



วารสาร

เกษตรพระจอมเกล้า

KING MONGKUT'S AGRICULTURAL JOURNAL

ปีที่ 38 ฉบับที่ 3

VOLUME 38 NUMBER 3

กรกฎาคม – กันยายน 2563

SSN 2651-2203 (Online)

July – September 2020

บทความวิจัย

สารบัญ

หน้า

- | | | |
|--|--|-----|
| ❑ ผลของความเข้มข้นสารละลาย KNO ₃ และระยะเวลาในการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ฝักข้าว | กัณจน์ สุเกษม ปริยานุช จุลกะ และพิจิตรา แก้วสอน | 280 |
| ❑ ผลของสูตรอาหารและสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการเจริญเติบโตของเถียงช้างนาในสภาพปลอดเชื้อ | นุชจรี สิงห์พันธ์ และแพรวพรรณ จันเงิน | 288 |
| ❑ ผลของสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊ค ในระบบไฮโดรโปนิกส์ | นพดล ชุ่มอินทร์ | 296 |
| ❑ ผลของวัสดุปลูกและปุ๋ยคอกต่อการเจริญเติบโตของพรมญี่ปุ่น | ชมัยพร อนุวงศ์ สุริยา ก่อสินวัฒนา และสมลักษณ์ มะโรงชัย | 304 |
| ❑ การจำแนกความเหมาะสมของดินอัลทิซอลส์และแอลฟีซอลส์ในสวนลองกอง อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ | กรรณก ดิพรมกุล นิวัติ อนงค์รักษ์ และสุนทร คำยอง | 315 |
| ❑ อิทธิพลของวัสดุคลุมดินต่อการควบคุมวัชพืชและการแตกยอดใหม่ของต้นลำไย | ณัฐพงศ์ หงษ์ทอง และธีรณัฐ เจริญกิจ | 325 |
| ❑ ศักยภาพของดิน และความเหมาะสมของที่ดินทางการเกษตรในพื้นที่น้ำมั่งเมืองท่าพระบาท แขวงบอลิคำไซ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (สปป.ลาว) | วิศา เมฆตระกูล เสาวนุช ถาวรพฤษ์ ณัฐพล จิตมาตย์ และเอิบ เขียวรัตนมณี | 332 |
| ❑ การศึกษาลักษณะทางชีวโมเลกุลของ Squash leaf curl China virus ที่เข้าทำลายพืชทอง ในจังหวัดกาญจนบุรี | วิวรรธน์ ปิยทัสสี และรัชนี สงประยูร | 342 |
| ❑ การใช้น้ำส้มควันไม้ต่อการยับยั้งเชื้อราบนยางแผ่นธรรมชาติ | จันทิมา ชั่งสิริพร พงศ์ระยา พงศ์ยี่หล้า กาญจนา ชันทกะพันธ์ และนิรนา ชัยฤกษ์ | 351 |
| ❑ การผลิตโพลีโคลนอลแอนติบอดีที่จำเพาะต่อ Tomato leaf curl New Delhi virus โดยใช้เปปไทด์สังเคราะห์เป็นแอนติเจน | กานต์ชนก โพธิ์ชะคัม และรัชนี สงประยูร | 356 |
| ❑ ผลของช่วงเวลาในการเก็บเกี่ยวพอลิโพลีของชั้นโรงต่อปริมาณฟลาโวนอยด์รวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ | อิมรอน มีชัย และอิสมะแอ เจ๊ะหลง | 363 |
| ❑ ผลของการเสริมรำข้าวเก่าในสูตรอาหาร ต่อประสิทธิภาพการผลิตและสภาวะความเครียด จากอนุมูลอิสระ ในไก่กระดุกดำ | วัชร แลน้อย สุรีย์พร แสงวงศ์ และมนตรี ปัญญาทอง | 370 |
| ❑ การประเมินคุณภาพอาหารหยาบและเศษเหลือทางการเกษตรสำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม ในจังหวัดสระแก้ว | ปณัฏ สุขสร้อย | 376 |
| ❑ ประสิทธิภาพของน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ต่อการรักษาคุณภาพหมักกล้วย | สวามินี ธีระวุฒิ และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน | 382 |
| ❑ การจัดการเพาะปักแม่ปูม้า (Portunus pelagicus) ไซนอกกระดองสีเทาดำ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการประกอบอาชีพทางการประมง | ไพโรจน์ แก้วมาก วุฒิชัย อ่อนเอี่ยม วาสนา อากรรณ์ จักรพงษ์ หรั่งเจริญ ประกายดาว ยิ่งสง่า และยุทธพล สาเอี่ยม | 392 |
| ❑ อัตราส่วนที่เหมาะสมของเจลาตินที่มีต่อการผลิตกัมมีน้ำสับปะรดเสริมเยื่อหุ้มเมล็ดฝักข้าว | วัฒนา วิวิธภูมิกร | 400 |
| ❑ ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จในการดำเนินงานของวิสาหกิจชุมชนปาล์มน้ำมัน ตามมาตรฐานการผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง | สินีนางุ จำนงค์ พัทธาวดี ศรีบุญเรือง และชลลธร จูเจริญ | 408 |

บทความวิชาการ

- | | | |
|---|------------------|-----|
| ❑ การเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับธาตุอาหารพืชต่อความงอกของเมล็ดและความแข็งแรงของต้นกล้า | จักรพงษ์ กางโสภา | 417 |
|---|------------------|-----|

วารสารเกษตรพระจอมเกล้า

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเผยแพร่ความก้าวหน้าของวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร
2. เพื่อส่งเสริมความร่วมมือและแลกเปลี่ยนความรู้ความคิดเห็นระหว่างผู้ที่อยู่ในวงการเกษตรหรือสถาบันต่าง ๆ

การส่งเรื่องลงพิมพ์

เรื่องที่ส่ง ได้แก่ บทความวิจัย บทความวิชาการที่เกี่ยวข้องกับทางการเกษตรหลักเกณฑ์และการเตรียมต้นฉบับได้ระบุไว้ตอนท้ายของวารสารพระจอมเกล้า

สำนักงาน

งานวารสารเกษตรพระจอมเกล้า
คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
โทรศัพท์/โทรสาร : 0-2329-8524
E-mail : ajournal@kmitl.ac.th
www.tci-thaijo.org/index.php/agritechjournal/index

กำหนดการตีพิมพ์ : วารสารเกษตรพระจอมเกล้า กำหนดตีพิมพ์ปีละ 4 ฉบับ

- ฉบับที่ 1 มกราคม – มีนาคม
- ฉบับที่ 2 เมษายน – มิถุนายน
- ฉบับที่ 3 กรกฎาคม – กันยายน
- ฉบับที่ 4 ตุลาคม – ธันวาคม

ที่ปรึกษา

คณบดีคณะเทคโนโลยีการเกษตร
รองคณบดี
ผู้ช่วยคณบดี
หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช
หัวหน้าภาควิชาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง
หัวหน้าภาควิชาวนวัตกรรมสื่อสารและพัฒนากการเกษตร
รศ. ดร.จำรูญ เล้าสินวัฒนา
(บรรณาธิการ พ.ศ. 2555-2558)
รศ. ดร.อำมร อินทร์สังข์
(บรรณาธิการ พ.ศ. 2558-2561)

บรรณาธิการบริหาร

- รศ. ดร.ณัฐกร สงคราม
- รศ. ดร.กนก เลิศพานิช

บรรณาธิการ

- ผศ. ดร.สุกัญญา แยมประชา

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

- ผศ. ดร.ช่อแก้ว อนิลบล

ผู้ดูแลระบบ

- นายอภิสิทธิ์ แสนหล้า
- นายปิยวัฒน์ ศรีสวัสดิ์

กองบรรณาธิการ

- ศ. ดร.ปัญญา สมบูรณ์สุข
- ศ. ดร.สุดฤดี ประเทืองวงศ์
- ศ. ดร.อังศุมาลย์ จันทราบัตย์
- ศ. ดร.ฉลอง วชิราภากร
- รศ. ดร.กานต์ สุขสุแพทย์
- รศ. ดร.กำจร หลุยยะพงศ์
- รศ. ดร.จินดา ชลิตทอง
- รศ. ดร.จุฑารัตน์ เศรษฐกุล
- รศ. ดร.ชุกีรี หะยีสานเม
- รศ. ดร.เนาวนิตย์ สงคราม
- รศ. ดร.ปรเมศ บันเทิง
- รศ. ดร.วรเดช จันทรส
- รศ. ดร.วรวิทย์ เทพานุต
- รศ. ดร.ศิริชัย กัลยาณรัตน์
- รศ. ดร.สนธิชัย จันทรเปรม
- ผศ. ดร.จักรมาศ เลหาพนิช
- ผศ. ดร.พิสสรพรรณ เจียมสมบัติ
- ผศ. ดร.เยาวรัตน์ ศรีวรรณันท์
- ผศ. ดร.วัชรระ จินตโกวิท
- ผศ. ดร.วีระณีย์ ทองศรี
- ผศ. ดร.เสาวคนธ์ เหมวงษ์
- คุณอัญชลี สุวจิตตานนท์
- รศ. ดร.พรหมมาศ คุณากาญจน์
- รศ. ดร.กัญจนา แซ่เตียว
- ผศ. ดร.นิตยา ผกามาศ
- ผศ. ดร.อัฉริ์ เรืองเดช
- ผศ. ดร.จำลอง มิตรชาวไทย
- ผศ. ดร.กัลยาณี เต็งพงศธร
- ผศ. ดร.ดวงกมล ปานรศทิพ ธรรมาธิวัฒน์
- ผศ. ดร.สุณีพร สุวรรณณีนพงษ์
- ผศ. ดร.สมศักดิ์ ธรรมโชติ
- ดร.ธนัท สมณคุปต์
- ดร.มัลลิกา กิลลาโล

เลขานุการและงานทะเบียน

นางสาวอาชูรา อูมา

ติดต่อสอบถามรายละเอียดได้ที่

กองบรรณาธิการวารสารเกษตรพระจอมเกล้า
คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กรุงเทพมหานคร 10520
โทรศัพท์ 096-176-3329
E-mail : ajournal@kmitl.ac.th

สำนักพิมพ์ : คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ข้าราชการบำนาญ (หมู่บ้านเมืองทองธานี)
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ข้าราชการบำนาญ (หมู่บ้านชลลดา-สุวรรณภูมิ)
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
ข้าราชการบำนาญ (หมู่บ้านตำบลคลองเกลือ)
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ข้าราชการบำนาญ (หมู่บ้านสุขุมวิท 81)
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
มหาวิทยาลัยมหิดล
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยนครพนม
กรมส่งเสริมการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ข้อความและบทความในวารสารนี้เป็นความคิดเห็นของผู้เขียนโดยเฉพาะ
กองบรรณาธิการไม่มีส่วนรับผิดชอบในเนื้อหาและข้อคิดเห็นนั้น ๆ แต่อย่างใด

บทบรรณาธิการ

เรียนนักวิจัยและผู้อ่านทุกท่าน สำหรับวารสารเกษตรพระจอมเกล้าปีที่ 38 ฉบับที่ 3 นี้ ทางกองบรรณาธิการได้รวบรวมผลงานวิจัยที่มีคุณภาพ อาทิเช่น ผลงานวิจัยทางด้านเมล็ดพันธุ์ผักชีลาว สูตรอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ และผักสลัด ผลของวัสดุปลูกและปุ๋ยคอกต่อการเจริญเติบโตของพรมญี่ปุ่น ปริมาณปลาไวโนยด์รวมและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของพรอพอลิสในชันโรง การศึกษาคุณภาพอาหารสัตว์ในไก่กระดูกดำ และโคนม การใช้น้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ต่อการรักษาคุณภาพของหมึกกล้วย การจัดการเพาะพักแม่ปูม้า เป็นต้น อีกทั้งในฉบับนี้ ยังมีบทความวิชาการอีก 1 เรื่องที่น่าสนใจคือ การเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับธาตุอาหารพืชต่อความงอกของเมล็ดและความแข็งแรงของต้นกล้า กองบรรณาธิการหวังว่าวารสารฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อท่านผู้อ่าน และขอขอบคุณนักวิจัยทุกท่านที่ให้ความสนใจและสนับสนุนวารสารมาอย่างต่อเนื่อง ขอให้เพลิดเพลินกับการอ่านบทความและรักษาสุขภาพกันด้วยนะคะ แล้วพบกันใหม่ฉบับหน้าค่ะ

กองบรรณาธิการ

ผลของความเข้มข้นสารละลาย KNO_3 และระยะเวลาในการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ผักชีลาว

Effects of Concentration of KNO_3 Solution and Soaking Duration during Seed Priming on Germination and Vigor of Dill (*Anethum graveolens* L.) Seeds

กัณจน์ส สุขเกษม¹ ปริญญช จุลกะ¹ และพิจิตรา แก้วสอน^{1*}Kunjanas Sukasem¹, Pariyanuj Chulaka¹ and Pichitra Kaewsorn^{1*}

บทคัดย่อ

เมล็ดพันธุ์ผักชีลาวมักพบปัญหาความงอกต่ำ งอกช้า และไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นสารละลาย KNO_3 และระยะเวลาในการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ผักชีลาว วางแผนการทดลองแบบ 3×2 factorial in completely randomized design (CRD) โดยเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (control) เป็นวิธีควบคุม มี 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัย A คือ ความเข้มข้นของสารละลาย KNO_3 มี 3 ระดับ คือ 0 (น้ำ reverse osmosis, RO), 250 และ 500 mg/L และปัจจัย B คือ ระยะเวลาในการแช่เมล็ด มี 2 ระดับ คือ 12 และ 24 ชั่วโมง บันทึกข้อมูลที่ 21 วันหลังทดสอบ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ความงอก จำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก (DTE) และเวลาเฉลี่ยในการงอก (MGT) ผลการทดลอง พบว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 250 mg/L เป็นเวลา 12 ชั่วโมง การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยการแช่น้ำ RO เป็นเวลา 12 และ 24 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด มี DTE และ MGT เร็วที่สุดและไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (control) มีความงอกต่ำที่สุด มี DTE และ MGT ช้าที่สุด ดังนั้นการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 250 mg/L เป็นเวลา 12 ชั่วโมง หรือการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำ RO เป็นเวลา 12 หรือ 24 ชั่วโมง สามารถกระตุ้นความงอกของเมล็ดผักชีลาวได้

คำสำคัญ: ความแข็งแรงของเมล็ด เวลาเฉลี่ยในการงอก การกระตุ้นความงอก

Abstract

Various germination problems with dill seeds are often found. Typical problems are low rate of germination, delayed germination, and non-uniform generation. Therefore, the objective of this research was to study the effects of various KNO_3 solutions and priming duration on germination in order to enhance the germination and vigor of dill seeds. The experiment was of 3×2 factorial completely randomized design with non-primed seed used as a control. Factor A was three concentrations of 0 (reverse osmosis, RO), 250 and 500 mg/L KNO_3 , and factor B was two soaking durations, 12 and 24 hours. The germination percentages, days to emergence (DTE) and mean germination times (MGT) were recorded at 21 days after testing. The results showed that seed priming with 250 mg/L KNO_3 solution for 12 hours and priming with RO water for 12 and 24 hours gave the highest germination percentages, the fastest days to emergence (DTE), and fastest mean germination times (MGT), with no significant differences between those conditions. On the other hand, non-primed seed (control) had the lowest germination percentage and slowest DTE and MGT. Thus, the combinations of seed priming with 250 mg/L KNO_3 solution for 12 hours, and seed priming with RO water for 12 or 24 hours were able to enhance dill seed germination.

Keywords: seed vigor, mean germination time, germination enhancement

¹ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹ Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

*Corresponding author, Email: pichitra.k@ku.th

คำนำ

ผักชีลาวขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด เนื่องจากเมล็ดมีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา ดังนั้นการปลูกผักชีลาวควรหว่านเมล็ดลงในแปลงด้วยการโรยบาง ๆ หรือผสมทรายแล้วหว่านอย่างสม่ำเสมอ ผักชีลาวเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ที่มีอากาศเย็น ดินร่วนระบายน้ำดี มีแสงแดดมากกว่าครึ่งวัน เมล็ดจะงอกประมาณ 2-3 สัปดาห์หลังปลูก แต่เมล็ดผักชีลาวมักมีความงอกต่ำ ส่งผลให้เกษตรกรสิ้นเปลืองต้นทุนการผลิต ต้องใช้เมล็ดพันธุ์ปริมาณมาก (อุไร จิรมงคลการ, 2547) ปัญหาในการผลิตเมล็ดพันธุ์ผักชีลาว คือ การเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ในระยะเวลาที่ไม่เหมาะสมจะส่งผลให้ความงอกต่ำ ต้นกล้าไม่แข็งแรง และงอกไม่สม่ำเสมอ การเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ผักชีลาวที่เหมาะสมควรเก็บเกี่ยวหลังระยะแก่ทางสรีรวิทยาของเมล็ด (physiological maturity, PM) โดยเมล็ดมีความชื้นประมาณ 9-12 เปอร์เซ็นต์ และมีความงอกสูงที่สุดเมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 70 วันหลังดอกบาน (Ekpong and Sukprakarn, 2008) นอกจากนี้ Holubowicz and Morozowska (2011) รายงานคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ผักชีลาวบนตำแหน่งช่อดอกหลัก (main umbel) มีความงอกสูงที่สุด คือ 61.7 เปอร์เซ็นต์ (นับครั้งแรก) และ 62.7 เปอร์เซ็นต์ (นับครั้งสุดท้าย) ส่วนเมล็ดในตำแหน่งตติยภูมิ (tertiary umbel) ของช่อดอก พบว่าเมล็ดส่วนใหญ่จะไม่งอก การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (seed priming) เป็นการทำให้เมล็ดเกิดกระบวนการทางชีวเคมีภายในเมล็ด เพื่อให้เมล็ดพร้อมสำหรับการงอกแล้วทำให้เมล็ดแห้งเพื่อหยุดกระบวนการงอก เมล็ดพร้อมงอกได้ทันทีเมื่อได้รับน้ำอีกครั้ง (Copeland and McDonald, 1995; McDonald, 2000) การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มีหลายวิธี เช่น การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำ (hydropriming) เป็นการแช่เมล็ดในน้ำเป็นระยะเวลาหนึ่ง และการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารควบคุมแรงดันออสโมซิส (osmopriming) เป็นการแช่เมล็ดในสารละลายที่มีค่าศักย์ (water potential) ต่ำ เพื่อให้เมล็ดดูดน้ำอย่างช้า ๆ เข้าสู่ภายในเมล็ด ทำให้กระบวนการงอกเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ ซึ่งสารเคมีที่นิยมใช้ในวิธี osmopriming เช่น โพแทสเซียมไนเตรต (potassium nitrate, KNO_3) โพลีเอทิลีนไกลคอล (polyethylene glycol, PEG) ซึ่งการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3 เป็นที่นิยม เนื่องจาก KNO_3 มีคุณสมบัติลดค่าศักย์และช่วยกระตุ้นความงอกของเมล็ด โดยคุณสมบัติของ KNO_3 จะแตกตัวได้ K^+ และ NO_3^- โดย NO_3^- เป็นตัวรับอิเล็กตรอนในกระบวนการหายใจในวิถีเพนโตสฟอสเฟต (pentose phosphate pathway) หรือวิถีทางเลือกของไกลโคไลซิส (glycolysis) จะทำหน้าที่แทนออกซิเจนในการออกซิไดซ์ NADPH (nicotinamide adenosine dinucleotide phosphate) ในกระบวนการหายใจ (respiration) จึงสามารถทำลายการพักตัวของเมล็ดได้ (วันชัย จันทรประเสริฐ, 2553) ส่วน K^+ ทำหน้าที่รักษาค่า osmotic potential กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์โดยเฉพาะเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหายใจ รวมทั้งเอนไซม์ที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แป้งและโปรตีน (บุญมี ศิริ, 2558) แต่หากได้รับสารในปริมาณหรือความเข้มข้นไม่เหมาะสมอาจเป็นพิษต่อต้นอ่อนที่งอกออกมาได้ (Copeland and McDonald, 1995) ดังนั้น การประสบความสำเร็จของวิธีการนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ชนิดและความเข้มข้นของสารละลาย และระยะเวลาในการแช่เมล็ด รวมถึงการลดความชื้นหลังกระบวนการกระตุ้นความงอกแล้ว (Bradford, 1986)

มีรายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ผักชีลาวด้วยวิธีการต่าง ๆ ได้แก่ การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำ (hydropriming) ซึ่ง Karimian (2011) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ผักชีลาวด้วยน้ำเป็นเวลา 27 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด คือ 83 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มีความงอกต่ำที่สุด คือ 41 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำเป็นเวลา 18 ชั่วโมง มีผลทำให้ต้นกล้ามีความสูงต้นมากที่สุด แต่ความสูงของต้นกล้าจะลดลงเมื่อมีการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำเป็นระยะเวลานานกว่า 18 ชั่วโมง การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำ เป็นเวลา 27 ชั่วโมง ทำให้ต้นกล้ามีน้ำหนักแห้งสูงที่สุด ส่วนเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มีน้ำหนักแห้งของต้นกล้าต่ำที่สุด และการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำเป็นเวลา 27 ชั่วโมง ทำให้ต้นกล้ามีความแข็งแรงสูงที่สุด ส่วนเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มีผลทำให้ต้นกล้าแข็งแรงน้อยที่สุด นอกจากนี้มีรายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารควบคุมแรงดันออสโมซิส (osmopriming) ด้วยสารละลาย KNO_3 ได้แก่ Khoshvaghti et al. (2013) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ผักชีลาวด้วยการแช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 ที่ความเข้มข้น 500 mg/L เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด คือ 31.24 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำ (hydropriming) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีความงอกเพียง 24.03 เปอร์เซ็นต์ และเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มีความงอกต่ำที่สุด คือ 11.54 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งระยะเวลาในการแช่เมล็ด 24 ชั่วโมง อาจยังไม่เพียงพอต่อกระบวนการงอกที่เกิดขึ้นในระยะที่ 2 หรือระยะจัน (lag phase) ของการดูดน้ำ นอกจากนี้ Hoseini et al. (2013) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ผักชีลาว (*Foeniculum vulgare* Mill.) ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด คือ 87.83 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มีความงอกต่ำที่สุด คือ 49.66 เปอร์เซ็นต์

ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ผักชีลาวมักพบปัญหาคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในระหว่างการผลิต เนื่องจากเมล็ดแก่ไม่พร้อมกัน เมื่อเกษตรกรนำเมล็ดพันธุ์ไปปลูกจึงมักพบปัญหาความงอกต่ำและความแข็งแรงของเมล็ดต่ำส่งผลให้เกษตรกรสิ้นเปลืองต้นทุน

การผลิตโดยต้องใช้เมล็ดพันธุ์ในปริมาณที่มากขึ้น (Ekpong and Sukprakarn, 2008) ซึ่ง Khoshvaghti et al. (2013) ได้ศึกษาการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ฝักข้าวด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 500 mg/L แต่ยังไม่ประสบผลสำเร็จ เมล็ดยังมีความงอกต่ำ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานทดลองนี้เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นสารละลาย KNO_3 และระยะเวลาในการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดฝักข้าว เพื่อให้เมล็ดมีความงอกสูงและงอกได้เร็วขึ้น

วิธีการศึกษา

การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์

นำเมล็ดพันธุ์ฝักข้าวของบริษัท เจียไต๋ จำกัด ซึ่งมีคุณภาพเริ่มต้น ได้แก่ ความชื้นของเมล็ด 7.2 เปอร์เซ็นต์ ความงอก 38.67 เปอร์เซ็นต์ ต้นอ่อนผิดปกติ 1.33 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดพันธุ์สดไม่งอก 6.00 เปอร์เซ็นต์ และเมล็ดตาย 54.00 เปอร์เซ็นต์ มาศึกษาการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3 ที่ระดับความเข้มข้นและระยะเวลาแตกต่างกัน ที่อุณหภูมิห้อง ประมาณ 30 องศาเซลเซียส เมื่อครบกำหนดตามระยะเวลาแล้วล้างเมล็ดผ่านน้ำ reverse osmosis (RO) และซับเมล็ดให้แห้ง จากนั้นนำเมล็ดมาลดความชื้นในตู้ดูดความชื้นไฟฟ้า (electric desiccator) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 40 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 96 ชั่วโมง (ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์) ทดสอบความชื้นของเมล็ดจำนวน 2 ซ้ำ ซ้ำละ 5 กรัม ด้วยวิธี high constant temperature oven method ที่อุณหภูมิ 130-133 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ± 3 นาที (ISTA, 2018) วางแผนการทดลองแบบ 3×2 factorial in completely randomized design (CRD) โดยเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (control) เป็นวิธีควบคุม มี 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัย A คือ ความเข้มข้นของสารละลาย KNO_3 มี 3 ระดับ คือ 0, 250 และ 500 mg/L และปัจจัย B คือ ระยะเวลาในการแช่เมล็ด มี 2 ระดับ คือ 12 และ 24 ชั่วโมง

การบันทึกข้อมูล

ความงอก (germination) นำเมล็ดฝักข้าวมาทดสอบความงอกด้วยวิธี pleated paper (PP) จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด จากนั้นวางไว้ในตู้เพาะเมล็ด (germinator) ที่อุณหภูมิ 20 $\leftrightarrow$ 30 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ในสภาพมืด เป็นเวลา 16 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในสภาพมีแสง เป็นเวลา 8 ชั่วโมง นับเฉพาะต้นอ่อนปกติครั้งแรกที่ 7 วันหลังเพาะเมล็ด และนับครั้งสุดท้ายที่ 21 วันหลังเพาะเมล็ด โดยนับต้นอ่อนปกติ ต้นอ่อนผิดปกติ เมล็ดสดไม่งอก และเมล็ดตาย ตามหลักการประเมินความงอกของสมาคมทดสอบเมล็ดพันธุ์นานาชาติ (ISTA, 2018) จากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณความงอกของเมล็ดพันธุ์เป็นเปอร์เซ็นต์ จากสูตร ความงอก (เปอร์เซ็นต์) = (จำนวนต้นอ่อนปกติ / จำนวนเมล็ดทั้งหมด) $\times$ 100

จำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก (days to emergence, DTE) เพาะเมล็ดตามวิธีการทดสอบความงอก นับจำนวนเมล็ดที่มีรากงอกยาวประมาณ 2 มิลลิเมตร ทุกวัน เป็นเวลา 21 วัน จากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณ DTE มีหน่วยเป็น วัน จากสูตร $DTE = \sum(n \cdot T) / \sum n$ โดย n คือ จำนวนเมล็ดที่แทงรากยาว 2 มิลลิเมตร และ T คือ จำนวนวันที่เมล็ดแทงราก (Dhillon, 1995)

เวลาเฉลี่ยในการงอก (mean germination time, MGT) เพาะเมล็ดตามวิธีการทดสอบความงอก นับจำนวนต้นอ่อนปกติทุกวัน เป็นเวลา 21 วัน จากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณหา MGT มีหน่วยเป็น วัน จากสูตร $MGT = \sum(n \cdot T) / \sum n$ โดย n คือ จำนวนต้นอ่อนปกติในแต่ละวัน และ T คือ จำนวนวันที่เมล็ดงอกเป็นต้นอ่อนปกติ (Ellis and Roberts, 1980)

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

นำข้อมูลที่เก็บบันทึกทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยลักษณะต่าง ๆ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสถิติ R (ซูคักดี จอมพุก, 2555)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ความงอก (germination)

การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ฝักข้าวด้วยสารละลาย KNO_3 ที่ความเข้มข้น 0, 250 และ 500 mg/L มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) โดยเมล็ดที่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยการแช่น้ำ RO (hydropriming) มีความงอกสูงที่สุด คือ 69.50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 250 mg/L มีความงอก 60.00 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (control) มีความงอกต่ำที่สุด คือ 38.67 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 500 mg/L มีความงอก 40.25 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยการแช่น้ำและการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 250 mg/L มีผลในการกระตุ้นความงอกของเมล็ด โดยทำให้เมล็ดมีความงอกเพิ่มขึ้น 21.33 และ 31.33 เปอร์เซ็นต์

ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (control) เพราะน้ำช่วยทำให้เปลือกเมล็ดอ่อนนุ่มลง และน้ำมีค่าซัลไฟด์สูงเคลื่อนที่ไปยังบริเวณที่มีค่าซัลไฟด์ต่ำ คือ ภายในเมล็ด จึงทำให้น้ำสามารถแพร่เข้าสู่เมล็ดได้ดี (วันชัย จันทน์ประเสริฐ, 2553) ซึ่งการดูดน้ำของเมล็ดในระยะที่ 1 และ 2 มีการควบคุมการดูดน้ำให้เพียงพอต่อการเกิดกระบวนการงอกได้ แต่มีการลดความชื้นในช่วงปลายระยะที่ 2 จึงทำให้รากไม่ปรากฏออกมา เมื่อนำมาปลูก เมล็ดสามารถงอกได้ดีขึ้น (นภาพร เวชกามา และพีระยศ แข็งขัน, 2561) นอกจากนี้ระยะเวลาในการแช่เมล็ดพันธุ์นาน 12 หรือ 24 ชั่วโมง เป็นระยะเวลาที่น้ำแพร่เข้าสู่เมล็ดเพียงพอทำให้เกิดกระบวนการงอกแต่ไม่ทำให้เมล็ดแทงรากออกมา ส่วนสารละลาย KNO_3 มีคุณสมบัติลดค่าซัลไฟด์ ทำให้เมล็ดดูดน้ำได้อย่างช้า ๆ และ KNO_3 แยกตัวได้ K^+ และ NO_3^- ซึ่งไนเตรต (NO_3^-) ช่วยให้การกระตุ้นการสังเคราะห์โปรตีนเพิ่มขึ้น ส่วน K^+ ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหายใจ กระบวนการสังเคราะห์แป้งและโปรตีน จึงทำให้คุณภาพของเมล็ดดีขึ้น (บุญมี ศิริ, 2558) ส่วนการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ฝักชีลาวด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 500 mg/L ทำให้เมล็ดมีความงอกเพียง 40.25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างกับเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (control) (Table 1) แสดงว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 500 mg/L ไม่มีผลในการกระตุ้นความงอกของเมล็ด อาจเป็นเพราะสารละลาย KNO_3 มีความเข้มข้นสูง 500 mg/L ซึ่งทำให้ค่าซัลไฟด์ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 250 mg/L เมล็ดจึงดูดน้ำได้ช้า ทำให้ปริมาณน้ำไม่เพียงพอต่อการงอกของเมล็ด (วันชัย จันทน์ประเสริฐ, 2553) นอกจากนี้เมล็ดฝักชีลาวที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (control) มีความงอกต่ำที่สุด คือ 38.67 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) โดยมีต้นอ่อนผิปกติเพียง 1.33 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดสดไม่งอกเพียง 6.00 เปอร์เซ็นต์ แต่มีเมล็ดตายมากที่สุด คือ 54.00 เปอร์เซ็นต์ (data not shown) ซึ่งเมล็ดตายส่วนใหญ่เกิดจากการเข้าทำลายของเชื้อแบคทีเรีย เมล็ดมีลักษณะเน่าละ

Table 1 Germination, days to emergence and mean germination time of dill seed after priming in different concentrations of KNO_3 solution and soaking duration.

Factor	Germination (%)	Days to emergence (days)	Mean germination time (days)
Non-primed seed (control)	38.67 b	8.18±0.55 a	11.19±0.41 a
Concentration of KNO_3 (A)			
0 mg/L	69.50 a	6.33±0.25 c	9.20±0.41 c
250 mg/L	60.00 a	7.02±0.65 b	9.90±0.66 b
500 mg/L	40.25 b	7.59±0.57 ab	9.81±0.52 bc
F-test	*	*	*
Non-primed seed (control)	38.67 b	8.18±0.55 a	11.19±0.41 a
Soaking duration (B)			
12 hours	58.33 a	6.91±0.79 b	9.49±0.59 b
24 hours	54.05 a	7.05±0.68 b	9.78±0.61 b
F-test	*	*	*
Non-primed seed (control)	38.67 bc	8.18±0.55 a	11.19±0.41 a
(A) (B)			
0 mg/L 12 hours	68.50 a	6.28±0.32 d	9.17±0.42 c
24 hours	69.50 a	6.38±0.18 cd	9.23±0.46 c
250 mg/L 12 hours	70.00 a	6.83±0.82 bcd	9.48±0.56 c
24 hours	50.00 b	7.22±0.46 bc	10.33±0.46 b
500 mg/L 12 hours	36.50 c	7.62±0.56 ab	9.82±0.70 bc
24 hours	44.00 bc	7.56±0.67 ab	9.80±0.39 bc
F-test	*	*	*
CV (%)	14.84	7.65	5.04

* = Significantly different at $P < 0.05$.

Means±SD within the column followed by the same alphabet are not significantly different by DMRT.

เมื่อพิจารณาระยะเวลาในการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ผักชีลาวในสารละลาย KNO_3 เป็นเวลา 12 และ 24 ชั่วโมง มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) โดยเมล็ดที่แช่ในสารละลาย KNO_3 เป็นเวลา 12 ชั่วโมง มีความงอกสูงที่สุด คือ 58.33 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่แช่ในสารละลาย KNO_3 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีความงอก 54.05 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (control) มีความงอก 38.67 เปอร์เซ็นต์ อาจเป็นเพราะเมล็ดดูดน้ำเป็นเวลา 12 และ 24 ชั่วโมง เป็นการดูดน้ำในช่วงระยะที่ 2 หรือระยะจัน (lag phase) ซึ่งเป็นระยะที่เกิดกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในเมล็ด และมีการย่อยสลายสารโมเลกุลใหญ่ให้เป็นโมเลกุลเล็ก มีการสังเคราะห์กรดนิวคลีอิก และการทำงานของเอนไซม์มากขึ้น ทำให้กระบวนการงอกเกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ (จุฑามาส พัทธทองพรรณ, 2559) สอดคล้องกับ Debbarma et al. (2018) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ผักชี โดยแช่เมล็ดในน้ำเป็นเวลา 12 ชั่วโมง และการแช่เมล็ดในสารละลาย GA_3 และ PEG เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีความงอก 46.67, 54.22 และ 60.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดผักชีที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มีความงอกต่ำที่สุด คือ 34.67 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดลองนี้ เมล็ดผักชีลาวที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (control) มีความงอกต่ำที่สุด คือ 38.67 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) มีต้นอ่อนผิปกติเพียง 1.33 เปอร์เซ็นต์ และเมล็ดสดไม่งอกเพียง 6.00 เปอร์เซ็นต์ แต่มีเมล็ดตายมากที่สุด คือ 54.00 เปอร์เซ็นต์ (data not shown) อาจเป็นเพราะเมล็ดมีเชื้อโรคติดมาที่เปลือกเมล็ดในปริมาณมาก แสดงว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ทำให้เมล็ดมีความงอกเพิ่มขึ้น และมีเมล็ดตายลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (control) อาจเป็นเพราะเมล็ดที่ถูกเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มีการล้างเมล็ดผ่านน้ำไหล จึงทำให้เชื้อโรคที่ติดมากับเมล็ดลดลง

อิทธิพลร่วมระหว่างการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ผักชีลาวด้วยสารละลาย KNO_3 ที่ความเข้มข้นและระยะเวลาต่าง ๆ มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) โดยเมล็ดที่แช่ในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 250 mg/L เป็นเวลา 12 ชั่วโมง มีความงอกสูงที่สุด คือ 70.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่แช่ในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0 เป็นเวลา 24 และ 12 ชั่วโมง โดยมีความงอก 69.50 และ 68.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อาจเป็นเพราะการแช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 250 mg/L มีความเหมาะสม มีค่าซัลลิกซ์สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 500 mg/L ทำให้น้ำค่อย ๆ แพร่เข้าสู่ภายในเมล็ด เป็นเวลาเพียง 12 ชั่วโมง ปริมาณน้ำเพียงพอต่อการงอกและการแช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0 mg/L เป็นเวลา 12 หรือ 24 ชั่วโมง โดยน้ำ RO มีความบริสุทธิ์และมีค่าซัลลิกซ์สูง จึงทำให้น้ำแพร่เข้าสู่เมล็ดได้ดี สอดคล้องกับ Khoshvaghti et al. (2013) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ผักชีลาวด้วยน้ำ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงกว่าเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ จากผลการทดลองนี้ เมล็ดผักชีลาวที่แช่ในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 500 mg/L เป็นเวลา 12 ชั่วโมง มีความงอกต่ำที่สุด คือ 36.50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (control) และเมล็ดที่แช่ในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 500 mg/L เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีความงอก 38.67 และ 44.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 1) แสดงว่าวิธีดังกล่าวไม่สามารถกระตุ้นความงอกของเมล็ดได้ อาจเป็นเพราะสารละลาย KNO_3 มีความเข้มข้นสูง 500 mg/L ทำให้มีค่าซัลลิกซ์ต่ำมาก เมื่อเปรียบเทียบกับสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 250 mg/L น้ำจึงแพร่เข้าสู่เมล็ดได้น้อย ปริมาณน้ำไม่เพียงพอต่อการงอก ซึ่งผลการทดลองนี้ไม่สอดคล้องกับ Khoshvaghti et al. (2013) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ผักชีลาวด้วยการแช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 ที่ความเข้มข้น 500 mg/L เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงกว่าเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ อาจเป็นเพราะเมล็ดพันธุ์ชนิดเดียวกัน แต่มีคุณภาพเริ่มต้นต่างกัน ทำให้การตอบสนองต่อความเข้มข้นของสารละลาย KNO_3 และระยะเวลาในการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์แตกต่างกัน

จำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก (days to emergence, DTE)

จำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก (DTE) แสดงถึงความเร็วในการงอกของเมล็ด หากเมล็ดมีค่า DTE น้อย แสดงว่าเมล็ดมีความแข็งแรงสูงและสามารถงอกรากได้เร็ว (Dhillon, 1995) การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ผักชีลาวด้วยสารละลาย KNO_3 ที่ความเข้มข้น 0, 250 และ 500 mg/L มีผลทำให้เมล็ดมี DTE แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) โดยการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยการแช่ RO มีผลทำให้เมล็ดมี DTE เร็วที่สุด คือ 6.33 ± 0.25 วัน รองลงมา คือ การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 250 mg/L เมล็ดมี DTE 7.02 ± 0.65 วัน ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 500 mg/L เมล็ดมี DTE 7.59 ± 0.57 วัน เพราะน้ำ RO มีค่าซัลลิกซ์สูง น้ำจึงแพร่เข้าสู่เมล็ดอย่างรวดเร็ว กระบวนการงอกเกิดขึ้นได้เร็ว สอดคล้องกับ Tahaei et al. (2016) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ผักชีล้อมด้วยน้ำกลั่น ทำให้เมล็ดมีจำนวนวันที่มีรากงอกเร็ว 8.01 วัน เมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (control) มี DTE ช้า 8.92 วัน นอกจากนี้สารละลาย KNO_3 ช่วยกระตุ้นความงอกของเมล็ดและความเข้มข้นของสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 250 mg/L มีความเหมาะสมทำให้น้ำค่อย ๆ แพร่เข้าสู่เมล็ดอย่างช้า ๆ กระบวนการงอกเกิดขึ้นสมบูรณ์ ทำให้เมล็ดมีความพร้อมในการงอก

ยิ่งขึ้น รากจึงโผล่ได้เร็วขึ้น สอดคล้องกับ Lara et al. (2014) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 6 วัน ทำให้เมล็ดงอกได้เร็วที่สุด ซึ่งเมล็ดที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3 พบว่ามีการสังเคราะห์เอนไซม์ nitrate reductase (NR) ในปริมาณที่มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย PEG 6000 ค่าศักย์ -1.1 MPa และเมล็ดที่ไม่ได้เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ซึ่งเอนไซม์ NR ส่งผลให้โปรตีนภายในเมล็ดเพิ่มขึ้น การที่กิจกรรมของเอนไซม์ NR มีปริมาณมากที่สุดเกิดจากการเพิ่มขึ้นของระบบการต้านอนุมูลอิสระ หรือระบบการต้านออกซิเดชัน (antioxidant system) ที่มีการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์ที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ superoxide dismutase (SOD) และ catalase (CAT) แต่กิจกรรมของเอนไซม์ ascorbate peroxidase (APX) ลดลงซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณของ H_2O_2 ส่งผลต่อความงอก เนื่องจากเพิ่มการหายใจ และ H_2O_2 จะเพิ่มขึ้นตามลำดับ ดังนั้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3 อาจมีการสร้าง H_2O_2 เพิ่มขึ้น จึงทำให้เมล็ดงอกได้เร็ว เมล็ดฝักชีลาวที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (control) มี DTE ช้าที่สุด คือ 8.18 ± 0.55 วัน ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 500 mg/L ทำให้เมล็ดมี DTE 7.59 ± 0.57 วัน (Table 1) อาจเป็นเพราะความเข้มข้นของสารละลายสูงเกินไป ทำให้เมล็ดดูดน้ำเข้าไปได้ช้าและมีปริมาณไม่เพียงพอต่อการเกิดกระบวนการงอก จึงทำให้เมล็ดแทงรากออกมาได้ช้า

การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ฝักชีลาวด้วยสารละลาย KNO_3 เป็นเวลา 12 และ 24 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (control) มีผลทำให้เมล็ดมี DTE แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) โดยเมล็ดที่แช่ในสารละลาย KNO_3 เป็นเวลา 12 ชั่วโมง มี DTE เร็วที่สุด คือ 6.91 ± 0.79 วัน ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่แช่ในสารละลาย KNO_3 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มี DTE 7.05 ± 0.68 วัน แต่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (control) มี DTE ช้าที่สุด คือ 8.18 ± 0.55 วัน แสดงว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยการแช่เมล็ดในสารละลาย เป็นเวลา 12 และ 24 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีการแทงรากได้เร็วขึ้น เพราะการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ทำให้เมล็ดอยู่ในสภาพพร้อมงอก เมื่อเมล็ดได้รับน้ำอีกครั้ง จึงทำให้รากโผล่ออกมาได้เร็ว สอดคล้องกับ Espanany and Fallah (2016) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ฝักชีลาวด้วยสารละลาย KNO_3 ที่มีค่าศักย์ -0.5 MPa มีอัตราการงอก 15 เมล็ดต่อวัน ซึ่งเร็วกว่าเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ มีอัตราการงอกเพียง 10 เมล็ดต่อวัน Karimian (2011) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ฝักชีลาวด้วยการแช่น้ำ เป็นเวลา 27 ชั่วโมง ทำให้ต้นกล้ามีความแข็งแรงมากกว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำ เป็นเวลา 18, 9 และ 0 ชั่วโมง ตามลำดับ

อิทธิพลระหว่าง การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ฝักชีลาวด้วยการแช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 ที่ความเข้มข้นและระยะเวลาต่าง ๆ มีผลทำให้เมล็ดมี DTE แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) โดยเมล็ดที่แช่ในน้ำ RO เป็นเวลา 12 ชั่วโมง มี DTE เร็วที่สุด คือ 6.28 ± 0.32 วัน ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่แช่ในน้ำ RO เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และเมล็ดที่แช่ในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 250 mg/L เป็นเวลา 12 ชั่วโมง มีจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอกเร็ว 6.38 ± 0.18 และ 6.83 ± 0.82 วัน ตามลำดับ เช่นเดียวกับเมล็ดมีความงอกสูง (Table 1) ขัดแย้งกับ ภาณุมาศ ฤทธิไชย และอดิพร พิพัฒน์กรสกุล (2551) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ฝักชีลาวด้วยการแช่น้ำ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีผลทำให้เมล็ดมี DTE 7.94 วัน ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (control) มี DTE 7.70 วัน อาจเป็นเพราะเมล็ดพืชต่างชนิดกันและวิธีการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์แตกต่างกัน จึงทำให้ผลการกระตุ้นความงอกแตกต่างกัน เมล็ดฝักชีลาวที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (control) มี DTE ช้าที่สุด คือ 8.18 ± 0.55 วัน ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่แช่ในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 500 mg/L เป็นเวลา 12 และ 24 ชั่วโมง มี DTE 7.62 ± 0.56 และ 7.56 ± 0.67 วัน ตามลำดับ (Table 1) แสดงว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้นสูง ทำให้กระบวนการงอกเกิดไม่สมบูรณ์ เมล็ดแทงรากได้ช้า

เวลาเฉลี่ยในการงอก (mean germination time, MGT)

เวลาเฉลี่ยในการงอก (MGT) เป็นการวัดความเร็วในการงอกของเมล็ด ซึ่งสามารถใช้ประเมินความแข็งแรงของเมล็ดได้ หากเมล็ดมีความแข็งแรงสูง ส่งผลให้เมล็ดสามารถงอกได้เร็วและมีเวลาเฉลี่ยในการงอกน้อย (Matthews and Hosseini, 2006) การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ฝักชีลาวด้วยสารละลาย KNO_3 ที่ความเข้มข้น 0, 250 และ 500 mg/L มีผลทำให้เมล็ดมี MGT แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) โดยการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยการแช่น้ำ RO ทำให้เมล็ดมี MGT เร็วที่สุด คือ 9.20 ± 0.41 วัน เช่นเดียวกับมี DTE เร็วที่สุด (Table 1) ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 500 mg/L ทำให้เมล็ดมี MGT 9.81 ± 0.52 วัน แต่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (control) มี MGT ช้าที่สุด คือ 11.19 ± 0.41 วัน แสดงว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มีผลทำให้เมล็ดมี MGT เร็วขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (control) อาจเป็นเพราะน้ำ RO มีผลต่อการพ่นน้ำเข้าสู่เมล็ดได้เร็ว กระบวนการงอกจึงเกิดขึ้นได้เร็ว ส่วนสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 500 mg/L มีค่าศักย์ต่ำกว่าสารละลาย KNO_3

ความเข้มข้น 250 mg/L เมล็ดมีการดูดน้ำเข้าสู่เมล็ดอย่างช้าและปริมาณน้ำที่เข้าสู่เมล็ดใกล้เคียงกันจึงทำให้เกิดกระบวนการงอกใกล้เคียงกันมากขึ้น สอดคล้องกับ Debbarma et al. (2018) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ผักชีด้วยน้ำ เป็นเวลา 36 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมี MGT เร็ว 9.23 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (control) มี MGT 10.40 วัน

การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ผักชีลาวด้วยสารละลาย KNO_3 เป็นเวลา 12 และ 24 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (control) มีผลทำให้เมล็ดมี MGT แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) โดยเมล็ดที่แช่ในสารละลาย KNO_3 เป็นเวลา 12 ชั่วโมง มี MGT เร็วที่สุด คือ 9.49 ± 0.59 วัน ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่แช่ในสารละลาย KNO_3 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มี MGT 9.78 ± 0.61 วัน แต่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (control) มี MGT ช้าที่สุด คือ 11.19 ± 0.41 วัน แสดงว่าการแช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 เป็นระยะเวลา 12 และ 24 ชั่วโมง มีผลทำให้เมล็ดมี MGT เร็วขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (control) อาจเป็นเพราะการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ทำให้เมล็ดมีความพร้อมในการงอกมากขึ้น สอดคล้องกับ Debbarma et al. (2018) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ผักชีด้วยการแช่น้ำ เป็นเวลา 12 และ 24 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็ว 10.10 และ 9.36 วัน ตามลำดับ ส่วนเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (control) มีเวลาเฉลี่ยในการงอกช้าที่สุด คือ 10.40 วัน

อิทธิพลร่วมระหว่างการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ผักชีลาวด้วยการแช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 ที่ความเข้มข้นและระยะเวลาต่าง ๆ มีผลทำให้เมล็ดมี MGT แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) โดยเมล็ดที่แช่ในน้ำ RO เป็นเวลา 12 ชั่วโมง มี MGT เร็วที่สุด คือ 9.17 ± 0.42 วัน ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่แช่ในน้ำ RO เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมล็ดที่แช่ในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 250 mg/L เป็นเวลา 12 ชั่วโมง เมล็ดที่แช่ในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 500 mg/L เป็นเวลา 24 และ 12 ชั่วโมง มี MGT 9.23 ± 0.46 , 9.48 ± 0.56 , 9.80 ± 0.39 และ 9.82 ± 0.70 วัน ตามลำดับ ส่วนเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (control) มี MGT ช้าที่สุด คือ 11.19 ± 0.41 วัน แสดงว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์โดยการแช่ในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้นและระยะเวลาแตกต่างกัน ทำให้เมล็ดพันธุ์ผักชีลาวมี MGT เร็วกว่าเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (control) สอดคล้องกับ Debbarma et al. (2018) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ผักชีด้วยการแช่น้ำ เป็นเวลา 12 และ 24 ชั่วโมง มีเวลาเฉลี่ยในการงอก 10.10 และ 9.36 วัน ตามลำดับ ส่วนเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (control) มี MGT ช้าที่สุด คือ 10.40 วัน

สรุปผลการศึกษา

การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ผักชีลาวด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 250 mg/L เป็นเวลา 12 ชั่วโมง การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยการแช่น้ำ RO เป็นเวลา 12 และ 24 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด มี DTE และ MGT เร็วที่สุดและไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (control) แสดงว่าทรีตเมนต์ดังกล่าวทำให้เมล็ดงอกได้สูงและเมล็ดมีความแข็งแรง งอกได้เร็วกว่าเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ ซึ่งการใช้สารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 250 mg/L ในการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มีผลในการกระตุ้นความงอกของเมล็ดผักชีลาว อย่างไรก็ตาม จากงานทดลองนี้ควรเลือกใช้วิธีการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยการแช่น้ำ RO เป็นเวลา 12 ชั่วโมง เพราะไม่สิ้นเปลืองสารเคมีและใช้ระยะเวลาในการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์น้อย

เอกสารอ้างอิง

- จุฑามาส พักทองพรรณ. 2559. การเตรียมความพร้อมเมล็ดเพื่อความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม. *วารสารวิชาการเกษตร* 34(2): 196-210.
- ชูศักดิ์ จอมพุท. 2555. สถิติ: การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยด้านพืชด้วย "R". กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นภาพร เวชกามา และพีระยศ แข็งขัน. 2561. การปรับปรุงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ด้วยเทคนิค seed priming. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า* 15(1): 17-30.
- บุญมี ศิริ. 2558. การปรับปรุงสภาพและยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์. ขอนแก่น: โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา.
- ภาณุมาศ ฤทธิไชย และอดิพร พิพัฒน์กรสกุล. 2551. ผลของวิธี hydropriming ต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ผักชี. *แก่นเกษตร* 36: 235-240.
- วันชัย จันทร์ประเสริฐ. 2553. *สรีรวิทยาเมล็ดพันธุ์*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อุไร จิรมงคลการ. 2547. *ผักพื้นบ้าน 2*. กรุงเทพฯ: บ้านและสวน.
- Bradford, K. J. 1986. Manipulation of seed water relation via osmotic priming to improve germination under stress condition. *HortScience* 21(5): 1105-1112.

- Copeland, L. O., and McDonald, M. B. 1995. *Principles of seed science and technology*. New York: Springer Science & Business Media.
- Debbarma, A., Jyotsna, D., Meghali, B., and Debojit, S. 2018. Germination performance of chilli (*Capsicum annuum* L.) and coriander (*Coriandrum sativum* L.) as affected by seed priming treatments. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 7(1): 2648-2652.
- Dhillon, N. P. S. 1995. Seed priming of male sterile muskmelon (*Cucumis melo* L.) for low temperature germination. *Seed Science and Technology* 23(3): 881-884.
- Ekpong, B., and Sukprakarn, S. 2008. Seed physiological maturity in dill (*Anethum graveolens* L.). *Kasetsart Journal* 42(5): 1-6.
- Ellis, R. H., and Roberts, E. H. 1980. Improved equations for the prediction of seed longevity. *Annals of Botany* 45(1): 13-30.
- Espanany, A., and Fallah, S. 2016. Seed germination of dill (*Anethum graveolens* L.) in response to salicylic acid and halopriming under cadmium stress. *Iranian Journal of Plant Physiology* 6(3): 1643-1665.
- Holubowicz, R., and Morozowska, M. 2011. Effect of umbel position on dill (*Anethum graveolens* L.) plants growing in field stands on selected seed stalk features. *Folia Horticulturae* 23(2): 157-163.
- Hoseini, M., Kouchebagh, B. S., and Jahandideh, E. 2013. Response of fennel to priming techniques. *Annual Review & Research in Biology* 3(2): 124-130.
- ISTA. 2018. *International rules for seed testing*. The International Seed Testing Association (ISTA). Switzerland: Bassersdorf.
- Karimian, D. 2011. The effect of hydropriming on seedling growth in dill (*Anethum graveolens* L.) at laboratory conditions. *Research Journal of Fisheries and Hydrobiology* 6(4): 503-506.
- Khoshvaghti, H., Hoseini, M., and Baser-Kouchebagh, S. 2013. Does priming improve dill (*Anethum graveolens*) seed germination and yield?. *International Journal of Biosciences* 3(7): 126-131.
- Lara, S. T., Jean Marcel, L. S., Amanda, R. C., Miroslava, R., and Amauri, A. A. 2014. Potassium nitrate priming affects the activity of nitrate reductase and antioxidant enzymes in tomato germination. *Journal of Agricultural Science* 6(2): 72-80.
- Matthews, S., and Hosseini, K. K. 2006. Mean germination time as an indicator of emergence performance in soil of seed lots of maize (*Zea mays*). *Seed Science and Technology* 34(2): 339-347.
- McDonald, M. B. 2000. *Seed technology and its biological basis*. England: Sheffield Academic Press.
- Tahaei, A., Soleymani, A., and Shams, M. 2016. Seed germination of medicinal plant, fennel (*Foeniculum vulgare* Mill), as affected by different priming techniques. *Applied Biochemistry and Biotechnology* 180: 26-40.

วันรับบทความ (Received date) : 16 ก.ค. 62

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 19 ต.ค. 62

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 24 ม.ค. 63

ผลของสูตรอาหารและสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการเจริญเติบโต ของเอื้องช้างน้าวในสภาพปลอดเชื้อ

Effects of Culture Media and Plant Growth Regulators on *In Vitro* Growth of *Dendrobium pulchellum* Roxb. ex Lindl

นุชจรี สิงห์พันธ์¹ และแพรวพรรณ จันเงิน¹
Nootjaree Singphan¹ and Praewpan Jannguan¹

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของสูตรอาหารและสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเอื้องช้างน้าวในสภาพปลอดเชื้อเพื่อการขยายพันธุ์และเพิ่มจำนวนในสภาพปลอดเชื้อ เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 84 วัน แบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลอง ดังนี้ การทดลองที่ 1 การศึกษาผลของสูตรอาหารที่แตกต่างกัน 5 สูตร ได้แก่ 1) MS 2) ½MS 3) VW 4) ½VW ที่เติมน้ำมะพร้าว 75 มิลลิลิตรต่อลิตร ร่วมกับกล้วยหอมสุก 25 กรัมต่อลิตร และมันฝรั่ง 25 กรัมต่อลิตร และ 5) VW เติมน้ำมะพร้าว 150 มิลลิลิตรต่อลิตร กล้วยหอมสุก 50 กรัมต่อลิตร มันฝรั่ง 50 กรัมต่อลิตร การทดลองที่ 2 ผลของชนิดและความเข้มข้นของไซโตไคนินที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนเอื้องช้างน้าว และการทดลองที่ 3 ผลของความเข้มข้นของออกซินต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนเอื้องช้างน้าว วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) จากการทดลองพบว่า ต้นอ่อนเอื้องช้างน้าวเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งทั้ง 5 สูตร ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การเกิดยอด จำนวนยอด จำนวนใบ และความสูงต้น ทั้งนี้ต้นอ่อนเอื้องช้างน้าวที่เพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร VW เติมน้ำมะพร้าว 150 มิลลิลิตรต่อลิตร กล้วยหอมสุก 50 กรัมต่อลิตร มันฝรั่ง 50 กรัมต่อลิตร ส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์การเกิดรากและจำนวนรากสูงสุดเท่ากับ 46.67 เปอร์เซ็นต์ และ 2.40 ราก ตามลำดับ และการเพาะเลี้ยงเอื้องช้างน้าวบนอาหารแข็ง VW ร่วมกับการเติม kinetin ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้มีจำนวนรากสูงสุดเท่ากับ 14.07 ราก อย่างไรก็ตามสำหรับการเติม NAA มีผลต่อการเกิดรากไม่แตกต่างกัน

คำสำคัญ: การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เอื้องช้างน้าว สภาพปลอดเชื้อ

Abstract

The effects of culture media and plant growth regulators on *Dendrobium pulchellum* Roxb. ex Lindl were studied with micropropagation and culturing for 84 days. There were three experiments in this study as follows; 1) To study the effects of 5 culture media (1: MS, 2: ½MS, 3: VW, 4: ½VW + 75 mg/L coconut water + 25 g/L banana + 25 g/L potato, and 5: VW + 150 mg/L coconut water + 50 g/L banana + 50 g/L potato) on *in vitro* growth, 2) To study the effects of different types and concentration of cytokinins on *in vitro* growth and 3) To study the effects of different concentrations of auxin on *in vitro* growth. The experimental design was Completely Randomized Design (CRD). The results showed that seedlings of *D. pulchellum* Roxb. ex Lindl that were cultured on five culture media showed no significant differences in the percentages of shoot formation, number of shoots, number of leaves, and height. VW medium supplemented with 150 mg/L coconut water, 50 g/L banana and 50 g/L potato gave the highest percentage of root formation and number of roots (46.67% and 2.40 roots, respectively). VW medium supplemented with 0.5 mg/L kinetin had the highest number of roots (14.07 roots). The study of NAA on the root induction of *D. pulchellum* Roxb. ex Lindl showed that NAA had no significant effect.

