



วารสาร วิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ

JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCE AND MANAGEMENT
วารสารวิชาการของคณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปีที่ 6 ฉบับที่ 1 มกราคม - เมษายน 2566

อิทธิพลของแสงสีจากหลอดไฟแอลอีดีที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดหอมพันธุ์แกรนด์แรปิดส์ ชมดาว ขำจริง อรุณี พลายแก้ว และสมภพ วิสุม.....	7
ประสิทธิภาพการทำงานร่วมกันของรา <i>Trichoderma asperellum</i> สายพันธุ์ Cb-pin01 และแบคทีเรีย <i>Streptomyces</i> sp. สายพันธุ์ KPS-E004 ในการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปม <i>Meloidogyne enterolobii</i> ในพริก ปริญพร สาคร และพรทิพย์ เวื่อนปานันท์.....	15
ผลของการแช่และบ่มเมล็ดผักบุ้งที่มีต่อการผลิตต้นอ่อนผักบุ้ง ชมดาว ขำจริง.....	23
การส่งเสริมการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาในการผลิตผักของเกษตรกรในอำเภอประจันตคาม จังหวัดปราจีนบุรี นันทวุฒิ จันทรปาน นารัตน์ สิริสาร และสินีนุช ครุฑเมือง แสนเสริม.....	29
การศึกษาอัตราส่วนของปุ๋ยมูลไส้เดือนดินต่อหญ้าเนเปียร์และตัวประสานจากน้ำนมโคเสียต่อการขึ้นรูปของภาชนะปลูกแบบย่อยสลายได้ ณาสกัญญา อู่สูงเนิน วรพจน์ ศตเดชากุล วนิดา สืบสายพรหม มนุญ ปลงรัมย์ และลักขณ์ เพี้ยชัย.....	40
อิทธิพลของไซโตไคนินร่วมกับนาโนซีตต่อการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนยอดของไผ่ภายใต้สภาพปลอดเชื้อ ณัฐชนันท์ ดวงก้อน และสุกัลยา ภูทอง.....	48
ผลของการจัดการดินร่วมกับการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งต่อสมบัติบางประการของดินและผลผลิตของข้าวปทุมธานี 1 สุกัญญา กำมา Yutaka Suzuki ทิวา พาโคทม และนงภัทร ไชยชนะ.....	56
การเพิ่มศักยภาพการผลิตบัวบกคุณภาพสูงเพื่อเป็นพืชสมุนไพรปลอดสารพิษและโลหะหนัก อุทัยวรรณ ทรัพย์แก้ว พงษ์วี นามวงศ์ เพ็ญจันทร์ สุทธานุกุล และไกรสิงห์ ชูดี.....	69
ผลของกากตะกอนเยื่อกระดาษที่มีต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนดินและคุณภาพปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน วันวิสาข์ วัฒนะพันธ์ศักดิ์ ธรรมธวัช แสงงาม ไยใหม่ ช่วยหนู ปฐมา แทนนาค และทศพร วัฒนะพันธ์ศักดิ์.....	79
ผลของปริมาณการให้น้ำต่อผลผลิต ปริมาณแคปไซซิน และผลผลิตแคปไซซินในพริกกระเหรียงพันธุ์กำแพงแสน สกว 135 จิรภิญญา คนว่อง กิตติมาภรณ์ สีนประเสริฐ นงลักษณ์ คำภา และแหวนพลอย จินากุล.....	87
การรับรู้และความคาดหวังของนักท่องเที่ยวที่มีต่อศูนย์เรียนรู้เกษตรผสมผสานบ้านเขากรอบ อำเภอห้วยยอด จังหวัดตรัง ศุภาพิชญ์ หมั่นละม้าย ดนธิดา วาทินพุมิพร พันจิตต์ สีเหนียง คณิงรัตน์ คำมณี และจิรัฐินาฏ ถังเงิน.....	97

ISSN 2586-9655

ISSN 2697-5378 (online)

การเตรียมต้นฉบับ

1. ภาษา เป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ

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

3. การเรียงลำดับเนื้อหา

3.1 **ชื่อเรื่อง (Title)** ควรสั้น ชัดเจน และต้องสื่อเป้าหมายหลักของการศึกษาวิจัย ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

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

ที่อยู่หรือสังกัดของผู้เขียน ให้พิมพ์เป็นเชิงอรรถ (footnote) ในหน้าแรกของบทความ ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ พร้อมกับระบุจังหวัด และรหัสไปรษณีย์ หากที่อยู่มีหลายแห่ง ให้พิมพ์ภาษาไทยของที่อยู่แห่งแรกก่อน 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 และไม่ควรซ้ำซ้อนกับคำที่ปรากฏในชื่อเรื่อง ต้นฉบับที่เป็นภาษาไทยให้พิมพ์บทคัดย่อ ภาษาอังกฤษก่อนบทคัดย่อภาษาไทย หากต้นฉบับเป็นภาษาอังกฤษ ให้พิมพ์บทคัดย่อภาษาไทยก่อนบทคัดย่อภาษาอังกฤษ

3.4 **คำนำ (Introduction)** แสดงความเป็นมาและเหตุผลที่นำไปสู่การศึกษาวิจัย รวมถึงการตรวจเอกสารที่เกี่ยวข้อง และวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย

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

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

3.7 **วิจารณ์ (Discussion)** ควรเชื่อมโยงกับผลการศึกษาว่าสอดคล้องกับสมมติฐาน หรือแตกต่างไปจากผลงานวิจัยที่มีผู้รายงานไว้ก่อนหรือไม่อย่างไร และด้วยเหตุผลใด โดยมีพื้นฐานการอ้างอิงที่เชื่อถือได้วิจารณ์อาจนำไปรวมกับผลการศึกษาเป็น 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 และจิรายุ รอดดี. 2562. การเปลี่ยนแปลงประชากรตามฤดูกาลของแมลงศัตรูมะลอน. แก่นเกษตร 47(1): 937-946.

มณีมัย ชยานนท์กุล และนันทศักดิ์ ปิ่นแก้ว. 2563. ชนิดของเพลี้ยอ่อน (Hemiptera: Aphididae) กับพืชอาหารและมดที่อยู่ร่วมกันในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ 3(2): 63-69.
Bhanuvaly, 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.
ในกรณีที่เป็นการวารสารออนไลน์ไม่สามารถระบุเลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าสิ้นสุดได้ ให้ระบุเป็น doi แทน

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

2) หนังสือ และตำรา (Books & Textbooks)

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

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

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

คำแนะนำรูปแบบในการใช้ภาษาอังกฤษในเนื้อเรื่องภาษาไทยและการส่งเรื่องเพื่อตีพิมพ์ได้ในปกหลัง



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.ชัยณรงค์ รัตนกฤษีทากุล	Editor	Assoc. Prof. Chainarong Rattanakreetakul Kasetsart University
รองบรรณาธิการ	ผศ.ดร.ชัยสิทธิ์ ทองจุ	Vice Editor	Assist. Prof. Dr. Chaisit Thongjoo Kasetsart University
กองบรรณาธิการฝ่ายวิชาการ	ผศ.ดร.ลพ ภวภูตานนท์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ รศ.ดร.สนธิชัย จันทน์ไพบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ รศ.ดร.ยงยุทธ โอสสถภา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ รศ.ดร.ธงชัย มาลา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศ.ดร.วิชัย ไสสิตรัตน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศ.ดร.กฤษณา กฤษณพุกต์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ รศ.ดร.รัชนี ฮงประยูร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ รศ.ดร.จิระเดช แจ่มสว่าง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ผศ.ดร.วิสุทธิ วีรสาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ รศ.ดร.พิสสวรรณ เจียมสมมติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ รศ.สาวิตรี รังสิภัทร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ รศ.ดร.อำนาจ ชิดไธสง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	Editorial Board (Academic)	Assist. Prof. Dr. Lop Phawaphutanon Kasetsart University Assoc. Prof. Dr. Sonthichai Chanprem Kasetsart University Assoc. Prof. Dr. Yongyuth Osotsapar Kasetsart University Assoc. Prof. Dr. Thongchai Mala Kasetsart University Prof. Dr. Wichai Kositratana Kasetsart University Prof. Dr. Krisana Krisanapook Kasetsart University Assoc. Prof. Dr. Ratchanee Hongprayoon Kasetsart University Assoc. Prof. Dr. Chiradej Chamsawarn Kasetsart University Assist. Prof. Dr. Visoot Verasan Kasetsart University Assoc. Prof. Dr. Pissawan Chiemsombat Kasetsart University Assoc. Prof. Savitree Rangsihaht Kasetsart University Assoc. Prof. Dr. Amnat Chidthaisong Kasetsart University



วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ

Journal of Agricultural Science and Management

รศ. ดร. นันทศักดิ์ ปิ่นแก้ว
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.พงศ์ศักดิ์ ชลธนสวัสดิ์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.อัญญา พรหมเมืองคู
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร. ประกิจ สมท่า
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.ศุภริดา อับดุลลากาซิม
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.ศิริพร ดอนเหนือ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.ภาคพร สาทลาลัย
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.อรประพันธ์ ส่งเสริม
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.ยุวเรศ เรืองพานิช
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.พันธจิตต์ สีเหนียง
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.สนธยา สำเนาทอง
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.เชิดพงษ์ ชีระจิตต์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.ศุภชัย อำคา
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.วรรณวิไล อินทนู
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.จำเนียร ชมภู
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.นภาพร พันธุ์มลศิลป์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.คณิศร์ คำนวณ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.ศกร คุณวุฒิมุขิธริน
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.ปิยะพันธุ์ ผกามาศ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.สุรพงษ์ คำรงกิตติกุล
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Assoc. Prof. Dr. Nantasak Pinkaew
Kasetsart University
Assoc. Prof. Pongsak Chontanaswat
Kasetsart University
Dr. Aunthicha Phommuangkhu
Kasetsart University
Assoc. Prof. Dr. Prakrit Sonta
Kasetsart University
Assoc. Prof. Dr. Supatida Abdullakasim
Kasetsart University
Dr. Siriporn Donnua
Kasetsart University
Dr. Pakaporn Sathalalai
Kasetsart University
Assist. Prof. Dr. Omprapun Songserm
Kasetsart University
Assoc. Prof. Dr. Yuwares Ruangpanit
Kasetsart University
Assoc. Prof. Dr. Panchit Seeniang
Kasetsart University
Assist. Prof. Dr. sonthaya sampaothong
Kasetsart University
Assist. Prof. Dr. Cherdpong Kheerajit
Kasetsart University
Assist. Prof. Dr. Suphachai Amkha
Kasetsart University
Assist. Prof. Dr. Wanwilai Intanoo
Kasetsart University
Assist. Prof. Dr. Jamnian Chompoo
Kasetsart University
Assist. Prof. Dr. Napaporn Phankamolsil
Kasetsart University
Dr. Kanungrat Kummanee
Kasetsart University
Assoc. Prof. Dr. Skorn Koonawootrittriron
Kasetsart University
Assist. Prof. Dr. Piyanat Phakamas
Kasetsart University
Assist. Prof. Dr. Surapong Damrongkittikul
Kasetsart University



วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ

Journal of Agricultural Science and Management

ผศ.ดร.ชามา อินซอน
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.กนกวรรณ เทียงธรรม
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.นงนพพร คุณนากร
ฝ่ายเครื่องมือและวิจัยทางวิทยาศาสตร์
สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์วิทยาเขตบางเขน
ผศ.ดร.หทัยรัตน์ โชคทวีพานิชย์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ศ.ดร.ชัยวัฒน์ โตอนันท์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ศ.ดร.โสธยา ร่วมรังสี
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.ดร.เสาวลักษณ์ แยมหมื่นอาจ
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.ดร.อภิรัฐ บัณฑิต
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รศ.ดร.จักรพงษ์ พวงงามชื่น
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รศ.ดร.ยศ บริสุทธิ
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รศ.ดร.ปิ่น จันจุฬา
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผศ.ดร.ภาณุพล หงษ์ภักดี
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รศ.ดร.วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ
มหาวิทยาลัยนครสวรรค์
รศ.ดร.ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ
มหาวิทยาลัยนครสวรรค์
ผศ.ดร.สมศักดิ์ ครามโชติ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผศ.พีรชัย กุลชัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รศ.ดร.ทิพวรรณ ลิ้มงูร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Assist. Prof. Dr. Chama Inson
Kasetsart University
Assist. Prof. Dr. Kanokwan Thiengtham
Kasetsart University
Dr. Nongnapat Kunagorn
Scientific Equipment and Research Division
Kasetsart University Research and Development
Institute Bangkhen Campus
Assist. Prof. Dr. Hathairat Chokthaweepanich
Kasetsart University
Prof. Dr. Chaiwat Toanan
Chiang Mai University
Prof. Dr. Soraya Ruamrangsri
Chiang Mai University
Assist. Prof. Dr. Dr.Saowaluck Yammuen-art
Chiang Mai University
Assist. Prof. Dr. Aphirat Bundit
Chiang Mai University
Assoc. Prof. Dr. jukkaphong Puangngamchuen
Maejo University
Assoc. Prof. Dr. Yos Borisutdhi
Khon Kaen University
Assoc. Prof. Dr. Pin Chanchula
Khon Kaen University
Asst. Prof. Dr. Panupon Hongpakdee
Khon Kaen University
Assoc. Prof. Dr. Weerathep Pongprasert
Naresuan University
Assoc. Prof. Dr. Thammasak Thongket
Naresuan University
Assist. Prof. Dr. Somsak Kramchot
King Mongkut's Institute of Technology
Ladkrabang
Assist. Prof. Peerachai Kunlachai
King Mongkut's Institute of Technology
Ladkrabang
Assoc. Prof. Dr. Thiphawan Limangkun
King Mongkut's Institute of Technology
Ladkrabang



วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ

Journal of Agricultural Science and Management

รศ.ดร.สินีนุช ครูฑเมือง แสนเสริม
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช
รศ.บำเพ็ญ เขียวหวาน
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช
ผศ.ดร.นาริรัตน์ สิริสาร
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช
ผศ.ดร.อรประภา เทพศิลป์พิสุทธิ
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
รศ.ดร.เยาวภา จิระเกียรติกุล
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
รศ.ดร.พิพัฒน์ สมภาร
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
รศ.ดร.สุมาลี บุญมา
มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
ผศ.ดร.วราพร ลักษณะน่าย
มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.ดร.ชนากานต์ ลักษณะ
มหาวิทยาลัยบูรพา
รศ.ดร.ปราโมทย์ แผงคำ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ดร.พันทิพา ลิมสงวน
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
ธัญบุรี
ผศ.ดร.วาสนา ศิริแสน
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผศ.ดร.สมฤดี นิลทอง
มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
รศ.ดร.วัชรินทร์ ชื่นสุวรรณ
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ผศ.ดร.ปัทมา ศรีน้ำเงิน
มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี
ผศ.ดร.สายชล สุขญาณกิจ
มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ดร.เสาวณีย์ คงศรี
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
ผศ.ดร.พิสิษฐ์ พูลประเสริฐ
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ดร.เสาวลักษณ์ กิตติธนวัตร
กรมวิชาการเกษตร

Assoc. Prof. Dr. Sineenuch Khrutmuang Sansem
Sukhothai Thammathirat Open University
Assoc. Prof. Bumpen Keowan
Sukhothai Thammathirat Open University
Assist. Prof. Dr. Nareerat Sirasan
Sukhothai Thammathirat Open University
Assist. Prof. Dr. Onprapha Thep Silapawisut
Thammasat University, Rangsit Center
Assoc. Prof. Dr. Yaowapha Jirakiattikul
Thammasat University, Rangsit Center
Assoc. Prof. Dr. Phiphat Somphan
Thammasat University, Rangsit Center
Assoc. Prof. Dr. Sumalee Boonmar
Walailak University
Assist. Prof. Dr. Waraporn Laksanalamai
Rangsit University
Assist. Prof. Dr. Chanakan Laksana
Burapha University
Assoc. Prof. Dr. Pramote Paengkoum
Suranaree University of Technology
Dr. Pantipha Limsanguan
Rajamangala University of Technology
Thanyaburi
Assist. Prof. Dr. Vatsana Sirisan
Mahasarakham University
Assist. Prof. Dr. Somrudee Nilthong
Mae Fah Luang University
Assoc. Prof. Dr. Watcharin Soonsuwan
Prince of Songkla University
Assist. Prof. Dr. Pattama Srinamngoen
Burapha University, Chanthaburi Campus
Assist. Prof. Dr. Saichon Sukyanakij
Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University
Dr. Saowanee Kongsri
Nakhon Pathom Rajabhat University
Assist. Prof. Dr. Phisit Poolpasert
Phibunsongkhram Rajabhat University
Dr. Saowaluck Kittithanawat
Department of Agriculture



วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ

Journal of Agricultural Science and Management

ดร.พนัญญา พบสุข
กรมวิชาการเกษตร
ดร.นุชนารถ ตั้งจิตสมคิด
สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ
กรมวิชาการเกษตร
ดร.ปิยรัตน์ ธรรมกิจวัฒน์
สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ
กรมวิชาการเกษตร
ดร.ปาริชาติ เบิร์นส์
ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ

Dr. Pananya Pobsuk
Department of Agriculture
Dr. Nuchanart Tangjitsomkid
Biotechnology Research and Development
Bureau, Department of Agriculture
Dr. Piyarat Thammakitwat
Biotechnology Research and Development
Bureau, Department of Agriculture
Dr. Parichart Burns
National Center for Genetic Engineering
and Biotechnology

กองบรรณาธิการฝ่ายการจัดการ

นางชลณัฐชา 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 โดยฉบับที่ 1 มกราคม-เมษายน ฉบับที่ 2 พฤษภาคม-สิงหาคม และ ฉบับที่ 3 กันยายน-ธันวาคม โดยครอบคลุมเนื้อหาวิชาการทุกสาขาที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ เกษตรกลวิธี สัตวบาล กัญญาวิทยา ปฐพีวิทยา โรคพืช พืชสวน พืชไร่ นา ส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร เทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตร เพื่อส่งเสริม พัฒนา และยกระดับการผลิตผลงานวิจัย ตลอดจนเพิ่มทางเลือกให้กับบุคลากรวิจัยรุ่นใหม่และนิสิต ในการส่งผลงานวิจัยลงตีพิมพ์ เผยแพร่ โดยผ่านความเห็นและได้รับคำแนะนำจากผู้ทรงคุณวุฒิทั้งจากภายใน และภายนอกหน่วยงาน เพื่อเป็นประสบการณ์สำหรับการส่งและเสนอผลงานวิจัยเข้ารับการพิจารณาตีพิมพ์

คณะเกษตร กำแพงแสนได้เห็นความสำคัญของการพัฒนาและส่งเสริมผลงานวิจัยเพื่อเผยแพร่ เชิงบูรณาการให้มีคุณภาพ เกิดประโยชน์อย่างแท้จริง สำหรับฉบับนี้มีบทความวิจัยด้วยกัน 11 เรื่อง ประกอบด้วย สาขาโรคพืช 2 เรื่อง สาขาปฐพีวิทยา 2 เรื่อง สาขาส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร 2 เรื่อง สาขาพืชสวน 5 เรื่อง ซึ่งกองบรรณาธิการขอขอบคุณผู้เขียนทุกท่าน ที่ได้กรุณาแบ่งปันข้อมูลดีๆ ที่เป็นประโยชน์ เพื่อเผยแพร่สู่สาธารณะต่อไป

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยณรงค์ รัตนกริฑากุล)

บรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ

อิทธิพลของแสงสีจากหลอดไฟแอลอีดีที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของ ผักกาดหอมพันธุ์แกรนด์แรพิดส์

Effect of Light-emitting Diode (LED) Light Hues on Growth and Yield of Grand Rapids Lettuce

ชมดาว ขำจริง^{1*} อรุณี พลายแก้ว¹ และสมภพ วีสม¹

Chomdao Khumjing^{1*} Arunee Plaikaew¹ and Sompob Veksom¹

Received: August 23, 2022

Revised: October 3, 2022

Accepted: October 6, 2022

Abstract: The objective of this research was to study effects of LED light hues on growth and yield of Grand Rapids lettuce. The experiment was conducted by completely randomized design (CRD) with three replications, consisting of five treatments: 1) fluorescent 2) red LED 3) white LED 4) blue LED and 5) green LED. All light sources were shone on the Grand Rapids lettuce with intensity of 4,900 Lux in each box 12 hours per day. The experiment was carried out at Faculty of Agricultural Technology, Phetchaburi Rajabhat University. The results showed that the maximal growth of grand rapids lettuce at white LED was observed in terms of leaf number (3.91 leaves), plant height (13.79 cm), leaf chlorophyll content (13.19 SPAD UNIT), canopy diameter (12.12 cm) and fresh weight (1.79 g).

Keywords: LED, growth, Grand Rapids lettuce

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของสีจากหลอดไฟแอลอีดีที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดหอมพันธุ์แกรนด์แรพิดส์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 5 ทรีทเมนต์ คือ 1) หลอดฟลูออเรสเซนต์ 2) หลอดแอลอีดีสีแดง 3) หลอดแอลอีดีสีขาว 4) หลอดแอลอีดีสีน้ำเงิน และ 5) หลอดแอลอีดีสีเขียว ความเข้มแสงที่ได้รับ 4,900 ลักซ์ โดยทำการให้แสง 12 ชั่วโมงต่อวัน ดำเนินการวิจัย ณ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ผลการศึกษาพบว่าผักกาดหอมพันธุ์แกรนด์แรพิดส์ ที่ได้รับแสงจากหลอดไฟแอลอีดีสีขาวให้ผลดีที่สุด โดยมีการเจริญเติบโตทางด้านจำนวนใบ (3.91 ใบ) ความสูง (13.79 เซนติเมตร) ค่าความเขียวใบ (13.19 SPAD UNIT) เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่ม (12.12 เซนติเมตร) และ น้ำหนักผลผลิต (1.79 กรัม) มากที่สุด

คำสำคัญ: แอลอีดี เจริญเติบโต ผักกาดหอมพันธุ์แกรนด์แรพิดส์

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

ปัจจุบันประชากรใช้ชีวิตอย่างรีบเร่ง ทำให้การบริโภคผักน้อยลง ซึ่งมีสาเหตุส่วนหนึ่งมาจากความไม่สะดวก และไม่สามารถเข้าถึง หรือหาผักที่ปลอดภัยมาปรุงอาหารได้อย่างเพียงพอตามเวลาและความต้องการ อีกทั้งการทำสวนครัวโดยการปลูกผักไว้รับประทานเองบริเวณบ้าน ด้วยวิธีปฏิบัติแบบเดิม ได้แก่ การขุดดิน ปลูก ใส่ปุ๋ย และรดน้ำทุกวัน ทำได้ยากขึ้นเนื่องจากมีข้อจำกัดทั้งในเรื่องสถานที่ การหาปัจจัยการผลิต และเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมดังกล่าว นอกจากนี้ปัญหานี้ที่กำลังทวีความรุนแรงมากขึ้น คือ เรื่องสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง ทรัพยากรธรรมชาติเสื่อมโทรม ประกอบกับปัจจัยการผลิตที่มีอย่างจำกัด เช่น ที่ดิน น้ำ และพลังงาน ซึ่งล้วนแต่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ทั้งการแสดงออกทางกายภาพ ชีวภาพ และการให้ผลผลิต อีกทั้งการผลิตพืชแบบเดิมยังมีการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช ก่อให้เกิดการปนเปื้อนของสารเคมีการเกษตรทั้งในผลผลิต และสภาพแวดล้อม (ซานนท์, 2560)

หลอดแอลอีดีเป็นหลอดไฟส่องสว่างที่มีศักยภาพสูงในปัจจุบัน ที่ถูกนำมาใช้ในงานปลูกพืช ความโดดเด่นที่สำคัญคือประหยัดพลังงาน ในขณะที่มีค่าความสว่างมากและปลดปล่อยความร้อนต่ำ ในสถานการณ์ที่ปัญหาพื้นฐานของโลกอย่างประชากรมากขึ้น พื้นที่เกษตรลดลง ภูมิอากาศมีการเปลี่ยนแปลง การทำเกษตรกรรมในทุกรูปแบบต่างๆ ที่ใช้แสงประดิษฐ์อย่างหลอดไฟแอลอีดีเป็นการใช้เทคโนโลยีในการผลิตอาหารอย่างหนึ่ง (กองบรรณาธิการ, 2559) ซึ่งปัจจุบันการส่งเสริมและพัฒนารูปแบบการเกษตรในอาคารมีขึ้นแพร่หลาย ในต่างประเทศมีการทำในลักษณะโรงงานผลิตพืชเป็นอุตสาหกรรมปลูกผักจำหน่าย เทคโนโลยีที่ขาดไม่ได้ในการทำเกษตรรูปแบบนี้คือแสงประดิษฐ์ เนื่องจากทำในโรงเรือนที่อยู่ภายใต้หลังคา และผนังทึบ มีระบบควบคุมอุณหภูมิ การใช้หลอดไฟเพื่อส่องสว่างแก่พืชแทนแสงอาทิตย์จึงมีความสำคัญ ในทางชีววิทยามองมีความรู้ในเรื่องของรังสีของแสงอาทิตย์ต่อพืชมานานแล้ว การวิจัยในประเด็นการใช้แสงเทียมจากหลอดไฟ

ที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้นเพื่อส่องสว่างแก่พืชจึงเป็นการต่อยอด ในหลายประเทศได้มีการทดลองใช้หลอดไฟประเภทต่างๆ ที่มีการพัฒนาขึ้นมากับพืชหลายชนิด ไม่ว่าจะเป็นหลอดไส้ที่เป็นหลอดไฟแบบดั้งเดิมที่มีการใช้น้อยลงไปมากแล้ว หลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นชนิดที่พัฒนาต่อมา และยังคงใช้อยู่ในปัจจุบัน และมาจนถึงเทคโนโลยีแสงล่าสุดและกำลังเป็นที่สนใจอย่างหลอดไฟแอลอีดีมีศักยภาพสูงสำหรับการใช้ปลูกพืชอย่างมาก (ณัฐภูมิ, 2559)

ผักกาดหอม (lettuce) หรือ ผักสลัด ชื่อวิทยาศาสตร์ *Lactuca sativa* L. เป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชีย และยุโรป เป็นพืชฤดูเดียว ในปัจจุบันผักกาดหอมเป็นที่นิยม เนื่องจากนำมาเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ และยังมีสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิด จึงช่วยในการป้องกันต่อต้านมะเร็งได้ (ฐานข้อมูลพืชผัก บทความเกษตร, 2551) โดยมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องการใช้แสงแอลอีดีเพื่อเพิ่มคุณภาพและผลผลิตในผักสลัด โดยใช้แสงสีแดง สีนํ้าเงินและสีขาว พบว่าจะมีการเพิ่มผลผลิตได้มากที่สุดคือการใช้แสงสีแดงและแสงสีนํ้าเงินในสัดส่วน 90 R/10B (Wojciechowska *et al.*, 2015) และ Zhang *et al.* (2016) ได้ศึกษาผลของแอลอีดีแสงสีเขียวต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิต พบว่าการให้แอลอีดีในสัดส่วนแสงสีแดง 50% แสงสีนํ้าเงิน 25% และแสงสีเขียว 25% ในระยะกล้าสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตทางลำต้น ใบ และราก ในระยะการแตกกอ และมีผลต่อปริมาณผลผลิต ค่าความเขียวใบและค่าการสะท้อนแสงของคลอโรฟิลล์ ส่วนจิตาภา และทิฆัมพร (2560) ได้ทดลองปรับเปลี่ยนสัดส่วนสีของหลอดแอลอีดีที่ค่าต่างๆ พบว่าหลอดแอลอีดีที่มีสัดส่วนการผสมสีแดง เขียว และนํ้าเงิน หรือ R:G:B = 50:30:20 ทำให้คะแนนผักกาดหอมเรดโอ๊ค ผักกาดหอมกรีนโอ๊ค ผักกาดหอมเรดโครัล ผักกาดหอมหงส์ และผักกาดกวางตุ้งเจริญเติบโตได้ดีซึ่งแสงสีต่างๆ จะมีประโยชน์ต่อพืชที่ต่างกัน เช่น สีนํ้าเงิน มีความจำเป็นในการเพาะเมล็ด และสังเคราะห์แสง สีแดง ช่วยสังเคราะห์แสง เป็นสีที่พืชดูดซับได้มากที่สุด ส่งเสริมการงอกและออกดอกสีเขียว ส่งเสริมการเจริญเติบโตทางด้าน

ลำต้นของพืช และช่วยสังเคราะห์แสง สีขาว เกิดจากการผสมของแสงสีทั้งหมดเข้าไว้ด้วยกันพืชจึงสามารถเลือกดูดซับแสงได้ตามต้องการ โดยสีของแสงต่างกันให้มีผลต่อพืชที่ต่างกัน (นวัตกรรม, 2561 ; นภัทร และไชยยันต์, 2560 ; Thai PBS, 2558) ฉะนั้นในการเลือกหลอดแอลอีดีมาใช้ในการผลิตพืชในสภาพควบคุมหรือในอาคาร ควรเลือกใช้แสงให้เหมาะสมสำหรับการผลิตพืชแต่ละชนิด เพื่อให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช และนอกจากนี้อาจส่งผลดีต่อการเพิ่มปริมาณสารสำคัญบางอย่างในพืชด้วยเช่นกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาอิทธิพลของสีจากหลอดไฟแอลอีดีที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นผักกาดหอมพันธุ์ แกรนด์เรปิดส์

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมชุดแสงแอลอีดีปลูกลงจากกล่องลังพลาสติก

1. กล่องลังพลาสติก สีขาวโปร่งแสงขนาด 50 ลิตร พร้อมฝาปิด

2. ชุดไฟส่องสว่าง หลอดแอลอีดีแบบเส้น (LED STRIP) ขนาดกำลังไฟฟ้า 72 วัตต์

แบบที่ (1) หลอดแอลอีดีชนิดแสงขาว รุ่น 5630 ชนิด Daylight ขนาด 12 วัตต์ต่อเมตร ความยาว 50 เซนติเมตรต่อเส้น จำนวน 5 เส้น หลอดแอลอีดีรวม 135 ดวง ใช้แรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ กินกระแส 1.2 แอมแปร์ต่อเมตร

แบบที่ (2) หลอดแอลอีดีชนิดสีร้อน รุ่น 5050 ขนาด 14.4 วัตต์ต่อเมตร หลอดแสงสีแดง น้ำเงิน และเขียว ใช้ความยาว 50 เซนติเมตรต่อเส้น

จำนวน 5 เส้นต่อกล่อง หลอดแอลอีดีรวม 135 ดวง ใช้แรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ กินกระแส 1.2 แอมแปร์ต่อเมตร มีจำนวนหลอด 60 หลอดต่อเมตร

3. ชุดระบายความร้อน (heat sink) แบบรางขนาดความยาว 50 เซนติเมตร จำนวน 5 ราง พร้อมฝาครอบพลาสติกใส และหัวปิด

4. สายไฟเชื่อมต่อ สายไฟดำ-แดง แบบหนีบ (connector 2 pin) จำนวน 5 ชุด

5. แหล่งจ่ายไฟฟ้าเวอร์ซัพพลาย (power supply) หรือชุดวงจรขับหลอดแอลอีดี (LED driver) ขนาดแรงดัน 12 โวลต์ จ่ายกระแส 6 แอมแปร์ จำนวน 1 ชุด

วิธีการทำ

นำกล่องลังพลาสติกมาวัดเพื่อจะติดตั้งชุดไฟแอลอีดี โดยวัดเจาะรู ระดับได้ก้นลัง เจาะรูเป็น 5 รูต่อด้าน โดยมีระยะห่างเท่าๆ กัน เพื่อจะให้ชุดแอลอีดีแบบเส้นสอดเข้าไปได้ ส่วนอีกที่ที่ต้องเจาะคือช่องระบายอากาศ ทำได้โดยเจาะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าใกล้ก้นลัง ส่วนนี้ช่วยให้การติดตั้งหลอดแอลอีดีทำได้ง่ายขึ้น ช่วยให้เกิดการไหลเวียนของอากาศหรือใช้รดน้ำพืชที่อยู่ภายในได้ง่าย เมื่อวัดและเจาะลึกลงเป็นที่เรียบร้อยแล้วให้บัดกรีเชื่อมต่อแอลอีดีเส้นหนึ่งไปยังอีกเส้นหนึ่งแบบขนาน (ขั้วบวกต่อขั้วบวก และขั้วลบต่อขั้วลบ โดยเชื่อมกันด้านใดด้านหนึ่งของชุดหลอดแอลอีดีเพื่อง่ายต่อการประกอบโครงสร้าง) นำชุดหลอดแอลอีดีที่ติดตั้งซึ่งระบายความร้อนแล้วไปประกอบกับลังพลาสติกเชื่อมต่อสายไฟขั้วบวกและลบกับเพาเวอร์ซัพพลายหรือแบตเตอรี่ และเปิดไฟ (Figure 1)

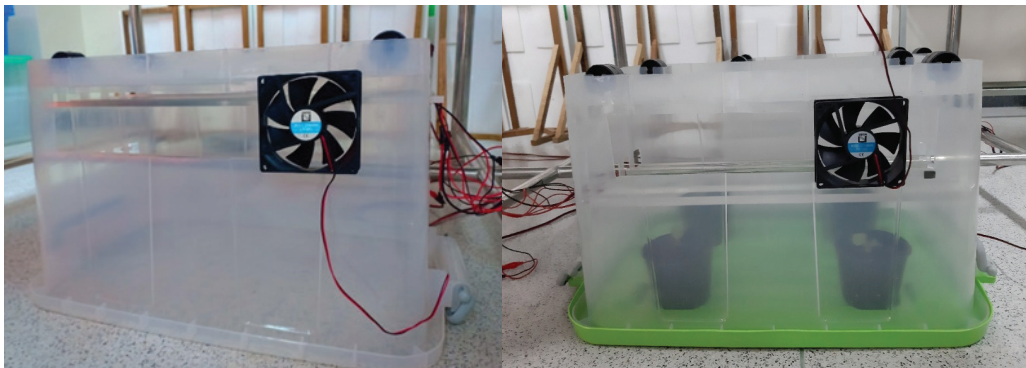


Figure 1 LED lighting set for growing vegetables from plastic crates

วิธีการทดลอง

เพาะเมล็ดผักกาดหอมพันธุ์แกรนด์แรปิดส์ ในถาดหลุม ด้วยวัสดุเพาะพีทมอส เมื่อต้นกล้ามีอายุครบ 15 วัน ทำการย้ายต้นกล้า ลงในกระถางขนาด 4 นิ้ว โดยใช้วัสดุเพาะกลบดำ:ขุยมะพร้าว:ดิน (2:2:1) แล้วนำไปวางเรียงบนฝาปิด ที่ระยะห่าง 10x15 เซนติเมตร ทั้งหมด 4 กระถางต่อ 1 ถัง เสริมแล้วครอบด้วยกล่องลังพลาสติกสีขาวขนาด 50 ลิตร ที่เตรียมไว้ ล็อกฝาปิดให้เรียบร้อย โดยมีทั้งหมด 12 ถัง จากนั้นนำไปวางในห้อง แบ่งล๊อคตามสี ซึ่งแต่ละลังตั้งห่างกัน 50 เซนติเมตร แล้วคลุมด้วยผ้าดำทึบ (Figure 2) เพื่อป้องกันแสงออกด้านนอก รดน้ำวันละ

2 ครั้ง เข้าและเย็น ใส่ปุ๋ยสูตร 13-13-21 เมื่อต้นผักกาดหอมพันธุ์แกรนด์แรปิดส์ อายุได้ 15 และ 30 วัน อัตรา 1 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร โดยให้แสง สีแดง สีขาว สีน้ำเงิน สีเขียว ความเข้มแสงเฉลี่ย 4,900 ลักซ์ ที่อุณหภูมิห้อง วันละ 12 ชั่วโมง (Figure 3) ดังทริทเมนต์ต่อไปนี้

ทริทเมนต์ที่ 1 หลอดฟลูออเรสเซนต์ (แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่อยู่ภายในห้องปกติ)

ทริทเมนต์ที่ 2 หลอดแอลอีดีสีแดง

ทริทเมนต์ที่ 3 หลอดแอลอีดีสีขาว

ทริทเมนต์ที่ 4 หลอดแอลอีดีสีน้ำเงิน

ทริทเมนต์ที่ 5 หลอดแอลอีดีสีเขียว



Figure 2 Black cloth cover

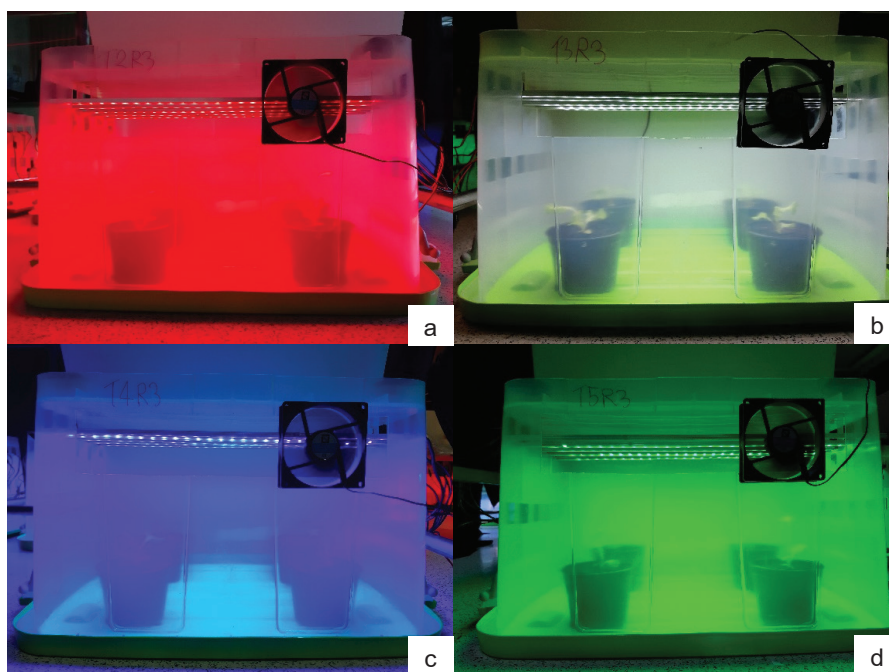


Figure 3 LED lighting Red LED (a) White LED (b) Blue LED (c) and Green LED (d)

การวิเคราะห์ข้อมูล นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design : CRD) ประกอบด้วย 5 ทรีทเมนต์ ละ 3 ซ้ำๆ ละ 4 ต้น ใช้ต้นพืชทั้งหมด 60 ต้น โดยภายใน 1 ลังพลาสติก มีพืช 4 ต้น 1 ซ้ำ คือ 1 ลังพลาสติก จะใช้ลังพลาสติกจำนวน 12 ลัง ซึ่งทรีทเมนต์ที่ 1 จะวางโดยใช้แสงฟลูออเรสเซนต์ภายในห้อง

การบันทึกผลการทดลอง

1. จำนวนใบ (ใบ) นับใบที่สมบูรณ์
2. ความสูง (เซนติเมตร) วัดโดยใช้ไม้บรรทัดวัดเหนือจากวัสดุปลูก 1 เซนติเมตรจนถึงปลายยอด
3. ค่าความเขียวใบ (SPAD unit) โดยใช้เครื่อง Chlorophyll Meter SPAD-502 Plus วัดใบที่สมบูรณ์ บริเวณส่วนกว้างที่สุดของใบ จำนวน 2 ตำแหน่ง ด้านตรงข้ามกัน เว้นเส้นกลางใบ
4. เส้นผ่านศูนย์กลางของทรงพุ่ม (เซนติเมตร) ใช้ไม้บรรทัดวัดส่วนที่กว้างที่สุดของทรงพุ่มจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง ทั้ง 2 ด้าน โดยทำมุม 90 องศา
5. น้ำหนักผลผลิต (กรัม) ตัดต้นผักกาดหอมเหนือวัสดุปลูก 1 เซนติเมตร นำมาชั่งด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล

โดยทำการบันทึกผลเมื่อผักกาดหอมพันธุ์แกรนด์เรปิดส์มีอายุ 40 วัน ใช้ระยะเวลาในการทำการวิจัย 2 เดือน

ผลการทดลองและวิจารณ์

จำนวนใบ และเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่ม

ผักกาดหอมพันธุ์แกรนด์เรปิดส์ที่ได้รับแสงจากหลอดไฟแอลอีดีสีขาว มีจำนวนใบเฉลี่ย และเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มเฉลี่ยมากที่สุด คือ 3.91 ใบ (Table 1) และ 12.12 เซนติเมตร (Table 2) และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับสีเขียว 0.33 ใบ (Table 1) และ 1.12 เซนติเมตร (Table 2) และหลอดฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งผักไม่สามารถเจริญเติบโต และตายลงที่อายุ 25 วัน

ความสูง และค่าความเขียวใบ

ผักกาดหอมพันธุ์แกรนด์เรปิดส์ที่ได้รับแสงจากหลอดไฟแอลอีดีสีขาว และน้ำเงิน มีค่าความสูงเฉลี่ย 13.79 และ 13.86 เซนติเมตร ค่าความเขียวใบ 13.19 และ 12.05 SPAD unit ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับสีเขียว 0.92 เซนติเมตร และ 0.80 SPAD unit และหลอดฟลูออเรสเซนต์ซึ่งผักไม่สามารถเจริญเติบโตได้ และตาย (Table 1)

น้ำหนักผลผลิต

ผักกาดหอมพันธุ์แกรนด์เรปิดส์ที่ได้รับแสงจากหลอดไฟแอลอีดีสีขาว และน้ำเงิน มีน้ำหนักผลผลิตเฉลี่ย 1.79 และ 1.60 กรัมต่อต้น สูงที่สุดไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับสีแดง 0.22 กรัมต่อต้น สีเขียว 0.48 กรัมต่อต้น และหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ผักไม่สามารถเจริญเติบโต และตาย (Table 2)

Table 1 Leaf number plant height and leaf greenness of Grand Rapids lettuce.

Treatment	Leaf number (leaf)	Plant height (cm)	Leaf greenness (SPAD unit)
Fluorescent	0.00 ^d	0.00 ^c	0.00 ^c
Red LED	1.41 ^c	4.86 ^b	3.52 ^b
White LED	3.91 ^a	13.79 ^a	13.19 ^a
Blue LED	2.75 ^b	13.86 ^a	12.05 ^a
Green LED	0.33 ^d	0.92 ^c	0.80 ^c
F-test	**	**	**
CV (%)	47.22	35.26	28.08

** = significantly different at $P < 0.01$

Means within the same column followed by the different letters are significantly different according to DMRT ($P < 0.05$).

Table 2 Canopy diameter and fresh weight of Grand Rapids lettuce

Treatment	Canopy diameter (cm)	Fresh weight (g/plant)
Fluorescent	0.00 ^d	0.00 ^b
Red LED	4.16 ^c	0.22 ^b
White LED	12.12 ^a	1.79 ^a
Blue LED	10.00 ^b	1.60 ^a
Green LED	1.12 ^d	0.48 ^b
F-test	**	**
CV (%)	46.57	50.36

** = significantly different at $P < 0.01$

Means within the same column followed by the different letters are significantly different according to DMRT ($P < 0.05$).

วิจารณ์

การศึกษาอิทธิพลของสีจากหลอดไฟแอลอีดีที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของผักกาดหอมพันธุ์แกรนด์แรพิดส์ พบว่าผักกาดหอมพันธุ์แกรนด์แรพิดส์ ที่ได้รับแสงจากหลอดไฟแอลอีดีสีขาว มีการเจริญเติบโตดีที่สุด ในด้านจำนวนใบ ความสูง ค่าความเขียว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่ม และน้ำหนักสด เนื่องจากแสงจากหลอดไฟแอลอีดีสีขาวมีแสงสีต่างๆ รวมตัวกันอยู่ พืชจึงสามารถเลือกดูดซับแสงได้ตามต้องการ (นวัตกรรม, 2561) ดังนั้นเมื่อตรงกับช่วงแสงที่พืชต้องการใช้ในการเจริญเติบโต ทำให้รงควัตถุในพืชดูดกลืนแสงได้ดีที่สุด คือ คลอโรฟิลล์ เอ จะดูดกลืนในช่วงแสงสีน้ำเงิน และคลอโรฟิลล์ บี จะดูดกลืนในช่วงแสงสีแดง ซึ่งนำไปใช้สำหรับการสังเคราะห์แสงของพืชอย่างครบถ้วน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พิษณุสินี และธรรมศักดิ์ (2560) ศึกษาผลของความเข้มแสงและระยะเวลารับแสงต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผักกาดหอม พบว่าการปลูกผักกาดหอมเรดไฮคิกภายใต้แสงจากหลอด LED สีขาว ให้น้ำหนักสด และแห้งส่วนยอดสูงที่สุด และชานนท์ (2560) ศึกษาการปลูกผักบุ้งจีนที่ในระบบอะควาโพนิกส์ (Aquaponic) แบบแห้งสลับเปียก (flood and drain) ที่ได้รับอิทธิพลของแสงเทียมจากหลอดไฟแอลอีดีสีขาวพบว่าการใช้หลอดแอลอีดีสีขาวให้การเจริญเติบโตของต้นผักบุ้งจีนดีที่สุด

ผักกาดหอมพันธุ์แกรนด์แรพิดส์ ที่ได้รับแสงจากหลอดไฟแอลอีดีสีน้ำเงิน มีการเจริญเติบโต

ที่ไม่แตกต่างทางสถิติจากแสงจากหลอดแอลอีดีสีขาว เนื่องจากในพืชจะมีรงควัตถุที่เรียกว่า Cryptochrome เป็นตัวรับแสง ซึ่งสามารถดูดซับแสงสีน้ำเงินได้ดี ถ้ามีแสงสีน้ำเงินมากจะกระตุ้นการทำงานของฮอร์โมนพืช ในกลุ่ม Auxin ฮอร์โมนนี้มีบทบาทในการเจริญเติบโตของลำต้น (Ebisawa *et al.*, 2008) นอกจากนี้ยังใช้ในการข่มตายอดต่อตาข้าง (Apical dominance) ซึ่งพืชยังใช้ปริมาณของแสงสีน้ำเงินกำหนดการเปิดของปากใบ และเพิ่มจำนวนของคลอโรพลาสต์ ทำให้เกิดการสังเคราะห์แสงสร้างอาหารให้กับพืชที่มากขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากแสงสีน้ำเงินมีความสำคัญต่อการสังเคราะห์แสงของคลอโรพลาสต์ และเอนไซม์ต่างๆ ในกระบวนการสังเคราะห์แสง (Tibbitts *et al.*, 1983) ทั้งนี้แสงสีน้ำเงินยังมีคุณสมบัติของความยาวคลื่นที่ถูกดูดซับได้จาก photoreceptor หลายชนิด ไม่ว่าจะเป็น คลอโรฟิลล์ ไฟโตโครม คริปโตโครม และไฟโตโทรปิน จึงอาจกล่าวได้ว่าแสงสีน้ำเงินมีบทบาทในการควบคุมลักษณะการตอบสนองของพืชอย่างกว้างขวางที่สุด ทั้งด้านการสังเคราะห์ด้วยแสง การตอบสนองต่อทิศทางของแสง การตอบสนองต่อช่วงเวลารับแสง วันสั้น วันยาว รวมไปถึงการควบคุมและพัฒนาโครงสร้างของพืช (ภวรัญชน์, 2560) จึงทำให้ผักกาดหอมพันธุ์แกรนด์แรพิดส์ มีการตอบสนองต่อแสงสีน้ำเงิน และเจริญเติบโตได้ดี และมีรายงานว่าช่วงแสงสีน้ำเงินมีผลเจริญเติบโตของเมล็ดผักกาด และช่วงแสงสีแดงและน้ำเงินมีผลต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงของข้าวสาลี

(Goins *et al.*, 1997; Tanaka *et al.*, 1998) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสุทธิดา และคณะ (2558) ได้ออกแบบและสร้างชุดหลอดแอลอีดี เพื่อใช้ในการศึกษาผลของความเข้มแสงในช่วงความยาวคลื่นแสงที่มีต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดชนิดเรดโอ๊ค ชนิดของแสงที่ใช้ในการศึกษา คือ ชุดหลอดแอลอีดีสีแดง สีขาว และสีน้ำเงิน มาเปรียบเทียบกับชุดหลอดฟลูออเรสเซนต์พบว่าแสงสีน้ำเงินให้ค่าเฉลี่ยของความสูงต้นและความยาวรากสูงที่สุด

ผักกาดหอมพันธุ์แกรนด์แรปิดส์ ที่ได้รับแสงจากหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งผักไม่สามารถเจริญเติบโต และตายลง เนื่องจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ปล่อยช่วงความยาวคลื่น 253.7 นาโนเมตร (เทอดชัย, 2550) และปลดปล่อยความร้อนออกมาค่อนข้างสูง (อภิชาติ และคณะ, 2557) มีสเปกตรัมแสงไม่ครบทุกช่วง และมีความเข้มแสงต่ำมาก ส่งผลให้ไม่เหมาะกับการเจริญเติบโตของพืช สอดคล้องกับงานวิจัยของ จุนลิฎา และคณะ (2553) ศึกษาการปลูกพืชภายในอาคารโดยใช้แสงประดิษฐ์ พบว่าความสัมพันธ์ของแสงกับการเจริญเติบโตของกะเพรา โหระพา และแมงลัก ที่ปลูกภายในกล่องทดลองที่ใช้หลอดแอลอีดี มีชีวิตรอดและมีการเจริญเติบโต (ในด้านความสูง ความกว้างทรงพุ่ม และจำนวนใบ) ได้ดีกว่าพืชที่ได้รับแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์

สรุป

ผักกาดหอมพันธุ์แกรนด์แรปิดส์ที่ได้รับแสงจากหลอดไฟแอลอีดีสีขาว มีการเจริญเติบโต และผลผลิตดีที่สุด รองลงมาคือ แสงสีน้ำเงินซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับหลอดไฟแอลอีดีสีขาว แต่มีจำนวนใบและขนาดทรงพุ่มที่น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสถิติข้อเสนอนี้ ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับการใช้อัตราส่วนการให้แสงแต่ละสี เพื่อความเหมาะสมกับพืชในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ที่สนับสนุนพื้นที่ในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กองบรรณาธิการ. 2559. นวัตกรรมปลูกพืชผักในร่มด้วยแสงจากหลอด LED. เกษตรกรรมธรรมชาติ 19(4): 25-28.
- จิตาภา พักตร์จันทร์ และทิฆัมพร โชะเฮง. 2560. การศึกษาอัตราส่วนการผสมสีของหลอด LED เพื่อเสริมในเวลากลางคืนที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกล้าพืชผัก. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ. 120 หน้า.
- จุนลิฎา โยธาทิพย์ พาสินี สุนากร และพัชรียา บุญกอบแก้ว. 2553. การศึกษาการปลูกพืชภายในอาคารโดยใช้แสงประดิษฐ์. หน้า 2007-2014. ใน: รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.
- ชานนท์ ลากจิตร. 2560. ผลของหลอดไฟแอลอีดีสีขาว แดง และน้ำเงิน ต่อการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนที่ปลูกในระบบบะควาโพนิก. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ 4: 26-32.
- ฐานข้อมูลพืชผัก บทความเกษตร. 2551. ผักกาดหอม ผักสลัด. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://vegetweb.com/%E0%B8%9C%E0%B8%B1%E0%B8%81%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%94%E0%B8%AB%E0%B8%AD%E0%B8%A1-2/> (8 สิงหาคม 2565).
- ณัฐภูมิ สุดแก้ว. 2559. ศักยภาพแสงประดิษฐ์สำหรับปลูกพืชในอาคาร. เกษตรกรรมธรรมชาติ 19(4): 45-53.
- เทอดชัย นบธีรสุภาพ. 2550. หลอดฟลูออเรสเซนต์ (FLUORESCENT LAMP). (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: https://www.dss.go.th/images/st-article/pep_3_2550_Flores.pdf. (19 กันยายน 2565).
- นภัทร วัจนเทพินทร์ และไชยยันต์ บุญมี. 2560. ไดโอดเปล่งแสงสีอะไรเหมาะสมกับการปลูกพืช ?. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 25(1): 158-176.

- นวัตกรรม. 2561. นวัตกรรมการปลูกพืชผักในที่ร่ม ด้วยแสงจากหลอด LED. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://vegetweb.com/%E0%B8%9C%E0%B8%B1%E0%B8%81%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%94%E0%B8%AB%E0%B8%AD%E0%B8%A1-2/> (14 กันยายน 2565).
- พิชญ์สินี เพชรไทย และธรรมศักดิ์ ทองเกตุ. 2560. ผลของความเข้มแสงและระยะเวลารับแสงต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผักกาดหอม. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ 4(3): 54-59.
- ภรณ์วิญช์ สมศักดิ์. 2560. ผลของแสงสีจากหลอดแอลอีดีต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด ถั่วลิสง เต้าหู้ แหนแดง และผำ. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัย เชียงใหม่, เชียงใหม่. 137 หน้า.
- สุทธิดา มณีเมือง เนตรนภา อินสลุค นิติ คำเมืองลีอ ประดิษฐ์ เทิดทูล และพทธร สกลช่างสังจะทัย. 2558. ผลของความเข้มแสงจากหลอดแอลอีดีสำหรับการเพาะปลูกที่มีต่อผักสลัด เรดโอ๊คในระบบไฮโดรโปนิคส์. วารสาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน 8(1): 63-72.
- อภิชาติ ชิดบุรี อนันท์ นำอิน กริช แสนสุภา และธีรวัฒน์ กลายเพศ. 2557. ผลของหลอดไดโอดเปล่งแสงร่วมกันสีน้ำเงิน/สีแดง/สีขาว ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อคลอโรพลาสต์ในสภาพปลอดเชื้อ. วารสารแก่นเกษตร 42 ฉบับพิเศษ 3: 409-414.
- Ebisawa, M., K. Shoji, M. Kato, K. Shimomura, F. Goto and T. Yoshihara. 2008. Supplementary ultraviolet radiation B together with blue light at night increased quercetin content and flavonol synthase gene expression in leaf lettuce (*Lactuca sativa* L.). Environmental Control in Biology 46(1): 1-11.
- Goins, G.D., N.C. Yorl, M.M. Sanwoo and C.S. Brown. 1997. Photomorphogenesis, photosynthesis, and seed yield of wheat plants grown under red light-emitting diodes (LEDs) with and without supplemental blue lighting. Journal of Experimental Botany 48: 1407- 1413.
- Tanaka, M., T. Takamura, H. Watanabe, M. Endo, T. Yanagi and K. Okamoto. 1998. *In vitro* growth of Cymbidium plantlets cultured under super bright red and blue light-emitting diodes (LEDs). Journal of Horticultural Science and Biotechnology 73: 39-44.
- Thai PBS. 2558. โตเกียว...ทำนาในตึก : ดูให้รู้ Dohiru. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://www.youtube.com/watch?v=3rCzEGh0Uxk> (10 กันยายน 2565).
- Tibbitts, T.W., D.C. Morgan and J.J. Warrington. 1983. Growth of lettuce, spinach, mustard and wheat plants under four combinations of high-pressure sodium, metal halide and tungsten halogen lamps at equal PPFD. Journal of the American Society for Horticultural Science 108: 622-630.
- Wojciechowska, R., O. Dtugosz-Grochowska, A. Kotton and M. Zupnik. 2015. Effects of LED supplemental lighting on yield and some quality parameters of lamb's lettuce grown in two winter cycles. Scientia Horticulturae 187: 80-86.
- Zhang, S.X., D.D. Huang, X.Y. Yi, S. Zhang, R. Yao, C.G. Li, A. Liang and X.P. Zhang. 2016. Rice yield corresponding to the seedling growth under supplemental green light in mixed light-emitting diodes. Plant, Soil and Environment 62: 222-229.

ประสิทธิภาพการทำงานร่วมกันของรา *Trichoderma asperellum* สายพันธุ์ Cb-pin01 และ
แบคทีเรีย *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ KPS-E004 ในการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปม
Meloidogyne enterolobii ในพริก

Potential of Combination of *Trichoderma asperellum* strain Cb-pin01 and
Streptomyces sp. Strain KPS-E004 in Controlling *M. enterolobii* of Chili

ปุณยพร ศาคร^{1,2} และพรทิพย์ เรือนปานันท์^{1*}

Poonyaporn Sakorn^{1,2} and Pornthip Ruanpanun^{1*}

Received: September 12, 2022

Revised: October 6, 2022

Accepted: October 7, 2022

Abstract: *Meloidogyne enterolobii* causes significant yield loss in chili (*Capsicum frutescens* L.). This research investigated the control potential of co-inoculation of chili with the *T. asperellum* strain Cb-pin01 and *Streptomyces* sp. strain KPS-E004 on the growth and symbiotic performance of *M. enterolobii* challenged chili. From the results of laboratory tests, the mixture of two strains reduced the egg hatch rate, increased the juvenile mortality rate and inhibited root penetration of infective second-stage juvenile of *M. enterolobii* up to 75.33%, 62.44% and 98.67%, respectively when compared to the control. The test with peppers in greenhouse conditions revealed that the mixture of two strains reduced the number of egg mass, reduced the number of second-stage juveniles in soil and suppressed root knot disease up to 71.05%, 75.68% and 50%, respectively when compared to positive control. The control efficiency of co-inoculation of both strains in suppressing root knot disease also increased up to 150.02% as compared to inoculation of single strain of Cb-pin01. Moreover, the mixtures promoted the growth of chili by increasing the shoot weight, shoot and root length and improving the yield of extra-large chili by 129.65%, 139.63%, 122.89% and 165.51%, respectively (compared to negative control). Based on the results of this study, *T. asperellum* strain Cb-pin01 and *Streptomyces* sp. strain KPS-E004 may apply together to control root-knot disease in chili plants.

