ใช้ระบบแผนที่เกษตรเพื่อการบริหารจัดการเชิงรุกออนไลน์ (Agri – Map Online) ส่งเสริมให้เกษตรกรวางแผนการผลิตและทำการผลิตสินค้าเกษตรได้เหมาะสมกับศักยภาพของพื้นที่ ตามเขตความเหมาะสมสำหรับปลูกพืช และปัจจัยทางเศรษฐกิจอื่น ๆ เพื่อให้เกษตรกรมีรายได้และคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นหลังจากการปรับเปลี่ยนการผลิต ซึ่งระบบแผนที่จะช่วยแนะนำแนวทางการปรับเปลี่ยนจากกิจกรรมการเพาะปลูกพืชปัจจุบันเป็นพืชอื่นที่มีความเหมาะสม จำนวน 11 ชนิด ให้แก่เกษตรกร โดยจะแสดงชั้นความเหมาะสมของพื้นที่และผลตอบแทนเปรียบเทียบกับปลูกพืชปัจจุบัน ในปี 2559 เป็นต้นมา กรมส่งเสริมการเกษตรดำเนินโครงการโดยจัดกระบวนการเรียนรู้การผลิตพืชทางเลือกใหม่ สนับสนุนปัจจัยการผลิตที่จำเป็นในการปรับเปลี่ยนพื้นที่ และพัฒนาให้เป็นแปลงต้นแบบในการปรับเปลี่ยน สำหรับเป็นพื้นที่ตัวอย่างสู่การขยายผลให้กับเกษตรกรรายอื่น ภายใต้เงื่อนไขที่ว่าต้องเป็นความสมัครใจและความพึงพอใจของเกษตรกรเป็นหลัก (สำนักงานเกษตรจังหวัดสตูล, 2564) ซึ่งจากการประเมินผลโดย สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2564) ในพื้นที่เป้าหมายทั้ง 63 จังหวัด พบว่าเกษตรกรที่ปรับเปลี่ยนพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวและยังทำกิจกรรมอย่างต่อเนื่อง คิดเป็นร้อยละ 93.00 จากเกษตรกร

ที่เข้าร่วมโครงการทั้งหมด และได้ผลตอบแทนสุทธิเพิ่มขึ้น และมีผลตอบแทนสุทธิในภาพรวมของโครงการ คิดเป็นมูลค่า 56 ล้านบาท

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นภูมิภาคที่มีพื้นที่ไม่เหมาะสมกับการผลิตข้าวมากที่สุดในประเทศ โดยคิดเป็น ร้อยละ 31.12 ของพื้นที่ทำการเกษตรทั้งหมด โดยในจังหวัดชัยภูมิมีพื้นที่ไม่เหมาะสมกับการปลูกข้าวคิดเป็นร้อยละ 79.56 โดยอำเภอที่มีพื้นที่ไม่เหมาะสมมากที่สุด ได้แก่ อำเภอเมืองชัยภูมิ อำเภอหนองบัวแดง และเกษตรสมบูรณ์ (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2556) อำเภอเมืองชัยภูมิ ดำเนินโครงการปรับเปลี่ยนพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวตามแผนที่เกษตร Agri-Map มีเกษตรกรที่เข้าร่วมตั้งแต่ปี 2560 – 2564 จำนวน 402 ราย (สำนักงานเกษตรจังหวัดชัยภูมิ, 2564) มีเกษตรกรที่ประสบผลสำเร็จในการปรับเปลี่ยนพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวไปปลูกพืชชนิดอื่น เช่น เกษตรผสมผสาน มะพร้าว เป็นต้น ที่ยังทำกิจกรรมอย่างต่อเนื่อง และเป็นเกษตรกรต้นแบบในการปรับเปลี่ยนพื้นที่ อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีการศึกษาสภาพการปรับเปลี่ยนพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวตามแผนที่เกษตร Agri-Map ของเกษตรกรที่ยังคงทำกิจกรรมต่อเนื่องในภาพรวม ต้นทุน และผลตอบแทน รวมไปถึงปัญหาและอุปสรรคของเกษตรกรในการปรับเปลี่ยนพื้นที่ในปัจจุบัน ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะเป็นประโยชน์สำหรับเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรเพื่อนำไปใช้ปรับปรุงการดำเนินการในพื้นที่และวางแผนการดำเนินกิจกรรมในแปลงของเกษตรกร ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อให้เกษตรกรสามารถทำกิจกรรมการปรับเปลี่ยนพื้นที่ได้อย่างต่อเนื่อง ประสบความสำเร็จ มีรายได้และคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ เกษตรกรที่เข้าร่วมการปรับเปลี่ยนพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวตามแผนที่เกษตร Agri – Map ของกรมส่งเสริมการเกษตร อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ ในปี 2560 – 2564 ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 402 ราย คำนวณหาขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีของทาโร่ ยามาเน่

(Taro Yamane', 1973) ที่ระดับความเชื่อมั่น 93% ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 137 ราย ทำการสุ่มตัวอย่างโดยวิธีสุ่มอย่างง่าย มีเกษตรกรที่ไม่ทำกิจกรรมแล้วจำนวน 73 ราย และยังทำกิจกรรมต่อเนื่องจำนวน 64 ราย ผู้วิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างที่ยังทำกิจกรรมต่อเนื่องจำนวน 64 ราย เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล คือ แบบสัมภาษณ์ มีทั้งคำถามปลายปิด และคำถามปลายเปิด โดยรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลทางด้านเศรษฐกิจและสังคม ข้อมูลทรัพยากรการเกษตร สภาพการปรับเปลี่ยนพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมต่อการผลิตข้าว ณ ปี 2565 และข้อมูลปัญหาและอุปสรรคในการปรับเปลี่ยนพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวตามแผนที่เกษตร Agri – Map โดยข้อมูลปัญหาและอุปสรรค เป็นการให้ระดับคะแนน 4 ระดับ คือ 4 หมายถึง มีปัญหาระดับมาก 3 หมายถึง มีปัญหาระดับปานกลาง 2 หมายถึง มีปัญหาระดับน้อย และ 1 หมายถึง ไม่มีปัญหา

การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าสูงสุด - ต่ำสุด ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ในการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคล ข้อมูลทางเศรษฐกิจ ข้อมูลทางสังคม ข้อมูลทรัพยากรการเกษตรและสภาพการปรับเปลี่ยนพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมต่อการผลิตข้าว ณ ปีการผลิต พ.ศ. 2564/65 โดยวิเคราะห์รายชนิดพืช และเก็บข้อมูลต้นทุนและรายได้จากการจำหน่ายข้าว พืช และการสัตว์เลี้ยง เฉพาะที่เป็นเงินสด และคำนวณผลตอบแทนจากรายได้จากการจำหน่าย - ต้นทุนผันแปร มีหน่วยเป็นบาทต่อไร่ การแปลผลปัญหาและอุปสรรคใช้หลักเกณฑ์กำหนดช่วงคะแนนระดับปัญหาดังนี้ ระดับคะแนนเฉลี่ย 3.26 – 4.00 มีปัญหามาก ระดับคะแนนเฉลี่ย 2.51 – 3.25 มีปัญหাপานกลาง ระดับคะแนนเฉลี่ย 1.76 – 2.50 มีปัญหาน้อย ระดับคะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.75 ไม่มีปัญหา

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ลักษณะส่วนบุคคลทางเศรษฐกิจและสังคม

เกษตรกรส่วนใหญ่ ร้อยละ 75.00 เป็นเพศหญิง อายุเฉลี่ย 59.86 ปี ส่วนใหญ่ร้อยละ 48.44

จบการศึกษาระดับประถมศึกษา มีประสบการณ์ทำการเกษตรเฉลี่ย 31.78 ปี จำนวนแรงงานในครัวเรือนเฉลี่ย 2.41 คน พื้นที่ทำการเกษตรเฉลี่ย 25.89 ไร่ รายได้ในภาคการเกษตรเฉลี่ย 91,682.81 บาท ส่วนรายได้นอกภาคการเกษตรเฉลี่ย 97,134.38 บาท เกษตรกรส่วนใหญ่ร้อยละ 87.50 มีหนี้สิน จำนวนหนี้สินเฉลี่ย 481,910.71 บาท แหล่งของภาระหนี้สินส่วนใหญ่ ร้อยละ 65.63 คือ ธกส. แหล่งเงินที่ใช้ในการประกอบอาชีพการเกษตรคือ แหล่งเงินทุนตนเอง คิดเป็นร้อยละ 64.06 เกษตรกรส่วนใหญ่ร้อยละ 65.63 ไม่ได้มีตำแหน่งทางสังคม เกษตรกรส่วนใหญ่ร้อยละ 87.50 เป็นสมาชิกกลุ่มทางการเกษตร โดยร้อยละ 69.64 เป็นสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชน/เครือข่ายกลุ่มวิสาหกิจชุมชน การติดตามข้อมูลข่าวสารทางการเกษตร เกษตรกรส่วนใหญ่ติดตามข้อมูลข่าวสารทางการเกษตรจากผู้นำชุมชนร้อยละ 79.69 เกษตรกรส่วนใหญ่เคยเข้ารับการอบรมกับสำนักงานเกษตรอำเภอร้อยละ 64.06 เฉลี่ย 2.66 ครั้งต่อปี และเคยเข้ารับการอบรมกับหน่วยงานในสังกัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ร้อยละ 53.13 เฉลี่ย 1.91 ครั้งต่อปี และเกษตรกรส่วนใหญ่มีการเข้าไปติดตามโครงการฯ ของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรร้อยละ 78.13 เฉลี่ย 1.78 ครั้งต่อปี หน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่เข้าไปส่งเสริมและสนับสนุนการทำการเกษตรของเกษตรกรสามอันดับแรกได้แก่ สำนักงานเกษตรอำเภอ ร้อยละ 100.00 สถานีพัฒนาที่ดิน ร้อยละ 32.81 และเกษตรและสหกรณ์จังหวัด ร้อยละ 28.13 โดยส่วนใหญ่จะเป็นการอบรมให้ความรู้และสนับสนุนปัจจัยการผลิตแก่เกษตรกร

ประเภทเอกสารสิทธิ์ร้อยละ 75.00 เป็น โฉนด (น.ส.4จ) สภาพพื้นที่ส่วนใหญ่ร้อยละ 51.56 เป็นพื้นที่ดอน ลักษณะดินส่วนใหญ่ร้อยละ 29.96 เป็นดินร่วนปนทราย ในแปลงที่เข้าร่วมโครงการ ร้อยละ 98.44 มีแหล่งน้ำสำหรับใช้ในการทำการเกษตร โดยส่วนใหญ่มีสระน้ำสำหรับใช้ในแปลง รองลงมาคือ บ่อบาดาล และแหล่งน้ำสาธารณะตามลำดับ และร้อยละ 67.19 มีแหล่งให้พลังงานไฟฟ้าสำหรับใช้ในแปลง โดยส่วนใหญ่เป็นโซลาเซลล์

รองลงมาคือ ไฟฟ้าเพื่อการเกษตร และเครื่องปั่นไฟตามลำดับ

2. สภาพการปรับเปลี่ยนพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวตามแผนที่เกษตร Agri-Map ปีการผลิต 2564/65

สภาพการปรับเปลี่ยนพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวตามแผนที่เกษตร Agri-Map ปีการผลิต 2564/65 ของเกษตรกรอำเภอเมืองจังหวัดชัยภูมิ พบว่าเกษตรกรร้อยละ 73.44 ปรับเปลี่ยนเป็นเกษตรผสมผสาน ส่วนเกษตรกรร้อยละ 20.31 ปรับเปลี่ยนเป็นไม้ผล และเกษตรกรร้อยละ 4.69 ปรับเปลี่ยนเป็นพืชอาหารสัตว์ ซึ่งเกษตรกรบางส่วนที่เริ่มต้นปรับเปลี่ยนเป็นเกษตรผสมผสานปัจจุบันไม่ทำกิจกรรมต่อ กลับไปปลูกข้าวตามเดิม เนื่องจากประสบปัญหาภัยแล้ง ขาดแคลนแหล่งน้ำหรือแหล่งน้ำไม่เพียงพอสำหรับใช้ในการทำการเกษตร ต้นทุนการผลิตสูง ขาดแคลนต้นพันธุ์ เมล็ดพันธุ์ และเงินทุน สอดคล้องกับ ณัฐสิมา และคณะ (2566) ซึ่งพบว่า เกษตรกรมีปัญหาในการทำเกษตรแบบผสมผสานในเรื่องปัจจัยทางกายภาพ คือแหล่งน้ำในการทำการเกษตร ซึ่งเป็นปัจจัยพื้นฐานของการเจริญเติบโตของพืช และปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจ คือต้นทุนในการผลิต เนื่องจากราคาปัจจัยการผลิตมีราคาสูงขึ้น เกษตรกรจะต้องใช้เงินทุนมากขึ้นในการจัดหาปัจจัยการผลิต และเกษตรกรบางส่วนปรับเปลี่ยนเป็นไม้ผล และพืชอาหารสัตว์ โดยจำนวนพื้นที่ในปัจจุบันที่เกษตรกรได้ทำการปรับเปลี่ยน มีพื้นที่เฉลี่ย 3.30 ไร่ เกษตรกรส่วนใหญ่มีที่พักอาศัยภายในแปลงที่เข้าร่วมโครงการ ร้อยละ 79.6 ในแปลงที่เข้าร่วมโครงการมีพื้นที่ปลูกข้าว เฉลี่ย 14.70 ไร่ ลักษณะกิจกรรมในแปลงที่เข้าร่วมการปรับเปลี่ยนในปัจจุบันของเกษตรกรส่วนใหญ่ มีการปลูกพืชชนิดใหม่เพิ่มขึ้น ร้อยละ 54.69 รองลงมาคือ มีการทำประมงเพิ่มขึ้น ร้อยละ 46.88 เกษตรกรร้อยละ 81.25 ไม่มีระบบการให้น้ำในแปลง ส่วนแหล่งที่มาของเมล็ดพันธุ์หรือต้นพันธุ์ที่ใช้ในแปลง ส่วนใหญ่ร้อยละ 84.38 ได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงาน และรองลงมาคือได้จากการซื้อ ร้อยละ 71.88

การจัดการในแปลง พบว่า เกษตรกรมี

การใช้ปุ๋ยเคมีควบคู่ กับปุ๋ยหมักที่ผลิตเอง เพื่อลดต้นทุนการผลิต จากการที่ปุ๋ยเคมีมีราคาแพง ทั้งนี้เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่ใช้สารกำจัดศัตรูพืช แต่ใช้น้ำหมักไล่แมลงที่ผลิตเอง เช่น น้ำหมักสะเดา น้ำหมักยาสูบ เป็นต้น เนื่องจากผลผลิตที่ได้ส่วนใหญ่จะนำมาบริโภคในครัวเรือนเป็นหลัก และการใช้สารปรับปรุงบำรุงดินและสารชีวภัณฑ์ เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่ได้ผลิตเอง ยังรอการสนับสนุนจากหน่วยงานรัฐเป็นหลัก โดยเกษตรกรส่วนใหญ่ร้อยละ 67.19 มีการใช้ปุ๋ยเคมีในแปลง ซึ่งได้จากการซื้อ ร้อยละ 97.67 เกษตรกรส่วนใหญ่ร้อยละ 78.13 ไม่ใช้สารกำจัดศัตรูพืชในแปลง ส่วนเกษตรกรที่ใช้สารกำจัดศัตรูพืช ร้อยละ 100.00 ได้จากการซื้อ โดยสารกำจัดศัตรูพืชที่เกษตรกรส่วนใหญ่ใช้ ได้แก่ สารกำจัดวัชพืช เกษตรกรส่วนใหญ่ร้อยละ 70.31 ไม่ได้ใช้สารปรับปรุงบำรุงดินในแปลง ส่วนเกษตรกรที่ใช้สารปรับปรุงบำรุงดิน ร้อยละ 78.95 ได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานราชการ โดยสารปรับปรุงบำรุงดินที่ใช้ส่วนใหญ่ ได้แก่ โดโลไมท์และปุ๋ยขาว เกษตรกรส่วนใหญ่ร้อยละ 81.25 ไม่ได้ใช้สารชีวภัณฑ์ในแปลง ส่วนเกษตรกรที่ใช้สารชีวภัณฑ์ร้อยละ 66.67 ได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานราชการ โดยสารชีวภัณฑ์ส่วนใหญ่ที่เกษตรกรใช้ได้แก่ เชื้อราไตรโคเดอร์มา และเกษตรกรส่วนใหญ่ร้อยละ 51.56 มีการใช้ปุ๋ยหมัก/น้ำหมัก ซึ่งได้จากการผลิตเอง ร้อยละ 90.91 ส่วนปุ๋ยหมัก/น้ำหมักที่เกษตรกรใช้ ได้แก่ ปุ๋ยหมักชีวภาพจากมูลสัตว์และน้ำหมักไล่แมลง

ด้านเงินทุน พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่จะใช้เงินทุนของตนเองในการปรับเปลี่ยนพื้นที่ ซึ่งเกษตรกรลงทุนในการสร้างแหล่งน้ำเป็นหลัก เพื่อกักเก็บน้ำให้เพียงพอสำหรับใช้ในการเกษตร โดยเงินทุนที่เกษตรกรใช้เพื่อปรับเปลี่ยนพื้นที่ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงปัจจุบันเฉลี่ย 22,840.63 บาท ซึ่งเป็นเงินทุนที่ใช้ในการขุดบ่อน้ำ/สระน้ำ ร้อยละ 71.88 เฉลี่ย 9,482.61 บาท รองลงมาใช้ในการทำระบบน้ำ ร้อยละ 35.94 เฉลี่ย 27,369.57 บาท และใช้ในการปรับพื้นที่ ร้อยละ 31.25 เฉลี่ย 13,725.00 บาท

ด้านการจ้างแรงงานและการจำหน่ายสินค้า พบว่า แรงงานในภาคเกษตรของเกษตรกร

ส่วนใหญ่เป็นแรงงานในครัวเรือน เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่ทำการปรับเปลี่ยนพื้นที่ในพื้นที่ขนาดเล็กเป็นการผลิตเพื่อไว้บริโภคในครัวเรือนหรือจำหน่ายในชุมชน ผลผลิตมีจำนวนน้อย เกษตรกรจึงไม่ยิมนำผลผลิตมาแปรรูป อีกทั้งการแปรรูปยังต้องใช้ต้นทุนที่สูง โดยร้อยละ 71.88 ไม่มีการจ้างแรงงาน ส่วนเกษตรกรที่มีการจ้างแรงงาน ร้อยละ 100.00 เป็นแรงงานในพื้นที่ เฉลี่ย 2.67 คน การจำหน่ายสินค้าจากพืช/กิจกรรมที่ปรับเปลี่ยนร้อยละ 70.31 มีแหล่งจำหน่ายสินค้า โดยส่วนใหญ่ร้อยละ 88.89 จำหน่ายสินค้าภายในชุมชน ยกเว้นพืชสมุนไพร โดยเฉพาะตะไคร้ ซึ่งมีพ่อค้าคนกลางมารับซื้อผลผลิตจากเกษตรกรเพื่อนำส่งโรงงานเกษตรกรร้อยละ 84.38 ไม่มีการแปรรูปผลผลิตจากพืช/กิจกรรมที่ปรับเปลี่ยนเกษตรกรร้อยละ 100.00 เห็นว่าได้รับประโยชน์จากการเข้าร่วมโครงการ โดยร้อยละ 95.31 ได้มีแหล่งอาหารให้กับสมาชิกในครัวเรือน