Keywords: plant tissue culture, *Dendrobium pulchellum* Roxb. ex Lindl, *in vitro*

¹ สาขาวิชาเอกพืชศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อ. เมือง จ. เพชรบูรณ์ 67000

¹ Department of Plant Science, Faculty of Agricultural Technology and Industrial Technology, Phetchabun Rajabhat University, Muang, Phetchabun 67000

*Corresponding author, Email: nootjareetudses@gmail.com

คำนำ

เอื้องช้างน้าว (*Dendrobium pulchellum* Roxb. ex Lindl) มีชื่อเรียกท้องถิ่น ได้แก่ เอื้องคำดาควาย เอื้องดาควาย สบควาย และสบเปิด จัดอยู่ในกลุ่มกล้วยไม้สกุลหวาย (*Dendrobium*) เป็นกล้วยไม้เขตร้อนประเภทอิงอาศัย (epiphytic orchid) พบในแถบอินเดียนี เนปาล และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ สำหรับประเทศไทยพบกระจายทั่วประเทศ ตามป่าผลัดใบ หรือป่าดิบแล้ง ที่ระดับความสูงจากน้ำทะเล 200-1,500 เมตร (วีระชัย ณ นคร และสุรางค์วัชร อินทะมุสิก, 2543) ลำต้นมีลักษณะลำตรงหรือโค้งเล็กน้อย ต้นแข็ง ปลายเรียว ขึ้นเป็นกลุ่มไม่มีทิศทางแน่นอน ยาวประมาณ 1 เมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต้น 1-1.5 เซนติเมตร ใบมีรูปขอบขนานแกมรูปใบหอก แผ่นใบค่อนข้างหนาและเหนียว สีเขียวอมน้ำตาลหรืออมม่วงแดง เรียงตัวเกือบตลอดต้น มีดอกสวยงามทั้งกลีบเลี้ยงและกลีบดอก ผิวกลีบด้านในค่อนข้างมันวาว ก้านสีครีมขอบกลีบสีชมพู กลีบปากมีแต้มสีแดงแกมเลือดหมูที่โคนด้านในทั้งสองข้าง กลีบปากมีขนนุ่ม ดอกบานเต็มที่ยาวประมาณ 7 เซนติเมตร ช่อดอกเกิดใกล้ปลายต้นเป็นพวงห้อยลง ดอกในช่อมี 5-10 ดอก ดอกยาว 5-6 เซนติเมตร ดอกบานทนประมาณ 5 วัน ออกดอกช่วงเดือนกุมภาพันธ์-เมษายน (อบฉันทิไทยทอง, 2552)

ผลจากการร่วทลงนจากต้นไม้นในฤดูแล้งหรือการเก็บกล้วยไม้ไปเพื่อการค้าเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้จำนวนประชากรกล้วยไม้ลดจำนวนลงอย่างรวดเร็วมีความเสี่ยงที่จะสูญพันธุ์เป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งชนิดกล้วยไม้ที่มีการกระจายพันธุ์น้อย มีประชากรขนาดเล็ก และอยู่เฉพาะจงเฉพาะพื้นที่นั้นจะมีโอกาสสูญพันธุ์ได้มาก อีกทั้งเมล็ดกล้วยไม้ตามธรรมชาติมีอัตราการงอกต่ำ เนื่องจากอาหารสะสมในเมล็ดมีน้อยมาก ไม่เพียงพอต่อการงอก หรือได้รับสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไป นอกจากนี้ต้นอ่อนมีการเจริญเติบโตค่อนข้างช้า (Gupta, 2016) ดังนั้นการขยายพันธุ์ในสภาพปลอดเชื้อจึงเป็นแนวทางในการฟื้นฟูความหลากหลายและประชากรของกล้วยไม้แล้วนำไปคืนสู่ถิ่นอาศัยเดิม ซึ่งเป็นวิธีสำคัญวิธีหนึ่งในการเพิ่มจำนวนประชากรกล้วยไม้ในพื้นที่ สำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้แต่ละชนิดสามารถเจริญได้แตกต่างกันในอาหารสังเคราะห์สูตรต่าง ๆ ซึ่งมีส่วนประกอบของอาหารที่แตกต่างกันตามความเหมาะสม (ประศาสตร์ เกื้อมณี, 2537) วุฒิชัย ฤทธิ และคณะ (2560) ศึกษาผลของสูตรอาหารและสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนเอื้องกาบดอก (*Pholidota imbricata* Lindl) ในหลอดทดลอง พบว่าต้นอ่อนเอื้องกาบดอกเจริญเติบโตได้ดีบนอาหารเพาะเลี้ยงที่มีความเข้มข้นของธาตุอาหาร macronutrient และ micronutrient ต่ำ เช่น อาหารแข็งสูตร 1/2VW ทั้งนี้การเจริญเติบโตของต้นอ่อนเอื้องกาบดอกจะเจริญเติบโตดีเมื่อเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร 1/2VW ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตไซโตไคนิน (kinetin และ TDZ) และออกซิน (IAA และ IBA) ความเข้มข้นต่ำ ในขณะที่การเติมสารควบคุมการเจริญเติบโตไซโตไคนินและออกซินความเข้มข้นสูงส่งผลให้การเจริญเติบโตลดลง สำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้ในสกุล *Dendrobium* นั้น รัชชัย ทพยธิระ และคณะ (2556) ได้ศึกษาอาหารสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต BA ร่วมกับ NAA เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเอื้องสายล่องแล้ง (*Dendrobium aphyllum* Roxb.) ในสภาพปลอดเชื้อนั้นส่งผลต่อการชักนำการเกิดยอด ความสูงต้นและความยาวรากได้

ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสูตรอาหารและสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ต้นอ่อนเอื้องช้างน้าวในสภาพปลอดเชื้อเพื่อให้ได้ปริมาณมาก และนำคืนกลับสู่ธรรมชาติต่อไป

วิธีการศึกษา

ผลของสูตรอาหารต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนเอื้องช้างน้าวในสภาพปลอดเชื้อ

นำต้นอ่อนเอื้องช้างน้าวที่ได้จากการเพาะเมล็ดในสภาพปลอดเชื้อ อายุ 240 วัน มีความสูง 1 เซนติเมตร มีใบจริง 2 ใบ เพาะเลี้ยงบนสูตรอาหารที่แตกต่างกัน จำนวน 5 สูตร ดังนี้ สูตรที่ 1: MS (Murashige and Skoog, 1962) เติมน้ำตาล 30 กรัมต่อลิตร สูตรที่ 2: 1/2MS เติมน้ำตาล 30 กรัมต่อลิตร อาหารสูตรที่ 1-2 ปรับ pH เท่ากับ 5.7 สูตรที่ 3: VW (Vacin and Went, 1949) สูตรที่ 4: 1/2VW เติมน้ำมะพร้าว 75 มิลลิตรต่อลิตร กล้วยหอมสุก 25 กรัมต่อลิตร และมันฝรั่ง 25 กรัมต่อลิตร สูตรที่ 5: VW เติมน้ำมะพร้าว 150 มิลลิตรต่อลิตร กล้วยหอมสุก 50 กรัมต่อลิตร และมันฝรั่ง 50 กรัมต่อลิตร อาหารแข็งสูตรที่ 3-5 เติมน้ำตาล 20 กรัมต่อลิตร ปรับ pH 5.2 อาหารทุกสูตรเติมผงถ่าน (activated charcoal) 1 กรัมต่อลิตร และผงวุ้น 10 กรัมต่อลิตร เพาะเลี้ยงในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ให้แสง 16 ชั่วโมงต่อวัน ความเข้มแสง 2,500 ลักซ์ วางแผนการทดลองการสุ่มแบบสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) จำนวน 5 ทรีตเมนต์ ๆ ละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 5 ขวด เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 84 วัน บันทึกข้อมูลเปอร์เซ็นต์การเกิดยอด จำนวนยอด จำนวนใบ ความสูงต้น เปอร์เซ็นต์การเกิดราก และจำนวนราก

ผลของไซโตไคนินต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนเอื้องช้างน้าวในสภาพปลอดเชื้อ

นำต้นอ่อนเอื้องช้างน้าวที่ได้จากการเพาะเมล็ดในสภาพปลอดเชื้อ อายุ 240 วัน มีความสูง 1 เซนติเมตร มีใบจริง 2 ใบ เพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์สูตร VW เติมน้ำมะพร้าว 150 มิลลิกรัมต่อลิตร กล้วยหอมสุก 50 กรัมต่อลิตร มันฝรั่ง 50 กรัมต่อลิตร น้ำตาล 20 กรัมต่อลิตร ปรับ pH 5.2 ร่วมกับการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต BA (6-benzyladenine) ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน 5 ระดับ ได้แก่ 0 (control), 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และ kinetin ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 0.5, 1.0, 1.5, และ 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เพาะเลี้ยงในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ให้แสง 16 ชั่วโมงต่อวัน ความเข้มแสง 2,500 ลักซ์ วางแผนการทดลองการสุ่มแบบสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) รวมการทดลองทั้งสิ้น จำนวน 9 ทรีตเมนต์ ๆ ละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 5 ขวด เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 84 วัน บันทึกข้อมูลเปอร์เซ็นต์การเกิดยอด จำนวนยอด จำนวนใบ ความสูงต้น เปอร์เซ็นต์การเกิดราก และจำนวนราก

ผลของออกซินต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนเอื้องช้างน้าวในสภาพปลอดเชื้อ

นำต้นอ่อนเอื้องช้างน้าวที่ได้จากการเพาะเมล็ดในสภาพปลอดเชื้อ อายุ 240 วัน มีความสูง 1 เซนติเมตร มีใบจริง 2 ใบ เพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์สูตร VW ร่วมกับการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน 5 ระดับ ได้แก่ 0 (control), 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และ kinetin ความเข้มข้น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เพาะเลี้ยงในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ให้แสง 16 ชั่วโมงต่อวัน ความเข้มแสง 2,500 ลักซ์ วางแผนการทดลองการสุ่มแบบสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) จำนวน 5 ทรีตเมนต์ ๆ ละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 5 ขวด เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 84 วัน บันทึกข้อมูลเปอร์เซ็นต์การเกิดราก และจำนวนราก

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนสถิติ Analysis of Variance (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลของสูตรอาหารที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนเอื้องช้างน้าวในสภาพปลอดเชื้อ

จากการนำต้นอ่อนเอื้องช้างน้าวที่ได้จากการเพาะเมล็ดในสภาพปลอดเชื้อ เพาะเลี้ยงบนอาหารซึ่งมีองค์ประกอบของธาตุอาหารแตกต่างกัน จำนวน 5 สูตร เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 84 วัน พบว่า อาหารแข็งทั้ง 5 สูตรให้เปอร์เซ็นต์การเกิดยอด จำนวนยอด จำนวนใบ และความสูงต้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในขณะที่อาหารสูตรที่ 4 และสูตรที่ 5 มีเปอร์เซ็นต์การเกิดและจำนวนรากต่อต้นมากกว่าอาหารสูตรที่ 1, 2 และ 3 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (Table 1, Figure 1) ทั้งนี้เนื่องจากอาหารสูตรที่ 4 และสูตรที่ 5 มีน้ำมะพร้าวเป็นส่วนประกอบคล้ายกับสารในกลุ่มไซโตไคนิน ซึ่งมีคุณสมบัติช่วยในการพัฒนาของต้นอ่อนดีขึ้น (วิวัฒน์ วุฒิพันธ์ไชย, 2529) ส่วนในมันฝรั่งมีคาร์โบไฮเดรต และสารพอลิเอมีน (polyamine) ซึ่งมีคุณสมบัติป้องกันการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ ทำให้เพิ่มการสังเคราะห์ RNA และโปรตีนในพืช (สกุณา พาแก้ว, 2538) และในกล้วยหอมมีส่วนประกอบของสารไบโอติน วิตามิน และธาตุอาหารหลายตัวที่สำคัญที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ในการพัฒนาราก และการเจริญเติบโตของต้น (จิตราพรรณ พิลึก, 2536) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วุฒิชัย ฤทธิ และคณะ (2560) ศึกษาผลของสูตรอาหารและสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการเจริญของต้นอ่อนเอื้องกาดอก พบว่า อาหาร VW ที่เติมน้ำมะพร้าว 150 มิลลิกรัมต่อลิตร กล้วยหอมสุก 50 กรัมต่อลิตร และมันฝรั่ง 50 กรัมต่อลิตร มีจำนวนรากเฉลี่ยมากกว่าอาหาร MS

จากการศึกษาผลของสูตรอาหารต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนเอื้องช้างน้าวบนอาหารเพาะเลี้ยงซึ่งมีองค์ประกอบและระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารแตกต่างกัน 5 สูตร พบว่า อาหารแข็งสูตร MS มีแนวโน้มเปอร์เซ็นต์การเกิดยอด จำนวนยอด จำนวนใบ และความสูงต้นเพิ่มขึ้น ในขณะที่การทดลองของ อารยา อาจเจริญ เทียนหอม และคณะ (2558) ทำการศึกษาการขยายพันธุ์เอื้องช้างน้าวด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ พบว่า สูตรอาหาร MS ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต สามารถชักนำให้เกิดยอดเฉลี่ย ความสูงต้น และการแตกหน่อได้ดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุภาวดี รามสูตร และคณะ (2558) ศึกษาการเจริญเติบโตของกล้วยไม้เอื้องกุหลาบกระเป๋ापิดในหลอดทดลอง ในอาหารแข็งสูตร MS ให้เปอร์เซ็นต์การเกิดยอด และความยาวยอดเฉลี่ยสูงสุด ทั้งนี้เนื่องจากสูตรอาหารเพาะเลี้ยงดังกล่าวมีแร่ธาตุที่เป็นองค์ประกอบ ซึ่งมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของเมล็ดกล้วยไม้แต่ละชนิดมีความต้องการสารอาหารที่ใช้สำหรับการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน

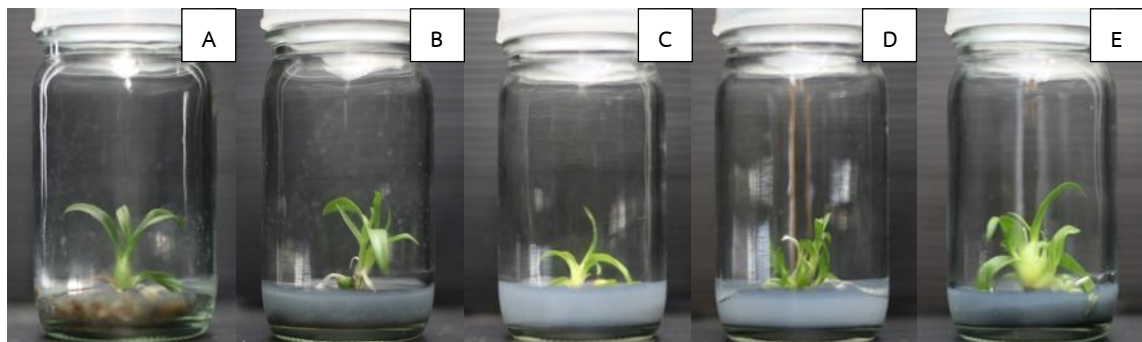
Table 1 Percentage of shoot formation, number of shoots, number of leaves, height, percentage of root formation, and number of roots of *D. pulchellum* Roxb. ex Lindl *in vitro* at 84 days.

Treatment	Percentage of shoot formation (%)	No. of shoots	No. of leaves	Height (mm)	Percentage of root formation (%)	No. of roots
1	62.67±15.14	3.13±0.76	1.93±0.57	15.10±3.90	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b
2	46.67±33.55	2.33±1.68	1.17±1.02	12.13±8.06	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b
3	46.67±30.29	2.20±1.44	1.27±0.25	14.23±6.10	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b
4	18.67±18.04	0.93±0.90	0.40±0.36	9.93±9.40	26.67±30.55 ^{ab}	2.33±2.14 ^a
5	22.67±22.74	1.13±1.14	1.60±0.72	11.73±6.50	46.67±30.55 ^a	2.40±1.11 ^a
F-test	ns	ns	ns	ns	*	*
CV (%)	63.23	63.22	50.79	55.78	131.71	113.52

1: MS (Murashige and Skoog, 1962), 2: ½MS, 3: VW (Vacin and Went, 1949), 4: ½VW + 75 mg/L coconut water + 25 g/L banana + 25 g/L potato, and 5: VW + 150 mg/L coconut water + 50 g/L banana + 50 g/L potato.

Means within the same column followed by the same letters are not significantly different at 95%. Each value is expressed as mean±standard deviation (SD), n=3.

ns and * indicate non-significant and significantly different analyzed by Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) at P<0.05, respectively.

**Figure 1** The *D. pulchellum* Roxb. ex Lindl were cultured for 84 days *in vitro*; A) MS (Murashige and Skoog, 1962), B) ½MS, C) VW (Vacin and Went, 1949), D) ½VW + 75 mg/L coconut water + 25 g/L banana + 25 g/L potato, and E) VW + 150 mg/L coconut water + 50 g/L banana + 50 g/L potato.