Keywords: Root-knot nematode in chili, biocontrol, *Trichoderma* sp., *Streptomyces* sp.

บทคัดย่อ: *Meloidogyne enterolobii* เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้พริก (*Capsicum frutescens* L.) สูญเสียผลผลิตอย่างมีนัยสำคัญ งานวิจัยนี้ได้ศึกษาประสิทธิภาพของการทำงานร่วมกันของเชื้อรา *T. asperellum* สายพันธุ์ Cb-pin01 และ *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ KPS-E004 ต่อการเจริญเติบโตและการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปม

¹ ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

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

² ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักงานปลัดกระทรวง กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กรุงเทพฯ 10900

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

*Corresponding author: fagrptr@ku.ac.th

M. enterolobii ในพริก จากผลการทดสอบภายในห้องปฏิบัติการพบว่า การปลูกเชื้อทั้งสองสายพันธุ์ร่วมกัน มีผลในการลดอัตราการพักของไข่ เพิ่มอัตราการตาย และยับยั้งการเข้าสู่รากพืชของตัวอ่อนระยะที่ 2 ของไส้เดือนฝอยรากปม *M. enterolobii* สูงถึง 75.33%, 62.44% และ 98.67% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และเมื่อทดสอบกับพริกในสภาพโรงเรือน พบว่าการปลูกเชื้อทั้งสองสายพันธุ์ร่วมกัน มีผลในการลดจำนวนกลุ่มไข่ ลดจำนวนตัวอ่อนในดิน และมีประสิทธิภาพในการลดการเกิดปมของรากพริกได้สูงถึง 71.05%, 75.68% และ 50% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีการปลูกไส้เดือนฝอยเพียงอย่างเดียว อีกทั้งเพิ่มประสิทธิภาพในการลดการเกิดปมของรากพริกได้สูงถึง 150.02% เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สายพันธุ์ Cb-pin01 เพียงชนิดเดียว นอกจากนี้การใส่เชื้อแบบผสมสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพริก โดยเพิ่มน้ำหนักและความสูงของลำต้น ความยาวราก และเพิ่มน้ำหนักผลผลิตได้ถึง 129.65%, 139.63%, 122.89% และ 165.51% ตามลำดับ (เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมต้นปกติ) จากผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าการปลูกเชื้อผสมร่วมกันระหว่าง *T. asperellum* สายพันธุ์ Cb-pin01 และ *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ KPS-E004 สามารถเพิ่มศักยภาพในการควบคุมโรครากปมพริกในระดับแปลงปลูก

คำสำคัญ: โรครากปมพริก การควบคุมโดยชีววิธี ไตรโคเดอร์มา สเตรปโตไมซีที

คำนำ

พริกเป็นพืชที่สามารถปลูกและเจริญเติบโตได้ดีทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทย โดยมีพื้นที่ปลูกพริกทั่วประเทศกว่า 167,443 ไร่ ผลผลิตรวมประมาณ 283,515 ตัน (กรมวิชาการเกษตร, 2562) หนึ่งในปัญหาสำคัญที่ทำให้ผลผลิตของพริกลดลง เกิดจากการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne* spp. ชนาگانต์ และคณะ (2562) ทำการสำรวจพื้นที่ปลูกพริกที่มีการระบาดของโรครากปมในจังหวัดอุบลราชธานี พบว่าเป็นไส้เดือนฝอยรากปมชนิด *M. enterolobii* ซึ่งก่อนหน้านี้ไส้เดือนฝอยรากปมชนิดดังกล่าว พบรายงานการระบาดครั้งแรกในฝรั่งพันธุ์กิมจูและแป้นสีทองในจังหวัดนครปฐม (Jindapunnapat, 2012)

การควบคุมโดยชีววิธี เป็นแนวทางหนึ่งในการจัดการไส้เดือนฝอยรากปม จากงานวิจัยหลายผลงานชี้ให้เห็นว่าประสิทธิภาพในการควบคุมโรครากปมจะดีขึ้นหากมีการใช้จุลินทรีย์มากกว่า 1 ชนิด (Sun et al., 2006; Hashem et al., 2011) เนื่องจากมีกลไกการเข้าทำลายของเชื้อที่หลากหลายสามารถส่งเสริมการทำงานร่วมกัน *Trichoderma* spp. เป็นเชื้อราปฏิปักษ์ที่สามารถผลิตเอนไซม์โปรติเอส (protease) และไคติเนส (chitinase) มีผลต่อการ

พักของไข่ไส้เดือนฝอยรากปม (Jindapunnapat et al., 2013) อีกทั้งยังสามารถกระตุ้นความต้านทานและช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตให้กับพืช (Affokpon et al., 2011) ในขณะที่เชื้อ *Streptomyces* spp. มีศักยภาพในการลดความรุนแรงของโรครากปม *Meloidogyne* spp. สามารถผลิตสารที่มีผลต่อการพักของไข่และการตายของตัวอ่อนระยะที่ 2 ได้ (Ruanpanun et al., 2010)

T. asperellum สายพันธุ์ Cb-pin01 เป็นชีวภัณฑ์จำหน่ายโดยภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสนมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ซึ่งมีคุณสมบัติในการควบคุมโรคพืชที่เกิดจากเชื้อราสาเหตุโรคพืชบางชนิด ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชและชักนำให้พืชเกิดความต้านทานโรค (Chamswang et al., 2014) อย่างไรก็ตามก็ดียังไม่มีการรายงานประสิทธิภาพของเชื้อดังกล่าวในการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปม *M. enterolobii* ในขณะที่เชื้อ *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ KPS-E004 เป็นสายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* จากห้องปฏิบัติการไส้เดือนฝอยศัตรูพืชและจุลินทรีย์ทางการเกษตรภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Ruanpanun and Chamswang, 2016) สมมติฐานของงานวิจัยนี้คือ

เชื้อทั้ง 2 สายพันธุ์นี้จะสามารถทำงานแบบเสริมกัน ในการควบคุมโรครากปมของพริกได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ดำเนินการทดสอบการทำงานร่วมกันของเชื้อดังกล่าวในการควบคุมไส้เดือนฝอย *M. enterolobii* ทั้งนี้เพื่อเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการควบคุมโรครากปมในแปลงเพาะปลูกต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมไส้เดือนฝอยรากปม *M. enterolobii*

นำดินที่มีการระบาดของไส้เดือนฝอยรากปมจากแปลงพริกในอำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ใช้เป็นวัสดุปลูกพริกพันธุ์อ่อนแอต่อไส้เดือนฝอยรากปม ในกระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว เพื่อเพิ่มจำนวนไส้เดือนฝอย จากนั้นตรวจดูลักษณะรอยย่นส่วนกัน (perineal pattern) ของตัวเต็มวัยเพศเมียตามวิธีการของ Hunt and Handoo (2009) และจำแนกด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยใช้ไพรเมอร์จับจำเพาะตามวิธีการของ Tigano *et al.* (2010) จากนั้นเตรียมไข่ของไส้เดือนฝอยรากปมจำนวน 1 กลุ่มไข่ที่มีลักษณะตรงกับชนิด *M. enterolobii* ปลูกบริเวณรอบรากพริกเพื่อทำไอโซเลตบริสุทธิ์และเพิ่มปริมาณตามวิธีการของ Ruanpanun *et al.* (2010) สำหรับการทดสอบการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานร่วมกันของ *T. asperellum* สายพันธุ์ Cb-Pin-01 และ *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ KPS-E004 ต่อการพักของไข่ การตายและการเข้ารากพืชของตัวอ่อนระยะที่ 2 ของไส้เดือนฝอยรากปม *M. enterolobii* ในระดับห้องปฏิบัติการ

นำเชื้อ *T. asperellum* สายพันธุ์ Cb-Pin-01 เชื้อวัณท์จำหน่ายจากการพัฒนาโดย จิระเดช และวรรณวิไล (2545) ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และเชื้อ *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ KPS-E004 สายพันธุ์ที่ได้รับการรายงานว่ามีผลในการควบคุมกำจัดไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* (Ruanpanun and Chamswang, 2016) มาเพิ่มปริมาณสปอร์ตามวิธีการของ จิระเดช และวรรณวิไล (2545) และ Ruanpanun and Chamswang (2016) ตามลำดับปรับความเข้มข้นของสปอร์เป็น 10^7 สปอร์/มิลลิลิตร

ใน 0.05% Tween 80 ทดสอบกับไข่ และตัวอ่อนระยะที่ 2 (J2) โดยดูดสารแขวนลอยสปอร์ 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลุมของจานอาหารขนาด 24 หลุม (24-well plate) นำไข่ของ *M. enterolobii* 150 ฟอง/50 ไมโครลิตร ใส่ลงไปหลุมเดียวกัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) ดำเนินการ 4 กรรมวิธี ได้แก่ หลุมที่ใส่สปอร์ของเชื้อเดี่ยวแต่ละเชื้อ แบบผสม และชุดควบคุมที่ไม่ใส่สปอร์ของเชื้อทดสอบลงไป กรรมวิธีละ 4 ซ้ำ บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นนับจำนวน J2 ที่ฟักออกจากไข่ แยกนับตัวตายและตัวเป็น นำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์ในการฟักตัวของไข่ และอัตราการตายของตัวอ่อนระยะที่ 2 ตามวิธีการของ Sun *et al.* (2006) และ Ruanpanun *et al.* (2010) และประเมินความสามารถในการเข้าราก โดยดูดไส้เดือนฝอยจากหลุมทดสอบปลูกไปยังรากถั่วเขียว อายุ 5 วัน ดูแลในห้องปฏิบัติการ จากนั้นย้อมรากพืชด้วย NaOCl-acid fuchsin (Byrd *et al.*, 1983) นับจำนวนตัวอ่อนภายในราก เทียบกับชุดควบคุม การศึกษาประสิทธิภาพการทำงานร่วมกันของ เชื้อวัณท์ *T. asperellum* สายพันธุ์ Cb-Pin-01 และ *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ KPS-E004 ในการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปม *M. enterolobii* ในโรงเรือน

ดำเนินการทดสอบในสภาพโรงเรือน ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ใช้ต้นกล้าพริกพันธุ์มันดำบางช้าง TVRC 365 อายุ 30 วัน ในถุงดำขนาด 8×16 นิ้ว ที่บรรจุดินปลอดไส้เดือนฝอย 5 กิโลกรัม เป็นพืชทดสอบ วางแผนการทดลองแบบ (CRD) ดำเนินการ 5 กรรมวิธี (Table 1) กรรมวิธีละ 10 ซ้ำ ราดสารแขวน ลอยสปอร์ความเข้มข้น 10^7 สปอร์/มิลลิลิตร ปริมาณ 200 มิลลิลิตร ในแต่ละชุดการทดลองและปลูก J2 บริเวณรากจำนวน 1,000 ตัวต่อต้น พร้อมดูแลรดน้ำต้นพริกวันละ 1 ครั้ง ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 เดือนละ 1 ครั้ง เป็นระยะเวลา 90 วันจนเก็บผลผลิต ประเมินประสิทธิภาพการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปม *M. enterolobii* โดยนับจำนวนกลุ่มไข่ และจำนวนตัวอ่อนของไส้เดือนฝอยในดิน 200 กรัม ประเมินการ

เกิดปมราก ดัชนีการเกิดโรค ประเมินประสิทธิภาพในการควบคุม (Barker, 1985; Ruanpanun and Chamswarn, 2016) และประเมินผลของเชื้อต่อการ

เจริญเติบโต โดยวัดความยาวราก ความสูงของลำต้น น้ำหนักราก น้ำหนักต้น และผลผลิต

Table 1 Treatment of greenhouse experiment.

Treatment
Plant inoculated with spore of <i>T. asperellum</i> Cb-Pin-01 together with J2 of <i>M. enterolobii</i> (T+J2)
Plant inoculated with spore of <i>Streptomyces</i> sp. strain KPS-E004 together with J2 of <i>M. enterolobii</i> (S+J2)
Plant inoculated with spore of mixed both strains together with J2 of <i>M. enterolobii</i> (T+S+J2)
Plant inoculated with J2 of <i>M. enterolobii</i> (only J2)
Plant without J2 of <i>M. enterolobii</i> and spore of both strains (C)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลองโดย วิธีของ Tukey's Honestly Significant Difference ($P \leq 0.05$) ด้วย R-program 4.0.2

ผลการทดลองและวิจารณ์

การศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อ *T. asperellum* สายพันธุ์ Cb-Pin-01 และ *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ KPS-E004 ที่มีผลต่อการพักของไข่ และการตายของตัวอ่อนไส้เดือนฝอยรากปม *M. enterolobii*

จากผลการทดลองพบว่า การใส่เชื้อ *T. asperellum* สายพันธุ์ Cb-Pin-01 และ *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ KPS-E004 ทั้งแบบเดี่ยวและแบบผสม มีผลต่ออัตราการพักของไข่ อยู่ที่ 42.00% 17.33% และ 12.50% ตามลำดับ อัตราการตายของตัวอ่อนไส้เดือนฝอยรากปม อยู่ที่ 7.92% 62.01% และ 62.99% และจำนวนของตัวอ่อนระยะที่ 2 เข้าทำลายรากแก้ว อยู่ที่ 41.25 ตัว 4.25 ตัว และ 1.50 ตัว ตามลำดับ ในขณะที่การใส่เชื้อ *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ KPS-E004 ทั้งแบบเดี่ยว และแบบผสมร่วมกับ *T. asperellum* สายพันธุ์ Cb-pin01 สามารถลดอัตราการพักของไข่ได้ถึง 80.27% และ 85.77% ตามลำดับ เพิ่มอัตรา

การตายของ J2 ได้ 61.46% และ 62.99% ตามลำดับ และลดเปอร์เซ็นต์การเข้ารากแก้วได้ 96.22% และ 98.67% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ($P \leq 0.05$) (Table 2) และเชื้อทั้ง 2 สายพันธุ์ มีผลทำให้การพัฒนาของไข่ช้าลงภายใน 72 ชั่วโมง โดยเซลล์ไข่พัฒนาเป็นตัวอ่อนระยะที่ 1 แต่ไม่สามารถฟักได้ เนื่องจากเชื้อดังกล่าวมีการเจริญของเส้นใยคลุมรอบเปลือกไข่ (Figure 1) และพบว่า J2 ตายเพราะเชื้อทดสอบทั้งแบบเดี่ยวและแบบผสม เนื่องจากยังคงมีอาหารในลำไส้ไม่ได้ตายเพราะขาดอาหารเหมือน J2 ในชุดควบคุมที่เห็นช่องว่างในลำตัว (Figure 2) จากผลการทดสอบทำให้ลักษณะของไข่และตัวอ่อนผิดปกติ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Jindapunnapat et al. (2013) และ Ruanpanun and Chamswarn (2016) เป็นไปได้ว่าเชื้อทั้ง 2 สายพันธุ์ ที่ใช้ในการทดสอบอาจมีการสร้างสารหรือมีกลไกบางอย่างที่มีผลต่อไข่ เช่น ความสามารถในการสร้างเอนไซม์ chitinase และ protease ที่มีผลต่อการรบกวนการพักของไข่ และทำให้ตัวอ่อนที่ฟักออกมาไม่สามารถมีชีวิตอยู่รอดภายในดินได้ ส่งผลทำให้ลดจำนวนของไส้เดือนฝอยในการเข้าทำลายรากพืช (Sahebani and Hadavi, 2008) หรืออาจสร้างสารทุติยภูมิที่มีผลต่อการเจริญของไส้เดือนฝอยรากปม (Ruanpanun et al., 2010)

Table 2 Effects of *T. asperellum* strain Cb-pin01, *Streptomyces* sp. strain KPS-E004 and mixed strains on egg hatching and J2 mortality rate of *M. enterolobii*.

Treatment	Egg hatch rate (%) ^a	J2 mortality rate (%) ^a	No. of J2 in root ^a
T + J2	42.00 ± 3.03b*	7.92 ± 0.14b*	41.25 ± 3.86b*
S + J2	17.33 ± 4.12c	62.01 ± 6.29a	4.25 ± 2.72c
T + S + J2	12.50 ± 2.73c	62.99 ± 6.51a	1.50 ± 0.65c
J2	87.83 ± 4.54a	0.55 ± 0.36b	112.50 ± 5.17a
CV (%)	18.44	27.14	17.64

^aAverage ± standard error from four replicates.

* Means within the same column with the same letter are not significantly different at $P > 0.05$ according to Tukey's HSD test.

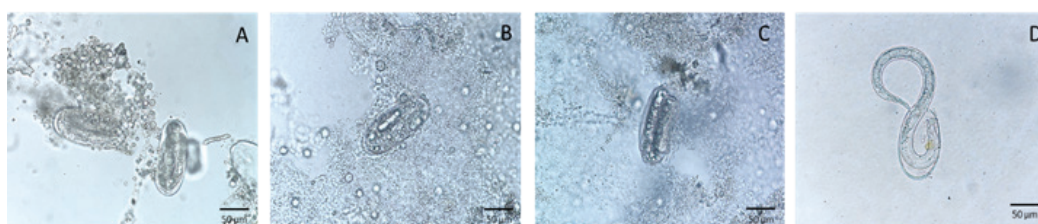


Figure 1 Egg of *M. enterolobii* inoculated with spores of *T. asperellum* strain Cb-pin01 (A), *Streptomyces* sp. strain KPS-E004 (B), mixed strains (C) and water (D).

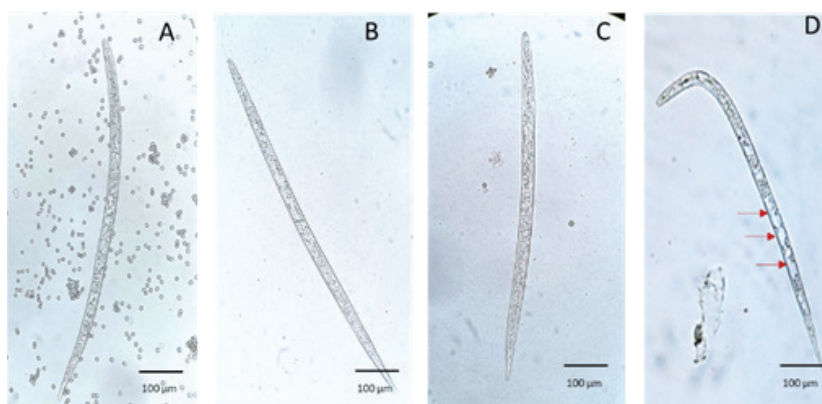


Figure 2 Infective second-stage juvenile of *M. enterolobii* inoculated with spores of *T. asperellum* Cb-pin01 (A), *Streptomyces* sp. strain KPS-E004 (B), mixed strains (C) and water (D). The red arrow means dead J2 of *M. enterolobii* caused by lacking nutrient.

การศึกษาประสิทธิภาพการทำงานร่วมกันของชีวภัณฑ์เชื้อ *T. asperellum* สายพันธุ์ Cb-Pin-01 และ *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ KPS-E004 ในการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปม *M. enterolobii* ในโรงเรือน

จากผลการทดสอบเชื้อกับพริกในเรือนทดลองพบว่าการปลูกเชื้อ *T. asperellum* สายพันธุ์

Cb-pin01 และ *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ KPS-E004 ทั้งแบบเดี่ยวและแบบผสม พร้อมกับปลูกไส้เดือนฝอยรากปม มีผลต่อจำนวนการสร้างกลุ่มไข่ของไส้เดือนฝอยรากปม อยู่ที่ 35.60 กลุ่มไข่ 25.50 กลุ่มไข่ และ 25.10 กลุ่มไข่ ตามลำดับ, จำนวนตัวอ่อนระยะที่ 2 ของไส้เดือนฝอยรากปมในดิน 200 กรัม อยู่ที่ 24.30 ตัว 10.60 ตัว และ 15.20 ตัว ตามลำดับ

และมีระดับดัชนีการเกิดปมอยู่ที่ 60 45 และ 45 ตามลำดับ เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีการปลูกไส้เดือนฝอยเพียงอย่างเดียว ซึ่งทุกกรรมวิธีที่มีการใส่เชื้อแบบเดี่ยว และผสม สามารถลดจำนวนกลุ่มไข่ได้ อยู่ในช่วง 13.26-71.05% ลดจำนวนตัวอ่อนในดินได้ อยู่ในช่วง 39.52-83.04% และมีประสิทธิภาพในการลดการเกิดปมได้ อยู่ในช่วง 33.33-50.00% โดยการใส่เชื้อ *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ KPS-E004 ทั้งแบบเดี่ยว และแบบผสมร่วมกับ *T. asperellum* สายพันธุ์ Cb-pin01 สามารถลดจำนวนกลุ่มไข่ได้ 70.59 และ 71.05% ลดจำนวนตัวอ่อนในดิน 83.04 และ 75.68% ตามลำดับ มีประสิทธิภาพในการลดการเกิดปมสูงถึง 50% มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (Table 4) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ruanpanun and chamswarn (2016) รายงานว่าเชื้อ *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ KPS-E004 มีประสิทธิภาพในการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* ในพริกได้มากถึง 71.20% รวมถึงงานวิจัยของ Jindapunnapat *et al.* (2013) รายงานว่า เมื่อปลูก *T. harzianum* ที่รากสามารถลด

จำนวนไส้เดือนฝอยรากปม *M. enterolobii* ทั้งในดิน และในรากฝรั่งได้ นอกจากนี้การใส่เชื้อทั้งแบบเดี่ยว และแบบผสม พร้อมกับปลูกไส้เดือนฝอย มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นพริก เมื่อเปรียบเทียบกรรมวิธีที่ปลูกไส้เดือนฝอยเพียงอย่างเดียว ซึ่งการใส่เชื้อแบบผสม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบกับต้นปกติ พบว่าสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโต โดยเพิ่มความสูงต้น ความยาวราก น้ำหนักต้น และน้ำหนักผลผลิต ได้มากที่สุด อยู่ที่ 139.63% 122.89% 129.65% และ 165.51% ตามลำดับ สอดคล้องกับหลายงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่รายงานว่า การใช้เชื้อหลายเชื้อมีประสิทธิภาพการควบคุมโรคได้มากกว่าการใช้เชื้อชนิดเดียว (Affokpon *et al.*, 2011; Hashem and Abo-Elyousr, 2011) ทั้งนี้เป็นไปได้ว่าเชื้อทั้ง 2 ชนิดที่มีคุณสมบัติต่างกันเมื่อใช้ร่วมกันทำให้เกิดการส่งเสริมกันในการต้านเชื้อก่อโรคได้ดียิ่งขึ้นเพราะมีการสร้างกลไกการเข้าทำลายเชื้อโรคที่หลากหลาย (Sahebani and Hadavi, 2008; Ruanpanun *et al.*, 2010) (Table 3)

Table 3 Efficiency of *T. asperellum* strain Cb-pin01, *Streptomyces* sp. strain KPS-E004 and mixed strains on growth and yield of chili infected by *M. enterolobii*.

Treatment	Shoot weight (g) ^a	Root weight (cm) ^a	Shoot length (cm) ^a	Root length (cm) ^a	Yield (g) ^a
T + J2	15.94±1.29b*	3.04±0.25ab*	24.26±0.90b*	20.75±0.74b*	17.82±1.01b*
S + J2	14.39±0.84b	2.55±0.08b	23.16±1.00b	18.93±0.69b	19.35±0.82b
T + S + J2	20.86±1.22a	3.24±0.14a	31.29±1.20a	24.00±0.81a	24.38±1.81a
J2 only	7.34±0.95c	1.08±0.06c	16.48±1.00c	13.68±0.96c	3.55±0.87c
C	16.09±0.80b	3.24±0.22a	22.41±1.09b	19.53±0.74b	14.73±1.32b
CV. (%)	22.02	20.35	13.99	12.93	24.20

^aAverage ± standard error from four replicates.

* Values in the same column with same letter are not significantly different ($P > 0.05$) according to Tukey's HSD test.

Table 4 Efficiency of *T. asperellum* strain Cb-pin01, *Streptomyces* sp. strain KPS-E004 and mixed strains on *M. enterolobii* in greenhouse experiment.

Treatment	No. of egg mass ^a	No. of J2 /200 g soil ^a	Galling index	Control efficiency (%)
T + J2	35.60±4.44b*	24.30±4.95b*	60	33.33
S + J2	25.50±4.21b	10.60±2.51b	45	50.00
T + S + J2	25.10±4.69b	15.20±5.24b	45	50.00
J2 only	86.70±9.38a	62.50±5.02a	90	0
C	-	-	-	-
CV. (%)	44.43	47.30	-	-

^a Average ± standard error from four replicates.

* Values in the same column with same letter are not significantly different (P > 0.05) according to Tukey's HSD test.

สรุป

การใช้รา *T. asperellum* สายพันธุ์ Cb-pin01 ผสมร่วมกับแบคทีเรีย *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ KPS – E004 สามารถลดอัตราการฟัก และเพิ่มอัตราการตายของตัวอ่อนไส้เดือนฝอยรากปมภายในห้องปฏิบัติการได้ในระดับสูง เนื่องจากเชื้อทั้ง 2 สายพันธุ์ มีการเจริญของเส้นใยคลุมรอบเปลือกไข่ อาจมีการสร้างเอนไซม์หรือสารทุติยภูมิ เกิดการรบกวนการฟัก ทำให้ชะลอการพัฒนาของไข่ ลดการฟักออกเป็นตัวอ่อนระยะที่ 2 รวมถึงทำให้ตัวอ่อนที่ฟักออกมาไม่สามารถมีชีวิตรอดอยู่รอดภายในดินได้ จากนั้นทำการทดสอบกับพริกในเรือนทดลอง พบว่าการใช้เชื้อดังกล่าว 2 สายพันธุ์ร่วมกัน มีประสิทธิภาพในการลดการเกิดโรครากปมของพริกจากการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยรากปม *M. enterolobii* ในขณะเดียวกันช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพริก โดยทำให้ความสูงของต้น ความยาวราก น้ำหนักต้น และผลผลิตสูงขึ้นมากกว่าการใช้เชื้อเพียงสายพันธุ์ใดสายพันธุ์หนึ่ง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2562. สถานการณ์การผลิตพริก.

แหล่งที่มา: <https://www.doa.go.th/hort/wp-content/uploads/2020/10.pdf>, 24 กรกฎาคม 2565.

จิระเดช แจ่มสว่าง และวรรณวิไล อินทนู. 2545. การผลิตเชื้อราไตรโคเดอร์มาชนิดสดด้วยเทคนิคอย่างง่ายเพื่อใช้ควบคุมโรครากเน่าระดับดินของถั่วฝักยาวที่เกิดจากเชื้อรา *Sclerotium rolfsii*. หน้า 86-96 ใน: การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 40. 4-7 กุมภาพันธ์ 2545. กรุงเทพฯ.

ชนากานต์ บุญรินทร์, บัญชา ชินศรี, อนงค์นุช สาสนรกิจ และศรีเมฆ ชาวโพพาง. 2562. จัดจำแนกไส้เดือนฝอยรากปม (*Meloidogyne enterolobii*) ในแปลงปลูกพริกที่จังหวัดอุบลราชธานี, น. 713-722. ใน: การประชุมวิชาการเสนองผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 20. 15 มีนาคม 2562. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

Affokpon, A., D. L. Coyne, C. C. Htay, R. D. Agbèdè, L. Lawouin and J. Coosemans. 2011. Biocontrol potential of native *Trichoderma* isolates against root-knot nematodes in West African vegetable production systems. *Soil Biology and Biochemistry* 43(3): 600-608.

- Barker, K.R. 1985. Nematode extraction and bioassays, pp.29-30. *In*: K.R. Barker, C.C. Carter and J.N. Sasser (Eds.). An Advanced Treatise on Meloidogyne, vol II., North Carolina State University Graphics, Raleigh, North Carolina.
- Byrd, D.W. Jr., T. Kirkpatrick and K.R. Barker. 1983. An improved technique for clearing and staining plant tissue for detection of nematodes. *Journal of Nematology* 15:142-143.
- Chamswang, C., W. Intana and P. Yenjit. 2014. Efficacy of *Trichoderma harzianum*, *Bacillus cereus* and their lytic enzymes for the control of damping-off disease of yard long bean caused by *Pythium aphanidermatum*. *The Philippine Agricultural Scientist* 96: 377-383.
- Hunt, D. J. and Z. A. Handoo. 2009. Taxonomy, identification and principal species. pp. 55-97. *In*: Root-knot Nematodes. CAB International. Wallingford.
- Hashem, M. and K. A. Abo-Elyousr. 2011. Management of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* on tomato with combinations of different biocontrol organisms. *Crop Protection* 30(3): 285-292.
- Jindapunnapat, K. 2012. Development of the Molecular Markers for Species Identification of Root-knot Nematode Infesting Guava in Thailand. M.S. Thesis, Kasetsart University. 84 P.
- Jindapunnapat, K., B. Chinnasri and S. Kwankuae. 2013. Biological control of root-knot nematodes (*Meloidogyne enterolobii*) in guava by the fungus *Trichoderma harzianum*. *Journal of Developments in Sustainable Agriculture* 8: 110-118.
- Ruanpanun, P. and C. Chamswang. 2016. Potential of actinomycetes isolated from earthworm castings in controlling root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Journal of General Plant Pathology* 82(1): 43-50.
- Ruanpanun, P., N. Tangchitsomkid, K. D. Hyde and S. Lumyong. 2010. Actinomycetes and fungi isolated from plant-parasitic nematode infested soils: screening of the effective biocontrol potential, indole-3-acetic acid and siderophore production. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 26(9): 1569-1578.
- Sahebani, N. and N. Hadavi. 2008. Biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* by *Trichoderma harzianum*. *Soil Biology and Biochemistry* 40(8): 2016-2020.
- Sun, M. H., L. Gao, Y. X. Shi, B. J. Li and X. Z. Liu. 2006. Fungi and actinomycetes associated with *Meloidogyne* spp. eggs and females in China and their biocontrol potential. *Journal of Invertebrate Pathology* 93(1): 22-28.
- Tigano, M., K. De Siqueira, P. Castagnone-Sereno, K. Mulet, P. Queiroz, M. Dos Santos, C. Teixeira, M. Almeida, J. Silva and R. Carneiro. 2010. Genetic diversity of the root-knot nematode *Meloidogyne enterolobii* and development of a SCAR marker for the guava-damaging species. *Plant Pathology* 59:1054-1061.

ผลของการแช่และบ่มเมล็ดผักบุ้งที่มีต่อการผลิตต้นอ่อนผักบุ้ง

Effect of Pre-soaking and Incubation of Water Convolvulus Seed on Sprout Production

ชมดาว ขำจริง^{1*}
Chomdao Khumjing^{1*}

Received: August 23, 2022

Revised: October 10, 2022

Accepted: October 11, 2022

Abstract: The objective of this research was to study effect of pre-soaking and incubation on germination and seedling of water convolvulus sprout. The experiment was conducted in Completely Randomized Design (CRD) that composed of 6 treatments: 1) non-soaking (control) 2) soaking seed in distilled water for 8 hours and incubation for 20 hours 3) soaking seed in distilled water for 12 hours 4) soaking seed in distilled water for 12 hours and incubation for 12 hours 5) soaking seed in distilled water for 24 hours and 6) soaking seed in distilled water for 24 hours and incubation for 24 hours, 4 replications/treatment, 200 seeds/replication. The results showed that soaking water convolvulus seed in water for 12 hours had highest percentage of germination (98.50%), fresh weight (183.00 g) the best and early harvest (6 days after sowing) and no fungal infestation was found. Soaking seed in water for 24 hours and incubation for 24 hours had the highest loosened seed coat of 48.03%.

Keywords: incubation, sprouts, water convolvulus

บทคัดย่อ: การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการการแช่และบ่มเมล็ดผักบุ้งในการผลิตต้นอ่อนผักบุ้ง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ completely randomize design (CRD) จำนวน 6 สิ่งทดลองคือ 1) เมล็ดปกติ (ชุดควบคุม) 2) แช่เมล็ดด้วยน้ำกลั่น 8 ชั่วโมง นำเมล็ดมาบ่ม 20 ชั่วโมง 3) แช่เมล็ดด้วยน้ำกลั่น 12 ชั่วโมง 4) แช่เมล็ดด้วยน้ำ กลั่น 12 ชั่วโมง นำเมล็ดมาบ่ม 12 ชั่วโมง 5) แช่เมล็ดด้วยน้ำกลั่น 24 ชั่วโมง และ 6) แช่เมล็ดด้วยน้ำกลั่น 24 ชั่วโมง นำเมล็ดมาบ่ม 24 ชั่วโมง ทรีทเมนต์ละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 200 เมล็ด ผลการวิจัยพบว่า วิธีการผลิตต้นอ่อนผักบุ้ง โดยการเตรียมความพร้อมแช่เมล็ด 12 ชั่วโมง ส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์การงอก (98.50 เปอร์เซ็นต์) น้ำหนักสด (183.00 กรัม) มากที่สุด อายุการเก็บเกี่ยวที่เร็ว (6 วันหลังเพาะ) และไม่พบการเกิดเชื้อรา การผลิตต้นอ่อนผักบุ้งโดยแช่เมล็ด 24 ชั่วโมง นำเมล็ดมาบ่ม 24 ชั่วโมง มีการหลุดของเปลือกหุ้มเมล็ดมากที่สุด (48.03 เปอร์เซ็นต์)

คำสำคัญ: การบ่ม ต้นอ่อน ผักบุ้ง

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

ต้นอ่อนจัดเป็นพืชที่มีปริมาณวิตามิน และ สารอาหารสูงกว่าพืชชนิดเดียวกันที่โตเต็มที่แล้ว มีเอนไซม์ และปริมาณสารอาหารสูงที่สุด คือช่วงหลัง จากเพาะแล้วประมาณ 2-7 วัน ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช (อภิชาติ และพัชร, 2558) ผักบุ้งเริ่มมีการผลิต ต้นอ่อนเพื่อการค้าอย่างแพร่หลาย ส่วนใหญ่จะ ได้รับความสนใจอย่างมากจากกลุ่มคนที่รักสุขภาพ ซึ่งต้นอ่อนผักบุ้งมีวิตามินและคุณค่าทางสารอาหาร มากกว่าต้นที่เจริญเติบโตเต็มที่แล้ว 5-10 เท่า ให้ รสชาติที่กรอบอร่อย ง่ายต่อการย่อย โดยมีงานวิจัย ที่เกี่ยวข้อง เอกรินทร์ และคณะ (2561) ได้ทำการ ศึกษาผลของพันธุ์และวัสดุเพาะต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตในการผลิตต้นอ่อนผักบุ้ง พบว่า ผักบุ้ง แต่ละพันธุ์มีการเจริญเติบโตและผลผลิตของ ต้นอ่อนแตกต่างกัน และวัสดุเพาะมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ ความออก ระยะเวลาที่ใช้ในการงอกและชูใบเลี้ยง ความสูงต้น ผลผลิต และจำนวนวันเก็บเกี่ยว โดยที่ วัสดุเพาะพีทมอสและดินผสม มีเปอร์เซ็นต์ความออก ความสูงต้นอ่อน และน้ำหนักผลผลิตสดสูงที่สุด ในขณะที่แกลบดำและขุยมะพร้าว มีระยะเวลาที่ใช้ ในการงอกและชูใบเลี้ยง และจำนวนวันเก็บเกี่ยว นานที่สุด ส่วนอิทธิพลระหว่างพันธุ์ต่อวัสดุเพาะมีผล ต่อเปอร์เซ็นต์ความออก ระยะเวลาที่ใช้ในการงอกและ ชูใบเลี้ยง ความสูงของต้นอ่อน และน้ำหนักผลผลิตสด แตกต่างกัน ต่อมา อมรรัตน์ และณัฐริกา (2562) ศึกษาผลของวัสดุเพาะกล้าต่อการผลิตต้นอ่อนผัก บุ่งจีน พบว่าการใช้ทรายมีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงที่สุด ส่วนการใช้ขุยมะพร้าวผสมทราย (1:1) มีน้ำหนัก รวมมากที่สุด อย่างไรก็ตามในการผลิตต้นอ่อนผัก บุ่งนั้นยังมีข้อมูลไม่มากนัก ซึ่งในการผลิตต้นอ่อนผัก บุ่งในช่วงเก็บเกี่ยวจะมีปัญหา เรื่อง เปลือกหุ้มเมล็ด ยังไม่หลุดล่อน หากไม่เอาออก เมื่อนำต้นอ่อนไป รับแสงมันจะบิบ ทำให้ตั้งออกยาก ได้รับแสงไม่ทั่ว ใบหงิก เปลือกหุ้มเมล็ดจะไม่หลุดเอง ทำให้ผู้ปลูก ต้องเอาออก และเกิดความเสียหาย ใบเลี้ยงฉีกขาด (ดิเรก, 2563) ไม่เป็นที่พึงประสงค์กับผู้บริโภค ซึ่ง ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เปลือกหุ้มเมล็ดอ่อนนุ่ม และ หลุดออก คือ น้ำโดยอาจจะหลุดในช่วงต้นอ่อนส่วน ที่งอกพ้นเปลือกหุ้มเมล็ดออกมาเป็นส่วนแรกคือ แรติเคิล แทนที่จะหลุดออกมาทางไมโครไพล์ แล้วเจริญ ลงสู่ดิน กลายเป็นรากแรก (primary root) และจะมี รากชุดสอง (secondary root) แตกออกไปเพื่อช่วย

ค้าจน เมล็ดผักบุ้งมีลักษณะการงอกที่มีการชูใบขึ้นมา เห็นอติง โดยเมื่อรากอ่อนหรือแรติเคิลงอกโผล่ พ้นเมล็ดออกทางไมโครไพล์เจริญลงสู่พื้นดินก่อน จากนั้นไฮโปคอติลจะเจริญอย่างรวดเร็วงอกตาม ออกมา ซึ่งเมื่อเมล็ดได้รับน้ำหรือความชื้นที่มาก เปลือกหุ้มเมล็ดอาจหลุดมาได้ง่ายในช่วงนี้ (สุนทริพย์, 2540) นอกจากนี้การแช่เมล็ดใน น้ำเป็นเวลานานก็ เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ช่วยกำจัด หรือทำลายบางส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ด (Warcup, 1973) เมล็ดพันธุ์ที่มี คุณภาพ มีความออกสูง อย่างสม่ำเสมอ เป็นปัจจัย สำคัญในการผลิตพืช อย่างมีประสิทธิภาพ การเตรียม ความพร้อมเมล็ด เป็นวิธีการปรับปรุงคุณภาพเมล็ด พันธุ์ทางสรีรวิทยา โดยอาศัยหลักการให้เมล็ดดูดน้ำให้ เพียงพอที่จะกระตุ้นการงอกทางสรีรวิทยา แต่ยังไม่ ถึงระดับที่ทำให้รากงอก และลดความชื้นของเมล็ดลง ให้อยู่ในระดับเริ่มแรก การเตรียมความพร้อมเมล็ด ส่งผลต่อการงอกของเมล็ด (จุฑามาศ, 2559) วิธีการแช่เมล็ดในน้ำเป็นวิธีการที่ง่าย ต้นทุนต่ำ ไม่มี สารพิษตกค้างกับสิ่งแวดล้อม สามารถแช่เมล็ด ได้ปริมาณมาก ช่วยให้เมล็ดงอกเร็วขึ้น และทำให้ ต้นกล้าเจริญเติบโตอย่างสม่ำเสมอ (Abebe and Modi, 2009) การแช่เมล็ดในน้ำสามารถชักนำ ให้ต้นกล้าที่งอกมีความแข็งแรง ดังนั้นผู้วิจัยจึง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเตรียมความพร้อม เมล็ดผักบุ้งโดยการแช่และบ่มเมล็ดผักบุ้งเป็น ระยะเวลาต่างๆ ในการผลิตต้นอ่อนผักบุ้งเพื่อให้ได้ คุณภาพของต้นอ่อนผักบุ้งที่ดีที่สุด

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมเมล็ดผักบุ้ง

นำเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีนพันธุ์ใบไข่ จำนวน 24,000 เมล็ด สำหรับเพาะในถาดเพาะ 120 ถาด โดยเพาะถาดละ 200 เมล็ด ก่อนเพาะเมล็ด นำเมล็ด มาแช่และ บ่ม ดังวิธีการต่อไปนี้

สิ่งทดลอง 1 ไม่แช่เมล็ด

สิ่งทดลอง 2 แช่เมล็ดด้วยน้ำกลั่น 8 ชั่วโมง

นำเมล็ดมาบ่มในผ้าหมาด 20 ชั่วโมง

สิ่งทดลอง 3 แช่เมล็ดด้วยน้ำกลั่น 12 ชั่วโมง

สิ่งทดลอง 4 แช่เมล็ดด้วยน้ำกลั่น 12 ชั่วโมง

นำเมล็ดมาบ่มในผ้าหมาด 12 ชั่วโมง

สิ่งทดลอง 5 แช่เมล็ดด้วยน้ำกลั่น 24 ชั่วโมง

สิ่งทดลอง 6 แช่เมล็ดด้วยน้ำกลั่น 24 ชั่วโมง

นำเมล็ดมาบ่มในผ้าหมาด 24 ชั่วโมง

การบ่มเมล็ดผักบุ้ง

การนำผ้าขนหนูชุบน้ำบิดพอหมาด มาห่อเมล็ดผักบุ้ง ตามเวลาที่กำหนดในทรีทเมนต์

การเตรียมวัสดุเพาะขุมมะพร้าว

นำขุมมะพร้าวมาทำการร่อนผ่านตะกร้าที่มีขนาดรูประมาณ 3 มิลลิเมตร เพื่อแยกเอาเส้นใยของขุมมะพร้าวออก ใช้เฉพาะขุมมะพร้าวมาเป็นวัสดุเพาะ

การเตรียมถาดและวัสดุเพาะ

เตรียมถาดพลาสติกสำหรับเพาะต้นอ่อนผักบุ้ง (กว้าง 30 X ยาว 60 X สูง 3.5 เซนติเมตร) โดยนำวัสดุเพาะขุมมะพร้าวและถ่านแกลบ ในอัตรา 1:1 มาใส่ลงในถาดเพาะพอดีกับขอบถาด โดยเกลี่ยวัสดุเพาะให้เรียบเสมอกันและแน่นทั่วทั้งถาด จำนวนทั้งหมด 120 ถาด

การเพาะเมล็ดผักบุ้ง

นำเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งที่เตรียมไว้ จำนวน 200 เมล็ดต่อถาด มาวางในถาดที่เตรียมวัสดุเพาะไว้ กระจายให้ทั่วทั้งถาดเพาะ ไม่ให้เมล็ดซ้อนทับกัน จากนั้นรดน้ำโดยใช้หัวฉีดน้ำปรับระดับหัวแบบกระจายให้ทั่วถาดเพาะ นำกระสอบพลาสติกมาวางทับ แล้วใช้ถาดเพาะอีกอันทับไว้ ทำสลับเช่นนี้จนครบชั้นสุดท้ายทับด้วยถาดเพาะเปล่าแล้วนำอิฐมาวางทับ โดยวางทับแยกไปแต่ละสิ่งทดลอง พร้อมทั้งนำไปวางไว้ในที่มีดชื้นถาดทับกัน 2 วัน หลังจากนั้นเปิดถาดที่ซ้อนทับออกแล้วนำแต่ละถาดไปไว้ในที่มีด 3 วัน แล้วนำมาไว้ในชั้นวางกลางแจ้งเปิดให้ได้รับแสง 2 วัน หลังจากนั้นทำการเก็บเกี่ยว

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ Completely Randomize Design (CRD) จำนวน 6 สิ่งทดลอง สิ่งทดลอง ละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ถาด โดยใช้จำนวนถาดทั้งหมด 120 ถาด

การบันทึกข้อมูล

1. การงอก (%) คำนวณจากจำนวนต้นกล้าที่งอกโผล่พ้นวัสดุเพาะหลังจากเพาะลงถาด 60 ชั่วโมง โดยใช้สูตร (จำนวนเมล็ดที่งอก/จำนวนเมล็ดที่เพาะ) x 100 (ISTA, 2013)

2. การหลุดของเปลือกหุ้มเมล็ด (%) สุ่มต้นอ่อนผักบุ้งที่เก็บเกี่ยวจำนวน 100 ต้น นับจำนวนเมล็ดที่เปลือกหุ้มเมล็ดหลุด คำนวณเปอร์เซ็นต์การหลุดของเปลือกหุ้มเมล็ดที่ติดอยู่กับใบเลี้ยงของต้นอ่อน

3. อายุเก็บเกี่ยว (วันหลังเพาะ) นับจากวันที่เริ่มเพาะเมล็ดจนถึงวันเก็บเกี่ยวเมื่อต้นกล้ามีความสูงมากกว่า 10 เซนติเมตร เกิน 80 เปอร์เซ็นต์ของถาดเพาะ (เอกรินทร์ และคณะ, 2561)

4. การเกิดเชื้อรา ประเมินการเกิดเชื้อราด้วยสายตาในถาดเพาะทุก ๆ วัน จนถึงวันเก็บเกี่ยว หากปรากฏเชื้อราจะรายงานเป็น present และหากไม่ปรากฏเชื้อราจะรายงานเป็น absent

5. ความสูงต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว (เซนติเมตร) วัดความสูงของต้นกล้าปกติที่อายุเก็บเกี่ยว โดยนำต้นกล้าปกติแต่ละซ้ำ วัดความสูงจากโคนต้นถึงปลายยอดของต้นกล้าปกติ คำนวณความสูงเฉลี่ยต้นกล้า (ISTA, 2013)

6. น้ำหนักสดต่อ 100 ต้น (กรัม) เก็บเกี่ยวผลผลิตต้นอ่อนผักบุ้ง ด้วยกรรไกรตัดเหนือวัสดุเพาะ 1 เซนติเมตร นำมาชั่งน้ำหนักต้นอ่อนผักบุ้งที่เก็บเกี่ยวด้วยเครื่องดิจิทัล ทศนิยม 2 ตำแหน่ง

การวิเคราะห์ข้อมูล นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 22

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. เปอร์เซ็นต์การงอก

เมื่อนำเมล็ดผักบุ้งมาแช่น้ำและบ่มตามกรรมวิธีที่แตกต่างกัน พบว่า เมล็ดพันธุ์ผักบุ้งที่แช่น้ำ 12 ชั่วโมง มีความงอกสูงสุด คือ 98.50 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งกรรมวิธีอื่นๆ และเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งที่ไม่แช่น้ำ มีการงอกต่ำที่สุดคือ 80.00 เปอร์เซ็นต์ (Table 1)

2. การหลุดของเปลือกหุ้มเมล็ด

เมล็ดผักบุ้งที่แช่น้ำ 24 ชั่วโมง แล้วนำไปบ่ม 24 ชั่วโมง มีการหลุดของเปลือกหุ้มเมล็ดเฉลี่ยสูงสุด คือ 48.03 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการแช่น้ำ 24 ชั่วโมง ที่การหลุดของเปลือกหุ้มเมล็ด 46.78 เปอร์เซ็นต์ แต่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง กับเมล็ดผักบุ้งที่แช่น้ำ 12 ชั่วโมง แล้วนำไปบ่ม 12 ชั่วโมง การแช่น้ำ 24 ชั่วโมง การแช่น้ำ 8 ชั่วโมง แล้วนำไปบ่ม 20 ชั่วโมง และไม่มีการแช่น้ำ มีการหลุดของเปลือกหุ้มเมล็ดเฉลี่ย คือ 42.90 35.39 37.02 และ 31.90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 1)

Table 1 The percentage of germination and loosened seed coat of water convolvulus sprout production

Methods	Germination (%)	Loosened seed coat (%)
non-soaking	80.00 ^a	31.90 ^d
soaking 8 hrs and incubation 20 hrs	90.00 ^d	37.02 ^c
soaking 12 hrs	98.50 ^a	35.39 ^c
soaking 12 hrs and incubation 12 hrs	92.20 ^c	42.90 ^b
soaking 24 hrs	96.25 ^b	46.78 ^a
soaking 24 hrs and incubation 24 hrs	97.18 ^b	48.03 ^a
<i>F</i> -test	**	**
CV (%)	11.25	8.09

** = significantly different at $P < 0.01$

Means within the same column followed by the different letters are significantly different according to DMRT ($P < 0.05$)

3. อายุเก็บเกี่ยว

เมล็ดผักบุ้งที่ไม่ผ่านการแช่น้ำ และแช่น้ำ 8 ชั่วโมง แล้วนำไปบ่ม 20 ชั่วโมง มีอายุเก็บเกี่ยวต้นอ่อนผักบุ้งมากที่สุด 7 วันหลังเพาะ ส่วนสิ่งทดลองอื่นๆ มีอายุเก็บเกี่ยวที่สั้นกว่า คือ 6 วันหลังเพาะ (Table 2)

4. การเกิดเชื้อรา

เมล็ดผักบุ้งที่มีการแช่น้ำ 12 ชั่วโมง แล้ว

นำไปบ่ม 12 ชั่วโมง และแช่น้ำ 24 ชั่วโมง แล้วนำไปบ่ม 24 ชั่วโมง พบเกิดเชื้อราขึ้นเริ่มตั้งแต่วันที่ 3 ของการเพาะ เมื่อเปิดจะนำมาพรางแสงในที่มืด และเกิดตลอดไปจนถึงการเก็บเกี่ยว ซึ่งในระยะแรกจะเกิดเพียงเล็กน้อย และเริ่มกระจายวงไปเรื่อย แต่ไม่เป็นทั้งถาด ส่วนสิ่งทดลองอื่นๆ ไม่ปรากฏเชื้อรา (Table 2)

Table 2 Day to harvest and fungal incidence of water convolvulus sprout production

Methods	Harvesting date (days after sowing)	Fungal incidence
non-soaking	7	absent
soaking 8 hrs and incubation 20 hrs	7	absent
soaking 12 hrs	6	absent
soaking 12 hrs and incubation 12 hrs	6	present
soaking 24 hrs	6	absent
soaking 24 hrs and incubation 24 hrs	6	present

5. ความสูงต้น

เมล็ดผักบุ้งที่แช่น้ำ 8 ชั่วโมง แล้วนำไปบ่ม 20 ชั่วโมง พบว่ามีความสูงของต้นอ่อนผักบุ้งเฉลี่ยสูงสุดคือ 12.94 เซนติเมตร แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง กับเมล็ดผักบุ้งที่แช่น้ำ 12 ชั่วโมง ที่มีความสูงของต้นอ่อนผักบุ้งเฉลี่ยต่ำสุดคือ 12.13 เซนติเมตร (Table 3)

6. น้ำหนักสด

เมล็ดผักบุ้งที่แช่น้ำ 12 ชั่วโมง มีน้ำหนักสดของต้นอ่อนผักบุ้งเฉลี่ยสูงสุดคือ 183.00 กรัม แต่

ไม่แตกต่างกับการแช่น้ำ 8 ชั่วโมง แล้วนำไปบ่ม 20 ชั่วโมง การแช่น้ำ 24 ชั่วโมง การแช่น้ำ 12 ชั่วโมง แล้วนำไปบ่ม 12 ชั่วโมง และการแช่น้ำ 24 ชั่วโมง แล้วนำไปบ่ม 24 ชั่วโมง ที่มีน้ำหนักสดของต้นอ่อนผักบุ้ง 182.50 181.25 161.25 และ 157.50 กรัม ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดผักบุ้งที่ไม่มีการแช่น้ำ มีน้ำหนักสดของต้นอ่อนผักบุ้งเฉลี่ยต่ำสุด คือ 106.50 กรัม (Table 3)

Table 3 The seedling height and fresh yield of water convolvulus sprout production

Methods	Seedling height (cm)	Fresh yield (g/100 plants)
non-soaking	12.59 ^b	106.50 ^b
soaking 8 hrs and incubation 20 hrs	12.94 ^a	182.50 ^a
soaking 12 hrs	12.13 ^e	183.00 ^a
soaking 12 hrs and incubation 12 hrs	12.15 ^{de}	161.25 ^a
soaking 24 hrs	12.33 ^c	181.25 ^a
soaking 24 hrs and incubation 24 hrs	12.28 ^{cd}	157.50 ^a
F-test	**	**
CV (%)	3.87	10.91

** = significantly different at $P < 0.01$

Means within the same column followed by the different letters are significantly different according to DMRT ($P < 0.05$)

วิจารณ์

เมล็ดผักบุ้งที่มีการแช่เมล็ด 12 ชั่วโมง มีน้ำหนักสด เปอร์เซ็นต์การงอกสูง สอดคล้องกับ มุกดา และสุวารี (2548) ศึกษาระยะเวลาการแช่เมล็ด และอัตราส่วนวัสดุเพาะเพื่อผลิตผักโตเหี่ยว พบว่าการแช่เมล็ดเป็นเวลา 10-12 ชั่วโมง ให้น้ำหนักสด ยอดแรก และยอดที่สองของผักโตเหี่ยวมาก เนื่องจากในกระบวนการงอกของเมล็ด ประกอบด้วยการดูดน้ำ การเปลี่ยนแปลง ทางชีวเคมี และทางสรีรวิทยา ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเจริญและการใช้ อาหาร สะสมภายในเมล็ด กระบวนการงอกเริ่มต้น จากการดูดน้ำของเมล็ด ดังนั้นเมื่อแช่เมล็ดในเวลาที่ เหมาะสม น้ำมีส่วนทำให้เปลือกหุ้มเมล็ดอ่อนตัว และ เป็นตัวเปลี่ยนแปลงหรือย่อยอาหารสะสมภายในเมล็ด ที่อยู่ในสภาวะที่เป็นของแข็ง ให้เปลี่ยนสภาวะเป็น ของเหลวและเคลื่อนที่ได้ ทำให้จุดเจริญของเมล็ดนำไป ใช้ได้ต้นอ่อนจึงเจริญเติบโตได้ (นันทิยา, 2542) และการแช่เมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำเปล่าเป็นเวลา 12-24 ชั่วโมง แล้วทำให้เมล็ดแห้งก่อนนำไปปลูกทำให้ข้าว มีความสามารถในการตั้งตัวได้เร็ว (Ajouri *et al.*, 2004; Basra *et al.*, 2005) เป็นการกระตุ้นให้เกิด กระบวนการทางชีวเคมีเพื่อให้การงอกได้เร็ว และ สม่ำเสมอ (ธีระรัตน์ และคณะ, 2561)

เมล็ดผักบุ้งที่แช่น้ำ 24 ชั่วโมง แล้วนำไป บ่ม 24 ชั่วโมง มีการหลุดของเปลือกหุ้มเมล็ดเฉลี่ย สูงสุด เนื่องจากในการแช่น้ำในระยะเวลาานานทำให้

เปลือกหุ้มเมล็ดอ่อนนุ่ม และลอกออกง่าย เมื่อนำ มาบ่มเกิดความร้อนและขึ้นอาจทำให้เปลือกหุ้ม เมล็ดที่อ่อนนุ่ม เปื่อยและหลุดออก ส่วนเมล็ดผักบุ้ง ที่ไม่ผ่านการแช่น้ำ และแช่น้ำ 8 ชั่วโมง แล้วนำไป บ่ม 20 ชั่วโมง มีอายุการเก็บเกี่ยวต้นอ่อนผักบุ้งนาน ความสูงของต้นอ่อนผักบุ้งเฉลี่ยสูงสุด เนื่องจาก ระยะเวลาในการแช่เมล็ดระหว่างการเตรียมพร้อม เมล็ดพันธุ์ยังมีผลต่อกระบวนการทางสรีรวิทยา ภายในเมล็ด หากใช้ระยะเวลาในการแช่เมล็ด น้อยเกินไปอาจส่งผลต่อกระบวนการเมแทบอลิซึม ทำให้มีการสังเคราะห์โปรตีน อาร์เอ็นเอ (RNA) และดีเอ็นเอ (DNA) น้อยลง ส่งผลต่อการซ่อมแซม โครงสร้างและสารประกอบภายในเมล็ด ทำให้ กระบวนการงอกไม่สมบูรณ์และเมล็ดอาจเกิดความ ผิดปกติได้ทำให้เมล็ดงอกช้า หรืองอกไม่สม่ำเสมอ หรืออกเป็นต้นกล้าผิดปกติ (Dutta, 2018) ซึ่งอาจ มีผลต่อการเก็บเกี่ยวที่ช้าลง โดยในการเจริญเติบโต ที่ช้าและการเตรียมเมล็ดผักบุ้งที่มีการแช่น้ำ 12 ชั่วโมง แล้วนำไปบ่ม 12 ชั่วโมง และแช่น้ำ 24 ชั่วโมง แล้ว นำไปบ่ม 24 ชั่วโมง พบเกิดเชื้อรา เนื่องจากถ้าแช่ เมล็ดนานเกินไป จะมีผลทำให้น้ำจะขังอยู่ระหว่างใบ เลี้ยงทำให้เอมบริโอหายใจไม่ได้และมีอันตรายอาจ เกิดจากจุลินทรีย์และการมีออกซิเจนสำหรับเมล็ด น้อยลง (มุกดา, 2547) ถ้าแช่นานควรเปลี่ยนน้ำทุก 12 ชั่วโมงเพื่อให้ออกซิเจนกับเมล็ดที่จมอยู่ในน้ำ (นันทิยา, 2542)

สรุป

วิธีการเตรียมความพร้อมเมล็ดผักกาดในการผลิตต้นอ่อนผักกาด โดยแช่เมล็ด 12 ชั่วโมง นำเมล็ดมาเพาะในถาด แล้วซ้อนถาดทับกัน 2 วัน นำไปพรางแสง 3 วัน แล้วเปิดให้ได้รับแสง หลังจากนั้นทำการเก็บเกี่ยว มีน้ำหนักสด และเปอร์เซ็นต์การงอกที่สูง รวมถึงไม่ปรากฏเชื้อรา และมีอายุเก็บเกี่ยวที่สั้น จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด ในการผลิตต้นอ่อนผักกาด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ที่สนับสนุนพื้นที่ฐานเรียนรู้โมเดลกรีน ศูนย์เรียนรู้การเกษตรตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ในการทำวิจัย และขอขอบคุณนายพันธุ์วิศ พันธุ์เถื่อน นักศึกษาสาขาวิชาเกษตรศาสตร์ที่ช่วยดูแลและเก็บข้อมูลงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- จุฑามาศ พักทองพรรณ. 2559. การเตรียมความพร้อมเมล็ดเพื่อความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม. วารสารวิชาการเกษตร 34(2): 196-206.
- ดิเรก ขำคง. 2563. เทคนิคปลูกต้นอ่อนผักกาดจำหน่าย. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://today.line.me/th/v2/article/KPGzmg>. (28 มิถุนายน 2565).
- ธีระรัตน์ ชินแสน, เกศจิตต์ ขามคุลา, นภาพร เวชดามา และเกศศิรินทร์ แสงมณี. 2561. การส่งเสริมความงอกเมล็ดพันธุ์มันแกวด้วยวิธี Hydro priming. วารสารแก่นเกษตร 46 (ฉบับพิเศษ): 1269-1278.
- นันทิยา วรธนะภูติ. 2542. การขยายพันธุ์พืช. สำนักพิมพ์ไอดีเอ็นเอสโตร, กรุงเทพมหานคร. 447 หน้า.
- มุกดา สุขสวัสดิ์. 2547. การเพาะถั่วงอก. สำนักพิมพ์ไอดีเอ็นเอสโตร, กรุงเทพมหานคร. 80 หน้า.
- มุกดา สุขสวัสดิ์ และสุวารี สายจีน. 2548. การศึกษาระยะเวลาการแช่เมล็ดและอัตราส่วนวัสดุเพาะเพื่อผลิตผักโตเหมียว. หน้า 541-548 ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สุนนทิพย์ บุญนาค. 2540. การเจริญเติบโตและฮอริโมนพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัย

ขอนแก่น ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 354 หน้า.