ชนิดพืชที่ปลูกในแปลง พบว่า ชนิดพืชที่เกษตรกรปลูกในแปลง 3 อันดับแรกได้แก่ ไม้ผล ร้อยละ 93.75 พืชผัก ร้อยละ 50.00 และสวนป่า ร้อยละ 25.00 เกษตรกรเน้นปลูกพืชเพื่อบริโภคในครัวเรือนเป็นหลัก เป็นการทำเกษตรเพื่อยังชีพ วัตถุประสงค์ในการผลิตเพื่อลดรายจ่าย เพิ่มรายได้ เสริมจากการปลูกข้าวให้กับคนในครัวเรือน โดยเกษตรกรที่มีการปลูกไม้ผลในแปลง มีพื้นที่ปลูกเฉลี่ย 1.16 ไร่ ไม้ผลที่ปลูกโดยส่วนมาก ได้แก่ กล้วย มะม่วง และมะพร้าว โดยเกษตรกรส่วนใหญ่ร้อยละ 68.75 ปลูกไม้ผลเพื่อบริโภคและจำหน่ายในชุมชน เกษตรกรที่มีการปลูกพืชผักในแปลงมีพื้นที่ปลูกเฉลี่ย 0.34 ไร่ พืชผักที่ปลูกโดยส่วนมาก ได้แก่ พริก มะเขือ และมะละกอ โดยเกษตรกรส่วนใหญ่ร้อยละ 68.75 ปลูกพืชผักเพื่อบริโภคและจำหน่ายในชุมชน เกษตรกรที่มีการปลูกสวนป่า มีพื้นที่ปลูกเฉลี่ย 0.87 ไร่ สวนป่าที่ปลูกโดยส่วนมาก ได้แก่ ยูคา และไม้ป่า โดยเกษตรกรส่วนใหญ่ร้อยละ 43.75 ปลูกสวนป่าเพื่อบริโภคในครัวเรือน เกษตรกรที่มีการปลูกพืชสมุนไพร มีพื้นที่ปลูกเฉลี่ย 1.10 ไร่ พืชสมุนไพรที่ปลูกโดยส่วนใหญ่ ได้แก่ ตะไคร้ และชา โดยเกษตรกรส่วนใหญ่ ร้อยละ 55.56

ปลูกพืชสมุนไพรเพื่อบริโภคในครัวเรือน เกษตรกรที่มีการปลูกพืชอาหารสัตว์ มีพื้นที่ปลูกเฉลี่ย 4.21 ไร่ พืชอาหารสัตว์ที่ปลูกโดยส่วนมาก ได้แก่ หญ้าเนเปียร์ และหมักรูซี่ โดยเกษตรกรส่วนใหญ่ร้อยละ 55.56 ปลูกพืชอาหารสัตว์เพื่อเป็นอาหารให้แก่สัตว์ที่เกษตรกรเลี้ยงไว้ เกษตรกรที่ปลูกมันสำปะหลังในแปลง มีพื้นที่ปลูกเฉลี่ย 19.60 ไร่ เกษตรกรทั้งหมดร้อยละ 100.00 ปลูกเพื่อจำหน่ายเท่านั้น เกษตรกร

ที่ปลูกอ้อยโรงงานในแปลง มีพื้นที่ปลูกเฉลี่ย 8.80 ไร่ เกษตรกรทั้งหมดร้อยละ 100.00 ปลูกเพื่อจำหน่ายเท่านั้น เกษตรกรที่ปลูกต้นหม่อนในแปลง มีพื้นที่ปลูกเฉลี่ย 0.75 ไร่ เกษตรกรทั้งหมดร้อยละ 100.00 ปลูกเพื่อนำไปเลี้ยงตัวไหมที่เลี้ยงไว้และจำหน่ายในชุมชน โดยผลผลิต รายได้ ต้นทุน และกำไรของแต่ละชนิดพืชแสดงดัง (Table 1)

Table 1 Planting area, yield, cash income, variable cost, and net profit per household of crops in converted plots that are unsuitable for rice production according to the Agri-Map of farmers in 2021/2022.

(n=64)

Crop type	$\bar{x}$	Maximum	Minimum	S.D.
1. Vegetables (n= 32)				
Area (Rai/Household)	0.34	1	0.15	0.21
Yield (Kilogram/Year/Household)	248.28	2,000	0	383.50
Income (Bath/Year/Household)	6,296.88	30,000	0	8,115.95
Cost (Bath/Year/Household)	1,655.94	20,000	0	3,481.48
Profit (Bath/Year/Household)	4,640.94	10,000	0	6,269.29
2. Fruits (n= 60)				
Area (Rai/Household)	1.16	5	0.15	1.06
Yield (Kilogram/Year/Household)	83.58	1,500	0	294.77
Income (Bath/Year/Household)	3,700.00	50,000	0	7,811.66
Cost (Bath/Year/Household)	1,428.27	12,000	0	2,391.22
Profit (Bath/Year/Household)	2,271.73	38,000	0	6,638.79
3. Planted Forest (n= 16)				
Area (Rai/Household)	0.87	3	0.1	1.05
Yield (Kilogram/Year/Household)	45.00	500	0	123.88
Income (Bath/Year/Household)	1,931.25	25,000	0	6,220.04
Cost (Bath/Year/Household)	1,412.50	12,500	0	3,225.50
Profit (Bath/Year/Household)	518.75	12,500	0	3,639.45
4. Medicinal plants (n= 9)				
Area (Rai/Household)	1.10	7	0.13	2.23
Yield (Kilogram/Year/Household)	520.00	4,000	10	1,307.25
Income (Bath/Year/Household)	5,355.56	28,000	0	9,785.21
Cost (Bath/Year/Household)	2,405.56	14,000	0	4,755.29
Profit (Bath/Year/Household)	2,950.00	14,000	0	5,092.76

Table 1 (continued)

(n=64)

Crop type	$\bar{x}$	Maximum	Minimum	S.D.
5. Flowering plants (n= 1)				
Area (Rai/Household)	0.25	-	-	-
Yield (Kilogram/Year/Household)	1,000.00	-	-	-
Income (Bath/Year/Household)	6,000.00	-	-	-
Cost (Bath/Year/Household)	2,700.00	-	-	-
Profit (Bath/Year/Household)	3,300.00	-	-	-
6. Filled crops				
6.1 Cassava (n= 5)				
Area (Rai/Household)	19.60	45	6	15.88
Yield (Kilogram/Year/Household)	78,640.00	180,000	25,200	63,280.71
Income (Bath/Year/Household)	181,800.00	450,000	63,000	162,194.94
Cost (Bath/Year/Household)	86,340.00	221,500	30,000	83,050.15
Profit (Bath/Year/Household)	95,460.00	228,500	33,000	79,456.01
6.2 Sugar cane (n= 5)				
Area (Rai/Household)	8.80	15	2	4.76
Yield (Kilogram/Year/Household)	90,000.00	150,000	20,000	48,476.80
Income (Bath/Year/Household)	112,200.00	180,000	28,000	61,621.42
Cost (Bath/Year/Household)	61,510.00	95,250	9500	34,533.14
Profit (Bath/Year/Household)	50,690	84,750	18,500	27,830.61
7. Mulberry (n=3)				
Area (Rai/Household)	0.75	1	0.25	0.43
Yield (Kilogram/Year/Household)	316.67	500	200	160.73
Income (Bath/Year/Household)	2,600.00	5,000	800	2,163.33
Cost (Bath/Year/Household)	333.33	1,000	0	577.35
Profit (Bath/Year/Household)	2,267	4,000	800	1,616.58
8. Forage crops (n= 7)				
Area (Rai/Household)	4.21	9	0.25	3.13
Yield (Kilogram/Year/Household)	1,628.57	4,000	100	1,347.48
Income (Bath/Year/Household)	3,416.67	20,000	0	7,530.10
Cost (Bath/Year/Household)	814.29	2,000	0	712.81
Profit (Bath/Year/Household)	2,602.38	18,000	0	7,912.53

Remark: Choose more than 1 type.

การเลี้ยงสัตว์ในแปลง พบว่า เกษตรกรทำการเลี้ยงสัตว์ควบคู่กับกิจกรรมการปลูกพืชในแปลง เพื่อเป็นแหล่งอาหารและสร้างรายได้ให้กับคนครัวเรือน โดยการเลี้ยงสัตว์ในแปลงมากที่สุด ร้อยละ 73.44 คือประมง รองลงมาคือ โคและกระบือ ร้อยละ 34.38 และอันดับสามคือ สัตว์ปีก ร้อยละ 9.38 โดยการประมงที่เกษตรกรส่วนใหญ่เลี้ยง ได้แก่ ปลานิล และปลาดูเตียน เกษตรกรส่วนใหญ่ ร้อยละ 68.09 ทำประมงเพื่อบริโภคในครัวเรือน

เกษตรกรที่เลี้ยงโคและกระบือส่วนใหญ่ ร้อยละ 100.00 จะเลี้ยงเพื่อจำหน่ายเท่านั้น โดยเกษตรกรจะรอให้โคและกระบือมีอายุเหมาะสมจึงจะจำหน่าย ซึ่งในระยะเวลา 1 ปี อาจจะไม่มีการจำหน่ายเลย สัตว์ปีกส่วนใหญ่ที่เกษตรกรเลี้ยงได้แก่ ไก่พื้นบ้าน และเป็ดไข่ โดยเกษตรกรส่วนใหญ่ ร้อยละ 66.67 เลี้ยงสัตว์ปีกเพื่อบริโภคและจำหน่าย โดยปริมาณที่เลี้ยง ผลผลิตรายได้ ต้นทุนและกำไรของแต่ละกิจกรรมการเลี้ยงสัตว์แสดงดัง (Table 2)

Table 2 Raising animals in converted land that is not suitable for rice production according to the Agri-Map.

(n=64)

Crop type	$\bar{x}$	Maximum	Minimum	S.D.
1. Fishing (n= 47)				
The number of fish (Head/Household)	2,068.09	20,000	100	3,993.87
Yield (Kilogram/Year/Household)	133.30	875	0	182.61
Income (Bath/Year/Household)	4,321.28	70,000	0	13,163.16
Cost (Bath/Year/Household)	3,655.32	45,000	0	9,209.35
Profit (Bath/Year/Household)	665.96	25,000	0	32,742.00
2. Cow and Buffalo (n=22)				
The number of animals (Head/Household)	7.82	32	1	7.24
Yield (Head/Year/Household)	0.82	3	0	0.96
Income (Bath/Year/Household)	43,895.45	380,000	0	82,857.72
Cost (Bath/Year/Household)	72,220.45	300,000	0	85,968.28
Profit (Bath/Year/Household)	- 28,325.00	80,000	0	115,965.44
3. Pigs (n=2)				
The number of animals (Head/Household)	10.50	14	7	4.95
Yield (Head/Year/Household)	7.50	15	0	10.61
Income (Bath/Year/Household)	30,000.00	60,000	0	42,426.41
Cost (Bath/Year/Household)	24,500.00	29,000	20,000	6,363.96
Profit (Bath/Year/Household)	5,500.00	31,000	-20,000	48,790.37
4. Goat (n=1)				
The number of animals (Head/Household)	21.00	-	-	-
Yield (Head/Year/Household)	5.00	-	-	-
Income (Bath/Year/Household)	20,300.00	-	-	-
Cost (Bath/Year/Household)	11,000.00	-	-	-
Profit (Bath/Year/Household)	9,300.00	-	-	-

Table 2 (continued)

(n=64)

Crop type	$\bar{x}$	Maximum	Minimum	S.D.
5. Poultry (n= 6)				
The number of animals (Head/Household)	86.67	200	10	71.18
Yield (Kilogram/Year/Household)	415.67	2,000	24	783.12
Income (Bath/Year/Household)	8,066.67	20,000	0	7,420.69
Cost (Bath/Year/Household)	5,350.83	13,000	0	4,253.41
Profit (Bath/Year/Household)	2,715.84	7,000	0	6,236.14

Remark: Choose more than 1 type.

3. ผลตอบแทนเมื่อเปรียบเทียบกับการผลิตข้าว

ในปีการผลิต 2564/65 เกษตรกรที่เข้ารับการปรับเปลี่ยนพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวตามแผนที่เกษตร Agri -Map มีรายได้จากการจำหน่ายข้าวเฉลี่ย 1,360.01 บาทต่อไร่ และเมื่อนำมารายได้จากการจำหน่ายมาเปรียบเทียบกับรายได้จากการจำหน่ายผลผลิตจากพืชอื่นในแปลงพบว่า ในภาพรวมรายได้จากการจำหน่ายผลผลิตจากพืชอื่นในทุกๆ กิจกรรมมีมากกว่ารายได้จากการจำหน่ายข้าวเฉลี่ย 7,429.12 บาทต่อไร่ สอดคล้องกับ รายงานการประเมินผล zoning ปี พ.ศ. 2563 โดย สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2564) พบว่า ในภาพรวมเกษตรกรได้รับผลตอบแทนสุทธิของสินค้าอื่นที่ปรับเปลี่ยนสูงกว่าผลตอบแทนสุทธิของข้าวในทุกกิจกรรมที่ปรับเปลี่ยน และสอดคล้องกับ สกส และชคตตรัย (2564) ที่พบว่า เกษตรกรในจังหวัดนครราชสีมาปรับเปลี่ยนพื้นที่ปลูกข้าวมาปลูกอ้อยเพราะผลตอบแทนสุทธิที่เป็นเงินสดและไม่เป็นเงินสดของอ้อยโรงงานมี

ค่าอยู่ที่ 82.73 บาทต่อไร่ ส่วนผลตอบแทนของข้าวอยู่ที่ - 835.57 บาทต่อไร่ โดยรายได้จากการจำหน่ายผลผลิตพืชอื่นที่สูงกว่าการจำหน่ายข้าวมากที่สุดคือ ไม้ดอก เฉลี่ย 22,639.99 บาทต่อไร่ ซึ่งไม้ดอกที่เกษตรกรปลูก ได้แก่ ดอกดาหลา และดอกเฮลิโคเนีย อาจเนื่องมาจากเป็นสินค้าที่ไม่ค่อยมีในพื้นที่มีตลาดเฉพาะ จึงมีมูลค่าค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับข้าว และสาเหตุที่รายได้จากการจำหน่ายพืชชนิดอื่นสูงกว่ารายได้จากการจำหน่ายข้าว อาจเนื่องมาจากเกษตรกรส่วนใหญ่เก็บข้าวไว้บริโภคในครัวเรือนเป็นหลัก จะจำหน่ายเฉพาะบางส่วน ส่วนรายได้จากการจำหน่ายผลผลิตที่น้อยกว่ารายได้จากการจำหน่ายข้าวคือ พืชอาหารสัตว์ เฉลี่ย 548.45 บาท/ไร่ อาจเนื่องมาจากเกษตรกรส่วนใหญ่ไม่ได้ปลูกพืชอาหารสัตว์ไว้เพื่อจำหน่าย แต่เป็นการปลูกไว้เพื่อเป็นอาหารให้สัตว์ที่เลี้ยงไว้ ทำให้เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่ได้มีรายได้จากการขายพืชอาหารสัตว์ (Table 3)

Table 3 Yield and cash income per area from other different crops compared to rice of farmers in 2021/2022.

(n=64)

Plant type	Yield (Kilogram/Rai)	Income (Bath/Rai)	Income compared to rice (Bath/Rai)	%
1. Rice	NA	1,360.01	-	
2. Other plants		8,789.13	7,429.12	
2.1 Vegetables	730.24	18,520.24	17,160.23	1,261.77
2.2 Fruits	72.05	3,189.66	1,829.65	134.53

Table 3 (continued)

(n=64)

Plant type	Yield (Kilogram/Rai)	Income (Bath/Rai)	Income compared to rice (Bath/Rai)	%
2.3 Planted Forest	51.72	2,219.83	859.82	63.22
2.4 Medicinal plants	472.73	4,868.69	3,508.68	257.99
2.5 Flowering plants	4000.00	24,000.00	22,639.99	1,664.69
2.6 Filed crops				
2.6.1 Cassava	4,012.24	9,275.51	7,915.50	582.02
2.6.2 Sugar cane	10,227.27	12,750.00	11,389.99	837.49
2.7 Mulberry	422.23	3,466.67	2,106.66	154.90
2.8 Forage crops	386.83	811.56	- 548.45	- 40.33

Remark: NA= Not available

4. ปัญหาและอุปสรรคในการปรับเปลี่ยนพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวตามแผนที่เกษตร Agri – Map

เกษตรกรที่ยังทำกิจกรรมอย่างต่อเนื่อง มีปัญหาและอุปสรรคในการปรับเปลี่ยนพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวตามแผนที่เกษตร Agri – Map (Table 4) ดังนี้

4.1 ด้านความรู้หรือวิชาการ พบว่าเกษตรกรมีปัญหาในเรื่อง ความรู้การปลูกพืชเบื้องต้น การปรับปรุงบำรุงดิน การป้องกันและกำจัดโรคแมลง และการจัดการน้ำในแปลง ในระดับน้อย และเกษตรกรไม่มีปัญหาในเรื่อง ความรู้ด้านมาตรฐานสินค้า การแปรรูป และการใช้วัตถุดิบตราทางการเกษตร (สารเคมี)

4.2 ด้านการผลิต พบว่าเกษตรกรมีปัญหาในเรื่อง ต้นทุนการผลิตสูงในระดับมาก และไม่มีปัญหาในเรื่องการขาดแคลนเครือข่ายการผลิต

4.3 ด้านการตลาด พบว่าเกษตรกรไม่มีปัญหาด้านการตลาด

4.4 ด้านเงินทุน พบว่าเกษตรกรมีปัญหาเรื่องการขาดแคลนเงินทุนในระดับปานกลาง และเกษตรกรไม่มีปัญหาในเรื่องการขาดแคลนแหล่งเงินทุน

4.5 ด้านภัยพิบัติ พบว่า เกษตรกรมีปัญหาในเรื่องของภัยแล้งในระดับมาก ในเรื่องโรคและแมลง มีปัญหาในระดับปานกลาง และเกษตรกรไม่มีปัญหาเรื่องภัยน้ำท่วม

จากข้อมูลข้างต้น พบว่าเกษตรกรที่ยังมีการ

ทำกิจกรรมการปรับเปลี่ยนพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวตามแผนที่เกษตร Agri – Map มีปัญหาและอุปสรรคในเรื่อง ต้นทุนการผลิตสูง และภัยแล้ง ในระดับมาก ซึ่งประเด็นดังกล่าวเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกษตรกรไม่ทำกิจกรรมต่อ และหันกลับไปปลูกข้าวตามเดิม นอกจากนี้ประเด็นปัญหาเรื่องต้นทุนการผลิตสูงทำให้เกษตรกรจำเป็นต้องใช้เงินทุนสูงขึ้นในการจัดหาปัจจัยการผลิตเข้ามาใช้ในแปลงของตนเอง ส่วนด้านความรู้หรือวิชาการในแต่ละประเด็นพบว่าเกษตรกรมีปัญหาในระดับน้อยและไม่มีปัญหาเลย อาจเนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่มีความรู้พื้นฐานและประสบการณ์ด้านทำการเกษตรอยู่แล้ว อีกทั้งยังเคยผ่านการอบรมถ่ายทอดความรู้ด้านการทำเกษตร ทำให้เกษตรกรไม่มีปัญหาในด้านความรู้วิชาการ สอดคล้องกับ นรินทร์ และคณะ (2559) เกษตรกรที่ทำเกษตรผสมผสานและมีความยั่งยืนทางการเกษตรเกิดจากกระบวนการเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง นำความรู้ที่ได้ไปปรับใช้ให้สอดคล้องกับบริบทพื้นที่ของตนเอง และด้านการตลาด เกษตรกรก็ไม่มีปัญหาในทุกประเด็นเช่นกัน อาจเนื่องจากวัตถุประสงค์ในการผลิตพืชและเลี้ยงสัตว์ในแปลงของเกษตรกรนั้น เพื่อบริโภคในครัวเรือนเป็นหลัก เน้นแหล่งอาหารให้แก่คนในครอบครัว เพื่อลดรายจ่าย หากเหลือจากการบริโภค จึงจะนำผลผลิตไปจำหน่ายในชุมชน เกษตรกรจึงไม่มีปัญหาในด้านนี้

Table 4 Problems in changing areas that are not suitable for rice production according to the current Agri-Map.