ผลของไซโตไคนินต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนเอื้องช้างน้ำในสภาพปลอดเชื้อ

หลังจากนำต้นอ่อนเอื้องช้างน้ำเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร VW ร่วมกับการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต BA และ kinetin ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน จากผลการทดลองพบว่า ต้นอ่อนเอื้องช้างน้ำเพาะเลี้ยงบนอาหารทุกสูตรมีเปอร์เซ็นต์การเกิดยอด จำนวนยอด จำนวนใบ ความสูงต้น และเปอร์เซ็นต์การเกิดรากไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในขณะที่อาหารแข็งสูตร VW ที่เติม kinetin ความเข้มข้น 0.5 และ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตรส่งผลให้จำนวนรากแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับอาหารแข็งสูตร VW ร่วมกับการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต BA และ kinetin ที่ระดับความเข้มข้นอื่น ๆ ซึ่ง kinetin ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้จำนวนรากสูงสุดเท่ากับ 14.07 ราก ส่วนอาหารแข็งสูตร VW ที่เติม kinetin ความเข้มข้น 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ความสูงต้นสูงสุด เท่ากับ 32.77 มิลลิเมตร (Table 2, Figure 2)

การเพาะเลี้ยงต้นอ่อนเอื้องช้างน้ำในสภาพปลอดเชื้อบนอาหารแข็งสูตร VW ที่เติม kinetin ความเข้มข้น 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีจำนวนใบมากที่สุด ส่วนอาหารแข็งสูตร VW ที่เติม kinetin ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีเปอร์เซ็นต์การเกิดยอด จำนวนยอด ความสูงต้น จำนวนราก และเปอร์เซ็นต์การเกิดรากสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ยงศักดิ์

ขจรผดุงกิตติ และอัญชลี จาละ (2558) ศึกษาอิทธิพลของ BA IAA 2,4-D และ kinetin ต่อการขยายพันธุ์ต้นแก้วมังกรจากส่วนของไฮโปคอติลและใบจริงในสภาพปลอดเชื้อ พบว่า kinetin มีผลต่อการเจริญเติบโตคือมีการเพิ่มขึ้นของราก ลำต้น และยอดมากกว่า BA จากรายงานของ Richard and Gonzales (1994) กล่าวว่าสารในกลุ่มไซโตไคนินมีผลในการส่งเสริมหรือยับยั้งการพัฒนารากได้ คือ เมื่อเลี้ยงต้นพืชบนอาหารที่เติมไซโตไคนินในปริมาณต่ำ จะส่งผลให้เกิดการพัฒนาราก แต่เมื่อเลี้ยงต้นพืชบนอาหารที่เติมไซโตไคนินในปริมาณสูงจะส่งผลในการยับยั้งการพัฒนาราก และอาหารแข็งสูตร VW ที่เติม BA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร มีเปอร์เซ็นต์การเกิดลำลูกกล้วยมากที่สุด

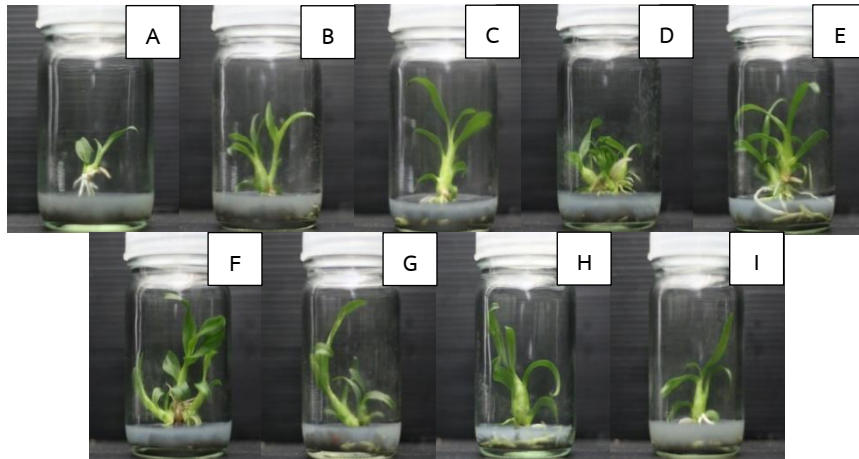


Figure 2 *D. pulchellum* Roxb. ex Lindl were cultured on VW supplemented with different concentrations of BA and kinetin cultured for 84 days. A) VW, B) 0.5 mg/l BA, C) 1.0 mg/l BA, D) 1.5 mg/l BA, E) 2.0 mg/l BA, F) 0.5 mg/l kinetin, G) 1.0 mg/l kinetin H) 1.5 mg/l kinetin, and I) 2.0 mg/l kinetin.

Table 2 Effects of different concentration of BA and kinetin on growth of *Dendrobium pulchellum* Roxb. ex Lindl *in vitro* at 84 days.

Concentration (mg/L)		Percentage of shoots formation (%)	No. of shoots	No. of leaves	Height (mm)	Percentage of roots formation (%)	No. of roots
BA	0 (control)	40.00±18.33	1.80±0.87	3.10±0.72	23.70±4.07	80.00±0.00	6.73±3.74 ^{bc}
	0.5	38.67±25.72	1.20±0.53	1.70±0.17	14.50±3.63	53.33±11.55	5.20±2.08 ^c
	1.0	69.33±15.14	2.60±0.40	2.67±1.27	24.07±6.06	66.67±11.55	8.47±1.22 ^{abc}
	1.5	41.33±6.11	1.93±0.12	2.60±1.25	20.00±8.40	60.00±20.00	9.47±1.03 ^{abc}
	2.0	66.67±43.14	2.87±1.36	3.33±0.55	29.53±7.58	86.67±11.55	11.87±5.27 ^{ab}
Kinetin	0.5	57.33±10.07	2.67±0.70	3.20±0.70	36.47±8.06	86.67±11.55	14.07±2.42 ^a
	1.0	41.33±20.13	2.00±1.00	3.03±0.91	27.83±11.92	80.00±20.00	9.60±5.17 ^{abc}
	1.5	25.33±12.86	1.27±0.64	3.53±0.32	32.77±9.05	80.00±20.00	12.93±1.60 ^a
	2.0	42.67±19.73	1.93±0.90	2.93±0.60	24.30±3.60	80.00±20.00	11.00±1.11 ^{abc}
F-test		ns	ns	ns	ns	ns	*
CV (%)		45.93	39.50	27.67	28.66	32.20	30.96

Means within the same column followed by the same letters are not significantly different at 95%. Each value is expressed as mean±standard deviation (SD), n=3.

ns and * indicate non-significant and significantly different analyzed by Duncan' s New Multiple Range Test (DMRT) at P<0.05, respectively.

ผลของออกซินต่อการชักนำการเกิดรากของต้นอ่อนเอื้องช้างน้าวในสภาพปลอดเชื้อ

จากการศึกษาผลของออกซินต่อการชักนำการเกิดรากของต้นอ่อนเอื้องช้างน้าว โดยการนำต้นอ่อนเอื้องช้างน้าวที่ได้จากการเพาะเมล็ดในสภาพปลอดเชื้อ มาเพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์สูตร VW ร่วมกับการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยนำต้นอ่อนเอื้องช้างน้าวที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์สูตร VW ร่วมกับการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน 5 ระดับ พบว่า อาหารเชิงสูตร VW ที่เติม NAA มีจำนวนรากและเปอร์เซ็นต์การเกิดรากให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (Table 3, Figure 3) สำหรับการควบคุมการเจริญเติบโตพืชกลุ่มออกซิน มีคุณสมบัติกระตุ้นการเกิดราก การแบ่งเซลล์และยืดตัวของเซลล์ แต่การใช้ในปริมาณที่สูงมากเกินไปจะมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ (Hossain et al., 2010; Razdan, 2002)

Table 3 Effect of NAA concentration on the number of root and percentage of root formation of *D. pulchellum* Roxb. ex Lindl *in vitro* at 84 days.

Concentration (mg/l)	No. of roots	Percentage of root formation
0	14.93±7.76	80.00±20.00
0.5	8.67±3.91	66.67±30.55
1.0	13.93±4.47	66.67±11.55
1.5	18.00±2.62	86.67±23.09
2.0	13.07±5.28	73.33±11.55
F-test	ns	ns
CV (%)	37.20	27.66

Means within the same column followed by the same letters are not significantly different at 95%. Each value is expressed as mean±standard deviation (SD), n=3.

ns and * indicate non-significant and significantly different analyzed by Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) at $P<0.05$, respectively.

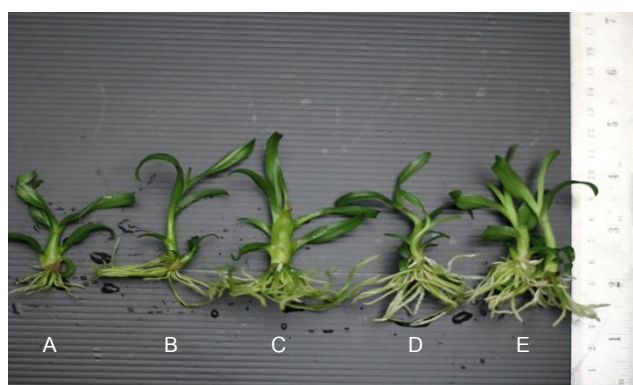


Figure 3 Effect of VW supplemented with NAA concentrations on the root induction of *D. pulchellum* Roxb. ex Lindl *in vitro* at 84 days. A) 0 mg/L NAA (control), B) 0.5 mg/l NAA, C) 1.0 mg/l NAA, D) 1.5 mg/l NAA, and E) 2.0 mg/l NAA.

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาผลของสูตรอาหารต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนเอื้องช้างน้าวในสภาพปลอดเชื้อ พบว่าต้นอ่อนเอื้องช้างน้าวที่เพาะเลี้ยงบนอาหารเชิงสูตร VW เติมน้ำมะพร้าว 150 มิลลิลิตรต่อลิตร กล้วยหอมสุก 50 กรัมต่อลิตร และมันฝรั่ง 50 กรัมต่อลิตร ส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์การเกิดรากและจำนวนรากสูงที่สุด ในขณะที่การศึกษามูลของไซโตไคนินต่อการเจริญเติบโต

ของต้นอ่อนเอื้องช้างน้ำ พบว่า อาหารแข็งสูตร VW ร่วมกับการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต kinetin ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ความสูงต้น จำนวนราก และเปอร์เซ็นต์การเกิดรากสูงสุด ส่วนการชักนำการเกิดของต้นอ่อนเอื้องช้างน้ำบนอาหารแข็งสูตร VW ร่วมกับการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA ทุกระดับความเข้มข้นมีผลต่อการเกิดรากไม่แตกต่างกัน เมื่อเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 84 วัน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนโดยมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ทุนอุดหนุนการวิจัย งบประมาณรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2562 ประเภทสนับสนุนผลงานทางวิชาการ (PCRU_2562_AC009)

เอกสารอ้างอิง

- จิตราพรรณ พิสิก. 2536. การเพาะเมล็ดและการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ธวัชชัย ทรัพย์ธิระ, สุภาพ สุนทรนนท์ และสุนนทิพย์ บุนนาค. 2556. ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่มีต่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้เอื้องสายล่องแล้ง (*Dendrobium aphyllum* (Roxb.) Fischer) ในสภาพปลอดเชื้อ. วารสารวิจัย มช. (ฉบับบัณฑิตศึกษา) 13(1): 1-13.
- ประศาสตร์ เกื้อมณี. 2537. เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- ยงค์ศักดิ์ ขจรผดุงกิตติ และอัญชลี จาละ. 2558. อิทธิพลของ BA, IAA, 2,4-D และ kinetin ต่อการขยายพันธุ์ต้นกล้วยไม้กรงจากไฮโปคอติลและใบจริงในสภาพปลอดเชื้อ. Thai Journal of Science and Technology 4(2): 147-154.
- วิวัฒน์ วุฒิพันธุ์ไชย. 2529. ผลของอายุผัก การเติมมันฝรั่ง น้ำมะพร้าวอ่อน และถ่านในอาหารสำหรับการเพาะเมล็ดกล้วยไม้เอื้องปราจีน. ปัญหาพิเศษปริญญาโท. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วีระชัย ณ นคร และสุรางค์ศรีรัตน์ อินทะมุสิก. 2543. สวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ เล่ม 6 กล้วยไม้ไทย. กรุงเทพฯ: โอ.เอส. พรีนติ้ง เฮาส์.
- วุฒิชัย ฤทธิ, บุญสนอง ช่วยแก้ว และจาวรรณ สุวรรณวงศ์. 2560. ผลของสูตรอาหารและสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชต่อการเจริญของต้นอ่อนเอื้องกาดดอกในหลอดทดลอง. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา (ฉบับพิเศษ) การประชุมวิชาการระดับชาติ "วิทยาศาสตร์วิจัย ครั้งที่ 9 22: 55-63.
- สกุณา พาแก้ว. 2538. การศึกษาอายุผักและสูตรอาหารสำหรับเพาะเมล็ดรองเท้านารีเหลืองปราจีน. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุภาวดี รามสูตร, ปรีดา บุญเวศน์ และวริยา นวลนุช. 2558. ผลของสูตรอาหารต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้เอื้องกุหลาบกระเป๋าคิดในหลอดทดลอง. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ 2(4): 11-14.
- อารยา อาจเจริญ เทียนหอม, ธีรภรณ์ ตุ่มน้อย, ปรัชญา เดวียะ และวิทยา แก้วศรี. 2558. การขยายพันธุ์เอื้องช้างน้ำด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 46(3) (พิเศษ): 101-104.
- อบจันท์ ไทยทอง. 2552. กล้วยไม้เมืองไทย. พิมพ์ครั้งที่ 16. กรุงเทพฯ: บ้านและสวน.
- Gupta, A. 2016. Asymbiotic seed germination in orchids: role of organic additives. International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology 3(5): 143-147.
- Hossain, M. M., Sharma, M., da Silva, J. A. T., and Pathak, P. 2010. Seed germination and tissue culture of *Cymbidium giganteum* Wall. ex Lindl. Scientia Horticulturae 123: 479-487.
- Murashige, T., and Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiologia Plantarum 15: 473-497.
- Razdan, M. K. 2002. Introduction to plant tissue culture. (2nd ed.) USA: Science Publishers.
- Richard, A. D., and Gonzales, R. A. 1994. Plant Cell Culture. USA: IRL Press at Oxford University Press.
- Vacin, E. F., and Went, F. W. 1949. Some pH changes in nutrient solutions. Botanical Gazette 110: 605-613.

วันรับบทความ (Received date) : 31 มี.ค. 62

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 12 ต.ค. 62

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 9 มี.ค. 63

ผลของสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊ค ในระบบไฮโดรโปนิคส์

Effect of Nutrient Solution on Growth and Quality of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) cv. Green Oak
in Hydroponics System

นพดล ชุ่มอินทร์^{1*}

Noppadol Chumin^{1*}

บทคัดย่อ

ผักสลัด (*Lactuca sativa* L.) เป็นผักที่มีคุณค่าทางอาหารและได้รับความนิยมมากขึ้น แต่ผู้บริโภคยังมีความกังวลต่อปริมาณไนเตรตที่สะสมในผักสลัดของการปลูกพืชไม่ใช้ดิน การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารละลายธาตุอาหารสูตร Alan, Enshi, NSRU 1, NSRU 2 และ NSRU 3 ต่อการเจริญเติบโต คุณภาพ และปริมาณไนเตรตที่สะสมในผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊คที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์แบบ Nutrient Film Technique (NFT) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 6 ซ้ำ (4 ต้น/ซ้ำ) ผลการทดลองพบว่า ผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊คที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร NSRU 2 มีการเจริญเติบโตด้านความกว้างใบ ความกว้างทรงพุ่ม ความสูง และน้ำหนักแห้งต้นมากที่สุด โดยส่วนใหญ่ไม่แตกต่างกับสูตร NSRU 1 ที่มีการเจริญเติบโตด้านจำนวนใบ และน้ำหนักสดต้นมากที่สุด ส่วนด้านคุณภาพ พบว่า ผักสลัดที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตรต่าง ๆ มีค่าความชื้น (95.13-96.16%) ไขมัน (3.33-5.07%) เถ้า (17.9-20.4%) เส้นใยหยาบ (11.26-17.30%) และแคลเซียม (0.08-0.14%) ใกล้เคียงกัน ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรตสะสมในใบของผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊ค พบว่า ผักสลัดที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi สูตร NSRU 1 สูตร NSRU 3 สูตร Alan และสูตร NSRU 2 มีปริมาณไนเตรตเท่ากับ 332.97, 524.09, 701.05, 937.59 และ 1,019.87 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐานที่สหภาพยุโรปกำหนด 3,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด

คำสำคัญ: สารละลายธาตุอาหาร ผักสลัด คุณภาพ ไนเตรต ไฮโดรโปนิคส์

Abstract

Lettuce (*Lactuca sativa* L.) has nutritive value and has become a popular vegetable. However, consumers have become concerned about the amount of nitrate accumulated within hydroponically grown lettuce. This experiment aims to study the effects of the nutrient solutions Alan, Enshi, NSRU 1, NSRU 2, and NSRU 3 on the growth of lettuce (*Lactuca sativa* L.) cv. Green oak quality and on nitrate accumulation when used in the NFT hydroponic system. The experiment was conducted under Completely Randomized Design (CRD) with 6 replications (4 plants/replicate). The results showed that the Green oak lettuce cultivated in NSRU 2 nutrient solution showed the highest leaf width, canopy width, shoot height, and shoot dry weight, all of which were not significantly greater than those results for lettuce in NSRU 1 nutrient solution. Moreover, NSRU 1 nutrient solution provided the highest growth in terms of leaf number and shoot fresh weight. The analysis of the quality of Green oak leaves indicated that Green oak lettuce cultivated in all nutrient solutions gave similar figures for moisture (95.13-96.16%), fat (3.33-5.07%), ash (17.9-20.4%), dietary fiber (11.26-17.30%), and calcium (0.08-0.14%). From the analysis of nitrate accumulation in Green oak leaves, it could be seen that Green oak lettuce cultivated in the Enshi, NSRU 1, NSRU 3, Alan and NSRU 2 nutrient solutions had nitrate contents of 332.97, 524.09, 701.05, 937.59 and 1,019.87 mg/kg FW, respectively, which were not over the limit established by the European Commission Legislation, which was 3,000 mg/kg FW.