- อมรรัตน์ ชุมทอง และณัฐริกา ทองอินทร์. 2562. ผลของวัสดุเพาะกล้าต่อการผลิตต้นอ่อนผักกาด. หน้า 86-93. ใน: การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 29 ประจำปี 2562 วิจัยและนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน. มหาวิทยาลัยทักษิณ, สงขลา.
- อภิชาติ ศรีสอาด และพัชรี สำโรงเย็น. 2558. เมล็ดงอกเพื่อสุขภาพทำเงิน. สำนักพิมพ์ นาคา อินเทอร์เน็ต, กรุงเทพมหานคร. 136 หน้า.
- เอกรินทร์ สารีพั่ว, ปริญดา แฉ่งขัน และชยพร แอคะระจน์. 2561. ผลของพันธุ์และวัสดุเพาะต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตในการผลิตต้นอ่อนผักกาด. วารสารแก่นเกษตร 46(3): 543-548.
- Abebe A.T. and A.T. Modi. 2009. Hydro-priming in dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Seed Science 2(2): 23-31.
- Ajouri, A., H. Asgedom and M. Becker. 2004. Seed priming enhances germination and seedling growth of barley under conditions of P and Zn deficiency. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 167: 630-636.
- Basra, S.M.A., M. Farooq, R. Tabassan and N. Ahmad. 2005. Physiological and biochemical aspects of presowing seed treatments in Fine Rice (*Oryza sativa* L.). Seed Science and Technology. 33: 623-628.
- Dutta, P. 2018. Seed Priming: New Vistas and Contemporary Perspectives in Advances in Seed Priming. Springer Singapore, Singapore. 307 p.
- ISTA. 2013. Rules Proposals for the International Rules for Seed Testing 2010 Edition. The International Seed Testing Association, Switzerland. 47 p.
- Warcup J.H., 1973. Symbiotic germination of some Australia terrestrial orchids. New Phytologist 72: 387-392.

การส่งเสริมการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาในการผลิตผักของเกษตรกร
ในอำเภอประจันตคาม จังหวัดปราจีนบุรี

Extension of the Application of *Trichoderma* spp. in Vegetable Production of Farmers
in Prachantakham District, Prachinburi Province

นันทวุฒิ จันทร์ปาน^{1*} นารีรัตน์ สีระสาร¹ และสินีนุช ครุฑเมือง แสนเสริม¹

Nuntawut Janpan^{1*} Nareerut Seerasarn¹ and Sineenuch Khрутmuang Sanserm¹

Received: September 5, 2022

Revised: October 14, 2022

Accepted: October 17, 2022

Abstract: The objectives of this research were to study 1) basic social and economic conditions 2) vegetable production conditions of farmers 3) knowledge of *Trichoderma* spp. in vegetable production and 4) problems and recommendations about extension of *Trichoderma* spp. Use in vegetable production from 172 samples. Interview schedule was used to collect data. Data were analyzed by using statistics i.e. frequency distribution, percentage, minimum value, maximum value, mean, standard deviation and ranking. The results indicated that 1) Most of farmers were female with the average age of 56.01 years old and 43.00 percent of them graduated primary school. There were 3.09 household members in average. The average area of vegetable cultivation was 1.71 rai. The average experience in growing vegetables was 13.13 years. There were 1.84 household workers in average. The average household income from growing vegetables were 23,398.26 baht/year and the average household expenditure from growing vegetables was 10,043.90 baht/year. 2) Most farmers grow a morning glory. Average vegetable production cycle was 3.63 times/year. 86.6 percent of farmers did not have production standards certified, 95.30 percent prepared the soil with organic fertilizers and 48.20 percent used plant extracts. 3) Farmers have a high level of knowledge about *Trichoderma* spp. in the knowledge of production Use and storage of *Trichoderma* spp. 4) The farmers' problem about production process quite difficult and lack of knowledge on plant diseases. Recommendations should encourage farmers to group in *Trichoderma* spp. production and training to educate more about how to use *Trichoderma* spp. on plant diseases, including the continual support of *Trichoderma* spp.

Keywords: Biological substances, *Trichoderma*, vegetable production

บทคัดย่อ: การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) สภาพพื้นฐานทางด้านสังคมและเศรษฐกิจ 2) สภาพการผลิตผักของเกษตรกร 3) ความรู้เกี่ยวกับเชื้อราไตรโคเดอร์มาในการผลิตผัก 4) ปัญหาและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการส่งเสริมการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มา จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 172 ราย เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์ สถิติที่

¹ วิชาเอกส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช จ.นนทบุรี 11120

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

*Corresponding author: Plas_nuntawut@hotmail.com

ใช้ในการวิเคราะห์ให้ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าความถี่ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และการจัดลำดับ ผลการศึกษาพบว่า 1) เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุเฉลี่ย 56.01 ปี ร้อยละ 43.00 จบการศึกษาระดับประถมศึกษา มีสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 3.09 คน มีพื้นที่เพาะปลูกผัก เฉลี่ย 1.71 ไร่ มีประสบการณ์ในการปลูกผัก เฉลี่ย 13.13 ปี มีแรงงานในครัวเรือนเฉลี่ย 1.84 คน มีรายได้จากการปลูกผักของครัวเรือนเฉลี่ย 23,398.26 บาท/ปี และมีรายจ่ายจากการปลูกผักของครัวเรือนเฉลี่ย 10,043.90 บาท/ปี 2) เกษตรกรส่วนใหญ่ปลูกผักบุ้ง ผลิตผักเฉลี่ย 3.63 รอบ/ปี ร้อยละ 86.6 ยังไม่ได้มาตรฐานรับรองการผลิต ร้อยละ 95.30 เตรียมดินโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ร้อยละ 48.20 ใช้สารสกัดจากพืช 3) ระดับความรู้เกี่ยวกับเชื้อราไตรโคเดอร์มาของเกษตรกรอยู่ในระดับมาก โดยมีคะแนนเฉลี่ย 16.20 คะแนน 4) ปัญหาของเกษตรกร ได้แก่ ขั้นตอนการผลิตเชื้อราไตรโคเดอร์มาค่อนข้างยุ่งยาก ประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดโรคพืชเห็นผลช้ากว่าการใช้สารเคมี และขาดความรู้ด้านโรคพืช ดังนั้นควรส่งเสริมให้เกษตรกรรวมกลุ่มในการผลิตเชื้อราไตรโคเดอร์มา และอบรมให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับวิธีการใช้ ด้านโรคพืช รวมทั้งควรสนับสนุนหัวเชื้อราไตรโคเดอร์มาอย่างต่อเนื่อง

คำสำคัญ: สารชีวภัณฑ์ เชื้อราไตรโคเดอร์มา การผลิตผัก

คำนำ

ผักเป็นพืชอาหารชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ เป็นอาหารที่อุดมด้วยคุณค่าทางอาหาร และมีประโยชน์ต่อร่างกาย อีกทั้งยังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทยสามารถนำเงินตราเข้าประเทศปีละหลายร้อยล้านบาท และสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรผู้เพาะปลูกและผู้ส่งออกของไทยได้เป็นอย่างดี

ประเทศไทยมีการปลูกพืชผักเศรษฐกิจประมาณ 80 ชนิด มีพื้นที่ปลูกประมาณ 1.4 ล้านไร่ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2564) และตามนโยบายของรัฐบาลที่ผลักดันให้ประเทศไทยเป็นครัวของโลก (Kitchen of the World) และมุ่งผลิตอาหารที่ปลอดภัย (Food Safety) แก่ผู้บริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศ สอดคล้องกับในปัจจุบันผู้บริโภคเกิดกระแสตื่นตัวในการดูแลสุขภาพมากขึ้น โดยหันมาบริโภคสินค้าที่ปลอดภัยไม่มีสารเคมีปนเปื้อน แต่ในปัจจุบันพบว่าเกษตรกรผู้ปลูกผักส่วนใหญ่ยังมุ่งผลิตผักที่มีลักษณะสวยงาม โดยไม่ได้ให้ความสำคัญในเรื่องคุณภาพและความปลอดภัยต่อผู้บริโภค จึงมักพบว่าเกษตรกรใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมีในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืชอย่างแพร่หลาย ก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพของเกษตรกรผู้ผลิตเองและผู้บริโภค รายงานการตกค้างของสารพิษในพืชผัก ได้แก่ ถั่วฝักยาว

ผักบุ้ง กระเพรา กวางตุ้ง คะน้า พริกแดง พริกขี้หนู ซึ่งพบสารพิษตกค้างเกินมาตรฐาน โดยในแต่ละปีจะมีผู้ป่วยเนื่องจากสารเคมีเข้าสู่ร่างกายเป็นจำนวนมากทำให้รัฐต้องสูญเสียค่าใช้จ่ายในด้านสาธารณสุขเพิ่มมากขึ้น (เครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช, 2563)

อำเภอประจันตคาม จังหวัดปราจีนบุรี มีเกษตรกรผู้ปลูกผักจำนวน 301 ราย พื้นที่ประมาณ 379 ไร่ (สำนักงานเกษตรอำเภอประจันตคาม, 2563) โดยเกษตรกรบางส่วนมีการรวมกลุ่มกันเพื่อผลิตและจำหน่าย โดยมีเป้าหมายในการลดต้นทุนการผลิตเพิ่มผลผลิต พัฒนาคุณภาพ และการบริหารจัดการด้านการตลาด และเกษตรกรส่วนใหญ่มีการปลูกผักเพื่อเสริมรายได้ให้กับครอบครัว การปลูกผักในเชิงธุรกิจยังไม่แพร่หลาย โดยสำนักงานเกษตรอำเภอประจันตคาม รวมทั้งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้มีการส่งเสริมให้เกษตรกรได้รู้จักและใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาเพื่อควบคุมโรคพืช ส่งเสริมให้ผลิตและใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาชนิดเชื้อสด เพื่อให้เกษตรกรใช้เพื่อควบคุมและกำจัดเชื้อราที่เป็นสาเหตุโรคพืช เช่น โรคเน่าระดับดิน โรคกล้าเน่า โรครากเน่าโคนเน่า เป็นต้น อย่างไรก็ตามการผลิตเชื้อราไตรโคเดอร์มาชนิดสดยังไม่เพียงพอกับความต้องการของเกษตรกร และเกษตรกรส่วนใหญ่ยังไม่ตระหนักถึงความสำคัญ

ในการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มามากนัก และยังมีปัญหาที่เกี่ยวกับการปนเปื้อนของจุลินทรีย์อื่นๆ อายุการเก็บรักษาสั้น ทำให้การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาในการผลิตผัก ยังไม่แพร่หลายและไม่มีประสิทธิภาพมากนัก การศึกษาครั้งนี้เพื่อหาแนวทางในการส่งเสริมการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มา ในการผลิตผักของเกษตรกรในอำเภอประจันตคาม จังหวัดปราจีนบุรี รวมถึงปัญหาและข้อเสนอแนะ เพื่อให้เกษตรกรใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาควบคุมและกำจัดโรคพืชที่มีสาเหตุมาจากเชื้อรา ทำให้เกิดการลดการใช้สารเคมี ส่งผลให้สุขภาพของเกษตรกรผู้ผลิตเองและผู้บริโภคดีขึ้น ลดต้นทุนการผลิต ผลผลิตมีคุณภาพมากขึ้น และเป็นประโยชน์ต่อผู้สนใจต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey research) ประชากรที่ใช้ศึกษา คือ เกษตรกรผู้ปลูกผัก ในอำเภอประจันตคาม จังหวัดปราจีนบุรี ที่ขึ้นทะเบียนเกษตรกรกับกรมส่งเสริมการเกษตร ปีการเพาะปลูก 2563/64 จำนวน 301 ราย กำหนดกลุ่มตัวอย่างตามวิธีการของ (Yamane, 1973) มีค่าความคาดเคลื่อนที่ 0.05 ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 172 ราย โดยวิธีสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูล คือ แบบสัมภาษณ์ ประกอบด้วย 4 ตอน ได้แก่ (1) สภาพพื้นฐานทางด้านสังคมและเศรษฐกิจ (2) สภาพการผลิตผัก (3) ความรู้เกี่ยวกับเชื้อราไตรโคเดอร์มา โดยมีคำถามทั้งหมด 18 ข้อ ประกอบด้วย ความรู้ทั่วไป ความรู้เกี่ยวกับการผลิตเชื้อราไตรโคเดอร์มา และความรู้เกี่ยวกับการใช้และการเก็บรักษาเชื้อราไตรโคเดอร์มา โดยวัดความรู้ของเกษตรกรให้คะแนน 1 คะแนน สำหรับข้อที่ตอบถูกต้องตามหลักวิชาการ และ 0 คะแนน สำหรับข้อที่ตอบผิดจากหลักวิชาการ จากนั้นนำคะแนนรวมมาจัดระดับความรู้ตามเกณฑ์ในการประเมิน ได้แก่ คะแนนระหว่าง 1-6 หมายถึง มีความรู้ในระดับน้อย คะแนนระหว่าง 7-12 หมายถึง มีความรู้ในระดับปานกลาง และคะแนนระหว่าง 13-18 หมายถึง มีความรู้ในระดับมาก และ (4) ปัญหาและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการส่งเสริมการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มา ทั้งนี้ตรวจสอบความเชื่อมั่น

(Reliability) ของแบบสัมภาษณ์โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของ ครอนบาช (Cronbach's Alpha Coefficient) ได้ค่าความเชื่อมั่นจากสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาชตอนที่ 4 เท่ากับ 0.813 สถิติที่ใช้วิเคราะห์ ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการจัดอันดับ โดยนำคะแนนรวมมาหาค่าเฉลี่ยแล้วจัดอันดับตามเกณฑ์เฉลี่ย ดังนี้ 1.00-1.80 เท่ากับน้อยที่สุด 1.81-2.60 เท่ากับน้อย 2.61-3.40 เท่ากับปานกลาง 3.41-4.20 เท่ากับมาก 4.21-5.00 เท่ากับมากที่สุด

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. สภาพพื้นฐานทางด้านสังคมและเศรษฐกิจของเกษตรกร

1.1 สภาพพื้นฐานทางด้านสังคม พบว่า เกษตรกร ร้อยละ 66.30 เป็นเพศหญิง สอดคล้องกับ อนุวัฒน์ (2562) ศึกษาเรื่อง การส่งเสริมการผลิตผักปลอดภัยของเกษตรกรในอำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม พบว่า เกษตรกรร้อยละ 63.30 เป็นเพศหญิง เนื่องจากเกษตรกรเพศหญิงมีความใส่ใจในการปลูกผักมากกว่าเพศชาย อีกทั้งแรงงานชายในครัวเรือนส่วนใหญ่มีอาชีพทำไร่และทำนา ซึ่งเป็นอาชีพหลักของครอบครัว การปลูกผักเพื่อเสริมรายได้ให้กับครอบครัวจึงเป็นหน้าที่หลักของเพศหญิง เกษตรกรมีอายุเฉลี่ย 56.01 ปี ใกล้เคียงกับ อนุวัฒน์ (2562) พบว่า เกษตรกรมีอายุเฉลี่ย 55.38 ปี โดยจัดอยู่ในวัยกลางคน เนื่องจากเกษตรกรมีประสบการณ์ในการปลูกพืชผักมาอย่างยาวนาน เกษตรกรร้อยละ 43.00 จบการศึกษาระดับประถมศึกษา สอดคล้องกับ ประเมศวร์ (2556) ศึกษาเรื่อง การใช้เทคโนโลยีในระบบการผลิตผักพื้นบ้านอินทรีย์ของเกษตรกรในอำเภอบ้านนา จังหวัดนครนายก พบว่า เกษตรกรร้อยละ 55.10 จบการศึกษาระดับประถมศึกษา เนื่องจากเกษตรกรไม่ได้ศึกษาต่อโดยออกมาประกอบอาชีพเกษตรกรรวมช่วยเหลือครอบครัว และเกษตรกรได้รับการอบรมเกี่ยวกับเชื้อราไตรโคเดอร์มาเฉลี่ย 2.38 ครั้ง/ปี ส่วนใหญ่จากเจ้าหน้าที่ภาครัฐ ดังแสดงใน (Table 1)

Table 1 The basic social conditions of farmers

			n = 172
	Item	No.	%
Gender			
	Male	58	33.7
	Female	114	66.3
Age (yrs.)			
	< 36	10	5.8
	36-45	21	12.2
	46-55	49	28.5
	56-65	56	32.6
	> 65	36	20.9
Min = 23 years Max = 76 years $\bar{x}$ = 56.01 years S.D. = 11.481			
Education			
	Primary school	74	43.0
	Secondary school	28	16.3
	High school/ Vocational Certificate	35	20.4
	Vocational Certificate/ diploma	14	8.1
	Bachelor's degree	17	9.9
	Master's degree	4	2.3
Training on the use of Trichoderma in vegetable production : times/year			
	1-2	108	62.8
	3-4	55	32.0
	≥ 5	9	5.2
Min = 1 time Max = 8 time $\bar{x}$ = 2.38 time S.D. = 1.211			
Organization or person providing training on the use of Trichoderma (More than 1 answer)			
	Government officials	171	99.4
	Private sector officer	3	1.7
	Farmer leader	34	19.8

1.2 สภาพพื้นฐานทางด้านเศรษฐกิจ
พบว่า เกษตรกรร้อยละ 92.40 มีการถือครองที่ดินของครัวเรือนแบบมีเอกสารสิทธิ์ สอดคล้องกับนาวิรินทร์ (2558) ศึกษาเรื่องการผลัดผักตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกร ในจังหวัดหนองคาย พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ (ร้อยละ 83.89) มีที่ดินเป็นของตนเองและมีเอกสารสิทธิ์ เนื่องจากพื้นที่ทำการเกษตรของเกษตรกรในอำเภอประจันตคามส่วนใหญ่ มีการถือครองโดยเกษตรกรเป็นเจ้าของ

สอดคล้องกับรายงานข้อมูลการขึ้นทะเบียนเกษตรกรของสำนักงานเกษตรอำเภอประจันตคาม (2563) พบว่าเกษตรกรร้อยละ 64.90 มีการถือครองที่ดินโดยเกษตรกรเป็นเจ้าของ เกษตรกรมีขนาดพื้นที่ในการเพาะปลูกผักเฉลี่ย 1.71 ไร่ ใกล้เคียงกับนาวิรินทร์ (2558) พบว่า เกษตรกรมีพื้นที่ผลิตผักปลอดภัยทั้งหมดโดยเฉลี่ย 1.40 ไร่ และใกล้เคียงกับปรเมศวร์ (2556) พบว่า เกษตรกรมีพื้นที่ปลูกผักพื้นบ้านอินทรีย์เฉลี่ยครอบครัวยุค 2.03 ไร่ เป็นของตนเอง

เนื่องจากขนาดพื้นที่ปลูกมีปริมาณที่ไม่มากเกินไป เหมาะแก่การบริหารจัดการแปลง เกษตรกรมีประสบการณ์ในการเพาะปลูกผัก เฉลี่ย 13.13 ปี สอดคล้องกับ อนุวัฒน์ (2562) พบว่า เกษตรกรมีประสบการณ์ในการเพาะปลูกผัก เฉลี่ย 14.90 ปี เนื่องจากการปลูกพืชผักเพื่อเป็นแหล่งอาหารให้กับครอบครัวและชุมชน สามารถสร้างรายได้เสริมให้แก่ครอบครัวได้ เกษตรกรมีจำนวนแรงงานเฉลี่ย 1.84 คน ใกล้เคียงกับ กิตติคุณ (2552) ศึกษาเรื่อง ความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการผลิตผักปลอดภัยของศูนย์การเรียนรู้เศรษฐกิจพอเพียงชุมชน พบว่า เกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการผลิตผักปลอดภัยมีค่าเฉลี่ยแรงงานทั้งหมดเท่ากับ 1.53 คน เนื่องจากแรงงานหลักในการเพาะปลูกผักเป็นแรงงานในครัวเรือน ไม่มีการจ้างแรงงานจากภายนอก เกษตรกรมีรายได้จากการ

เพาะปลูกผักของครัวเรือน เฉลี่ย 23,398.26 บาท/ปี ใกล้เคียงกับ ประเมศวร์ (2556) พบว่า เกษตรกรมีรายได้จากการขายผักพื้นบ้านอินทรีย์เฉลี่ยที่ 29,793.19 บาทต่อปี เนื่องจากเกษตรกรมีประสบการณ์ในการเพาะปลูกผักเป็นเวลานาน และเกษตรกรบางส่วนมีการรวมกลุ่มกันในการผลิตและจำหน่าย ทำให้มีความรู้ในการบริหารจัดการแปลง มีตลาดรองรับผลผลิตที่แน่นอน เกษตรกรมีรายจ่ายจากการเพาะปลูกผักของครัวเรือน เฉลี่ย 5,881.02 บาท/ไร่/ปี แตกต่างกับ ประเมศวร์ (2556) พบว่า เกษตรกรมีต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 3,770.61 บาท/ไร่/ปี เนื่องจากการผลิตผักของเกษตรกรต้องใช้ปุ๋ยคอก ปุ๋ยเคมี และสารเคมีซึ่งราคาปัจจัยการผลิตมีราคาค่อนข้างสูง และเกษตรกรส่วนใหญ่ยังไม่ได้มาตรฐานรับรองการผลิต

Table 2 Basic economic conditions of farmers

Table 2 Basic economic conditions of farmers

n = 172

Item	No.	%
Land holdings and types of title deeds (More than 1 answer)		
Household and licensed form	159	92.4
Rent with a license	13	7.6
Vegetable growing area (rai)		
< 2	123	71.5
2-4	32	18.6
> 4	17	9.9
Min = 0.25 rai Max = 12.00 rai $\bar{x}$ = 1.71 rai S.D. = 2.318		
Vegetable cultivation experience (year)		
≤ 5	47	27.3
6-10	36	20.9
11-15	24	14.0
16-20	27	15.7
≥ 21	38	22.1
Min = 1 year Max = 30 year $\bar{x}$ = 13.13 year S.D. = 8.157		
The main labor in vegetable cultivation (person)		
1	48	27.9
2	109	63.4
3	10	5.8
4	5	2.9
Min = 1 person Max = 4 person $\bar{x}$ = 1.84 person S.D. = 0.655		

Table 2 (continued).

Table 2 (Continued).

n = 172

Item	No.	%
Income from household vegetable cultivation (baht/year)		
≤ 10,000	35	20.3
10,001-20,000	50	29.1
20,001-30,000	61	35.5
30,001-40,000	9	5.2
≥ 40,001	17	9.9
Min = 3,000 baht Max = 120,000 baht $\bar{x}$ = 23,398.26 baht S.D. = 17,226.131		
Household expenses for growing vegetables (baht/year)		
≤ 5,000	44	25.6
5,001-10,000	51	29.7
10,001-15,000	61	35.5
15,001-20,000	5	2.9
≥ 20,001	11	6.4
Min = 1,000 baht Max = 52,500 baht $\bar{x}$ = 10,043.90 baht S.D. = 7,129.336		

2. สภาพการผลิตผักและการตลาดของเกษตรกร

2.1 สภาพการผลิตผักของเกษตรกร

พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ปลูกผักบุ้ง โดยปลูกผักเฉลี่ย 3.63 รอบ/ปี ร้อยละ 86.60 ยังไม่ได้มาตรฐานรับรองการผลิต ร้อยละ 95.30 เตรียมดินโดยใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ร้อยละ 33.10 ใช้น้ำจากสระน้ำ เกษตรกรส่วนใหญ่ซื้อเมล็ดพันธุ์ผักจากร้านค้า และเกินครึ่งนำเมล็ดพันธุ์ไปหว่านหรือปลูกเลย ไม่มีการเพาะกล้าพันธุ์ เกษตรกรทั้งหมดใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ร้อยละ 48.20 ใช้สารสกัดจากพืชเพื่อป้องกันศัตรูพืชในแปลง และเกษตรกรร้อยละ 65.00 ไม่มีการจดบันทึกข้อมูลการปฏิบัติการเพาะปลูกผัก สอดคล้องกับ ประภาพร (2559) ศึกษาเรื่องต้นทุนและผลตอบแทนการผลิตผักอินทรีย์ของกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์ อำเภอสันทราย แม่ริม แม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า กลุ่มเกษตรกรอินทรีย์ส่วนใหญ่ปลูกผักบุ้งเงินมากที่สุด เนื่องจากผักบุ้ง และผักคะน้าเป็นผักที่ปลูกได้ตลอดปี และการดูแลรักษาง่ายไม่ยุ่งยาก เกษตรกรส่วนใหญ่ปลูกผักเพื่อเสริมรายได้ให้

กับครอบครัว การปลูกผักในเชิงธุรกิจยังไม่แพร่หลาย

2.2 การตลาดผักของเกษตรกร พบว่า

เกษตรกรร้อยละ 65.00 จำหน่ายผลผลิตผักในตลาดชุมชน สอดคล้องกับ นาวิรินทร์ (2558) พบว่า เกษตรกรร้อยละ 55.00 จำหน่ายผลผลิตเองในท้องถิ่น เนื่องจากในอำเภอประจันตคาม มีตลาดชุมชนหลายแห่ง ทำให้เกษตรกรสามารถนำผลผลิตมาจำหน่ายในชุมชนได้อย่างสะดวก

3. ความรู้เกี่ยวกับเชื้อราไตรโคเดอร์มาในการผลิตผักของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ (ร้อยละ 97.67) มีความรู้เกี่ยวกับเชื้อราไตรโคเดอร์มาในระดับมาก และมีเกษตรกรเพียงส่วนน้อย ร้อยละ 2.33 มีความรู้เกี่ยวกับเชื้อราไตรโคเดอร์มาในระดับปานกลาง โดยมีคะแนนความรู้เกี่ยวกับเชื้อราไตรโคเดอร์มาในระดับต่ำสุด 12 คะแนน สูงสุด 18 คะแนน และมีคะแนนเฉลี่ย 16.20 คะแนน ซึ่งจัดอยู่ในระดับมาก (Table 3)

Table 3 Summary of farmers' level of knowledge about *Trichoderma* spp. in vegetable production in Prachantakham District, Prachinburi Province.

n = 172			
Knowledge of <i>Trichoderma</i> spp. (score)	Quantity (person)	Percentage	Meaning
13 - 18	168	97.67	high level
7 - 12	4	2.33	moderate
1 - 6	-	-	low level
Min = 12 score Max = 18 score			
$\bar{X}$ = 16.20 score S.D. = 1.018			

การวัดความรู้ของเกษตรกรประกอบด้วย ความรู้ทั่วไป ความรู้เกี่ยวกับการผลิตเชื้อราไตรโคเดอร์มา และความรู้เกี่ยวกับการใช้และการเก็บรักษาเชื้อราไตรโคเดอร์มา สามารถวิจารณ์ผลได้ ดังนี้

3.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเชื้อราไตรโคเดอร์มา พบว่า เกษตรกรบางส่วนยังมีความรู้ไม่ถูกต้องและตอบไม่ตรงคำถาม เช่น เชื้อราไตรโคเดอร์มาสามารถควบคุมโรคพืชที่เกิดจากเชื้อราในพืชผักเท่านั้น ซึ่งคำตอบของคำถาม คือตอบผิด ซึ่งตามหลักวิชาการ สายทอง (2555) กล่าวว่า เชื้อราไตรโคเดอร์มาสามารถควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคพืชได้หลายชนิดโดยเฉพาะเชื้อราที่อยู่ในดิน ทั้งในไม้ผล พืชไร่ พืชผัก และไม้ดอกไม้ประดับ เนื่องจากเกษตรกรบางส่วน ยังไม่มีความรู้ความเข้าใจในประสิทธิภาพของเชื้อราไตรโคเดอร์มา ดังนั้น ในการถ่ายทอดความรู้และฝึกอบรมให้แก่เกษตรกรจึงควรเพิ่มเติมในส่วนของความรู้ทั่วไป ตลอดจนคุณสมบัติและประโยชน์ของเชื้อราไตรโคเดอร์มาให้มากขึ้น เพื่อให้เกษตรกรนำความรู้ไปใช้ได้อย่างถูกต้องและเกิดประสิทธิภาพสูงสุด

3.2 ความรู้เกี่ยวกับการผลิตเชื้อราไตรโคเดอร์มา พบว่า เกษตรกร ร้อยละ 98.80 มีความรู้เกี่ยวกับการผลิตเชื้อราไตรโคเดอร์มามากที่สุดในประเด็น อัตราการหุงข้าวเพื่อผลิตเชื้อราไตรโคเดอร์มาชนิดสด คือ ข้าว 3 ส่วน น้ำ 2 ส่วน ซึ่งตรงตามหลักวิชาการ จิระเดช และวรรณวิไล (2545ข) กล่าวว่า อัตราส่วนในการหุงข้าวเพื่อผลิตเชื้อราไตรโคเดอร์มาชนิดสด ใช้ปลายข้าวหรือข้าวสาร 3 แก้ว (ประมาณ 600 กรัม) ใส่ น้ำเปล่าสะอาด 2 แก้วหรือประมาณ 0.5 ลิตร หุงด้วยหม้อข้าวไฟฟ้า เมื่อสุกแล้วจะได้ข้าวสุกประมาณ 1 กิโลกรัม เนื่องจาก

เกษตรกรมีการติดต่อกับเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรในเรื่องการผลิตขยายเชื้อราไตรโคเดอร์มา โดยการอบรมฝึกปฏิบัติจึงทำให้เกษตรกรเกิดทักษะและมีความรู้ในด้านการผลิตขยายเชื้อราไตรโคเดอร์มาชนิดเชื้อสด และเกษตรกรมีประสบการณ์ในการปลูกผักมาก (13.13 ปี)

3.3 ความรู้เกี่ยวกับการใช้และการเก็บรักษาเชื้อราไตรโคเดอร์มา พบว่า เกษตรกร ร้อยละ 74.40 มีความรู้เกี่ยวกับการใช้และการเก็บรักษาเชื้อราไตรโคเดอร์มาน้อยที่สุดในประเด็นหลักเลี้ยงการใช้สารเคมีในกลุ่มเบนโนมิลและคาร์เบนดาซิมในช่วง 7 วัน ก่อนและหลังการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มา ตามที่จิระเดช และวรรณวิไล (2545ก) กล่าวว่า ควรหลักเลี้ยงการใช้สารเคมีในกลุ่มเบนโนมิลและคาร์เบนดาซิมในช่วง 7 วัน ก่อนและหลังการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มา และพบว่าเกษตรกรหนึ่งในสามมีความรู้ไม่ถูกต้องและตอบไม่ตรงคำถาม เนื่องจากเกษตรกรบางส่วนยังไม่มีความรู้ ความเข้าใจในการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มา ดังนั้น เจ้าหน้าที่ควรถ่ายทอดความรู้เพิ่มเติม และเน้นย้ำในเรื่องการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มา เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

4. ปัญหาและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการส่งเสริมการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาในการผลิตผักของเกษตรกร

4.1 ปัญหาเกี่ยวกับการส่งเสริมการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาในการผลิตผักของเกษตรกร ผลการศึกษาพบว่า ในภาพรวมเกษตรกรมีปัญหาเกี่ยวกับการส่งเสริมการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาในการผลิตผัก ทั้ง 3 ประเด็นอยู่ในระดับปานกลาง (Table 4)

Table 4 Summary of an overview of the level of problems concerning the promotion of the use of *Trichoderma* spp. in vegetable production by farmers in Prachantakham District, Prachinburi Province.

n = 172

Issues	Average	Standard deviation	Meaning	Rating
1. Knowledge	2.74	1.066	moderate	3
2. Production	3.28	0.681	moderate	1
3. The use of <i>Trichoderma</i> spp.	3.14	0.850	moderate	2
Average	3.06	0.865	moderate	

ปัญหาของเกษตรกรด้านความรู้ พบว่า เกษตรกรมีปัญหาด้านความรู้ในระดับปานกลาง โดยประเด็นแรก ขาดความรู้ด้านโรคพืช (ค่าเฉลี่ย 3.03) รองลงมาขาดความรู้เกี่ยวกับการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มา (ค่าเฉลี่ย 2.73) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเกษตรกรส่วนใหญ่ยังไม่ได้รับการอบรมความรู้เกี่ยวกับโรคพืช ขาดการตรวจแปลงอย่างสม่ำเสมอ และขาดความรู้เกี่ยวกับการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มา เกษตรกรส่วนใหญ่ใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาชนิดสดโดยวิธีการฉีดพ่นในแปลงผักเพียงอย่างเดียว จึงทำให้การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาชนิดสดยังไม่มีประสิทธิภาพมากพอในการป้องกันกำจัดโรคในพืชผัก สอดคล้องกับ กัลยา (2545) ศึกษาเรื่อง ความคิดเห็นต่อการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาป้องกันกำจัดโรคพืชผักของเกษตรกรในจังหวัดขอนแก่น พบว่า เกษตรกรประสบปัญหาในระดับมาก ใน 3 เรื่อง คือ ปัญหาโรคแมลงศัตรูพืชระบาดมาก การฝึกอบรมมีน้อย และราคาผลผลิตตกต่ำ ดังนั้น หน่วยงานราชการ หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ควรจัดฝึกอบรมให้ความรู้ในวิธีการป้องกันระงับภัยจากโรคแมลงศัตรูพืช เพื่อรักษาให้ทันทั่วทั้งที่ป้องกันผลเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นได้ มีการออกติดตามให้คำแนะนำในพื้นที่จริงอย่างสม่ำเสมอ รวมทั้งส่งเสริมให้กระบวนการกลุ่มผู้ปลูกผักที่มีอยู่แล้วให้เข้มแข็งขึ้น มีการรวมกลุ่มกันผลิตและจำหน่ายผลผลิตผัก เพื่อให้มีอำนาจในการต่อรองราคาผลผลิตผักได้ ปัญหาของเกษตรกรด้านการผลิต-ขยายเชื้อสด พบว่า เกษตรกรมีปัญหาด้านความรู้ในระดับปานกลาง ในประเด็นแรก ขั้นตอนการผลิตค่อนข้างยุ่งยาก ต้องมีการวางแผนล่วงหน้าก่อนการใช้ทุกครั้ง

ในระดับมาก (3.95) รองลงมา เชื้อสดที่ขยายพร้อมใช้แล้วไม่สามารถเก็บไว้ในอุณหภูมิปกติได้ และอายุการเก็บรักษาสั้น ใน ระดับปานกลาง (3.12) สอดคล้องกับ จรัส (2559) พบว่า เกษตรกรมีปัญหาด้านเรื่องระยะเวลาในการผลิตคือ ต้องรอเวลาในการผลิตขยายเชื้อก่อนนำไปใช้ ประมาณ 7 วัน จึงทำให้ไม่ทันต่อช่วงเวลาที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ได้ และเรื่องอายุการเก็บรักษา ซึ่งเชื้อราไตรโคเดอร์มาชนิดสดมีอายุการเก็บรักษาได้ไม่นาน หากเมื่อผลิตแล้วยังไม่ได้ใช้ เกษตรกรต้องนำไปเก็บรักษาไว้ในตู้เย็น ซึ่งเก็บรักษาได้ไม่เกิน 1 เดือน รวมถึงความเคยชินในการใช้สารเคมีที่มีความสะดวกใช้งานง่าย และหาซื้อได้ตามร้านขายเคมีเกษตรทั่วไป โดยเจ้าหน้าที่ควรส่งเสริมให้เกษตรกรจัดทำแผนการผลิตผักเพื่อวางแผนการผลิตและใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาให้สอดคล้องต่อช่วงเวลาการใช้งานตลอดฤดูกาลผลิต และส่งเสริมให้ความรู้เกี่ยวกับโรคพืช ปัญหาของเกษตรกรด้านการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มา พบว่า ภาพรวมเกษตรกรมีปัญหาด้านความรู้ในระดับปานกลาง ประเด็นแรกในระดับมาก เรื่องการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาต้องใช้สม่ำเสมอ และควรใช้ในช่วงป้องกันโรคจะเห็นผลดีกว่าการใช้เพื่อกำจัดโรค (3.44) รองลงมาในระดับปานกลาง เรื่องการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาในการป้องกันกำจัดโรคพืชเห็นผลช้ากว่าการใช้สารเคมี (3.23) สอดคล้องกับ ปาณิสรา (2560) พบว่า ปัญหาและอุปสรรคของเกษตรกร ตลอดจนข้อเสนอแนะในการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาในการควบคุมศัตรูพืชในนาข้าวของเกษตรกร มีทั้งหมด 5 ด้าน ได้แก่ ด้านการผลิต

เชื้อราไตรโคเดอร์มา ด้านการนำเชื้อราไตรโคเดอร์มา มาใช้ทางการเกษตร ด้านการถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับ เชื้อราไตรโคเดอร์มา ด้านที่ดินทำการเกษตร และด้านการส่งเสริมการใช้ไตรโคเดอร์มา โดยสามารถนำผลการศึกษานี้ไปประยุกต์ใช้เพื่อส่งเสริมการยอมรับการใช้ไตรโคเดอร์มาของเกษตรกรได้ ซึ่งพบว่าเกษตรกรมีปัญหานี้ในเรื่องของเชื้อราไตรโคเดอร์มามีไม่เพียงพอต่อความต้องการของเกษตรกร การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มานั้นเห็นผลช้ากว่าการใช้สารเคมีและเห็นผลในกรณีที่ใช้เชื้อราทำให้เกิดโรครังไม่มีความรุนแรง หรือเชื้อโรครังไม่แพร่ระบาดมากนัก

4.2 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการส่งเสริมการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาในการผลิตผักของเกษตรกร พบว่า ภาพรวมระดับข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการส่งเสริมการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาในการผลิตผักของเกษตรกรอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.79) เมื่อพิจารณาแยกเป็นรายประเด็น พบว่า อันดับ 1 เกษตรกรมีข้อเสนอแนะด้านการผลิต-ขยายเชื้อสด ระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.31) รองลงมา อันดับ 2 เกษตรกรมีข้อเสนอแนะด้านการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มา ระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.59) และเกษตรกรมีข้อเสนอแนะด้านความรู้ ระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.48) ตามลำดับ (Tabel 5)

Table 5 Summary of an overview of the recommendation level on the promotion of the use of *Trichoderma* spp. in vegetable production by farmers in Prachantakham District, Prachinburi Province.

n = 172

Feedback issues	Average	Standard deviation	Meaning	Rating
1. Knowledge	3.48	0.812	high level	3
2. Production	4.31	0.653	the most level	1
3. The use of <i>Trichoderma</i> spp.	3.59	0.670	high level	2
Average	3.79	0.712	high level	

เกษตรกรมีข้อเสนอแนะด้านความรู้ภาพรวมอยู่ในระดับมาก โดยเฉพาะประเด็น เจ้าหน้าที่ควรให้ความรู้เกี่ยวกับโรคพืช เพื่อให้เกษตรกรมีความรู้เกี่ยวกับโรคพืช และสามารถวินิจฉัยสาเหตุโรคพืชได้ และมีการตรวจแปลงอย่างสม่ำเสมอ อีกทั้งเกษตรกรมีข้อเสนอแนะด้านการผลิต-ขยายเชื้อสด ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยเฉพาะประเด็น หน่วยงานส่งเสริมการเกษตรควรสนับสนุนให้เชื้อไตรโคเดอร์มาอย่างต่อเนื่อง หรือจัดหาแหล่งจำหน่ายที่หาซื้อได้ง่าย และเกษตรกรมีข้อเสนอแนะด้านการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มา ภาพรวมอยู่ในระดับมาก โดยเฉพาะประเด็น หน่วยงานส่งเสริมการเกษตรควรส่งเสริมให้เกษตรกรรวมกลุ่มทำการเกษตรในรูปแบบเกษตรอินทรีย์ ดังนั้น หน่วยงานราชการ หรือหน่วยงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องควรจัดอบรมฝึกปฏิบัติสร้างความรู้ความเข้าใจใน

การป้องกัน การคาดการณ์การระบาดของศัตรูพืช การวินิจฉัยโรคและแมลงศัตรูพืช เพื่อป้องกันรักษาให้ทันทั่วทั้งปี เป็นการป้องกันผลผลิตไม่ให้เกิดความเสียหาย เจ้าหน้าที่มีการออกติดตามให้คำแนะนำในพื้นที่จริงอย่างสม่ำเสมอ รวมทั้งส่งเสริมให้เกิดการรวมกลุ่มและสร้างเครือข่ายเพิ่มจากกลุ่มที่มีการดำเนินการอยู่แล้วให้เกิดการถ่ายทอดความรู้ แลกเปลี่ยนประสบการณ์ การรวมกลุ่มกันในการผลิตขยายเชื้อราไตรโคเดอร์มา และสารชีวภัณฑ์ชนิดอื่น ๆ เช่น เชื้อราบีวเวอร์เรีย เชื้อราเมธาไรเซียม รวมถึงการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี มีการวางแผนการผลิตผักร่วมกัน การรวมกลุ่มกันจำหน่ายผลผลิตผัก เพื่อให้เกิดอำนาจในการต่อรองราคาผลผลิตผัก และสามารถสร้างอาชีพ สร้างรายได้ให้กับครัวเรือน และชุมชนต่อไป

สรุป

เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง วัยกลางคน จบการศึกษาระดับประถมศึกษา มีสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 3.09 คน มีพื้นที่เพาะปลูกผักขนาดเล็กเฉลี่ย 1.71 ไร่ มีประสบการณ์ในการปลูกผักเฉลี่ย 13.13 ปี มีแรงงานในครัวเรือนเฉลี่ย 1.84 คน มีรายได้จากการปลูกผักของครัวเรือนเฉลี่ย 23,398.26 บาท/ปี และมีรายจ่ายจากการปลูกผักของครัวเรือนเฉลี่ย 10,043.90 บาท/ปี โดยเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรควรส่งเสริมให้เกษตรกรมีการลดต้นทุนการผลิต เกษตรกรส่วนใหญ่ปลูกผักบุ้ง โดยมีการผลิตผักเฉลี่ย 3.63 รอบ/ปี ร้อยละ 86.60 ยังไม่ได้มาตรฐานรับรองการผลิต เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่ไม่มีการบันทึกข้อมูลการผลิต เกษตรกรส่วนใหญ่เตรียมดินโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ และเกือบครึ่งใช้สารสกัดจากพืช เกษตรกรมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเชื้อราไตรโคเดอร์มาอยู่ในระดับมาก โดยมีเกษตรกรบางส่วนยังไม่มีความรู้ความเข้าใจในประสิทธิภาพของเชื้อราไตรโคเดอร์มา ดังนั้นในการถ่ายทอดความรู้และฝึกอบรม จึงควรเพิ่มเติมในส่วนของความรู้ทั่วไป ตลอดจนคุณสมบัติและประโยชน์ของเชื้อราไตรโคเดอร์มาให้มากขึ้น เพื่อให้เกษตรกรสามารถนำความรู้ไปใช้ได้ถูกต้องและเกิดประสิทธิภาพสูงสุด และปัญหาของเกษตรกรได้แก่ ขั้นตอนการผลิตเชื้อราไตรโคเดอร์มาค่อนข้างยุ่งยาก ประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดโรคพืชเห็นผลช้ากว่าการใช้สารเคมี และขาดความรู้ด้านโรคพืช ดังนั้นเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรควรส่งเสริมให้เกษตรกรรวมกลุ่มในการผลิตเชื้อราไตรโคเดอร์มา และอบรมให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับวิธีการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาในการผลิตผัก ความรู้ด้านโรคพืช รวมทั้งควรสนับสนุนให้เชื้อราไตรโคเดอร์มาอย่างต่อเนื่อง

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะต่อเกษตรกร

- 1) เกษตรกรควรศึกษาความรู้เกี่ยวกับการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มา และศึกษาความรู้เกี่ยวกับศัตรูพืช
- 2) เกษตรกรควรรวมกลุ่มในการผลิตผัก เพื่อให้เกิดการถ่ายทอดความรู้ แลกเปลี่ยนประสบการณ์ ร่วมกันผลิตและวางแผนการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มา และสารชีวภัณฑ์ชนิดอื่น เพื่อให้เพียงพอตลอดฤดูกาลผลิต

2. ข้อเสนอแนะต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

- 1) หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ควรสนับสนุนให้มีการจัดตั้งศูนย์ผลิตสารชีวภัณฑ์ในชุมชน
- 2) หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรบูรณาการร่วมกันในการเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ และส่งเสริมให้เกษตรกรใช้ เชื้อราไตรโคเดอร์มาในการผลิตพืช
- 3) หน่วยงานส่งเสริมการเกษตร ควรส่งเสริมให้เกษตรกรได้รับมาตรฐานในการผลิต เช่น การปฏิบัติตามการเกษตรที่ดีเหมาะสม (Good Agriculture Practices : GAP) และระบบมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (Organic Thailand) เป็นต้น

3. ข้อเสนอแนะต่อเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร

- 1) ควรส่งเสริมและผลักดันเกษตรกรรุ่นใหม่ ใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาในการป้องกันและกำจัดโรคพืช
- 2) เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรควรศึกษาแนวทางการจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสาน (Integrate Pest Management, IPM) เพื่อส่งเสริมและถ่ายทอดความรู้ให้แก่เกษตรกรเกิดการปฏิบัติให้เกิดประสิทธิภาพต่อไป
- 3) จัดฝึกอบรมและสนับสนุนเชื้อราไตรโคเดอร์มาอย่างต่อเนื่อง และติดตามให้คำแนะนำอย่างสม่ำเสมอ
- 4) ส่งเสริมให้เกษตรกรใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาในพืชชนิดอื่น เช่น พืชไร่ ไม้ดอกไม้ประดับ และไม้ผล
- 5) ประชาสัมพันธ์ผ่านสื่อต่างๆ ตามความเหมาะสม เช่น วิทยุกระจายเสียง การประชาสัมพันธ์ผ่านทางชุมชน และการประชาสัมพันธ์ทางสื่อออนไลน์ เป็นต้น

4. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาในการผลิตผัก และพืชชนิดอื่นเพื่อใช้เป็นแนวทางในการส่งเสริมการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาต่อไป
2. ควรศึกษาผลของการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาเปรียบเทียบกับการใช้สารเคมี เพื่อให้เกิดการยอมรับหรือปฏิบัติตามได้ง่ายขึ้น
3. ควรศึกษาความต้องการของเกษตรกรในการผลิตและสร้างมูลค่าเพิ่มพืชสมุนไพร เพื่อหาแนวทางในการส่งเสริมต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2564. เกษตรฯ ลงพื้นที่รับฟังปัญหาเกษตรกรปลูกผัก. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://secreta.doae.go.th/?p=8481> (5 มีนาคม 2565).
- กัลยา มิขะมา. 2545. ความคิดเห็นต่อการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาป้องกันกำจัดโรคพืชผักของเกษตรกรในจังหวัดขอนแก่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น. จังหวัดขอนแก่น, 121 หน้า
- กิติคุณ บุญทะนุวงศ์. 2552. ความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการผลิตผักปลอดภัยของศูนย์การเรียนรู้เศรษฐกิจพอเพียงชุมชน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ, 95 หน้า
- เครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช. 2563. รายงานการตกค้างของสารพิษในผักผลไม้. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://www.hfocus.org/content/2020/12/20569> (2 พฤษภาคม 2565).
- จรัล เข้มพล. 2559. การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาในนาข้าวของเกษตรกรในจังหวัดสุโขทัย. วิทยานิพนธ์ปริญญาเกษตรศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช นนทบุรี. 98 หน้า
- จิระเดช แจ่มสว่าง และวรรณวิไล อินทนู. 2545ก. การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาควบคุมโรคพืช. หน้า 36-52. ใน: ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตรคลินิกสุขภาพพืช มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. เอกสารประกอบการฝึกอบรมการควบคุมโรคพืชและแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, จังหวัดนครปฐม.
- จิระเดช แจ่มสว่าง และวรรณวิไล อินทนู. 2545ข. การผลิตเชื้อราไตรโคเดอร์มาชนิดสด. หน้า 53-65 ใน: ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตรคลินิกสุขภาพพืช มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. เอกสารประกอบการฝึกอบรมการควบคุมโรคพืชและแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, จังหวัดนครปฐม.
- นาวินทร์ แก้วดวง. 2558. การผลิตผักตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกรในจังหวัดหนองคาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาเกษตรศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช นนทบุรี. 107 หน้า
- ปรเมศวร์ วีระโสภณ. 2556. การใช้เทคโนโลยีในระบบการผลิตผักพื้นบ้านอินทรีย์ของเกษตรกร ในอำเภอบ้านนา จังหวัดนครนายก. วิทยานิพนธ์ปริญญาเกษตรศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช นนทบุรี. 160 หน้า
- ประภาพร กิจดำรงธรรม. 2559. ต้นทุนและผลตอบแทนการผลิตผักอินทรีย์ของกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์ อำเภอสันทราย แม่ริม แม่แตง จังหวัดเชียงใหม่. รายงานผลงานวิจัย, มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่. 47 หน้า
- ปาณิสรา สัมฤทธิ์นอก. 2560. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มา ในการควบคุมศัตรูพืชในนาข้าวของเกษตรกร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาเศรษฐศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่. 88 หน้า
- สายทอง แก้วฉาย. 2555. การใช้ไตรโคเดอร์มาในการควบคุมโรคพืช. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ ปีที่ 4 (ฉบับที่ 3): 108-118.
- สำนักงานเกษตรอำเภอประจันตคาม. กรมส่งเสริมการเกษตร. 2563. ข้อมูลทะเบียนเกษตรกร. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.farmer.doae.go.th/farmer/report_act/reportTambon (1 มีนาคม 2565).
- อนุวัฒน์ อยู่สงค์. 2562. การส่งเสริมการผลิตผักปลอดภัยของเกษตรกรในอำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม. วิทยานิพนธ์ปริญญาเกษตรศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช นนทบุรี. 98 หน้า
- Yamane, T. 1973. Statistics: An Introductory Analysis. 3rd Edition, Harper and Row, New York. 1,130 p.