(n=64)

The Problems	Average	S.D.	Problem level
1. Academic knowledge			
1.1 Introduction to planting	1.89	1.025	Low
1.2 Soil improvement	1.97	1.038	Low
1.3 Prevention of diseases and insects	2.17	1.032	Low
1.4 Product standards	1.63	0.882	No problem
1.5 Product processing	1.48	0.690	No problem
1.6 Use of pesticides	1.55	0.815	No problem
1.7 Water management	1.78	0.881	No problem
2. Production			
2.1 Labor shortage	2.13	1.120	Low
2.2 Lack of seedlings	2.78	1.175	Moderate
2.3 Lack of Manure or Chemical fertilizer	2.36	1.014	Low
2.4 Shortage of water	2.44	1.194	Low
2.5 Low soil fertility	2.38	1.091	Low
2.6 Low yield	2.42	1.020	Low
2.7 High production cost	3.25	0.943	Hight
2.8 Shortage of agricultural tools	2.36	1.173	Low
2.9 Low price of the product	2.97	0.959	Moderate
2.10 The product is not up to standard	1.80	1.042	Low
2.11 Lack of production network	1.61	0.986	No problem
3. Marketing			
3.1 Lack of distribution sources in the community	1.50	0.873	No problem
3.2 Lack of online product distribution sources	1.34	0.761	No problem
3.3 Lack of international market	1.28	0.723	No problem
4. Funding			
4.1 Lack of production cost	2.83	1.162	Moderate
4.2 Lack of funding sources	1.61	1.078	No problem
5. Disaster			
5.1 Disease and Insects	2.61	1.121	Moderate
5.2 Flood	1.67	1.040	No problem
5.3 Drought	3.05	0.983	Hight

Remark: 3.26 – 4.00 = High, 2.51 – 3.25 = Moderate, 1.76 – 2.50 = Low and, 1.00 – 1.75 = No problem

สรุป

เกษตรกรที่ปรับเปลี่ยนพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวตามแผนที่เกษตร Agri – Map ที่ยังทำกิจกรรมต่อเนื่อง ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุเฉลี่ย 59.86 ปี จบการศึกษาระดับประถมศึกษา มีจำนวนแรงงานในครัวเรือนเฉลี่ย 2.41 คน มีรายได้ ในภาคการเกษตรเฉลี่ย 91,682.81 บาท มีจำนวนหนี้สินเฉลี่ย 481,910.71 บาท แหล่งภาระหนี้สินแหล่งส่วนใหญ่คือ ธกส. ใช้เงินทุนของตนเองในการทำเกษตร เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่มีตำแหน่งทางสังคม เคยเข้ารับการอบรมกับสำนักงานเกษตรอำเภอเฉลี่ย 2.66 ครั้งต่อปี สภาพพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ดอน ลักษณะดินเป็นดินร่วนปนทราย แหล่งน้ำที่ใช้ในแปลงคือสระน้ำของตนเอง แหล่งพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในแปลงคือโซลาเซลล์ เงินทุนที่ใช้ในการปรับเปลี่ยนพื้นที่เฉลี่ย 22,840.63 บาท เกษตรกรส่วนใหญ่ปรับเปลี่ยนพื้นที่เป็นเกษตรผสมผสาน มีพื้นที่เฉลี่ย 3.30 ไร่ ส่วนใหญ่มีชนิดพืชที่ปลูกในแปลงคือ ไม้ผล การเลี้ยงสัตว์ในแปลงส่วนใหญ่คือ ประมง ผลผลิตที่ได้เกษตรกรจะนำไปบริโภคในครัวเรือน หากเหลือจะนำไปจำหน่ายในชุมชน เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่ใช้สารกำจัดศัตรูพืช และไม่มีการให้น้ำในแปลง ผลตอบแทนในเรื่องรายได้จากการจำหน่ายผลผลิตพืชอื่นในทุกกิจกรรมจะสูงกว่ารายได้จากการจำหน่ายข้าว เฉลี่ย 7,429.12 บาทต่อไร่ โดยเฉพาะไม้ดอก ซึ่งเป็นพืชที่มูลค่าสูง เกษตรกรส่วนใหญ่มีปัญหาเรื่องต้นทุนการผลิตสูงและภัยแล้ง ในระดับสูง ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกษตรกรที่ปรับเปลี่ยนพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวตามแผนที่เกษตร Agri – Map ไม่ทำกิจกรรมต่อ หากเกษตรกรจะประสบผลสำเร็จในการปรับเปลี่ยนพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมต่อการผลิตข้าว และยังทำกิจกรรมอย่างต่อเนื่อง ควรส่งเสริมให้เกษตรกรทำกิจกรรมการเกษตรที่หลากหลาย เพื่อลดความเสี่ยงจากการทำเกษตร สนับสนุนแหล่งน้ำให้แก่เกษตรกร ในช่วงเริ่มปรับเปลี่ยนพื้นที่ เจ้าหน้าที่ควรเข้าไปดูแลติดตามและให้คำแนะนำเกี่ยวกับการปรับเปลี่ยนพื้นที่อยู่เป็นประจำ หน่วยงานควรมีแผนงานหรือโครงการอื่นๆ เข้ามาส่งเสริมเพิ่มเติมหรือบูรณาการร่วมกับหน่วย

งานภาครัฐหรือเอกชนในพื้นที่ และสนับสนุนการทำเกษตรแบบยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเกษตรกร อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ และเจ้าหน้าที่สำนักงานเกษตรอำเภอเมืองชัยภูมิ ที่ให้ความอนุเคราะห์และความร่วมมือในการให้ข้อมูลเป็นอย่างดี และขอขอบคุณ กรมส่งเสริมการเกษตรและมหาวิทยาลัยขอนแก่น ภายใต้งานความร่วมมือทางวิชาการ ว่าด้วยการพัฒนาวิชาการ ด้านการเรียนการสอน การวิจัย และการส่งเสริมการเกษตรที่เปิดโอกาสให้ผู้วิจัยได้มีโอกาสศึกษาเรียนรู้เพิ่มเติม ในสาขาส่งเสริมและพัฒนากการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เอกสารอ้างอิง

- กรมการค้าต่างประเทศ. 2563. สถานการณ์ข้าวโลก และข้าวไทย เดือนมกราคม 2563. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://www.dft.go.th/th-th/Service-DFT/Service-Information/DATA-Group-Product/Detail-DATA-Group-Product/ArticleId/14284/-2563-1-2-3> (20 มกราคม 2566).
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2558. แนวทางการบริหารจัดการเขตการใช้ที่ดินสำหรับพื้นที่เกษตรกรรม (Zoning) ในส่วนของเศรษฐกิจ. เอกสารวิชาการ. กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพมหานคร. 32 หน้า.
- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2556. พื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจตามระดับความเหมาะสมของที่ดิน. เอกสารวิชาการ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพมหานคร. 36 หน้า.
- ณัฐสิมา บริบูรณ์, นารัตน์ สีระสาร และสินุช คุรุทเมือง แสนเสริม. 2566. ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจทำการเกษตรแบบผสมผสานของเกษตรกร อำเภอภินทรบุรี จังหวัดปราชญ์บุรี. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ 6(3): 84-91.

นิรันดร์ ยิ่งยวด ประสงค์ ตันพิชัย สันติ ศรีสวนแดง และวีรชัย สุปัญญา. 2559. กระบวนการปรับใช้ความรู้การทำเกษตรผสมผสานของชุมชนแลเกษตรกร: กรณีศึกษา บ้านหนองกระโดนมน อำเภอนองหญ้าไซ จังหวัดสุพรรณบุรี. วารสารศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ 8(1): 172-198

สกุล วงษ์กาฬสินธุ์ และชัคตตริย รัชสวสดี. 2564. ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงพื้นที่นาข้าวเป็นพืชพลังงาน จังหวัดนครราชสีมา. วารสารชุมชนวิจัย 15(1): 56-69.

สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2561. ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <http://nscr.nesdc.go.th/ns/> (20 มกราคม 2566).

สำนักงานเกษตรจังหวัดสตูล. 2564. คู่มือโครงการบริหารจัดการการผลิตสินค้าเกษตรตาม

แผนที่เกษตรเพื่อการบริหารจัดการเชิงรุก (Agri-Map) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <http://www.satun.doae.go.th> (11 สิงหาคม 2565).

สำนักงานเกษตรจังหวัดชัยภูมิ. 2565. โครงการบริหารจัดการการผลิตสินค้าเกษตรตามแผนที่เกษตรเพื่อการบริหารจัดการเชิงรุก (Agri-Map). คู่มือโครงการส่งเสริมการเกษตร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566, ชัยภูมิ. 12 หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2564. รายงานการประเมินผลโครงการบริหารจัดการการผลิตสินค้าเกษตรตามแผนที่เกษตรเพื่อการบริหารจัดการเชิงรุก (Zoning by Agri-Map) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563. ศูนย์ประเมินผล สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กรุงเทพมหานคร. 101 หน้า.

ผลของน้ำหมักชีวภาพใบกระถิน มูลสุกร มูลไก่เกลบ และปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตและ
ผลผลิตของคะน้า

Effects of *Leucaena leucocephala* Leaf Bio-extract, Pig Manure, Chicken Manure Rice Husk
and Chemical Fertilizer on Growth and Yield of Chinese Kale (*Brassica oleracea* L.)

ไพบุญย์ หมุ่มมาส^{1*} กัมพล ปาละอุด¹ ศรัณยู โปไชโร¹ เยาวเรศ ชูศิริ² ณรงค์ คชภักดี²
ศาสตรา ลาดปะละ³ และศราวุธ วณิชแห่งไพรส์พันธ์⁴

Paiboon Muymas^{1*}, Kumpol Palaaud¹, Saranyoo Posoro¹, Yaowares Chousiri²,
Narong Kotchabhakdi², Sattru Ladpala³ and Sarawut Wanithaengphaisan⁴

Received: October 19, 2023

Revised: March 5, 2024

Accepted: March 15, 2024

Abstract: This study aimed to investigate the effects of bio-extract from leaves of *Leucaena leucocephala* (LB), pig Manure, chicken manure rice husk and chemical fertilizer on growth and yield of Chinese kales. The experiments in pots in field conditions were carried out between May to June 2022 employing a randomized complete block design (RCBD) with 7 treatments. Kales were sprayed once a week with LB solutions at the concentrations of 0-3.0 mL/L/plant. Treating with 3.0-mL/L LB solution resulted in the highest growth (leaf number, leaf width, stem height) and fresh and dry weights of kales. RCBD experiments in farmers' field condition were then conducted during July to August 2022. The effects of 3.0-mL/L/plant LB (T1) were compared with those of 3.0-mL/L/plant LB in conjunction with pig manure at 37.5 g/plant (T2) or chemical fertilizer (25-5-5) at 25 g/plant in conjunction with chicken manure/rice husk at 25 g/plant (T3). T2-treated kales exhibited the lowest growth and yield. T1 led to smaller growth and fresh weight compared to those of T3, though the dry weight of the T1 was the highest. Fresh and dry weights of the T1 were equal to 91.16 and 110% of those of the T3, respectively. Therefore, partial substitution of chemical fertilizer with LB may maintain the Chinese kale yield and help reduce the production cost that burdens the farmers.

Keywords: chinese kale, *Leucaena leucocephala*, bio-extract, fertilizer, yield

¹ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ตำบลชมพู อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52100

¹ General Science, Faculty of science, Lampang Rajabhat University, Chompoo, Muang, Lampang 52100

² สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ตำบลชมพู อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52100

² Chemistry Program, Faculty of science, Lampang Rajabhat University, Chompoo, Muang, Lampang 52100

³ สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ตำบลชมพู อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52100

³ Biology Program, Faculty of science, Lampang Rajabhat University, Chompoo, Muang, Lampang 52100

⁴ สาขาคอมพิวเตอร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ตำบลชมพู อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52100

⁴ Computer Education Program, Faculty of Education, Lampang Rajabhat University, Chompoo, Muang, Lampang 52100,

*Corresponding author: pmuymas@yahoo.com

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของน้ำหมักชีวภาพใบกระถิน (LB) มูลสุกร มูลไก่แกลบ และปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้า การศึกษาในกระถางในสภาพแปลงทดสอบดำเนินการระหว่างเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน 2565 วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) จำนวน 7 กรรมวิธี โดยพ่น LB ความเข้มข้น 0-3 มิลลิลิตร/ลิตร/ต้น ทุก 1 สัปดาห์ พบว่าการใช้ LB 3.0 มิลลิลิตร/ลิตร ส่งผลให้การเจริญเติบโต (จำนวนใบ ความกว้างใบ ความสูงลำต้น) น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของคะน้า จากนั้นจึงได้ทำการศึกษาค่าผลของการใช้ LB 3.0 มิลลิลิตร/ลิตร/ต้น (T1) เปรียบเทียบกับการใช้ LB 3.0 มิลลิลิตร/ลิตร/ต้น ร่วมกับมูลสุกร 37.50 กรัม/ต้น (T2) หรือการใช้ปุ๋ยเคมี (25-5-5) 25 กรัม/ต้น ร่วมกับมูลไก่แกลบ 25 กรัม/ต้น (T3) โดยใส่ปุ๋ยและพ่น LB ทุก 1 สัปดาห์ ในสภาพแปลงปลูกเกษตรกร ดำเนินการระหว่างเดือนกรกฎาคม-สิงหาคม 2565 วางแผนการทดลองแบบ RCBD ผลการทดลองพบว่า คะน้า T2 มีการเจริญเติบโตและผลผลิตต่ำที่สุด T1 ส่งผลให้การเจริญเติบโตและน้ำหนักสดของคะน้าน้อยกว่า T3 แต่ น้ำหนักแห้งของคะน้า T1 มีค่าสูงที่สุด น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของคะน้า T1 คิดเป็น 91.16 และ 110.65 เปอร์เซ็นต์ ของคะน้า T3 ตามลำดับ ดังนั้นการใช้ LBทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีบางส่วน อาจจะสามารถรักษาระดับผลผลิตคะน้าและช่วยลดภาระต้นทุนการผลิตให้กับเกษตรกรได้

คำสำคัญ: คะน้า, กระถิน, น้ำหมักชีวภาพ, ปุ๋ย, ผลผลิต

คำนำ

คะน้า (Chinese Kale: *Brassica oleracea* L.) เป็นผักที่คนนิยมบริโภค เนื่องจากสามารถรับประทานได้ทั้งใบและลำต้นและมีสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายปริมาณสูง เช่น สารต้านอนุมูลอิสระ วิตามินซี และเส้นใย (Gui-xiao et al., 2013) ประเทศไทยมีเนื้อที่ปลูกคะน้าทั้งสิ้น 35,340 ไร่ มีผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้ 53,371,491 กิโลกรัม มีผลผลิตเฉลี่ย 1,782 กิโลกรัมต่อไร่ อายุการเก็บเกี่ยว 45-55 วัน จึงทำให้เกษตรกรขายผลผลิตและมีผลตอบแทนในเวลาอันสั้น (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2566) เกษตรกรนิยมใช้ปุ๋ยเคมีสารเคมีต่าง ๆ เพื่อเร่งการเจริญเติบโตทำให้เก็บเกี่ยวผลผลิตได้เร็ว การปลูกคะน้านิยมใช้ปุ๋ยเคมีที่มีไนโตรเจน (N) ปริมาณสูง พืชสามารถดูดซึมน้ำใช้ได้รวดเร็ว (ยงยุทธ และคณะ, 2554) แต่ในขณะเดียวกันเกษตรกรส่วนใหญ่ยังคงใช้ปุ๋ยเคมีในปริมาณมากเกินไปจนเกิดความเสียหายของพืช เพื่อให้ได้ผลผลิตเพียงพอต่อความต้องการของตลาดและผู้บริโภคจึงทำให้มีต้นทุนในการผลิตที่สูงเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

น้ำหมักชีวภาพ (bio-extract) เกิดจากการหมักเศษวัสดุต่าง ๆ โดยใช้กระบวนการย่อยของจุลินทรีย์มีธาตุอาหารที่สำคัญและจุลินทรีย์

ที่มีประโยชน์ต่อพืชหลายชนิดช่วยให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้ดี (พรรณนีย์, 2546) การใช้น้ำหมักชีวภาพจากเศษวัสดุอินทรีย์ส่งผลให้ผลผลิตของมะเขือเทศ ผักกวางตุ้ง ผักคะน้ายอด ผักสลัดคอส มีผลผลิตเพิ่มมากขึ้น (อรรถ และคณะ, 2554) นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้น้ำหมักจากขยะอินทรีย์รดผักคะน้าส่งผลให้มีความสูงและจำนวนใบมากกว่าการใช้น้ำหมักชีวภาพจากแบคทีเรียกลุ่มผลิตกรดแลคติก หอยเชอร์รี่ และน้ำหมักสูตรผสม (ช้องชัย และ ยรรยงค์, 2553) และการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับน้ำหมักแบคทีเรีย พบว่าส่งผลให้ผักคะน้า กวางตุ้ง และขึ้นฉ่าย มีผลผลิตเพิ่มขึ้นเช่นกัน (เสาวนีย์, 2565)

มูลไก่ (chicken manure) มีธาตุอาหารประกอบไปด้วยไนโตรเจน (total N) ฟอสเฟต (P_2O_5) และโพแทสเซียม (K_2O) ประมาณ 2.28, 5.91 และ 3.02 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ทรายแก้ว และคณะ, 2556) การใช้มูลไก่ร่วมกับปุ๋ยชนิดต่าง ๆ ส่งผลให้ผักสลัดกรีนไคคมีการเจริญเติบโต น้ำหนักสด และปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มมากขึ้น (อรประภา, 2564) การใช้มูลไก่ผสมกับกากกาแฟและหน้าดินเป็นวัสดุปลูกส่งผลให้คะน้าที่ปลูกในกระถางมีจำนวนใบ ความสูง ลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น น้ำหนักสดต้น และผลผลิตดีที่สุด (อมรรัตน์ และคณะ, 2565)

มูลสุกรเก่า (pig manure) มีธาตุอาหารที่มีประโยชน์ต่อพืช เช่น ไนโตรเจน ฟอสเฟต และโพแทสเซียม ประมาณ 2.83, 16.25 และ 0.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ทรายแก้ว และคณะ, 2556) การนำมูลสุกรมาใช้ร่วมกับปุ๋ยชนิดอื่น ๆ พบว่า สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตของผักสลัดได้ (วังไพร และ พิษณุ, 2564) หรือคะน้าที่ได้รับมูลสุกรอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ช่วยให้ได้ผลผลิตสูงที่สุด คือ 3.7 ตันต่อไร่ (เย็นยง และคณะ, 2559)

กระถินบ้าน หรือ กระถินไทย (*Leucaena leucocephala* (Lamk.) de Wit) เป็นวัชพืชที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น กระถินเป็นไม้ยืนต้นตระกูลถั่ว มีไนโตรเจนที่สูง 3-5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง (จารุณี และคณะ, 2554) การนำใบกระถินมาทำน้ำหมักชีวภาพอาจช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของพืชและลดการใช้ปุ๋ยเคมีซึ่งอาจเป็นแนวทางหนึ่งในการลดต้นทุนการปลูกพืชให้กับเกษตรกรได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของการใช้น้ำหมักชีวภาพใบกระถินกับการใช้น้ำหมักดังกล่าวร่วมกับมูลสุกรและปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลไก่เกลบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้าในแปลงปลูกของเกษตรกร

อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการทดลองแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 การศึกษาหาความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพใบกระถินที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้า ดำเนินการทดลองในแปลงทดสอบบริเวณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ระหว่างเดือน พ.ค.-มิ.ย. 2565 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (Randomized Complete Block Design: RCBD) โดยใช้น้ำหมักชีวภาพใบกระถินซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการทำดังนี้ นำส่วนใบและยอดกระถินไทยสับให้ละเอียด 10 กิโลกรัม ใส่ลงในถังพลาสติก นำนมเปรี้ยวตราบีทาเก้น 700 มิลลิลิตร ผสมกับกากน้ำตาล 4 ลิตร เติมน้ำเปล่าสะอาดลงไป 100 ลิตร คนให้เข้ากัน ปิดฝาให้สนิท คนทุกวัน ๆ ละ 1 ครั้ง หมักทิ้งไว้ 1 เดือน จึงนำมาใช้ได้ และนำส่งตัวอย่างวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของน้ำหมักชีวภาพ