Keywords: nutrient formula, lettuce, quality, nitrate, hydroponics

¹ ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ อ. เมือง จ. นครสวรรค์ 60000

¹ Department of Agricultural Technology, Faculty of Agricultural Technology and Industrial Technology, Nakhon Sawan Rajabhat University, Muang, Nakhon Sawan 60000

*Corresponding author, Email: dnoppadol@hotmail.com

คำนำ

ผักสลัดหรือผักกาดหอม (*Lactuca sativa* L.) อยู่ในวงศ์ Asteraceae ซึ่งเป็นวงศ์ที่มีขนาดใหญ่ ประกอบด้วยพืช 800 สกุล แต่ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ป่ามีเพียงไม่กี่ชนิดที่ปลูกเป็นการค้า ผักสลัดนิยมบริโภคสดมากที่สุด ประกอบด้วยน้ำร้อยละ 95 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 1-2 โปรตีนร้อยละ 1-2 และไขมันร้อยละ 0.25 มีพื้นที่ปลูกทั่วโลกมากกว่า 1.8 แสนเฮกตาร์ ให้ผลผลิตมากกว่า 42 ล้านตัน โดยประเทศจีนสามารถผลิตได้มากที่สุด คิดเป็น 72 เปอร์เซ็นต์ สหรัฐอเมริกา 9.12 เปอร์เซ็นต์ ส่วนประเทศไทยผลิตได้ 3 หมื่นตัน คิดเป็น 0.07 เปอร์เซ็นต์ (FAO, 2019) ผักสลัดมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบด้วยวิตามินเอ วิตามินซี โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และยังประกอบด้วยแร่ธาตุหลายชนิด เช่น แคลเซียม เหล็ก ฟอสฟอรัส เป็นต้น (มนูญ ศิริพงษ์, 2544) ปัจจุบันการบริโภคผักสลัดเป็นผักสดกับน้ำสลัดรสชาติต่าง ๆ หรือรับประทานเป็นเครื่องเคียงกับอาหารอื่น เช่น สเต็ก อาหารญี่ปุ่น ผักสลัดนิยมปลูกในระบบการปลูกพืชไม่ใช้ดิน (hydroponics) เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการจัดการธาตุอาหารที่พืชต้องการได้อย่างเหมาะสม (ดิเรก ทองอร่าม, 2550) อีกทั้งยังสามารถลดปัญหาโรคและแมลงที่มักสะสมในดิน นอกจากนี้ระบบการปลูกพืชไม่ใช้ดินสามารถควบคุมปริมาณและคุณภาพของพืชผักได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถผลิตได้ตลอดทั้งปี จึงเป็นระบบที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน ปัจจัยความสำเร็จของการปลูกพืชไม่ใช้ดินที่สำคัญอย่างหนึ่ง คือ สารละลายธาตุอาหาร เนื่องจากการใช้สารละลายธาตุอาหารตลอดเวลากการปลูก การเลือกใช้สูตรสารละลายที่เหมาะสมจึงมีความสำคัญมาก ทั้งนี้เพื่อประหยัดต้นทุนค่าใช้จ่ายและทำให้พืชเจริญเติบโตได้อย่างเหมาะสม (โสระยา ร่วมรังษี, 2554) การพัฒนาสูตรสารละลายธาตุอาหารให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชนั้น ต้องพิจารณาความต้องการธาตุอาหารของพืช เช่น ผักกินใบต้องการธาตุไนโตรเจนมากกว่ามะเขือเทศ ซึ่งปัจจุบันมีผู้คิดค้นสูตรสารละลายจำนวนมาก เช่น สูตรของ Knop, White, Cooper, Hoagland และ Enshi (Resh, 1985) ผลผลิตและคุณภาพมีความสัมพันธ์กับธาตุอาหาร ตัวอย่างจากงานวิจัยการเพิ่มไนโตรเจน 0-60 mg/l พบว่า ผักสลัดที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์แบบน้ำลึกมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น และเมื่อเพิ่มไนโตรเจนเป็น 400 mg/l พร้อมกับเพิ่มแสงสามารถเร่งการเจริญเติบโตได้ และมีน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นด้วย (Masson et al., 1991; Soundy et al., 2001) ธาตุแคลเซียมมีความสำคัญมาก ทำให้พืชแก่ช้าลง เพราะมีผลทำให้เยื่อหุ้มเซลล์คงที่และการสลายไขมัน (Diana et al., 2005) เช่นเดียวกับ Sundar et al. (2019) รายงานว่า ผักสลัดที่ปลูกในสารละลายที่มีความเข้มข้นของ N, K และ Ca ที่แตกต่างกันได้แก่ สูตร 1 (150, 100 และ 150 mg/l) สูตร 2 (210, 235 และ 200 mg/l) สูตร 3 (250, 300 และ 250 mg/l) และสูตร 4 (300, 350 และ 350 mg/l) พบว่า ผักสลัดที่ปลูกในสารละลายสูตร 3 มีน้ำหนักสดมากที่สุด ส่วน Barickman et al. (2016) รายงานว่า ผักสลัดคอสีที่ปลูกในสารละลายที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมสูงทำให้มีการเจริญเติบโตด้านมวลชีวภาพ ปริมาณน้ำตาลซูโครสและโพแทสเซียมในใบเพิ่มมากขึ้น และ ยาวพา จิระเกียรติกุล และนิสา แซ่ลิ่ม (2552) ได้ศึกษาการเจริญเติบโตของผักกาดหอมพันธุ์เรดโอ๊คที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน 4 สูตร พบว่า ผักกาดหอมพันธุ์เรดโอ๊คที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi มีการเจริญเติบโตดีที่สุด และมีต้นทุนการเตรียมสารละลายถูกที่สุดเท่ากับ 1.57 บาทต่อลิตร

การผลิตผักสลัดที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์มีความสะอาดและปลอดภัยจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืช แต่อย่างไรก็ตามผู้บริโภคยังมีความกังวลด้านความปลอดภัยจากสารตกค้าง เนื่องจากต้องปลูกอยู่ในสารละลายธาตุอาหารตลอดเวลา โดยเฉพาะการสะสมของไนเตรต (ชัยอาทิตย์ อินคำ, 2557) ไนเตรต (NO_3^-) เป็นไอออนของธาตุไนโตรเจนที่พืชต้องการมากที่สุดสำหรับการเจริญเติบโต เมื่อพืชได้รับไนเตรตจะถูกเปลี่ยนไปเป็นไนไตรต์โดยเอนไซม์ nitrate reductase จากนั้นพืชจะเปลี่ยนไนไตรต์เป็นแอมโมเนีย และเปลี่ยนไปเป็นกรดอะมิโน แต่ถ้าพืชได้รับไนเตรตมากเกินไป จะเกิดการสะสมตามส่วนต่าง ๆ ของพืช ส่วนที่แก่กว่าจะมีการสะสมมาก ดอกจะมีความเข้มข้นของไนเตรตน้อยที่สุด รองลงมาคือ ผล ใบ ราก โดยก้านใบมีการสะสมมากที่สุด (Taiz and Zeiger, 2006) ถ้ามีการบริโภคผักที่มีการสะสมไนเตรตมากเกินไป อาจก่อให้เกิดอันตรายได้ เพราะเมื่อเข้าสู่ร่างกายไนเตรตจะถูกรีดิวซ์เป็นไนไตรต์สามารถทำปฏิกิริยากับเอมีน (amine) กลายเป็นไนโตรซามีน (nitrosamine) เป็นสารก่อมะเร็งที่ร้ายแรง การบริโภคน้ำและอาหารที่มีไนเตรตตกค้างสูงร่างกายจะเกิดสภาวะขาดออกซิเจนชั่วคราวได้ โดยเฉพาะในเด็กเล็กก่อให้เกิดโรคเม็ตฮีโมโกลบินเมีย (methemoglobinemia) หรือ blue baby syndrome และมีส่วนในการสร้างสารประกอบคาร์ซิโนเจนที่สามารถชักนำให้เกิดมะเร็งในกระเพาะอาหารได้ (Maynard et al., 1972; Alaburda and Nishihara, 1998) ซึ่งสหภาพยุโรปได้กำหนดปริมาณการสะสมไนเตรตที่ยอมรับได้ในผักสลัดที่ปลูกกลางแจ้ง เก็บเกี่ยวช่วง 1 เมษายน ถึง 30 กันยายน (มีช่วงแสงเฉลี่ย 14.8 ชั่วโมงต่อวัน) และช่วง 1 ตุลาคม ถึง 31 มีนาคม (มีช่วงแสงเฉลี่ย 9.5 ชั่วโมงต่อวัน) ต้องไม่เกิน 3,000 และ 4,000 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ เนื่องจากในแต่ละช่วงมีปริมาณแสงแดดไม่เท่ากัน (European Commission, 2011) สอดคล้องกับ กรรณิกา จำเริญ (2555) ได้ศึกษาปริมาณไนเตรตที่ตกค้างในผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊ค (Green Oak) พบว่า ผักสลัดที่ปลูกในดินมีปริมาณไนเตรตตกค้างมากที่สุด คือ 2,880 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักสด ผักสลัดที่ปลูกแบบไฮโดรโพนิกส์มีค่าน้อยที่สุด 910 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักสด ซึ่งมีค่าไม่เกินมาตรฐาน เช่นเดียวกับ Carlo et al. (2009)

ศึกษาผลของไฮดรอนบวกและไฮดรอนลบของธาตุอาหารหลักในสัดส่วนต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผักสลัดในฤดูฝนและฤดูร้อน พบว่า ทั้งสองฤดู และธาตุอาหารสัดส่วนต่าง ๆ มีผลให้ผักสลัดมีไนเตรตสะสมในใบต่ำกว่าเกณฑ์ที่สหภาพยุโรปกำหนด ดังนั้นการทดลองในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของสารละลายธาตุอาหารสูตรต่าง ๆ ที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโต คุณภาพ และปริมาณไนเตรตของผักสลัดในระบบปลูกพืชโดยให้มีสารละลายธาตุอาหารไหลผ่านรางปลูกแบบฟิล์มบาง ๆ เรียกว่า Nutrient Film Technique (NFT)

วิธีการศึกษา

การดำเนินการวิจัย

การเปรียบเทียบสารละลายธาตุอาหารสูตรต่าง ๆ มีการวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design จำนวน 5 สิ่งทดลอง 6 ซ้ำ (4 ต้น/ซ้ำ) เพาะเมล็ดผักสลัดสายพันธุ์กรีนโอ๊คในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2561 ลงบนแผ่นฟองน้ำที่ตัดสำเร็จขนาด 1 x 1 นิ้ว และเจาะตรงกลางก่อนฟองน้ำสำหรับใส่เมล็ด นำฟองน้ำใส่ถาดและรดน้ำให้ชุ่ม วางไว้ในที่ร่มเมื่ออายุ 3 วันหลังเพาะ เมล็ดจะเริ่มงอกให้นำออกมาวางที่แสงแดดรำไร และรักษาระดับน้ำในถาดพลาสติกครึ่งหนึ่งของฟองน้ำเมื่อผักสลัดอายุครบ 7 วันหลังเพาะเมล็ด ย้ายต้นกล้าลงโถะอนุบาล โดยมีระยะปลูก 5 เซนติเมตร ในระบบไฮโดรโพนิคส์แบบ Nutrient Film Technique (NFT) และเริ่มให้สารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน จำนวน 5 สูตร ได้แก่ สูตรของ Alan (Cooper, 1976), สูตร Enshi (Shinohara and Suzuki, 1988), สูตร NSRU 1, สูตร NSRU 2 และสูตร NSRU 3 โดยสูตร NSRU ทั้ง 3 สูตรเป็นสูตรสารละลายที่มีความแตกต่างของปริมาณไนเตรต (Table 1) ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่ให้เมื่อผักสลัดมีอายุ 7 วัน และ 14 วัน มีค่าการนำไฟฟ้า (EC) เท่ากับ 0.4 และ 0.6 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร (mS/cm) ตามลำดับ และเมื่อผักสลัดมีอายุ 21 วันหลังเพาะเมล็ด จะย้ายลงโถะปลูกที่มีการพลางแสง 50 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาที่พืชได้รับแสงประมาณ 11 ชั่วโมงต่อวัน โถะปลูกมีขนาดความกว้าง 1.8 เมตร ยาว 6 เมตร มีระยะปลูก 20 เซนติเมตร และมีจำนวนทั้งหมด 9 รางต่อโถะปลูก แต่ละสูตรสารละลายปลูกผักสลัดจำนวน 1 โถะปลูก ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารแต่ละสูตรที่ให้ค่า EC เท่ากับ 1.0 mS/cm จากนั้นเมื่อผักสลัดมีอายุได้ 28 วัน ให้สารละลายธาตุอาหารแต่ละสูตรที่มีค่า EC เท่ากับ 1.2 mS/cm จนถึงเก็บเกี่ยวที่อายุ 42 วัน สำหรับความเป็นกรด-เบส (pH) มีค่าระหว่าง 5.5-6.5

Table 1 Concentration of different nutrient solution.

Element	Concentration (mg/l)				
	Alan	Enshi	NSRU 1	NSRU 2	NSRU 3
N (NO_3^-)	200	192.71	203.15	175.5	131.77
P	60	60	60	60	60
K	300.72	313.04	293.09	183.5	156.98
Ca	170	170	170	170	170
Mg	50	50	50	50	50
S	68.46	64.38	59.84	51.92	38.94
Fe	20.54	6.136	19.85	6.136	4.94
Mn	3.782	1.308	0.837	1.308	0.992
Cu	0.195	0.04	0.712	0.04	0.04
Zn	0.193	0.048	0.561	0.048	0.048
B	0.537	0.972	0.433	0.972	0.972
Mo	0.399	0.019	0.0059	0.019	0.019

การบันทึกข้อมูล

ทำการบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊คที่มีอายุ 42 วันหลังเพาะเมล็ด ได้แก่ ความกว้างใบ วัดจากขอบใบที่มีขนาดใหญ่ที่สุด มีหน่วยเป็นเซนติเมตร ความกว้างทรงพุ่ม ใช้ไม้บรรทัดวัดด้านกว้างของทรงพุ่มที่มีความกว้างมากที่สุดของแต่ละต้น มีหน่วยเป็นเซนติเมตร จำนวนใบ นับทุกใบที่คลี่กางออกเต็มที่ มีหน่วยเป็นใบ ความสูงต้น วัดจากรากปลูกถึงยอดสูงสุดของแต่ละต้น มีหน่วยเป็นเซนติเมตร น้ำหนักสดต้น ซึ่งน้ำหนักสดทั้งต้นรวมรากด้วยเครื่องชั่งทศนิยมสองตำแหน่ง มีหน่วยเป็นกรัม และน้ำหนักแห้งต้น นำต้นสดไปอบด้วยตู้อบลมร้อนด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนแห้งนำไปชั่งด้วยเครื่องชั่งทศนิยมสองตำแหน่ง มีหน่วยเป็นกรัม

การวิเคราะห์คุณภาพของผักสลัด

นำตัวอย่างผักสลัดมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น ไขมัน เถ้า เส้นใยหยาบ และแคลเซียม ตามวิธีของ AOAC (2000) ดังนี้ ความชื้น ใสตัวอย่างผักลงในถ้วยอะลูมิเนียม 3 กรัม นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็น ชั่งน้ำหนัก นำผลที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณความชื้น ไขมัน ซึ่งตัวอย่างบนกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนักประมาณ 5 กรัม ตวงตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์จำนวน 140-180 มิลลิลิตรใส่ในบีกเกอร์ไขมัน ทำการสกัดไขมัน ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักบีกเกอร์ คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไขมัน เถ้า บดตัวอย่างให้ละเอียด ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่างประมาณ 3 กรัม นำตัวอย่างไปเผาต่อในเตาเผาที่อุณหภูมิ 500-550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง จนตัวอย่างกลายเป็นเถ้าสีขาวหรือสีเทา เส้นใยหยาบ นำตัวอย่างผักสลัดที่ผ่านการสกัดไขมันออกแล้วไปบดให้ละเอียด จากนั้นชั่งน้ำหนักผักสลัด 3 กรัม เติมน้ำละลาย H_2SO_4 เข้มข้น 1.25% ปริมาตร 200 มิลลิลิตร นำไปต้มให้เดือด 30 นาที กรองตะกอนอย่างรวดเร็ว เติมน้ำละลาย $NaOH$ เข้มข้น 1.25% ปริมาตร 200 มิลลิลิตร นำไปต้มให้เดือด นาน 30 นาที กรองตะกอนอย่างรวดเร็ว ล้างตะกอนด้วยเอทานอล 95% ชูดตะกอนจากกระดาษกรองใส่ในถ้วยกระเบื้อง (crucible) แล้วนำถ้วยกระเบื้องไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนัก แคลเซียม ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่าง จำนวน 3 กรัม บันทึกรับน้ำหนัก นำตัวอย่างไปเผาให้กลายเป็นเถ้าที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส นำเถ้าที่ได้มาล้างด้วยน้ำกลั่น นำสารละลายเถ้าที่ได้ไปต้มให้เดือด แล้วเติมแอมโมเนียมออกซาลาเลตให้มากเกินพอ ถ่ายตะกอนใส่ในบีกเกอร์และล้างตะกอนด้วยน้ำร้อน เติมน้ำละลายกรดกำมะถันเจือจางที่อุ่นร้อน จำนวน 60 มิลลิลิตร นำสารละลายตะกอนที่ได้มาไตเตรตกับ $KMnO_4$ ความเข้มข้น 0.01 M จนถึงจุดยุติเป็นสีชมพู การวิเคราะห์ปริมาณไนเตรต โดยวิธี Salicylic acid (Cataldo et al., 1975) นำตัวอย่างผักไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส บดให้ละเอียด เติมน้ำละลาย Salicylic acid ความเข้มข้น 5% และ $NaOH$ ความเข้มข้น 2 N นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาว 410 นาโนเมตร แล้วคำนวณตามสูตร (Takebe and Yoneyama, 1995)

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลผลการทดลองไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ทางสถิติ ด้วยโปรแกรม SPSS for Windows และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากผลการทดสอบสารละลายธาตุอาหารสูตรต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊ค แสดงไว้ใน Table 2 พบว่า ความกว้างใบ ความกว้างทรงพุ่ม จำนวนใบ ความสูง น้ำหนักสดต้น และน้ำหนักแห้งต้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยต้นผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊คที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร NSRU 1 และ NSRU 2 มีการเจริญเติบโตมากที่สุด ซึ่งต้นผักที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร NSRU 1 มีจำนวนใบ และน้ำหนักสดต้นมากที่สุด เท่ากับ 16.90 ใบ และ 78.00 กรัม ตามลำดับซึ่งไม่แตกต่างกันกับสูตร NSRU 2 ที่มีจำนวนใบ และน้ำหนักสดต้น เท่ากับ 16.21 ใบ และ 70.54 กรัม ตามลำดับ และต้นผักสลัดที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร NSRU 2 มีความกว้างใบ และน้ำหนักแห้งมากที่สุด เท่ากับ 14.14 เซนติเมตร และ 3.00 กรัม ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันกับสูตร NSRU 1 ที่มีความกว้างใบ และน้ำหนักแห้ง เท่ากับ 14.09 เซนติเมตร และ 2.98 กรัม ตามลำดับ ส่วนความกว้างทรงพุ่มผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊คที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร NSRU 2 มีการเจริญเติบโตมากที่สุดเท่ากับ 27.33 เซนติเมตร ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอื่น ๆ และมีความสูงต้นสูงสุดเท่ากับ 14.51 เซนติเมตร ซึ่งแตกต่างกับสูตร NSRU 3 ที่มีความสูงต้นน้อยที่สุดเท่ากับ 12.73 เซนติเมตร

Table 2 Leaf width, canopy width, leaf number, shoot height, shoot fresh weight, and shoot dry weight of green oak lettuce after growing in different nutrient solution for six weeks.

Nutrient formula	Leaf width ^{1/} (cm)	Canopy width ^{1/} (cm)	Leaf number ^{1/}	Shoot height ^{1/} (cm)	Shoot fresh weight ^{1/} (g plant ⁻¹)	Shoot dry weight ^{1/} (g plant ⁻¹)
Alan	12.74b	24.91bc	13.59b	13.96ab	49.96b	2.42b
Enshi	12.62b	24.23c	12.53b	13.10ab	40.72c	1.59c
NSRU 1	14.09a	25.34b	16.90a	14.42a	78.00a	2.98a
NSRU 2	14.14a	27.33a	16.21a	14.51a	70.54a	3.00a
NSRU 3	12.42b	24.98bc	12.46b	12.73b	47.56bc	1.97bc
F-test	**	**	**	**	**	**
CV (%)	7.16	3.99	7.75	7.54	9.37	12.78

^{1/} Means in the same vertical column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by DMRT.