การศึกษาอัตราส่วนของปุ๋ยมูลไส้เดือนดินต่อหญ้าเนเปียร์และตัวประสานจาก นํ้านมโคเสียต่อการขึ้นรูปของภาชนะปลูกแบบย่อยสลายได้

Study on the Ratio of Vermicompost to Napier Grass (*Pennisetum purpureum* cv.
Pakchong 1) and Binder from Discarded Cow Milk on Biodegradable Plant
Containers Molding

ณภาพัสณัฐ อุ้งสูงเนิน¹ วรพจน์ ศตเดชากุล² วณิดา สืบสายพรหม¹ มนูญ ปลงรัมย์¹ และ
ลักษณะ เพี้ยชัย¹

Naphanut Usungnoen¹, Worapot Satadaechakul², Wanida Suebsaiprom¹, Manoon Plongrum¹
and Lak Piasai⁽¹⁾

Received: October 17, 2022

Revised: November 4, 2022

Accepted: November 8, 2022

Abstract: The objective of this research was to develop a guideline for the utilization of animal waste and to create organic plant containers that can release nutrients in the soil following natural decomposition. The trial was established between 20 May 2021 and 19 May 2022 at Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus by comparing the ratio of vermicompost to Napier grass and the appropriate binder ratio for plant container molding. The binder for this study was made primarily from discarded cow milk. A total of 15 treatments which were evaluated under this study comprised of the vermicompost: Napier grass ratios (4:1, 3:1, 2:1, 1:1 and 1:0 by weight) and the binder ratios (0.5, 1, and 2 times by weight). Molding of plant container was established by using a hydraulic press machine under the pressure ranging from 350 kPa to 340 MPa. The plant containers produced from all ratios of vermicompost to Napier grass and used twice as much binder in preferable products

Keywords: vermicompost, Napier grass, animal farm waste, plant containers, discarded cow milk

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นแนวทางการใช้ประโยชน์ของเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์และได้ภาชนะปลูกพืชอินทรีย์ที่ช่วยเพิ่มปริมาณธาตุอาหารให้กับดินภายหลังการย่อยสลายไปตามธรรมชาติ ทำการทดลองที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ระหว่างวันที่ 20 พฤษภาคม 2564 - 19 พฤษภาคม 2565 ทำการศึกษาอัตราส่วนของมูลไส้เดือนดินกับหญ้าเนเปียร์และอัตราส่วนของตัวประสานที่เหมาะสม โดยใช้นํ้านมโคเสียเป็นวัตถุดิบหลักในการทำตัวประสาน ทำการศึกษาทั้งหมด 15 ชุดการทดลองที่อัตราส่วนผสมมูลไส้เดือนดินต่อหญ้าเนเปียร์แก่ ได้แก่ 4:1 3:1 2:1 1:1 และ 1:0 โดยน้ำหนัก และอัตราส่วนตัวประสาน 0.5 1 และ 2 เท่าโดยน้ำหนัก นำไปขึ้นรูปภาชนะปลูกด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก ขนาด 350 กิโลปาสกาล ถึง 340 เมกะปาสกาล ด้วยแม่พิมพ์แบบกระถาง พบว่า ภาชนะปลูกในทุกอัตราส่วนผสมมูลไส้เดือนดินต่อหญ้าเนเปียร์แก่ ที่ใช้ตัวประสาน 2 เท่าโดยน้ำหนัก สามารถขึ้นรูปได้ดี

คำสำคัญ: มูลไส้เดือนดิน, หญ้าเนเปียร์, ของเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์, ภาชนะปลูกพืช, นํ้านมโคเสีย

¹ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

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

² ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

² Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

*Corresponding author: patima.u@ku.th

คำนำ

จากอดีตจนถึงปัจจุบันการผลิตกล้าไม้ของเกษตรกรจะปลูกหรือซ้ากล้าไม้โดยใช้วัสดุพลาสติกในการเพาะชำ ซึ่งถุงพลาสติกและภาชนะปลูกพลาสติกที่ใช้แล้ว และใช้จนไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก เป็นขยะที่เสื่อมทางชีวภาพได้ยาก ไม่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ ดังนั้นจะถูกกำจัดโดยการเผาให้เป็นเถ้า ซึ่งอาจก่อให้เกิดมลพิษจากการเผาไหม้พลาสติกบางชนิด เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ สไตรีน เบนซีน ไฮยาไนต์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ เป็นต้น ซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพ (คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี, 2542) รวมทั้งเป็นมลพิษต่อสภาพแวดล้อมทางดิน น้ำ และอากาศ ทั้งนี้จากการศึกษาของ ชาคิต และจันทิมา (2562) ได้ทำการศึกษากาการผลิตภาชนะปลูกอินทรีย์จากปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน ร่วมกับการใช้น้ำนมจากโคเต้านมอัสเสบ และจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพเฉพาะหรืออีเอ็ม (Effective Microorganism: E.M.) เป็นส่วนผสมในการผลิตภาชนะปลูกอินทรีย์ พบว่า อัตราการใช้มูลไส้เดือนดิน 60 กรัม โปรตีนนมบูด 40 กรัม อีเอ็ม 15 กรัม ทำให้ภาชนะปลูกพืชมีการคงรูปอุ้มน้ำได้ดี และได้นำภาชนะปลูกพืชมาทดลองเพาะกล้าถั่วเขียว พบว่า ต้นถั่วเขียวมีลำต้นสีเขียวสด และได้ลำต้นสูงใหญ่

วัสดุที่สามารถนำมาใช้ผลิตเป็นภาชนะปลูกชีวภาพได้นั้นส่วนใหญ่จะเป็นวัสดุที่มีเส้นใยที่ช่วยในการยึดเกาะ เพื่อเสริมความแข็งแรงให้กับภาชนะปลูก และช่วยยืดอายุการใช้งานของภาชนะปลูกให้ยาวนานขึ้น พอเหมาะสำหรับช่วงเวลาในการเพาะกล้าไม้ก่อนที่จะนำไปปลูกลงดิน ตัวอย่างวัสดุที่สามารถนำมาผลิตภาชนะปลูกชีวภาพได้ เช่น ขุยมะพร้าว เปลือกทุเรียน เปลือกข้าวโพด ใบสับปะรด แกลบ ถ่านแกลบ ต้นกล้วย ฟางข้าว ชานอ้อย ใบไม้และเศษวัชพืชต่างๆ (Sangmook et al., 2008) ภาชนะปลูกที่ผลิตขึ้น สามารถนำไปปลูกลงดินไปพร้อมกับต้นไม้ได้โดยไม่ต้องนำกระถางออก ซึ่งส่วนใหญ่การผลิตภาชนะปลูกใช้กาบแปงเปียกเป็นตัวประสานในปริมาณแตกต่างกัน ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่ว่า หากนำของเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์ ได้แก่ น้ำนมจากโคเต้านมอัสเสบซึ่งไม่สามารถจำหน่ายได้ มาตกตะกอนโปรตีนด้วยกรดและด่าง แล้วทำเป็น

ตัวประสาน (WikiHow Staff, 2021; ชาคิต และจันทิมา, 2562) รวมทั้ง หญ้าเนเปียร์ ซึ่งเป็นหญ้าอาหารสัตว์ที่เกษตรกรนิยมปลูกในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นหญ้าที่ให้โปรตีนและผลผลิตสูง (ไกรลาส, 2553) แต่หากปล่อยให้อายุมากเกินไป 3 เดือน ลำต้นจะแข็งและมีเยื่อใยสูง หากนำมาเป็นวัสดุผสมน่าจะเสริมความแข็งแรงให้ภาชนะปลูกได้ ใช้ร่วมกับปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน ซึ่งเป็นปุ๋ยที่ช่วยส่งผลให้ดินมีโครงสร้างดีขึ้นคือ ทำให้ดินกักเก็บความชื้นได้มากขึ้นมีความโปร่งร่วนซุยเพิ่มช่องว่างในดินให้การระบายน้ำและอากาศดียิ่งขึ้น และเพิ่มธาตุอาหารพืช (Steven et al., 2007) นำมาหมักร่วมกับกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ เพื่อช่วยย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ มาพัฒนาเป็นภาชนะปลูกพืชที่สามารถเสื่อมทางชีวภาพในดิน อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานการศึกษาเกี่ยวกับการนำปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน หญ้าเนเปียร์แก่ และน้ำนมจากโคเต้านมอัสเสบ ซึ่งเป็นของเสียภายในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ มาศึกษาเพื่อผลิตภาชนะปลูกพืช ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเรื่องดังกล่าวเพื่อเป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์ของเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด รวมทั้งได้ภาชนะปลูกพืชอินทรีย์ที่สามารถปลดปล่อยธาตุอาหารพืชในระหว่างการปลูก และลงสู่ดินภายหลังการย่อยสลายไปตามธรรมชาติ ส่งผลกระทบที่ดีต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว

อุปกรณ์และวิธีการ

1. **ปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน** นำปุ๋ยมูลไส้เดือนดินมาผึ่งลมให้แห้ง แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 3 มิลลิเมตร เก็บใส่กระสอบไว้ในที่แห้ง
2. **หญ้าเนเปียร์แก่** ตัดหญ้าเนเปียร์ที่อายุมากกว่า 3 เดือน นำมาสับย่อยด้วยเครื่องสับ ตากแดด พลิกกลับหญ้าวันละ 2 ครั้ง จนกระทั่งแห้ง แล้วบดด้วยเครื่องบดละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 3 มิลลิเมตร เก็บใส่กระสอบไว้ในที่แห้ง
3. **น้ำนมโคเสีย** คือนมที่ได้จากโคเต้านมอัสเสบ รวมทั้งโคนมที่ได้รับยาปฏิชีวนะ ทำการเก็บน้ำนมโคใส่ในถุงซีลลอค ถุงละ 1 ลิตร แช่ในตู้เย็นอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ก่อนนำมาใช้
4. **การเตรียมตัวประสานจากน้ำนมโคเสีย** ชุบน้ำนมด้วยความร้อนที่อุณหภูมิปานกลางถึงสูง จนกระทั่งนมอุ่น เติมน้ำส้มสายชูกลั่น ในอัตราส่วนนม 1 กิโลกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 62.5 กรัม คนให้เข้ากัน จะเกิดการ

ตกตะกอนของลิมินม เรียกว่าเคิร์ด (curds) แล้วกรองสารละลายออกผ่านตะแกรง ผสมเคิร์ดกับเบกกิ้งโซดา อัตราส่วนนม 1 กิโลกรัม ต่อเบกกิ้งโซดา 62.5 กรัม และน้ำเล็กน้อยให้เข้ากัน นำส่วนผสมใส่กระทะใช้ไฟกลางถึงสูง กวนส่วนผสม จนกระทั่งส่วนผสมเกิดฟองจึงปิดเตา (ปรับปรุงวิธีการจาก WikiHow Staff, 2021; ชาคริต และจันทิมา, 2562)

5. การศึกษาสมบัติทางเคมีของวัสดุและตัวประสาน

5.1 วิเคราะห์สมบัติทางเคมีของวัสดุและตัวประสาน ได้แก่ ปุ๋ยมูลไส้เดือน หย้าเนเปียร์นมโคเสีย และกาวจากนมโคเสีย ดังนี้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่อง pH meter ค่าการนำไฟฟ้าด้วยเครื่อง Electric Conductivity Bridge ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ด้วยวิธี Walkley and Black (1934) ค่าความชื้น และ C/N ratio โดยการคำนวณ $C/N \text{ ratio} = \frac{\%OC}{\%N}$

5.2 วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืชของวัสดุและตัวประสาน ได้แก่ วิเคราะห์ N โดยย่อยตัวอย่างด้วย H_2SO_4 (ศรีสม, 2544) นำสารละลายที่ได้ไปกลั่นหาไนโตรเจนตามวิธี micro-Kjedahl (Bremner and Tabatabai, 1972) วิเคราะห์ P และ K โดยย่อยละลายตัวอย่างด้วย Mix acid ($HNO_3 : HClO_4$ อัตราส่วน 5:2) ปรับปรุงจาก ศรีสม (2544) แล้ววัดความเข้มข้นของ P ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร ด้วยวิธี Spectroscopy (AOAC, 1990) วัดความเข้มข้นของ K ด้วยวิธี Atomic Absorption Spectroscopy (AOAC, 1990)

5.3 การเปลี่ยนหน่วยความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่วิเคราะห์ได้ (ยงยุทธ และคณะ, 2556) เพื่อแปลผลความเข้มข้นของธาตุอาหารดังกล่าว ให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร (2557) ดังนี้ $\% P_2O_5 = \%P \times 2.29$ และ $\% K_2O = \%K \times 1.20$

6. การออกแบบอัตราส่วนการผลิตภาชนะปลูกพืช โดยออกแบบตัวรับทดลอง (treatments) โดยเลือกอัตราส่วนผสมปุ๋ยมูลไส้เดือน: หย้าเนเปียร์ ได้แก่ 4:1 3:1 2:1 1:1 และ 1:0 โดยน้ำหนัก ผสมด้วยตัวประสานอัตรา 0.5 1 และ 2 เท่าโดยน้ำหนัก วัสดุรวมได้ตัวรับทดลอง 15 ตัวรับ ประกอบด้วย

T1 มูลไส้เดือนดิน 4 ส่วน หย้าเนเปียร์แก่ 1 ส่วน กาวจากนมโคเสีย 0.5 เท่า ((4V: 1N): 0.5G)

T2 มูลไส้เดือนดิน 4 ส่วน หย้าเนเปียร์แก่ 1 ส่วน กาวจากนมโคเสีย 1 เท่า ((4V: 1N): 1G)

T3 มูลไส้เดือนดิน 4 ส่วน หย้าเนเปียร์แก่ 1 ส่วน กาวจากนมโคเสีย 2 เท่า ((4V: 1N): 2G)

T4 มูลไส้เดือนดิน 3 ส่วน หย้าเนเปียร์แก่ 1 ส่วน กาวจากนมโคเสีย 0.5 เท่า ((3V: 1N): 0.5G)

T5 มูลไส้เดือนดิน 3 ส่วน หย้าเนเปียร์แก่ 1 ส่วน กาวจากนมโคเสีย 1 เท่า ((3V: 1N): 1G)

T6 มูลไส้เดือนดิน 3 ส่วน หย้าเนเปียร์แก่ 1 ส่วน กาวจากนมโคเสีย 2 เท่า ((3V: 1N): 2G)

T7 มูลไส้เดือนดิน 2 ส่วน หย้าเนเปียร์แก่ 1 ส่วน กาวจากนมโคเสีย 0.5 เท่า ((2V: 1N): 0.5G)

T8 มูลไส้เดือนดิน 2 ส่วน หย้าเนเปียร์แก่ 1 ส่วน กาวจากนมโคเสีย 1 เท่า ((2V: 1N): 1G)

T9 มูลไส้เดือนดิน 2 ส่วน หย้าเนเปียร์แก่ 1 ส่วน กาวจากนมโคเสีย 2 เท่า ((2V: 1N): 2G)

T10 มูลไส้เดือนดิน 1 ส่วน หย้าเนเปียร์แก่ 1 ส่วน กาวจากนมโคเสีย 0.5 เท่า ((1V: 1N): 0.5G)

T11 มูลไส้เดือนดิน 1 ส่วน หย้าเนเปียร์แก่ 1 ส่วน กาวจากนมโคเสีย 1 เท่า ((1V: 1N): 1G)

T12 มูลไส้เดือนดิน 1 ส่วน หย้าเนเปียร์แก่ 1 ส่วน กาวจากนมโคเสีย 2 เท่า ((1V: 1N): 2G)

T13 มูลไส้เดือนดิน 1 ส่วน หย้าเนเปียร์แก่ 0 ส่วน กาวจากนมโคเสีย 0.5 เท่า ((1V: 0N): 0.5G)

T14 มูลไส้เดือนดิน 1 ส่วน หย้าเนเปียร์แก่ 0 ส่วน กาวจากนมโคเสีย 1 เท่า ((1V: 0N): 1G)

T15 มูลไส้เดือนดิน 1 ส่วน หย้าเนเปียร์แก่ 0 ส่วน กาวจากนมโคเสีย 2 เท่า ((1V: 0N): 2G)

และในทุกการทดลองใส่ฮีเอ็มขยาย ซึ่งการทำฮีเอ็มขยาย มีขั้นตอนคือ ใช้ฮีเอ็ม 1 ลิตร กากน้ำตาล 1 กิโลกรัม เติมน้ำให้ครบ 20 ลิตร บ่มในภาชนะปิดสนิทเป็นเวลา 7 วัน แล้วนำมาเจือจางด้วยน้ำ 1 ต่อ 10 ใช้ในอัตราส่วน 10-15 มิลลิลิตร/วัตถุดิบผสม 100 กรัม เพื่อลดกลิ่นและให้วัสดุเกิดการย่อยสลายอย่างสมบูรณ์ (ตัวอย่าง ส่วนผสมในตำรับทดลอง T15 คือ ใช้มูลไส้เดือนดิน 100 กรัม กาวจากนมโคเสีย 200 กรัม ฮีเอ็มขยาย 30-45 มิลลิลิตร) โดยวางแผนการทดลองแบบ 3 x 5 Factorial in Completely Randomized Design จำนวน 4 ซ้ำ

7. ขั้นตอนการขึ้นรูปภาชนะปลูก โดยนำส่วนผสมตามอัตราส่วนที่ได้ออกแบบไว้ คลุกเคล้าให้เนื้อเข้ากัน นำวัสดุผสมไปอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องกด

ในสภาวะอุณหภูมิห้องที่สามารถควบคุมแรงกดต่อพื้นที่ระหว่าง 350 กิโลปาสกาล ถึง 340 เมกะปาสกาล เพื่อให้กระถางสามารถคงรูปได้โดยไม่ใช้ความร้อน ซึ่งกระบวนการอัดแตกต่างจากหลายงานวิจัยที่นิยมใช้ตัวประสานที่ต้องอาศัยความร้อนในการขึ้นรูป

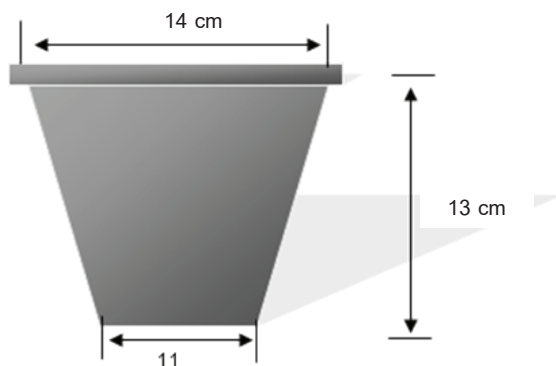


Figure 1 Dimension and configuration of plant containers

8. การขึ้นรูปภาชนะปลูกพืชแบบกระถางแบบไม่ใช้ความร้อนด้วยแท่นอัดแม่พิมพ์ด้วยไฮดรอลิก โดยศึกษาลักษณะทั่วไปของภาชนะปลูกที่สามารถขึ้นรูปได้ ภายหลังการอัด และการผึ่งลมเป็นเวลา 2 สัปดาห์

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. สมบัติทางเคมีของวัสดุและตัวประสาน

มูลไส้เดือนดินมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 5.81 สำหรับค่าการนำไฟฟ้า (EC) เท่ากับ 0.31 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) เท่ากับ 61.78 % คาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) เท่ากับ 15:1 (อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ กรณีไม่เป็นปุ๋ยอินทรีย์เหลว ของกรมวิชาการเกษตร (2557) ที่กำหนดให้ค่า ค่า C/N ratio ไม่เกิน 20:1) หนุ่ยานเปียร์แกมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 5.68 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) เท่ากับ 0.25 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) เท่ากับ 82.65 % ซึ่งค่อนข้างสูงมาก แต่มีคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) เท่ากับ 69:1 เนื่องจากเป็นวัสดุที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการหมักย่อย ส่วนนมโคเสียมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 6.33 สำหรับค่าการนำไฟฟ้า (EC) เท่ากับ 0.35 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) เท่ากับ 19.74 % คาร์บอน

ด้วยแรงกดต่อพื้นที่เพียง 10 – 15 เมกะปาสกาล ดังรายงานของ นศพร และคณะ (2565) ด้วยแม่พิมพ์กระถางสำหรับเพาะต้นกล้า ขนาด 14 เซนติเมตร (Figure 1) และต้นตัวกระถางต้นไม้ออกจากบล็อก แล้วนำกระถางไปผึ่งลมให้แห้ง

ต่อไนโตรเจน (C/N ratio) เท่ากับ 19:1 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ กรณีเป็นปุ๋ยอินทรีย์เหลวของกรมวิชาการเกษตร (2557) ภายหลังการนำนมโคเสียผ่านกระบวนการทำกาก ได้กากจากนมโคเสีย พบว่า มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 9.02 ซึ่งเป็นด่างจัดมาก ส่วนค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ 28.9 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ระดับสูงมาก ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) เท่ากับ 25.50 % ในระดับสูงมาก และมีคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) เท่ากับ 8:1 อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ ของกรมวิชาการเกษตร (2557) (Table 1) ซึ่งอาจเกิดจากการใช้เบกกิ้งโซดา ในกระบวนการทำตัวประสาน จึงทำให้มีค่าความเป็นกรด-ด่างและค่าการนำไฟฟ้าสูง ดังนั้นหากนำมาใช้เป็นตัวประสาน ภาชนะปลูกพืชที่ได้น่าจะมีค่าการนำไฟฟ้าสูง ซึ่งเหมาะสมกับพืชที่ทนเค็มได้ ทั้งนี้ผู้วิจัยกำลังทดสอบวัสดุเศษเหลือชนิดอื่นที่สามารถนำมาทำเป็นตัวประสานได้ เพื่อให้ได้ภาชนะปลูกพืชที่ใช้ได้กับพืชหลายๆ ชนิด ทั้งนี้จากงานทดลองของวรรณวิภา และคณะ (2561) ทำการศึกษาประสิทธิภาพของแท่งเพาะชำจากกากกาแฟ ชี้เลื่อย แกลบ และปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน โดยใช้กากแบ่งเป็ยักเป็นตัวประสาน ซึ่งวัสดุทั้ง 4 ชนิดมีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย เท่ากับ 5.51 6.59 6.38 และ

7.07 ตามลำดับ มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช อยู่ระหว่าง 5.0-7.0 ส่วนปริมาณอินทรีย์วัตถุ มีค่าเท่ากับ 93.40 59.52 79.55 และ 19.40 เปอร์เซ็นต์

ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า มูลไส้เดือนดินที่นำมาทำแท่งเพาะชำนี้ มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่า แต่มีค่าอินทรีย์วัตถุน้อยกว่ามูลไส้เดือนที่ใช้ในการทดลองนี้

Table 1 Chemical properties in vermicompost, old Napier grass, discarded cow milk, glue from discarded cow milk and standard of organic fertilizer.

	pH	EC (dS/m)	OM (%)	C/N ratio	Moisture content (% by fresh weight)
Vermicompost	5.81	0.31	61.78	15:1	72.76
Old Napier grass	5.68	0.25	82.65	69:1	6.81
Discarded cow milk	6.33	0.35	19.74	19:1	-
Glue from discarded cow milk	9.02	28.9	25.50	8:1	44.82
Standard of organic fertilizer (Department of Agriculture, 2014)					
- Solid organic fertilizer				≤ 20:1	
- Liquid organic fertilizer				≤ 20:1	≤ 30

2. ปริมาณธาตุอาหารหลักของวัสดุและตัวประสาน

จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในมูลไส้เดือนดิน พบว่า ในมูลไส้เดือนดินมีธาตุอาหารหลัก (macronutrient elements) ประกอบไปด้วย ธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน (N) 2.34% ฟอสฟอรัส (P_2O_5) 2.18% และโพแทสเซียม (K_2O) 0.22% (อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร (2557) กำหนดให้มี N ไม่น้อยกว่า 1% P_2O_5 ไม่น้อยกว่า 0.5% K_2O ไม่น้อยกว่า 0.5% หรือมีปริมาณธาตุอาหารหลักรวมกันไม่ต่ำกว่า 2%) ส่วนหญ้าเนเปียร์ก็มีปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน (N) 0.70% ฟอสฟอรัส (P_2O_5) 0.41% และโพแทสเซียม (K_2O) 1.42% มีปริมาณธาตุอาหารหลักอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร (2557) เช่นกัน ส่วนนมโคเสียมีปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน (N) 0.60% ฟอสฟอรัส (P_2O_5) 0.18% และโพแทสเซียม (K_2O) 0.13% ซึ่งไม่เป็นไปตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของ

กรมวิชาการเกษตร (2557) ทั้งนี้เมื่อนำนมโคเสียมาทำกาว พบว่า กาวจากนมโคเสีย มีธาตุไนโตรเจน (N) 1.90% ฟอสฟอรัส (P) 0.41% และโพแทสเซียม (K) 0.05% มีปริมาณธาตุอาหารหลักอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร (2557) ดังแสดงใน (Table 2) จากงานทดลองของวรรณวิภา และคณะ (2561) ทำการศึกษาประสิทธิภาพของแท่งเพาะชำจากกากกาแฟ ชี้เลี้ยง แกลบ และปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน โดยใช้กาวแบ่งเป็ยกเป็นตัวประสานซึ่งวัสดุทั้ง 4 ชนิด มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด เท่ากับ 2.50 0.08 0.61 และ 1.21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ เท่ากับ 0.24 0.04 0.13 และ 0.56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ เท่ากับ 0.68 0.77 0.40 และ 0.81 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารในมูลไส้เดือนดินที่นำมาทำแท่งเพาะชำนี้ มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์น้อยกว่า แต่มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์มากกว่ามูลไส้เดือนดินที่ใช้ในงานทดลองนี้

Table 2 The macronutrient concentrations in vermicompost, old Napier grass, discarded cow milk, glue from discarded cow milk and standard of organic fertilizer.

	Total N (%)	Total P ₂ O ₅ (%)	Total K ₂ O (%)
Vermicompost	2.34	2.18	0.22
Old Napier grass	0.70	0.41	1.42
Discarded cow milk	0.60	0.18	0.13
Glue from discarded cow milk	1.90	0.41	0.05
Standard of organic fertilizer (Department of Agriculture, 2014)			
- Solid organic fertilizer	≥ 1.0	≥ 0.5	≥ 0.5
- Liquid organic fertilizer	≥ 0.5	≥ 0.5	≥ 0.5

3. การขึ้นรูปกระถางแบบไม่ใช้ความร้อนด้วยแท่นอัดแม่พิมพ์ด้วยไฮดรอลิก

ลักษณะรูปร่างภาชนะปลูกที่ขึ้นรูปได้
 ภายหลังจากการขึ้นรูปภาชนะปลูกแบบกระถางทุกอัตราส่วนของปุ๋ยมูลไส้เดือนดินกับหญ้าเนเปียร์ที่ใช้กาวจากนมโคเสียเป็นตัวประสานวัสดุ อัตรา 0.5 และ 1 เท่าของวัสดุอินทรีย์ เมื่อนำมาเข้าเครื่องอัดพบว่าไม่สามารถขึ้นรูปเป็นภาชนะปลูกแบบกระถางได้ แต่การใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินกับหญ้าเนเปียร์ทุกอัตราส่วน ร่วมกับการใช้กาวจากนมโคเสีย 2 เท่าของวัสดุอินทรีย์ ภายหลังจากการเข้าเครื่องอัด สามารถอัดขึ้นรูปภาชนะปลูกแบบกระถางได้ 5 อัตราส่วน ดังนี้ T3 มูลไส้เดือนดินต่อหญ้าเนเปียร์แก่ 4:1 ส่วน กาวจากนมโคเสีย 2 เท่า ((4V: 1N): 2G), T6 มูลไส้เดือนดินต่อหญ้าเนเปียร์แก่ 3:1 ส่วน กาวจากนมโคเสีย 2 เท่า ((3V: 1N): 2G) T9 มูลไส้เดือนดินต่อหญ้าเนเปียร์แก่ 2:1 ส่วน กาวจากนมโคเสีย 2 เท่า ((2V: 1N): 2G) T12 มูลไส้เดือนดินต่อหญ้าเนเปียร์แก่ 1:1 ส่วน กาวจากนมโคเสีย 2 เท่า

((1V: 1N): 2G) และ T15 มูลไส้เดือนดินต่อหญ้าเนเปียร์แก่ 1:0 ส่วน กาวจากนมโคเสีย 2 เท่า ((1V: 0N): 2G) โดยตำรับทดลอง T3 กระถางอัดขึ้นรูปได้ดีและมีรูปทรงสวยงาม รองลงมาคือ T6 T9 T12 และ T15 ตามลำดับ เนื่องจากตำรับทดลอง T6 T9 T12 กันกระถางจะมีลักษณะพองออกเล็กน้อย ตามเปอร์เซ็นต์การใส่หญ้าเนเปียร์แก่ที่มากขึ้น เท่ากับ 20 25 33.3 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในตำรับทดลอง T15 สามารถอัดขึ้นรูปกระถางได้มีผิวเรียบเนียนสวย แต่มีรอยร้าว อาจเนื่องจากไม่มีเยื่อใยจากหญ้าเนเปียร์เป็นตัวประสานมูลไส้เดือนดินให้คงรูปติดกัน (Table 3) ทั้งนี้ภายหลังจากนำภาชนะปลูกมาผึ่งลมจนแห้งแล้ว ภาชนะปลูกสามารถคงตัวมีลักษณะรูปร่างดังแสดงใน (Table 3) แสดงให้เห็นว่าการใช้ตัวประสานจากนมโคเสีย จำนวน 2 เท่าของวัสดุแห้ง เป็นอัตราการใช้ตัวประสานที่เหมาะสมสำหรับการใช้ร่วมกับมูลไส้เดือนดินและหญ้าเนเปียร์แก่ทุกอัตราส่วน ซึ่งช่วยให้วัสดุสามารถอัดแน่นขึ้นรูปแบบกระถาง และมีความคงตัวได้

Table 3 Physical characteristics of plant containers from vermicompost and Napier grass.

Treatment	Vermicompost: Old Napier grass	Glue (by weight)	Physical appearance	
			The shape of the pot	
3	4:1	2	- Excellent shape - No cracking after two weeks of air drying	
6	3:1	2	- Good shape, slightly inflate at the bottom. - No cracking after two weeks of air drying	
9	2:1	2	- Good shape, slightly inflate at the bottom more than T3 - No cracking after two weeks of air drying	
12	1:1	2	- Good shape, slightly inflate at the bottom and thicker than T9 - No cracking after two weeks of air drying	
15	1:0	2	- Good shape, smooth skin, cracking - Cracking after two weeks of air drying, more than one point	

สรุป

วัสดุที่ใช้คือปุ๋ยมูลไส้เดือนดินและหญ้าเนเปียร์แก่ที่มีคุณค่าทางโภชนาการไม่เหมาะสมสำหรับเป็นอาหารสัตว์ ร่วมกับการใช้น้ำนมโคเสียที่ได้จากแม่โคเต้านมอีกเสบ และแม่โคที่ได้รับยาปฏิชีวนะมาเป็นวัตถุดิบหลักในการทำตัวประสาน จากการศึกษสมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารหลักในมูลไส้เดือนดิน หญ้าเนเปียร์แก่ น้ำนมโคเสีย และตัวประสาน พบว่า มูลไส้เดือนดินมีสมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ โดยกรมวิชาการเกษตร (2557) นอกจากนี้หญ้าเนเปียร์แก่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) เท่ากับ 82.65 % ในปริมาณมาก แต่มีคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) เท่ากับ 69:1 หากนำมาเป็นวัสดุผสมทำ

ภาชนะปลูกแล้ว ต้องผ่านการหมักย่อยด้วยจุลินทรีย์อีเอ็มที่ผสมเข้าไปเป็นระยะเวลาหนึ่งก่อนนำมาใช้ปลูกพืช ส่วนนมโคเสียมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) เท่ากับ 19.74 % คาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) เท่ากับ 19:1 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์เหลว โดยกรมวิชาการเกษตร (2557) ส่วนกากจากนมโคเสีย มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 9.02 ค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ 28.9 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ระดับสูงมาก แต่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) เท่ากับ 25.50 % คาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) เท่ากับ 8:1 อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ ของกรมวิชาการเกษตร (2557)

นอกจากนี้ การขึ้นรูปภาชนะปลูกพืชแบบกระถาง โดยใช้กากจากนมโคเสียเป็นตัวประสานวัสดุอัตรา 0.5 และ 1 เท่าของวัสดุอินทรีย์ เมื่อนำมาเข้า

เครื่องอัดพบว่าไม่สามารถขึ้นรูปเป็นภาชนะปลูกแบบกระถางได้ แต่การใช้กากจากนมโคเสีย อัตรา 2 เท่าของวัสดุอินทรีย์ สามารถอัดขึ้นรูปภาชนะปลูกแบบกระถางได้ดี ทั้ง 5 อัตราส่วน ได้แก่ มูลไส้เดือนดินต่อหญ้าเนเปียร์แก่ 4:1, 3:1, 2:1, 1:1 และ 1:0 โดยอัตราส่วนมูลไส้เดือนดินต่อหญ้าเนเปียร์แก่ 4:1 สามารถอัดขึ้นรูปกระถางได้ดีที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยมุ่งเป้าของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2557. ประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง กำหนดเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2557. (ระบบออนไลน์). แหล่งที่มา: www.doa.go.th/ard/wp-content/uploads/2019/11/FEDOA11.pdf, เข้าถึงเมื่อ 1 ตุลาคม 2565.
- ไกรลาส เชี่ยวทอง. 2553. คู่มือการปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1. ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ นครราชสีมา. 24 หน้า.
- คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี. 2542. อันตรายจากอุตสาหกรรมพลาสติก. แหล่งที่มา: https://www.rama.mahidol.ac.th/poisoncenter/th/bulletin/bul99/v7n1/Table_Monomer, เข้าถึงเมื่อ 27 ตุลาคม 2565.
- ชาคริต บริรักษ์ และจันทิมา ช่างการ. 2562. การผลิตกระถางอินทรีย์จากปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.
- นศพร ธรรมโชติ, ขวกร มุกसान, ชโลธร ศักดิ์มาศ, เศรษฐวิวัฒน์ ถนิมกาญจน์ และชาตรี หอมเขียว. 2565. สมบัติทางกายภาพของกระถางเพาะกล้าไม้ที่มีอัตราส่วนผสมระหว่างทะเลาะปาล์มน้ำมันต่อขี้เลื่อยไม้ยางพารา. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ และนวัตกรรม 15(1): 65-74.
- ยงยุทธ โอสดสภา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชวลิต ธงประยูร. 2556. ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน. พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัย

เกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ 519 หน้า.

วรรณวิภา ไชยชาญ, อนเนก สวาทอินทร์, เตือนใจ ปิยง และวีระศักดิ์ ไชยชาญ. 2561. การศึกษาประสิทธิภาพของแท่งเพาะชำจากวัสดุเหลือใช้อินทรีย์ที่มีการผสมปุ๋ยมูลไส้เดือน. เอกสารวิชาการ. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย. 76 หน้า.

ศรีสม สุวรรณวงศ์. 2544. การวิเคราะห์ธาตุอาหารพืช. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ 141 หน้า.

A.O.A.C. 1990. Official Method of Analysis of AOAC International. 15th ed., A.O.A.C. International, Arlington, Virginia, U.S.A.

Bremner, J.M. and M.A. Tabatabai, 1972. Use of an ammonia electrode for determination of ammonia in Kjeldahl analysis of soil. Communications in Soil Science and Plant Analysis 3(2): 159-165.

Sangmook, J., N. Pongsathorn and C. Sae-lim. 2008. Nursery pot from coconut coir fiber as a replacement for plastic to reduce global warming, Rajamangla University of Technology Thanyaburi, Pathum Thani.

Steven, J., Fonte, Y. Y. Kong Angela., Kesset, C. V. Paul, F. T. and Johan, S. 2007. The influence of earthworm activity on aggregate-associated carbon and nitrogen dynamics differs with agroecosystem management. Soil Biology and Biochemistry 39: 1014-1022.

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

WikiHow Staff. 2021. How to make glue out of milk. (Online): Available Source: <https://www.wikihow.com/Make-Glue-out-of-Milk>: (August 1, 2021)

อิทธิพลของไซโตไคนินร่วมกับนาโนชีตต่อการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนยอดของไพล ภายใต้สภาพปลอดเชื้อ

Influence of Cytokinins Combining with Nanosheets on Growth and Shoot Production of Phlai under *In Vitro* Condition

ณัฐชนันท์ ดวงก้อน¹ และสุกัลยา ภู่ทอง^{1*}
Nutchanan Duangkon¹ and Sukalya Poothong^{1*}

Received: October 10, 2022

Revised: November 4, 2022

Accepted: November 7, 2022

Abstract: The aim of this study was to investigate the effect of cytokinins and nanosheet (NS) on growth and shoot multiplication of Phlai using MS medium as a basal medium supplemented with BAP, KN and TDZ at concentrations of 1, 2 and 4 mg/l supplemented with or without 10 mg/l NS for 4 weeks. The results showed that medium supplemented with 1 and 2 mg/l BAP improved shoot multiplication and provided the highest new shoot numbers as 2.78 ± 0.46 and 2.78 ± 0.43 shoots per explant, respectively. These shoot numbers were significantly different from control. While, adding with 2 mg/l KN obtained the highest height of new shoot as 3.61 ± 0.20 cm. Adding 1 mg/l KN obtained the longest root length as 4.52 ± 0.52 cm, but adding with 2 mg/l KN had the highest root number as 6.56 ± 0.87 roots. However, the most suitable medium for *in vitro* multiplication of Phlai was MS medium supplemented with 1 mg/l BAP. Adding with 1 or 2 mg/l KN obtained highest leaf number, greenness scores, leaf and length including root number. Combined application of cytokinins and NS had no positive effect on growth.

Keywords: Phlai, Tissue culture, Plant growth regulator, Cytokinins

บทคัดย่อ: วัตถุประสงค์ในครั้งนี้อยู่ที่ศึกษาผลของไซโตไคนินร่วมกับ Nano Sheet (NS) ต่อการเจริญเติบโตและการเพิ่มจำนวนยอดของไพล โดยใช้อาหารสูตรพื้นฐาน Murashige and Skoog (MS) ที่เติม BAP, KN และ TDZ ความเข้มข้น 1, 2 และ 4 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NS ที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 4 สัปดาห์จากผลพบว่า สูตรที่เติม BAP ความเข้มข้น 1 และ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้จำนวนยอดใหม่มากที่สุด 2.78 ± 0.46 และ 2.78 ± 0.43 ยอดต่อชิ้นส่วน ซึ่งแตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่สูตร MS ที่เติม KN ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยความสูงของต้นใหม่สูงที่สุดคือ 3.61 ± 0.20 เซนติเมตร สูตรที่เติม KN ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ความยาวรากเฉลี่ยดีที่สุดคือ 4.52 ± 0.52 เซนติเมตร ซึ่งแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสูตรที่มีการเติม KN ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร เพิ่มจำนวนรากได้ดีที่สุดคือ 6.56 ± 0.87 ราก เมื่อเทียบกับชุดควบคุมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามสูตรที่เติม BAP ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นสูตรที่เหมาะสมสำหรับการเพิ่มจำนวนยอดของหน่อไพลมากที่สุด ส่วนสูตรที่เติม KN ความเข้มข้น 1 หรือ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้จำนวนใบ ค่าความเขียวของใบ ความกว้าง ความยาวของใบ และจำนวนรากสูงที่สุด การใช้ไซโตไคนินร่วมกับ NS ไม่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของไพล

คำสำคัญ: ไพล การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช สารควบคุมการเจริญเติบโต ไซโตไคนิน

¹ สาขาเกษตรศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา จ.พะเยา 5600

¹ School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, Phayao 56000, Thailand

*Corresponding author: sukalya_p@hotmail.com; sukalya.po@up.ac.th

คำนำ

ไพล (*Zingiber cassumunar* Roxb.) เป็นหนึ่งในพืชกลุ่มสมุนไพร Product Champion ของไทยที่มีศักยภาพ ในปัจจุบันไพลถูกนำไปประยุกต์ใช้ในหลากหลายรูปแบบ เช่น เป็นยารักษาอาการต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นอาการอักเสบ แก้เคล็ดขัดยอก ฟกช้ำ และแก้ปวดเนื่องจากมีสาร (E)-1-(3,4-dimethoxyphenyl) butadiene (DMPBD) ที่มีฤทธิ์ลดอาการปวดและการอักเสบ (Jeenapongsa *et al.*, 2003) อีกทั้งยังถูกนำไปผลิตเครื่องสำอาง เช่น ผลิตภัณฑ์รักษาผิว ทำให้ผิวขาวและชะลอริ้วรอย เนื่องจากไพลมีสารเคอร์คิวมินอยด์ (curcuminoids) ซึ่งช่วยบำรุงผิวและทำให้ผิวขาว (Li *et al.*, 2019; Rajkumari and Sanatombi, 2017, 2020; Zulkhairi *et al.*, 2017) จึงทำให้ไพลเป็นสมุนไพรที่ต้องการมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามพบว่า การปลูกไพลให้ผลผลิตที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาดและผลผลิตที่ได้มีคุณภาพต่ำกว่ามาตรฐาน คือการใช้แหล่งพันธุ์ที่มีโรคเน่าสะสม อาจมีการระบาดของเชื้อทำให้ผลผลิตลดลงหรือให้สารสำคัญในปริมาณที่ไม่คงที่ (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2553) ดังนั้นการแก้ปัญหาเรื่องมาตรฐานการผลิตจึงจำเป็นต้องใช้พืชนพันธุ์ไพลที่มีคุณภาพจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชมาประยุกต์ใช้เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ เนื่องจากต้นพันธุ์จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชมีความปลอดภัยและคุณภาพสม่ำเสมอ

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเพื่อขยายพันธุ์ไพลส่วนใหญ่นิยมใช้อาหารพื้นฐานสูตร MS โดยปัจจัยสำคัญสำหรับการเพาะเลี้ยง คือ สารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มไซโตไคนิน โดยมีตัวอย่างงานวิจัยดังนี้ อาหารสูตรเพาะเลี้ยงที่เติม N6-benzylaminopurine (BAP) ความเข้มข้น 4.44 ไมโครโมลาร์ สามารถกระตุ้นให้เกิดยอดได้ และการใช้ BAP ความเข้มข้น 4.44 ไมโครโมลาร์ ร่วมกับการเติม NAA ความเข้มข้น 0.54 ไมโครโมลาร์ สามารถเพิ่มจำนวนยอดได้สูงถึง 7-8 ยอด (Chirangini and Sharma, 2005) นอกจากนี้ยังพบการใช้ นาโนชีท (Nano sheet: NS) ซึ่งเป็นอนุภาคหรือแผ่นที่มีขนาดเล็กระดับไมโครเมตรหรือนาโนเมตร ในการพัฒนารูปแบบการนำส่งสารสำคัญ

ในเครื่องสำอางหรือใช้เป็นตัวพาสารและควบคุมการปลดปล่อยสารสำคัญหรือสารออกฤทธิ์ทางยา (แมนมนัส และ สายันต์, 2563) โดยการศึกษาครั้งนี้ใช้นาโนชีทของไทเทเนียมออกไซด์ ถึงแม้ว่าจะมีการศึกษาการใช้นาโนพาร์ติเคิลหรือนาโนชีทในงานเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อและการศึกษาทางด้านสรีรวิทยาพืช จากการศึกษารายงานของ Mandeh *et al.* (2012) พบว่าการเติมอนุภาคนาโนไทเทเนียมออกไซด์สามารถกระตุ้นการเกิดแคลลัสของข้าวบาร์เลย์ แต่ยังไม่มียารายงานบทบาทของนาโนชีทต่อการเจริญเติบโตของพืชในสภาพเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (แมนมนัส และ สายันต์, 2563) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาผลของไซโตไคนินร่วมกับการเติมนาโนชีทต่อการเพิ่มจำนวนยอดและการเจริญเติบโตของไพลในสภาพปลอดเชื้อ

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมชิ้นส่วนพืชทดลอง

โดยนำชิ้นส่วนของเหง้าไพลที่กำลังมีหน่อหรือแตกตา ตัดส่วนของหน่อมาให้มีขนาดประมาณ 1-2 เซนติเมตร นำชิ้นส่วนพืชมาเปิดน้ำไหลผ่านเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้น 0.9% พร้อมหยด tween 20 ประมาณ 3 หยด ฟอกเป็นเวลา 30 นาทีล้างหน่อไพลด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อ แล้วนำไปเพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่เติม BAP ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยเปลี่ยนอาหารทุกๆ 4 สัปดาห์ จนได้ยอดที่มีความสูงมากกว่า 2 เซนติเมตร จำนวนมากเพียงพอต่อการทดลอง

ศึกษาผลของไซโตไคนินร่วมกับนาโนชีทต่อการเพิ่มจำนวนยอดและการเจริญเติบโตของไพล

ศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มไซโตไคนิน ได้แก่ 6-Benzylaminopurine (BAP) Kinetin (KN) และ Thidiazuron (TDZ) ที่มีความเข้มข้น 3 ระดับ ได้แก่ 2, 4 และ 6 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ 9 กรรมวิธี โดยกรรมวิธีเหล่านี้ไม่เติม NS แต่ได้ใช้การเติมไซโตไคนินแบบดังกล่าวทั้ง 9 แบบ ร่วมกับการเติม NS ที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร รวมทั้งสิ้นเป็น 18 กรรมวิธี โดยเปรียบเทียบกับ

สูตรอาหารที่ไม่เติมไซโตไคนินและ NS วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) มีทั้งหมด 19 กรรมวิธี แต่ละกรรมวิธีมีจำนวน 9 ซ้ำ แล้วนำต้นพืชเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ให้แสง 16 ชั่วโมงต่อวันเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ทำการบันทึกผลการทดลองโดยวัดจำนวนยอดใหม่ (ยอด) ความสูงต้นใหม่ซึ่งเป็นหน่อใหม่ที่ได้หรือแตกหน่อจากชิ้นส่วนพืชทดลอง (หน่อไหลขนาด 2 เซนติเมตร) (เซนติเมตร) จำนวนใบ (ใบต่อต้น) ค่าความเขียวของใบ (SPAD reading scores) ด้วยเครื่อง SPAD-502 meter ยี่ห้อ Konica Minolta (Japan) ความกว้างใบ (เซนติเมตร) ความยาวใบ (เซนติเมตร) ความยาวราก (เซนติเมตร) และจำนวนราก (ราก) จากนั้นนำข้อมูลที่บันทึกผลมาทำการวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance: ANOVA) และหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละกรรมวิธีด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลของไซโตไคนินและนาโนซีทต่อการเพิ่มจำนวนและความสูงของยอดใหม่ของไหล

สูตรอาหารที่เติม BAP ความเข้มข้น 1 และ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ชักนำการเกิดยอดใหม่เฉลี่ยสูงสุดคือ 2.78 ± 0.46 และ 2.78 ± 0.43 ยอด ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Figure 1A) โดยจำนวนยอดใหม่ที่ได้แตกต่างจากชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่การเติม KN ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ค่าเฉลี่ยความสูงของต้นใหม่สูงสุดคือ 3.61 ± 0.02 เซนติเมตร แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชุดควบคุม (Figure 2A) สูตรอาหารที่เติมไซโตไคนินร่วมกับนาโนซีทให้จำนวนยอดมากกว่าแต่ได้ยอดใหม่ที่ขนาดเล็กกว่าชุดการทดลองควบคุม (Figure 2A-2B) อาจเป็นผลจากการที่สารไซโตไคนินสามารถละลายหรือเคลื่อนย้ายได้มากขึ้นเมื่อนาโนซีทเป็นตัวพาสารในสูตรอาหารดังกล่าว

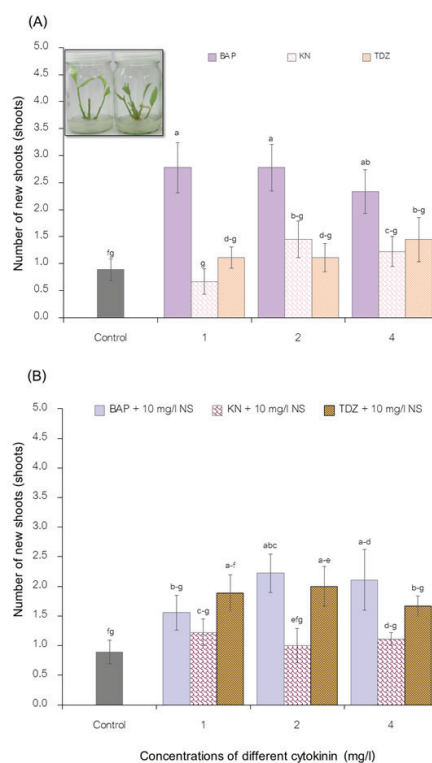


Figure 1 Effects of BAP, KN and TDZ at various concentrations (1, 2 and 4 mg/l) supplemented without NS (A) or with 10 mg/l NS (B) on number of new shoots after cultured for 4 weeks. Error bars indicated $\pm$ S.E. (n=9). Bars labeled with different letters are significantly different according to Duncan's multiple range test ($p \leq 0.05$).

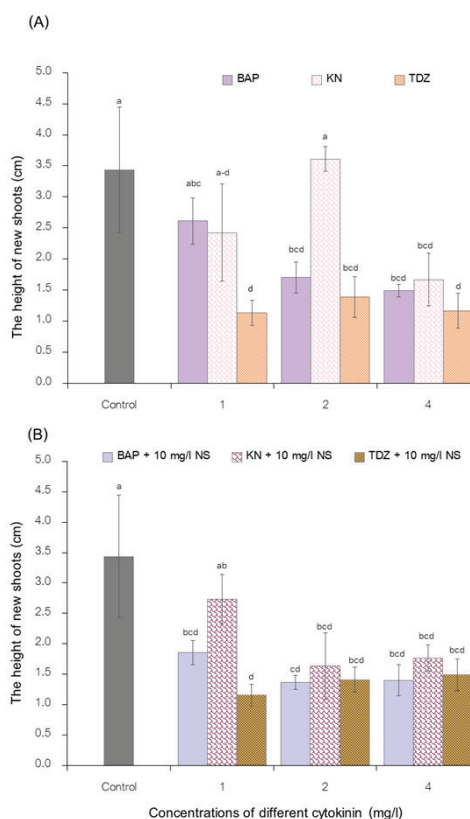


Figure 2 Effects of BAP, KN and TDZ at various concentrations (1, 2 and 4 mg/l) supplemented without NS (A) or with 10 mg/l NS (B) on the height of shoots after cultured for 4 weeks. Error bars indicated $\pm$ S.E. (n=9). Bars labeled with different letters are significantly different according to Duncan's multiple range test ($p \leq 0.05$).

ผลของไซโตไคนินและนาโนซีทต่อการเจริญเติบโตของไหล

จากผลการทดลองพบว่า สูตรอาหาร MS ที่เติม KN ความเข้มข้น 1 และ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้จำนวนใบมากที่สุดคือ 3.56 ± 0.56 และ 3.56 ± 0.53 ใบต่อต้น แต่ไม่มีความแตกต่างจากชุดควบคุม โดยสูตรอาหารที่เติม TDZ ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ค่าความเขียวของใบดีที่สุดคือ 17.68 ± 1.89 แต่เมื่อเทียบกับชุดควบคุมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ หน่อไหลที่เพาะเลี้ยงบนสูตรอาหารที่เติม BAP ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร มีขนาดใบกว้างที่สุดคือ 0.97 ± 0.07 เซนติเมตร แต่สูตรที่เติม KN ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ใบยาวที่สุดคือ

3.89 ± 0.21 เซนติเมตร แต่และไม่มีแตกต่างกับชุดควบคุมเช่นเดียวกัน ในขณะที่ต้นที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตรที่เติม KN ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้จำนวนรากมากที่สุดคือ 6.56 ± 0.87 ราก และอาหารสูตรที่เติม KN ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้จำนวนรากมากที่สุดรองลงมาคือ 6.11 ± 1.16 ราก ซึ่งแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และผลการศึกษาความยาวรากพบว่า หน่อที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม KN ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตรให้ความยาวรากมากที่สุดคือ 4.52 ± 0.52 เซนติเมตร และแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1)

Table 1 Growth responses of *in vitro* Phlai cultured on MS medium containing BAP, KN and TDZ at various concentrations (1, 2 and 4 mg/l) with additions or without 10 mg/l NS for 4 weeks.

Treatments	Leaf number (leaves)	Greenness (SPAD scores)	Leaf width (cm)	Leaf length (cm)	Root length (cm)	Root number (roots)
Control	2.67±0.47 ^{a-d}	9.04±2.50 ^{bc}	0.97±0.13 ^a	3.89±0.59 ^a	3.02±0.34 ^{bcd}	4.44±0.85 ^{bcd}
1 mg/l BAP	2.89±0.45 ^{ab}	15.19±2.01 ^{abc}	0.92±0.14 ^{ab}	2.78±0.39 ^{a-d}	2.88±0.43 ^{bcd}	4.78±0.83 ^{abc}
2 mg/l BAP	2.78±0.43 ^{abc}	11.44±1.96 ^{abc}	0.97±0.07 ^a	3.27±0.36 ^{ab}	1.84±0.31 ^{def}	2.22±0.49 ^{gh}
4 mg/l BAP	2.11±0.31 ^{a-d}	14.79±3.04 ^{a-d}	0.90±0.04 ^{ab}	3.12±0.44 ^{abc}	0.90±0.37 ^f	1.22±0.64 ^{gh}
1 mg/l KN	3.56±0.56 ^a	14.01±1.00 ^{a-d}	0.77±0.05 ^{abc}	3.89±0.21 ^a	4.52±0.52 ^a	6.11±1.16 ^{ab}
2 mg/l KN	3.56±0.53 ^a	13.84±2.02 ^{a-d}	0.84±0.06 ^{abc}	3.32±0.35 ^{ab}	3.10±0.25 ^{bcd}	6.56±0.87 ^a
4 mg/l KN	2.0±0.50 ^{bcd}	10.12±1.98 ^{a-d}	0.61±0.12 ^{abc}	2.17±0.51 ^{bcd}	2.97±0.31 ^{bcd}	4.44±0.94 ^{bcd}
1 mg/l TDZ	1.33±0.33 ^{cd}	9.04±2.50 ^{bcd}	0.49±0.10 ^c	2.00±0.47 ^{bcd}	1.91±0.61 ^{def}	1.11±0.9 ^{gh}
2 mg/l TDZ	2.89±0.51 ^{ab}	17.68±1.89 ^{a-d}	0.88±0.13 ^{abc}	2.44±0.30 ^{a-d}	2.25±0.42 ^{c-f}	2.44±0.50 ^{d-g}
4 mg/l TDZ	1.67±0.47 ^{bcd}	8.27±2.13 ^{cd}	0.67±0.13 ^{abc}	2.26±0.50 ^{bcd}	1.26±0.42 ^{ef}	1.00±0.33 ^{gh}
1 mg/l BAP + 10 mg/l NS	2.22±0.32 ^{a-d}	12.41±2.74 ^{a-d}	0.86±0.10 ^{abc}	2.19±0.15 ^{bcd}	3.53±0.52 ^{abc}	2.78±0.22 ^{c-f}
2 mg/l BAP + 10 mg/l NS	1.33±0.44 ^{cd}	8.81±2.65 ^{bcd}	0.49±0.13 ^c	1.57±0.57 ^d	2.51±0.32 ^{cde}	2.56±0.41 ^{d-g}
4 mg/l BAP + 10 mg/l NS	2.44±0.50 ^{a-d}	6.88±1.89 ^d	0.69±0.14 ^{abc}	2.13±0.54 ^{bcd}	1.62±0.34 ^{def}	1.22±0.28 ^{gh}
1 mg/l KN + 10 mg/l NS	2.11±0.51 ^{a-d}	16.44±2.68 ^{a-d}	0.83±0.07 ^{abc}	2.92±0.24 ^{a-d}	2.67±0.40 ^{b-e}	4.44±0.84 ^{bcd}
2 mg/l KN + 10 mg/l NS	2.22±0.57 ^{a-d}	14.72±2.28 ^{a-d}	0.71±0.09 ^{abc}	3.37±0.52 ^{ab}	4.10±0.48 ^{ab}	4.33±0.71 ^{bcd}
4 mg/l KN + 10 mg/l NS	2.00±0.41 ^{bcd}	13.59±2.32 ^{a-d}	0.76±0.16 ^{abc}	2.48±0.52 ^{a-d}	2.30±0.59 ^{c-f}	3.56±0.77 ^{cde}
1 mg/l TDZ + 10 mg/l NS	1.22±0.28 ^d	7.31±2.36 ^{cd}	0.56±0.12 ^{bc}	1.49±0.39 ^d	2.68±0.44 ^{b-e}	2.00±0.41 ^{gh}
2 mg/l TDZ + 10 mg/l NS	1.67±0.37 ^{bcd}	13.29±2.62 ^{a-d}	0.59±0.12 ^{abc}	1.69±0.46 ^{cd}	1.96±0.59 ^{def}	1.22±0.40 ^{gh}
4 mg/l TDZ + 10 mg/l NS	1.22±0.46 ^d	9.57±2.92 ^{bcd}	0.53±0.17 ^{bc}	1.57±0.52 ^d	1.24±0.61 ^{ef}	0.56±0.24 ^h
F-test (p value)	2.53 (**)	1.94 (*)	1.96 (*)	3.03 (**)	4.54(**)	7.75(**)

Mean±S.E. (n=9) followed by the same letters do not differ significantly at $p \leq 0.05$ according to Duncan's multiple range test. * Indicated significant at p value <0.05, ** p value <0.01.