ใบกระถินที่ฝ่ายบริการห้องปฏิบัติการ สถาบันบริการตรวจสอบคุณภาพและมาตรฐานผลิตภัณฑ์มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ (Table 1) กำหนดให้ความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพใบกระถินเป็นกรรมวิธี มีทั้งหมด 7 กรรมวิธี ได้แก่ T1, T2, T3, T4, T5, T6 และ T7 ตามระดับความเข้มข้น ดังนี้ 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 มิลลิลิตรต่อลิตรต่อต้น โดยพ่นทุก 1 สัปดาห์ บรรจุน้ำหมักที่มีวัสดุผสมของดิน : มูลวัวในอัตราส่วน 1:1 ลงในกระถางปลูกขนาด 8 นิ้ว 1 กิโลกรัมต่อกระถาง จำนวน 3 ซ้ำ ๆ ละ 15 ต้น (1 ต้น/กระถาง) ในระหว่างการปลูกมีการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ในช่วง 5.26-5.53 และค่าการนำไฟฟ้า (Electrolytic conductivity: EC) 1.2 เดซิซีเมนส์/เมตร เมื่อคะน้ามีอายุครบ 55 วัน บันทึกผลการทดลอง ดังนี้ จำนวนใบต่อต้น ทำการนับทุกใบของแต่ละต้นในทุกกรรมวิธี ความสูงต้น (เซนติเมตร) วัดจากโคนต้นจนถึงปลายยอดใบ ความกว้างใบและยาวใบ (เซนติเมตร) เลือกใบที่ใหญ่ที่สุดของแต่ละต้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (เซนติเมตร) น้ำหนักสดต้นและใบ (กรัม) น้ำหนักแห้งต้น (กรัม) โดยตัดส่วนเหนือดินของคะน้า (ลำต้นและใบ) นำไปชั่งน้ำหนักสดแล้วนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง เพื่อชั่งน้ำหนักแห้ง (ครองใจ, 2560) วัดความเข้มข้นของใบคะน้า (L^* , a^* และ b^*) เลือกวัดตรงกลางของใบที่ใหญ่ที่สุดในแต่ละต้น โดยใช้เครื่องวัดสีแบบพกพา (portable colorimeter)

การทดลองที่ 2 การศึกษาอิทธิพลของน้ำหมักชีวภาพใบกระถิน มูลสุกร มูลไก่เกลบ และปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้า โดยดำเนินการทดลองในแปลงปลูกของเกษตรกร โดยเลือกกรรมวิธีที่มีผลผลิตด้านน้ำหนักสดต้นและใบสูงที่สุดคือ กรรมวิธีที่ 7 พ่นน้ำหมักชีวภาพใบกระถินเพียงอย่างเดียว 3 มิลลิลิตรต่อลิตรต่อต้น ต้น มาใช้ทดสอบในแปลงปลูกของเกษตรกร ณ บ้านสัก ตำบลบ้านเอื้อม อำเภอเมืองลำปาง จังหวัดลำปาง ระหว่างเดือน ก.ค.-ส.ค. 2565 วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 3 กรรมวิธี ๆ ละ 2 แปลงทดสอบ ประกอบด้วยกรรมวิธีที่ 1 พ่นน้ำหมักชีวภาพใบกระถิน

เพียงอย่างเดียว 3 มิลลิลิตร/ลิตร/ต้น พันทุก 1 สัปดาห์ (T1) กรรมวิธีที่ 2 พันน้ำหมักชีวภาพใบกระถิน 3 มิลลิลิตร/ลิตร/ต้น ร่วมกับมูลสุกร ปริมาณ 37.50 กรัมต่อต้น (T2) กรรมวิธีที่ 3 หวานปุ๋ยเคมี (25-5-5) ปริมาณ 25 กรัม/ต้น ร่วมกับมูลไก่เกล็ด ปริมาณ 25 กรัมต่อต้น (T3) (กรรมวิธีที่ 2 และ 3 เป็นกรรมวิธีเดิมของเกษตรกร) แบ่งใส่ปุ๋ยจำนวน 3 ครั้ง คือ หลังย้ายปลูก 15, 30 และ 45 วัน รดน้ำเข้า-เย็นปริมาณ 1 ลิตรต่อต้นต่อวัน เมื่อคะน้ำอายุ 55 วัน ทำการวัดและบันทึกผลการทดลอง ดังนี้ จำนวนใบต่อต้น ความสูงต้น ความกว้างใบ ความยาวใบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น น้ำหนักสดต้นและใบ แล้วนำต้นคะน้ำทั้งต้นไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เพื่อชั่งน้ำหนักแห้ง (Table 4) และวัดความเข้มข้นของใบคะน้ำ (L^* , a^* และ b^*)

การเตรียมต้นกล้าคะน้ำ ทำการเพาะเมล็ดพันธุ์คะน้ำพันธุ์ใบ ตราเจียใต้ โดยหยอดเมล็ดคะน้ำจำนวน 1 เมล็ดต่อหลุม ลงในถาดเพาะกล้าที่มีหลุมขนาด 36.5X57.0X5.0 เซนติเมตร จำนวน 104 หลุมต่อถาด บรรจุด้วยดินร่วนและขุยมะพร้าวแบบละเอียด อัตราส่วน 1:1 วางในที่ร่มรำไร รดน้ำช่วงเช้าและเย็นทุกวันปริมาณ 1 ลิตรต่อถาดต่อวัน เมื่อต้นกล้าอายุ 14 วัน ทำการย้ายต้นกล้าลงปลูกในแปลงทดลอง

การเตรียมแปลงปลูกคะน้ำ เตรียมแปลงปลูกโดยขุดดินลึก 15-20 เซนติเมตร ย่อยดินให้ละเอียดแล้วใส่มูลวัว 10 กิโลกรัมต่อแปลง คลุกเคล้าให้เข้ากัน ตากดินทิ้งไว้ 7 วัน เตรียมแปลงปลูกขนาด 1x6 เมตร จำนวน 6 แปลง ระยะห่างระหว่างต้น 25X25 เซนติเมตร ระหว่างแปลง 0.5 เมตร ปลูกเป็น 4 แถว ๆ ละ 20 ต้น รวมทั้งหมด 80 ต้น/แปลง อุณหภูมิระหว่างปลูกมีค่าเฉลี่ย 24.50 - 34.55 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity; RH) มีค่าเฉลี่ย 50-60 เปอร์เซ็นต์ (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2565)

การวิเคราะห์คุณสมบัติของดินก่อนปลูก และหลังปลูกผักคะน้ำในแปลงทดลอง ได้แก่ ค่า pH ในอัตราส่วนดิน:น้ำ เท่ากับ 1:1 และค่า EC โดยใช้เครื่องมือวัดคุณภาพน้ำแบบ 5 In 1 (แบบพกพา) แบบดิจิตอล (Table 2)

การวิเคราะห์คุณสมบัติของดินก่อนและหลังปลูกคะน้ำในแปลงของเกษตรกร เก็บตัวอย่างดินในระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร สุ่มเก็บตัวอย่างดินในแต่ละแปลงย่อยจำนวน 10 จุด นำดินมาผึ่งให้แห้งในร่ม จากนั้นนำส่งตัวอย่างดินไปวิเคราะห์ที่ฝ่ายบริการห้องปฏิบัติการ สถาบันบริการตรวจสอบคุณภาพและมาตรฐานผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ (Table 3)

บันทึกข้อมูลด้านการเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้ำ เมื่อคะน้ำมีอายุครบ 55 วัน สุ่มเก็บคะน้ำในแต่ละแปลงจำนวน 50 ต้น/แปลง ได้แก่ จำนวนใบ ความสูงต้น ความกว้างใบ ความยาวใบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น น้ำหนักสดต้นและใบ ส่วนน้ำหนักแห้งของต้นและใบคะน้ำนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง ได้น้ำหนักแห้งคงที่ (กรัม) (ครองใจ, 2560) และวัดความเข้มข้นของใบคะน้ำ (L^* , a^* และ b^*) โดยใช้เครื่องวัดสี (colorimeter) รายงานค่าเป็น L^* (ค่าความสว่าง) a^* (ค่าความเป็นสีแดง) และ b^* (ค่าความเป็นสีเขียว)

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ นำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (analysis of variance) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significance Difference Test (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ทางสถิติสำเร็จรูป (SPSS 17)

Table 1 Chemical characteristics and plant nutrients of *Leucaena leucocephala* leaf bio-extract.

Parameters	Values measured*	Standard**
pH	3.74	4.5-8.5
Electrical conductivity (dS/m)	2.85	< 10
Organic matter (% OM)	6.66	> 10
Organic carbon (% TOC)	3.87	-
Sodium (% Na)	59.63	< 1
Carbon to Nitrogen ratio (C/N ratio)	8:1	< 20:1
Nitrogen (% total N)	0.51	> 0.50
Phosphorus (% total P as P ₂ O ₅)	0.07	> 0.50
Potassium (% total K as K ₂ O)	0.57	> 0.50
Specific gravity	1.03	-

* Analyze the sample at Laboratory Services Department, Institute of Product Quality and Standardization, Maejo University, Chiang Mai

** Department of agriculture (2012)

Table 2 The analysis of soil chemical properties before and after of the first experiment.

Treatment	Before experiment		After experiment	
	pH	EC (dS/m)	pH	EC (dS/m)
Control (T1)	5.36+0.57	1.91+1.20 ^a	5.79+0.21 ^b	1.92+1.19
LB 0.5 mL/L (T2)	5.36+0.57	0.72+0.36 ^b	6.11+0.23 ^a	1.85+0.67
LB 1.0 mL/L (T3)	5.53+0.39	0.85+0.45 ^b	6.15+0.15 ^a	1.19+0.04
LB 1.5 mL/L (T4)	5.26+0.57	0.74+0.23 ^b	6.03+0.38 ^a	1.55+0.48
LB 2.0 mL/L (T5)	5.41+0.12	1.18+0.93 ^a	5.72+0.33 ^b	1.84+0.45
LB 2.5 mL/L (T6)	5.34+0.25	1.23+0.52 ^a	6.02+0.34 ^a	1.57+0.14
LB 3.0 mL/L (T7)	5.36+0.05	0.98+0.56 ^b	6.13+0.15 ^a	1.81+0.36
F-test	ns	*	*	ns
C.V. (%)	14.92	1.79	23.43	3.52

*Values are mean ± S.E. followed by letters denote group according to Duncan's Multiple Range Test (p<0.05)

*ns Means not significant difference at p<0.05

Table 3 Analyzed properties of soil used in the present study.

Soil properties	Analyzed value*			
	Soil		Soil after planting in field experimental	
	Before Planting	Leucaena Bio-extract	Leucaena Bio-extract + Pig manure	Chicken manure + Chemical fertilizer
pH ^{1/}	5.10	5.28	5.53	5.50
Electrical conductivity ^{2/} (dS/m)	0.09	0.02	0.02	0.02

Table 3 (continued)

Soil properties	Analyzed value*			
	Soil		Soil after planting in field experimental	
	Before Planting	Leucaena Bio-extract	Leucaena Bio-extract + Pig manure	Chicken manure + Chemical fertilizer
Organic matter ^{3/} (%)	6.92	2.09	1.80	2.16
Total nitrogen ^{4/} (%)	0.30	0.16	0.20	0.21
Available phosphorus ^{5/} (mg/kg)	1,390	578	808	366
Exchangeable potassium ^{6/} (mg/kg)	445	304	317	374
Exchangeable calcium ^{6/} (mg/kg)	1,390	385	543	454
Exchangeable magnesium ^{6/} (mg/kg)	167	64.26	94.59	120

^{1/}pH (1:2.5 H₂O); ^{2/}EC (1:5 H₂O); ^{3/}OM (Walkley and Black method); ^{4/}N (Kjeldahl method); ^{5/}P (Bray-2 method); ^{6/} K, Ca, Mg (NH₄ OAc method)

* Analyze the sample at Laboratory Services Department, Institute of Product Quality and Standardization, Maejo University, Chiang Mai.

ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 จากการศึกษาผลการใช้น้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตด้านจำนวนใบ ความกว้างและความยาวใบ ความสูงต้น และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นในกระถางสภาพแปลง พบว่า กรรมวิธี T7 มีจำนวนใบต่อดัน (8.53 ใบ) ความกว้างใบ (6.05 เซนติเมตร) ความยาวใบ (9.01 เซนติเมตร) ความสูงลำต้น (11.45 เซนติเมตร) น้ำหนักสดต้น (2.40 กรัม) (Table 4) และมีค่าความชื้นสีของใบคะน้ำ (L*, a* และ b*) สูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ (Table 5) ส่วนกรรมวิธี T1, T2, T3, T4, T5 และ T6 มีจำนวนใบเฉลี่ย 4.18-7.43 ใบ ความกว้างใบเฉลี่ย 1.97-4.80 เซนติเมตร ความยาวใบ พบว่า T1, T3, T5, T6 และ T7 มีค่าเฉลี่ย 3.06-9.01 เซนติเมตร ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่างจาก T2 และ T4 มีค่า 3.06-3.31 เซนติเมตร ผลการใช้น้ำหมักชีวภาพต่อผลผลิตของคะน้ำด้านน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง (ลำต้นและใบ) พบว่า T7 มีน้ำหนักสดสูงที่สุด คือ 2.40 กรัม โดยแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่น ๆ ที่มีค่าเฉลี่ย 1.47-1.89 กรัม น้ำหนักแห้ง พบว่า ทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่าง (p<0.05) (Table 4) ค่าความชื้นสีของใบ (L*, a* และ b*) พบว่า T7 มีค่าสูงที่สุด โดยที่ค่าความสว่าง (L*) คือ 73.08 โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กรรมวิธี T5 คือ 70.43 ค่าความเป็นสีแดง (a*) พบว่า T7 มีค่าสูงที่สุดคือ 5.36 โดยแตกต่างจากกรรมวิธีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 1.43-2.76 และค่าความเป็นสีเขียว (b*) พบว่า T7 มีค่าสูงที่สุด คือ 4.38 ซึ่งแตกต่างจากกรรมวิธีอื่น ๆ เช่นกัน คือ มีค่าเฉลี่ย 0.81-3.25 (Table 5) ค่าความชื้นสีของใบ (L*, a* และ b*) จะเห็นได้ว่า T7 มีน้ำหมักชีวภาพใบกระถาง ความชื้นสูงสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ ซึ่งมีธาตุไนโตรเจนในปริมาณที่สูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ เช่นกันอาจส่งผลต่อการเจริญเติบโตทางใบได้ดีทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในใบเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ค่าความชื้นสีของใบคะน้ำสูงขึ้นตามไปด้วย และทำให้ใบพืชมีสีเขียวมากขึ้น

Table 4 Effects of *Leucaena leucocephala* bio-extract (LB) on growth and yield of Chinese kales in pots at 55 days.

Treatment	Leaf number per plant	Leaf width (cm)	Leaf Length (cm)	Plant height (cm)	Stem diameter (cm)	Fresh weight (g)	Dry Weight (g)
Control (T1)	5.53+3.61 ^d	3.20+2.50 ^c	5.08+4.32 ^a	6.09+5.55 ^d	0.04+0.28	1.52+1.83 ^b	0.44+0.61
LB 0.5 mL/L (T2)	4.18+3.36 ^e	2.51+2.58 ^d	3.31+3.55 ^b	8.03+7.09 ^c	0.05+0.35	1.58+1.84 ^b	0.35+0.46
LB 1.0 mL/L (T3)	6.13+5.75 ^c	3.62+3.21 ^c	5.03+4.59 ^a	8.15+7.77 ^c	0.06+0.35	1.82+2.03 ^b	0.55+0.68
LB 1.5 mL/L (T4)	4.46+3.70 ^e	1.97+1.59 ^e	3.06+2.82 ^b	5.70+5.54 ^e	0.05+0.33	1.47+1.79 ^b	0.29+0.40
LB 2.0 mL/L (T5)	6.61+6.48 ^c	4.17+3.44 ^b	6.20+5.71 ^a	9.24+7.94 ^b	0.07+0.44	1.89+2.08 ^b	0.61+0.76
LB 2.5 mL/L (T6)	7.43+6.53 ^b	4.80+3.76 ^b	7.34+6.56 ^a	9.71+10.41 ^b	0.10+0.36	1.87+1.99 ^b	0.52+0.68
LB 3.0 mL/L (T7)	8.53+8.22 ^a	6.05+4.56 ^a	9.01+6.69 ^a	11.45+11.35 ^a	0.15+0.36	2.40+1.93 ^a	0.56+0.75
F-test	*	*	*	*	ns	*	ns
C.V. (%)	1.13	1.21	1.14	1.04	0.21	0.93	0.76

* Values are means+ S.E. followed by different letters denote group according at p<0.05 by DMRT.

ns indicate non-significantly different at the same column

Table 5 Effects of *Leucaena leucocephala* bio-extract (LB) on leaf color of Chinese kales in pot at 55 days.

Treatment	Measure the color meter		
	L*	a*	b*
Control (T1)	62.09+15.90 ^b	1.45+1.65 ^c	2.32+2.10 ^c
LB 0.5 mL/L (T2)	52.17+13.45 ^c	2.21+1.41 ^b	0.81+0.47 ^e
LB 1.0 mL/L (T3)	69.83+10.76 ^b	1.65+1.34 ^c	3.25+2.60 ^b
LB 1.5 mL/L (T4)	49.92+30.30 ^d	2.28+1.82 ^b	2.52+2.44 ^c
LB 2.0 mL/L (T5)	70.43+19.58 ^a	2.76+2.54 ^b	1.94+2.02 ^d
LB 2.5 mL/L (T6)	64.64+20.55 ^b	2.26+2.15 ^b	2.67+2.34 ^c
LB 3.0 mL/L (T7)	73.08+10.08 ^a	5.36+8.90 ^a	4.38+2.29 ^a
F-test	*	*	*
C.V. (%)	3.66	0.91	1.25

* Values are means+ S.E. followed by different letters denote group according at p<0.05 by DMRT.

* significant difference at the 0.05 probability level.