** = Significantly different at P<0.01.

ผักสลัดที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร NSRU 1 และ NSRU 2 มีการเจริญเติบโตมากกว่าสูตร Enshi และ NSRU 3 เนื่องจากมีปริมาณไนเตรตมากกว่า (Table 3) เมื่อพืชได้รับไนเตรตจะถูกเปลี่ยนไปเป็นไนไตรต์ โดยเอนไซม์ nitrate reductase จากนั้นพืชจะเปลี่ยนไนไตรต์เป็นแอมโมเนีย และเปลี่ยนไปเป็นกรดอะมิโน เพื่อนำไปใช้สำหรับการเจริญเติบโต (Taiz and Zeiger, 2006) สอดคล้องกับผลการทดลองในยาสูบแสดงให้เห็นว่า อัตราการขยายขนาดของใบที่ลดลงเมื่อรากขาดไนเตรต และการทดลองในพืชอื่น ๆ อีกหลายชนิดก็ให้ผลในทำนองเดียวกัน มีผลงานวิจัยที่เน้นบทบาทของไนเตรตในการทำหน้าที่เป็นสัญญาณซึ่งควบคุมเมแทบอลิซึม และการพัฒนาการของพืช (Dechorgnat et al., 2010) หรือเป็นโมเลกุลสัญญาณ ซึ่งมีบทบาททำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในด้านต่าง ๆ เช่น การพัฒนาราก การพัฒนาใบ การพักตัวของเมล็ด และการออกดอก (Medici and Krouk, 2014) รวมทั้งการตอบสนองของสารอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์แสงไปเก็บในรูปของแป้ง และกระตุ้นให้สังเคราะห์แอนโทไซยานินด้วย (Femke et al., 2014; Ruffel et al., 2014) นอกจากนี้ความสัมพันธ์ของสัดส่วนธาตุอาหารที่มีประจุบวกและประจุลบเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดนั้นก็มีความสำคัญ ดิเรก ทองอร่าม (2550) รายงานสัดส่วนธาตุอาหารในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของผักกาดหอม คือ $\text{NO}_3^- : \text{H}_2\text{PO}_4^- : \text{SO}_4^{2-}$ เท่ากับ 60-80 : 5-15 : 10-30 และ $\text{K}^+ : \text{Ca}^{2+} : \text{Mg}^{2+}$ เท่ากับ 22-66 : 22-66 : 6-18 ซึ่งสารละลายธาตุอาหารของงานทดลองนี้ทุกสูตรมีสัดส่วนธาตุอาหารประจุบวกและประจุลบอยู่ในช่วงเหมาะสมนี้ (Table 3) และอาจเพราะสารละลายธาตุอาหารสูตร NSRU 1 และ NSRU 2 มีสัดส่วนของ NO_3^- มากกว่าสูตรอื่น ๆ ประเทศไทยมีแสงแดดจัดทำให้พืชสามารถนำไนเตรตไปเปลี่ยนเป็นกรดอะมิโนต่าง ๆ ได้มาก ทำให้เจริญเติบโตได้ดี (ชัยอาทิพย์ อินคำ, 2557) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ วีระศักดิ์ พงษานุทิน (2546) รายงานว่าสารละลายธาตุอาหารสูตร Resh Tropical Dry Summer ประกอบด้วยสัดส่วนของธาตุอาหารที่มีประจุลบ ไนเตรต (NO_3^-) : ไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (H_2PO_4^-) : ซัลเฟต (SO_4^{2-}) เท่ากับ 67.4 : 12.3 : 20.4 และประจุบวกโพแทสเซียมไอออน (K^+) แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) : แมกนีเซียมไอออน (Mg^{2+}) เท่ากับ 41.2 : 51.4 : 7.4 เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม และมีสัดส่วนของธาตุอาหารโพแทสเซียมและแคลเซียมใกล้เคียงกัน เช่นเดียวกับสารละลายธาตุอาหารสูตร NSRU 1 ที่มีธาตุอาหารโพแทสเซียมและแคลเซียมในสัดส่วน 47.48 : 46.26 เพราะเนื่องจากถ้าสูตรสารละลายธาตุอาหารที่มีโพแทสเซียมมากเกินไป พืชจะนำแคโรทีนไปใช้ประโยชน์ทำให้ขาดแคลเซียม ดังนั้นจึงควรให้ธาตุอาหารในอัตราส่วนถูกต้องเหมาะสมเพื่อป้องกันการขาดธาตุอาหาร (ดิเรก ทองอร่าม, 2554) แตกต่างกับ เยาวพา จิระเกียรติกุล และนิสา แซ่ลิ้ม (2552) รายงานว่า ผักกาดหอมพันธุ์เรดโอ๊คที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Resh Tropical Dry Summer และ Enshi มีการเจริญเติบโตที่ดีกว่า ผักกาดหอมพันธุ์เรดโอ๊คที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Lettuce และ DTWC1

Table 3 Nutrient concentration and proportion of macronutrients in different nutrient formula.

Nutrient formula	Concentration (mmol/l)					
	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Alan	3.22	0.61	0.71	3.19	3.03	0.41
Proportion	(70.93)	(13.44)	(15.64)	(48.11)	(45.70)	(6.18)
Enshi	3.1	0.61	0.67	3.32	3.03	0.41
Proportion	(70.78)	(13.93)	(15.30)	(49.11)	(44.82)	(6.07)
NSRU 1	3.27	0.61	0.62	3.11	3.03	0.41
Proportion	(72.67)	(13.56)	(13.78)	(47.48)	(46.26)	(6.26)
NSRU 2	2.83	0.61	0.54	1.94	3.03	0.41
Proportion	(71.11)	(15.33)	(13.57)	(36.06)	(56.32)	(7.62)
NSRU 3	2.12	0.61	0.4	1.66	3.03	0.41
Proportion	(67.73)	(19.49)	(12.78)	(32.55)	(59.41)	(8.04)

Note: Proportion of Cation-anion balance is calculated by percentage of summation the cations (K⁺ + Ca²⁺ + Mg²⁺) and anions (NO₃⁻ + H₂PO₄⁻ + SO₄²⁻).

ผลการวิเคราะห์คุณภาพในด้านองค์ประกอบทางเคมีและปริมาณไนโตรเจนของผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊คที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารจำนวน 5 สูตร (Table 4) พบว่า ผักสลัดสายพันธุ์กรีนโอ๊คที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร ทั้ง 5 สูตร มีความชื้น 95.13-96.16% มีไขมัน เพียง 3.33-5.07% มีเถ้า 17.9-20.4% เยื่อใย 11.26-17.30% และแคลเซียม 0.08-0.14% สอดคล้องกับ Kim et al. (2016) ได้รายงานว่าเป็นผักที่มีปริมาณไขมันต่ำ และเป็นแหล่งที่ดีของเส้นใยอาหาร ธาตุเหล็ก โฟเลต และวิตามินซี

ส่วนปริมาณไนโตรเจนที่สะสมในผักสลัดสายพันธุ์กรีนโอ๊คที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi มีปริมาณไนโตรเจนน้อยที่สุด เท่ากับ 332.97 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด ซึ่งไม่แตกต่างกันกับสูตร NSRU 1 (524.09 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด) และผักสลัดที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารทั้ง 5 สูตร มีปริมาณไนโตรเจนต่ำกว่าระดับที่สหภาพยุโรปกำหนด โดยปริมาณไนโตรเจนสูงสุดที่ยอมให้มีอยู่ในผักสลัด คือ 3,000-5,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด (European Commission, 2011) สอดคล้องกับการทดลองของ กรรณิกา จำเริญ (2555) พบว่า ผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊คที่ปลูกโดยวิธีไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT มีปริมาณไนโตรเจน 910 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด และ Diana et al. (2005) รายงานผลการปลูกผักสลัดสายพันธุ์ บัตเตอร์เฮดที่ปลูกในดินคลุมด้วยพลาสติก และในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ floating system ในมหาวิทยาลัยบัวโนสไอเรส สาธารณรัฐอาร์เจนตินา ตั้งอยู่ในเขตอบอุ่นมีอุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียสในฤดูหนาว และฤดูร้อนมากกว่า 37 องศาเซลเซียส ทำการทดลองในปี ค.ศ. 2002 และ 2003 ให้สารละลายธาตุอาหารสูตรเดียวกัน พบว่า ผักสลัดที่ปลูกในดินมีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 1,028.7 และ 218 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าการปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ที่มีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 273.6 และ 162 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ซึ่งพบไนโตรเจนตกค้างน้อยกว่าผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊คที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตรต่าง ๆ

Table 4 Moisture, fat, ash, dietary fiber, calcium, and nitrate content of green oak lettuce after growing in different nutrient solution for six weeks.

Nutrient Formula	Moisture (%)	Fat (% by DW)	Ash (% by DW)	Dietary fiber (% by DW)	Calcium (% by DW)	Nitrate (NO ₃ ⁻) ^{1/} (mg kg ⁻¹ FW)
Alan	95.13b	3.33	17.9	11.26b	0.10bc	937.59a
Enshi	96.09a	3.81	20.1	13.48bc	0.12ab	332.97c
NSRU 1	96.16a	5.07	20.4	15.61a	0.08c	524.09bc
NSRU 2	95.74ab	3.84	18.9	14.36ab	0.14a	1,019.87a
NSRU 3	95.81ab	3.87	18.9	17.30a	0.08c	701.05b
F-test	**	ns	ns	**	**	**
CV (%)	0.50	20.34	7.6	9.44	13.22	22.59

^{1/} Means in the same vertical column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by DMRT.

ns and ** = not significantly different and significantly different at P<0.01.

สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษาสารละลายธาตุอาหารจำนวน 5 สูตรต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดสายพันธุ์กรีนโอ๊ค พบว่า สารละลายธาตุอาหารสูตร NSRU 2 ทำให้ผักสลัดมีการเจริญเติบโตด้านความกว้างใบ ความกว้างทรงพุ่ม ความสูง และน้ำหนักแห้งต้นมากที่สุด ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับสูตร NSRU 1 ที่มีการเจริญเติบโตด้านจำนวนใบ และน้ำหนักสดต้นมากที่สุด ส่วนด้านคุณภาพ พบว่า สารละลายธาตุอาหารสูตรต่าง ๆ มีค่าใกล้เคียงกัน และมีปริมาณไนเตรตในใบผักสลัดไม่เกินค่าที่สหภาพยุโรปกำหนด เพราะช่วงเวลาที่ปลูกมีช่วงแสงเฉลี่ย 11-12 ชั่วโมงต่อวัน ทำให้พืชสามารถนำไนเตรตไปใช้ในการเจริญเติบโตทำให้พบไนโตรเจนในผักสลัดเพียงเล็กน้อย นอกจากนี้ถ้าพิจารณาค่าใช้จ่ายในการเตรียมสารละลายธาตุอาหารสูตร NSRU 2 มีราคาเท่ากับ 1.88 บาทต่อลิตร

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

เอกสารอ้างอิง

- กรรมิกา จำเริญ. 2555. ปริมาณไนเตรตที่ตกค้างในผักสลัด (Green Oak). ปัญหาพิเศษ. สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- ชัยอาทิตย์ อินคำ. 2557. ไนเตรตสะสมในผักไฮโดรโพนิคส์. สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. https://stri.cmu.ac.th/article_detail.php?id=26 (11 ธันวาคม 2562).
- ดิเรก ทองอร่าม. 2550. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน: หลักการจัดการผลิตและเทคโนโลยีการผลิตเชิงธุรกิจในประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: พิมพ์ดีการพิมพ์.
- ดิเรก ทองอร่าม. 2554. การสร้างสูตรสารละลายธาตุอาหารพืช เพื่อการปลูกพืชไม่ใช้ดิน. *วารสารอาชีวและเทคนิคศึกษา* 1(1): 32-41.
- ธีระศักดิ์ พงษาอนูทิน. 2546. ผลของสัดส่วนระหว่างไนเตรตต่อแอมโมเนียมและปริมาณแคลเซียมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม "คอส" ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร. ปัญหาพิเศษ. ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- มนูญ ศิริวงศ์. 2544. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินสู่การปฏิบัติในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: เจริญรัฐการพิมพ์.
- เยาวพา จิระเกียรติกุล และนิสา แซ่ลิ้ม. 2552. การเจริญเติบโตของผักกาดหอมพันธุ์ Red Oak ที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิคส์ ด้วยสารละลายสูตรต่าง ๆ. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี* 17(2): 81-88.
- โสระยา ร่วมรังษี. 2544. การผลิตพืชสวนแบบไม่ใช้ดิน. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- Alaburda, J., and Nishihara, L. 1998. Presence of nitrate compound in well water. *Revista de Saude Pubilca* 32(2): 160-165.
- AOAC. 2000. *Official method of analysis*. Washington, D.C.: Association of Official Analytical Chemists.
- Barickman, T. C., Horgan, T. E., Wheeler, J. R., and Sams, C. E. 2016. Elevated levels of potassium in greenhouse-grown red romaine lettuce impacts mineral nutrient and soluble sugar concentration. *HortScience* 51: 504-509.
- Carlo, F., Youssef, R., Mariateresa, C., Elvira, R., Alberto, B., and Colla, G. 2009. Yield and quality of leafy lettuce in response to nutrient solution composition and growing season. *Journal of Food Agriculture & Environment* 7(2): 456-462.
- Cataldo, D. A., Maroon, M., Schrader, L. E., and Yongs, V. L. 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant-tissue by nitration a salicylic acid. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 6: 71-80.
- Cooper, A. J. 1976. *Nutrient film technique of growing plant*. London: Grower Books.
- Dechorgnat, J., Nguyen, C. T., Armengaud, P., Jossier, M., Diatloff, E., Filleur, S., and Francoise, D. 2010. From the soil to the seed: the long journey of nitrate in plant. *Journal of Experimental Botany* 30: 1-11.
- Diana, F., Leon, A., Logegaray, V., and Chiesa, A. 2005. Soilless culture technology for high quality lettuce. *Acta Horticulturae* 697: 43-48.
- European Commission. 2011. Amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels for nitrates in foodstuffs (Commission Regulation (EU) No 1258/2011 of 2 December 2011). https://www.fsai.ie/uploadedFiles/Reg1258_2011.pdf (29 April 2018).
- Femke, D. J., Kate, T., Laurence, V. L., and Bevan, M. W. 2014. Glucose elevates nitrate transporter protein levels and nitrate transport activity independently of its hexokinase 1-Mediated stimulation of nitrate transporter expression 1. *Plant Physiology* 164: 308-320.
- Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO). 2019. Statistical database- agriculture. <http://faostat.fao.org/faostat/collections?subset=agriculture> (10 December 2019).
- Kim, M. J., Youyoun, M., Janet, C. T., Beiquan, M., and Waterland, N. L. 2016. Nutritional value, bioactive compounds and health benefits of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Journal of Food Composition and Analysis* 49: 19-34.
- Masson, J., Tremblay, N., and Gosselin, A. 1991. Nitrogen fertilization and HPS supplementary lighting influence vegetable transplant production I. Transplant growth. *Journal of American Society for Horticultural Science* 116: 594-598.

- Maynard, D. N., Barker, A. V., Minotti, P. L., and Peck, N. H. 1972. Nitrate accumulation in vegetables. *Advance in Agronomy* 28: 71-118.
- Medici, A., and Krouk, G. 2014. The primary nitrate response: a multifaceted signaling pathway. *Journal of Experimental Botany* 65(19): 1-10.
- Resh, H. M. 1985. *Hydroponic food production*. California: Woodbridge Press.
- Ruffel, S., Alain, G., and Lejay, L. 2014. Signal interactions in the regulation of root nitrate uptake. *Journal of Experimental Botany* 65(19): 5509-5517.
- Shinohara, Y., and Suzuki, Y. 1988. Quality improvement hydroponically grown leaf vegetable. *Acta Horticulturae* 230: 279-286.
- Soundy, P., Cantliffe, D. J., Hochmuth, G. J., and Stoffella, P. J. 2001. Nutrient requirement for lettuce transplant using a floatation irrigation system II. potassium. *HortScience* 36: 1071-1074.
- Sundar, S., Sanjib, S., and Zhiming, L. 2019. Effect of nutrient composition and lettuce cultivar on crop production in hydroponic culture. *Horticulturae* 5(4): 1-8.
- Taiz, L., and Zeiger, E. 2006. *Plant Physiology*. 4th ed. Massachusetts: Sinauer Association.
- Takebe, M., and Yoneyama, T. 1995. An analysis of nitrate and ascorbic acid in crop exudates using a simple reflection photometer system. *Japanese Society of Soil Science and Plant Nutrition* 66: 155-158.

วันรับบทความ (Received date) : 19 ส.ค. 62

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 30 ธ.ค. 62

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 9 มี.ค. 63

ผลของวัสดุปลูกและปุ๋ยคอกต่อการเจริญเติบโตของพรหมญี่ปุ่น
Effect of the Growing Media and Manure Types on Growth and Development
of *Episcia cupreata* (Hook.) Hanst

ชัยพร อนูวงศ์¹ สุริยา ก่อสินวัฒนา¹ และสมลักษณ์ มะโรงชัย¹
 Chamaiporn Anuwong¹, Suriya Kosinwattana¹ and Somlak Marongchai¹

บทคัดย่อ

ต้นพรหมญี่ปุ่น เป็นไม้กระถางที่นิยมใช้เพื่อประดับตกแต่งสถานที่ทั้งในอาคารและการจัดสวนขนาดเล็ก วัตถุประสงค์ของการทดลองนี้เพื่อศึกษาชนิดของวัสดุปลูกและปุ๋ยคอกที่เหมาะสมในการปลูกต้นพรหมญี่ปุ่น เพื่อช่วยลดต้นทุนในการผลิต โดยแบ่งเป็น 2 การทดลองดังนี้ การทดลองที่ 1 ศึกษาอิทธิพลของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตของต้นพรหมญี่ปุ่น วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 5 กรรมวิธี โดยปลูกพืชในวัสดุปลูกที่แตกต่างกัน 5 ชนิด ดังนี้ 1) ขุยมะพร้าว 2) ขี้เถ้าแกลบ 3) ขุยมะพร้าว : ขี้เถ้าแกลบ อัตราส่วน 1 : 1 4) ขุยมะพร้าว : กาบมะพร้าวสับ อัตราส่วน 1 : 1 5) ขุยมะพร้าว : ขี้เถ้าแกลบ : กาบมะพร้าวสับ อัตราส่วน 1 : 1 : 1 ผลการทดลอง พบว่า การใช้ขุยมะพร้าวผสมกากมะพร้าว อัตราส่วน 1 : 1 เป็นวัสดุปลูกที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพรหมญี่ปุ่นมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยทำให้ความสูงทรงพุ่ม จำนวนไหลต่อต้น ความยาวราก เส้นผ่านศูนย์กลางดอก และจำนวนข้อที่เกิดไหลสูงที่สุด การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของปุ๋ยคอกต่อการเจริญเติบโตของพรหมญี่ปุ่น โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 5 กรรมวิธี 5 ข้ำ ดังนี้ 1) ไม่ใส่ปุ๋ย 2) ปุ๋ยออสโมโคต ปริมาณ 11 กรัม 3) ปุ๋ยมูลวัว ปริมาณ 77 กรัม 4) ปุ๋ยมูลไก่ ปริมาณ 66 กรัม 5) ปุ๋ยมูลไส้เดือน ปริมาณ 83 กรัม โดยทำการผสมปุ๋ยคอกเหล่านี้กับวัสดุปลูกและหมักเป็นเวลา 16 สัปดาห์ ผลการทดลอง พบว่า ปุ๋ยมูลไก่ ส่งผลให้ต้นพรหมญี่ปุ่นมีการเจริญเติบโตได้ดีในด้านจำนวนข้อ จำนวนใบ จำนวนไหล และความยาวราก ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่การใส่ปุ๋ยออสโมโคตหรือปุ๋ยเคมีส่งผลต่อความเข้มของสีใบมากที่สุด และเมื่อพิจารณาต้นทุนที่ใช้ พบว่าการใช้ปุ๋ยมูลไก่เป็นวัสดุปลูกช่วยลดต้นทุนได้ 3 บาทต่อกระถาง และยังช่วยให้มีการผลิตไหลที่เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: ต้นพรหมญี่ปุ่น วัสดุปลูก ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก ขุยมะพร้าว

Abstract

Episcia cupreata is a potted plant that is commonly used to decorate the place, both indoors and for small gardens. The effects of growing media and type of manure on the growth and development of *Episcia cupreata* (Hook.) Hanst. were studied for production cost reduction purposes. This study was divided into two experiments. Experiment 1 was a study of the influence of growing media on growth and development of *E. cupreata*. Plants were grown in various growing media i.e. 1) coconut coir, 2) rice husk ash, 3) coconut coir : rice husk ash (1 : 1), 4) coconut coir : coconut husk chips (1 : 1), and 5) coconut coir : rice husk ash : coconut husk chips (1 : 1 : 1). The experimental design was Completely Randomized Design (CRD) with 5 replications. The results indicated that using coconut coir mixed with coconut husk chips (1 : 1) had the most significant influence on growth and development of *E. cupreata* in terms of plant height, number of stolons, root length, flower diameter and number of nodes with new stolons. Experiment 2 was an investigation of the most suitable manure type to stimulate the growth of *E. cupreata*. Five manure types were selected for the study, which was conducted in a Completely Randomized Design (CRD) with 6 replications. The following fertilizer types and amounts were applied to the plants: 1) no fertilizer; 2) osmocote fertilizer, 11 grams; 3) cow manure, 77 grams; 4) chicken manure, 66 grams; and 5) vermicompost, 83 grams. Each treatment was mixed with growing media for 16 weeks. The result showed that chicken manure application had the significantly biggest stimulatory effect on the number of nodes, number of leaves, number of stolons, and root length. However, plants supplied with osmocote fertilizer showed darker leaf color than did plants that received other treatments. When costs were considered, it was found that chicken manure provided increased stolon quantity and reduced the cost of production by about three baht per pot.