โพลีที่เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในอาหารสูตรที่เติม BAP ความเข้มข้น 1 2 และ 4 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้จำนวนยอดใหม่ที่ไม่ต่างกัน แต่มีความแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมื่อทำการเปรียบเทียบกับสูตรอาหารที่เติมสารในกลุ่มไซโตไคนิน พบว่าการเติม BAP สามารถทำให้เกิดยอดใหม่ได้ดีกว่าการใช้ KN และ TDZ โดย BAP เป็นฮอร์โมนที่กระตุ้นการแบ่งเซลล์เพื่อเพิ่มจำนวนยอดใหม่ ประสิทธิภาพของการใช้ไซโตไคนินขึ้นอยู่กับชนิดของสาร ความเข้มข้น และพืช รวมทั้งลักษณะการเกิดยอดที่มีทั้งแบบการชักนำขึ้นส่วนพืชให้เกิดยอดโดยตรงและเกิดผ่านการสร้างแคลลัส ในการศึกษาพืชวงศ์ขิง พบว่าการใช้ BA หรือ BAP มีประสิทธิภาพ

ในการเพิ่มจำนวนหน่อได้ดีกว่าไซโคไคนินชนิดอื่น (Keng and Hing, 2004) โดยความเข้มข้นที่เหมาะสมของ BAP เพื่อชักนำให้ขึ้นส่วนพืชที่เพาะเลี้ยงสามารถเจริญเติบโตและพัฒนาเพื่อเพิ่มจำนวนยอดได้ ในพืชแต่ละชนิดอาจแตกต่างกัน (Zhang *et al.*, 2013) จากงานวิจัยของรัตนา และ จิตรกร (2562) พบว่าการเพาะเลี้ยงไรโซมของโพลีในสูตรอาหาร MS ที่เติม BAP ความเข้มข้น 9 มิลลิกรัมต่อลิตร ชักนำให้เกิดต้นสูงสุดคือ 2.50 ± 0.22 ยอดต่อชิ้นส่วนพืช ในขณะที่การทดลองในครั้งนี้พบว่า การใช้ BAP ความเข้มข้นเพียง 1 หรือ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เกิดจำนวนยอดได้ใกล้เคียงกับงานวิจัยข้างต้น คือประมาณ 2.78 ยอด เป็นที่น่าสนใจอย่างยิ่งว่า การใช้ BAP

ความเข้มข้นแตกต่างกันสามารถชักนำการเกิดจำนวนยอดที่ใกล้เคียงกันได้ แต่การเติมไซโตไคนินควรใช้ที่ระดับความเข้มข้นต่ำหรือเท่าที่จำเป็นต้องการในการเพิ่มจำนวนยอดเพราะการใช้สารในปริมาณที่มากเกินไปอาจทำให้เกิดการเจริญเติบโตที่ผิดปกติหรือกลายพันธุ์ได้ (Jafari *et al.*, 2011; Asghari *et al.*, 2012) ในการศึกษาผลของไซโตไคนินเพื่อเพิ่มปริมาณยอดของพืชชนิดอื่นในวงศ์ขิง พบว่า มีรายงานเกี่ยวกับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกระชายดำ ซึ่งสูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเพิ่มปริมาณคือ BA ความเข้มข้น 35.52 ไมโครโมลาร์ (8 มิลลิกรัมต่อลิตร) ให้จำนวนยอดใหม่ได้ 22.4 ± 1.84 ยอดต่อชิ้นส่วนพืช หลังเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 9 สัปดาห์ (Labrooy *et al.*, 2020) แต่จากงานของ Khairudin *et al.* (2020) พบว่า การใช้อาหาร MS ที่เติม BAP ความเข้มข้น 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เหมาะสมสำหรับการเพิ่มปริมาณยอดของกระชายดำโดยมีอัตราการเกิดยอดคือ 1.4 ยอดต่อชิ้นส่วนพืช ซึ่งงานวิจัยของทั้ง Labrooy *et al.* (2020) และ Khairudin *et al.* (2020) ที่แม้ศึกษาพืชชนิดเดียวกัน แต่พบว่ามีการทดลองที่แตกต่างอย่างสิ้นเชิง โดยพบว่า มีการใช้ BAP หรือ BA ที่ความเข้มข้นต่างกันมากและมีจำนวนยอดที่ได้แตกต่างกันโดยสิ้นเชิง นอกจากจำนวนยอดที่ได้แล้วความสูงของยอดเป็นสิ่งที่บ่งบอกคุณภาพของพืชที่ผลิตได้ พบว่า ยอดใหม่ของไหลจากสูตรที่เติม BAP ความเข้มข้น 1 และ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความสูงไม่ต่างกัน ในขณะที่ความสูงของยอดใหม่จากสูตรที่เติม BAP ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่มีความแตกต่างจากชุดควบคุม แต่ความสูงของยอดใหม่จากอาหารสูตรที่เติม BAP ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความแตกต่างจากชุดควบคุม แม้สูตรอาหารที่เติม KN ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ความสูงของยอดใหม่มากที่สุด แต่ไม่แตกต่างจากความสูงของยอดใหม่จากสูตรที่เติม BAP ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Khairudin *et al.* (2020) ที่พบว่า อาหารสูตร MS ที่เติม BAP ความเข้มข้น 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้อยอดของกระชายดำมีความสูงเฉลี่ยมากที่สุดคือ 4.3 เซนติเมตร จากงานวิจัยนี้ที่เมื่อเปรียบเทียบกับผลของไซโตไคนินต่อความสูงของยอดใหม่ที่ได้พบว่า เมื่อใช้ KN ที่ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้

ได้ยอดที่มีความสูงมากกว่าการใช้ BAP หรือ TDZ ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวมีความแตกต่างจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อซึ่งที่ศึกษาผลของไซโตไคนิน (BAP TDZ zeatin KN และ 2i-P) และรายงานว่าการเติม TDZ ความเข้มข้น 1 ppm (1 มิลลิกรัมต่อลิตร) ส่งผลให้อยอดของขิงใหม่ที่ได้มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุดคือ 1.58 เซนติเมตร (Sukarnih *et al.*, 2021) จากการศึกษาผลของแกรฟีนออกไซด์ที่มีลักษณะคล้ายกับนาโนซีทต่อการเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลี พบว่าการใช้สารที่ความเข้มข้นต่ำ (100 มิลลิกรัมต่อลิตร) ส่งเสริมการเจริญเติบโตแต่ความเข้มข้นสูง (1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร) มีผลเชิงลบต่อการเจริญเติบโต (Ren *et al.*, 2020), นอกจากนี้ยังมีรายงานการใช้อนุภาคนาโนไทเทเนียมออกไซด์เพื่อกระตุ้นการเกิดแคลลัสของข้าวบาร์เลย์ พบว่า อาหารสูตรที่เติม 60 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร TiO_2 NP ชักนำการเกิดแคลลัสและให้ขนาดของแคลลัสที่ดีที่สุด (Mandeh *et al.*, 2012) ซึ่งการใช้นาโนซีทในงานวิจัยนี้ยังไม่ได้ทำการศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมแต่ได้ทำการอ้างอิงความเข้มข้นของนาโนซีทดังกล่าวจากการศึกษาอิสระของชนิดระดับปริญญาตรีเท่านั้น ที่พบว่ามีผลต่อการกระตุ้นการผลิตสารทุติยภูมิในปทุมมาพันธุ์แม่ใจอิมเพลส (พิมพ์กาย และ ยุพา, 2564) แต่อย่างไรก็ตามในการศึกษาผลของนาโนซีทในครั้งนี้ มีการใช้ร่วมกับไซโตไคนินหลายชนิดที่ความเข้มข้นระดับต่างกัน จึงทำให้เกิดความซับซ้อนในการพิจารณาผลของนาโนซีท ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปควรทดสอบผลของนาโนซีทร่วมกับการใช้ไซโตไคนินเพียงชนิดเดียว

สรุป

การเติม BAP เพิ่มจำนวนยอดของไหลในสภาพปลอดเชื้อได้ดีที่สุด โดยความเข้มข้นที่เหมาะสมคือ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่การเติม KN ส่งผลต่อความสูงยอดใหม่ที่ได้ ในขณะที่การเติมนาโนซีทไม่มีผลต่อการเพิ่มจำนวนยอดใหม่และความสูงของต้นใหม่ รวมถึงการเจริญเติบโตทางด้านอื่นๆ ของไหลในสภาพปลอดเชื้อ ดังนั้นสูตรอาหารที่เหมาะสมในการขยายพันธุ์ไหลด้วยเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชคือ อาหาร MS สูตรที่เติม BAP ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. สุกัลยา ภูทอง ที่ปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์และขอบคุณคณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา ในการให้ความอนุเคราะห์พื้นที่และเครื่องมือในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- พิมปาย ไบยา และยุพา แซ่ย่าง. 2564. ผลของกรดจัสโมนิกและซาลิไซลิกต่อการเจริญเติบโตและการสร้างสารฟีนอลิกของปทุมมาที่เลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ(การศึกษาค้นคว้าอิสระ). พะเยา: มหาวิทยาลัยพะเยา. 79 หน้า.
- แมนมนัส ศรีแก้ว และสายันต์ แสงสุวรรณ. 2563. วัสดุหมักศจรวยแกรฟีน: กลยุทธ์การสังเคราะห์สมบัติการพัฒนากาพิสูจน์เอกลักษณ์และการประยุกต์ใช้. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 22 (2): 39-49.
- รัตนา ขามฤทธิ์ และ จิตรกร ปรีแมน. 2562. การฟอกฆ่าเชื้อที่ผิวและการชักนำให้เกิดต้นจากไรโซมของไพลในหลอดทดลอง. แก่นเกษตร 47 (1): 1393-1398.
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2553. การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับไม้ดอกกลุ่มปทุมมาและกระเจียว. แหล่งที่มา: https://www.acfs.go.th/files/files/commoditystandard/20190608151819_815085.pdf, 5 กรกฎาคม 2565.
- Asghari, F., B.Hossieni, A. Hassani and H. Shirzad. 2012. Effect of explants source and different hormonal combinations on direct regeneration of basil plants (*Ocimum basilicum* L.). Australian Journal of Agricultural Engineering 3(1): 12-17.
- Chirangini, P. and G.J.Sharma. 2005. *In vitro* propagation and microrhizome induction in *Zingiber cassumunar* (Roxb.) an antioxidant-rich medicinal plant. Journal of Food, Agriculture and Environment 3(1): 139-142.
- Jafari, N., R. Y. Othman, and N. Khalid. 2011. Effect of benzylaminopurine (BAP) pulsing on *in vitro* shoot multiplication of *Musa acuminata* (banana) cv. Berangan. African Journal of Biotechnology 10(13): 2446-2450.
- Jeenapongsa, R., K. Yoovathaworn, K.M. Sriwatanakul, U. Pongprayoon, and K. Sriwatanakul. 2003. Anti-inflammatory activity of (E)-1-(3, 4-dimethoxyphenyl) butadiene from *Zingiber cassumunar* Roxb. Journal of Ethnopharmacology 87(2-3): 143-148.
- Keng, C. L., and T. W. Hing. 2004. *In vitro* propagation of Zingiberaceae species with medicinal properties. Journal of Plant Biotechnology 6(3): 181-188.
- Khairudin, N. A., Z. Haida and M. Hakiman. 2020. In vitro shoot and root induction of *Kaempferia parviflora* (Zingiberaceae) rhizome using 6-Benzylaminopurine. Journal of Tropical Plant Physiology 12(2): 23-32.
- Labrooy, C., T.L. Abdullah and J. Stanslas. 2020. Influence of N6-benzyladenine and sucrose on *in vitro* direct regeneration and microrhizome induction of *Kaempferia parviflora* Wall. ex Baker, an important ethnomedicinal herb of Asia. Tropical Life Sciences Research 31(1): 123.
- Li, M.-X., X. Bai, Y.-P. Ma, H.-X. Zhang, N. Nama, S.-J. Pei and Z.-Z. Du. 2019. Cosmetic potentials of extracts and compounds from *Zingiber cassumunar* Roxb.

- rhizome. *Industrial Crops and Products* 141: 111764.
- Mandeh, M., M. Omid and M. Rahaie. 2012. *In Vitro* influences of TiO_2 nanoparticles on barley (*Hordeum vulgare* L.). *Tissue Culture. Biological trace element research* 150: 376–380. <https://doi.org/10.1007/s12011-012-9480-z>
- Rajkumari, S. and Sanatombi, K. 2017. Biotechnology of *Zingiber montanum* (Koenig) link ex A. Dietr.: A review. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants* 4: 1-4.
- Rajkumari, S. and K. Sanatombi. 2020. Secondary metabolites content and essential oil composition of *in vitro* cultures of *Zingiber montanum* (Koenig) Link ex A. Dietr. *Biotechnology Letters* 42 (7): 1237-1245.
- Ren, W., H. Chang, L. Li. and Y. Teng. 2020. Effect of graphene oxide on growth of wheat seedlings: insights from oxidative stress and physiological flux. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 105: 139–145. <https://doi.org/10.1007/s00128-020-02888-9>
- Sukarnih, T., Y. Rudiyana, N.F. Hanifah and N. Sa'adah. 2021. Micropropagation of red ginger (*Zingiber officinale* Rosc. Var. rubrum) using several types of cytokinins. In *Journal of Physics: Conference Series* 1751 (1): 012051. IOP Publishing.
- Zhang, W., R. Swarup, M. Bennett, G. E. Schaller and J.J. Kieber. 2013. Cytokinin induces cell division in the quiescent center of the Arabidopsis root apical meristem. *Current Biology* 23 (20): 1979-1989.
- Zulkhairi, A.M., S.M. Aspollah, E. Lian and A.A. Bustamam. 2017. Phytochemicals and cytotoxic studies of *Zingiber cassumunar* Roxb. *Journal of Tropical Agriculture and Food Science* 45: 187-197.

ผลของการจัดการดินร่วมกับการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งต่อสมบัติบางประการ ของดินและผลผลิตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

Effects of Soil Management and Alternate Wetting and Drying Water Management on
Some Soil Properties and Yield of Pathum Thani 1 Rice Variety

สุกัญญา กำมา¹, Yutaka Suzuki², ทิวา พาโคทม² และนงภัทร ไชยชนะ^{1*}

Sukanya Kamma¹, Yutaka Suzuki², Tiwa Pakoktom² and Nongpat Chaichana^{1*}

Received: October 12, 2022

Revised: November 4, 2022

Accepted: November 8, 2022

Abstract: The objectives of this trial were to evaluate the change of some soil properties and to compare growth and yield of Pathum Thani 1 rice variety under different soil management and alternate wetting and drying water management (AWD). The experimental design was Randomize Complete Block Design (RCBD) with 4 replications consisting of 3 treatments. The results indicated that the combination of manure (MN) and rice straw (RS) incorporated during soil preparation together with two types of fertilizer rates (half and full chemical fertilizer rates) and AWD (AWD+MN+half RS and chem and AWD+MN+full RS and chem) resulted in lower soil bulk density than that before transplanting. Moreover, Soil pH and available phosphorus were higher than before transplanting and higher than continuous flooding + chemical fertilizer (CF+chem). On the other hand, exchangeable potassium were lower than those before transplanting. Plant height, tiller number and leaf greenness of rice under CF+chem were higher than AWD treatments. However, rice yield obtained from the three treatments were as follows: AWD+MN+full RS and chem (863.39 kg ra⁻¹), AWD+MN+half RS and chem (798.17kg ra⁻¹) and CF+chem (527.55 kg ra⁻¹), respectively. Therefore, AWD+MN+full RS and chem was most suitable for Pathum Thani 1 rice production.

Keywords: some soil properties, soil management, alternate wetting and drying water management, rice yield

บทคัดย่อ: การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดินและเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ภายใต้การจัดการดินที่แตกต่างกันร่วมกับการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง (AWD) วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 4 ซ้ำ 3 ตำรับการทดลอง พบว่าตำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยคอก (MN) และฟางข้าว (RS) ร่วมกับการเตรียมดิน ใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งอัตรา (half chem) และเต็มอัตรา (full chem) ร่วมกับการจัดการน้ำแบบ AWD (AWD+MN+half RS and chem และ AWD+MN+full RS and chem) ส่งผลให้ความหนาแน่นรวมของดินลดลงเมื่อเทียบกับก่อนปลูก ส่วนค่าพีเอชของดิน ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

¹ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

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

² ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

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

* Corresponding author: fagmpch@ku.ac.th

ค่ามากกว่าในดินก่อนปลูกและมากกว่าการจัดการน้ำแบบท่วมขังตลอดและใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (CF+chem) ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินหลังปลูกทั้ง 3 ดำรับการทดลองมีค่าน้อยกว่าดินก่อนปลูก ข้าวที่ปลูกภายใต้การจัดการแบบ CF+chem มีความสูง จำนวนหน่อตอก และค่าความเขียวใบมากกว่าการจัดการแบบ AWD+MN+half RS and chem และ AWD+MN+full RS and chem แต่ปริมาณผลผลิตข้าวที่ได้จากการจัดการแบบ AWD+MN+full RS and chem สูงที่สุด รองลงมา AWD+MN+half RS and chem และ CF+chem มีค่าเท่ากับ 863.4, 798.9 และ 527.6 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ดังนั้นการจัดการแบบ AWD+MN+full RS and chem เหมาะสมต่อการผลิตข้าวปทุมธานี 1 มากที่สุด

คำสำคัญ: สมบัติบางประการของดิน การจัดการดิน การจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง ผลผลิตข้าว

คำนำ

ประเทศไทยถือได้ว่าเป็นประเทศที่ทำเกษตรกรรมตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นนาข้าวประมาณร้อยละ 46 (ศศิวิมล และคณะ, 2562) ข้าวเป็นสินค้าทางการเกษตรที่สำคัญ สามารถสร้างรายได้ให้กับประเทศไทยปีละหลายแสนล้านบาทและยังมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยปี 2563 ปริมาณการส่งออกข้าวไทยเท่ากับ 5.72 ล้านตัน มูลค่า 1.16 แสนล้านบาท (ไชยวัฒน์ และอุณเรือน, 2563; กรมการค้าต่างประเทศ, 2563) ในการเพาะปลูกข้าวทั้งนาปีและนาปรังต้องการน้ำในปริมาณมาก เนื่องจากการทำนาต้องขังน้ำตลอดฤดู แต่ทรัพยากรน้ำมีอยู่อย่างจำกัดส่งผลต่อเกษตรกรที่ต้องการบริหารจัดการน้ำให้เพียงพอ นอกจากนี้การทำเกษตรกรรมยังคงต้องอาศัยปัจจัยทางสภาพอากาศอีกด้วย (อนินท์ และคณะ, 2556) โดยเฉพาะปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการผลิตข้าวของไทย (พรชัย และอรุณ, 2559)

ภาวะโลกร้อนทำให้สภาพภูมิอากาศมีการเปลี่ยนแปลง ส่งผลทั้งในเรื่องของวิกฤตภัยแล้ง น้ำท่วม ปัญหาโรคและแมลง ความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนและการกระจายตัวที่ไม่สม่ำเสมอ (พรชัย และอรุณ, 2559) รวมทั้งอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะส่งผลให้ผลผลิตทางการเกษตรลดลง (นิโรจน์, 2560) หนึ่งในกิจกรรมทางการเกษตรที่มีการกล่าวอ้างว่าเป็นสาเหตุให้เกิดภาวะโลกร้อนคือการทำนา เนื่องจากการขังน้ำตลอดฤดูเพาะปลูกและการไถกลบฟางข้าวเพื่อเพิ่มอินทรีย์วัตถุ พื้นฟูบำรุงดิน เพิ่มธาตุอาหารโดย

เฉพาะไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และกำมะถัน เพิ่มความชื้นของดินในระยะยาวจึงส่งผลให้ความหนาแน่นรวมของดินลดลง (อรรถชัย, 2547) นอกจากนี้ฟางข้าวที่ย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในสภาพไร้ออกซิเจน (anaerobic) ส่งเสริมให้เกิดการปล่อยมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาสู่บรรยากาศ (พัชรี และคณะ, 2557) ซึ่งในบรรยากาศมีเทนมีความสำคัญมากเป็นอันดับสองรองจากคาร์บอนไดออกไซด์ แต่มีศักยภาพทำให้เกิดสภาวะโลกร้อนมากกว่าคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 23 เท่า (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001) จากงานวิจัยของพัชรี และคณะ (2557) พบว่าการใส่ฟางข้าวในนาส่งผลให้อัตราและปริมาณมีเทนสูงขึ้นตามอัตราฟางข้าวที่มากขึ้น เนื่องจากค่ารีดออกซิโพเทนเชียล (Eh) มีความสัมพันธ์กับปริมาณของมีเทน โดยที่ค่า Eh เกี่ยวข้องกับกระบวนการเกิด oxidation และ reduction ในดินนา จากรายงานของ ดวงนา และบัญชา (2557) พบว่าในนาข้าวจะมีค่า Eh อยู่ในช่วง -67 ถึง -347 มิลลิโวลต์ เป็นสภาพที่เหมาะสมต่อการปล่อยมีเทน ดังนั้นควรเปลี่ยนวิธีการจัดการน้ำจากขังน้ำตลอดฤดูเพาะปลูกเป็นแบบเปียกสลับแห้งในการทำนา (alternate wetting and drying หรือ AWD) เนื่องจากการจัดการน้ำแบบ AWD ช่วยลดการเกิดมีเทน (พนิดา และอุณเรือน, 2564) และช่วยประหยัดน้ำได้ถึง 30-50 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลดีต่อเกษตรกรที่เพาะปลูกข้าวในสภาวะที่ฝนทิ้งช่วงหรือในพื้นที่ที่มีน้ำอยู่อย่างจำกัด นอกจากนี้ในสภาพดินแห้งทำให้รากข้าวได้รับออกซิเจนส่งผลให้รากเจริญเติบโตได้ดีต้นข้าว

แข็งแรงทนต่อโรคและแมลงศัตรูข้าว เพิ่มปริมาณผลผลิตข้าวและที่สำคัญเป็นวิธีที่สามารถปรับตัวกับสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้เป็นอย่างดี ทั้งในปัจจุบันและอนาคต (กรมการข้าว, 2562) นอกจากนี้การเผาฟางข้าวหรือตอซังหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตถือเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ส่งผลทำให้เกิดภาวะโลกร้อน เนื่องจากการเผาฟางข้าวมีการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สูงถึง $1,118.47 \text{ g}_{\text{emission}} / \text{kg}_{\text{dm biomass}}$ และมีค่าฝุ่นละอองรวมเท่ากับ $6.69 \text{ g}_{\text{emission}} / \text{kg}_{\text{dm biomass}}$ (กิตติยาภรณ์ และคณะ, 2559) การเผาฟางข้าวไม่เพียงแต่จะส่งผลกระทบต่อชั้นบรรยากาศ แต่ยังส่งผลกระทบต่อสมบัติดิน เช่น อนุภาคดินเกิดการจับตัวแน่นและแข็งขึ้นส่งผลต่อการซึมน้ำของรากพืช ชนิดและปริมาณจุลินทรีย์ดินลดลง สูญเสียอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารเป็นต้น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548) จากปัญหาที่กล่าวมาทั้งหมดจึงศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดินภายใต้จัดการ

น้ำแบบเปียกสลับแห้งร่วมกับการจัดการดินโดยใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก ร่วมกับฟางข้าว เพื่อหาอัตราการใช้ที่เหมาะสมสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ของเกษตรกรต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมพื้นที่และวางแผนการทดลอง

ศึกษาผลของการจัดการดินร่วมกับการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง ณ แปลงทดลองภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ปลูกข้าวโดยวิธีดำนา ระยะปลูก 25x25 เซนติเมตร ในแปลงย่อยขนาด 542 ตารางเมตร แต่ละแปลงย่อยห่างกัน 1.70 เมตร วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ภายในบล็อก (Randomized Complete Block Design; RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ 3 ตำรับการทดลอง ดังแสดงใน (Table 1)

Table 1 Details of treatments

Treatment	Water management	Soil preparation		15 DAT	45 DAT
		MN (mg kg ⁻¹)	RS (mg kg ⁻¹)	Chem 18-8-8 (kg ra ⁻¹)	Chem 46-0-0 (kg ra ⁻¹)
1 CF+chem	CF	-	-	30	15
2 AWD+MN+half RS and chem	AWD	300	400	15	7.5
3 AWD+MN+full RS and chem	AWD	300	800	30	15

Note: Continuously flooded; CF, Alternate wetting and drying; AWD, Manure; MN, Rice straw; RS, Chemical fertilizer; Chem, Days after transplanting; DAT

การจัดการน้ำ

จัดการน้ำแบบ CF สำหรับตำรับการทดลองที่ 1 โดยปล่อยให้มีน้ำขังที่ระดับ 10 เซนติเมตรเหนือผิวดินตลอดฤดูปลูกและปล่อยให้แห้งก่อนเก็บเกี่ยวประมาณ 14 วัน จัดการน้ำแบบ AWD สำหรับตำรับการทดลองที่ 2 และ 3 โดยปล่อยให้มีน้ำขังที่ระดับ 10 เซนติเมตร (+10) เหนือผิวดินและปล่อยให้น้ำลดลงถึงระดับ 15 เซนติเมตร (-15) ใต้ผิวดิน (ฝังท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร ความสูง

35 เซนติเมตร เจาะรูจำนวน 5 รูต่อด้าน เจาะทั้งหมด 4 ด้าน แต่รูห่าง 5 เซนติเมตร บริเวณกลางแปลงในทุกแปลงย่อยเพื่อใช้วัดระดับน้ำในแปลงข้าว) ก่อนเติมน้ำเข้าแปลงให้มีระดับ 10 เซนติเมตร เหนือผิวดินอีกครั้ง สลับกันเช่นนี้จนถึงระยะกำเนิดช่อดอกหรือข้าวเริ่มสร้างรวงอ่อนจะรักษาระดับน้ำ 10 เซนติเมตรเหนือผิวดินเป็นเวลา 2 สัปดาห์ หลังจากนั้นจะปล่อยให้น้ำแห้งเพื่อรอเก็บเกี่ยว (Rice Knowledge Bank, 2014)

ปริมาณธาตุอาหารของฟางข้าวและปุ๋ยคอก

ปริมาณธาตุอาหารในฟางข้าวและปุ๋ยคอกที่ใช้ในการทดลองในครั้งนี้ใช้อ้างอิงจากรายงานที่พบว่าฟางข้าวมีปริมาณธาตุอาหารแต่ละชนิดในปริมาณที่แตกต่างกัน ได้แก่ ไนโตรเจน 0.8% ฟอสฟอรัส 0.2% และโพแทสเซียม 1.1% และปุ๋ยคอกมีไนโตรเจน 2.4% ฟอสฟอรัส 0.7% และโพแทสเซียม 2.1% เมื่อย่อยสลายฟางข้าวและปุ๋ยคอกจะปลดปล่อยธาตุอาหารดังกล่าวออกมาในสารละลายดินเพื่อให้พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ (ทิพยากร และ จีวรธร, 2541; สำนักวิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร, 2548; Brady and Weil, 2000)

การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์สมบัติของดิน

ศึกษาสมบัติทางกายภาพบางประการของดินโดยเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกแบบรบกวน โครงสร้างที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร นำมาวิเคราะห์เนื้อดิน (texture) โดยวิธี pipette method และเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกและหลังปลูกแบบไม่รบกวนโครงสร้าง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density) โดยวิธี core method (National Soil Survey Center, 1996) ศึกษาสมบัติทางเคมีบางประการของดินโดยเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกและหลังปลูกแบบรบกวนโครงสร้างที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร นำมาวัดค่าพีเอชของดิน (pH) ด้วย pH meter (ดิน:น้ำ = 1:1) วัดค่าการนำไฟฟ้าสภาพดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (electric conductivity; EC_e) ด้วย EC meter วิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (organic matter; OM) โดยวิธี Walkley and Black Titration ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus; Avail. P) โดยวิธี Bray II แล้วนำไปวัดค่า absorbance ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 882 นาโนเมตร ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K; Exch. K) โดยสกัดด้วย 1 นอร์มอล NH₄OAc pH 7.0 แล้วนำสารละลายที่สกัดได้ไปวัดด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (cation exchange capacity; CEC) โดยการทำให้ดินอิ่มตัวด้วย 1 นอร์มอล NH₄OAc pH 7.0 (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542)

การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว

ศึกษาข้อมูลการเจริญเติบโตของข้าว โดยวัดการเจริญเติบโตของข้าวทุก 10 วันหลังปลูก จนถึงเก็บเกี่ยว สุ่มข้าวจำนวน 5 กอต่อซ้ำ ข้อมูลประกอบด้วย ความสูง วัดจากระดับผิวดินจนถึงปลายยอด (อรรรถพล, 2554) ค่าความเขียวของใบ (leaf greenness) วัดด้วยเครื่อง chlorophyll meter (Minolta Co., JAPAN: SPAD-502 model) วัดค่าความเขียวใบจากใบอ่อนที่คลี่เต็มที่แล้ว (ธัญญา และคณะ, 2556) จำนวน 2 ใบต่อกอ แต่ละใบวัด 3 ตำแหน่ง ได้แก่ ปลายใบ กลางใบและโคนใบ แล้วนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย (เวรณี, 2561) จำนวนหน่อ นับจำนวนหน่อต่อกอทั้งหมด และวัดผลผลิตต่อไร่จากน้ำหนักสดเมล็ดดีต่อพื้นที่ 1 ไร่

การติดตั้งสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ

ติดตั้งสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ WatchDog 2000 Series Station บริเวณแปลงทดลอง สถานีตรวจวัดสภาพอากาศประกอบด้วย หัววัดความเข้มแสง (quantum sensor) เครื่องวัดอุณหภูมิ (thermometer) เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity sensor) เครื่องวัดความเร็วและทิศทางลม (anemometer) และเครื่องวัดปริมาณน้ำฝน (rain gauge) เชื่อมต่ออุปกรณ์ตรวจวัดปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยากับกล่องบันทึกข้อมูล (data logger) โดยติดตั้งชุดอุปกรณ์บนเสาให้สูงจากทรงพุ่มข้าวประมาณ 2 เมตร กำหนดให้บันทึกข้อมูลทุก 30 นาที ถ่ายโอนข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม Specware 9 ทุก 10 วัน เริ่มเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเมษายน พ.ศ. 2565

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance; ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's New Multiple's Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรม R version 4.2.0

ผลการทดลองและวิจารณ์

ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ

ระหว่างช่วงการศึกษาตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเมษายน พ.ศ. 2565 มีความเข้มแสงสูงสุด

1,036 วัดต่อตารางเมตร อุณหภูมิต่ำสุดเท่ากับ 22 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 36 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 28 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยเท่ากับ 79 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณน้ำฝนทั้งหมดเท่ากับ 45 มิลลิเมตร ซึ่งน้อยกว่าปริมาณน้ำที่ข้าวต้องการ โดยปริมาณน้ำที่ข้าวต้องการมีค่าเท่ากับ 720-1,200 มิลลิเมตร (บุญดิษฐ์ และยงยุทธ, 2558)

สมบัติทางประชากรของดิน

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพบางประการของดินก่อนปลูกพบว่าเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam) ความหนาแน่นรวม (bulk density) เท่ากับ 1.48 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และสมบัติทางเคมีบางประการของดินก่อนปลูกพบว่าค่าพีเอชของดินเท่ากับ 6.64 แสดงว่าดินมีความเป็นกรดเล็กน้อย ค่าการนำไฟฟ้า (EC_e) เท่ากับ 0.37 เดซิซีเมนตต่อเมตร แสดงว่าดินไม่เค็ม ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) เท่ากับ 1.26% แสดงว่าดินมีอินทรีย์วัตถุค่อนข้างต่ำ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avail. P) เท่ากับ 31.91 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แสดงว่าดินมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูง ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch. K) เท่ากับ 133.73 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แสดงว่าดินมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงมาก และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) เท่ากับ 9.66 เซนติโมลของประจุต่อกิโลกรัม แสดงว่าดินมีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนค่อนข้างต่ำ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548; Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973) (Table 2)

หลังจากเก็บเกี่ยวข้าวและเก็บตัวอย่างดินหลังปลูก วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีบางประการของดินหลังปลูกในแต่ละครั้งการทดลองพบว่าทุกการทดลองค่าการนำไฟฟ้าของดินหลังปลูกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่าของความหนาแน่นรวม ค่าพีเอชของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินหลังปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการเปรียบเทียบความหนาแน่นรวมพบว่าค่าการทดลองที่ 2 และ 3 ความหนาแน่น

รวมของดินลดลงเมื่อเทียบกับดินก่อนปลูก มีค่าเท่ากับ 1.47 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร การใส่ฟางข้าวจะมีการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ดินจนกลายเป็นอินทรีย์วัตถุในดิน ซึ่งอินทรีย์วัตถุในดินจะช่วยปรับปรุงโครงสร้างดินให้มีความร่วนซุยมากขึ้น สอดคล้องกับรายงานโดยมัจฉา และคณะ (2556) ที่พบว่าการไถกลบฟางข้าวในอัตราใดก็ตามจะส่งผลให้ความหนาแน่นรวมของดินลดลง และยังสอดคล้องกับการศึกษาของ เครือมาศ (2554) ที่รายงานว่าการใส่ฟางข้าวในอัตรา 1-4 ตันต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีส่งผลให้ความหนาแน่นรวมของดินลดลงเมื่อเทียบกับค่าควบคุม

อินทรีย์วัตถุของดินหลังปลูก ค่าการทดลองที่ 1 มีค่าอินทรีย์วัตถุสูงที่สุด เนื่องจากกระบวนการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุจะต้องอาศัยกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน ซึ่งจุลินทรีย์มีทั้งแบบที่เจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่มีอากาศ (aerobic condition) และไม่มีอากาศ (anaerobic condition) ดังนั้นการถ่ายเทอากาศจึงมีส่วนควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทั้ง 2 แบบอย่างมาก โดยทั่วไปแล้วอินทรีย์วัตถุในดินจะถูกย่อยสลายได้เร็วโดยจุลินทรีย์แบบที่เจริญเติบโตได้ในสภาพที่มีอากาศ รวมทั้งในสภาพที่มีน้ำและมีอากาศถ่ายเทที่เพียงพอในการหมักฟางข้าวจะมีการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบอินทรีย์โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสัปดาห์ที่ 5-8 ของการหมักฟางข้าว total N ค่อยๆ ทำให้ C/N ratio ค่อยๆ ลดลง การย่อยสลายฟางข้าวเกิดได้เร็วขึ้น ซึ่งค่าการทดลองที่ 2 และ 3 มีการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง มีการถ่ายเทอากาศในดิน จึงเกิดกระบวนการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในดินได้มากและเป็นค่าการทดลองที่มีการใส่ฟางข้าวในดิน ซึ่งการใส่ฟางข้าวจะส่งเสริมให้เกิดกระบวนการ immobilization ของไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในดินเป็นกระบวนการที่จุลินทรีย์นำไนโตรเจนในดินมาใช้สร้างองค์ประกอบของเซลล์ ทำให้ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินลดลง ทำให้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุที่สะสมอยู่ในดินอยู่น้อยกว่าค่าการทดลองที่ 1 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548; โสฬส, 2559; Inoko, 1984) นอกจากนี้ดินที่มีการย่อยสลายซากพืชซากสัตว์สูงหรือดินที่มีปริมาณคาร์บอนในดินสูงจะส่งผลให้ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูงด้วย

ทำให้ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินหลังปลูก ได้รับการทดลองที่ 1 มีสูงที่สุด (โอลดา และคณะ, 2561)

ค่าพีเอชของดินหลังปลูก ได้รับการทดลองที่ 2 และ 3 มีค่าพีเอชของดินสูงกว่าได้รับการทดลองที่ 1 มีค่าเท่ากับ 6.45 และ 7.26 ตามลำดับ สอดคล้องกับ ประจักษ์ และคณะ (2534) ที่พบว่า การการไถกลบตอ ชักข้าวในอัตราต่างๆ จะส่งผลให้ค่าพีเอชของดินสูงขึ้น เนื่องจากการไถกลบตอซึ่ง เป็นการเพิ่มปริมาณอินทรีย์ วัตถุในดินจึงส่งผลให้ค่าค่าพีเอชของดินเพิ่มขึ้น และ อินทรีย์วัตถุยังช่วยเพิ่มความสามารถในการต้านทาน การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของดินจึงทำให้ค่าพีเอชของ ดินเพิ่มขึ้นหรือเป็นกลาง (วัลลภา, 2561)

ก่อนการปลูกพืชปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็น ประโยชน์เท่ากับ 31.91 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อ วิเคราะห์ดินหลังปลูกพบว่าได้รับการทดลองที่ 3 มี ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มากที่สุด มีค่า เท่ากับ 82.23 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เป็นได้รับการ ทดลองที่มีการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งและใส่ ฟางข้าวเพิ่มในดิน ซึ่งการทำนาแบบเปียกสลับแห้ง จะมีผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารใน ดิน โดยเฉพาะฟอสฟอรัส เนื่องจากในดินนาที่มีการ ทำนาแบบเปียกสลับแห้งจะเกิดการเปลี่ยนแปลง รูปของเหล็กในช่วงที่มีการขังน้ำเหล็กจะเปลี่ยนรูป จาก Fe^{3+} ไปเป็น Fe^{2+} แต่ในช่วงที่ดินแห้ง Fe^{2+} จะเกิดเป็นเหล็กออกไซด์จึงเกิดการตรึงกับ ฟอสฟอรัสกับเหล็กออกไซด์ในดิน ดังนั้นความ เข้มข้นของฟอสฟอรัสในส่วนของ Fe-P เพิ่มขึ้น เมื่อมีการย่อยสลายฟางข้าวโดยจุลินทรีย์ดินจะ กลายเป็นอินทรีย์วัตถุในดิน จากนั้นอินทรีย์วัตถุ จะไปจับกับแร่เหล็กออกไซด์ที่ตรึงอยู่กับฟอสฟอรัส ทำให้ฟอสฟอรัสที่ถูกตรึงนั้นถูกปลดปล่อยออก มาในสารละลายดินมากขึ้นเพื่อให้พืชนำไปใช้ ประโยชน์ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใส่วัสดุอินทรีย์ ในดินเขตร้อนส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็น ประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้น (Hook *et al.*, 1998; Schmieder *et al.*, 2018; Sukitprapanon *et al.*, 2021)

ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน ก่อนปลูกมีค่าเท่ากับ 133.73 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ส่วนดินหลังปลูกพบว่าได้รับการทดลองที่ 3 มี ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มากที่สุด มีค่า เท่ากับ 46.40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เป็นได้รับการ ทดลองที่ใส่ฟางข้าวในอัตรา 800 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อฟางข้าวเกิดการย่อยสลายจะปลดปล่อยธาตุ โพแทสเซียมออกมาในสารละลายดินเพื่อให้พืชนำ ไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ สอดคล้องกับศรีอมาศ (2554) ที่พบว่าดินที่ผสมฟางข้าวเผาและดินที่ผสม ฟางข้าวแห้งมีปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ในดินสูงกว่าดินธรรมดา นอกจากนี้การจัดการน้ำยัง มีผลต่อความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินต่อการนำไปใช้ของพืช ในดินนา น้ำ ขังตลอดเวลาทำให้โพแทสเซียมถูกปลดปล่อยออกมา ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (soluble K) เพิ่มขึ้น สภาพน้ำขังเกิดกระบวนการรีดิวซ์ธาตุเหล็กและ แมงกานีส (Fe^{2+} และ Mn^{2+}) ไปแทนที่ K^+ ที่ถูกยึดไว้ ในอนุภาคดินเหนียวทำให้การเคลื่อนย้ายโพแทสเซียม เข้าสู่รากพืชได้มากกว่าสภาพดินแห้งหรือดินที่ไม่ขังน้ำ ข้าวที่ปลูกในสภาพไม่ขังน้ำมีการดูดใช้โพแทสเซียม ต่ำกว่าสภาพน้ำขัง ดังนั้นดินที่ไม่ขังน้ำจึงมีปริมาณ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมากกว่าดินที่ ขังน้ำ เนื่องจากพืชดูดไปใช้ได้น้อย (เอกพันธ์ และ คณะ, 2564; Ponnampetuma, 1965; Gething, 2000)

เมื่อพิจารณาระหว่างฟอสฟอรัสและ โพแทสเซียมในดิน ทุกได้รับการทดลองมีปริมาณ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินหลังปลูกเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับดินก่อนปลูก แต่ปริมาณโพแทสเซียม ที่แลกเปลี่ยนได้ในดินหลังปลูกลดลง เนื่องจากข้าว ต้องการธาตุอาหารแต่ละชนิดในปริมาณที่แตก ต่างกัน ซึ่งข้าวต้องการโพแทสเซียมในการเจริญ เติบโตมากกว่าฟอสฟอรัส สอดคล้องกับงานวิจัย ที่ผ่านมาก็กล่าวว่าข้าวต้องการไนโตรเจน 15-24 กิโลกรัม ฟอสฟอรัส 3-6 กิโลกรัม และโพแทสเซียม 15-50 กิโลกรัม ในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต 1,000 กิโลกรัม (Yoshida, 1981; Dobemann and Fairhurst, 2000) จากการรายงานของมณีรัตน์ และ คณะ (2551) พบว่าในนาข้าวทั้งที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี เพียงอย่างเดียวและใส่ฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมีจะมี ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมสูงกว่าฟอสฟอรัส

นอกจากนี้อาจเกิดการชะละลาย (leaching) ของโพแทสเซียมพร้อมกับน้ำที่ระบายลงสู่ดินชั้นล่าง (drainage water) ซึ่งการชะละลายของโพแทสเซียมจะมากกว่าฟอสฟอรัสโดยเฉพาะในดินเนื้อหยาบ

ในบางกรณีพบว่าปริมาณโพแทสเซียมที่ถูกชะละลายอาจเท่ากับที่พืชดูดโพแทสเซียมไปใช้ในการเจริญเติบโต (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

Table 2 Some soil properties of before and after transplanting

Treatment	pH (1:1)	ECe (dS m ⁻¹)	OM (%)	Avail.P (mg kg ⁻¹)	Exch.K (mg kg ⁻¹)	CEC (cmolc kg ⁻¹)	Bulk density (g cm ⁻³)	Texture
Before transplanting	6.64	0.37	1.26	31.91	133.73	9.66	1.48	Sandy loam
After transplanting								
1 CF+chem	5.88 ^c	0.23	1.17 ^a	63.63 ^b	45.03 ^a	7.45 ^a	1.49 ^a	
2 AWD+MN+half RS and chem	6.45 ^b	0.21	1.03 ^c	66.92 ^b	37.10 ^b	6.93 ^b	1.47 ^b	
3 AWD+MN+full RS and chem	7.26 ^a	0.22	1.13 ^b	82.23 ^a	46.40 ^a	6.64 ^c	1.47 ^b	
F-test	*	ns	*	*	*	*	*	
C.V. (%)	9.11	6.45	5.56	12.17	10.38	5.03	1.38	

Note: ns = not-significantly different at P-value < 0.05, * = significantly different at P-value < 0.05, Mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference by DMRT.

การเจริญเติบโต

1. ความสูง

ความสูงข้าวตั้งแต่ปลูกมีค่าเพิ่มมากขึ้น โดยได้รับการทดลองที่ 1 และ 2 ความสูงของข้าวจะสูงที่สุดเมื่อข้าวอายุ 90 DAT และได้รับการทดลองที่ 3 ความสูงของข้าวจะสูงที่สุดเมื่อข้าวอายุ 70 DAT นอกจากนั้นตั้งแต่ปลูกถึงเก็บเกี่ยวความสูงข้าวทุกได้รับการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ แต่ที่ข้าวอายุ 30-60 และ 80 DAT ได้รับการทดลองที่ 1 มีค่าความสูงมากที่สุด (Table 3) สอดคล้องกับกัญชลี (2560) ที่กล่าวว่าความสูงของต้นข้าวที่มีการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งน้อยกว่าความสูงของต้นข้าวที่มีการขังน้ำตลอดฤดูเพาะปลูก รวมทั้งอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่สูงขึ้นจะส่งผลให้ความสูงของต้นข้าวเพิ่มขึ้นด้วย (จำเนียร และคณะ, 2564)

Table 3 Plant height (cm) of rice at different plant ages (DAT)

Treatment	Days after transplanting (DAT)								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
1 CF+chem	36.7	45.2	54.8	68.1	83.2	92.7	105.8	110.6	111.5
2 AWD+MN+half RS and chem	36.1	45.3	52.2	62.7	78.3	92.2	105.2	108.9	111.7
3 AWD+MN+full RS and chem	38.6	46.0	53.9	62.6	76.1	90.5	108.9	108.0	107.6
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	5.7	6.7	4.9	6.4	5.8	3.6	3.5	3.6	4.3

Note: ns = not-significantly different at P-value < 0.05, * = significantly different at P-value < 0.05, Mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference by DMRT.

2. ความเขียวใบ

ค่าความเขียวใบมีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ ซึ่งจะแปรผันตามสภาพแวดล้อม ปริมาณธาตุอาหารที่ได้รับ อายุใบ ความหนาใบ และช่วงเวลาที่ทำกรวัด (Altland *et al.*, 2003; Jifon *et al.*, 2005) จากการศึกษาพบว่า ค่าความเขียวใบมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อข้าวมีอายุเพิ่มมากขึ้น โดยทุกตำรับการทดลองค่าความเขียวใบจะมีค่าสูงที่สุดเมื่อข้าวอายุ 70 DAT จากนั้นค่าความเขียวใบจะลดลง เมื่อข้าวอายุ 10-40 วันหลังปลูกค่าความเขียวใบไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อข้าวอายุ 50-90 วัน หลังปลูกค่าความเขียวใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่ค่าความเขียวใบที่ข้าวอายุ 90 วันหลังปลูก ตำรับการทดลองที่ 2 และ 3 ไม่แตกต่างกัน โดยตำรับการทดลองที่ 1 และ 3 มีค่าความเขียวใบสูงกว่าตำรับการทดลองที่ 2 เนื่องจากเป็นตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราสูงกว่า เมื่อข้าวได้รับปุ๋ยไนโตรเจนใน

อัตราที่สูงจะส่งผลให้ค่าเฉลี่ยความเขียวใบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งปริมาณไนโตรเจนในใบจะสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ (สิริพร และคณะ, 2560; Slocum *et al.*, 1984) เมื่อเปรียบเทียบค่าความเขียวใบของตำรับการทดลองที่ 1 และ 3 พบว่าตำรับการทดลองที่ 1 มีแนวโน้มค่าความเขียวใบมากกว่าตำรับการทดลองที่ 3 เนื่องจากตำรับการทดลองที่ 3 มีการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งเป็นสภาวะที่มีทั้งจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจนอาศัยอยู่ จึงทำให้ชนิดและปริมาณจุลินทรีย์สูงกว่าในสภาพน้ำขังและการไหลพางข้าวในดินจะส่งเสริมให้เกิดกระบวนการ immobilization ของไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในดินเป็นกระบวนการที่จุลินทรีย์นำไนโตรเจนในดินมาใช้สร้างองค์ประกอบของเซลล์ ทำให้ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินลดลง ค่าความเขียวใบในตำรับการทดลองที่ 3 จึงน้อยกว่าเมื่อเทียบกับตำรับการทดลองที่ 1 (โสฬส, 2559) (Table 4)

Table 4 Leaf greenness (SPAD unit) of rice at different plant ages (DAT)

Treatment	Days after transplanting (DAT)								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
1 CF+chem	28.7	38.8	42.9	44.3	44.0 ^a	44.7 ^a	45.6 ^a	44.3 ^a	38.7 ^a
2 AWD+MN+half RS and chem	29.0	37.5	41.0	41.9	38.3 ^c	38.7 ^c	41.2 ^b	39.3 ^c	35.0 ^b
3 AWD+MN+full RS and chem	27.6	40.2	41.9	43.5	41.2 ^b	42.5 ^b	43.1 ^{ab}	42.3 ^b	35.6 ^b
F-test	ns	ns	ns	ns	*	*	*	*	*
C.V. (%)	4.9	5.9	3.0	3.5	6.3	6.4	5.9	5.5	5.2

Note: ns = not-significantly different at P-value < 0.05, * = significantly different at P-value < 0.05, Mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference by DMRT.

3. จำนวนหน่อ

จำนวนหน่อต่อกอของข้าวที่อายุ 10 DAT มีจำนวนน้อยที่สุด จากนั้นข้าวจะมีจำนวนหน่อเพิ่มมากขึ้น ซึ่งระยะการแตกกอของข้าวจะอยู่ในช่วงข้าวอายุ 10 DAT และข้าวจะแตกกอสูงสุดเมื่ออายุ 30 DAT (ธานี และสรารุณ, 2559) ซึ่งจากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าข้าวแตกกอสูงสุดที่อายุ 50 DAT โดยตำรับการทดลองที่ 1 มีจำนวนหน่อมากที่สุด รองลงมาเป็นตำรับการทดลองที่ 3 และ 2 มีค่าเท่ากับ 31 27 และ 25

ตามลำดับ เนื่องจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณมากจะทำให้พืชนำไปใช้ในการสร้างส่วนเจริญทางลำต้นเพิ่มขึ้น ส่งผลให้การแตกกอของข้าวเพิ่มขึ้นด้วย (จำเนียร และคณะ, 2564; Dobermann and Fairhurst, 2000) สอดคล้องกับมณีรัตน์ และคณะ (2551) ที่รายงานว่าในตำรับการทดลองที่ใส่พางข้าวร่วมกับปุ๋ย NPK และตำรับการทดลองที่ใส่เกลบร่วม กับปุ๋ย NPK พบจำนวนกอของข้าวน้อยกว่าตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ย NPK เพียงอย่างเดียว (Table 5)

Table 5 Tiller number of rice at different plant ages (DAT)

Treatment	Days after transplanting (DAT)								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
1 CF+chem	2	9 ^a	23	28	31	28	20 ^a	20 ^a	17 ^{ab}
2 AWD+MN+half RS and chem	2	9 ^a	21	23	25	21	16 ^b	15 ^b	15 ^b
3 AWD+MN+full RS and chem	2	8 ^b	20	25	27	25	20 ^a	20 ^a	18 ^a
F-test	ns	*	ns	ns	ns	ns	*	*	*
C.V. (%)	10.2	12.9	9.8	12.7	14.9	18.0	17.2	17.4	15.7

Note: ns = not-significantly different at P-value < 0.05, * = significantly different at P-value < 0.05, Mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference by DMRT.

4. ผลผลิต

ผลผลิตได้จากน้ำหนักสดเมล็ดดีในพื้นที่ 1 ไร่ โดยดำรับการทดลองที่ 3 มีปริมาณผลผลิตมากที่สุด (863.4 กิโลกรัมต่อไร่) รองลงมาเป็นการทดลองที่ 2 (798.9 กิโลกรัมต่อไร่) และ 1 (527.6 กิโลกรัมต่อไร่) ตามลำดับ ดำรับการทดลองที่ 3 และ 2 มีการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในสารละลายดินเพิ่มขึ้นและใส่ปุ๋ยคอกและฟางข้าวลงในดินเมื่อเกิดการย่อยสลายจะเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสและปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

ในดิน พีชจะดูดฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมไปใช้ในการเจริญเติบโตด้านการสืบพันธุ์และช่วยเสริมสร้างเมล็ดของธัญพืช จึงทำให้ข้าวที่ปลูกในดินที่มีการใส่ปุ๋ยคอกและฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมีมีน้ำหนักเมล็ดสูงกว่าข้าวที่ปลูกในดินที่ใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (ยงยุทธ, 2552; เครือมาศ, 2554; Schmieder *et al.*, 2018; Sukitprapanon *et al.*, 2021) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาที่พบว่าการใส่ฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมีทำให้ผลผลิตข้าวสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (มณีรัตน์ และคณะ, 2551; ญัฐพล และเครือมาศ, 2556; มัจฉา และคณะ, 2556) (Table 6)

Table 6 Effects of soil management and alternate wetting and drying water management on yield

Treatment	Yield (kg ra ⁻¹)
1 CF+chem	527.6 ^b
2 AWD+MN+half RS and chem	798.9 ^a
3 AWD+MN+full RS and chem	863.4 ^a
F-test	*
C.V. (%)	27.25

Note: ns = not-significantly different at P-value < 0.05, * = significantly different at P-value < 0.05, Mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference by DMRT.

สรุป

ในระยะ 30-60 DAT ข้าวที่มีการจัดการน้ำแบบ CF+chem จะมีการเจริญเติบโตทางลำต้นและความเขียวใบบวกกว่าข้าวที่มีการจัดการ

น้ำแบบ AWD+MN+half RS and chem และ AWD+MN+full RS and chem แต่ผลผลิตของข้าวที่ปลูกใน AWD+MN+full RS and chem จะมีค่าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับ AWD+MN+half RS and chem

และ CF+chem นอกจากนี้การจัดการแบบ AWD ร่วมกับการใส่ปุ๋ยคอกและฟางข้าวพร้อมกับการเตรียมดินร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีจะช่วยให้ความหนาแน่นรวมของดินลดลง ดินมีค่าพีเอชใกล้เคียง 7 มากขึ้น ช่วยเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน ซึ่งข้าวสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ ดังนั้นการจัดการแบบ AWD+MN+full RS and chem เหมาะสมต่อการผลิตข้าวปทุมธานี 1 มากที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต กำแพงแสน ที่อนุเคราะห์อุปกรณ์และเครื่องมือในการทำงานวิจัย และขอขอบคุณภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสนที่เอื้อเฟื้อสถานที่ทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมการข้าว. 2562. กรมการข้าวและชาวนารับมือฝนทิ้งช่วงทำนาแบบเปียกสลับแห้ง. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <http://webold.ricethailand.go.th/web/index.php/mactivities/6292-2019-07-08-14-27-58> (20 พฤศจิกายน 2564).
- กรมการค้าต่างประเทศ. 2563. การส่งออกข้าวไทย. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://www.dft.go.th/th-th/NewsList/News-DFT/Description-News-DFT/ArticleId/17393/17393> (1 พฤศจิกายน 2565).
- กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2548. ดินเพื่อประชาชน. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <http://e-library.ldd.go.th/library/Ebook/bib481.pdf> (4 กันยายน 2565).
- กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ม.ป.ป. ไก่กลบตอซังสร้างดินยั่งยืนพื้นที่ลุ่มน้ำท่วมซ้ำซาก. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: https://www.ldd.go.th/WEB_Bio/PDF/Plow.pdf (10 ธันวาคม 2564).
- กันตสินธุ์ แจ่มบุญ. 2560. ผลของการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวนาปรัง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก. 107 หน้า.
- กิตติยาภรณ์รองเมือง, วีรชัย อาภาหาญ, พรรษา ลิบลับ และทิพย์สุกัญญา หินชูชัย. 2559. การประเมินการปลดปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้ฟางข้าวในโรงแ่ง. น. 31-41. ใน: การประชุมวิชาการวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติระดับชาติ ครั้งที่ 3. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 547 หน้า.
- เครือมาศ สมัครการ. 2554. แนวโน้มการสะสมคาร์บอนในดินที่ใช้ปลูกข้าวจากการใส่ฟางข้าวและฟางข้าวเผา. Veridian E-Journal Silpakorn University (กลุ่มวิทยาศาสตร์) 4(1): 931-941.
- จำเนียร มีสำลี, นันทินา ดำรงวัฒนากุล และจักรชัยวัฒน์ กาวีวงศ์. 2564. ผลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข 6 ภายใต้วิธีการปลูกแบบปักดำและหว่าน. วารสารแก่นเกษตร 49(4): 830-841.
- ไชยวัฒน์ สมสาองค์ และอุณเรือน เล็กน้อย. 2563. ปัจจัยที่มีผลต่อการเป็นเกษตรปราศเปรื่องของชาวนาในจังหวัดสระแก้ว. วารสารการเกษตรราชภัฏ 19(1): 28-35.
- ณัฐพล บัวจันทร์ และเครือมาศ สมัครการ. 2556. อิทธิพลของการจัดการดินต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1. Veridian E-Journal Silpakorn University (กลุ่มวิทยาศาสตร์) 6(3): 924-934.
- ณิญา บันดอนไฟ, ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา และอรพรรณ จิตรสีรุ่ง. 2556. การประเมินไนโตรเจนในใบยอดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 โดยการวิเคราะห์ภาพด้วยกล้องดิจิทัลอัตโนมัติ

- เปรียบเทียบกับการใช้คลอโรฟิลล์มิเตอร์ (SPAD-502). น. 570-576. ใน: ประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 14. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- ดวงนภา วาณิชสรรพ และปัญญา ขวัญเย็น. 2557. การพัฒนาการบริหารจัดการน้ำในนาข้าว เพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซมีเทน. วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา 25(1): 59-69.
- ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และจรัล จันทรเจริญสุข. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดิน และพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 108 น.
- ทิพยากร ลิมทอง และฉวีวรรณ เหลืองวุฒิวิโรจน์. 2541. การวิเคราะห์ข้อมูลและจัดทำระบบการจัดเก็บข้อมูลด้านวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมทางการเกษตรของประเทศไทย. กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพมหานคร. 131 หน้า.
- ธานี ศรีวงษ์ชัย และสราวุธ รุ่งเมฆารัตน์. 2559. การปลูกข้าว. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://ebook.lib.ku.ac.th/ebook27/ebook/20160045/> (19 สิงหาคม 2565).
- นิโรจน์ สิ้นณรงค์. 2560. เศรษฐศาสตร์กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ: จากแนวคิดเครื่องมือการวิเคราะห์สู่นโยบายสาธารณะด้านการเกษตร. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 37(3): 143-161.
- บุญดิษฐ์ วรินทร์รักษ์ และยงยุทธ ไสยสกลา. 2558. ประวัติการปลูกข้าวและข้าวกับสภาพแวดล้อม. น. 28-60. ใน: ยงยุทธ ไสยสกลา (บก.). ดิน ธาตุอาหารและปุ๋ยข้าว. สมาคมดินและปุ๋ย, กรุงเทพมหานคร.
- ปรัชญา ธัญญาดี, ประชา นาคะประเวศ, ปรีดี ติรัทษา, ทิพยากร ลิมทอง และแวตวา วาสนานุกูล. 2534. ผลของการไถกลบตอซังข้าวเพื่อเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้แก่ดินนา ภาคตะวันออก เชียงเหนือและภาคเหนือ. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพมหานคร. 21 หน้า.
- พินดา พุทธรัตน์รักษา และอุณเรื้อน เล็กน้อย. 2564. ผลกระทบและการยอมรับการทำนาแบบเปียกสลับแห้งเพื่อการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของชาวนาอำเภอศรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี. วารสารมหาจุฬานา-ครุศาสตร์ 8(1): 134-144.
- พรชัย หาระโคตร และอรุณ ทองอุ่น. 2559. ผลของการจัดการน้ำและระยะปลูกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ภายใต้ระบบการผลิตแบบโปรเกรสส์ (SRI). วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 24(6) (พิเศษ): 986-997.
- พัชรี แสนจันทร์, มัจฉา แก้วพิลา, นิภา ธรรมโสม, พกษา หล้าวงษา และดวงสมร ตูลาพิทักษ์. 2557. ผลของฟางข้าวต่อสภาพรื้อดักซังในดินนาและปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทน (การทดลองในกระถางปลูกข้าว). วารสารแก่นเกษตร 42(1): 235-240.
- ไพบุลย์ วิวัฒน์วงศ์วนา. 2546. เคมีดิน. ห้างหุ้นส่วนจำกัดเชียงใหม่พิมพ์สวຍ, เชียงใหม่.
- มนีรัตน์ ม่วงศรี, จงรักษ์ จันทรเจริญสุข และเอ็จ สโรบล. 2551. ผลการใส่ฟางข้าวและแกลบร่วมกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมต่อผลผลิตของข้าวที่ปลูกในชุดดินพินาย, น. 82-89. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สาขาพืช ครั้งที่ 46. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.
- มัจฉา แก้วพิลา, นิภา ธรรมโสม, พกษา หล้าวงษา และพัชรี แสนจันทร์. 2556. ผลของฟางข้าวต่อผลผลิตข้าว คุณสมบัติความเป็นกรดต่าง การนำไฟฟ้า และความหนาแน่นรวมของดินนา. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น 13(2): 1-8.
- ยงยุทธ ไสยสกลา. 2552. ธาตุอาหารพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 529 หน้า.
- วัลภา ชัยมาต. 2561. การไถกลบตอซังเพื่อลดต้นทุนการผลิตข้าว ตำบลคลองควาย อำเภอสามโคก จังหวัดปทุมธานี. (ระบบออนไลน์).