การทดลองที่ 2 ในแปลงปลูกเกษตรกรพบว่า การให้กรรมวิธีต่างๆ กับคะน้าทำให้จำนวนใบต่อต้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) กรรมวิธีที่ 1 มีจำนวนใบต่อต้นสูงที่สุด คือเฉลี่ย 6.24 ใบ รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 3 และกรรมวิธีที่ 2 คือ 5.92 และ 5.68 ใบ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการใส่ปุ๋ยทั้ง 3 กรรมวิธีมีธาตุอาหารไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของ

คะน้าในแปลงปลูกจึงส่งผลให้ใบคะน้ามีสีเขียวเข้ม มีความแข็งแรง เจริญเติบโตเร็ว ช่วยเพิ่มดัชนีพื้นที่ใบ จำนวนการแตกใบอ่อนเพิ่มขึ้น ขนาดของใบใหญ่ ส่งผลให้จำนวนใบของคะน้าต่อต้นมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณไนโตรเจนที่พืชได้รับ (ชัยฤกษ์, 2536) ความสูงของลำต้น พบว่า กรรมวิธีที่ 2 มีความสูงที่สุดเฉลี่ย (28.22 เซนติเมตร) รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 3 และ 1 (27.30 และ 25.06 เซนติเมตร) แสดงให้

เห็นว่าการพ่นน้ำหมักชีวภาพใบกระถินร่วมกับมูลสุกรสามารถเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตด้านความสูงของลำต้นคะน้าได้ เนื่องจากกระถินเป็นพืชตระกูลถั่วมีธาตุไนโตรเจนสูง 3-5 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้ง (ชยงค์ และคณะ, 2532) ประกอบกับในมูลสุกรมีธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม คือ 2.83, 16.25 และ 0.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ทรายแก้ว และคณะ, 2556) ส่งผลให้คะน้ามีความสูงลำต้น ความกว้างและยาวใบ จำนวนใบ เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และผลผลิตต่อไร่เพิ่มมากขึ้น (สราวุธ และนฤมล, 2563) ความกว้างและยาวใบ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กรรมวิธีที่ 3 มีความกว้างของใบสูงสุด (15.04 เซนติเมตร) รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 1 (14.40 เซนติเมตร) และกรรมวิธีที่ 2 (14.10 เซนติเมตร) นอกจากนี้กรรมวิธีที่ 3 ยังมีความยาวใบสูงที่สุด (16.32 เซนติเมตร) รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 2 (15.22 เซนติเมตร) และกรรมวิธีที่ 1 (15.18 เซนติเมตร) (Table 6) ส่วนน้ำหนักสด (ต้นและใบ) พบว่า กรรมวิธีที่ 3 มีน้ำหนักสดสูงที่สุด (120.76 กรัม) โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ 1 (110.08 กรัมต่อต้น) และกรรมวิธีที่ 2 (108.56 กรัมต่อต้น) จากผลการศึกษาในแปลงปลูกเกษตรกรชี้ให้เห็นชัดว่า คะน้ามีการเจริญเติบโตและผลผลิตเพิ่มสูงขึ้นมากกว่ากระถินในแปลงทดสอบ เนื่องจากวัสดุปลูกที่ใช้ในกระถางใช้เพียงดินร่วนและปุ๋ยคอกอัตราส่วน 1:1 มีค่า pH ของดินก่อนปลูกเฉลี่ย 5.26-5.53 ค่า EC เท่ากับ 0.72-1.91 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร และค่า pH ของดินหลังปลูก พบว่า มีค่าเฉลี่ย 5.72-6.15 เพิ่มขึ้นมากกว่าดินก่อนปลูก ส่วนค่า EC พบว่า ทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกัน และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าดินก่อนปลูก ส่วนในแปลงปลูกเกษตรกรในแต่ละกรรมวิธีมีการใส่น้ำหมักชีวภาพใบกระถิน มูลสุกร มูลไก่เกลบ และปุ๋ยเคมีเพื่อเปรียบเทียบผลการเจริญเติบโตของคะน้าให้มากขึ้นกว่าในกระถาง ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของดินก่อนและหลังปลูก คะน้าในแปลงเกษตรกร พบว่า ดินก่อนปลูกมีค่า pH เท่ากับ 5.10 ค่า EC เท่ากับ 0.09 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) เท่ากับ 6.92 เปอร์เซ็นต์ มีไนโตรเจน ปริมาณ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม

เท่ากับ 0.30 เปอร์เซ็นต์, 1,390.50, 445.50, 1,390.70 และ 167.22 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ดินหลังปลูกมีค่า pH เท่ากับ 5.28 ค่า EC เท่ากับ 0.02 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ เท่ากับ 2.09 เปอร์เซ็นต์ มีไนโตรเจน ปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม เท่ากับ 0.16 เปอร์เซ็นต์, 578.01, 304.93, 385.34 และ 64.26 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จากผลการศึกษาในแปลงปลูกเกษตรกรพบว่า กรรมวิธีที่ 3 ปุ๋ยเคมี (25-5-5) ปริมาณ 25 กรัมต่อต้น ร่วมกับมูลไก่เกลบ ปริมาณ 25 กรัม/ต้น ส่งผลให้น้ำหนักสดคะน้าสูงที่สุดเนื่องจากมีการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลไก่เกลบ (Table 7) ซึ่งสอดคล้องกับ Agbede *et al.* (2008) กล่าวว่า มูลไก่เกลบสามารถช่วยเพิ่มความพรุนของดิน ดินสามารถอุ้มน้ำ เพิ่มอินทรีย์วัตถุในดิน มีธาตุอาหารที่สำคัญต่อพืชทานใบ ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม เท่ากับ 46.90, 7.60, 17.60, 26.20 และ 3.20 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยเฉพาะไนโตรเจนทำให้พืชมีการเจริญเติบโตและผลผลิตเพิ่มสูงขึ้น ช่วยให้พืชสร้างคลอโรฟิลล์ในการสังเคราะห์แสง (Sumeet *et al.*, 2009) เนื่องจากคะน้าเป็นพืชเนิ่นใบที่ต้องการธาตุอาหารไนโตรเจนที่สูงซึ่งช่วยให้พืชมีการเจริญเติบโตได้เร็วในส่วนใบ ลำต้น โดยในมูลสุกร มูลไก่เกลบมีธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ส่วนในน้ำหมักชีวภาพมีจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อพืช เช่น *Bacillus* sp., *Lactobacillus* sp., *Streptococcus* sp. ช่วยย่อยสลายอินทรีย์สารในดินเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยของพืชให้ดียิ่งขึ้น (ศุภกาญจน์และคณะ, 2553) นอกจากนี้การใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีเป็นปุ๋ยที่ละลายน้ำได้ดี ช่วยปลดปล่อยธาตุอาหารได้เร็วพืชนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรง สอดคล้องกับ ส่องชัย และยรรยงค์ (2553) รายงานว่า การใช้ปุ๋ยเคมี (25-7-7) ส่งผลให้คะน้ามีน้ำหนักสดมากกว่าการใส่น้ำหมักชีวภาพเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้ในปุ๋ยเคมีมีธาตุอาหารหลัก (NPK) มากกว่าจึงส่งผลให้พืชสามารถนำธาตุอาหารไปใช้ในการแบ่งเซลล์ขยายเซลล์ในส่วนกิ่ง ก้าน และลำต้นพืช จากผลการศึกษาการใส่ปุ๋ยเคมี (20-10-10) จำนวน 100 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลให้คะน้า กว้างตั้ง และผักชีมีน้ำหนักสดเพิ่มมากขึ้น (เรวัตร และคณะ, 2557) ส่วนน้ำหนักแห้ง

ของคะน้าที่ได้รับปุ๋ยทั้ง 3 กรรมวิธีมีความแตกต่างกัน กรรมวิธีที่ 1 มีน้ำหนักแห้งสูงสุดคือ 13.20 กรัม รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 3 คือ 11.93 กรัม และกรรมวิธีที่ 2 น้อยที่สุด คือ 8.01 กรัม จะเห็นได้ว่าคะน้าที่ได้รับ น้ำหมักชีวภาพใบกระถินส่งผลให้น้ำหนักแห้งของคะน้าสูงที่สุด จากรายงานของทัศนจิภา และคณะ (2553) พบว่า การพ่นน้ำหมักชีวภาพมีผลให้น้ำหนักแห้งทั้งหมดของมะเขือเทศเพิ่มขึ้น 21.3-30.9 เปอร์เซ็นต์ และการใช้น้ำหมักปลาร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์สามารถเพิ่มผลผลิตและน้ำหนักแห้งของถั่วพุ่มและ กวางตุ้งฮ่องเต้ได้ดี (วินารัตน์ และคณะ, 2553; Kamla *et al.*, 2007) ในแปลงปลูกเกษตรกรรมยังคงพบว่า ค่าความเข้มข้นของใบ (L^* , a^* และ b^*) ในกรรมวิธีที่ใช้น้ำหมักชีวภาพใบกระถินเพียงอย่างเดียวสูงกว่าการใช้น้ำหมักชีวภาพร่วมกับมูลสุกร

มูลไก่ และปุ๋ยเคมี ซึ่งสอดคล้องกับ Lesing and Aungoolprasert (2016) การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีระดับไนโตรเจนสูงขึ้นส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบของต้นคะน้าเพิ่มขึ้น (Table 8) จากงานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่า การใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลไก่กลับส่งผลให้ผลผลิตของคะน้าสูงที่สุด รองลงมาคือ การใส่น้ำหมักชีวภาพใบกระถินเพียงอย่างเดียว ปริมาณ 3 มิลลิตรต่อลิตรต่อต้น และการใช้น้ำหมักชีวภาพใบกระถินร่วมกับการใส่มูลสุกรส่งผลให้ผลผลิตด้านน้ำหนักสดต้นและใบน้อยที่สุด ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากกรรมวิธีที่ 2 มีการใช้น้ำหมักชีวภาพใบกระถินร่วมกับมูลสุกรในสัดส่วนที่มากเกินไป ซึ่งมูลสุกรเป็นมูลที่มีปริมาณธาตุฟอสฟอรัส และทองแดงค่อนข้างสูง การใช้สะสมนานๆ อาจจะเป็นอันตรายต่อพืชได้ (จุฑามาศ, 2556)

Table 6 Effects of *Leucaena leucocephala* bio-extract (LB) pig manure (PM) and chicken manure rice husk (CM) and chemical fertilizer (CF) on growth of Chinese kales in field experiment at 55 days.

Treatment	Leaf number per plant	Plant height (cm)	Leaf width (cm)	Leaf length (cm)	Stem diameter (cm)
LB 3.0 mL/L/plant (T1)	6.24+1.31 ^a	25.06+6.47 ^c	14.40+3.50 ^b	15.18+2.79 ^b	0.12+0.39
LB 3.0 ml/L/plant+ PM 37.50 g/plant (T2)	5.68+0.85 ^b	28.22+4.90 ^a	14.10+3.36 ^b	15.22+3.11 ^b	0.14+0.52
CF 25 g + CM 25 g/plant (T3)	5.92+0.64 ^b	27.30+4.18 ^b	15.04+2.67 ^a	16.32+3.35 ^a	0.16+0.47
F-test	*	*	*	*	ns
C.V. (%)	6.37	5.18	4.56	5.05	0.30

* Values are means+ S.E. followed by different letters denote group according at $p < 0.05$ by DMRT.

ns indicate non-significantly different at the same column

Table 7 Effects of *Leucaena leucocephala* bio-extract (LB) pig manure (PM) and chicken manure rice husk (CM) and chemical fertilizer (CF) on yield of Chinese kales in field experiment at 55 days.

Treatment	Fresh weight (g)	Dry Weight (g)
LB 3.0 mL/L/plant (T1)	110.08+12.45 ^b	13.20+2.69 ^a
LB 3.0 ml/L/plant+ PM 37.50 g/plant (T2)	108.56+37.73 ^c	8.01+3.36 ^c
CF 25 g + CM 25 g/plant (T3)	120.76+21.54 ^a	11.93+4.55 ^b
F-test	*	*
C.V. (%)	4.73	3.12

* Values are means+ S.E. followed by different letters denote group according at $p < 0.05$ by DMRT.

ns indicate non-significantly different at the same column

Table 8 Effects of *Leucaena leucocephala* bio-extract (LB) pig manure (PM) and chicken manure rice husk (CM) and chemical fertilizer (CF) on leaf color of Chinese kales at 55 days.

Treatment	Leaf Color		
	L*	a*	b*
LB 3.0 mL/L (T1)	77.09+18.50 ^a	5.23+3.66 ^a	8.25+5.31 ^a
LB 3.0 ml/L+ PM 37.50 g/plant (T2)	47.78+8.83 ^b	3.12+5.89 ^b	2.44+1.52 ^b
CF 25 g + CM 25 g/plant (T3)	36.71+5.55 ^c	3.93+1.06 ^b	2.43+1.31 ^b
F-test	*	*	*
C.V. (%)	4.91	1.15	1.61

* Values are means+ S.E. followed by different letters denote group according at $p < 0.05$ by DMRT

* significant difference at the 0.05 probability level.

สรุป

จากผลทดลองในแปลงทดสอบ พบว่า การใช้น้ำหมักชีวภาพใบกระถินเพียงอย่างเดียว 3 มิลลิเมตรต่อลิตรต่อต้น ส่งผลให้น้ำที่ปลูกในกระถางมีการเจริญเติบโตและผลผลิตในส่วนของจำนวนใบต่อต้น ความกว้างใบ ความสูงลำต้น และน้ำหนักสดสูงสุด ส่วนในแปลงปลูกของเกษตรกรที่มีการใช้น้ำหมักชีวภาพใบกระถินเพียงอย่างเดียว การใช้น้ำหมักชีวภาพใบกระถินร่วมกับมูลสุกร และการใช้ปุ๋ยเคมีสูตร (25-5-5) ร่วมกับมูลไก่เกลบ พบว่า การใช้ปุ๋ยเคมี 25 กรัมต่อต้น ร่วมกับมูลไก่เกลบ 25 กรัมต่อต้น ส่งผลให้การเจริญเติบโตและผลผลิตในด้านความกว้างใบ ความยาวใบ และน้ำหนักสดของคะน้าสูงที่สุด รองลงมาคือ การใช้น้ำหมักชีวภาพใบกระถินเพียงอย่างเดียว 3 มิลลิเมตรต่อลิตรต่อต้น ส่งผลให้จำนวนใบและน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นสูงกว่าการใช้น้ำหมักชีวภาพจากใบกระถิน 3 มิลลิเมตรต่อลิตรต่อต้น ร่วมกับการใช้มูลสุกร 37.5 กรัมต่อต้น

ดังนั้น การใช้น้ำหมักชีวภาพใบกระถินเพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของคะน้าเมื่อเปรียบเทียบกับ การใช้ปุ๋ยเคมี เกษตรกรควรใส่ปุ๋ยเคมีสูตร (25-5-5) 25 กรัมต่อต้น ร่วมกับมูลไก่เกลบ 25 กรัมต่อต้น จำนวน 3 ครั้ง คือ หลังการย้ายปลูกลงแปลง 15, 30 และ 45 วัน จะทำให้ได้ผลผลิตสูงขึ้น หรือหากไม่ต้องการใช้ปุ๋ยเคมีเกษตรกร

สามารถใช้น้ำหมักชีวภาพใบกระถินเพียงอย่างเดียว 3 มิลลิเมตร/ลิตร/ต้น พันทุกสัปดาห์ ซึ่งจะส่งผลให้ได้ผลผลิตสูงกว่าการใช้น้ำหมักชีวภาพใบกระถินร่วมกับมูลสุกรสามารถเพิ่มการเจริญเติบโตและผลผลิตให้กับเกษตรกรในการปลูกคะน้าและช่วยลดภาระต้นทุนการผลิตให้กับเกษตรกรได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ประจำปีงบประมาณ 2565 และขอขอบคุณคุณศรีม่อน คำทา คุณสุกัลยา คำทา เกษตรกรบ้านสัก ตำบลบ้านเอื้อม อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง รวมทั้งคณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมอุตุนิยมวิทยา. 2565. พยากรณ์อากาศ สภาพอากาศปัจจุบัน ข้อมูลรายจังหวัดลำปาง (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://www.tmd.go.th/weather/province/lampang#item-3> (31 สิงหาคม 2565).
- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2566. คะน้า ปี 2566. ระบบสารสนเทศการผลิตทางด้านการเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล:

- <https://production.doae.go.th/service/report-product-statistic/index?ReportProductStatistic%5Bform> (10 กุมภาพันธ์ 2567).
- ครองใจ โสมรักษ์. 2560. ผลของปุ๋ยหมักกากครามต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้า. วารสารเกษตรพระวรุณ 14(2): 165-172.
- ฮ่องชัย คงดี และบรรยงค์ อินทร์ม่วง. 2553. การเจริญเติบโตของผักคะน้า คุณสมบัติทางเคมีของดิน และแบคทีเรียชอบเค็มในดินเค็มที่ได้รับน้ำหมักชีวภาพต่างชนิดกัน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 29(3): 266-273.
- ชยงค์ นามเมือง, เจอรัลด์ รัทเธอร์ท, สว่าง ไรจนกุล, วราภรณ์ ไพริสุข, ขวัญตา กังวานชิรธาดา, ประเสริฐ สองเมือง และชอบ คณะฤกษ์. 2532. การเพิ่มผลผลิตข้าวด้วยปุ๋ยอินทรีย์กระถินยักษ์. วารสารวิชาการเกษตร 7 (1-3): 22-26.
- ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์. 2536. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 177 หน้า.
- จารุณี เชิดชัยสถาพร, สราวุธ รุ่งเมฆารัตน์, ประภาศรีพิจิตต์ และสายันห์ ทัดศรี. 2554. ผลของการใช้ใบกระถินเป็นปุ๋ยพืชสดต่อผลผลิตและคุณค่าทางอาหารของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 42(2)(พิเศษ): 53-56.
- จุฑามาศ หานู. 2556. ศึกษาปุ๋ยเคมีและปุ๋ยคอก (มูลไก่และมูลสุกร) ในอัตราที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตของแตงกวาญี่ปุ่นพันธุ์เพรตตี้ สวอโล่ 279. วิทยาศาสตร์บัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.
- ทรายแก้ว อนาคต, ชุตินา จันทรเจริญ, พัฒน์พงษ์ เกิดหลา, พิลาสิทธิ์ ลุนลิว และสาธิต กาละพวง. 2556. ผลของปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยเคมีต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินผลผลิตและคุณภาพของอ้อยในกลุ่มชุดดินที่ 36 จ. เพชรบูรณ์, หน้า. 1-34. ใน: การประชุมวิชาการกึ่งศตวรรษ กรมพัฒนาที่ดิน โรงแรมสิดา รีสอร์ท, นครนายก.
- ทัศนิกา มงคลคำขาว, ดร.ณิชา ฐิตะธัญญ์, สำราญ พิมราช และบรรยงค์ ทมแสน. 2553. น้ำหมักชีวภาพและน้ำส้มควันไม้เพิ่มการเจริญเติบโตและผลผลิตของมะเขือเทศ. วารสารแก่นเกษตร 38 (3): 225-236.
- พรณนีย์ วิชชาชู. 2546. คุณภาพของน้ำหมักชีวภาพ. จดหมายข่าวผลิใบ. 6 (2):16.
- ยงยุทธ โอสดสภา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชวลิต ธงประยูร. 2554. ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 519 หน้า.
- เย็นยง วาณิชย์ปกรณ์, สมศักดิ์ กาญจนันทวงศ์, พัทธภรณ์ วาณิชย์ปกรณ์, ชำนาญ รัตนมณี และณัฐภูมิ พุ่มเกื้อ. 2559. อิทธิพลของปุ๋ยคอก 4 ชนิดต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักคะน้า. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ 3 (ฉบับพิเศษ 3): 39-45.
- เรวัต จินดาเจีย, สุวดี ปัญญาดี, มนตรี แก้วดวง และวิศรุต สุขเขต. 2557. ศึกษาการผลิตผักอินทรีย์เปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยรูปแบบต่างๆ ในระบบการปลูกพืชหมุนเวียน. วารสารแก่นเกษตร 42 (3): 815 – 818.
- วังไพร ตรีเมฆ และพิษณุ แก้วตะพาน. 2564. ผลของชนิดปุ๋ยมูลสัตว์และถ่านชีวภาพที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนโอ๊ค, หน้า. 503-509. ใน: การประชุมระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 3. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย, เลย.
- วีณารัตน์ มุลรัตน์, สมชาย ชดตะการ และอัญชลี จาละ. 2553. ประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพจากเศษปลาที่ใช้รดน้ำผักสลัดทดแทนการให้น้ำตาลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้,

- หน้า. 82-88. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.
- ศุภกาญจน์ ล้วนมณี, สมฤทัย ตันเจริญ, ภาวนา ลิกขานนท์ และสุปราณี มั่นหมาย. 2553. ศึกษาการสลายตัวและพฤติกรรมการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยผสมอินทรีย์เคมี. หน้า 333-343. ใน: ผลการปฏิบัติงาน ประจำปีงบประมาณ 2553, กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร, กรุงเทพมหานคร.
- ศราวุธ จาเปา และณฤมล โสตะ. 2563. ผลของปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมีต่อการปลูกคะน้าร่วมกับผักชีในระบบกลับหัว. หน้า 658-664. ใน: การประชุมวิชาการด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย, เลย.
- เสาวนีย์ ชูจิต. 2565. การศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยชีวภาพต่อการเร่งการเจริญเติบโตของผักคะน้า กวางตุ้ง และขึ้นฉ่ายในการปลูกระบบอินทรีย์. วารสารวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และนวัตกรรม 3 (3): 13-24.
- อมรรัตน์ ชุมทอง, ศราวุฒิ นาคปาน และศักรินทร์ ชานูรักษ์. 2565. ผลของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของคะน้ากระถาง. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ 9 (2): 59-65.
- อรประภา เทพศิลป์พิสุทธิ. 2564. ผลของปุ๋ยมูลไก่และถ่านชีวภาพต่อการเจริญเติบโต ปริมาณรงควัตถุและปริมาณธาตุอาหารในผักสลัดกรีนโอ๊คที่ปลูกในสภาพดินกรด. วารสารแก่นเกษตร 49 (2): 294-303.
- อรรถ อัจฉริยมณตรี, รัชนิพร สุทธิภาศิลป์ และนริศรา วิจิต. 2554. การศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของน้ำหมักชีวภาพจากเศษวัสดุอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตของพืชผัก. วารสารวิจัยราชภัฏเชียงใหม่ 12 (1): 2-16.
- Agbede, T.M., S.O., Ojeniyi and A.J. Adeyemo. 2008. Effect of poultry manure on soil physical and chemical properties, growth and grain yield of sorghum in southwest, Nigeria. Am.-Eurasian. Journal of Sustainable Agriculture 2(1): 72-77.
- Gui-xiao, L.A., G. Yang., T. Fang., P. Guo., X. Hao and S. Huang. 2013. Effect of $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratios on the growth and bolting stem glucosinolate content of chinese kale (*Brassica alboglabra* L.H. Bailey). Australian Journal of Crop Science 7(5): 618-624.
- Kamla, N., V. Limpinuntana., S. Ruaysoongnern and R.W. Bell. 2007. Role of microorganisms, soluble N and C compound in fermented bio-extract on microbial biomass C, N and cowpea growth. Khon Kaen Agriculture Journal 35(4): 477-486.
- Lesing, S. and O. Aungoolprasert. 2016. Efficacy of high quality organic fertilizer on growth and yield of Chinese kale. Journal of Science and Technology 24(2): 320-332.
- Sumeet, G., U. Shahid and S. Suryapani. 2009. Nitrate accumulation, growth and leaf quality of spinach beet (*Beta vulgaris* L.) as affected by NPK fertilization with special reference to potassium. Indian Journal of Science and Technology 2(2): 35-40.