- แหล่งข้อมูล: <http://e-library.ldd.go.th/library/flip/bib10227f/bib10227f.html> (20 มกราคม 2565).
- เวรณี วัฒนเดชเสรี. 2561. ผลของการจัดการอุตสาหกรรมซีเมนต์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวปทุมธานี 1 ภายใต้ระดับการให้น้ำที่แตกต่างกัน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 93 หน้า.
- ศศิวิมล ภูพวง, โรจน์ สีนณรงค์, กฤตวิทย์ อัจฉริยพานิชย์กุล และชนิสฐา เสถียรพีระกุล. 2562. ผลกระทบของสภาพภูมิอากาศที่มีผลต่อการผลิตข้าวในเขตภาคเหนือ. บัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ 9(2): 119-132.
- สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร. 2548. ปุ๋ยอินทรีย์ การผลิต การใช้ มาตรฐานและคุณภาพ. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพมหานคร. 82 หน้า.
- สิริพร พูลเต็ม, สุมิตตา แสนจำหน่าย, คณะนิจ เจียวพวง, นงภัทร ไชยชนะ และทิพา พาโคกทม. 2560. ผลของอัตราและชนิดปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวเจ้าปอณิกา. วารสารแก่นเกษตร 45(1) (พิเศษ): 176-181.
- โสฬส แซ่ลิ้ม. 2559. ปุ๋ยอินทรีย์และการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <http://e-library.ldd.go.th/library/flip/bib9827f/bib9827f.html> (17 ตุลาคม 2565).
- อนินท์ จิรพัทธ์พงศ์กร, วลีรัตน์ สุพรรณชาติ และสุวรรณ ประณีตวตกุล. 2556. ปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศที่มีผลต่อผลผลิตภาพการผลิตโดยรวมภาคการเกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. วารสารเกษตรศาสตร์ (สังคม) 34: 399-412.
- อรรถชัย จินตะเวช. 2547. การสะสมคาร์บอน. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 63 หน้า.
- อรรถพล ไสภาพงศ์. 2554. ผลของการไถกลบหญ้าแฝกและระดับน้ำในนาข้าวต่อสมบัติของดินและการปลดปล่อยก๊าซมีเทน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร. 140 หน้า.
- เอกพันธ์ แซ่ย่าง, สุภาภรณ์ ญะเมืองมอญ และชนากานต์ พรหมอุทัย. 2564. ผลของชนิดปุ๋ยโพแทสเซียมต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ปลูกในสภาพน้ำขังและน้ำไม่ขัง. วารสารแก่นเกษตร 49(1): 1-11.
- ไอลดา จำปาทอง, ปญญิศา ตระกูลยิ่งเจริญ และกมล สัจฉิลา. 2561. อิทธิพลระยะยาวของการใส่วัสดุอินทรีย์ต่อการกระจายขนาดของเม็ดดินและอินทรีย์วัตถุในดินที่ปลูกอ้อย. วารสารดินและปุ๋ย 40(1): 6-16.
- Altland, J.E., Gilliam, G.J. Kever, J.H. Edwards, J.L. Sibley and D.C. Fare. 2003. Rapid determination of nitrogen status in pansy. Horticulture Science 38: 537-541.
- Brady, N.C. and R.R. Weil. 2002. The Nature and Properties of Soils. 13th Edition, Prentice Hall, New Jersey. 960 p.
- Carreira, J.A., B. Vinegla and K. Lajtha. 2006. Secondary CaCO₃ and precipitation of P-Ca compounds control the retention of soil P in arid ecosystem. Journal of Arid Environments 64: 460-473.
- Dobermann, A. and T.H. Fairhurst. 2000. Rice Nutrient Disorders and Nutrient Management. Oxford Graphic Printers Pte Ltd, Philippines. 193 p.
- Gething, P.A. 2000. Potash facts. (Online). Available Source: https://www.ipipotash.org/uploads/udocs/potash_facts.pdf (March 17, 2022).

- Hook, D.D., W.H. McKee, Jr., H.K. Smith, J. Gregory, V.G. Burrell, Jr., M.R. De Voe, R.E. Sojka, S. Gilbert, R. Banks, L.H. Stollzy, C. Brooks, T.D. Matthews and T.H. Shear. 1998. The Ecology and Management of Wetland. Vol 1. Timber Press, United States of America. 592 p.
- Inoko, A. 1984. Compost as a source of plant nutrients. (online). Available Source: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XB8411353> (October 17, 2022).
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2001. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge. 982 p.
- Jifon, J.L., J.P. Syvertsen and E. Whaley. 2005. Growth environment and leaf anatomy affect nondestructive estimates of chlorophyll and nitrogen in Citrus sp. leaves. Horticulture Science 130: 152-158.
- Kemmler, G. 1980. Potassium deficiency in soils of the tropics as a constraint to food production in Priorities for Alleviating, pp. 253-275. In: Priorities for alleviating soil-related constraints to food production in the tropics. International Rice Research Institute. 1099 Manila, Philippines.
- Land Classification Division and FAO Project Staff. 1973. Soil Interpretation Handbook for Thailand. Department of Land Development Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok. 135 p.
- National Soil Survey Center. 1996. Soil Survey Laboratory Method Manual. Retrieved from United States Department of Agriculture, United States of America.
- Ponnamperuma, F.N. 1965. Dynamic Aspects of Flooded Soil and the Nutrition of the Rice Plant, pp. 295-328. In: Proceedings of a Symposium at the IRRI. February 1964, Johns Hopkins university, Maryland.
- Rice Knowledge Bank. 2014. Saving water. Alternate Wetting Drying (AWD). (Online). Available Source: <http://www.knowledgebank.irri.org/training/fact-sheets/water-management/saving-water-alternate-wetting-drying-awd> (January 18, 2022).
- Schmieder, F., L. Bergström, M. Riddle, J.P. Gustafsson, W. Klysubun, F. Zehetner, L. Condron and H. Kirchmann. 2018. Phosphorus speciation in a long-term manure-amended soil profile-Evidence from wet chemical extraction, ³¹P-NMR and P K-edge XANES spectroscopy. Geoderma 322: 19-27.
- Slocum, R.D., R. Kaur-Sawhney and A.W. Galson. 1984. The physiology and biochemistry of polyamines in plants. Archives of Biochemistry and Biophysics 235(2): 283-303.
- Sukitprapanon, T., M. Jantamenchai, D. Tulaphitak, N. Prakongkep, R.J. Gilkes and P. Vitykon. 2021. Influence of application of organic residues of different biochemical quality on phosphorus fractions in a tropical sandy soil. Agronomy 11(248): 1-14.
- Yoshida, S. 1981. Fundamental of Rice Crop Science. International Rice Research Institute, Philippines. 269 p.

การเพิ่มศักยภาพการผลิตบัวบกคุณภาพสูงเพื่อเป็นพืชสมุนไพรปลอดสารพิษและโลหะหนัก Capability Enhancement in the Production of High-Quality Gotu Kola for Medicinal Plants with Nontoxic and Heavy Metal Contamination

อุทัยวรรณ ทรัพย์แก้ว¹ พงษ์รวี นามวงศ์² เพ็ญจันทร์ สุธานุกูล¹ และไกรสิงห์ ชูดี¹
Uthaiwan Sapkaew¹ Pongrawee Namwong² Penchan Suthanukool¹ and Kraising Choodee¹

Received: October 10, 2022

Revised: November 4, 2022

Accepted: November 8, 2022

Abstract: Gotu kola (*Centella asiatica* (Linn.) Urban) is an indigenous medicinal plant that has been greatly used for the pharmacological purpose. However, inconstant yield and active ingredients are generally found from crude extract of fresh Gotu kola according to the variation of season and climate. Moreover, the contamination of toxic residues and heavy metals is a critical problem in the traditional production. Therefore, the production of Gotu kola in the greenhouse system and soilless cultivation was studied. The comparison of the types and proportions of planting materials and formula of the nutrient solution were conducted for the production of Gotu kola in the soilless system. The results showed that the application of commercial nutrient solution with planting material of 1:1 v/v coarse sand: coconut coir had the best growth and yield compared to the others. Besides, Asiaticoside and Madecassoside content in this treatment tended to be higher than those in other treatments without statistical significance. A comparison between greenhouse technology under soilless culture conditions and farmers' production was evaluated. The results revealed that the production under greenhouse conditions and soilless system could significantly increase the length of stolon, yield and Asiaticoside and Madecassoside content that showed significantly compared to farmers' production technology. Additionally, the pesticide residue analysis in all processes showed no pesticide residues, whereas the farmers' production had level of heavy metals, iron and lead exceeded the standard level for Gotu kola.

Keywords: Gotu Kola, soilless system, nutrient solution, triterpene

บทคัดย่อ: บัวบก (*Centella asiatica* (Linn.) Urban) เป็นพืชสมุนไพรที่มีการใช้ประโยชน์ทางด้านเภสัชวิทยาอย่างมาก แต่พบว่าปริมาณสารสำคัญ และผลผลิตไม่คงที่เนื่องจากวัตถุดิบบัวบกมีความแปรปรวนจากฤดูกาลผลิต และสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง รวมทั้งพบสารพิษตกค้าง และโลหะหนักที่ไม่สามารถนำมาใช้เป็นสารสกัดมาตรฐานได้ จึงศึกษาการผลิตบัวบกในระบบโรงเรือนและการปลูกพืชไม่ใช้ดิน โดยการเปรียบเทียบหาชนิดและสัดส่วนของวัสดุปลูก ร่วมกับสูตรสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการผลิตบัวบก พบว่า กรรมวิธีสารละลายธาตุอาหารสูตรการค้า ร่วมกับการปลูกในวัสดุปลูก ทราวยหยาบ:ขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร

¹ ศูนย์วิจัยพืชสวนสุโขทัย ต.ท่าชัย อ.ศรีสัชนาลัย จ.สุโขทัย 64190

Sukhothai Horticulture Research Centre, Si Satchanalai, Sukhothai, 64190, Thailand

² ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ 235 ม.3 ต.แม่เหียะ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50100

Chiang Mai Agricultural Engineering Research Center, Mueang District, Chiang Mai, 50100, Thailand

*Corresponding author: benmolee@hotmail.com

ทำให้การเจริญเติบโต ปริมาณผลผลิต และปริมาณสาร Asiaticoside และ Madecassoside ของบัวบกมีแนวโน้มสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ แม้ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นกับการผลิตของเกษตรกร พบว่า การผลิตบัวบกภายใต้สภาพโรงเรือนในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดิน บัวบกมีความยาวไหล ปริมาณผลผลิต และปริมาณสาร Asiaticoside และ Madecassoside สูงกว่ากรรมวิธีการผลิตของเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามพบว่าทั้งสองกรรมวิธีไม่พบสารกำจัดศัตรูพืชตกค้าง แต่การผลิตของเกษตรกรพบปริมาณโลหะหนักเหล็ก และตะกั่วเกินเกณฑ์มาตรฐาน

คำสำคัญ: บัวบก ระบบปลูกพืชที่ไม่ใช้ดิน สารละลายธาตุอาหารพืช ไตรเทอร์พีน

คำนำ

บัวบก (*Centella asiatica* (Linn.) Urban) เป็นผักพื้นบ้านที่พบเห็นได้ทั่วไป และมีการใช้ประโยชน์จากบัวบกทางด้านเภสัชวิทยาที่สำคัญ เอกกรินทร์ และคณะ (2548) ได้พัฒนาสารสกัดมาตรฐานบัวบก (ECa 233) ที่สามารถกระตุ้นการเรียนรู้และความจำ และสารสกัดมาตรฐานที่มีฤทธิ์สมานแผลได้ แต่พบว่าต้องใช้บัวบกสดที่นำมาสกัด สารมาตรฐานค่อนข้างมากสำหรับการนำไปแปรรูปเป็นสารสกัดสมุนไพร และพบว่าปริมาณสารสำคัญและผลผลิตไม่คงที่เนื่องจากวัตถุดิบบัวบกมีความแปรปรวนจากฤดูกาลผลิต และสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง Alqahtani *et al.*, (2011) รายงานว่าการเปลี่ยนแปลงฤดูกาล ส่งผลต่อปริมาณสาร phenolic compounds ในบัวบก พบว่าในฤดูหนาวช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ ส่งผลต่อปริมาณ Triterpenes 4 ชนิด ได้แก่ Madecassoside Asiaticoside Madecassic acid และ Asiatic acid สูงสุด และพบว่าสารต่ำสุดคือช่วงฤดูฝนในเดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคม จึงส่งผลให้สารสกัดบัวบกภายในประเทศไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาดในปัจจุบัน โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์อาหารเสริมและผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง จึงมีความจำเป็นต้องนำเข้าสารสกัดบัวบกในรูปสารสกัดบริสุทธิ์ หรือกึ่งบริสุทธิ์ที่มีราคาค่อนข้างสูง (เอกกรินทร์ และคณะ, 2548) การปลูกบัวบกของเกษตรกรปลูกในพื้นที่เดิมซ้ำนานหลายปี โดยไม่ปล่อยให้มีการพักหรือปรับสภาพพื้นที่

ให้เหมาะสม ทำให้ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ มีการสะสมของสารเคมีในดิน ส่งผลให้ดินเป็นกรดหรือด่างมากเกินไป อีกทั้งสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงในลักษณะปริมาณน้ำฝนที่น้อยลงกว่าปกติ หรือน้ำฝนมากเกินไปจนกระทั่งท่วมขัง และฤดูกาลที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โรคพืชและแมลงศัตรูพืชเข้าทำลายมากขึ้น พบว่าบัวบกเป็นผักที่มีสารพิษตกค้างอยู่ในอันดับต้นๆ โดยพบสารพิษตกค้างทั้งกลุ่มสารกำจัดแมลง สารกำจัดวัชพืช และโลหะหนัก บัวบกในท้องตลาดทั่วไปจึงไม่สามารถนำไปใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบและสารสกัดสมุนไพรที่ได้มาตรฐานได้ (ชานาญ และสุวรรณ, 2548) รวมทั้งกระบวนการจัดการเพื่อผลิตบัวบกแห้งมีขั้นตอนยุ่งยาก เกษตรกรขาดความรู้และความเข้าใจในขั้นตอนการผลิตรวมทั้งต้นทุนในการจัดการทำให้แห้ง การผลิตพืชในระบบโรงเรือนและการปลูกพืชไม่ใช้ดิน เป็นเทคโนโลยีการปลูกพืชปราศจากการใช้สารเคมีเกษตรที่เป็นอันตราย ที่ใช้ปริมาณน้อยและสามารถควบคุมคุณภาพของสารเคมีที่ใช้ได้ ระบบการให้น้ำทางน้ำ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการให้น้ำ การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินหรือการปลูกพืชในวัสดุอื่นๆ แทน โดยวัสดุต้องมีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้นการผลิตบัวบกในระบบโรงเรือนและการปลูกพืชไม่ใช้ดิน มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตให้บัวบกมีคุณภาพสูง เป็นพืชสมุนไพรสำหรับผลิตสารสกัดมาตรฐาน ที่มีสาร Asiaticoside ไม่ต่ำกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ ปลอดภัยจากสารพิษตกค้างและโลหะหนัก

อุปกรณ์และวิธีการ

1. เปรียบเทียบวัสดุปลูก และสูตรสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการผลิตบัวบกในระบบปลูกพืชที่ไม่ใช้ดิน

วางแผนการทดลอง split-plot จำนวน 4 ซ้ำ โดยจัดวางการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (RCB) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

Main-plot ประกอบด้วย สูตรสารละลายธาตุอาหารสำหรับปลูกพืชไม่ใช้ดิน 3 สูตร ได้แก่ (A) สารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi (สูตรผักกึนใบ) (Resh, 1978) (B) สารละลายธาตุอาหารสูตร Hoagland solution (สูตรดีที่สุดของสตรอว์เบอร์รี่ในระบบไฮโดรโปนิกส์) (โสระยา และจำนงค์, 2556) และ (C) สารละลายธาตุอาหารสูตรการค้า (ผักบุ้งจีนคะน้า กวางตุ้ง) (สูตรที่มีระบุปริมาณสารละลายธาตุอาหารของ Stock A และ Stock B) (Table 1)

Sub-plot ประกอบด้วย วัสดุปลูกชนิดต่างๆ ได้แก่ 1. ทราฮายาบ:ถ่านแกลบ อัตราส่วน 1:1 (T1) 2. ทราฮายาบ:ขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1 (T2) 3. ถ่านแกลบ :ขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1 (T3) 4. เพอร์ไลท์ (perlite): เวอร์มิคูไลท์ (vermiculite) 2:1 (T4) อ้างอิงคุณสมบัติวัสดุปลูก (สันติ, 2556)

วิธีการดำเนินงาน

1. การออกแบบและติดตั้งโครงสร้างอุปกรณ์

โรงเรือนที่ควบคุมสภาวะบรรยากาศ อุณหภูมิ และความชื้น ความเข้มแสง โดยอ้างอิงข้อมูลจากรายงานการวิจัย Srithongkul *et al.*, (2011) พรางแสงที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งทำให้ได้ความเข้มแสงประมาณ 362.5 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที หรือใกล้เคียง ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ให้อยู่ในช่วง 24-27 องศาเซลเซียส และ 70-80 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยใช้เซนเซอร์เป็นตัววัดค่าความชื้นและอุณหภูมิ และมีชุดควบคุมการเปิดปิดของพัดลมและระบบพ่นหมอกเพิ่มความชื้น ออกแบบพัดลมระบายอากาศสำหรับโรงเรือน โดยเลือกใช้พัดลมสำหรับโรงเรือน ขนาด 36 นิ้ว จำนวน 2 ตัว ด้วยอัตราการไหลของอากาศ 16,000 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

2. เตรียมต้นพันธุ์บัวบก โดยใช้พันธุ์ในพื้นที่จังหวัดนครปฐมเนื่องจากเป็นพื้นที่ที่เป็นแหล่งผลิตมากที่สุด คือ สายพันธุ์นครปฐม โดยเตรียมกระบะปลูกคลุมด้วยพลาสติก ขนาด กว้าง 1 เมตร x ยาว 2 เมตร x ลึก 0.3 เมตร เตรียมวัสดุปลูกตามกรรมวิธีที่กำหนด นำต้นพันธุ์บัวบกที่เพาะชำไว้ มาปลูกในกระบะระยะปลูก 10 x 10 เซนติเมตร ช่วงเวลาในการปลูก คือ ช่วงเดือนมีนาคม-พฤษภาคม 2564 เตรียมสารละลายธาตุอาหารตามกรรมวิธีที่กำหนด ให้สารละลายธาตุอาหารสัปดาห์ละ 3 วัน (วันเว้นวันต่อสัปดาห์) ให้ครั้งละ 2 นาที ใช้ทั้งหมด 14.17 ลิตรต่อแปลงต่อวัน

Table 1 Concentration of different nutrient solution.

Element	Concentration (g/l)		
	Enshi	Hoagland	Commercial
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	95	65.6	115
KNO_3	81	60.6	70
Fe-EDTA (Iron chelate)	2.5	0.22	3
Fe-DTPA (Iron chelate)	-	-	3
$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	15.5	-	10
KH_2PO_4	-	136	15
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	50	49	50

Table 1 (continued).

Element	Concentration (g/l)		
	Enshi	Hoagland	Commercial
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0.016	0.08	-
H_3BO_3	0.572	0.286	-
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.022	0.22	-
$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.005	0.12	0.1
$\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	-	0.09	-
$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	-	0.181	-
Mn-EDTA 13%	-	-	1
Micronutrient fertilizers Nic-spray	-	-	5

(MgO 7.00%, Fe 1.80%, Mn 1.80%, Cu 1.90%, Zn 1.70%, B 1.7%, Mo 0.01%)

2. เปรียบเทียบเทคโนโลยีการผลิตบัวบกคุณภาพภายใต้สภาพโรงเรือนในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดินกับเทคโนโลยีการผลิตของเกษตรกร

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย t-test จำนวน 10 ซ้ำ เปรียบเทียบ 2 กรรมวิธี ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 เทคโนโลยีการผลิตบัวบกคุณภาพภายใต้สภาพโรงเรือนในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดิน จำนวน 10 กระบะ

วิธีการดำเนินงาน เช่นเดียวกับการทดลองเปรียบเทียบวัสดุปลูก และสูตรสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการผลิตบัวบกในระบบปลูกพืชที่ไม่ใช้ดิน โดยเตรียมวัสดุปลูก และสูตรสารละลายธาตุอาหารที่ดีที่สุดจากการทดลองดังกล่าว ช่วงเวลาในการปลูก คือช่วงเดือนสิงหาคม-ตุลาคม 2564

กรรมวิธีที่ 2 เทคโนโลยีการผลิตบัวบกของเกษตรกร ช่วงเวลาในการปลูก จำนวน 10 แปลง

ทำการเตรียมแปลงปลูกบัวบกที่อยู่ด้านนอกโรงเรือน โดยไถพรวนดินให้ร่วนซุยแล้วตากแดดทิ้งไว้ประมาณ 10 วัน ยกแปลงปลูกกว้าง 3 เมตร x ยาว 2 เมตร ระหว่างแปลงปลูกจัดเป็นร่องน้ำหรือทางเดินกว้าง 50 เซนติเมตร ลึก 15 เซนติเมตร เตรียมพันธุ์โดยการปักชำไหลที่มีต้นอ่อนและมีรากงอก มุ่งหลังคาด้วยวัสดุพรางแสง (ซาแลน)

ความสามารถในการกรองแสง 50 เปอร์เซ็นต์ ปลูกลงหลุมปลูกระยะปลูก 15x15 เซนติเมตร ช่วงเวลาในการปลูก คือช่วงเดือนสิงหาคม-ตุลาคม 2564 ใส่ปุ๋ยดูแลบำรุงรักษา ให้น้ำบัวบกทุกวันเช้า - เย็น

การบันทึกข้อมูล

1. ข้อมูลการเจริญเติบโต ความยาวไหล (เซนติเมตร) โดยวัดจากโคนต้นแม่ถึงส่วนที่ยาวที่สุดของไหลด้วยไม้บรรทัด จำนวนไหลต่อต้น (ไหล) โดยนับจำนวนไหลที่แตกจากต้นแม่ จำนวนต้นต่อไหล โดยนับจำนวนต้นที่เกิดในไหลที่แตกจากต้นแม่ จำนวนใบต่อต้น โดยนับจำนวนใบทั้งหมดของต้นแม่

2. ข้อมูลค่าการนำไฟฟ้าของเกลือในสารละลาย (EC) และค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ของสารละลายธาตุอาหาร โดยค่า EC และ pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชกินใบคือ 1.8-2.4 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร และค่า pH 5.5-6.5

3. เก็บเกี่ยวบัวบกในส่วนของใบ และก้านใบ เก็บเกี่ยวครั้งแรกที่อายุ 60 วัน (ครั้งที่ 1) และเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 ห่างจากครั้งแรก 30 วัน (ครั้งที่ 2) เก็บข้อมูลผลผลิตในพื้นที่ 2 ตารางเมตรต่อหน่วยการทดลอง และเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้ น้ำหนักสด โดยชั่งน้ำหนักสดต้น ใบ และราก น้ำหนักแห้ง ชั่งน้ำหนักแห้งต้น ใบและราก ภายหลังจากอบที่อุณหภูมิ

60 องศาเซลเซียส อย่างน้อย 72 ชั่วโมง จนมวลแห้งคงที่ วิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญกลุ่ม Triterpenes 4 ชนิด ของผลผลิตเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 ได้แก่ Madecassoside, Asiaticoside, Madecassic acid และ Asiatic acid ด้วยเทคนิค High Performance Liquid Chromatography (HPLC) และสารพิษตกค้าง ทั้งหมด 4 กลุ่ม ได้แก่ 1. Organochlorine group 2. Organophosphate group 3. Pyrethroid group และ 4. Carbamate group และโลหะหนัก ได้แก่ เหล็ก (Fe) สังกะสี (Zn) แคดเมียม (Cd) ตะกั่ว (Pb) และปรอท (Hg) วิเคราะห์โดย บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด เวลาและสถานที่การทดลอง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2563 ถึงตุลาคม พ.ศ. 2564 ณ ศูนย์วิจัยพืชสวนสุโขทัย

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลของวัสดุปลูก และสูตรสารละลายธาตุอาหารต่อการผลิตบัวบกในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดิน

สำหรับการ เจริญเติบโตของบัวบกในช่วงก่อนการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 (อายุ 60 วันหลังปลูก) พบว่ากรรมวิธีสารละลายธาตุอาหารสูตรการค้ำ ร่วมกับการปลูกในวัสดุปลูก ทราฮายาบ:ขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร ส่งผลให้ จำนวนใบและจำนวนไหลเฉลี่ยต่อต้นมีแนวโน้มสูงสุดคือ 12.22 ใบต่อต้น และ 2.67 ไหลต่อต้น ตามลำดับ และพบว่ามีจำนวนต้นเฉลี่ยต่อไหล คือ 2.46 ต้น ซึ่งมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุปลูกที่ประกอบด้วย ทราฮายาบ:ถ่านแกลบ อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร ที่ใช้สารละลายธาตุอาหารชนิดเดียวกันซึ่งมีจำนวนต้นเฉลี่ยต่อไหลเท่ากับ 1.72 ต้น สำหรับความยาวไหลพบว่า การใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Hoagland solution ร่วมกับการปลูกในวัสดุปลูกที่ประกอบด้วย เพอร์ไลท์ (perlite): เวอร์มิคูไลท์ (vermiculite) 2:1 โดยปริมาตร ทำให้ความยาวไหลเฉลี่ยของบัวบกมีแนวโน้มสูงสุด คือ 34.43 เซนติเมตร รองลงมาคือสารละลายธาตุอาหารสูตรการค้ำร่วมกับการปลูกในวัสดุปลูกที่ประกอบด้วย เพอร์ไลท์: เวอร์มิคูไลท์ 2:1 โดยปริมาตร ซึ่งมีความยาวไหลเฉลี่ยเท่ากับ 34.35 เซนติเมตร แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับวัสดุปลูกที่

ประกอบด้วย ทราฮายาบ:ขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร ซึ่งทำให้บัวบกมีความยาวไหลเฉลี่ยเท่ากับ 34.21 เซนติเมตร และยังคงพบความสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างปัจจัยหลักและปัจจัยรองอย่างมีนัยสำคัญ (Table 2) สำหรับผลผลิตบัวบกที่เก็บเกี่ยวรวม 2 ครั้ง พบว่า กรรมวิธีสารละลายธาตุอาหารสูตรการค้ำร่วมกับการปลูกในวัสดุปลูกที่ประกอบด้วย ทราฮายาบ:ขุยมะพร้าว 1:1 โดยปริมาตร ส่งผลให้บัวบกมีน้ำหนักสดรวมสูงสุดคือ 2.10 กิโลกรัม/ตารางเมตร ซึ่งมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใช้วัสดุปลูกที่ประกอบด้วยทราฮายาบ: ถ่านแกลบ อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร และ ถ่านแกลบ: ขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร และพบความสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างปัจจัยหลักและปัจจัยรอง (Table 3) ในด้านปริมาณสารสำคัญ พบว่ากรรมวิธีสารละลายธาตุอาหารสูตรการค้ำร่วมกับการปลูกในวัสดุปลูก ทราฮายาบ:ขุยมะพร้าว 1:1 โดยปริมาตร ทำให้บัวบกมีสาร Madecassoside 1.41 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง และ Asiaticoside 1.69 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งมีแนวโน้มสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่นๆ แต่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกับวัสดุปลูกที่ประกอบด้วย ทราฮายาบ:ถ่านแกลบ อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร บัวบกมีสาร Madecassoside และ Asiaticoside 0.65 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง และ 0.78 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (Table 3)

สารละลายธาตุอาหารสูตรการค้ำร่วมกับการปลูกในวัสดุปลูก ทราฮายาบ:ขุยมะพร้าว 1:1 โดยปริมาตร มีแนวโน้มให้ผลผลิต และปริมาณสารสำคัญสูงสุด สอดคล้องกับการเจริญเติบโต ทั้งนี้เนื่องจากสารละลายธาตุอาหารสูตรการค้ำซึ่งเป็นสูตรที่มีการปรับสูตรที่เหมาะสมกับพืชผักกินใบ เช่น กวางตุ้ง และคะน้า และเมื่อพิจารณาจากสูตรสารละลายธาตุอาหารส่วนใหญ่อัตราส่วนของปุ๋ยไนโตรเจน โพแทสเซียม และฟอสฟอรัส ค่อนข้างสูงกว่าสูตรเปรียบเทียบอื่น ซึ่งไนโตรเจนเป็นธาตุที่สำคัญและมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการเจริญเติบโตของพืช เพราะไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน โปรตีน นิวคลีโอไทด์ และคลอโรฟิลล์ ซึ่งสารเหล่านี้เป็นสารประกอบที่สำคัญมากต่อกระบวนการ

เมตาโบลิซึมของพืช พืชที่ได้รับไนโตรเจนเพียงพอจะมีการเจริญเติบโตดี ใบมีสีเขียวเข้ม (วรพรรณ และ ศิริปะภา, 2561) ซึ่งบวบผลผลิตที่ต้องการก็คือส่วนใบและลำต้น ถึงแม้ว่าสูตร Enshi จะมีสูตรสารละลายที่ใกล้เคียงกับสูตรการค้า แต่พบว่าธาตุอาหารรองส่วนใหญ่ของสูตรการค้าสามารถหาซื้อได้ตามท้องตลาด แต่แหล่งของธาตุอาหารรองบางชนิดของสูตรสารละลายอื่นต้องใช้เป็นสารเคมีที่มีความจำเพาะหาซื้อตามท้องตลาดไม่ได้ และราคาค่อนข้างสูง ดังนั้นการเลือกใช้สารละลายธาตุอาหารสูตรการค้าจึงเป็นทางเลือกที่ดีที่สุดสำหรับการนำมาประยุกต์ใช้ในการผลิตบวบ

การใช้วัสดุปลูก พบว่าวัสดุปลูกที่เหมาะสมคือทรายหยาบ:ขุยมะพร้าว 1:1 โดยปริมาตร ส่งผลให้จำนวนใบ จำนวนไหล จำนวนต้นต่อไหล และสารสำคัญแนโน้มสูงกว่าวัสดุชนิดอื่น ทั้งนี้เนื่องจากทรายหยาบ ไม่ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับธาตุอาหารพืชและอายุการใช้งานนาน ถึงแม้จะมีปัญหาการอัดตัวแน่นเมื่อใช้เป็นเวลานาน แต่เมื่อผสมกับขุยมะพร้าวที่มีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำได้ดีมาก สามารถระบายน้ำและอากาศ เพราะมีขนาดอนุภาคส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 2.0 มิลลิเมตร มีค่าสัมประสิทธิ์การซาบซึมน้ำ 0.15 เซนติเมตรต่อวินาที ความพรุนทั้งหมด 95.53 เปอร์เซ็นต์ และมีกรดเล็กน้อย pH ประมาณ 6.2 (วันเพ็ญ, 2552) ส่งผลให้บวบดูดซึมสารละลายธาตุ

อาหารได้อย่างเหมาะสม สอดคล้องกับคุณสมบัติวัสดุปลูกที่เหมาะสมต้องมีอัตราส่วนของน้ำ:อากาศอยู่ประมาณ 50:50 ไม่มีการอัดตัวหรือยุบตัวเมื่อเปียกน้ำหรือเมื่อใช้ระยะเวลานาน และไม่สลายตัวทั้งทางเคมีและทางชีวภาพ รากพืชสามารถแพร่กระจายได้ที่สำคัญต้องมีคุณสมบัติเฉื่อยทางเคมีไม่ทำปฏิกิริยากับสารละลายธาตุอาหาร และกับภาชนะที่ใช้บรรจุ มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุต่ำ เพื่อจะได้ไม่มีผลต่อองค์ประกอบสารละลายธาตุอาหารพืชที่อยู่ในวัสดุปลูก ไม่มีสารพิษเจือปนไม่เป็นแหล่งสะสมโรคและแมลง สามารถกำจัดโรคและแมลงได้ง่าย น้ำหนักเบา ยกเคลื่อนที่ได้ง่าย หาง่าย ราคาถูก (สันติ, 2556) สำหรับวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมถ่านกลบพบปัญหาเมื่อใช้ในเวลานานจะอัดแน่น โดยเฉพาะผสมกับทรายหยาบยิ่งทำให้วัสดุปลูกไม่สามารถระบายน้ำได้ ทำให้วัสดุอุ้มน้ำเกินไป และกลบดำมีค่า pH ที่มีความแปรปรวนมากทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีกับธาตุอาหารได้ และถ่านกลบนั่นยากในการกำจัดโรคแมลงเมื่อวัสดุปลูกมีความชื้นเกินไป ส่งผลให้บวบเน่าเสียหาย สำหรับวัสดุเพอร์ไลต์:เวอร์มิคูไลต์ 2:1 ซึ่งเป็นหินภูเขาไฟที่มีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำได้น้อย ถึงแม้จะมีข้อดีในการไม่มีการแลกเปลี่ยนประจุ มีความพรุนสูง มีความคงทนของโครงสร้างดีมาก แต่มีราคาค่อนข้างสูง (สันติ, 2556)

Table 2 Growth of *Centella asiatica* at 60 days after planting when using different nutrient solutions and different planting media at Sukhothai Horticultural Research Center during summer season in 2021.

TREATMENT (T)	FERTILIZER (F)											
	Enshi				Hoagland				Commercial			
	Number of leaf	Number of stolon	Number Plant/stolon ^{1/}	The length of stolon (cm)	Number of leaf	Number of stolon	Number Plant/stolon	The length of stolon (cm) ^{1/}	Number of leaf	Number of stolon	Number Plant/stolon ^{1/}	The length of stolon (cm)
T1	9.74	2.19	1.93ab	30.27a	9.00	2.33	1.88ab	30.54a	8.21	2.41	1.72b	28.59
T2	9.94	2.27	2.37a	30.80a	9.44	2.25	2.32a	34.11a	12.22	2.67	2.46a	34.21
T3	8.75	2.41	1.70b	22.63b	8.45	2.08	1.37b	19.62b	10.24	2.51	2.23ab	29.31
T4	8.97	2.14	2.34a	33.00a	10.14	1.91	2.40a	34.43a	12.05	2.34	2.25ab	34.35
F-test	ns	ns	*	*	ns	ns	*	*	ns	ns	*	ns

The leaf number /plant CV(a) = 32.1%; CV (b) = 17.0%; The stolon number /plant CV (a) = 33.9%; CV (b) = 19.7%;

The plant number/stolon CV (a) = 44.2%; CV (b) = 27.2%; The length of stolon CV (a) = 15.8%; CV (b) = 27.5%

^{1/} Means follow by different letters in the same column are significantly different according to DMRT (p>0.05); ns = not significant, *=significant.

Note: T1; Coarse sand: Rice husk charcoal, ratio 1:1 T2; Coarse sand: Coconut coir ratio 1:1 T3; Rice husk charcoal: Coconut coir ratio 1:1 T4; Perlite: Vermiculite ratio 2:1

Table 3 Total fresh weight (kg/m²) and triterpenes content (%DW) of 4 types of *Centella asiatica* at the second harvest when different nutrient solution formulations were used with different planting media at Sukhothai Horticultural Research Center during summer season in 2021.

TREAT MENT (T)	FERTILIZER (F)														
	Enshi					Hoagland					Commercial				
	Total fresh weight (kg/m ²)	Made casso side (%DW)	Asiati co side (%DW)	Made cassic acid (%DW)	Asia tic acid (%DW)	Total fresh weight (kg/m ²) ^{1/}	Made casso side (%DW)	Asiati co side (%DW)	Made cassic acid (%DW)	Asia tic acid (%DW)	Total fresh weight (kg/m ²)	Made casso side (%DW)	Asiati co Side (%DW)	Made cassic acid (%DW)	Asia tic acid (%DW)
T1	1.09	0.98bc	1.35ab	0.28a	0.20a	0.75b	0.90c	1.04bc	0.13b	0.11b	1.90	0.65b	0.78b	0.42a	0.24a
T2	1.35	1.09b	1.51a	0.14b	0.10b	1.89a	1.28a	1.28a	0.11b	0.08c	2.10	1.41a	1.69a	0.35a	0.21b
T3	1.16	0.84c	0.99b	0.11b	0.09b	0.74b	0.93c	0.95c	0.36a	0.21a	1.88	1.33a	1.12a	0.35a	0.16c
T4	1.50	1.26a	1.58a	0.11b	0.08b	1.54a	1.10b	1.18ab	0.14b	0.09bc	2.09	1.22a	1.13a	0.24b	0.14c
F-test	ns	*	*	*	*	*	*	*	*	*	ns	*	*	*	*

Yield CV (a) = 15.0%; CV (b) = 26.4%; Madecassoside CV (b) = 6.9%; Asiaticoside CV (b) = 6.4%; Madecassic acid CV (b) = 9.0%; Asiatic acid CV (b) = 14.2%

^{1/} Means follow by different letters in the same column are significantly different according to DMRT (p>0.05); ns = not significant, *=significant.

Note: T1; Coarse sand: Rice husk charcoal, ratio 1:1 T2; Coarse sand: Coconut coir ratio 1:1 T3; Rice husk charcoal: Coconut coir ratio 1:1 T4; Perlite: Vermiculite ratio 2:1

2. การเปรียบเทียบเทคโนโลยีการผลิตบัวบกคุณภาพภายใต้สภาพโรงเรือนในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดินกับเทคโนโลยีการผลิตของเกษตรกร

เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของบัวบกที่อายุ 8 สัปดาห์ พบว่าการรวมวิธีเทคโนโลยีการผลิตบัวบกคุณภาพภายใต้สภาพโรงเรือนในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดินกรรมวิธีที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ 1 คือ กรรมวิธีสารละลายธาตุอาหารสูตรการค้าร่วมกับการใช้วัสดุปลูกที่ประกอบด้วยทรายหยาบ:ขุยมะพร้าวอัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร (กรรมวิธีทดสอบ) ซึ่งทำให้บัวบกมีการเจริญเติบโตทุกด้านมากกว่ากรรมวิธีการผลิตบัวบกของเกษตรกร (กรรมวิธีของเกษตรกร) โดยมีจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้น 11.32 ใบ และมีความยาวใบเฉลี่ยเท่ากับ 59.02 เซนติเมตร แตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกรรมวิธีของเกษตรกร ซึ่งมีจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้น 9.37 ใบ และความยาวใบเฉลี่ย 36.12 เซนติเมตร (Table 4) และสำหรับการเก็บเกี่ยวผลผลิตรวม 2 ครั้ง พบว่า กรรมวิธีทดสอบบัวบกให้ผลผลิตน้ำหนักสดรวม 2.49 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และน้ำหนักแห้งรวม 0.36 กิโลกรัมต่อตารางเมตรมากกว่ากรรมวิธีของเกษตรกรซึ่งได้ผลผลิตน้ำหนักสดรวม 1.30 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และน้ำหนักแห้งรวม 0.19 กิโลกรัมต่อตารางเมตร อย่างมีนัยสำคัญ (Table 4) ทั้งนี้เนื่องจากกรรมวิธีทดสอบใบมีขนาด

ค่อนข้างใหญ่และยืดยาว เพราะได้รับสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสม รวมทั้งระบบปลูกในโรงเรือนที่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมลดผลกระทบจากสภาพภายนอก ซึ่งในช่วงการผลิตเป็นช่วงฤดูฝนพบโรคพืชเข้าทำลายค่อนข้างมากในกรรมวิธีการผลิตของเกษตรกรจนทำให้ผลผลิตได้น้อยกว่ากรรมวิธีทดสอบ

ปริมาณสารสำคัญของบัวบกภายใต้สภาพโรงเรือนในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดินโดยเฉพาะสาร Asiaticoside สูงถึง 2.05% โดยน้ำหนักแห้ง และสาร Madecassoside 1.73% โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งมีค่าสูงกว่ากรรมวิธีของเกษตรกร (0.45% โดยน้ำหนักแห้ง สำหรับสาร Asiaticoside และ 0.35% โดยน้ำหนักแห้ง สำหรับสาร Madecassoside ตามลำดับ) ทั้งนี้เนื่องจาก Asiaticoside และ Madecassoside เป็นสารประกอบประเภทไตรเทอร์พีนอยด์ไกลโคไซด์ ซึ่งพบอยู่ในส่วนของช่องว่างภายในเซลล์ ในส่วนต่างๆ ของพืช เป็นสารที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ในกระบวนการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของพืชแต่ละชนิด ดังนั้นปริมาณการสร้างสารสำคัญของพืชจะขึ้นอยู่กับปริมาณธาตุอาหารชนิดต่างๆ ที่พืชได้รับ (Murshidul *et al.*, 2004) โดยผลการทดลองนี้สอดคล้องกับ Siddiqui *et al.*, (2011) ที่พบว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำหมักความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 1 ลิตร ร่วมกับ

ปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ ทำให้สารสำคัญในบัวบกที่ปลูกในประเทศมาเลเซีย ได้แก่ Asiaticoside, Madecassoside และ Asiatic acid ในส่วนของใบ ก้านใบและรากมีค่าสูงสุด ทั้งนี้จะเกี่ยวข้องกับจุลธาตุ และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ที่มีอยู่ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำหมัก ซึ่งร่วมกับมหาธาตุที่มีอยู่ในปุ๋ยเคมี จึงทำให้บัวบกที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์น้ำหมักร่วมกับปุ๋ยเคมีมีสารสำคัญสูงสุด และการปลูกพืชในโรงเรือนสภาพแวดล้อมที่อุณหภูมิที่สูง การพรางแสงที่ 50 เปอร์เซ็นต์ พืชเกิดสภาวะเครียด มีการลดอัตราการหายใจ การเพิ่มพื้นที่ใบ ปรับลักษณะสัณฐานวิทยาของใบส่วนใหญ่ให้มีขนาดใหญ่ และที่สำคัญมีการสร้างสารทุติยภูมิที่สำคัญไว้สำหรับในการปรับตัวให้เข้ากับสภาวะเครียดจากร่มเงา (นวรรตน์, 2558)

ผลการตรวจสอบของสารพิษตกค้าง และโลหะหนักในใบบัวบก พบว่าทั้งสองกรรมวิธี และแปลงเกษตรกร อ.บางเลน ไม่พบสารพิษตกค้างทั้ง 4 กลุ่ม (Table 5) เมื่อสัมภาษณ์เกษตรกร พบว่าใน

ช่วงฤดูฝนจะพบปัญหาโรคพืชเข้าทำลายจึงใช้สารป้องกันกำจัดโรคพืชค่อนข้างมาก หากแต่เกษตรกรพ่นก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิต 7-10 วัน จึงอาจเป็นไปได้ว่าด้วยวิธีการปฏิบัติดังกล่าวนี้ เมื่อนำตัวอย่างไปตรวจวิเคราะห์ไม่พบสารพิษตกค้าง ส่วนผลตรวจวิเคราะห์โลหะหนักในใบบัวบก พบว่ากรรมวิธีของเกษตรกร มีปริมาณของเหล็กค่อนข้างสูง คือ 132 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เกินมาตรฐานที่กำหนดโดย Thai Herbal Pharmacopoeia, Vol1-2 ซึ่งกำหนดให้ไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ชำนาญ และ สุวรรณ, 2548) และตะกั่วที่ค่า 0.13 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมีค่าเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดให้ไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2563) (Table 6) ทั้งนี้เนื่องจากการปนเปื้อนโลหะหนักจากดิน และน้ำของแหล่งปลูกที่ไม่สามารถควบคุมการปนเปื้อนได้เหมือนกับกรรมวิธีทดสอบ

Table 4 Growth and yield of *Centella asiatica* at 60 days after planting compared between 2 production technologies at Sukhothai Horticultural Research Center during rainy season in 2021.

TREATMENT (T)	Growth of <i>Centella asiatica</i>				Yield	
	Number of leaf	Number of stolon	Number Plant/stolon	The length of stolon (cm)	Total dry weight (kg/m ²)	Total fresh weight (kg/m ²)
T1	11.32	2.49	2.64	59.02	0.36	2.49
T2	9.37	2.46	2.45	36.12	0.19	1.30
t-test	*	ns	ns	*	*	*

ns = not significant, *=significant.

Table 5 Triterpenes content (%DW) of 4 types of *Centella asiatica* at the second harvest compared between 2 production technologies at Sukhothai Horticultural Research Center during rainy season in 2021.

TREATMENT (T)	Madecassoside (%DW)	Asiaticoside (%DW)	Madecassic acid (%DW)	Asiatic acid (%DW)
T1	1.73	2.05	0.71	0.32
T2	0.35	0.45	0.47	0.23
t-test	*	*	*	ns
Farmer plot ^{1/}	0.44	0.35	0.67	0.42

ns = not significant, *=significant.

Table 6 Pesticide residues and heavy metals of *Centella asiatica* at the second harvest compared between 2 production technologies at Sukhothai Horticultural Research Center during rainy season in 2021.

TREATMENT (T)	Pesticide residues 4 group	Iron (mg/kg)	Lead (mg/kg)	Arsenic (mg/kg)	Cadmium (mg/kg)	Mercury (mg/kg)
T1	Not Detected	15	< 0.050	0.036	< 0.018	Not Detected
T2	Not Detected	132	0.13	0.67	0.085	< 0.018
Farmer plot ^{1/}	Not Detected	28.2	< 0.050	0.057	0.025	< 0.018

T1: The production technology under greenhouse conditions in a soilless system

T2: The production technology of farmers

^{1/} Farmers plot, Bang Len District, Nakhon Pathom Province

สรุป

การผลิตบัวบกในสารละลายธาตุอาหารสูตรการค้ำวร่วมกับปลูกในวัสดุปลูก ทราหยาบ:ขุยมะพร้าว 1:1 โดยปริมาตร ส่งผลให้การเจริญเติบโต ปริมาณผลผลิต และปริมาณสาร Asiaticoside และ Madecassoside ของบัวบกมีแนวโน้มสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ แม้ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบระบบการผลิตบัวบก พบว่าการผลิตบัวบกภายใต้สภาพโรงเรือนในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดิน บัวบกมีการเจริญเติบโตแนวโน้มสูงกว่าระบบการผลิตของเกษตรกร และในด้านผลผลิต ปริมาณสาร Asiaticoside และ Madecassoside พบว่ามีค่าสูงกว่าระบบการผลิตของเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญ และทั้งสองกรรมวิธีไม่พบสารพิษตกค้าง แต่ระบบการผลิตของเกษตรกรพบปริมาณโลหะหนัก เหล็ก และตะกั่วเกินเกณฑ์มาตรฐาน

กิตติกรรมประกาศ

ได้รับทุนอุดหนุนการพัฒนากาการวิจัย การเกษตร จากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 และ ศูนย์วิจัยพืชสวนสุโขทัย สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร รวมทั้งคณะกรรมการที่ปรึกษาวิจัย และผู้ทรงคุณวุฒิในการให้คำปรึกษา แนะนำแนวทาง ดำเนินงานและแก้ไขปัญหา ตลอดจนเจ้าหน้าที่ พนักงานราชการที่มีส่วนเกี่ยวข้องช่วยเหลือทำงาน วิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- ชำนาญ ภัทรพานิช และสุวรรณา เหลืองชลธาร. 2548. การศึกษาเพื่อกำหนดมาตรฐานของสมุนไพรบัวบก และสิ่งสารสกัดที่มีฤทธิ์ทางยา. รายงานการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์และเครื่องสำอางที่มีมาตรฐานจากสมุนไพรบัวบกสู่การผลิตระดับอุตสาหกรรม. ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปีงบประมาณ 2546-2548. 100 หน้า.
- นวรรตน์ อุดมประเสริฐ. 2558. สรีรวิทยาของพืชภายใต้สภาวะเครียด. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร. 237 หน้า.
- ประกาศกระทรวงสาธารณสุข. 2563. มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 137 ตอนพิเศษ 118 ง วันที่ 20 พฤษภาคม 2563. หน้า 18.
- วรพรรณ กรานกุล และศิริประภา ภูมิ. 2561. ผลของสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกันต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊ค และพันธุ์เรดโอ๊คที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์. ปัญหาพิเศษ. สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ (เทคโนโลยีการผลิตพืช) คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์. 77 หน้า.

- วันเพ็ญ สุขการณ์. 2552. สูตรสารละลายและวัสดุปลูกที่เหมาะสมสำหรับการปลูกแคนตาลูปโดยไม่ใช้ดินในภาคใต้ของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิทยาศาสตร์การเกษตร (พืชศาสตร์). มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์. 99 หน้า.
- โสระยา ร่วมรังษี และจันทน์ อภัยบุตร. 2556. การปลูกสตรอเบอรี่ในระบบไฮโดรโปนิกส์. รายงานฉบับสมบูรณ์. ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปีงบประมาณ 2556. 61 หน้า.
- สันติ ช่างเจรจา. 2556. การปลูกพืชในวัสดุปลูก (Substrate Culture). โครงการหมู่บ้านแม่ข่ายวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี “การปลูกพืชไร้ดินต้นทุนต่ำเชิงการค้าในชุมชน”. สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา และกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 38 หน้า.
- เอกรินทร์ สายฟ้า มยุรี ตันติสิริระ บุญยงค์ ตันติสิริระ ชำนาญ ภัทรพานิช รุทธ์ สุทธิศรี และสุวรรณ เหลืองชลธาร. 2548. การวิจัยและพัฒนาสารสกัดมาตรฐานบัวบก อีซีเอ 233: จากต้นน้ำสู่ปลายน้ำ. รายงานการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์และเครื่องสำอางที่มีมาตรฐานจากสมุนไพรบัวบกสู่การผลิตระดับอุตสาหกรรม. ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปีงบประมาณ 2546-2548. 22 หน้า.
- Alqahtani A., W. Tongkao-on, K.M. Li, V. Razmovski-Naumovski, K. Chana and G.Q. Lia. 2014. Seasonal variation of triterpenes and phenolic compounds in Australian *Centella asiatica* (L.) Urb. Phytochemical analysis 26:436–443.
- Murshidul, H., H. Ajwa, and B. Mou. 2004. Nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizer effects on nutritional composition of lettuce. 101st Annual international conference of the American society for Horticultural Science, Austin, Texas. Horticultural Science 39(4): 872.
- Resh, M.H. 1978. Hydroponics for Food Production, Woodbridge Press Publishing Company, California., 277 p.
- Siddiqui, Y., T.M. Islam, Y. Naidu and S. Meon. 2011. The conjunctive use of compost tea and inorganic fertilizer on the growth, yield and terpenoid content of *Centella asiatica* (L.) Urban. Scientia Horticulturae 130: 289-295.
- Srithongkul, J., S. Kanlayanarat, V. Srilaong, A. Uthairatanakij and P. Chalermglin. 2011. Effects of light intensity on growth and accumulation of triterpenoids in three accessions of Asiatic pennywort (*Centella asiatica* (L.) Urb.). Journal of Food, Agriculture & Environment 9(1): 360-363.

ผลของกากตะกอนเยื่อกระดาษที่มีต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน
และคุณภาพปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน

The Effect of Paper Pulp Sludge on Growth of Earthworms and Vermicompost Quality

วันวิสาข์ วัฒนะพันธ์ศักดิ์¹ ธรรมธวัช แสงงาม² ไยไหม ช้วยหนู³ ปฐมา แทนนาค¹
และทศพร วัฒนะพันธ์ศักดิ์⁴

Wanwisa Wattanapansak¹, Thamthawat Seangngam², Yaimai Chuaynoo³, Pathama Thannak¹
and Thodsaporn Wattanapansak⁴

Received: October 18, 2022

Revised: November 6, 2022

Accepted: November 8, 2022

Abstract: This research compared the use of earthworms to decompose plant materials from agro-industrial waste plants and studied the effects of plant materials on growth and yield of compost from earthworms. The result showed that pulp sludge mixed with loam and cow manure could be used as substrate for growing earthworms. It affected the growth of *E. eugeniae* and *P. peguana*. The *P. peguana* was adapted to the substrate from paper pulp sludge: loamy soil: cow manure in a ratio of 2:1:1. The average weight of the earthworm was 1.8 kg at 60 days. The culture of *P. peguana* in the substrate from pulp sludge had the mean of vermicompost weight of 2.8 kg during the 60 days of earthworm culture. The culture of *E. eugeniae* in paper pulp sludge vermicompost which had higher nutrient values, i. e. Lsubstrate yielded, the organic matter (OM) 12.88 %, nitrogen (N) 0.64 %, phosphorus (P) 0.47 % and potassium (K) 1.66 %, compared to the culture of *P. peguana* earthworms in paper pulp sludge substrate. Analysis of from *E. eugeniae* cultured in paper pulp sludge substrate showed significantly higher nutrient values, i.e. the organic matter (OM) 0.11 %, nitrogen (N) 0.19 % and potassium (K) 0.65 % compared to the culture of *P. peguana* earthworms while phosphorus (P) was not significantly different.

Keywords: Paper pulp sludge, earthworm, vermicompost

¹ ศูนย์วิจัยและบริการวิชาการ คณะเกษตร กำแพงแสน

¹ Research and Academic Service Center, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Sean Campus

² สถานีวิจัยกาญจนบุรี ศูนย์วิจัยและบริการวิชาการ คณะเกษตร กำแพงแสน

² Kanchanaburi Research Station, Research and Academic Service Center, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Sean Campus

³ สถานีวิจัยสิทธิพรกฤดากร ศูนย์วิจัยและบริการวิชาการ คณะเกษตร กำแพงแสน

³ Siddhipornkridakorn Research Station, Research and Academic Service Center, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Sean Campus

⁴ งานเทคโนโลยีสารสนเทศ กองบริการกลาง สำนักงานวิทยาเขตกำแพงแสน

⁴ Center of Information Technology, Central Services Division at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Sean Campus

*Corresponding author: wanwisa.wat@ku.th

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้ทำการศึกษาการเปรียบเทียบใช้ไส้เดือนดินในการจัดการกากตะกอนเยื่อกระดาษ และศึกษากากตะกอนเยื่อกระดาษที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนดินเพื่อผลิตเป็นปุ๋ยหมัก พบว่ากากตะกอนเยื่อกระดาษเมื่อผสมกับดินร่วนและมูลวัวเพื่อใช้เป็นวัสดุรองพื้นเลี้ยงไส้เดือนในการเจริญเติบโตต่างๆ พบว่ามีผลต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนพันธุ์ *E. eugeniae* และไส้เดือนพันธุ์ *P. peguana* โดยไส้เดือนพันธุ์ *P. peguana* สามารถปรับตัวใช้วัสดุรองพื้นจากกากตะกอนเยื่อกระดาษ : ดินร่วน : มูลวัว ในอัตราส่วน 2 : 1 : 1 การเจริญเติบโตของไส้เดือนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวไส้เดือนมากที่สุด คือ 1.8 กิโลกรัม ในช่วงการเลี้ยงไส้เดือนที่ 60 วัน การเลี้ยงไส้เดือนพันธุ์ *P. peguana* ในวัสดุรองพื้นจากกากตะกอนเยื่อกระดาษ พบว่าน้ำหนักมูลไส้เดือน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักมูลไส้เดือนมากที่สุด คือ 2.8 กิโลกรัม ในช่วงการเลี้ยงไส้เดือนที่ 60 วัน ส่วนการเลี้ยงไส้เดือนพันธุ์ *E. eugeniae* ในวัสดุรองพื้นจากกากตะกอนเยื่อกระดาษ พบว่าค่าธาตุอาหารของมูลไส้เดือนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีอินทรีย์วัตถุ (OM) 12.88 % ไนโตรเจน (N) 0.64 % ฟอสฟอรัส (P) 0.47 % โพแทสเซียม (K) 1.66 % มากที่สุด เมื่อเทียบกับการเลี้ยงไส้เดือนพันธุ์ *P. peguana* และการวิเคราะห์ธาตุอาหารของน้ำหนักไส้เดือน จากการเลี้ยงไส้เดือน *E. eugeniae* ในวัสดุรองพื้นจากกากตะกอนเยื่อกระดาษพบว่ามีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับการเลี้ยงไส้เดือนพันธุ์ *P. peguana* โดยมีอินทรีย์วัตถุ (OM) 0.11 % ไนโตรเจน (N) 0.19 % และโพแทสเซียม (K) 0.65 % ขณะที่ค่าฟอสฟอรัส พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: กากตะกอนเยื่อกระดาษ, ไส้เดือนดิน, ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน

คำนำ

ในปัจจุบันการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรมีมากขึ้น การขยายตัวของภาคชุมชน อุตสาหกรรม ทำให้มีการใช้ประโยชน์ทรัพยากรมีมากขึ้นตามด้วยซึ่งเป็นปัจจัยพื้นฐานในการผลิตทั้งภาคเกษตรกรรม ภาคอุตสาหกรรม ชุมชน และในครัวเรือน เมื่อมีการใช้ประโยชน์จากทรัพยากร ก็จะมีกากของเสียกลายเป็นเศษเหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก ซึ่งกากของเสียจากการใช้ทรัพยากรนำไปสู่การปนเปื้อนต่อสิ่งแวดล้อม ถ้าไม่มีการจัดการที่ถูกวิธีเมื่อมีการปล่อยออกมา ก็อาจมีการปนเปื้อนสู่ดินและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมระบบนิเวศของสิ่งมีชีวิตและผลกระทบต่อมนุษย์ แหล่งน้ำ และชุมชนใกล้เคียง

การนำไส้เดือนมากำจัดกากของเสีย อุตสาหกรรมเพื่อเปลี่ยนเป็นปุ๋ยอินทรีย์เป็นวิธีที่ดีในการจัดการโดยไม่ทำลายสิ่งแวดล้อมและใช้ระยะเวลารวดเร็วกว่าการทำปุ๋ยอินทรีย์ในแบบอื่นๆ อีกทั้งยังได้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพดีชนิดหนึ่ง มีการศึกษาพบว่าไส้เดือนดินสามารถเปลี่ยนแปลงอินทรีย์วัตถุให้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพสูงเหมาะที่จะนำมาใช้เพื่อ

การเพาะปลูกหรือเพื่อใช้ในการปรับปรุงดินทดแทนปุ๋ยเคมี (Edwards and Burrows, 1988)

ไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* ชื่อสามัญ African Night Crawler ลำตัวมีขนาด 130-250 X 5-8 มิลลิเมตร ลำตัวมีสีน้ำตาลแดงปนเทา สืบพันธุ์โดยอาศัยเพศ จับคู่ผสมพันธุ์ใต้ดินสร้างรังไข่ได้โดยเฉลี่ยประมาณ 162-188 รังต่อตัวต่อปี ใช้เวลาในการฟักเป็นตัวประมาณ 13-27 วัน โดยเฉลี่ยฟัก 2 ตัวต่อรังไข่ ใช้เวลาในการเติบโตเต็มวัย 10-12 เดือน อาศัยอยู่บริเวณผิวดิน กินซากอินทรีย์วัตถุเน่าสลายเป็นอาหาร มีอายุยืนยาว 4-5 ปี ไส้เดือนดินสายพันธุ์ African Night Crawler มีขนาดลำตัวค่อนข้างใหญ่ สามารถเคลื่อนที่ได้รวดเร็วและไต่ขึ้นขอบบ่อได้เก่งมาก ซึ่งมีการเลี้ยงไส้เดือนดินสายพันธุ์นี้มีความเหมาะสมมากในการนำมาผลิตเป็นโปรตีนสำหรับเลี้ยงสัตว์ เนื่องจากมีขนาดใหญ่และอัตราการแพร่พันธุ์ได้สูงมาก แต่มีข้อเสียตรงที่ไส้เดือนสายพันธุ์นี้ไม่ค่อยทนทานต่ออุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม แสงยาก และเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ยากด้วย สำหรับในด้านการนำมาใช้จัดการกับขยะพบว่า ไส้เดือนดินสายพันธุ์นี้

มีความสามารถในการย่อยสลายขยะในปริมาณมากได้อย่างรวดเร็ว เป็นไส้เดือนดินสายพันธุ์ในเขตร้อน ซึ่งจะชอบอุณหภูมิที่ค่อนข้างสูง โดยจะเจริญเติบโตได้ไม่ดี ในอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 16 องศาเซลเซียส และจะตายในอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส (Viljoen *et al.*, 1992) ดังนั้นการเลี้ยงไส้เดือนดินสายพันธุ์นี้ในประเทศเขตหนาวจะถูกจำกัดการเลี้ยงเฉพาะภายในโรงเรือนที่มีการควบคุมอุณหภูมิในช่วงฤดูหนาวเท่านั้นถึงจะเลี้ยงได้ สำหรับการเลี้ยงแบบภายนอกโรงเรือนเหมาะสมกับเฉพาะพื้นที่ในเขตร้อนหรือกึ่งร้อนเท่านั้น

ไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Pheretima peguana* ชื่อท้องถิ่น ขี้ตาแร่ เป็นไส้เดือนแดงที่มีลำตัวกลมขนาดใหญ่ ใกล้เคียงกับไส้เดือนสายพันธุ์ African Night Crawler ลำตัวมีขนาด 130-200 X 5-6 มิลลิเมตร ลำตัวมีสีน้ำตาลแดงเข้ม สืบพันธุ์โดยอาศัยเพศ จับคู่ผสมพันธุ์บริเวณผิวดิน สร้างอุ้งไข่ได้โดยเฉลี่ยประมาณ 24-40 อุ้งต่อตัวต่อปี ใช้เวลาในการฟักเป็นตัวประมาณ 25-30 วัน โดยเฉลี่ยฟัก 10 ตัวต่ออุ้งไข่ ใช้เวลาในการเติบโตเต็มวัย 5-6 เดือน อาศัยอยู่บริเวณผิวดิน ไต่กองมูลสัตว์เศษหญ้า กิ่งเศษซากอินทรีย์วัตถุที่เน่าสลายและมูลสัตว์เป็นอาหาร มีอายุยืนยาว 2-4 ปี (อานัฐ, 2560)

การเจริญเติบโตของไส้เดือนพบว่าอุณหภูมิที่พอเหมาะจะอยู่ระหว่าง 25-30 องศาเซลเซียส แต่บางชนิดสามารถทนต่อความร้อนได้สูงถึง 37 องศาเซลเซียส และไส้เดือนจะตายที่จุดเยือกแข็ง ต้องการความชื้นในการเจริญเติบโตและต้องไม่กระทบกับแสงแดดโดยตรง ซึ่งความชื้นที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 60-80 % จะทำให้ไส้เดือนมีการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ได้ดีที่สุด (อานัฐ, 2549) ถ้าความชื้นมากเกินไปจะทำให้ปริมาณออกาสน้อยลง จะไม่เหมาะต่อการดำรงชีวิตของไส้เดือน (พนัธิ์ และผลสุติ, 2546) เช่นเดียวกับการระบายอากาศ พบว่าไส้เดือนสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในที่มีก๊าซออกซิเจนค่อนข้างต่ำและมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงและสามารถอยู่ได้ในบริเวณน้ำท่วมแต่ต้องมีก๊าซออกซิเจนละลายอยู่ อย่างไรก็ตามถ้าไม่มีก๊าซออกซิเจนเลยไส้เดือนจะตาย และไส้เดือนจะเจริญเติบโตได้ในช่วง pH 4.2-8.0

แต่จะดีที่สุดเมื่อความเป็นกรด-เบส ประมาณ 7.0 หรือระดับความเป็นกลาง ความเป็นกรด-เบสที่ 7.2 เป็นสภาวะที่ทำให้เกิดการย่อยอาหารเกิดขึ้นได้ดีที่สุด (พนัธิ์ และผลสุติ, 2546)

ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน (vermicompost) เกิดจากการกินของไส้เดือนที่กินขยะอินทรีย์และอินทรีย์วัตถุที่กินเข้าไปผ่านกระบวนการย่อยสลายในลำไส้ โดยมีจุลินทรีย์อยู่หลายชนิด ทำหน้าที่ผลิตเอนไซม์ช่วยย่อยธาตุอาหารพืชในขยะอินทรีย์ในลำไส้ของไส้เดือน ทำให้สารที่ได้อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ทันที เมื่อขยะอินทรีย์เหล่านั้นผ่านการย่อยสลายและดูดซึมในลำไส้แล้วขับถ่ายออกมาเป็นมูลไส้เดือนสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยได้เลย ปัจจุบันได้รับความนิยมมากในการนำไส้เดือนมาช่วยกับการจัดการปัญหาขยะอินทรีย์และเศษวัสดุทางการเกษตรโดยนำวัตถุดิบเหล่านี้มาทำให้ไส้เดือนกินและถ่ายมูลออกมาซึ่งมูลของไส้เดือนจะเป็นปุ๋ยอย่างดี (อานัฐ, 2549)

กากตะกอนเยื่อกระดาษ เป็นวัสดุเหลือทิ้งอีกชนิดที่ยังไม่มีการนำมาใช้ประโยชน์ถึง 44% จากรายงานของอิสริ (2550) พบว่าประเทศไทยมีโรงงานผลิตเยื่อกระดาษโรงงานผลิตกระดาษและโรงงานที่ผลิตทั้งเยื่อกระดาษและกระดาษมีทั้งโรงงานขนาดเล็กและขนาดใหญ่ประมาณ 100 โรงงาน ปริมาณกากตะกอนมีมากขึ้นตามกำลังการผลิต เช่น โรงงานผลิตเยื่อกระดาษ 5 โรงมีกำลังการผลิต 5,000 - 29,730 ตัน มีปริมาณกากตะกอน 29,850 ตัน และโรงงานผลิตกระดาษ 30 โรง มีกำลังการผลิต 20 - 500,000 ตัน มีปริมาณกากตะกอน 128,176 ตัน ปริมาณกากตะกอนเพิ่มขึ้นตามกำลังการผลิต (สุนทร และคณะ, 2558) ซึ่งกากตะกอนเยื่อกระดาษได้จากส่วนของเยื่อกระดาษเจือปนมากับน้ำเสียในระหว่างกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ (อิสริ, 2550) จากนั้นเข้าสู่การบำบัดน้ำเสียจะใช้การบำบัดแบบชีววิทยาโดยใช้จุลินทรีย์ในการเปลี่ยนสารอินทรีย์ให้เป็นเซลล์ใหม่ สุดท้ายจะได้กากตะกอนออกมาเป็นจำนวนมาก กากตะกอนที่เกิดขึ้นสามารถนำไปกำจัดต่อไป จึงเกิดแนวคิดในการศึกษากากตะกอนเยื่อกระดาษที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนดินและผลผลิตปุ๋ยหมัก

อุปกรณ์และวิธีการ

การวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) จำนวน 3 ซ้ำ สถานที่ทดลองแปลงอินทรีย์ของคณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต กำแพงแสน จ.นครปฐม พันธุ์ไส้เดือนที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ พันธุ์แอฟริกา ไนท์ครอลเลอร์ (*Eudrilus eugeniae*) และพันธุ์ซีตาแรม (*Pheretima peguana*) การเตรียมดินและภาชนะ ขนาดความสูง 40 เซนติเมตร ความกว้าง 80 เซนติเมตร และเจาะรูใต้ภาชนะเพื่อเก็บ วิเคราะห์ธาตุอาหารน้ำหมักไส้เดือนการเตรียมวัสดุ รองพื้นได้ดังนี้ กากตะกอนเยื่อกระดาษ : ดินร่วน : มูลวัวหมัก ในอัตราส่วน 2:1:1 หลังจากนั้นรดน้ำ ปริมาณ 2 ลิตร ให้ทั่วภาชนะ คลุกเคล้าให้เข้ากันและ ปิดไว้ หมักทิ้งไว้ 15 วัน นำกากตะกอนเยื่อกระดาษ ใส่ในภาชนะที่เตรียมไว้ขนาดความสูง 40 เซนติเมตร ความกว้าง 80 เซนติเมตร จำนวน 1,000 กรัม นำไส้เดือนพันธุ์แอฟริกาไนท์ครอลเลอร์ และพันธุ์ ซีตาแรม อย่างละ 1,000 กรัม ปล่อยลงเลี้ยงลงใน แต่ละวัสดุรองพื้น ตามแผนการทดลอง วิเคราะห์ธาตุ อาหารผักสดก่อนนำมาทดลอง และใส่ผักสดให้เป็นอาหารไส้เดือนดิน ครั้งละ 4 กิโลกรัมต่อ 4 วัน รดน้ำปริมาณ 1 ลิตรต่อภาชนะ เมื่อมีการให้อาหาร เลี้ยงไส้เดือนดินเพื่อรักษาความชื้น ปล่อยให้ดิน กินอาหารในวัสดุรองพื้นต่อไป หมั่นตรวจเช็คแต่ละ ภาชนะพร้อมรดน้ำปริมาณ 1 ลิตร อย่าให้วัสดุรอง พื้นแห้ง แล้วจึงทำการเก็บข้อมูลตามวันที่กำหนดหลังจากที่ใส่ไส้เดือนดินลงในวัสดุรองพื้นเรียบร้อยแล้ว ทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 15 วัน 30 วัน 45 วัน 60 วัน โดยทำการเก็บน้ำหนักตัวไส้เดือนดิน ข้อมูลน้ำหนัก ปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน โดยแยกตัวไส้เดือนออกมาชั่ง และ แยกวัสดุรองพื้นที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนในกะละมังนำมา มาชั่ง หลังจากเก็บข้อมูลแล้วในแต่ละครั้งจะมีการเติม วัสดุรองพื้นลงไปเพิ่มในอัตรา 1,000 กรัม ในแต่ละ วัสดุรองพื้นนั้นๆ เมื่อเลี้ยงไส้เดือนเป็นเวลา 4 เดือน จะได้ปุ๋ยมูลไส้เดือนและน้ำหมักไส้เดือน ที่สมบูรณ์ จากนั้นคัดแยกตัวไส้เดือนออกจากปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน แล้ว นำปุ๋ยมูลไส้เดือนไปฝังให้แห้งในที่ร่ม ประมาณ 3 วัน นำปุ๋ยที่ได้วิเคราะห์สมบัติทางเคมีและธาตุ อาหาร และวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและธาตุอาหาร

ในน้ำหมักมูลไส้เดือน ได้แก่ pH วัดโดยใช้ pH meter อัตราส่วนระหว่างปุ๋ยหมัก ต่อน้ำเท่ากับ 1:1 (Sparks *et al.*, 1996) ค่าวิเคราะห์อินทรีย์วัตถุ (organic matter; OM) โดยวิธี Walkley and Black Titration (Walkley and Black, 1934) ค่าการนำไฟฟ้าของวัสดุปลูก (EC ; วัสดุปลูก : น้ำ = 1:5 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร) โดยใช้ electrical conductivity meter (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ด้วย Kjeldahl method แบบ wet digestion method (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus) สกัดโดยวิธี Bray II และวิเคราะห์ปริมาณด้วย spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 882 นาโนเมตร (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542) และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable potassium) สกัดโดยใช้ $\text{CH}_3\text{COONH}_4$, pH 7.0 ด้วย atomic absorption spectrophotometer (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542) การวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลด้วยวิธีการ ของ Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม R 2.10.1 (ชูศักดิ์, 2561)

ผลการทดลอง

จากการศึกษาการกักตุนเยื่อกระดาษที่มี ผลต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนดินและผลผลิตปุ๋ย หมัก ผลการทดลอง พบว่ากากตะกอนเยื่อกระดาษ ที่ใช้เป็นวัสดุรองพื้น ก่อนทำการทดลอง มีปริมาณ อินทรีย์วัตถุ (OM) 37.96 % ไนโตรเจน (N) 1.64 % ฟอสฟอรัส (P) 0.32 % และโพแทสเซียม (K) 0.11 % ส่วนค่า pH วัสดุรองพื้นก่อนการทดลองมีค่า 7.68 และเมื่อการวิเคราะห์โลหะหนักในกากตะกอนเยื่อ กระดาษ ก่อนทำการทดลอง พบว่ามีปริมาณโลหะ หนัก สารหนู (Arsenic, As) 0.99 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมปรอท (Mercury, Hg) 0.11 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตะกั่ว (Lead, Pb) 32.96 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แคดเมียม (Cd) 0.30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโครเมียม (Cr) 26.54 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐาน สินค้าประเภทปัจจัยการผลิตทางการเกษตรที่รับรอง โดยกรมพัฒนาที่ดิน

การวิเคราะห์ธาตุอาหารผักสลัดก่อนนำมาทดลอง พบว่าผักสลัดที่นำมาเลี้ยงไส้เดือนมีธาตุอาหารโพแทสเซียม 0.62 % ไนโตรเจน <0.5 % และตรวจไม่พบฟอสฟอรัส

จากการเก็บข้อมูลน้ำหนักตัวไส้เดือนที่ระยะ 15 วัน และ 45 วัน พบว่าทั้งสายพันธุ์ *P. peguana*

และ *E. eugeniae* มีน้ำหนักตัวไส้เดือนเท่ากันคือ 1 กิโลกรัม และ 1.20 กิโลกรัม และการเลี้ยงไส้เดือน *P. peguana* ในวัสดุรองพื้นจากกากตะกอนเยื่อกระดาษมีน้ำหนักตัวไส้เดือนมากที่สุดเมื่ออายุ 30 วัน และ 60 วัน คือ 1.10 และ 1.80 กิโลกรัม ตามลำดับ (Table 1)

Table 1 Weight of earthworm

Treatments	Weight of earthworm (kg)			
	15 Days	30 Days	45 Days	60 Days
<i>P. peguana</i>	1	1.10 ^a	1.20 ^a	1.80 ^a
<i>E. eugeniae</i>	1	1.05 ^b	1.20 ^a	1.40 ^b
F-test	ns	**	ns	**
C.V.(%)		5.74	4.26	3.33

** indicated significant difference at $P < 0.01$.

ns: There was no statistical difference.

จากการเก็บข้อมูลน้ำหนักมูลไส้เดือน 15 วัน พบว่าการเลี้ยงไส้เดือนพันธุ์ *P. peguana* ในวัสดุรองพื้นจากกากตะกอนเยื่อกระดาษ มีน้ำหนักมูลไส้เดือนมากที่สุดคือ 0.53 กิโลกรัม (Table 2)

การเลี้ยงไส้เดือน *P. peguana* ในวัสดุรองพื้นจากกากตะกอนเยื่อกระดาษมีน้ำหนักมูลไส้เดือนมากที่สุดเมื่ออายุ 30 45 และ 60 วัน คือ 0.80 1.75 และ 2.80 กิโลกรัม ตามลำดับ (Table 2)

Table 2 Weight of vermicompost

Treatments	Weight of vermicompost (kg)			
	15 Days	30 Days	45 Days	60 Days
<i>P. peguana</i>	0.53 ^a	0.80 ^a	1.75 ^a	2.80 ^a
<i>E. eugeniae</i>	0.40 ^b	0.70 ^b	1.70 ^b	2.50 ^b
F-test	**	**	**	**
C.V.(%)	2.85	1.58	2.76	7.92

** indicated significant difference at $P < 0.01$.

จากการวิเคราะห์ธาตุอาหารปุ๋ยหมัก พบว่ากรรมวิธีการเลี้ยงไส้เดือนพันธุ์ *E. eugeniae* ในวัสดุรองพื้นจากกากตะกอนเยื่อกระดาษ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเมื่อเทียบกับกรรมวิธีการเลี้ยงไส้เดือนพันธุ์ *P. peguana* ในวัสดุรองพื้นชนิดเดียวกัน โดยการเลี้ยงไส้เดือนพันธุ์ *E. eugeniae*

ให้ค่าวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยหมักสูงกว่ากรรมวิธีการเลี้ยงไส้เดือนพันธุ์ *P. peguana* คือ ให้ค่า pH เท่ากับ 7.41 ค่าอินทรีย์วัตถุ (OM) 12.88 % ค่าการนำไฟฟ้า (EC) 9.55 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ค่าไนโตรเจน (N) 0.64 % ค่าฟอสฟอรัส (P) 0.47 % และค่าโพแทสเซียม (K) 1.66 % (Table 3)

Table 3 Chemical analysis of vermicompost of each treatment.

Treatments	pH (1:2)	OM ¹ (%)	EC (1:10) (dS/m)	Total Nitrogen (%)	Available Phosphorus (%)	Exchangeable Potassium (%)
<i>P. peguana</i>	7.32 ^b	6.92 ^b	8.71 ^b	0.35 ^b	0.33 ^b	0.92 ^b
<i>E. eugeniae</i>	7.41 ^a	12.88 ^a	9.55 ^a	0.64 ^a	0.47 ^a	1.66 ^a
F-test	**	**	**	**	**	**
C.V.(%)	0.18	0.08	1.27	1.57	1.17	0.55

** indicated significant difference at $P < 0.01$.

จากการวิเคราะห์ธาตุอาหารน้ำหมัก พบว่ากรรมวิธีการเลี้ยงไส้เดือนพันธุ์ *E. eugeniae* ในวัสดุรองพื้นจากกากตะกอนเยื่อกระดาษ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกรรมวิธีการเลี้ยงไส้เดือนพันธุ์ *P. peguana* ในวัสดุรองพื้นชนิดเดียวกัน โดยการเลี้ยงไส้เดือนพันธุ์ *E. eugeniae*

ให้ค่าวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในน้ำหมักสูงกว่ากรรมวิธีการเลี้ยงไส้เดือนพันธุ์ *P. peguana* คือให้ค่า pH เท่ากับ 7.51 ค่าอินทรีย์วัตถุ (OM) 0.11 % ค่าการนำไฟฟ้า (EC) 8.87 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ค่าไนโตรเจน (N) 0.19 % ค่าฟอสฟอรัส (P) 0.01 % และค่าโพแทสเซียม (K) 0.65%

Table 4 Chemical analysis of vermicomposting leachate of each treatment.

Treatments	pH (1:2)	OM ¹ (%)	EC (1:10) (dS/m)	Total Nitrogen (%)	Available Phosphorus (%)	Exchangeable Potassium (%)
<i>P. peguana</i>	7.62 ^a	0.08 ^b	7.42 ^b	0.15 ^b	0.01 ^a	0.37 ^b
<i>E. eugeniae</i>	7.51 ^b	0.11 ^a	8.87 ^a	0.19 ^a	0.01 ^a	0.65 ^a
F-test	**	**	**	**	ns	**
C.V.(%)	0.13	5.97	0.14	3.28	30.77	1.38

** indicated significant difference at $P < 0.01$.

ns : There was no statistical difference.

วิจารณ์

การวิเคราะห์ธาตุอาหารของกากตะกอนเยื่อกระดาษ ที่ใช้เป็นวัสดุรองพื้น ก่อนทำการทดลองพบว่ามีความดังนี้ ค่าอินทรีย์วัตถุ (OM) 37.96 % ไนโตรเจน (N) 1.64 % ฟอสฟอรัส (P) 0.32 % และโพแทสเซียม (K) 0.11 % ส่วนค่า pH เท่ากับ 7.68 โดยระดับค่า pH เหมาะสมต่อการเลี้ยงไส้เดือนชนิด *E. eugeniae* อยู่ระหว่าง 4.2-8.0 และระดับค่า pH

ที่เหมาะสมต่อไส้เดือนพันธุ์ *P. peguana* อยู่ระหว่าง 4.2-8.0 แต่จะดีที่สุดเมื่อค่า pH ประมาณ 7.0 หรือระดับความเป็นกลาง ความเป็นกรด-เบสที่ 7.2 เป็นสภาวะที่ทำให้เกิดการย่อยอาหารเกิดขึ้นได้ดีที่สุด (อานัฐ, 2549)

การเจริญเติบโตของไส้เดือน พบว่ากากตะกอนเยื่อกระดาษเมื่อผสมกับดินร่วนและมูลวัวที่ใช้เป็นวัสดุรองพื้นเลี้ยงไส้เดือนมีผลต่อการเจริญเติบโต

ของไส้เดือนพันธุ์ *E. eugeniae* และไส้เดือนพันธุ์ *P. peguana* โดยไส้เดือนพันธุ์ *P. peguana* สามารถปรับตัวใช้วัสดุรองพื้นจากกากตะกอนเยื่อกระดาษ : ดินร่วน : มูลวัว ในอัตราส่วน 2 : 1 : 1 การเจริญเติบโตของน้ำหนักรูปร่างไส้เดือนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวไส้เดือนมากที่สุด คือ 1.8 กิโลกรัม ในช่วงการเลี้ยงไส้เดือนที่ 30 วัน และ 60 วัน จากรายงานของ อัญชลีและสมชาย (2559) ได้เลี้ยงไส้เดือน *E. eugeniae* บนวัสดุรองพื้นที่มีกากตะกอนย่อยเป็นองค์ประกอบ พบว่าไส้เดือน *E. eugeniae* ช่วง 60 วันสามารถเจริญเติบโตได้ดี มีอัตราการเจริญเติบโตที่ดี มีค่าเฉลี่ยต่อน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นในทุกวัสดุรองพื้น

น้ำหนักมูลไส้เดือน พบว่าการเลี้ยงไส้เดือนพันธุ์ *P. peguana* ในวัสดุรองพื้นจากกากตะกอนเยื่อกระดาษ น้ำหนักมูลไส้เดือน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักมูลไส้เดือนมากที่สุด คือ 2.8 กิโลกรัม ในช่วงการเลี้ยงไส้เดือนที่ 60 วัน โดยอานัฐ (2549) ได้ศึกษาการเลี้ยงไส้เดือน *P. peguana* บนวัสดุรองพื้นจากขยะอินทรีย์ พบว่าไส้เดือน *P. peguana* ช่วง 60 วัน มีน้ำหนักตัวไส้เดือนและมูลไส้เดือนสูงสุด

การวิเคราะห์ธาตุอาหาร การเลี้ยงไส้เดือนพันธุ์ *E. eugeniae* ในวัสดุรองพื้นจากกากตะกอนเยื่อกระดาษ พบว่ามีปริมาณธาตุอาหารแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีอินทรีย์วัตถุ (OM) 12.88 % ไนโตรเจน (N) 0.64 % ฟอสฟอรัส (P) 0.47 % โพแทสเซียม (K) 1.66 % มากกว่า เมื่อเทียบกับไส้เดือนพันธุ์ *P. peguana* ที่เลี้ยงในวัสดุรองพื้นจากกากตะกอนเยื่อกระดาษ จากรายงานของนนทวุฒิ (2553) ได้ศึกษาการทำปุ๋ยหมักจากไส้เดือน *E. eugeniae* สามารถเพิ่มธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ OC, pH, P, K, Mg, Ca เพิ่มสูงขึ้นกว่าการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน เนื่องจากในกากตะกอนมีธาตุอาหารจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือน อีกทั้งมีความชื้นต่อการเจริญเติบโตจึงเป็นเหตุให้ไส้เดือนพันธุ์ *E. eugeniae* โตได้ไวประกอบกับไส้เดือนพันธุ์นี้มีการเลี้ยงเป็นสัตว์เศรษฐกิจ จึงสามารถปรับ

ตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ ปกติไส้เดือนชนิดนี้มีการเจริญเติบโตในที่เงียบอยู่ตามผิวดินที่มีกองใบไม้ และดินแฉะ แต่เมื่อนำมาซึ่งหาน้ำหนักตัวและอาจเป็นสาเหตุให้ไส้เดือนไม่กินอาหาร ซึ่งต้องใช้เวลาในการปรับตัวและบางตัวยังปรับตัวได้ไม่ดีซึ่งไม่เหมือนไส้เดือนพันธุ์ *P. peguana* สามารถปรับตัวได้ง่ายกว่า (Grubben, 1976)

การวิเคราะห์ธาตุอาหารน้ำหมัก พบว่ากรรมวิธีการเลี้ยงไส้เดือนพันธุ์ *E. eugeniae* ในวัสดุรองพื้นจากกากตะกอนเยื่อกระดาษ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกรรมวิธีการเลี้ยงไส้เดือนพันธุ์ *P. peguana* ในวัสดุรองพื้นชนิดเดียวกัน โดยการเลี้ยงไส้เดือนพันธุ์ *E. eugeniae* ให้ค่าวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในน้ำหมักสูงกว่ากรรมวิธีการเลี้ยงไส้เดือนพันธุ์ *P. peguana* คือ ให้ค่า pH เท่ากับ 7.51 ค่าอินทรีย์วัตถุ (OM) 0.11 % ค่าการนำไฟฟ้า (EC) 8.87 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ค่าไนโตรเจน (N) 0.19 % ค่าฟอสฟอรัส (P) 0.01 % และค่าโพแทสเซียม (K) 0.65 % นันทวุฒิ (2553) ได้ศึกษาการทำปุ๋ยหมักไส้เดือน *E. eugeniae* สามารถเพิ่มความเป็นประโยชน์ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ OC, pH, P, K, Mg, Ca เพิ่มสูงขึ้นกว่าการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

สรุป

การเลี้ยงไส้เดือนพันธุ์ *P. peguana* สามารถปรับตัวในวัสดุรองพื้นจากกากตะกอนเยื่อกระดาษ : ดินร่วน : มูลวัว ในอัตราส่วน 2:1:1 และน้ำหนักมูลไส้เดือนได้ดีกว่าไส้เดือนพันธุ์ *E. eugeniae* และการเลี้ยงไส้เดือนพันธุ์ *E. eugeniae* วัสดุรองพื้นจากกากตะกอนเยื่อกระดาษ ให้ปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยหมักและน้ำหมักสูงกว่าไส้เดือนพันธุ์ *P. peguana* การศึกษาการใช้ไส้เดือนดินในการจัดการกากตะกอนเยื่อกระดาษสามารถเพิ่มธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ได้ดี ดังนั้นการทำปุ๋ยหมักจากกากตะกอนเยื่อกระดาษและใช้ไส้เดือนดิน เป็นเครื่องมือที่เหมาะสมในการจัดการกากตะกอนเยื่อกระดาษ และเป็นแหล่งของสารอาหารที่เป็นประโยชน์ในการผลิตพืชทางการเกษตรอย่างยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนนักวิจัยรุ่นใหม่ จากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปี 2563 และภาคเอกชนเยื่อกระดาษ ได้รับการสนับสนุนจากบริษัท SCG จำกัด สาขา กาญจนบุรี

เอกสารอ้างอิง

- ชูศักดิ์ จอมพุท. 2561. สถิติ : การวางแผนการทดลอง และการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยด้านพืช ด้วย “R”. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 350 หน้า.
- ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และจรงค์ จันทรเจริญสุข. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการการวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 170 หน้า.
- นันทวุฒิ จำปางาม. 2553. การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ไส้เดือนดินในการจัดการกากของเสียอุตสาหกรรมเกษตรและอิทธิพลต่อการลดการปนเปื้อนแคดเมียมในดิน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 145 หน้า.
- พันธิ์ มะลิสุวรรณ และผุสดี สายชนะพันธุ์. 2546. การทำธุรกิจฟาร์มไส้เดือน, ยูทิลิตี้, กรุงเทพฯ. 61 หน้า.
- สุนทร ตรียะประพันธ์, ปริญญา วิไลรัตน์, ทักษิณ อาชวาคม, สายันต์ ตันพานิช, ประยุทธ์ กาวิละเวส, ชลธิชา นิवासประภุติและปริยานันท์ ศรสูงเนิน. 2558. แนวทางการใช้ประโยชน์วัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ. 150 หน้า.
- อานัฐ ตันโช. 2549. การกำจัดขยะอินทรีย์โดยไส้เดือนดิน. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. สำนักพิมพ์พัฒนาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. 259 หน้า.
- อานัฐ ตันโช. 2560. คู่มือการผลิตปุ๋ยอินทรีย์มูลไส้เดือนดินจากขยะอินทรีย์. ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 250 หน้า.
- อิสรี รอดทัศน. 2550. การปรับปรุงสภาพภาคตะกอนเยื่อกระดาษเหลือทิ้งขั้นต้นเพื่อผลิตเอทานอลจากการกระบวนการย่อยให้เป็นน้ำตาลโดยใช้เอนไซม์และการหมัก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ 156 หน้า.
- อัญชลี จาละ และสมชาย ชคตระการ. 2559. วัสดุรองพื้นที่มีภาคตะกอนย่อยจากหม้อกรองเป็นส่วนผสมในอัตราส่วนต่างๆ มีผลต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือน 2 ชนิด. Thai Journal of Science and Technology 5 (1): 34-54.
- Edwards, C.A. and I. Burrows. 1988. Earthworms in Waste and Environmental Management. SPB Academic Publishing, Netherlands. 268 p.
- GEORG. 2004. Feasibility of Developing the Organic and Transitional Farm Market for Processing Municipal and Farm Organic Wastes Using Karge Scale Vermicompositing. Good Earth Organic Resources Group, Halifax, Nova Scotia.
- Grubben, G.J.M. 1976. The Cultivation of Amaranth as Tropical Leaf Vegetable, Communication 67 of the Department of Agriculture Research, Koniuklizk Institute Voor de Tropen, Amsterdam, The Netherlands. 120 p.
- Sparks, D.L., A.L. Page, P.A. Helmke, R.H. Loeppert, P.N. Soluanpour, M.A. Tabatabai, C.T. Johnston and M.E. Sumner. 1996. Method of Soil Analysis Part 3 Chemical Method. Soil Science Society of America, Inc., American Society of Agronomy and Inc., Madison, Wisconsin, USA. 90 p.
- Viljoen, S.A., A.J. Reinecke and L. Hartman. 1992. The influence of temperature on the life-cycle of *Dendrobaena venata* (Oligochaeta). Soil Biology and Biochemistry 24(12): 1341-13 p.
- Walkley, A.J. and I.A. Black. 1934. Estimation of soil organic carbon by the chromic acid titration method. Soil Scientific. 37: 29-38.

ผลของปริมาณการให้น้ำต่อผลผลิต ปริมาณแคปไซซิน และผลผลิตแคปไซซิน ในพริกกะเหรี่ยงพันธุ์กำแพงแสน สกว 135

Effects of Watering Regimes on Yield, Capsaicin Content and Capsaicin Yield of
Karen Chili Kamphaeng Saen TRF 135

จิรภิญญา คณวง¹ กิตติมาภรณ์ สินประเสริฐ¹ นงลักษณ์ คำภา¹ และแหวนพลอย จินากูล^{1*}
Jirapinya Konwong¹, Kittimaporn Sinprasert¹, Nongluck Khampa¹ and Wanploy Jinagool^{1*}

Received: October 17, 2022

Revised: November 9, 2022

Accepted: November 10, 2022

Abstract: Water levels given to plants affect their yield in various ways. This study compared the effects of 4 different irrigation regimes during the anthesis to fruit development: 100 (control), 80, 60, and 40% MWHC (maximum water holding capacity) on yield, capsaicin content and capsaicin yield of Karen chili TRF 135. The findings demonstrated that, in comparison to the control, reduced irrigation regimes resulted in a decrease in midday leaf water potential (LWP_{md}). For the 80% MWHC, this significant drop in LWP_{md} was found two weeks after the irrigation regime was applied, whereas for the 40% and 60% MWHC, the reduction was discovered after the first week. The yield and capsaicin content of the 80% MWHC were comparable to the control, however, the yield of the 40 and 60% MWHC was significantly lower. In comparison to the control, the 40 and 60% MWHC increased capsaicin content by 181.73 and 116.65%, respectively. The studied irrigation regimes did not, however, significantly alter the capsaicin yield.

Keywords: deficit irrigation, yield, capsaicin yield, *Capsicum frutescens*

บทคัดย่อ: ปริมาณน้ำที่พืชได้รับส่งผลกระทบต่อต้นพืชได้หลายประการ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของระดับการให้น้ำในช่วงการติดดอกถึงการพัฒนาของผลที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 100 (ควบคุม) 80 60 และ 40% MWHC (maximum water holding capacity) ต่อผลผลิต ปริมาณสารแคปไซซิน และผลผลิตแคปไซซินของพริกกะเหรี่ยงพันธุ์กำแพงแสน สกว 135 โดยพบว่า การลดระดับการให้น้ำทำให้ศักยภาพของน้ำในใบพริก ณ เที่ยงวัน (LWP_{md}) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยพบการลดลงที่ 2 สัปดาห์หลังการจำกัดการให้น้ำสำหรับการให้น้ำที่ระดับ 80% MWHC ในขณะที่การให้น้ำที่ระดับ 40 และ 60% MWHC พบการลดลงของ LWP_{md} ในสัปดาห์แรกหลังการจำกัดการให้น้ำ การให้น้ำที่ระดับ 80% MWHC ให้ผลผลิตและปริมาณแคปไซซินไม่แตกต่างกันกับชุดควบคุม ในขณะที่การให้น้ำในระดับที่ระดับ 40 และ 60% MWHC ทำให้ผลผลิตพริกลดลง หากสามารถเพิ่มปริมาณแคปไซซินได้ถึง 181.73 และ 116.65% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม อย่างไรก็ตามระดับการให้น้ำที่ศึกษาไม่ทำให้ผลผลิตแคปไซซินที่ได้รับแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: การจำกัดการให้น้ำ ผลผลิต ผลผลิตแคปไซซิน *Capsicum frutescens*

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ. นครราชสีมา 30000

¹ School of Crop Production Technology, Institute of Agricultural Technology, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima Province, 30000.

* Corresponding author: wanploy.jinagool@sut.ac.th

คำนำ

พริก (*Capsicum* spp.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย ถูกนำมาใช้ในการประกอบอาหาร แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ รวมถึงสกัดเอาสารสำคัญที่ให้ความเผ็ดไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรม เช่น ใช้เป็นส่วนประกอบในยาบรรเทาอาการปวด (นันทิยา, 2561) และนำไปเป็นสารเจือปนในอาหารสัตว์ (feed additive) เพื่อกระตุ้นการเจริญอาหาร และเร่งการเจริญเติบโตของปศุสัตว์ (วิโรจน์, 2556; ดวงสิทธิ์ และคณะ, 2559) ซึ่งอุตสาหกรรมเหล่านี้มีแนวโน้มที่จะเติบโตขึ้นในอนาคต (Hernández-Pérez *et al.*, 2020) สารสำคัญในพริกที่อุตสาหกรรมเหล่านี้ต้องการ คือ แคปไซซินอยด์ (capsaicinoids) มีคุณสมบัติทำให้พริกมีความเผ็ดร้อน ประกอบด้วยสารหลายชนิด ได้แก่ แคปไซซิน (capsaicin) มีสัดส่วนสูงที่สุดในกลุ่ม คือ 61% ไดไฮโดรแคปไซซิน (dihydrocapsaicin) 22% นอร์ไดไฮโดรแคปไซซิน (nordihydrocapsaicin) 1% โฮโมแคปไซซิน (homocapsicin) 1% และโฮโมไดไฮโดรแคปไซซิน (homodihydrocapsaicin) 1% (Cisneros-Pineda *et al.*, 2007) สารเหล่านี้พบมากที่ผนังชั้นใน (inner wall) ของผล ผนังกันระหว่างเซลล์ และรกของพริก โดยมีการสะสมมากที่สุดในส่วนเนื้อเยื่อชั้นในที่ติดกับรกและรกของพริก (Balbaa *et al.*, 1968)

ความเผ็ดของพริกแสดงด้วยค่า SHU (Scoville Heat Unit) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณแคปไซซินอยด์ในตัวอย่างแห้งของพริก (Chanthai *et al.*, 2012) โดยระดับความเผ็ดขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น พันธุ์ (วีรศิลป์ และคณะ, 2555; Jeeatid *et al.*, 2018) ระยะการสุกแก่ (Vázquez-Espinosa *et al.*, 2020) และปัจจัยการผลิต เช่น แสง (Jeeatid *et al.*, 2018) อุณหภูมิ (Gurung, 2011) ปริมาณธาตุอาหาร (สถาพร และคณะ, 2551; ธรรมศักดิ์, 2559) และปริมาณน้ำที่พืชได้รับ (Phimchan *et al.*, 2012; Jeeatid *et al.*, 2018) พันธุ์พริกที่มีความเผ็ดสูงในลำดับต้นๆ ของโลก เช่น พริกพิโร (Bhut Jolokia) เป็นพริกชนิด *C. chinensis*

มีปริมาณแคปไซซินอยด์สูง โดยมีความเผ็ดในระดับ 800,000-1,200,000 SHU พบได้ในแถบอเมริกาใต้ หากการปลูกเพื่อการค้าในประเทศไทยยังมีข้อจำกัด คือ พริกพันธุ์นี้มีความอ่อนแอต่อโรคและแมลงศัตรูพืช และต้องปลูกเลี้ยงภายในโรงเรือนเพื่อควบคุมสภาพแวดล้อม (จริยา และคณะ, 2554) จึงทำให้ต้นทุนในการผลิตสูง และอาจไม่คุ้มค่าสำหรับการผลิตเพื่อการสกัดสารแคปไซซินอยด์ ส่วนพริกที่มีการผลิตเพื่อการค้าอย่างแพร่หลายในประเทศไทย มีอยู่ 2 ชนิด คือ *C. annuum* ได้แก่ พริกหวาน พริกหยวก และพริกชี้ฟ้า เป็นต้น และ *C. frutescense* ได้แก่ พริกชี้หนู และพริกกระเหรียง เป็นต้น พริกทั้งสองกลุ่มนี้มีค่าเฉลี่ยความเผ็ดน้อยกว่า *C. chinensis* โดยพริกในกลุ่ม *C. frutescense* เป็นพริกที่มีความเผ็ดสูงกว่า *C. annuum* (เจนจิรา และคณะ 2556) การศึกษาโดยวีรศิลป์ และคณะ (2555) พบว่าพริกกระเหรียงนั้นมีความเผ็ดสูงกว่าพริกชี้หนูสวนสำหรับพริกกระเหรียง พันธุ์กำแพงแสน สกว 135 เป็นพันธุ์พริกที่มีการผลิตและจัดจำหน่ายโดยศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ การศึกษาของ อรรถรัตน์ (2561) พบว่าเป็นพริกที่มีความสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อม ให้ผลผลิตสูง มีความสามารถในการต้านทานโรค รวมถึงมีความเผ็ดอยู่ในระดับสูง (120,353 SHU) (ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน, 2562) จึงเป็นพันธุ์พริกที่น่าสนใจและนำมาศึกษาในครั้งนี้

น้ำเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช การขาดน้ำสามารถส่งผลกระทบต่อกระบวนการทางสรีรวิทยา เช่น กระตุ้นให้พืชปิดปากใบ ทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง ทำให้พืชสูญเสียคลอโรฟิลล์ และกระบวนการสร้างและสะสมสารในพืชเปลี่ยนแปลงไป การเปลี่ยนแปลงของกระบวนการที่กล่าวมานี้ส่งผลต่อการเจริญเติบโต การพัฒนาของดอก ตลอดจนปริมาณและคุณภาพผลผลิตของพืช (Farooq *et al.*, 2012) พริกต้องการน้ำประมาณ 700 – 800 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ ตลอดช่วงการเจริญเติบโต (Brouwer and Heibloem, 1986)

หากพริกได้รับน้ำในปริมาณที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการ สามารถทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงและประสิทธิภาพของการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง (Delfine *et al.*, 2001; Saheed, 2011) การเจริญเติบโตชะงัก และให้ผลผลิตได้ลดลง (Kramer, 1963; Shao *et al.*, 2008) อย่างไรก็ตาม มีการศึกษาพบว่าความเครียดจากการขาดน้ำที่เหมาะสมสามารถกระตุ้นให้พริกมีปริมาณแคปไซซินอยด์สูงขึ้นในพริกบางพันธุ์ ในการศึกษาของ Phimchan *et al.* (2012) ซึ่งทดสอบในพริก 9 พันธุ์ ที่แบ่งเป็นกลุ่มตามระดับความเผ็ดเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ 1) กลุ่มที่มีความเผ็ดต่ำ (< 50,000 SHU) ประกอบด้วย พริกขี้หนูสกุลนคร (*C. chinensis*) พริกหนุ่มเขียวตอง 80 (*C. annuum*) และยูยี่ (*C. annuum*) 2) กลุ่มที่มีความเผ็ดปานกลาง (50,000-100,000 SHU) ประกอบด้วย C 04872 (*C. annuum*) Takanotsune (*C. annuum*) พริกขี้หนูพม่า (*C. annuum*) และห้วยสีทน (*C. annuum*) และ 3) กลุ่มที่มีความเผ็ดสูง (>100,000 SHU) ประกอบด้วย พริก *C. annuum* ประเภทยืนต้น และ BGH 1719 (*C. chinense*) นักวิจัยลดการให้น้ำแก่ต้นพริกลงจากเป็นลำดับ หลังจากพริกเจริญเติบโตจนถึงระยะดอกบาน โดยที่อายุ 30 วันหลังดอกบาน พริกจะได้รับน้ำเพียง 25% ผลการศึกษาพบว่าศักยภาพของน้ำในใบพืช ณ ที่ยวัน (LWP_{md}) ของพริกกลุ่มนี้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (-1.4 ถึง -0.8 MPa และ -0.3 ถึง -0.2 MPa ตามลำดับ) ทำให้สัดส่วนของการเจริญเติบโตของต้น/ราก (shoot-to-root ratio) และผลผลิตลดลง นอกจากนี้ยังทำให้ปริมาณสารแคปไซซิน ไดไฮโดรแคปไซซิน และระดับความเผ็ดของพริกในกลุ่มที่มีความเผ็ดต่ำถึงปานกลางเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามในพริกบางพันธุ์ (ยูยี่ C 04872 และห้วยสีทน) แม้จะมีปริมาณสารแคปไซซินเพิ่มสูงขึ้น แต่กลับพบว่าผลผลิตแคปไซซินที่ได้กลับลดลง ซึ่งเกิดจากจำนวนและน้ำหนักของผลผลิตพริกเหล่านี้ลดลงอย่างมากเมื่อมีการจำกัดการให้น้ำ ในขณะที่การศึกษาของ Jeeatid *et al.* (2018) ในพริก

C. chinense 4 พันธุ์ ได้แก่ Bhut Jolokia, Orange Habanero, BGH1719 และอัคนีพิโร ให้น้ำแก่พริกที่ความถี่แตกต่างกัน ตั้งแต่ให้น้ำทุกวันไปจนถึงทุก 4 วัน ในพริก Bhut Jolokia, Orange Habanero และ BGH1719 พบว่าการลดความถี่การให้น้ำทำให้ผลผลิตแคปไซซินอยด์ลดลงกว่าการได้รับน้ำทุกวัน ในขณะที่พริกอัคนีพิโรสามารถให้ผลผลิตแคปไซซินอยด์เพิ่มขึ้นด้วยการให้น้ำวันเว้นวัน ซึ่งเป็นผลจากปริมาณแคปไซซินอยด์ในผลเพิ่มขึ้น ร่วมกับการลดลงของน้ำหนักแห้งผลผลิต

ข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการคัดเลือกพันธุ์พริกที่มีความเผ็ดสูงร่วมกับการจัดการน้ำที่เหมาะสมเป็นหนึ่งในวิธีที่มีศักยภาพสำหรับผลิตพริกให้มีปริมาณสารแคปไซซินอยด์สูงขึ้นได้ อีกทั้งยังเป็นการจัดการที่เกษตรกรผู้ผลิตสามารถปฏิบัติได้สะดวก และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในการผลิตพริกได้ อย่างไรก็ตาม จำเป็นต้องพิจารณาผลผลิตแคปไซซิน (capsaicin yield) ซึ่งเป็นปริมาณแคปไซซินที่ได้จากผลผลิตแห้งทั้งหมดที่พริกสามารถผลิตได้ (เจนจิรา และคณะ, 2556) เป็นสำคัญ การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของปริมาณน้ำที่พริกได้รับต่อปริมาณผลผลิต ปริมาณแคปไซซิน และผลผลิตแคปไซซินของพริกกะเหรี่ยงพันธุ์กำแพงแสน สกว 135

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษานี้ใช้พริกกะเหรี่ยงพันธุ์กำแพงแสน สกว 135 จากศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อนภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรกำแพงแสนมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นำมาเพาะในถาดหลุมขนาด 104 หลุม โดยใช้พีทมอสเป็นวัสดุปลูก เมื่อต้นพริกมีอายุ 4 สัปดาห์หลังการเพาะเมล็ด ย้ายปลูกลงในกระถางพลาสติกขนาด 10 x 7.5 นิ้ว ที่ใช้วัสดุปลูกผสม ได้แก่ ดินปลูก มทส. กาบมะพร้าวสับ และทราย ในอัตราส่วน 1:1:1 ปลูกในโรงเรือน ณ ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ. นครราชสีมา โดยโรงเรือนมีหลังคาพลาสติกกันฝนและมุ้งคลุมเพื่อป้องกันแมลง ต้นพริกได้รับน้ำจนถึงระดับ maximum water holding capacity (100% MWHC)

ตั้งแต่การย้ายปลูกจนถึงช่วงที่ต้นพริกให้ดอก (7 สัปดาห์หลังการย้ายปลูก) ที่อายุนี้นี้ สุ่มต้นพริกที่มีลักษณะใกล้เคียงกันที่สุดจำนวน 40 กระถางเพื่อจัดการให้น้ำ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 10 ซ้ำ ประกอบไปด้วย 4 กรรมวิธี คือ ระดับการให้น้ำ ได้แก่ การให้น้ำ 100 (ควบคุม) 80 60 และ 40% MWHC และรักษาการให้น้ำในระดับนี้ไว้จนถึงระยะที่ผลพริกสุกและเปลี่ยนเป็นสีแดง (11 WAT) ระหว่างการเก็บเกี่ยวผลผลิต (12-14 WAT) งดให้น้ำต้นพริก

ก่อนการปรับระดับการให้น้ำตามกรรมวิธี ตรวจวัดศักย์ของน้ำในใบพืช ณ เวลาเที่ยงวัน (midday leaf water potential, LWP_{md}) ด้วย pressure chamber 3005 (Soilmoisture) และความเขียวใบของพืช (SPAD) ด้วย chlorophyll meter SPAD-502Plus (Konica Minolta) โดยสุ่มวัดจากใบพืช 3 ใบบริเวณกึ่งกลางความสูงของต้น และสุ่มวัดในพืช 3 ต้น/กรรมวิธี และที่ 8 9 10 และ 11 สัปดาห์หลังย้ายปลูก (WAT) วัดค่า LWP_{md} และ SPAD ซ้ำในพืชต้นเดิมเพื่อตรวจสอบอิทธิพลของปริมาณน้ำที่ให้การก่อความเครียดในพืช

ระหว่างการเจริญเติบโตของพืช ให้ปุ๋ย 4 ครั้ง ได้แก่ ที่อายุ 1 WAT โดยใช้ปุ๋ยสูตร 21-0-0 ในอัตรา 8 กรัมต่อต้น ที่อายุ 3 WAT ให้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตรา 8 กรัมต่อต้น เมื่อพริกมีอายุ 5 และ 8 WAT ให้ปุ๋ยสูตร 13-13-21 ในอัตรา 8 กรัมต่อต้น นอกจากนั้นดูแลกำจัดโรคและแมลงตามคำแนะนำการปลูกพริก (ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน, 2556)

ที่ 11 WAT หยอดเก็บเกี่ยวผลพริกที่สุกและเปลี่ยนเป็นสีแดง โดยเก็บเกี่ยวสัปดาห์ละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 4 สัปดาห์ หลังเก็บเกี่ยวนำผลผลิตทั้งหมดไปชั่งน้ำหนักสด แล้วสุ่มพริกจำนวน 10 ผลเพื่อวัดความกว้างผล ความยาวผล แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-5 วัน บันทึกน้ำหนักแห้ง ผลผลิตแห้งที่ได้นำไปคดและเก็บไว้ในถุงซิปล็อกที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการสกัดและวัดปริมาณสารแคปไซซินด้วยเครื่อง high-performance liquid chromatography

(HPLC, Agilent) ตามวิธีของ Collins *et. al.* (1995) แล้วคำนวณหาระดับความเผ็ดจากปริมาณแคปไซซิน (capsaicin pungency, SHUcap) (Othman *et al.*, 2011) หลังจากนั้นคำนวณผลผลิตแคปไซซิน (capsaicin yield, mg/plant) จากผลคูณระหว่างปริมาณแคปไซซินและน้ำหนักผลผลิตแห้ง

การวิเคราะห์ทางสถิติ ได้แก่ การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ SPSS ver. 16

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลของระดับน้ำต่อลักษณะทางสรีรวิทยาของพริกกะเหรี่ยงพันธุ์กำแพงแสน สกว 135

การให้น้ำแก่ต้นพริกกะเหรี่ยงกำแพงแสน สกว 135 ที่ระดับ 100% MWHC พบว่าทำให้ LWP_{md} ของต้นพริกอายุ 7 WAT มีค่าเฉลี่ย -1.24 MPa ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างต้นพริกในแต่ละกรรมวิธี ซึ่งแสดงว่าก่อนการจัดการระดับน้ำ พืชทุกต้นมีการเจริญเติบโตอยู่ในสภาวะที่ได้รับน้ำในระดับเดียวกัน เมื่อลดระดับการให้น้ำตามกรรมวิธีหลังการตรวจวัด LWP_{md} ที่ 7 WAT พบว่า การให้น้ำที่ 100% MWHC รักษา LWP_{md} ของต้นพริกไว้ในช่วงระหว่าง -1.35 ถึง -1.12 MPa ในขณะที่การลดปริมาณการให้น้ำทำให้ LWP_{md} ของต้นพริกลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในภาพรวมพบว่า LWP_{md} ระหว่าง 8-10 WAT มีค่าลดลงในทุกะดับการให้น้ำและกลับเพิ่มขึ้นอีกครั้งที่ 11 WAT การให้น้ำที่ 40 และ 60% MWHC พบการลดลงของ LWP_{md} ที่ 8 WAT หรือ 1 สัปดาห์หลังการปรับลดการให้น้ำ ในขณะที่การให้น้ำที่ 80% MWHC พบการเปลี่ยนแปลงของ LWP_{md} ช้ากว่า คือ LWP_{md} ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับ 100% MWHC ที่ 9 WAT (Table 1)

สำหรับความเขียวใบ (SPAD, Table 1) พบว่าที่ 7 WAT หรือก่อนการปรับระดับน้ำ ต้นพริกมีความเขียวใบสูงที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 53.84 และ ไม่พบความแตกต่างของความเขียวใบระหว่างต้นพริก

ในแต่ละระดับการให้น้ำ และเมื่อพืชมีอายุมากขึ้นพบว่าความเครียดใบของต้นพริกค่อยๆ ลดลงจนต่ำที่สุดที่อายุ 11 WAT โดยมีค่าเฉลี่ยความเครียดใบเท่ากับ 31.11 ระหว่าง 8-11 WAT พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ยความเครียดใบในแต่ละระดับการให้น้ำ การให้น้ำที่ 40% MWHC มีผลอย่างมากต่อความเครียดใบ โดยที่ 8 WAT มีค่าต่ำที่สุดซึ่งคาดว่าเป็นผลสำหรับการเปลี่ยนแปลงของความเครียดใบที่ 9-11 WAT พบว่าการให้น้ำในระดับ 40% MWHC กลับมีแนวโน้มที่จะทำให้พริกมี

ความเครียดใบสูงที่สุด ความเครียดใบมีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางตรงกันข้ามกับ LWP_{md} โดยค่าความเครียดใบในพืชที่ได้น้ำในปริมาณที่ลดลงที่สูงกว่าพืชที่ได้น้ำอย่างเพียงพอ ยังพบในการศึกษาของ Arom and Jinagool (2021) และ Goto *et al.* (2021) โดยสาเหตุของความเครียดใบที่เป็นส่วนหนึ่งของการพยายามปรับตัวของพืชเพื่อรักษาประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงเอาไว้ด้วยการชะลอการเสื่อมสภาพของคลอโรฟิลล์ (Borrell *et al.*, 2000)

Table 1 Midday leaf water potential (LWP_{md} , MPa) and leaf greenness (SPAD) of Karen chili at the age of 7-11 weeks after transplanting (WAT). At 7 WAT all plant received watering at 100% MWHC while from 8-11 WAT, watering regimes were applied.

Treatment (% MWHC)	LWP _{md} (MPa)				
	7 WAT	8 WAT	9 WAT	10 WAT	11 WAT
100 (control)	-1.17	-1.21 ^a	-1.12 ^a	-1.35 ^a	-1.25 ^a
80	-1.28	-1.33 ^{ab}	-1.72 ^b	-1.87 ^b	-1.63 ^b
60	-1.21	-1.88 ^b	-2.53 ^c	-2.23 ^c	-2.13 ^c
40	-1.31	-2.01 ^c	-2.79 ^d	-3.60 ^d	-2.67 ^d
F-test	ns	**	**	**	**
CV (%)	5.15	24.66	37.45	42.52	32.10
Treatment (% MWHC)	SPAD				
	7 WAT	8 WAT	9 WAT	10 WAT	11 WAT
100 (control)	53.56	51.68 ^{ab}	44.16 ^b	36.48 ^{ab}	27.77 ^b
80	51.73	49.93 ^{bc}	44.44 ^b	42.68 ^a	28.72 ^b
60	55.50	55.34 ^a	46.82 ^{ab}	37.95 ^b	30.46 ^b
40	54.56	47.30 ^c	49.44 ^a	40.48 ^{ab}	37.47 ^a
F-test	ns	**	*	*	**
CV (%)	3.00	6.60	5.32	6.96	14.10

Values are means with coefficient of variation (CV). Means denoted by a different letter indicate significant differences between treatments ($p < 0.05$).

2. ผลของระดับน้ำต่อผลผลิตและลักษณะของผลผลิตของพริกกะเหรี่ยงพันธุ์กำแพงแสน สกว 135
เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักสดผลผลิตสดและแห้งที่ได้รับต่อต้นพริกพบว่า ผลผลิตที่ได้รับจากการ

ให้น้ำที่ระดับ 80 และ 100% MWHC ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่การให้น้ำที่ 40 และ 60% MWHC ทำให้ผลผลิตพริกสดและแห้งลดลงจากการได้น้ำ 100% MWHC

ประมาณ 1 และ 3 เท่า ตามลำดับ ซึ่งเป็นการลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) การลดลงของผลผลิตนี้เป็นอิทธิพลของ LWP_{md} ของต้นพริกที่เปลี่ยนแปลงไป การที่ต้นพริกได้รับน้ำที่ระดับ 40% MWHC ซึ่งทำให้ LWP_{md} ลดลงอย่างมากตั้งแต่ช่วงแรกของการพัฒนาของดอกสามารถทำให้เกิดความเครียดเนื่องจากการขาดน้ำ ซึ่งนอกจากจะทำให้การพัฒนาของต้นพืชหยุดชะงักแล้ว ยังสามารถทำให้เกิดการหลุดร่วงของดอกและผลพริกได้อีกด้วย (Chatterjee and Solankey, 2015; Mahmood *et al.*, 2021) สำหรับลักษณะของผลนั้นพบว่าระดับการให้น้ำที่ลดลงมีแนวโน้มให้ความยาวของผลพริกลดลง

อย่างไรก็ตามไม่พบอิทธิพลของระดับการให้น้ำต่อความกว้างของผลพริก (Table 2) การลดลงของความยาวผลพริกเกิดจากการที่เซลล์ของผลมีแรงดันเต่งในระดับต่ำทำให้การขยายขนาดของเซลล์เกิดขึ้นได้ลดลง โดยผลการศึกษาข้อนี้สอดคล้องกับการวิจัยของ Phimchan *et al.*, (2012) ซึ่งพบว่าความยาวของผลพริกอาจลดลงได้ในพริกบางพันธุ์ (Takanotsume (*C. annuum*) และ BGH 1719 (*C. chinensis*)) เมื่อได้รับความเครียดจากการขาดน้ำในขณะที่ความกว้างของผลพริก 9 พันธุ์ที่ผู้วิจัยทำการศึกษาซึ่งเป็นชนิด *C. annuum* และ *C. chinensis* ไม่มีการเปลี่ยนแปลงไป

Table 2 Yield, fruit characteristics, capsaicin content and capsaicin yield of Karen chili received different watering regimes during the flowering to fruit ripening stages.