ผลของกรดฮิวมิกต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และการสะสมธาตุอาหารในมะเขือเทศเชอร์รี่พันธุ์ CH 154

Effect of Humic Acid Application on Growth, Yield and Nutrient Uptake of Cherry Tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. CH 154)

อัญธิชา พรมเมืองคุก^{1*} จุฑาทิพย์ เนตรวัฒน์¹ ปุญญิศา ตระกูลยิ่งเจริญ¹ และ
ญาณิศา นามสวัสดิ์¹

Aunthicha Phommuangkhu^{1*}, Jutathip Natwat¹, Punyisa Trakoonyingcharoen¹ and
Yanisa Namsawat¹

Received: March 4, 2024

Revised: April 3, 2024

Accepted: April 9, 2024

Abstract: The humic substances have been used widely for agriculture, which diverse in terms of type and quantity. Our objective was to evaluate the effect of humic acid rates on growth, yield and nutrient uptake of cherry tomato under greenhouse condition. The experiment was operated in a completely randomized design (CRD) with 3 replications and five treatments (0, 25, 50, 75, and 100 kg humic acid/rai). Humic acid used in this study obtained by extraction from leonardite. Tomato plants were grown in the growing media consisted of coconut coir: rice hush ash: sand in the ratio of 2:2:1 by volume (4,200 g/pot) and supplied with Resh tropical dry summer nutrient solution. The results showed that different levels of humic acid application had significant effect on tomato yield, fresh weight, biomass, yield components, lycopene content, and total nutrient uptake (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn) in different plant parts. Most of the highest values were obtained from 50 kg humic acid/rai addition. Nevertheless, no statistically significant difference was observed among the treatments in terms of total soluble solid. Plant growth, yield and nutrient uptake increased with increasing rates of humic acids; however, there was usually a decrease in the parameters measured at higher rates of humic acid application (75 and 100 kg humic acid/rai). These results indicated that, using 50 kg humic acid/rai would achieve better effects and improve the productivity of tomato.

Keywords: humic acid, leonardite, cherry tomato, nutrient uptake

บทคัดย่อ: สารฮิวมิกถูกนำมาใช้กับการผลิตพืชผลทางการเกษตรอย่างแพร่หลาย ซึ่งมีความหลากหลายทั้งชนิดและปริมาณกรดฮิวมิกที่แตกต่างกัน จึงมีแนวคิดในการศึกษาผลของอัตรากรดฮิวมิกต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และการดูดใช้ธาตุอาหารของมะเขือเทศเชอร์รี่พันธุ์ CH 154 ภายใต้สภาพโรงเรือน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) กำหนดให้ระดับกรดฮิวมิกที่สกัดมาจากลิโอนาร์ไดต์ที่มี 5 ระดับ คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 กิโลกรัมต่อไร่ จำนวน 3 ซ้ำ ปลูkmะเขือเทศในวัสดุปลูกที่ผสมจาก ขุยมะพร้าว: แกลบดำ: ทราาย ในอัตราส่วน 2:2:1 โดยวัสดุปลูก 1 กระถางมีน้ำหนัก 4,200 กรัม รดด้วยสารละลายสูตร Resh tropical dry summer

¹ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

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

*Corresponding author: agracp@ku.ac.th

ตลอดการทดลอง ผลการศึกษา พบว่า ระดับของกรดฮิวมิกที่อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลให้น้ำหนักผลผลิต น้ำหนักสด มวลชีวภาพ องค์ประกอบผลผลิต ปริมาณไนโตรเจน การดูดใช้ธาตุอาหาร (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn) ในส่วนเหนือดิน ราก และผลมะเขือเทศมีความแตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ส่วนอัตราการใส่กรดฮิวมิกที่ 75 และ 100 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลให้พารามิเตอร์ที่ตรวจวัดมีค่าลดลง การศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าการใส่กรดฮิวมิกทางดินที่อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ มีความเหมาะสมและเป็นแนวทางการจัดการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการปลูกมะเขือเทศเชอร์รี่ได้

คำสำคัญ: กรดฮิวมิก, ลิโอไนต์, มะเขือเทศเชอร์รี่, การดูดใช้ธาตุอาหาร

คำนำ

สารฮิวมิก (humic substances) เป็นกลุ่มของสารอินทรีย์เชิงซ้อนที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ที่เกิดจากสารอินทรีย์โมเลกุลขนาดเล็กหลายๆชนิดมาเชื่อมกันด้วย hydrophobic interaction และพันธะไฮโดรเจน (Piccolo, 2002; Sutton and Sposito, 2005) มีสีน้ำตาลถึงดำ สลายตัวยาก และเป็นส่วนประกอบในอินทรีย์วัตถุ สามารถแยกองค์ประกอบของสารฮิวมิกโดยอาศัยสมบัติด้านการละลายออกได้เป็น 3 ส่วน ได้แก่ ฮิวมิน กรดฮิวมิก และกรดฟุลวิก สำหรับกรดฮิวมิกที่แยกได้จัดเป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ สีน้ำตาลถึงน้ำตาลเข้ม ละลายได้ในน้ำและตกตะกอนเมื่อทำให้สารละลายดังกล่าวเป็นกรดจัด มีหมู่ทำปฏิกิริยาหลักสำคัญที่อยู่ในโครงสร้างทางเคมี ได้แก่ หมู่ไฮดรอกซิล หมู่คาร์บอกซิลิก และหมู่ฟีนอลิก ซึ่งทั้งสองหมู่นี้มีบทบาทอย่างมากต่อการปรับปรุงสมบัติทางเคมีและความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยการเพิ่มความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนและทำให้ดินมีความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความเป็นกรดต่างสูงขึ้น ลดการสูญเสียธาตุอาหารพืชจากกระบวนการชะละลายในดิน เพิ่มการดูดใช้ฟอสฟอรัสในดินกรดที่มีปริมาณเหล็กสูง และเพิ่มความเป็นประโยชน์ของจุลชีพในดิน ลดความเป็นพิษจากโลหะหนักในดิน Zhang *et al.* (2019) ศึกษาการสกัดฮิวมัสแบบลำดับส่วน พบว่า กรดฮิวมิกและโครเมียมสามารถทำปฏิกิริยากันแล้วเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับโครเมียมได้ดีกว่าฮิวมินและฮิวมินเชิงซ้อน ตามลำดับ จึงลดการปนเปื้อน

ของธาตุดังกล่าวในดินได้ นอกจากนี้ยังช่วยปรับปรุงสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน ทำให้ดินมีสีคล้ำ เนื้อดินร่วนซุย ความแน่นที่บ้น้อยลง มีโครงสร้างดินดีขึ้น น้ำในดินได้มากและถ่ายเทอากาศได้ดี ลดการกร่อนดินเนื่องจากมีเสถียรภาพของเม็ดดินสูงขึ้น (Piccolo *et al.*, 1996) ส่วนสมบัติทางชีวภาพของดินนั้น จะส่งเสริมการเพิ่มจำนวนประชากรของจุลินทรีย์ ทำให้มีกิจกรรมที่เป็นประโยชน์และส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชมากยิ่งขึ้น (ปิยะ, 2553) ปัจจุบันสารฮิวมิกและองค์ประกอบที่แยกได้จากสารฮิวมิก จัดอยู่ในกลุ่มสารกระตุ้นเชิงชีวภาพของพืช (biostimulants) อันหมายถึงสารใดๆ ก็ตามที่ใช้ใส่ให้พืชทางดิน ฉีดพ่นทางใบ คลุกเมล็ด ใส่ในวัสดุปลูกหรือสารละลายธาตุอาหาร แล้วสารนั้นช่วยปรับกระบวนการทางสรีรวิทยา ทำให้พืชมีศักยภาพในการเจริญเติบโตสูงขึ้น ทนต่อสภาพแวดล้อม และช่วยให้พืชปรับตัวต่อสภาพความเครียดที่เกิดจากสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิตได้ดีขึ้น (ยงยุทธ, 2557) จากการศึกษาการใช้กรดฮิวมิกกับพืชผักของ Nardi *et al.* (1994) และ Mora *et al.* (2010) รายงานว่า ผลของสารฮิวมิกที่มีต่อพืชนั้นจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้น น้ำหนักโมเลกุล รวมถึงสมบัติทางเคมีและชีวภาพ มีหลักฐานที่พบว่าสารฮิวมิกมีผลต่อพืชเนื่องจากมีบทบาทที่คล้ายกับการทำงานของฮอร์โมน โดยพบว่า กรดฮิวมิกช่วยให้น้ำหนักของส่วนเหนือดินสูงขึ้น ขณะเดียวกันก็เพิ่มความเข้มข้นของฮอร์โมนไซโตไคนินและสารพืชรสขื่น ช่วยให้กิจกรรมของเอนไซม์โปรตอน-เอทีพีเอสและความเข้มข้นของไนเตรตในส่วนเหนือดินสูงขึ้น

Labrada *et al.* (2023) พบว่า การใส่สารฮิวมิกในดินเนื้อปูนช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุหลักในดิน ส่งผลให้จำนวนผลต่อต้น และผลผลิตของมะเขือเทศสูงสุดเมื่อเทียบกับตำรับที่ใส่สารกระตุ้นเชิงชีวภาพชนิดอื่น Patti *et al.* (2012) รายงานว่า สารฮิวมิกที่ใช้ส่งผลทางบวกให้ผลผลิตน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง รวมถึงการดูใช้ธาตุอาหารหลักของมะเขือเทศเพิ่มขึ้น ปัจจุบันมีการบริโภคมะเขือเทศเชอร์รี่อย่างแพร่หลาย เนื่องจากอุดมไปด้วยคุณค่าทางอาหาร นิยมรับประทานสด และแปรรูปเป็นผลไม้แช่อิ่ม ทั้งยังสามารถนำมาใช้เป็นพืชสมุนไพรได้ สำหรับการปลูกมะเขือเทศเชิงการค้าของประเทศไทย จะปลูกในวัสดุปลูกและรดด้วยสารละลายธาตุอาหารพืช ร่วมกับการใส่สารกระตุ้นเชิงชีวภาพ ซึ่งรวมถึงกรดฮิวมิกด้วย เนื่องจากผลิตภัณฑ์ของกรดฮิวมิกมีหลายชนิด และมีปริมาณกรดฮิวมิกแตกต่างกัน การนำมาใช้จึงควรคำนึงถึงประโยชน์ที่ได้รับและความคุ้มค่าของผลิตภัณฑ์ที่เลือกใช้เป็นสำคัญ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการศึกษาอัตราที่เหมาะสมของกรดฮิวมิกที่มีผลต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และการดูใช้ธาตุอาหาร รวมถึงคุณภาพผลผลิตของมะเขือเทศเชอร์รี่

อุปกรณ์และวิธีการ

ปลูกพืชในโรงเรือนทดลอง ภาควิชา ปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จ.นครปฐม ระหว่างเดือนพฤษภาคม 2563 ถึงเดือนมกราคม 2564 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) ทำ 3 ซ้ำ จำนวน 5 ตำรับทดลอง ได้แก่ การใส่กรดฮิวมิก 5 ระดับ คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 กิโลกรัมต่อไร่ (0, 0.42, 0.84, 1.26 และ 1.66 กรัมต่อกระถางตามลำดับ) สำหรับกรดฮิวมิกที่ใช้ในการทดลองสกัดมาจากลิโอนาร์ไดต์ โดยวิธี International Humic Substances Society (IHSS) (สุภานันท์, 2557; Tan, 2003) การวิเคราะห์ทางเคมีกรดฮิวมิกที่สกัดได้มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (1:1) เท่ากับ 1.16 ค่าการนำไฟฟ้า (1:5) เท่ากับ 39.09 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ปริมาณอินทรีย์วัตถุ และค่าความจุแลกเปลี่ยน

แคตไอออน (ทศนิยม และจกรักษ์, 2542) เท่ากับ 34.13 เปอร์เซ็นต์ และ 120.12 เซนติโมลต่อกิโลกรัมตามลำดับ มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมทั้งหมด เท่ากับ 0.32, 0.0038, 0.49, 0.05 และ 0.03 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ก่อนการปลูกพืชจะนำวัสดุปลูกที่เลือกใช้ได้แก่ ขุยมะพร้าว และทราย มาล้างด้วยน้ำประปาจำนวน 3 ครั้ง แล้วผึ่งในที่ร่มจนแห้ง จากนั้นนำมาผสมกับขี้เถ้าแกลบ ในอัตราส่วน ขี้เถ้าแกลบ: ขุยมะพร้าว: ทราย เท่ากับ 2:2:1 โดยปริมาตร คิดเป็นน้ำหนัก 4.2 กิโลกรัมต่อกระถาง การวิเคราะห์ทางเคมีวัสดุปลูกภายหลังการผสม มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (วัสดุ:น้ำ; 1:2) เท่ากับ 7.20 ค่าการนำไฟฟ้า (วัสดุ:น้ำ; 1:10) เท่ากับ 0.10 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ส่วนปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแคลเซียมทั้งหมด มีค่าเท่ากับ 0.001, 0.14, 0.004 และ 0.23 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ สำหรับความสามารถในการดูยึดน้ำ (water holding capacity) ของวัสดุปลูกที่ผสมแล้ว มีค่า 113.90 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ทั้งนี้ ผลการวิเคราะห์วัสดุหลังปลูก มีค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 7.10-7.21 และ 0.12-0.24 เดซิซีเมนส์ต่อเมตรตามลำดับ วิธีการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหาร อ้างอิงจากคู่มือวิธีวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์ (กรมวิชาการเกษตร, 2551)

พืชที่ใช้ในการทดลอง คือ มะเขือเทศเชอร์รี่ CH 154 (*Lycopersicon esculentum* cv. CH 154) ซึ่งพัฒนาพันธุ์มาจากมะเขือเทศเชอร์รี่ที่มีขนาดผลเล็กหนักไม่เกิน 15 กรัม รสชาติหวาน รับประทานผลสดเป็นผลไม้ ลักษณะเด่นของพันธุ์คือ มีผลกลมรี รสชาติเข้มข้น มีเมล็ดน้อย ง่ายต่อการรับประทานสด และให้ผลผลิตสูงมาก เติบโตได้ดีโดยเฉพาะเมล็ดมะเขือเทศลงในถาดขนาด 104 หลุม ใช้พีทมอสเป็นวัสดุปลูก เมื่อต้นกล้ามีอายุระหว่าง 10 ถึง 20 วัน หลังเพาะเมล็ดจะรดด้วยสารละลายธาตุอาหารสูตร Resh Tropical Dry Summer: RTDS (Resh, 2012) ที่เจือจางด้วยน้ำกรองในอัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร เมื่อต้นกล้าอายุ

ได้ 21 วันจึงย้ายปลูกลงในกระถางพลาสติก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว ซึ่งบรรจุวัสดุปลูกตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ ก่อนการย้ายกล้าจะใส่กรดฮิวมิกตามอัตราที่กำหนดในแต่ละครั้งรับการทดลอง คลุกเคล้าให้เข้ากันดีกับวัสดุปลูกทั้งไว้ 1 คืน จึงคัดเลือกกล้ามะเขือเทศที่โตสม่ำเสมอ กัน โดยปลูก 1 ต้นต่อกระถาง เมื่อต้นมะเขือเทศมีอายุได้ 35 วัน จะขึ้นค้างด้วยเชือกเพื่อพยุงต้นและซ่อมผล

การดูแลรักษา จะรดด้วยสารละลายธาตุอาหาร RTDS สูตรปกติ ในอัตรา 25 เปอร์เซ็นต์ของความสามารถในการดูดน้ำของวัสดุปลูก (1050 มิลลิเมตรต่อกระถางต่อวัน) ตลอดจนการทดลอง เก็บข้อมูลน้ำหนักผลผลิตของมะเขือเทศเป็นเวลา 30 วัน นับจากวันที่ติดผล เก็บข้อมูลความยาวผล ความกว้างผล จำนวนและน้ำหนักผลต่อช่อ สุ่มเก็บผลสดจากแต่ละช่อเพื่อวิเคราะห์คุณภาพผลผลิต ได้แก่ ปริมาณเบต้าแคโรทีน ปริมาณไลโคปีน (มิลลิกรัมต่อน้ำหนักสด 100 กรัม) (Nagata and Yamashita, 1992) และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (Total soluble solid; TSS) ด้วยเครื่อง digital refractometer จากนั้นจึงเก็บเกี่ยวต้นโดยแยกเป็นส่วนเหนือดิน ราก และผล บันทึกน้ำหนักสด จากนั้นนำไปอบด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง บันทึกมวลชีวภาพ (biomass) วิเคราะห์ปริมาณธาตุหลัก (N, P, K) ธาตุรอง (Ca, Mg) และจุลธาตุ (Fe, Zn) (ทศนีย์ และจรัสกริช, 2542) จากนั้นนำไปคำนวณการดูดใช้ (uptake) ธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของมะเขือเทศ นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 21 และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลของกรดฮิวมิกต่อผลผลิต น้ำหนักสดและมวลชีวภาพในส่วนต่างๆ ของมะเขือเทศ

ระดับของกรดฮิวมิกที่ใส่มีผลให้น้ำหนักผลผลิตสดและมวลชีวภาพผลผลิตต่อต้น น้ำหนักผลสดและมวลชีวภาพผลต่อช่อ น้ำหนักสดส่วนเหนือดิน น้ำหนักสดและมวลชีวภาพราก มีความแตกต่างอย่าง

มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยดำรับที่ใส่กรดฮิวมิกอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ มีน้ำหนักผลผลิตสด มวลชีวภาพผลผลิต น้ำหนักผลสดต่อช่อ มวลชีวภาพผลต่อช่อ น้ำหนักสดและมวลชีวภาพรากสูงที่สุด โดยมีค่า 729.78, 50.78 กรัมต่อต้น, 73.78, 5.18 กรัมต่อช่อ, 24.27 และ 0.22 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนกรดฮิวมิกอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้น้ำหนักสดส่วนเหนือดินมีค่าสูงสุด คือ 130.25 กรัมต่อต้น และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับดำรับควบคุมและการใส่กรดฮิวมิกอัตราสูงยกเว้นดำรับการทดลองที่ 3 ขณะที่ระดับของกรดที่ใส่ไม่มีผลทำให้น้ำหนักผลสดส่วนเหนือดินของต้นมะเขือเทศแตกต่างทางสถิติ มีค่าพิสัยอยู่ในช่วง 0.92 – 1.35 กรัมต่อต้น (Table 1 และ Figure 1) ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับ Moura *et al.* (2023) ที่รายงานว่าการใช้สารฮิวมิกฉีดพ่นทางใบให้กับพืชผักกินผล เช่น มะเขือเทศ แตงกวา และพริกไทยจะช่วยเพิ่มการเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต รวมทั้งผลผลิตได้ Yildirim (2007) ทดสอบผลของการฉีดพ่นกรดฮิวมิกทางใบทุกๆ 10 วันในระยะเวลาการเจริญเติบโตทางลำต้น ร่วมกับการใส่ทางดินในระยะเวลาให้ผลผลิตของมะเขือเทศ โดยใช้อัตราเดียวกันคือ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า อิทธิพลร่วมของวิธีการใส่ ทำให้น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน ราก ความกว้างผล จำนวนผลต่อช่อ และผลผลิตต่อต้นสูงขึ้น

จากการวิเคราะห์ regression ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตรากรดฮิวมิกที่ใส่กับผลผลิตสดและมวลชีวภาพของมะเขือเทศทั้งหมดพบว่า การใส่กรดฮิวมิกที่อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ค่าเฉลี่ยผลผลิตสดและมวลชีวภาพสูงที่สุด ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับการใส่กรดฮิวมิกที่อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ (Figure 1) จะเห็นว่าหากใส่กรดฮิวมิกในอัตราที่สูงขึ้นมีผลทำให้ผลผลิตมะเขือเทศลดลง จึงกล่าวได้ว่าการใช้กรดฮิวมิกที่อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ เป็นอัตราที่เหมาะสมกับการปลูกมะเขือเทศในวัสดุปลูกที่ใช้ในการทดลอง นอกจากนี้ การใส่กรดฮิวมิกอัตรา 25 และ 50 กิโลกรัมต่อไร่ ยังส่งผลให้องค์ประกอบผลผลิต ปริมาณสารสำคัญ

และการดูแลใช้ธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของมะเขือเทศสูงสุดและแตกต่างทางสถิติเมื่อเทียบกับ การไม่ใส่และ ใส่กรดฮิวมิกในอัตราที่สูงกว่า (Table 2, 3, 4 และ Figure 2) Sani (2014) ศึกษาผลของการใช้กรดฮิวมิก ที่อัตรา 0 – 4,000 มิลลิกรัมต่อวัสดุปลูกแห้ง 1 กิโลกรัม พบว่า การใช้กรดฮิวมิกที่อัตรา 50 - 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่งผลให้มะเขือเทศมีการเจริญเติบโตสูงขึ้น แต่กลับลดลงเมื่อใส่กรดฮิวมิกในอัตราที่สูงกว่านี้ สอดคล้องกับ Ekinici *et al.* (2015) ซึ่งรายงานว่า การใช้แคลเซียมฮิวเมต อัตรา 3,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมีกรดฮิวมิกและฟุลวิกเป็นองค์ประกอบอยู่ 15 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ผลผลิตสดของมะเขือเทศสูงสุดเมื่อเทียบกับอัตราการใช้ที่ 4,000 – 6,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม กลับทำให้ผลผลิตของมะเขือเทศลดลง Nardi *et al.* (2021) กล่าวว่า สารฮิวมิกทำหน้าที่กระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช

Zandonadi *et al.* (2010) กล่าวว่า มีหลายงานทดลองที่ชี้บ่งว่าสารฮิวมิก ถูกพิจารณาว่าเป็นแหล่งของกรดอินโดลอะซิติก (IAA) ซึ่งเป็นออกซินชนิดหนึ่งที่มีการศึกษามากที่สุดในกลุ่มของฮอร์โมนพืชที่ทำหน้าที่ในการแบ่งและการขยายขนาดเซลล์ Ekinici *et al.* (2015) ให้เหตุผลว่าการใส่แคลเซียมฮิวเมตอัตราสูงมีผลให้ผลผลิตมะเขือเทศลดลงเนื่องจากปริมาณของฮอร์โมนพืชที่มีมากเกินไปยับยั้งการให้ผลผลิตของพืช ขณะที่ Akladios and Mohamed (2018) พบว่า การใช้กรดฮิวมิกที่อัตรา 1,500 มิลลิกรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม ทำให้ผลผลิตและการดูแลใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในพริกไทยที่ปลูกในสภาพดินเค็มสูงกว่าการใช้อัตราต่ำ Moura *et al.* (2023) ให้ข้อเสนอแนะว่า การตอบสนองของพืชต่อระดับกรดฮิวมิกที่ใส่จะขึ้นกับสภาพแวดล้อม ชนิด และพันธุ์พืชด้วย

Table 1 Effect of humic acid application rate on total fruit yield, fruit weight, shoot weight, and root weight of cherry tomato.

Humic acid (kg/rai)	Total fruit yield (g/plant)		Fruit weight (g/cluster)		Shoot weight (g/plant)		Root weight (g/plant)	
	fresh fruit yield	biomass	fresh	biomass	fresh	biomass	fresh	biomass
0	608.54ab	39.88ab	59.95ab	3.69ab	94.87b	0.93	17.88b	0.12b
25	696.42a	50.48a	68.74a	5.05a	130.25a	1.35	22.93ab	0.20ab
50	729.78a	50.78a	73.78a	5.18a	120.63a	1.21	24.27a	0.22a
75	547.76b	39.43ab	53.68b	3.86ab	98.34b	0.92	19.82ab	0.14b
100	386.74c	30.18b	39.59c	3.31b	116.91b	1.16	21.10ab	0.18ab
F-test	***	**	***	**	*	ns	*	*
CV (%)	23.55	22.77	21.15	21.34	19.65	24.19	16.13	28.66

Remark: Means followed by the same letter in columns are not significantly different at the 5% level by DMRT.

***, ** and * = significant at $P < 0.001$, $P < 0.01$ and $P < 0.05$, respectively, while ns = not significant.

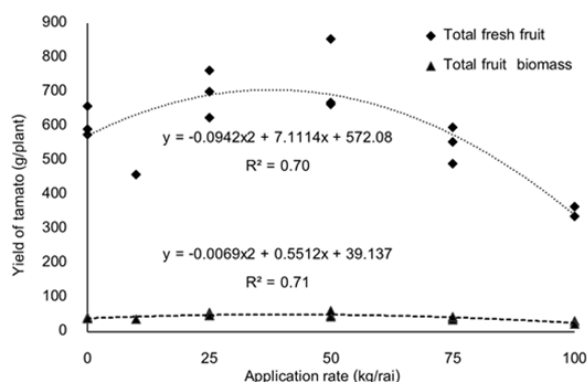


Figure 1 The regression of yield of tomato (total fresh fruit and total fruit biomass) on humic acid application rate.

ผลของกรดฮิวมิกต่อขนาดผล จำนวนผลต่อช่อ เบต้าแคโรทีน และปริมาณสารสำคัญในผลมะเขือเทศ

การใส่กรดฮิวมิกมีผลทำให้ความกว้างผล จำนวนผลต่อช่อ ปริมาณเบต้าแคโรทีน และปริมาณไลโคปีน ในผลมะเขือเทศมีความแตกต่างทางสถิติ โดยได้รับการทดลองที่ใส่กรดฮิวมิก อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ มีความกว้างผล (23.37 มิลลิเมตร) จำนวนผลต่อช่อ (14 ผลต่อช่อ) และปริมาณรงควัตถุเบต้าแคโรทีนสูงสุด (0.033 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักสด 100 กรัม) และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเทียบกับได้รับการทดลองอื่นๆ ส่วนการใส่กรดฮิวมิกที่อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลให้มะเขือเทศมีปริมาณไลโคปีนสูงสุด คือ 0.091 มิลลิกรัม

ต่อน้ำหนักสด 100 กรัม และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) เมื่อเทียบกับการใส่กรดฮิวมิกที่อัตรา 75 และ 100 กิโลกรัมต่อไร่ ขณะที่ระดับของกรดฮิวมิกที่ใส่ไม่มีผลทำให้ความยาวผล และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าพิสัยอยู่ในช่วง 30.81 – 33.71 มิลลิเมตร และ 6.30 – 7.67 องศาบริกซ์ ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าผลมะเขือเทศที่มีขนาดเล็กจะมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้สูงกว่าขนาดใหญ่ สอดคล้องกับ Beckles (2012) ที่กล่าวว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้บ่งชี้ถึงปริมาณวัตถุแห้ง (dry matter content) และเป็นสัดส่วนที่แปรผกผันตามขนาดของผล (Table 2)

Table 2 Effect of humic acid application rate on fruit size, fruit no./cluster, total soluble solid, β -carotene, and lycopene content of cherry tomato.

Humic acid (kg/rai)	Fruit size (mm)		Fruit no./cluster (fruit)	TSS (°Brix)	β -carotene	Lycopene
	fruit width	fruit length			(mg/100g FW)	
0	22.30ab	30.94	10b	6.30	0.025ab	0.078ab
25	21.25bc	31.02	8bc	6.77	0.020b	0.091a
50	23.37a	33.71	14a	6.63	0.033a	0.084a
75	22.59ab	31.03	10b	6.47	0.025ab	0.064b
100	21.19bc	30.81	8bc	7.67	0.026ab	0.054bc
F-test	*	ns	*	ns	*	**
CV (%)	6.07	7.42	35.75	14.77	30.40	28.37

Remark: Means followed by the same letter in columns and rows are not significantly different at the 5% level by DMRT.

** and * = significant at $P < 0.01$ and $P < 0.05$, respectively, while ns = not significant.

ผลของกรดฮิวมิกต่อการดูดใช้ธาตุหลัก ธาตุรอง และจุลธาตุในส่วนต่างๆ ของมะเขือเทศ

ระดับของกรดฮิวมิกที่แตกต่างกันมีผลทำให้การดูดใช้ธาตุอาหารหลักในส่วนต่างๆ ของมะเขือเทศมีความแตกต่างทางสถิติ ยกเว้นการดูดใช้ในโตรเจนในส่วนเหนือดินและรากมะเขือเทศ การใส่กรดฮิวมิกที่อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้การดูดใช้ในโตรเจนและฟอสฟอรัสในผล (1201.42 และ 69.91 มิลลิกรัมต่อต้น) มีค่าสูงสุด กรดฮิวมิกที่อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ยังส่งผลให้การดูดใช้ฟอสฟอรัสในส่วนเหนือดินมีค่าสูงสุดและเท่ากับการดูดใช้ฟอสฟอรัสของราก (0.34 มิลลิกรัมต่อต้น) นอกจากนี้การใส่กรดฮิวมิกในอัตราดังกล่าวยังส่งผลทางบวกต่อการดูดใช้โพแทสเซียมในส่วนเหนือดินให้มีค่าสูงที่สุดเช่นกัน คือ 13.77 มิลลิกรัมต่อต้น และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองอื่นยกเว้นตำรับที่ 3 ขณะที่การใส่กรดฮิวมิกอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลให้มีการสะสมโพแทสเซียมในรากและผลมะเขือเทศมากที่สุด คือ 16.24 และ 1553.22 มิลลิกรัมต่อต้น ตามลำดับ (Table 3)

อัตราของกรดฮิวมิกที่ใส่ส่งผลให้การดูดใช้แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก และสังกะสีในส่วนต่างๆ ของมะเขือเทศมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยในตำรับที่ใส่กรดฮิวมิก อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ มีการสะสมธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม และสังกะสี

ในผลมะเขือเทศสูงที่สุด คือ 41.49, 96.13 และ 1.218 มิลลิกรัมต่อต้น ตามลำดับ และมีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเทียบกับตำรับที่ใส่ฮิวมิกในอัตรา 75, 100 กิโลกรัมต่อไร่ และตำรับควบคุม ($P<0.05$) (Table 4) ส่วนตำรับการทดลองที่ใส่กรดฮิวมิกในอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลให้การดูดใช้แคลเซียมและสังกะสีในราก รวมถึงการดูดใช้เหล็กในส่วนเหนือดินมีค่าสูงสุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เมื่อเทียบกับตำรับอื่นๆ โดยมีค่าเท่ากับ 16.54, 0.105 และ 0.042 มิลลิกรัมต่อต้น ตามลำดับ (Table 4) สำหรับตำรับควบคุม และการใส่กรดฮิวมิกในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลให้การสะสมธาตุเหล็กในผลและสังกะสีส่วนเหนือดินมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 1.221 และ 0.004 มิลลิกรัมต่อต้น ตามลำดับ ขณะที่การใส่กรดฮิวมิกในอัตราต่างๆ กันไม่มีผลทำให้ การสะสมแคลเซียมและแมกนีเซียมในส่วนเหนือดิน รวมทั้งการสะสมแมกนีเซียมและเหล็กในรากแตกต่างกันทางสถิติแต่อย่างใด พารามิเตอร์ดังกล่าวมีค่าอยู่ในช่วง 2.61 - 4.57, 1.11 - 1.68, 2.38 - 4.93 และ 0.062 - 0.138 มิลลิกรัมต่อต้น ตามลำดับ (Table 4) จากการทดลองชี้ให้เห็นว่าการสะสมธาตุอาหารในผลมากกว่าส่วนต้นและราก ซึ่งสอดคล้องกับน้ำหนักแห้งของผลมะเขือเทศที่สูงกว่าส่วนต้นและราก (Table 1 และ 4)

Table 3 Effect of humic acid application rate on total N, P, and K uptake (mg/plant) in different parts of cherry tomato.

Humic acid (kg/rai)	P uptake in			P uptake in			K uptake in		
	shoot	root	fruit	shoot	root	fruit	shoot	root	fruit
0	18.85	1.93	699.23b	0.20b	0.24b	61.98ab	8.65b	12.90b	847.90b
25	25.88	2.72	1201.42a	0.34a	0.34a	69.91a	13.77a	15.18a	1464.56ab
50	23.90	2.96	1068.07a	0.21b	0.29ab	51.58bc	10.31ab	16.24a	1553.22a
75	17.76	2.66	720.25b	0.21b	0.20b	42.73c	7.54b	10.49b	1145.24ab
100	24.08	2.99	591.53b	0.22b	0.32a	40.93c	6.75b	13.37ab	882.46b
F-test	ns	ns	**	*	*	*	*	*	*
CV (%)	27.36	27.14	33.99	32.12	37.51	26.98	34.99	26.37	27.31

Remark: Means followed by the same letter in columns and rows are not significantly different at the 5% level by DMRT.

** and * = significant at $P<0.01$ and $P<0.05$, respectively, while ns = not significant.

Table 4 Effect of humic acid application rate on total Ca, Mg, Fe, and Zn uptake (mg/plant) in different parts of cherry tomato.

Humic acid (kg/rai)	Ca uptake in			Mg uptake in			Fe uptake in			Zn uptake in		
	shoot	root	fruit	shoot	root	fruit	shoot	root	fruit	shoot	root	fruit
0	2.75	6.72b	33.03ab	1.11	2.38	65.66b	0.009bc	0.062	1.221a	0.001b	0.058c	0.950ab
25	4.00	11.28b	41.49a	1.68	3.28	96.13a	0.0019c	0.106	0.902a	0.002a	0.088ab	1.218a
50	4.57	16.54a	39.10ab	1.36	4.93	77.12ab	0.042a	0.138	0.343b	0.002a	0.105a	1.195a
75	2.61	10.50b	30.05b	1.22	2.88	58.24b	0.013b	0.068	1.114a	0.002a	0.078c	0.963ab
100	3.33	9.77b	18.55c	1.18	2.87	46.7b	0.015b	0.087	0.201b	0.004a	0.038ab	0.935b
F-test	ns	**	**	ns	ns	**	**	ns	*	*	**	*
CV (%)	32.66	41.38	30.59	33.53	30.35	31.93	17.75	28.64	25.41	21.81	26.27	18.81

Remark: Means followed by the same letter in columns and rows are not significantly different at the 5% level by DMRT. ** and * = significant at $P < 0.01$ and $P < 0.05$, respectively, while ns = not significant.

ความสัมพันธ์ระหว่างกรดฮิวมิกที่ใส่ต่อการสะสมธาตุหลัก ธาตุรอง และจุลธาตุในส่วนต่างๆ ของมะเขือเทศ

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างกรดฮิวมิกที่ใส่ต่อการสะสมธาตุหลัก ธาตุรอง และจุลธาตุในส่วนต่าง ๆ ของมะเขือเทศด้วย Pearson correlation ซึ่งสรุปในรูปของเมตริกซ์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) พบความสัมพันธ์เชิงบวกและเชิงลบ โดยความสัมพันธ์เชิงบวกพบในระดับปานกลางถึงสูง ($r \geq 0.50$) ระหว่างการดูดใช้ธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุในส่วนต่างๆ ของมะเขือเทศ (Table 5) จากการศึกษาของ Valdrighi *et al.* (1996) ให้ข้อมูลว่าการดูดใช้ธาตุอาหารที่เพิ่มมากขึ้นอาจเป็นผลจากการที่กรดฮิวมิกไปกระตุ้นกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน จึงช่วยให้ธาตุอาหารในดินอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์มากขึ้น Moura *et al.* (2023) กล่าวว่า สารฮิวมิกมีผลต่อการดูดใช้ธาตุอาหารของพืช เนื่องจากช่วยปรับปรุงสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน นอกจากนี้ยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาที่ราก ส่งเสริมกิจกรรมของเอนไซม์ เช่น H^+ -ATPase ที่เยื่อหุ้มเซลล์ซึ่งมีส่วนช่วยให้พืชดูดใช้ธาตุอาหารได้มากขึ้น ส่วนความสัมพันธ์เชิงลบ พบในการดูดใช้ธาตุหลัก

และแคลเซียมในผล ($r = -0.664^{**}$) และระหว่างการดูดใช้สังกะสีในรากและส่วนเหนือดิน ($r = -0.600^*$) (Table 5) Fagaria (2001) กล่าวถึงอันตรกิริยาระหว่างธาตุหลักกับธาตุอาหารอื่นๆ ไว้ว่า ในกรณีที่ดินมีปริมาณเหล็กในระดับปกติการมีธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมงกานีสเพิ่มเพียงเล็กน้อย อาจส่งผลให้พืชดูดใช้เหล็กได้น้อยลง

การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal component analysis; PCA)

การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักเพื่อบ่งชี้การดูดใช้ธาตุอาหาร (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn) ในส่วนต่างๆ ของมะเขือเทศจากการได้รับกรดฮิวมิกในอัตราที่ต่างกัน พบว่า F1 และ F2 สามารถอธิบายความแปรปรวนของปัจจัยได้ 50.11 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการสะสมของธาตุอาหารพืชมีความสัมพันธ์กันแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม (Figure 2) จะเห็นได้ว่าการดูดใช้ธาตุอาหารพืชนั้นจะมีความสัมพันธ์กันในกลุ่มของส่วนของพืช กล่าวคือ ในกลุ่มที่ 1 เป็นธาตุที่ถูกดูดใช้ในส่วนเหนือดิน กับราก ซึ่งส่วนใหญ่เป็นธาตุหลัก และธาตุรอง ส่วนกลุ่มที่ 2 จะพบการดูดใช้ธาตุอาหารหลัก รอง และจุลธาตุในผลกับราก และเมื่อเทียบกับปัจจัยการให้กรดฮิวมิก

พบว่า ทั้ง 2 กลุ่มนี้ได้รับอิทธิพลจากปัจจัยการให้กรดฮิวมิกที่อัตรา 25 และ 50 กิโลกรัมต่อไร่ ยกเว้นกลุ่มที่

3 ซึ่งมีการดูดใช้ธาตุหลักในผลมะเขือเทศจะมีความสัมพันธ์กับการใส่กรดฮิวมิกที่ 100 กิโลกรัมต่อไร่

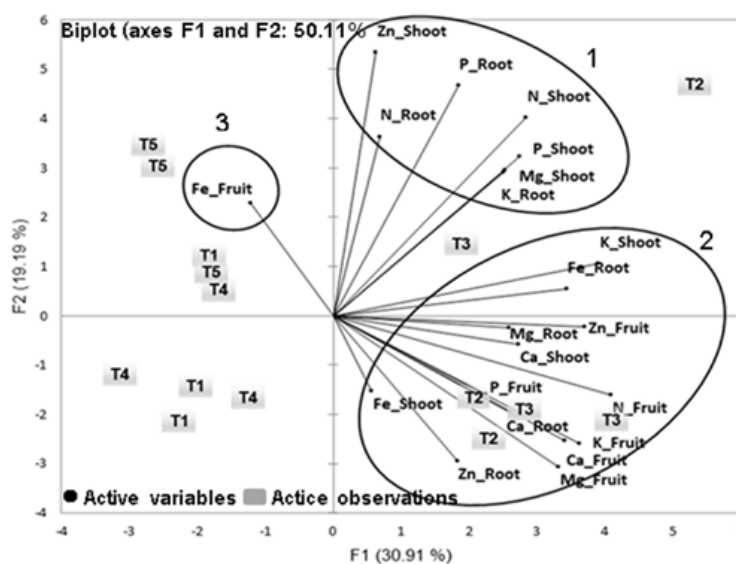


Figure 2 Principal component analysis (PCA) of the nutrients uptake by the different parts of the tomato plant according to the 0, 25, 50, 75, and 100 kg/rai of humic acid application.