Treatment (% MWHC)	Yield (g/plant)	Fruit dry weight (g/plant)	Fruit length (cm)	Fruit width (cm)	Capsaicin content (µg/g)	Capsaicin pungency (SHU _{cap})	Capsaicin yield (mg/plant)
100 (control)	119.20 ^a	28.73 ^a	4.19 ^a	0.82	471.91 ^c	7,550.60 ^c	13.79
80	103.70 ^{ab}	24.47 ^{ab}	3.86 ^b	0.75	382.71 ^c	6,123.44 ^{bc}	9.35
60	86.02 ^b	20.49 ^b	4.20 ^a	0.77	550.46 ^b	8,807.45 ^b	11.38
40	37.81 ^c	9.17 ^c	3.86 ^b	0.76	857.60 ^a	13,721.75 ^a	7.86
F-test	**	**	**	ns	**	**	ns
CV (%)	10.73	26.63	9.07	2.17	12.64	12.64	28.41

Values are means with coefficient of variation (CV). Means denoted by a different letter indicate significant differences between treatments ($p < 0.05$).

3. ผลของระดับน้ำต่อปริมาณแคปไซซิน ระดับความเผ็ด และผลผลิตแคปไซซินของพริกกะเหรี่ยงพันธุ์กำแพงแสน สกว 135

การลดระดับการให้น้ำแก่ต้นพริกกะเหรี่ยงพันธุ์กำแพงแสน สกว 135 ทำให้ปริมาณแคปไซซินเพิ่มขึ้นได้ตามปริมาณน้ำที่ลดลง Table 2 แสดงให้เห็นว่าการให้น้ำที่ระดับ 40 และ 60% MWHC สามารถเพิ่มปริมาณแคปไซซินในผลพริกและเพิ่มระดับความเผ็ด (SHU_{cap}) ได้ 181.73 และ 116.65% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณแคปไซซินที่ได้จากระดับน้ำ 100% MWHC อย่างไรก็ตาม

หากพิจารณาถึงผลผลิตแคปไซซินกลับพบว่าทุกระดับการให้น้ำได้ปริมาณผลผลิตแคปไซซินที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การศึกษาของ Phimchan *et al.* (2012) แสดงให้เห็นว่าการได้รับความเครียดเนื่องจากการขาดน้ำสามารถเพิ่มปริมาณแคปไซซินในพริก *C. annuum* และ *C. chinensis* กลุ่มที่มีระดับความเผ็ดต่ำ (2,850-55,350 SHU) ถึงปานกลาง (54,900 - 81,000 SHU) ได้ โดยทำให้ปริมาณแคปไซซินอยด์เพิ่มขึ้นได้ 170-721% และ 113-141% ตามลำดับ หากแต่ไม่สามารถส่งเสริมการสร้างแคปไซซินในพริกกลุ่มที่มีความเผ็ดสูงได้

การเพิ่มขึ้นของปริมาณแคปไซซินในพริกที่ได้รับ ความเครียดเนื่องจากการขาดน้ำเกิดจากการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์ phenylalanine ammonia-lyase (PAL) ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ แคปไซซินอยด์ผ่าน phenylpropanoid pathway เป็นหลัก (Phimchan *et al.*, 2014) สำหรับพริก กะเหรี่ยงพันธุ์กำแพงแสน สกว 135 ที่ทำการศึกษานี้ พบว่าอยู่ในกลุ่มพริกที่มีความเผ็ดต่ำ แม้จะเป็นการ คำนวณระดับความเผ็ดจากปริมาณแคปไซซินเพียง ชนิดเดียว ผลที่ได้ขัดแย้งกับข้อมูลของสายพันธุ์ ที่แสดงไว้ว่าพริกพันธุ์นี้มีความเผ็ดสูง (ศูนย์วิจัยพืช ผักเขตร้อน, 2562) ซึ่งความแตกต่างอาจเป็นอิทธิพล ของปัจจัยอื่นๆ เช่น การจัดการธาตุอาหาร และสภาพ แวดล้อมที่ปลูกพริก (สถาพร และคณะ, 2551; ธรรม ศักดิ์, 2559; Gurung, 2011; Jeeatid *et al.*, 2018) ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการจัดการน้ำให้ เกิดความเครียดเนื่องจากการขาดน้ำในระดับ และ ช่วงเวลาที่เหมาะสมมีศักยภาพที่จะนำมาใช้ในการ เพิ่มปริมาณสารแคปไซซินในพริกได้

การให้น้ำที่ระดับ 60% MWHC มีศักยภาพ ที่จะนำมาใช้เพื่อการผลิตพริกที่มีแคปไซซินอยด์สูง หากยังจำเป็นที่จะต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม เนื่องจา ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าผลผลิตแคปไซซินที่ได้ รับไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบการให้น้ำที่ ระดับต่างๆ ซึ่งสาเหตุของการได้รับผลผลิตแคปไซซิน ที่พบนี้เกิดจากปริมาณผลผลิตของพริกที่ได้รับน้ำ ที่ระดับ 40 และ 60% MWHC ลดลงเป็นอย่างมาก จากผลของความเครียดเนื่องจากการขาดน้ำที่ทำให้ เกิดการหลุดร่วงของดอกและผลพริก (Chatterjee and Solankey, 2015; Mahmood *et al.*, 2021) ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Phim- chan *et al.* (2012) ที่พบว่าผลผลิตแคปไซซินได้จาก พันธุ์พริก *C. annuum* และ *C. chinensis* ทั้ง 9 พันธุ์ ส่วนใหญ่มีปริมาณลดลงจากสาเหตุเดียวกัน มีเพียง พริกหนุ่มเขียวตอง 80 ซึ่งเป็นพริกที่มีความเผ็ดต่ำ เท่านั้นที่ได้รับผลผลิตแคปไซซินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัย สำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ดังนั้น เพื่อ ส่งเสริมการให้ดอก และการป้องกันการหลุดร่วง ของดอก อาจพิจารณาศึกษาการใช้สารควบคุมการ

เจริญเติบโตของพืชในกลุ่มสารกระตุ้นการเจริญ เติบโตของพืช เช่น ออกซิน จิบเบอเรลลิน และไซโต ไคนิน รวมถึงบราสซิโนสเตียรอยด์ ซึ่งมีคุณสมบัติ ในการกระตุ้นการพัฒนาของดอก ป้องกันการหลุด ร่วงของดอก และส่งเสริมการปรับตัวเมื่อตกอยู่ภาย ใต้สภาวะเครียดเนื่องจากการขาดน้ำมาใช้ร่วม กับการจัดการน้ำ (Taiz *et al.*, 2015) นอกจากนี้ อาจพิจารณาการจัดการธาตุอาหาร ซึ่งการศึกษา ของธรรมศักดิ์ (2559) พบว่าการให้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ อัตรา 330 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับโพแทสเซียม 400 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถเพิ่มปริมาณแคปไซซินอยด์ ในพริกได้

สรุป

ระดับน้ำที่พริกกะเหรี่ยงพันธุ์กำแพงแสน สกว 135 ได้รับในช่วงดอกบานจนถึงการสุกแก่ของ ผลพริกส่งผลต่อผลผลิต ปริมาณแคปไซซิน และ ผลผลิตแคปไซซิน โดยผลผลิตแคปไซซินมีความ สัมพันธ์โดยตรงกับผลผลิตแห้งของพริกที่ผลิตได้และ ปริมาณแคปไซซินในผลพริก การให้น้ำที่ระดับ 60% MWHC มีศักยภาพในการเพิ่มปริมาณแคปไซซิน ในขณะที่ควรหลีกเลี่ยงการการให้น้ำในระดับที่ต่ำกว่า 60% MWHC เนื่องจากมีผลทำให้ปริมาณผลผลิต ลดลงอย่างมาก ทั้งนี้ หากต้องการนำเอาการจัดการ น้ำมาใช้ส่งเสริมการสร้างและสะสมแคปไซซินอยด์ ในพริกจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม โดยเฉพาะ อย่างยิ่งการทดสอบควบคุมไปกับกระตุ้นให้เกิดการ ติดดอกและป้องกันการหลุดร่วงของดอกและผล เช่น การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช หรือการ จัดการธาตุอาหารร่วมด้วย

เอกสารอ้างอิง

จริยา วิสิทธิ์พานิช เกวลิน คุณาศักดากุล อธิวิสุนทร นันทกิจ วณิดา ดวงกัแสน กรุง สีตะธนี สิริกุล วะสี อัญชัน ชมพูพวง และ ประพนอม ใจอ้าย. 2554. พัฒนาระบบการปลูก พริกพิโรธเชิงการค้าในสภาพแวดล้อมที่ แตกต่างกัน. สำนักงานกองทุนสนับสนุน งานวิจัย, กรุงเทพฯ. 260 หน้า.

- เจนจิรา แก้วมาลัย ชนิษฐา กำคำมูล และกรุง สีตะธนี. 2556. การพัฒนาพันธุ์พริกสารเผ็ดสูงเชิงการค้า. หน้า 191-197. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 51: สาขาพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ดวงสิทธิ์ ยะนิล นรินทร์ พลธิ กฤดา ชูเกียรติศิริ และ จุฬาร ปานะถึก. 2559. การเสริมพริกป่น (*Capsicum frutescens* Linn.) ในอาหารต่อสมรรถนะในการให้ผลผลิตและคุณภาพซากของไก่พื้นเมืองพันธุ์ประดู่หางดำ. แกนเกษตร 44(1) (พิเศษ): 459-464.
- ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ. 2559. อิทธิพลของธาตุอาหารหลักเพื่อควบคุมความเผ็ดในพริก. (ออนไลน์). แหล่งข้อมูล <https://www3.rdi.ku.ac.th/?p=28737> (25 กันยายน 2565).
- นันทิยา ฤทธิ์เดช. 2561. มารู้อีกกับตัวยา “แคปไซซิน” บรรเทาอาการปวดเมื่อย. (ออนไลน์). แหล่งข้อมูล <https://www.rama.mahidol.ac.th/ramachannel/infographic/มารู้อีกกับตัวยา-แคปไซ/> (25 กันยายน 2565).
- วิโรจน์ ภัทรจินดา. 2556. แนวทางการใช้สมุนไพรในปศุสัตว์ประเทศไทย. แกนเกษตร 41(4): 377-382.
- วีรศิลป์ สอนจรรยา สุมนมาสุน พรพรรณ พรศิลป์พิทย และเสาวณี สาธิตวิริยะพงศ์. 2555. กายวิภาคศาสตร์เปรียบเทียบของใบและปริมาณแคปไซซินของพริกขี้หนูสวนและพริกกระเหรี่ยง (*Capsicum frutescens* L.). วารสารพฤกษศาสตร์ไทย 4 (ฉบับพิเศษ): 57-67.
- ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน. 2556. คู่มือการปลูกพริก. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 19 หน้า.
- ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน. 2562. พริกกระเหรี่ยง กำแพงแสน. (ออนไลน์). แหล่งข้อมูล <https://www.facebook.com/profile.php?id=100008595977953> (29 มิถุนายน 2563).
- สถาพร เงินหลาบ สังคม เตชะวงศ์เสถียร และสุชีลา เตชะวงศ์เสถียร. 2551. อิทธิพลของไนโตรเจนและโพแทสเซียมต่อผลผลิต และปริมาณสารแคปไซซินในพริก. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 39(3) (พิเศษ): 305-308.
- อรรถนัย มงคลพร. 2561. การคัดเลือกและพัฒนาพันธุ์พริกกระเหรี่ยงสำหรับเขตภาคกลาง. (ออนไลน์). แหล่งข้อมูล <https://tarr.arda.or.th/preview/item/-JW-IW14xUmzBfaGD-jyp> (25 กันยายน 2565).
- Arom, P. and W. Jinagool. 2021. Water deficit and its impacts on physiological traits, growth, and yield of chili (*Capsicum frutescens* L.). pp. 477-483. In: Proceedings of SUT International Virtual Conference on Science and Technology (SUT-IVCST 2021), Nakhon Ratchasima.
- Balbua, S. I., M. S. Karawya and A.N. Girgis. 1968. The capsaicin content of *Capsicum* fruits at different stages of maturity. *Loloydia* 31(3): 272-274.
- Borrell, A. K., G. L. Hammer and R.G. Henzell. 2000. Does maintaining green leaf area in sorghum improve yield under drought? II. dry matter production and yield. *Crop Science* 40: 1,037-1,048.
- Brouwer, C. and M. Heibloem. 1986. Irrigation water management: Irrigation water needs. (Online). Available Source: <https://www.fao.org/3/s2022e/s2022e08.htm> (October 1, 2022).
- Cisneros-Pineda, O., L. W. Torres-Tapia, L. C. Gutierrez-Pacheco, F. Contreras-Martin, T. Gonzalez-Estrada and S. R. Peraza-Sanchez. 2007. Capsaicinoids quantification in chili peppers cultivated in the state of Yucatan, Mexico. *Food Chemistry* 104: 1, 755-1,760.

- Chanthai, S., J. Juangsamoot, C. Ruangviriyachai and S. Techawongstien. 2012. Determination of capsaicin and dihydrocapsaicin in some chilli varieties using accelerated solvent extraction associated with solid-phase extraction methods and RP-HPLC-fluorescence. *Journal of Chemistry* 9(3): 1,550-1,561.
- Chatterjee, A. and S. S. Solankey. 2015. Functional physiology in drought tolerance of vegetable crops-an approach to mitigate climate change impact. pp. 150-171. *In*: M. L. Choudhary, V. B. Patel, M. W. Siddiqui and S. Sheraz Mahdl (Eds.). *Climate Dynamics in Horticultural Science – Volume 1*. Apple Academy Press, Canada.
- Collins, M. D., L. Mayer-Wasmund and P. W. Bosland. 1995. Improved method for quantifying capsaicinoids in *Capsicum* using high performance liquid chromatography. *HortScience* 30: 137-139.
- Delfine, S., F. Loreto and A. Alvino. 2001. Drought-stress effects on physiology, growth and biomass production of rainfed and irrigated bell pepper plants in the mediterranean region. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 126(3): 297-304.
- Farooq, M., M. Hussain, A. Wahid and K. Siddique. 2012. Drought stress in plants: an overview. pp. 1–33. *In* R. Aroca (Ed.), *Plant Responses to Drought Stress*. Springer, Heidelberg.
- Goto, K., S. Yabuta, P. Ssenyonga, S. Tamaru and J. Sakagami. 2021. Response of leaf water potential, stomatal conductance and chlorophyll content under different levels of soil water, air vapor pressure deficit and solar radiation in chili pepper (*Capsicum chinense*). *Scientia Horticulturae* 281, doi: 109943. 10.1016/j.scienta.2021.109943.
- Gurung, T., S. Techawongstien, K. Suriham and S. Techawongstien. 2011. Impact of environments on the accumulation of capsaicinoids in *Capsicum* spp. *HortScience* 46: 1,576-1,581.
- Hernández-Pérez, T., M. R. Gómez-García, M. E. Valverde and O. Paredes-López. 2020. *Capsicum annuum* (hot pepper): An ancient Latin-American crop with outstanding bioactive compounds and nutraceutical potential. A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 19(6): 2, 972-2,993.
- Jeeatid, N., S. Techawongstien, B. Suriham, S. Chanthai, P. W. Bosland and S. Techawongstien. 2018. Influence of water stresses on capsaicinoid production in hot pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) cultivars with different pungency levels. *Food Chemistry* 245: 792-797.
- Kramer, P. J. 1963. Water stress and plant growth. *Agronomy Journal* 55(1): 31-66.
- Mahmood, T., R. M. Rana, S. Ahmar, S. Saeed, A. Gulzar, M. A. Khan, F. M. Wattoo, X. Wang, F. Branca, F. Mora-Poblete, G. S. Mafra and X. Du. 2021. Effect of drought stress on capsaicin and antioxidant contents in pepper genotypes at reproductive stage. *Plants (Basel)* 10(7): 1,286.
- Othman, Z. A. A., Y. B. H. Ahmed, M. A. Habila and A. A. Ghafar. 2011. Determination

- of capsaicin and dihydrocapsaicin in *Capsicum* fruit samples using high performance liquid chromatography. *Molecules* 16 (10): 8,919–8,929.
- Phimchan, P., S. Techawongstien, S. Chanthai and P. Bosland. 2012. Impact of drought stress on the accumulation of capsaicinoids in *Capsicum* cultivars with different initial capsaicinoid levels. *HortScience* 47(9): 1,204-1,209.
- Phimchan, P., S. Chanthai, P. W. Bosland and S. Techawongstien. 2014. Enzymatic changes in phenylalanine ammonia-lyase, cinnamic-4-hydroxylase, capsaicin synthase, and peroxidase activities in *Capsicum* under drought stress. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 62 (29): 7,057-7,062.
- Saheed, M. 2011. Growth and Yield of Hot Pepper (*Capsicum frutescens* L.) as Influenced by the Time of Sowing Jute Mallow (*Corchorus Olitorius*). Department of Horticulture. University of Agriculture Abeokuta, Ogun State, Nigeria. 34 p.
- Shao, H. B., L. Y. Chu, C. Abdul-Jaleel and C. X. Zhao. 2008. Water deficit stress induced anatomical changes in higher plants. *Comptes Rendus Biologies* 331: 215-225.
- Taiz, L., E. Zeiger, I. M. Møller and Murphy, A. 2015. Plant physiology and Development. 6thed. Sinauer Associates Incorporated, USA. 761 pp.
- Vázquez-Espinosa, M., O. V. Fayos, A. González-de-Peredo, E. Espada-Bellido, M. Ferreiro-González, M. Palma, A. Garcés-Claver, and G. F. Barbero. 2020. Changes in capsate content in four chili pepper genotypes (*Capsicum* spp.) at different ripening stages. *Agronomy* 10(9): 1337.

การรับรู้และความคาดหวังของนักท่องเที่ยวที่มีต่อศูนย์เรียนรู้เกษตรผสมผสาน
บ้านเขากอบ อำเภอห้วยยอด จังหวัดตรัง

Perception and Expectation of Visitors towards Ban Khao Kob Integrated Agricultural
Learning Center, Huai Yod District, Trang Province

ศุภาพิชญ์ หมิ่นละม้าย¹ ดนชิดา วาทินพุฒิพร^{2*} พันจิตต์ สีเหนียง² คณิงรัตน์ คำมณี²
และ จิรัฏฐินาฏ ถังเงิน²

Supapit Muenlamai¹ Donchida Wathinputthiporn^{2*} Panchit Seeniang² Kanungrat Kummanee²
and Jirattinart Thungngern²

Received: February 16, 2023

Revised: March 16, 2023

Accepted: March 17, 2023

Abstract: The objectives of this research was to survey the perception and expectation of tourists towards the Ban Khao Kob Integrated Agricultural Learning Center. The sample was taken from 54 visitors interested in the integrated agriculture system from 10 districts in Trang province by snowball sampling. The questionnaires were used to collect data .The quantitative data were analyzed using descriptive statistics, percentage, minimum, maximum, mean, and standard deviation. According to the findings, the majority of tourists (70.37%) were female with the average age of 33 years old and the majority of them (62.97%) had undergraduate education. They had an average monthly income of 12,500 baht and the majority were farmers (75.93%) with married status (75.93%). Most of tourists (81.49%) preferred to travel in small groups/with family (2-5 people). The Integrated Agricultural Learning Center was perceived positively by 74.07% of tourists who visited it. Facebook (66.67%) was the method chosen by tourists to raise awareness. The outstanding learning resources that attracted tourists to visit were learning bases and knowledge (59.26%). The learning station that tourists (33.33%) were most impressed was the fish farming in the grooves of rubber plantation. Overall tourists perception was at a high level ($\bar{x}$ = 3.67). The tourist attraction image was perceived at a high level ($\bar{x}$ = 3.80). Overall, the expectation was at a high level ($\bar{x}$ = 3.56), especially, the tourist attraction image aspect was at a high level ($\bar{x}$ = 3.77).

Keywords: perception, expectation, visitors, Ban Khao Kob Integrated Agricultural Learning Center

บทคัดย่อ: การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อสำรวจการรับรู้และความคาดหวังของนักท่องเที่ยวที่มีต่อศูนย์เรียนรู้เกษตรผสมผสานบ้านเขากอบ กลุ่มตัวอย่างในงานศึกษานี้ดำเนินการสุ่มแบบลูกโซ่ จากกลุ่มนักท่องเที่ยวที่สนใจระบบการเกษตรแบบผสมผสานจาก 10 อำเภอในจังหวัดตรัง จำนวนทั้งสิ้น 54 คน ในช่วงเดือนกันยายน 2564 ถึงเดือนมีนาคม 2565 เครื่องมือในการวิจัยใช้แบบสอบถาม การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่

¹สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) 2003/61 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

¹ Agricultural Research Development Agency (Public Organization) 2003/61 Phaholyothin Road, Lat Yao, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand.

² ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม 73140

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

ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่ (ร้อยละ 70.37) เป็นเพศหญิง อายุเฉลี่ย 33 ปี จบการศึกษาระดับต่ำกว่าปริญญาตรีเป็นส่วนใหญ่ (ร้อยละ 62.97) รายได้ต่อเดือนเฉลี่ย 12,500 บาท และส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรกรรม (ร้อยละ 75.93) สถานภาพส่วนใหญ่สมรส (ร้อยละ 75.93) และเดินทางท่องเที่ยวเป็นกลุ่มเล็ก/กับครอบครัว (2-5 คน) (ร้อยละ 81.49) การรับรู้ของนักท่องเที่ยวที่มีต่อศูนย์เรียนรู้เกษตรผสมผสานพบว่า ร้อยละ 74.07 เป็นนักท่องเที่ยวที่เคยมาเยี่ยมชม ช่องทางที่นักท่องเที่ยวเห็นว่ามีความเหมาะสมในการสร้างการรับรู้คือ เฟซบุ๊ก (ร้อยละ 66.67) ความโดดเด่นของแหล่งเรียนรู้ที่ทำให้ให้นักท่องเที่ยวตัดสินใจมาเยี่ยมชมคือ ฐานเรียนรู้และองค์ความรู้ (ร้อยละ 59.26) ซึ่งฐานเรียนรู้ที่นักท่องเที่ยวประทับใจมากที่สุดคือ การเลี้ยงปลาในร่องสวนยางพารา (ร้อยละ 33.33) นักท่องเที่ยวโดยรวมรับรู้อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.67) กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่รับรู้ด้านภาพลักษณ์ของแหล่งเรียนรู้มากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 3.80) และมีความคาดหวังโดยรวมอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.56) ในด้านภาพลักษณ์ของแหล่งเรียนรู้มากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 3.77)

คำสำคัญ: การรับรู้ ความคาดหวัง ศูนย์เรียนรู้เกษตรผสมผสานบ้านเขาขอบ

คำนำ

จากสถานการณ์การท่องเที่ยวในพื้นที่จังหวัดตรัง พบว่าในช่วงสถานการณ์การระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (โควิด-19) ได้ส่งผลกระทบต่อการท่องเที่ยวของจังหวัดเป็นอย่างมาก จากรายงานของสำนักงานสถิติจังหวัดตรัง (2564) พบว่ารายได้จากการท่องเที่ยวในช่วงก่อนโควิด 19 ในเดือนธันวาคม 2562 เป็นจำนวน 517.63 ล้านบาท และลดลงเหลือ 231.7 ล้านบาท ในช่วงเดือนธันวาคม 2563 นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่เป็นคนไทย จำนวน 51,810 คน ซึ่งเป็นจำนวนกลุ่มเป้าหมายที่ส่งผลให้รัฐบาลให้ความสำคัญกับการท่องเที่ยวในประเทศมากยิ่งขึ้น

อย่างไรก็ตามสถานการณ์การระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ส่งผลสำคัญต่อพฤติกรรมของนักท่องเที่ยวเป็นอย่างมาก กระแสการท่องเที่ยวใกล้บ้านหรือ Staycation (มาจากคำว่า Stay ที่แปลว่า อยู่กับที่ และ Vacation ที่แปลว่าการหยุดพักผ่อน) เป็นการท่องเที่ยวรูปแบบใหม่ที่ผู้คนเน้นการท่องเที่ยวใกล้บ้าน (Lin et al., 2021) ซึ่งนอกจากจะช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายแล้ว การท่องเที่ยวใกล้บ้านยังช่วยลดความเสี่ยงจากการเดินทางและการติดต่อของโรคได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับแผนพัฒนาการท่องเที่ยวแห่งชาติ (พ.ศ. 2564-2565) มีเป้าหมายที่ต้องการให้ผู้ประกอบการ ภาคเอกชน ภาครัฐมีความพร้อมภายในพร้อมก้าวกระโดดสู่การท่องเที่ยวเน้นคุณค่าและความยั่งยืน ตามจุดหมายของแผนพัฒนา

เศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 13 โดยเน้นกระตุ้นให้การท่องเที่ยวในประเทศมีการใช้จ่ายเพิ่มขึ้น เป็นจุดหมายปลายทางของนักท่องเที่ยวคุณภาพ และเป็นศูนย์กลางเชื่อมโยงการท่องเที่ยวของภูมิภาค การเสริมสร้างความเข้มแข็งของเศรษฐกิจฐานรากภายในประเทศ (Local Economy) (กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา, 2564)

การท่องเที่ยวเชิงเกษตรในยุควิถีใหม่นี้จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่นักท่องเที่ยวในประเทศนิยมเข้าไปเยี่ยมชม เพื่อเรียนรู้และพักผ่อน ซึ่งศูนย์เรียนรู้เกษตรผสมผสานบ้านเขาขอบ อำเภอห้วยยอด จังหวัดตรัง เป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตรแห่งหนึ่งที่เหมาะสำหรับนักท่องเที่ยวเข้ามาเรียนรู้ด้านการเกษตรผสมผสานในระยะสั้น ดำเนินการก่อตั้งโดยปราชญ์ ภายในแหล่งมีฐานการเรียนรู้สาธิตทางด้านการเกษตรผสมผสานและกิจกรรมที่น่าสนใจดังนี้ 1) การเกษตรผสมผสาน 2) โคกหนองนา 3) การทำปุ๋ยดิน 4) การเลี้ยงปลาในร่องสวนยางพารา 5) การเลี้ยงผึ้ง และ 6) การปลูกสละอินโด โดยเน้นนักท่องเที่ยวเป็นคณะศึกษาดูงานในพื้นที่จังหวัดตรังและจังหวัดใกล้เคียงเดินทางไปเข้าเย็นกลับ แต่ทว่าในช่วงสถานการณ์การระบาดของโควิด-19 ทำให้ไม่สามารถดำเนินการท่องเที่ยวได้ตามปกติ ดังนั้นการประชาสัมพันธ์และสร้างการรับรู้ ตลอดจนการค้นหาความคาดหวังของนักท่องเที่ยวในการเข้ามาท่องเที่ยวในศูนย์เรียนรู้จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ดังนั้นงานศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจการรับรู้และความคาดหวังของนักท่องเที่ยวที่มีต่อ

ศูนย์เรียนรู้เกษตรผสมผสานบ้านเขากอบ อำเภอห้วยยอด จังหวัดตรัง เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงช่องทางการประชาสัมพันธ์แหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตร

อุปกรณ์และวิธีการ

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างในงานศึกษานี้ดำเนินการสุ่มตัวอย่างแบบไม่อาศัยความน่าจะเป็น (non – probability Sampling) โดยวิธีการสุ่มแบบลูกโซ่ (Snowball Sampling) ได้แก่ กลุ่มนักท่องเที่ยวที่สนใจระบบการเกษตรแบบผสมผสานจาก 10 อำเภอในจังหวัดตรัง ได้แก่ อำเภอเมืองจังหวัดตรัง อำเภอย่านตาขาว อำเภอสิเกา อำเภอวังวิเศษ อำเภอรัษฎา อำเภอกันตัง อำเภอปะเหลียน อำเภอห้วยยอด อำเภอนาโยง อำเภอหาดสำราญ อำเภอละ 5- 6 คน จำนวนทั้งสิ้น 54 คน ในช่วงเดือนกันยายน 2564 ถึงเดือนมีนาคม 2565

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสอบถามเชิงสำรวจประกอบด้วยคำถามทั้งแบบปลายเปิดและปลายปิด (opened and closed-end questionnaires) ประกอบด้วย 4 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของนักท่องเที่ยว ได้แก่ เพศ การศึกษา อาชีพ รายได้

ตอนที่ 2 การรับรู้รูปแบบการท่องเที่ยว ได้แก่ ช่องทางการรับรู้ ประสบการณ์การเดินทางมาเที่ยวของนักท่องเที่ยว จำนวนครั้งที่มาท่องเที่ยว ความโดดเด่นของศูนย์เรียนรู้ที่ทำให้ตัดสินใจเข้ามาเที่ยวชม และฐานเรียนรู้ที่สนใจ

ตอนที่ 3 ระดับการรับรู้และความคาดหวังของนักท่องเที่ยวที่มีต่อศูนย์เรียนรู้เกษตรผสมผสานบ้านเขากอบ อำเภอห้วยยอด จังหวัดตรัง โดยผู้วิจัยสร้างแบบสอบถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) (Likert, 1961) ประกอบด้วย 5 ระดับ ได้แก่ มากที่สุด (5 คะแนน) มาก (4 คะแนน) ปานกลาง (3 คะแนน) น้อย (2 คะแนน) และน้อยที่สุด (1 คะแนน) และกำหนดเกณฑ์ของระดับการรับรู้และความคาดหวังดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.21 – 5.00 หมายถึง รับรู้ และคาดหวังในระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.41 – 4.20 หมายถึง รับรู้ และคาดหวังในระดับมาก

ค่าเฉลี่ย 2.61 – 3.40 หมายถึง รับรู้ และคาดหวังในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.81 – 2.60 หมายถึง รับรู้ และคาดหวังในระดับน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.80 หมายถึง รับรู้ และคาดหวังในระดับน้อยที่สุด

และตอนที่ 4 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับการรับรู้และความคาดหวังที่มีต่อศูนย์เรียนรู้ดังกล่าว เป็นการสอบถามในลักษณะปลายเปิด

การวิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลเชิงคุณภาพ ในส่วนของคำถามปลายเปิด และข้อเสนอแนะเพิ่มเติมผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ส่วนที่ 2 การวิจัยเชิงปริมาณ ผู้วิจัยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistic) ประกอบด้วย ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ข้อมูลทั่วไปของนักท่องเที่ยว ผลการศึกษาพบว่า นักท่องเที่ยวกลุ่มตัวอย่างจำนวน 54 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 70.37) ที่เหลือเป็นเพศชาย (ร้อยละ 29.63) อายุเฉลี่ย 33 ปี โดยพิจารณาช่วงอายุพบว่า อายุอยู่ระหว่าง 21-30 ปีมากที่สุด (ร้อยละ 50.00) รองลงมาอยู่ระหว่าง 31-40 ปี ร้อยละ 25.93 และ 41-50 ปี ร้อยละ 12.97 ตามลำดับ ส่วนใหญ่มีสถานภาพสมรสแล้ว (ร้อยละ 75.93) และที่เหลือมีสถานภาพโสด (ร้อยละ 24.07) ด้านการศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำกว่าปริญญาตรี (ร้อยละ 70.37) หนึ่งในสี่จบการศึกษาระดับปริญญาตรี (ร้อยละ 25.93) และจบการศึกษามากกว่าปริญญาตรี (ร้อยละ 3.7) ตามลำดับ ด้านรายได้ต่อเดือนเฉลี่ย 12,500 บาท ส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 10,001 – 15,000 บาท (ร้อยละ 62.97) และด้านอาชีพพบว่าส่วนใหญ่เป็นเกษตรกร (ร้อยละ 75.93) รองลงมาเป็นเจ้าของกิจการ/ธุรกิจส่วนตัว (ร้อยละ 12.97) และรับราชการและไม่มีอาชีพ (ร้อยละ 5.56) ตามลำดับ

2. การรับรู้และรูปแบบพฤติกรรมการท่องเที่ยว ได้แก่

2.1 ช่องทางการรับรู้ พบว่า กลุ่มตัวอย่างมองว่าสื่อที่เหมาะสมที่สุดในช่วงสถานการณ์การระบาดของโควิด-19 ได้แก่ เฟซบุ๊ก (ร้อยละ 66.67) รองลงมาเป็นสื่อบุคคลจากหน่วยงานราชการ

(ร้อยละ 18.52) และไลน์กลุ่มหรือไลน์บัญชีทางการ (ร้อยละ 12.97) ดัง Table 1 สอดคล้องกับงานศึกษาของ มนริราและคณะ (2562) สื่อออนไลน์ที่ทำให้นักท่องเที่ยวรับรู้ได้มากที่สุดคือ เฟซบุ๊ก รองลงมา เป็นเว็บไซต์และยูทูบเป็นสื่อที่นักท่องเที่ยวใช้ในการรับรู้ด้านการท่องเที่ยว ในขณะที่สื่อออฟไลน์ สื่อบุคคลเป็นสื่อที่มีอิทธิพลต่อการสร้างการรับรู้ได้อย่างมากเนื่องจากนักท่องเที่ยวจะเชื่อมั่นเพราะเกิดการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ระหว่างกันก่อนตัดสินใจไปเที่ยวนั่นเอง

2.2 ประสบการณ์การเดินทางมาเที่ยวของนักท่องเที่ยว พบว่า นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่เดินทางท่องเที่ยวเป็นกลุ่มเล็ก/กับครอบครัว (2-5 คน) (ร้อยละ 81.49) เกือบทั้งหมดเคยมาเยี่ยมชมแล้ว (ร้อยละ 93.00) ในจำนวนนี้พบว่า ผู้ที่เดินทางมาครั้ง

เดียวมากที่สุด (ร้อยละ 57.41) ไม่เคยมาเลย (25.93) เคยเดินทางมา 3 ครั้ง (ร้อยละ 11.11) และเคยเดินทางมาสองครั้ง (ร้อยละ 5.56) ตามลำดับ ดัง (Table 1)

2.3 สิ่งดึงดูดที่น่าสนใจในแหล่งท่องเที่ยว พบว่า นักท่องเที่ยวมากกว่าครึ่งหนึ่ง (ร้อยละ 59.26) กล่าวว่าฐานเรียนรู้และองค์ความรู้สามารถดึงดูดความสนใจได้มากที่สุด รองลงมาเป็นวิทยากร/ปราชญ์เกษตรกร (ร้อยละ 33.33) และด้านสถานที่ (ร้อยละ 7.41) ซึ่งฐานเรียนรู้ที่นักท่องเที่ยวประทับใจมากที่สุดคือการเลี้ยงปลาในร่องสวนยางพารา ร้อยละ 33.33 รองลงมาคือการปลูกสละอินโด (ร้อยละ 20.37) การทำเกษตรผสมผสาน (ร้อยละ 16.67) โคกหนองนาโมเดล (ร้อยละ 14.81) การเลี้ยงผึ้งโพรง และการทำปุ๋ยดินอย่างละเท่ากัน (ร้อยละ 7.41) ดัง (Table 1)

Table 1 Perception and behavioral pattern of tourists.

(n=54)		
Items	Frequency	Percentage
1. Perception channel		
Facebook	36	66.67
Line group / Line official	7	12.97
Personal media from government officer	10	18.52
Other channel	1	1.85
2. Travel patterns		
Travel alone (1 person)	7	12.97
Small group (2-5 people)	44	81.49
Large group (>20 people)	3	5.56
3. Visiting experience		
Used to visited 1 time	31	57.41
Used to visited 2 times	3	5.56
Used to visited 3 times	6	11.11
Never visited	14	25.93
4. Tourist attraction		
Learning station and knowledge	32	59.26
Key speaker/farmer experts	18	33.33
Place	4	7.41

Table 1 (continued)

Items	(n=54)	
	Frequency	Percentage
5. The most popular learning station		
Khok Nong Na model	8	14.81
Integrated farming	9	16.67
Fish culture in rubber plantation	18	33.33
Salak Pondoh plantation	11	20.37
<i>Apis cerana</i> beekeeping	4	7.41
Soil fertilization	4	7.41

3. ระดับการรับรู้และความคาดหวังของนักท่องเที่ยว

3.1. ระดับการรับรู้ของนักท่องเที่ยว

ผลการศึกษาระดับการรับรู้ของนักท่องเที่ยวที่มีต่อศูนย์เรียนรู้แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านภาพลักษณ์ของสถานที่ ด้านองค์ความรู้และภูมิปัญญา และด้านสิ่งอำนวยความสะดวก ผลการศึกษาพบว่า นักท่องเที่ยวมีการรับรู้ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.67) โดยนักท่องเที่ยวมีระดับการรับรู้ระดับมาก 2 ด้าน ได้แก่ ด้านภาพลักษณ์ของสถานที่ (ค่าเฉลี่ย 3.80) และด้านสิ่งอำนวยความสะดวก

(ค่าเฉลี่ย 3.72) และระดับปานกลาง 1 ด้าน ได้แก่ ด้านองค์ความรู้และภูมิปัญญา (ค่าเฉลี่ย 3.39) ดัง (Table 2) เนื่องจากแหล่งท่องเที่ยวที่เป็นศูนย์เรียนรู้ด้านการเกษตรผสมผสานที่มีชื่อเสียงในพื้นที่แตกต่างจากงานศึกษาของ กวินธิดา (2563) ที่ได้อธิบายว่า การสร้างภาพลักษณ์ที่มีอัตลักษณ์และจุดเด่นของแหล่งท่องเที่ยว การสร้างการรับรู้ของคนในพื้นที่ การใช้การท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์ทำให้นักท่องเที่ยวเกิดการเรียนรู้ในพื้นที่ถือเป็นศักยภาพที่ทำให้ให้นักท่องเที่ยวเกิดการท่องเที่ยวซ้ำได้

Table 2 Level of perception of visitors towards Ban Khao Kob Integrated Agricultural Learning Center.

Perception Aspects	Level of Perception		
	$\bar{x}$	S.D.	Level
1. Tourist attraction image	3.80	1.03	High
1.1 Beautifulness	3.93	0.96	High
1.2 Interesting souvenir in destination	3.85	0.97	High
1.3 Destination identity	3.84	0.96	High
1.4 Environmental conservation	4.07	0.98	High
1.5 Public relations	3.33	1.26	Medium
2. Body of knowledge and wisdom	3.39	1.15	Medium
2.1 Sufficiency of the learning station	3.27	1.24	Medium
2.2 Knowledge transfer skills of the speaker	3.91	0.99	High
2.3 Demonstrations and career training	3.31	1.23	Medium
2.4 New knowledge	3.36	1.10	Medium
2.5 Promoting media appropriateness	3.31	1.10	Medium
2.6 Media in learning program	3.16	1.20	Medium
2.7 Recreational activities	3.42	1.20	High

Table 2 (continued)

(n=54)

Perception Aspects	Level of Perception		
	$\bar{x}$	S.D.	Level
3. Facilities	3.72	1.00	High
3.1 Accessibility	4.00	0.92	High
3.2 Availability of food distribution	3.85	0.95	High
3.3 Service in destination	3.85	0.95	High
3.4 Directional sign availability	3.62	0.95	High
3.5 Sanitary and sufficient restrooms	3.27	1.25	Medium
Total	3.67	1.09	High

3.2 ระดับความคาดหวังของนักท่องเที่ยว

ขณะที่นักท่องเที่ยวมีความคาดหวังต่อศูนย์เรียนรู้ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.57) โดยนักท่องเที่ยวมีความคาดหวังในระดับมาก 2 ด้าน ดังนี้ ในด้านภาพลักษณ์ของสถานที่ท่องเที่ยว (ค่าเฉลี่ย 3.77) และด้านองค์ความรู้และภูมิปัญญา (ค่าเฉลี่ย 3.52) และอยู่ในระดับปานกลาง 1 ด้าน คือ ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก (ค่าเฉลี่ย 3.38) ดัง (Table 3) สอดคล้องกับงานศึกษาของ ชลธิชา และคณะ (2563) มองว่าสิ่งดึงดูดใจในแหล่งเรียนรู้ด้านการเกษตรเป็นสิ่งสำคัญ นอกจากนี้ควรสร้างภาพลักษณ์ที่ดีในด้านความสะอาดและปลอดภัยในแหล่งท่องเที่ยว แหล่งท่องเที่ยวจะต้องนำเสนอเอกลักษณ์เฉพาะและความโดดเด่นของแหล่งท่องเที่ยว เช่น ควรจะมีการสร้างผลิตภัณฑ์เป็นของตนเองและกำหนดราคาที่เหมาะสม จะทำให้นักท่องเที่ยวสามารถตัดสินใจซื้อได้ง่ายยิ่งขึ้น

ในส่วนการบริการ ควรเน้นความเป็นกันเองกับนักท่องเที่ยว ในด้านขององค์ความรู้และภูมิปัญญา ในแหล่งท่องเที่ยวจำเป็นต้องจัดกิจกรรมการท่องเที่ยวอย่างหลากหลาย เช่น กิจกรรมการท่องเที่ยวส่งเสริมวิถีไทย การเรียนรู้วิถีชีวิตชุมชน ภูมิปัญญาด้านการท่องเที่ยวเชิงเกษตร การสาธิตให้ความรู้ทางการเกษตร กิจกรรมแนะนำธุรกิจการเกษตร การปลูกพืชผลและสมุนไพร หรือการรับประทานอาหารปลอดสารพิษในแหล่งท่องเที่ยว โดยเน้นการให้ประสบการณ์ที่แปลกใหม่ไม่ซ้ำกับแหล่งท่องเที่ยวอื่นๆ หรือเป็นกิจกรรมที่เป็นวิถีชีวิตเฉพาะของชุมชนท้องถิ่น ตลอดจนในด้านการประชาสัมพันธ์เพื่อสร้างการรับรู้เกี่ยวกับสินค้าและบริการของแหล่งท่องเที่ยว รวมถึงการส่งเสริมจิตสำนึกด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมแก่นักท่องเที่ยวผ่านสื่อประชาสัมพันธ์ของแหล่งท่องเที่ยว เช่น บ้าย สื่อสิ่งพิมพ์ หรือสื่อบุคคล เป็นต้น

Table 3 Level of expectation of visitors towards Ban Khao Kob Integrated Agricultural Learning Center.

(n=54)

Expectation Aspects	Level of Expectation		
	$\bar{x}$	S.D.	Level
1. Tourist attraction image	3.77	1.12	High
1.1 Beautifulness	4.07	0.93	High
1.2 Interesting souvenir in destination	4.04	1.36	High
1.3 Destination identity	3.91	0.96	High
1.4 Environmental conservation	3.33	1.18	Medium
1.5 Public relations	3.52	1.16	High

Table 3 (continued)

(n=54)

Expectation Aspects	Level of Expectation		
	$\bar{x}$	S.D.	Level
2. Body of knowledge and wisdom	3.52	1.15	High
2.1 Sufficiency of the learning station	3.44	1.16	High
2.2 Knowledge transfer skills of the speaker	3.48	1.11	High
2.3 Demonstrations and career training	3.54	1.14	High
2.4 New knowledge	3.20	1.19	Medium
2.5 Promoting media appropriateness	3.43	1.24	High
2.6 Media in learning program	3.76	1.13	High
2.7 Recreational activities	3.80	1.11	High
3. Facilities			
3.1 Accessibility	3.43	1.14	High
3.2 Availability of food distribution	3.43	1.11	High
3.3 Service in destination	3.39	1.16	Medium
3.4 Directional sign availability	3.27	1.25	Medium
3.5 Sanitary and sufficient restrooms	3.37	1.09	Medium
Total	3.56	1.14	High

ทั้งนี้ นักท่องเที่ยวมีข้อเสนอแนะด้านความคาดหวังที่มีต่อแหล่งท่องเที่ยว ดังนี้ ด้านภาพลักษณ์ของสถานที่ท่องเที่ยว นักท่องเที่ยวต้องการให้มีการปรับปรุงทัศนที่สวยงาม น่าท่องเที่ยวและมีอัตลักษณ์ที่โดดเด่นมากยิ่งขึ้น เพิ่มเติมของที่ระลึกภายในแหล่งให้มากยิ่งขึ้น ด้านองค์ความรู้และภูมิปัญญา นักท่องเที่ยวเห็นว่ามีควมน่าสนใจในการผสมผสานวัฒนธรรมพื้นถิ่น เช่น กลองยาว รำมโนราห์ เขามาปรับใช้และสามารถนำจุดนี้มาเป็นจุดขายทางการท่องเที่ยวได้เป็นอย่างดี ขณะที่ ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก ควรเพิ่มเติมป้ายบอกทางการตั้งพิกัด GPS ที่ตรงกับตำแหน่งที่ตั้งปัจจุบัน เพิ่มเติมจุดจำหน่ายอาหารท้องถิ่นหรือของที่ระลึกเพื่อให้นักท่องเที่ยววนกลับเป็นของฝาก เช่น ขนมเต้าฮู้ หมูย่าง ฯลฯ

สรุป

จากสถานการณ์การระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (โควิด-19) ได้ส่งผลกระทบต่อการท่องเที่ยวของจังหวัดตรังเป็นอย่างมากส่งผลกระทบ

สำคัญต่อรายได้ของจังหวัดเป็นอย่างมาก และส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมนักท่องเที่ยวที่นิยมมาท่องเที่ยวในพื้นที่ใกล้เคียงหรือที่เรียกว่าการท่องเที่ยวแบบ Staycation มากยิ่งขึ้น จึงเป็นโอกาสสำคัญที่แหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตรที่จำเป็นจะต้องศึกษาถึงการรับรู้และความคาดหวังของนักท่องเที่ยวที่มีต่อศูนย์เรียนรู้เกษตรผสมผสาน บ้านเขากอบ อำเภอห้วยยอด จังหวัดตรัง เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาปรับปรุงแหล่งท่องเที่ยวให้มีความน่าสนใจและดึงดูดนักท่องเที่ยวกลุ่มนักท่องเที่ยวที่นิยมเที่ยวในจังหวัดของตนเองมากยิ่งขึ้นนั่นเอง โดยผลการศึกษาพบว่า เฟซบุ๊กเป็นสื่อที่ได้รับความนิยมในกลุ่มนักท่องเที่ยวที่สามารถใช้สร้างการรับรู้ได้เป็นอย่างดี นักท่องเที่ยวเลือกที่จะเดินทางเป็นกลุ่มเล็กกับครอบครัว 2-5 คน สาเหตุที่ทำให้นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่ตัดสินใจเข้ามาเที่ยวชมคือฐานเรียนรู้และความรู้ โดยฐานเรียนรู้ที่นักท่องเที่ยวให้ความสนใจแหล่งเรียนรู้แห่งนี้คือการเลี้ยงปลาในร่องสวนยางพารา ขณะที่ระดับของการรับรู้ของนักท่องเที่ยวโดยรวมอยู่ในระดับมาก

ซึ่งส่วนใหญ่รับรู้ในระดับมาก 2 ด้าน คือ ด้านภาพลักษณ์ของแหล่งเรียนรู้ รองลงมาเป็นด้านสิ่งอำนวยความสะดวก และระดับปานกลาง 1 ด้าน คือ ด้านองค์ความรู้และภูมิปัญญา ส่วนความคาดหวังของนักท่องเที่ยวโดยรวมอยู่ในระดับมาก โดยมีความคาดหวังในระดับมาก 2 ด้าน คือ ด้านภาพลักษณ์ของแหล่งเรียนรู้รองลงมาด้านองค์ความรู้และภูมิปัญญา และในระดับปานกลาง คือ ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาเรื่อง การรับรู้และความคาดหวังของนักท่องเที่ยวที่มีต่อศูนย์เรียนรู้เกษตรผสมผสานบ้านเขาขอบ อำเภอยะยอ จังหวัดตรัง มีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการดำเนินงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1.1 ข้อเสนอแนะต่อแหล่งท่องเที่ยวทางด้านการเกษตร สามารถนำข้อคิดเห็นในด้านการรับรู้ไปใช้ในการปรับปรุงแหล่งท่องเที่ยวเพื่อให้ตรงกับความต้องการของนักท่องเที่ยว โดยเฉพาะในเรื่องการสร้างภาพลักษณ์ของแหล่งท่องเที่ยวและสิ่งอำนวยความสะดวกที่นักท่องเที่ยวเข้าถึงได้ง่าย การพัฒนาการเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยวโดยอาศัยเทคโนโลยีทั้งทางด้านการประชาสัมพันธ์ทั้งในรูปแบบออนไลน์และออฟไลน์ ตลอดจนองค์ความรู้และภูมิปัญญาที่สามารถนำเสนอผ่านสื่อการเรียนรู้และสร้างการรับรู้ให้กับกลุ่มนักท่องเที่ยวได้มากยิ่งขึ้นซึ่งปัจจัยเหล่านี้เป็นสิ่งที่ดึงดูดนักท่องเที่ยวกลับมาท่องเที่ยวซ้ำได้ในอนาคต

1.2 ข้อเสนอแนะต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาและส่งเสริมกิจกรรมการท่องเที่ยวเชิงเกษตรในปัจจุบันควรมีปรับเปลี่ยนสถานที่ท่องเที่ยวและกิจกรรมการท่องเที่ยวให้ทันต่อพฤติกรรมของนักท่องเที่ยวและรูปแบบการท่องเที่ยวที่เปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะนักท่องเที่ยวที่ท่องเที่ยวแบบระยะสั้นใกล้บ้าน (Staycation) ซึ่งเป็นกลุ่มที่นิยมท่องเที่ยวในพื้นที่

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมทางด้านการพัฒนาภาพลักษณ์ของแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตรที่ตรงกับความต้องการกับลูกค้าภายในประเทศ

2.2 ควรมีการศึกษาด้านการพัฒนา

สื่อประชาสัมพันธ์ในรูปแบบออนไลน์เพื่อให้สามารถเข้าถึงและสร้างการรับรู้ให้เกิดขึ้นอย่างกว้างขวางมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กวีนิธิดา ลอยมา. 2563. แนวทางการเสริมสร้างการรับรู้ภาพลักษณ์การท่องเที่ยวเมืองรองของไทย กรณีศึกษาจังหวัดสิงห์บุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท การจัดการมหาบัณฑิต สาขาการจัดการท่องเที่ยวและการบริการแบบบูรณาการ คณะการจัดการท่องเที่ยว สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์. กรุงเทพฯ. 224 หน้า.
- กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา. 2564. แผนพัฒนาการท่องเที่ยวแห่งชาติ (2564-2565) . (ระบบออนไลน์) แหล่งข้อมูล: https://chainat.mots.go.th/download/article/article_20210602104504.pdf. (12 มกราคม 2564)
- ชลธิชา พันธุ์สว่าง เสรี วงษ์มณฑา ขวลิย์ ณ ถลาง และกาญจนา พงศ์พนรัตน์. 2563. การจัดการการตลาดเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตรในจังหวัดราชบุรี. วารสารสมาคมนักวิจัย 25(3): 103-117.
- มนิศา สังข์ทอง ธนกฤต ยอดอุดม และวชิรวิทย์ บัวขาว. 2562. ศึกษาการรับรู้ของนักท่องเที่ยวในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช. วารสารนาคนุตรปริทรรศน์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช 11(2): 178-188.
- สำนักงานสถิติจังหวัดตรัง. 2564. ข้อมูลสถิติการท่องเที่ยว. (ระบบออนไลน์) แหล่งข้อมูล: http://trang.nso.go.th/index.php?option=com_content&view=article&id=245:mindmap&catid=80:2011-10-11-07-20-43. (17 มกราคม 2564)
- Lin Z., I. A. Wong, I. E Kou and X. Zhen. 2021. Inducing wellbeing through staycation programs in the midst of the COVID-19 crisis. Tourism Management Perspectives 40 (100907): 2-12.
- Likert, R. 1961. New Patterns of Management. McGraw-Hill. New York.

คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ (ต่อ)

3) เรียงย่อในหนังสือหรือตำรา ที่มีผู้เขียนแยกในแต่ละเรื่อง ย่อย และมีบรรณาธิการ (Chapters in books or textbooks with separated author(s) in each chapter and editor(s))

ชื่อผู้เขียน. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่องย่อย. หน้า เลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าที่สิ้นสุด.

ใน: ชื่อบรรณาธิการ (บก.). ชื่อหนังสือ. สำนักพิมพ์, เมืองที่พิมพ์.

ดำรง เวชกิจ และสมบุญ ทองสกุล. 2535. เทคนิคการใช้สารป้องกันกำจัด ศัตรูพืช. หน้า 22-42. ใน: สุวัฒน์ วัยอารีย์ (บก.). แมลงและ ศัตรูพืชที่สำคัญของพืชเศรษฐกิจและการบริหาร. ห้างหุ้นส่วน จำกัด โอเดีย 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. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. 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. ชื่อเรื่องย่อย. หน้า เลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าที่สิ้นสุด.

ใน: รายงานการประชุม สัมมนา. สถานที่จัดประชุม.

นฤพนธ์ รัชชานันท์ชัยสิทธิ์ ทองสุข ศุภชัย อำคา 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) เอกสารวิชาการอื่นๆ (Other forms of academic documents)

ชื่อผู้เขียน หรือหน่วยงาน. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่องหรือชื่อหนังสือ. ประเภท ของเอกสาร. สถาบันหรือหน่วยงานที่จัดพิมพ์, 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 ให้ระบุเป็นปีที่เข้าสืบค้นข้อมูล ฟิรเดช 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 โดยในครั้งแรกที่ปรากฏขึ้น ให้สะกดคำเต็ม เช่น *Sitophilus zeamais* และพิมพ์เป็นอักษรแบบตัวเอน หลังจากนั้น ถ้ามีการระบุชื่ออีกให้ย่อชื่อสกุล 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 ตัวรับควบคุม (control), สปอร์แขวนลอย (spore suspension), เครื่องวัดแรงดึงน้ำของดิน (tensiometer)

การส่งต้นฉบับเพื่อตีพิมพ์

ให้ส่งไฟล์บทความต้นฉบับทางออนไลน์เท่านั้น โดยส่งที่ <https://kuojs.lib.ku.ac.th/index.php/jasm>

การบอกรับเป็นสมาชิก

บอกรับเป็นสมาชิกจากใบบอกรับเป็นสมาชิกท้ายเล่ม หรือติดต่อกอง บรรณาธิการโดยตรง

การตอบรับบทความ

บทความทุกบทความที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์เกษตร และการจัดการต้องผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิไม่น้อยกว่า 2 ท่าน *กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ในการตรวจและแก้ไขบทความที่เสนอ เพื่อการตีพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ

*The Editorial Board claims a right to review and correct all articles submitted for publishing.

สำนักงานและการติดต่อ (Office and Inquiries)

กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ งานแผนและวิชาการ สำนักงานเลขานุการ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

โทรสาร 034-351406 ต่อ 117

โทร. 034-351406 ต่อ 126-127

Editorial Board, Journal of Agricultural Science and Management, Planning and Technical Division, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University

Fax 034-351406 ext. 117

Tel. 0034-351406 ext. 151

E-mail : agricsim@gmail.com

JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCE AND MANAGEMENT

A Technical Journal of the Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University

Volume 6, Issue 1 January - April 2023

Effect of Light-emitting Diode (LED) Light Hues on Growth and Yield of Grand Rapids Lettuce Chomdao Khumjing Arunee Plaikaew and Sompob Veesom.....	7
Potential of Combination of <i>Trichoderma asperellum</i> strain Cb-pin01 and <i>Streptomyces</i> sp. Strain KPS-E004 in Controlling <i>M. enterolobii</i> of Chili Poonyaporn Sakorn and Pornthip Ruanpanun.....	15
Effect of Pre-soaking and Incubation of Water Convolvulus Seed on Sprout Production Chomdao Khumjing.....	23
Extension of the Application of <i>Trichoderma</i> spp. in Vegetable Production of Farmer sin Prachantakham District, Prachinburi Province Nuntawut Janpan Nareerut Seerasarn and Sineenuch Khрутmuang Sanserm.....	29
Study on the Ratio of Vermicompost to Napier Grass (<i>Pennisetum purpureum</i> cv. Pakchong 1) and Binder from Discarded Cow Milk on Biodegradable Plant Containers Molding Naphanut Usungnoen Worapot Satadaechakul Wanida Suebsaiprom Manoon Plongrum and Lak Piasai.....	40
Influence of Cytokinins Combining with Nanosheets on Growth and Shoot Production of Phlai under <i>In Vitro</i> Condition Nuchanan Duangkorn and Sukalya Poothong.....	48
Effects of Soil Management and Alternate Wetting and Drying Water Management on Some Soil Properties and Yield of Pathum Thani 1 Rice Variety Sukanya Kamma Yutaka Suzuki Tiwa Pakoktom and Nongpat Chaichana.....	56
Capability Enhancement in the Production of High-Quality Gotu Kola for Medicinal Plants with Nontoxic and Heavy Metal Contamination Uthaiwan Sapkaew Pongrawee Namwong Penchan Suthanukool and Kraising Choodee.....	69
The Effect of Paper Pulp Sludge on Growth of Earthworms and Vermicompost Quality Wanwisa Wattanapansak Thamthawat Seangngam Yaimai Chuaynoo Pathama Thannak and Thodsaporn Wattanapansak.....	79
Effects of Watering Regimes on Yield, Capsaicin Content, and Capsaicin Yield of Karen Chili Kamphaeng Saen TRF 135 Jirapinya Konwong Kittimaporn Sinprasert Nongluck Khampa and Wanploy Jinagool.....	87
Perception and Expectation of Visitors towards Ban Khao Kob Integrated Agricultural Learning Center, Huai Yod District, Trang Province Supapit Muenlamai Donchida Wathinputthiporn Panchit Seeniang Kanungrat Kummanee and Jirattinart Thungngern.....	97

ISSN 2586-9655

ISSN 2697-5378 (online)