Table 5 The correlation coefficients for relationships between nutrient uptakes in different parts of tomato plant under humic acid treatment.

	N uptake shoot	N uptake root	N uptake fruit	P uptake shoot	P uptake root	P uptake fruit	K uptake shoot	K uptake root	K uptake fruit	Ca uptake shoot	Ca uptake root	Ca uptake fruit	Mg uptake shoot	Mg uptake root	Mg uptake fruit	Fe uptake shoot	Fe uptake root	Fe uptake fruit	Zn uptake shoot	Zn uptake root	Zn uptake fruit
N uptake shoot	1	.247	.340	.711**	.512	.040	.623*	.347	.137	.441	.103	.151	.711**	.211	.038	-.097	.361	.164	.733**	-.123	.422
N uptake root		1	-.121	.138	.609*	-.321	.032	.500	-.038	-.139	.168	-.263	.261	.450	-.351	-.055	.437	.133	.429	.076	.009
N uptake fruit			1	.355	.155	.648**	.608*	.178	.733**	.341	.433	.583*	.182	.232	.820**	.037	.581*	-.058	-.046	.324	.779**
P uptake shoot				1	.576*	.265	.804**	.313	.086	.304	-.242	.401	.808**	-.133	.136	-.166	.082	-.149	.454	.096	.294
P uptake root					1	.265	.373	.733**	.003	-.098	-.224	-.092	.351	.039	-.033	-.200	.391	.313	.629*	-.045	.353
P uptake fruit						1	.416	.136	.451	-.089	-.186	.377	-.075	-.183	.679**	-.182	.138	.078	-.217	.270	.602*
K uptake shoot							1	.416	.427	.376	.077	.683**	.818**	.136	.460	-.165	.233	-.461	.185	.307	.370
K uptake root								1	.132	.088	.194	.202	.345	.459	.138	-.028	.574*	-.129	.517*	-.107	.295
K uptake fruit									1	.344	.644**	.432	.035	.468	.686**	.147	.522*	-.145	-.150	.514	.746**
Ca uptake shoot										1	.541*	.464	.433	.480	.201	.676**	.315	-.219	.194	.183	.243
Ca uptake root											1	.276	-.025	.853**	.358	.455	.709**	-.197	.041	.141	.411
Ca uptake fruit												1	.456	.236	.657**	.136	.248	-.664**	-.324	.524*	.316
Mg uptake shoot													1	.153	-.020	-.053	.022	-.400	.401	.146	.004
Mg uptake root														1	.180	.394	.714**	-.215	.222	.098	.320
Mg uptake fruit															1	-.063	.430	-.177	-.269	.305	.634*
Fe uptake shoot																1	.129	.031	-.026	.099	.036
Fe uptake root																	1	.045	.308	.103	.663**
Fe uptake fruit																		1	.411	-.362	.270
Zn uptake shoot																			1	-.600*	.238
Zn uptake root																				1	.176
Zn uptake fruit																					1

Non-significant correlation coefficients are blank. * Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed). ** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

สรุป

กรดฮิวมิกที่อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลให้น้ำหนักผลผลิต น้ำหนักสด มวลชีวภาพ องค์ประกอบผลผลิต ปริมาณไนโตรเจน การดูดใช้ธาตุอาหารหลัก (N, P, K) ธาตุอาหารรอง (Ca, Mg) และจุลธาตุ (Fe, Zn) ในส่วนเหนือดิน ราก และผลมะเขือเทศมีความแตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ในผลมะเขือเทศ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติแต่อย่างใด ส่วนการใส่กรดฮิวมิกที่อัตรา 75 และ 100 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลให้พารามิเตอร์ที่ตรวจวัดมีค่าลดลง การศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าการใส่กรดฮิวมิกทางดินที่อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ มีความเหมาะสมและเป็นแนวทางการจัดการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการปลูกมะเขือเทศเชอร์รี่ได้ ทั้งนี้ควรพิจารณาสภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชทั้งปัจจัยชีวและอชีว รวมทั้งพันธุ์พืช ซึ่งจะมีผลให้พืชตอบสนองต่อการดิวมิกที่ใส่แตกต่างกัน

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2551. คู่มือวิธีวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 49 หน้า.
- ทัศนีย์ อัดตะนันท์และจรัสร์ จันทร์เจริญสุข. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการการวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 108 หน้า.
- ปิยะ ดวงพัตรา. 2553. สารปรับปรุงดิน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 256 หน้า.
- ยงยุทธ โอสถสภ. 2557. การใช้สารเร่งชีวภาพเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช. วารสารดินและปุ๋ย 36 (1-4):27-54.
- สุกานันท์ เงินน้อย. 2557. ผลของกรดฮิวมิกที่สกัดจากลิโชนาร์ไดต์ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณธาตุอาหารของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 116 หน้า.
- Akladios, S.A. and H.I. Mohamed. 2018. Ameliorative effects of calcium nitrate and humic acid on the growth, yield component and biochemical attribute of pepper (*Capsicum annuum*) plants grown under salt stress. *Scientia Horticulturae* 236: 244–250. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.03.047>.
- Beckles, D.M. 2012. Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology* 63(1): 129-140.
- Ekinci, M., A. Esringu, A. Dursun, E. Yildirim, M. Turan, M. Rusu Karaman and T. Arjumend. 2015. Growth, yield, and calcium and boron uptake of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) and cucumber (*Cucumis sativus* L.) as affected by calcium and boron humate application in greenhouse conditions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 39: 613-623.
- Fagaria, N.K. 2001. Nutrient interaction in crop plants. *Journal of Plant Nutrition* 24: 1269-1290.
- Labrada, F.P., A.B. Mendoza, A.J. Maldonado, S.S. Gaona and S.G. Morales. 2023. Effects of citric acid and humic-like substances on yield, enzyme activities, and expression of genes involved in iron uptake in tomato plants. *Horticulturae* 9 (6): 630, <https://doi.org/10.3390/horticulturae9060630>.
- Mora, V., E. Bacaicoa, A.M. Zamarreño, E. Aguirre, M. Garnica and M. Fuentes. 2010. Action of humic acid on promotion of cucumber shoot growth involves nitrate-related changes associated

- with the root-to-shoot distribution of cytokinins, polyamines and mineral nutrients. *Journal of Plant Physiology* 167: 633–642.
- Moura, O.V.T., R. L.L. Berbara, D.F. de O. Torchia, H.F.O. Da Silva, T.A. van Tol de Castro, O.C.H. Tavares, N.F. Rodrigues, E. Zonta, L.A. Santos and A.C. García. 2023. Humic foliar application as sustainable technology for improving the growth, yield, and abiotic stress protection of agricultural crops. A review. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* 22: 493-513.
- Nagata, M. and I. Yamashita. 1992. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. *Journal of The Japanese Society for Food Science and Technology* 39(10): 925-928.
- Nardi, S., M.R. Panucci, M.R. Abenavoli and A. Muscolo. 1994. Auxin-like effect of humic substances extracted from faeces of *Allolobophora Caliginosa* and *Allolobophora Rosea*. *Soil Biology and Biochemistry* 23: 833–836.
- Nardi, S., M. Schiavon and O. Francioso. 2021. Chemical structure and biological activity of humic substances define their role as plant growth promoters. *Molecules* 26(8): 2256, <https://doi.org/10.3390/molecules26082256>
- Patti, A. F., W.R. Jackson, S. Norng, M.T. Rose and T.R. Cavagnaro. 2012. Commercial humic substances stimulate tomato growth. pp. 1079-1084. *In: International Conference of International Humic Substances Society*. Zhejiang University, Hangzhou, China.
- Piccolo, A., G. Pietramellara and J.S.C. Mbagwu. 1996. Effects of coal derived humic substances on water retention and structural stability of Mediterranean soils. *Soil Use and Management* 12: 209–213.
- Piccolo, A. 2002. The supra molecule structure of humic substances: a novel understanding of humus chemistry and implications in soil science. *Advances in Agronomy* 75: 57-134.
- Resh, H.M., 2012, *Hydroponic Food Production: a Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower*. CRC Press, Boca Raton, Florida. 511 p.
- Sutton, R. and G. Sposito. 2005. Molecular structure in soil humic substances: the new view. *Environmental Science & Technology* 39: 9009-9015.
- Sani, B. 2014. Foliar application of humic acid on plant height in canola. pp. 82-86. *In: 2013 4th International Conference on Agriculture and Animal Science (CAAS 2013) and 2013 3rd International Conference on Asia Agriculture and Animal (ICAAA 2013)*. Phuket, Thailand.
- Tan, K.H. 2003. *Humic Matter in Soil and the Environment: Principles and Controversies*. Marcel Dekker Inc., New York. 459 p.
- Valdrighi, I. M., A. Pera, M. Agnolucci, S. Frassinetti, D. Lunardi and G. Vallini. 1996. Effects of compost-derived humic acids on vegetable biomass production and microbial growth within a plant (*Cichorium intybus*)-soil system: a comparative study. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 58 (2-3): 133-144.

- Yildirim, E. 2007. Foliar and soil fertilization of humic acid affect productivity and quality of tomato. *Acta Agriculturae Scandinavica* (57): 182–186, Section B.
- Zandonadi, D.B., M.P., Santos, L.B., Dobbss, F.L., Olivares, L.P., Canellas, M.L. Binzel, A.L. Okorokova-Façanha and A.R. Façanha. 2010. Nitric oxide mediates humic acids-induced root development and plasma membrane H⁺-ATPase activation. *Planta* 231 (5): 1025–1036.
- Zhang, J. H. Yin, H. Wang, L. Xu, B. Samuel, J. Chang, F. Liu and H. Chen. 2019. Molecular structure-reactivity correlations of humic acid and humin fractions from a typical black soil for hexavalent chromium reduction. *Science of The Total Environment* 651 (2): 2975-2984.

คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ (ต่อ)

3) เรียงย่อในหนังสือหรือตำรา ที่มีผู้เขียนแยกในแต่ละเรื่อง ย่อย และมีบรรณาธิการ (Chapters in books or textbooks with separated author(s) in each chapter and editor(s))

ชื่อผู้เขียน. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่องย่อ. หน้า เลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าที่สิ้นสุด.

ใน: ชื่อบรรณาธิการ (บ.ก.). ชื่อหนังสือ. สำนักพิมพ์, เมืองที่พิมพ์.

ดำรง เวชกิจ และสมบุญรัตน์ ทองสกุล. 2535. เทคนิคการใช้สารป้องกันกำจัด ศัตรูพืช. หน้า 22-42. ใน: สุวัฒน์ รวยอารีย์ (บ.ก.). แมลงและ สัตว์ศัตรูที่สำคัญของพืชเศรษฐกิจและการบริหาร. ห้างหุ้นส่วน จำกัด โอเคเค 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. การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรม ของถั่วเขียวผิวดำโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลชนิด SSR. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์, 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. การใช้ประโยชน์ของวัสดุเหลือใช้จาก โรงงานผลิตเอทานอลเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าว. หน้า 100-110.

ใน: การประชุมวิชาการระดับชาติ สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ ครั้งที่ 10. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต กำแพงแสน, 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. ประเภท ของเอกสาร. สถาบันหรือหน่วยงานที่ จัดพิมพ์, เมืองที่พิมพ์. จำนวนหน้าทั้งหมด.

กรมวิชาการเกษตร. 2557. เทคโนโลยีการผลิตมะม่วงตามระบบ GAP. เอกสารวิชาการ. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรที่ 6, จันทบุรี. 45 หน้า.

Lantican, F.A. 2008. The Philippine banana industry: market performance, constraints and policy direction. SEARCA professorial chair paper. Department of Agricultural Economics, College of Economics and Management, UP Los Baños. 46 p.

7) สื่ออิเล็กทรอนิกส์ (Electronic media)

ชื่อผู้เขียน. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่อง. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: ที่อยู่ของ ไฟล์หรือเว็บไซต์ (URL) (วัน เดือน ปีที่สืบค้นข้อมูล ถ้าเป็น ภาษาอังกฤษใช้ 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 ให้เขียนตามหลักเกณฑ์การเขียนชื่อ วิทยาศาสตร์ โดยในครั้งแรกที่ปรากฏชื่อนี้ ให้สะกดคำเต็ม เช่น *Sitophilus zeamais* และพิมพ์เป็นอักษรแบบตัวเอน หลังจากนั้น ถ้ามีการระบุชื่อนี้ก็ให้ย่อชื่อสกุล 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 และควรระบุคำเต็มไว้ ในการใช้ครั้งแรก เช่น Randomized Complete Block Design (RCBD)

คำในวงเล็บที่ไม่ใช่ชื่อเฉพาะ หรือคำย่อ ให้ใช้อักษรตัวพิมพ์ เล็ก เช่น ตัวควบคุม (control), สปอร์แขวนลอย (spore suspension), เครื่องวัดแรงดึงน้ำของดิน (tensiometer)

การส่งต้นฉบับเพื่อตีพิมพ์

ให้ส่งไฟล์บทความต้นฉบับทางออนไลน์เท่านั้น โดยส่งที่ <https://ii02.tci-thaijo.org/index.php/JASM>

การบอกรับเป็นสมาชิก

บอกรับเป็นสมาชิกจากใบบอกรับเป็นสมาชิกท้ายเล่ม หรือติดต่อกอง บรรณาธิการโดยตรง

การตอบรับบทความ

บทความทุกบทความที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์เกษตร และการจัดการต้องผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิไม่น้อยกว่า 3 ท่าน และผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาตอบรับการตีพิมพ์จำนวน 2 ท่านจากจำนวน 3 ท่าน *โดยบทความทุกเรื่องใช้ระบบการตรวจอ่านแบบ (double-blinded review system)*

สำนักงานและการติดต่อ (Office and Inquiries)

กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ งานแผนและวิชาการ สำนักงานเลขานุการ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

โทรสาร 034-351406 ต่อ 117

โทร. 034-351406 ต่อ 126-127

Editorial Board, Journal of Agricultural Science and Management, Planning and Technical Division, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University

Fax 034-351406 ext. 117

Tel. 0034-351406 ext. 151

E-mail : agriscim@gmail.com

JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCE AND MANAGEMENT

A Technical Journal of the Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University

Volume 8, Issue 2 May - August 2025

Growing Substrate Properties on Cannabis Water Requirement under Greenhouse Condition Ratgon Suebkam, Anusorn Tiensiroek, Patcharin Namwong and Wut Sriwichai.....	5
Effect of Salt Pan Sediments on Growth and Yield of Baby Carrot Chomdao Khumjing, Winitna Pungprom and Nitjarintorn Somjit.....	19
<i>In vitro</i> Multiplication Technique of <i>Petrocosmea pubescens</i> , an Endemic Species in Thailand Padnaree Rukkid, Phatchara Piriyaunit and Pramote Triboun.....	26
<i>In Vitro</i> Propagation and Conservation Technique of Arrowroot (<i>Maranta arundinacea</i> L.) Phatchara Piriyaunit, Padnaree Rukkid and Parichart Sangkasa-ad.....	35
Heat-Resistant Characteristic and Patulin Production Ability of Heat-Resistant Molds Isolated from Pineapple Field Soils Thanapoom Maneeboon, Warapa Mahakarnchanakul, Somsiri Sangchote, Ratchanee Hongprayoon and Chananya Chuaysrinule.....	45
Effect of Salinity to Phytochemical in 11 Holy Basil Accessions under Greenhouse Conditions Tanapong Ngoapitakkul, Jukkrapong Pinyo, Nattharika Laokkham, Wachiraya Imsabai and Anyamanee Auvuchanon.....	55
Effects of Harvesting Stage on Fruit Quality and Postharvest Life of Avocado cv. 'Peterson' Metinee Ploypleansaeng, Siragan Srithanyarat and Panawat Sikhandakasmaita.....	69
Development of Mobile Phone Application for Characterization of Sugarcane Reaction to Red Rot Disease in Breeding Program Kongsap Sangthong, Ratana Tangwongkit and Pavit Tangwongkit.....	77
Comparison of Dry Matter Determination Method Using Hot Air and Microwave Ovens to Assess the Harvest Index in 'Peterson' Avocado Panawat Sikhandakasmaita and Metinee Ploypleansaeng.....	87
Effects of Plant Density on Growth, Yield and Seed Quality of Cowpea (<i>Vigna unguiculata</i> L. Walp.) Chunjit kaewkunya, Akkaradeth Kaewkebkham and Chayanan Srisawat.....	96
Genetic Variation of the M5 Generation Irradiation of Mung Beans Theerawut Wongwarat, Achara Jomsangawong, Jutarat Changkaewmanee and Yingyod Paluka1.....	106
Study of the Effectiveness of Soil Amendment Product Against Disease from <i>Fusarium</i> spp., and the Release of Ammonium and Nitrate from the Soil of Durian Plants Sirinapa Chungopast and Wipawan Thaymuang.....	115
A Changing of Unsuitable Area for Rice Production toward the Agri - Map of Farmer in Mueang District, Chaiyaphum Province Chanita Changphat and Arunee PhomKhambut.....	127
Effects of <i>Leucaena leucocephala</i> Leaf Bio-extract, Pig Manure, Chicken Manure Rice Husk and Chemical Fertilizer on Growth and Yield of Chinese Kale (<i>Brassica oleracea</i> L.) Paiboon Muymas, Kumpol Palaaud, Saranyoo Posoro, Yaowares Chousiri, Narong Kotchabhakdi, Sattrra Ladpala and Sarawut Wanithaengphaisan.....	140
Effect of Humic Acid Application on Growth, Yield and Nutrient Uptake of Cherry Tomato (<i>Lycopersicon esculentum</i> cv. CH 154) Aunthicha Phommuangkhu, Jutathip Natwat, Punyisa Trakoonyingcharoen and Yanisa Namsawat.....	152

ISSN 2985-1904 (online)