Keywords: *Episcia cupreata*, growing media, chemical fertilizers, manure, coconut coir

¹ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

¹ Faculty of Agriculture Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Ladkrabang, Bangkok 10520

^{*} Corresponding author, Email: chamaiporn.an@kmitl.ac.th

คำนำ

ไม้กระถางได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในการใช้ประดับตกแต่งสถานที่ทั้งภายในและภายนอกอาคาร โดยเฉพาะบริเวณที่มีพื้นที่จำกัด เพื่อเพิ่มความสดชื่นให้กับห้องพักและที่ทำงาน (นฤมล ประสานไมตรี, 2535) ต้นพรมญี่ปุ่น จัดเป็นไม้กระถางที่มีความโดดเด่นในเรื่องของใบและดอก ได้รับความนิยมมาอย่างยาวนานในการใช้เพื่อประดับตกแต่งสถานที่ทั้งในอาคาร และการจัดสวนขนาดเล็ก หรือทำการปลูกเพื่อเป็นไม้ประดับคลุมดิน ต้นพรมญี่ปุ่น หรือพรมกำมะหยี่ มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Episcia cupreata* (Hook.) Hanst. จัดอยู่ในวงศ์ Gesneriaceae เป็นไม้ล้มลุก อายุหลายปี ลำต้นทุกส่วนอวบหนาและมีขนปกคลุม เจริญเติบโตโดยทอดเลื้อยในระยะ 30-60 เซนติเมตร เส้นใบเดี่ยว ออกตรงข้าม ใบรูปไข่แกมรูปรี แผ่นใบหยักย่นปลายใบแหลมโคนใบมน ขอบใบหยักมน ใบมีสีและลวดลายแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ ก้านใบยาว ลักษณะดอกเป็นช่อกระจุก 2-4 ดอก ออกที่ซอกใบใกล้ปลายยอด ดอกสมบูรณ์เพศ กลีบเลี้ยงเชื่อมติดกันปลายแยกเป็น 5 แฉก โคนกลีบดอกเชื่อมติดกันเป็นหลอด มีหลายสี เช่น สีแดง ส้ม เหลืองม่วง ม่วงอ่อน ขาว ชมพู วัสดุสำหรับปลูกเลี้ยงต้นพรมญี่ปุ่น ควรมีลักษณะโปร่งสามารถระบายน้ำและเก็บความชื้นได้ดี และมีราคาถูก ซึ่งวัสดุปลูกที่ใช้มีความแตกต่างกันตามท้องถิ่น (บ้านและสวน, 2558) ปัจจุบันดินที่มีสมบัติเหมาะสมสำหรับปลูกต้นไม้ในกระถางหาได้ยาก เนื่องจากดินที่มีอยู่โดยทั่วไปนั้นมักเป็นดินที่ได้จากการนำดินชั้นล่างหรือดินทรายตะกอนที่ดูดขึ้นมาจากแม่น้ำมาปรับระดับพื้นที่ ซึ่งดินดังกล่าวไม่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของพืช ดังนั้น จึงจำเป็นต้องเตรียมดินและวัสดุปลูกให้มีสภาพที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชก่อน (มุกดา สุขสวัสดิ์, 2547) วัสดุปลูกที่นำมาใช้จึงควรมีสมบัติเหมาะสมในการเก็บรักษาน้ำและธาตุอาหารให้แก่พืชตลอดช่วงการเจริญเติบโต โดยวัสดุปลูกที่มีคุณภาพดีและเหมาะสม คือ มีความหนาแน่นรวม (bulk density) เพียงพอให้ต้นไม้ทรงตัวอยู่ได้ ควรมีค่าความหนาแน่นรวมประมาณ 1.5-1.6 กรัมต่อมิลลิกรัม มีลักษณะร่วนซุย ช่วยระบายน้ำ ถ่ายเทอากาศ และเก็บความชื้นได้ดี มีความเป็นกรดเล็กน้อย ประมาณ pH 6.5-7.0 มีปริมาณเกลือต่ำ ปราศจากสารพิษ โรค แมลง และเมล็ดวัชพืช เป็นวัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น และราคาถูก มีน้ำหนักเบา เคลื่อนย้ายสะดวก มีความคงทน อายุการใช้งานอย่างน้อยประมาณ 4 เดือน มีความสม่ำเสมอและได้มาตรฐาน (มุกดา สุขสวัสดิ์, 2547; สมเพียร เกษมทรัพย์, 2526) ซึ่งในประเทศไทยวัสดุที่หาได้ง่าย มีราคาถูก และมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดีชนิดหนึ่ง คือ ขุยมะพร้าวหรือกาบมะพร้าวสับ เพราะมีน้ำหนักเบา อุ้มน้ำและถ่ายเทอากาศได้ดี มีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสต่ำ แต่มีปริมาณโพแทสเซียมที่ค่อนข้างสูง (สมเพียร เกษมทรัพย์, 2524) จากการศึกษาของประภาพรรณ กระจำวงศ์ (2557) พบว่า วัสดุปลูกขุยมะพร้าวเพียงอย่างเดียวให้การเจริญเติบโตของต้นแพงพวยเลื้อยดีกว่าวัสดุปลูกที่ผสมขุยมะพร้าวกับขี้เถ้าแกลบ และขุยมะพร้าวกับกาบมะพร้าวสับ เพราะขุยมะพร้าวเพียงอย่างเดียว มีขนาดเล็กกว่าวัสดุปลูกอีกสองชนิด ส่งผลให้ความสามารถในการอุ้มน้ำดีกว่า ประกอบกับขุยมะพร้าวน่าจะมีการแลกเปลี่ยนประจุบวกดีกว่าวัสดุปลูกอีกสองชนิด ซึ่งมีการผสมกันระหว่างวัสดุปลูกทั้งสองชนิด ทำให้มีช่องว่างอากาศที่มากขึ้น และมีความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง จนอาจทำให้ความสามารถในการเก็บความชื้นและธาตุอาหารที่อยู่ในรูปสารละลายให้ต้นแพงพวยเลื้อยได้ไม่เพียงพอกับความต้องการ การทดลองของ Yahya et al. (2009) ใช้ขี้เถ้าแกลบผสมกับขุยมะพร้าว พบว่า ช่วยเพิ่มความหนาแน่นรวมของวัสดุปลูก (bulk density) ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย (EC) และความพรุนช่องบรรจุอากาศ (air-filled porosity) ของวัสดุปลูกและสัดส่วนของ ขุยมะพร้าว : ขี้เถ้าแกลบที่ 70 : 30 ทำให้ต้นหงอนไก่มีการเจริญเติบโตและออกดอกที่ดีที่สุด ในขณะที่ Hongpadee and Ruamrungsri (2015) พบว่า การใช้ขุยมะพร้าวเพิ่มลงในวัสดุปลูก ทำให้เปอร์เซ็นต์ความพรุนช่องบรรจุอากาศ (air-filled porosity) ของวัสดุปลูกเพิ่มขึ้น และทำให้การเจริญเติบโตของดาวเรืองสายพันธุ์ 'Antigua Yellow' สูงขึ้นกว่ากรรมวิธีที่ไม่ได้ใส่ขุยมะพร้าวเลย ซึ่งขุยมะพร้าวยังได้รับความนิยมนำมาเป็นส่วนผสมในวัสดุปลูกไม้ดอกไม้ประดับกระถาง ได้แก่ บีโกเนีย หรือกลอกซีเนีย (สมเพียร เกษมทรัพย์, 2524; อดิ สหวัชรินทร์, 2534; มุกดา สุขสวัสดิ์, 2547) นอกจากนี้ยังมีการใช้ขี้เถ้าแกลบอย่างแพร่หลายในการนำมาใช้เป็นวัสดุปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินของไม้ดอกไม้ประดับ โดย สมเพียร เกษมทรัพย์ (2526) ได้แนะนำส่วนประกอบของวัสดุปลูกที่ใช้ในไม้ดอก เช่น ดิน : ปุ๋ยคอก : ขี้เถ้าแกลบ : แกลบดิบ สัดส่วน 1 : 1 : 2 : 2 หรือ ทราย : ปุ๋ยคอก : ขี้เถ้าแกลบ : แกลบดิบ : ขุยมะพร้าว สัดส่วน 1 : 1 : 1 : 1 หรือใช้สัดส่วน ขี้เถ้าแกลบ : แกลบดิบ : ปุ๋ยคอก : ดิน 2 : 3 : 1 : 1 ในการปลูกกุหลาบ เนื่องจากขี้เถ้าแกลบมีคุณสมบัติอุ้มน้ำได้ดี มีความพรุนสูง โปร่งเบา จึงถ่ายเทอากาศได้ดี และรักษาความชื้นในดิน มีการสลายตัวน้อยและเกิดการอัดตัวไม่มากนัก มีราคาถูก แต่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง pH 7.0-8.5 ก่อนนำมาใช้จะต้องแช่ด้วยกรดอ่อนก่อน หรือรอให้มีการชะล้างโดยน้ำฝน เพื่อให้ค่าลดลง (อิทธิสุนทร นันทกิจ, 2538)

ในปัจจุบันการปลูกพรมญี่ปุ่นในประเทศไทยนิยมปลูกเป็นการค้า มีการใช้ปุ๋ยเคมีในรูปแบบเม็ดละลายช้า (ออสโมคอต) เพื่อใช้ในการให้ธาตุอาหารแก่การเจริญเติบโตของพรมญี่ปุ่น แต่ปุ๋ยเคมีที่ใช้ทั่วไปมีราคาค่อนข้างสูงและยังทำให้ดินเสื่อมสภาพเมื่อใช้เป็นเวลานาน เนื่องจากการใช้ปุ๋ยเคมีจะเร่งอัตราการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุในดิน ส่งผลให้โครงสร้างของดินเสื่อมลง

ดินจึงมีการอัดตัวแน่นไม่อุ้มน้ำ (อาณัฐ ตันโช, 2552) สอดคล้องกับ Jung and Yang (2000) รายงานว่า การใช้ปุ๋ยคอกอัตรา 1,600 กก./ไร่ ติดต่อกันเป็นเวลา 5 ปีจะทำให้คุณภาพของดินดีกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี โดยปุ๋ยเคมีทำให้ความหนาแน่นรวม (1.37 กรัม/ลบ.ซม.) มากกว่าการใช้ปุ๋ยคอก (1.22 กรัม/ลบ.ซม.) ในขณะที่ปุ๋ยคอกมีความพรุน (54.0%) การถ่ายเทอากาศ (0.41 ซม./วินาที) และการเกิดเม็ดดิน (45.6%) ที่มากกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี ในขณะที่ปุ๋ยคอกจากธรรมชาติเป็นที่นิยมเพราะช่วยให้วัสดุปลูกมีธาตุอาหารเพิ่มขึ้น โดยเป็นแหล่งสำคัญของไนโตรเจนและกำมะถัน มีการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชอย่างต่อเนื่องซ้ำ ๆ ทำให้ประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินเพิ่มขึ้น มีประสิทธิภาพในระยะเวลานานกว่าปุ๋ยเคมี และเป็นวัสดุที่หาได้ง่าย มีราคาถูก นอกจากนี้ปุ๋ยคอกยังช่วยปรับโครงสร้างของวัสดุปลูก คือ เพิ่มความพรุน การถ่ายเทอากาศ เป็นแหล่งพลังงานและสารอาหารของจุลินทรีย์ ทำให้จำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น (บัญชา รัตนทุ, 2552) เป็นประโยชน์แก่วัสดุปลูกมากยิ่งขึ้น เช่น การใช้สัสดิน : ทราย : ขี้เถ้าแกลบ : ปุ๋ยคอก 1 : 1 : 1 : 1 เป็นสูตรดินผสมที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของต้นดาวเรือง ทำให้ความสูงขนาดทรงพุ่ม ขนาดของดอก และจำนวนของดอกดีที่สุด โดยเฉพาะการปลูกในช่วงฤดูฝน (ประยงค์ ธรรมสุภา, 2555) ในขณะที่ต้นผีเสื้อ พบว่า วัสดุปลูกที่ประกอบด้วย ขุยมะพร้าว : มีเดีย : ปุ๋ยคอก อัตราส่วน 1 : 1 : 0.5 เป็นวัสดุปลูกที่ให้จำนวนดอกต่อต้นมากที่สุด (สมิตรา สุปินราช และคณะ, 2559) สำหรับไม้ดอกไม้กระถางทั่วไปควรใช้ ดินร่วน : ทราย : พีทมอส หรือ ใบไม้ผุ : ปุ๋ยคอกเก่า อัตราส่วน 4 : 2 : 2 : 1 และใช้สำหรับไม้ประดับในสถานเพาะชำที่ทำเป็นธุรกิจขนาดใหญ่ควรใช้ ดินร่วน : ทรายหยาบน้ำจืด : ปุ๋ยคอก (ขี้เถ้าแกลบ) : ขุยมะพร้าว อัตราส่วน 6 : 2.3 : 2.2 (หัตถชัย กลีโอฟาร, 2551) หรือการใช้ ขุยมะพร้าว : ทรายหยาบ : ดินร่วน : ปุ๋ยคอก สัดส่วน 1 : 1 : 2 : 1 ในการปักชำสับประดสีพันธุ์สการ์เล็ต (สมิตรา สุปินราช และอิศร์ สุปินราช, 2557) การใช้ปุ๋ยเคมีที่ควบคุมการปลดปล่อยธาตุอาหารอย่างสม่ำเสมอต่อเนื่องเป็นเวลายาวนาน เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ผู้ผลิตไม้ดอกไม้ประดับกระถางนิยมใช้เพราะใส่แค่ครั้งเดียว ต้นไม้ได้รับธาตุอาหารอย่างสม่ำเสมอ นานถึง 3 เดือน หรือ 6 เดือน จึงสะดวกและประหยัดแรงงาน ปลอดภัยต่อระบบรากพืช ไม่มีสารตกค้างในดิน ไม่ทำให้ดินแข็งหรือดินเสีย โดยสามารถใช้โรยบนวัสดุปลูก รองก้นกระถาง หรือผสมกับวัสดุปลูก อัตรา 2-4 กก. ต่อวัสดุปลูก 1 ลูกบาศก์เมตร

จากการสำรวจราคาต้นทุนในการผลิตพรมญี่ปุ่นจำหน่ายเป็นไม้กระถางโดยใช้ปุ๋ยออสโมโคต จากสวนพุดด่าง จ. นครปฐม และผู้ปลูกเลี้ยงเป็นงานอดิเรกในกลุ่มผู้ปลูกเลี้ยงพรมญี่ปุ่น พบว่า มีต้นทุนในการผลิตประมาณ 38 บาทต่อกระถางขนาด 6 นิ้ว แต่หากใช้ปุ๋ยคอกในการผลิตต้นพรมญี่ปุ่น จะมีต้นทุนในการผลิตประมาณ 35 บาทต่อกระถาง หากเราสามารถใส่ปุ๋ยคอกทดแทนปุ๋ยออสโมโคตจะสามารถลดต้นทุนในการผลิตได้ อีกทั้งยังช่วยในเรื่องของความอุดมสมบูรณ์ของวัสดุปลูกในระยะยาว ซึ่งพรมญี่ปุ่นเป็นพืชที่ไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนวัสดุปลูกบ่อยเหมือนพืชชนิดอื่น การศึกษาความเหมาะสมของวัสดุปลูกและปุ๋ยคอกชนิดต่าง ๆ ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพรมญี่ปุ่นและการเปลี่ยนแปลงของวัสดุปลูก จึงเป็นประโยชน์กับผู้ปลูกเลี้ยงในเชิงการค้า หรือระยะยาว โดยใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการตัดสินใจเลือกวัสดุปลูกที่เหมาะสมและต้นทุนต่ำ ดังนั้นการทดลองครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของวัสดุปลูกและปุ๋ยคอกต่อการเจริญเติบโตของพรมญี่ปุ่น และเปรียบเทียบต้นทุนในการผลิตพรมญี่ปุ่นเมื่อใช้ปุ๋ยคอกทดแทนปุ๋ยเคมี

วิธีการศึกษา

การเตรียมต้นกล้า

ทำการคัดเลือกต้นพรมญี่ปุ่นจากสวนพุดด่าง อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม ที่มีความสูงประมาณ 3.40-3.80 เซนติเมตร มีจำนวน 2 คูโบ และ 2 ขอบล้อ จากนั้นทำการตัดรากออกแล้วนำมาปักชำในขุยมะพร้าว ในโรงเรือนพรางแสง 60 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิเฉลี่ย 30-35 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60-70% ความเข้มแสง 150-220 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ ณ โรงเรือนปฏิบัติการภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ จนมีรากใหม่เกิดขึ้นโดยใช้เวลาประมาณ 2 สัปดาห์ จึงนำพืชเข้าสู่การทดลอง

การทดลองที่ 1 อิทธิพลของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตของพรมญี่ปุ่น

นำกระถางทดลองขนาด 6 นิ้ว มาทำการเตรียมวัสดุปลูกตามกรรมวิธีการทดลอง โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 5 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 5 ซ้ำ ๆ ละ 1 กระถาง กระถางละ 1 ต้น กรรมวิธีทั้ง 5 ได้แก่ 1) ขุยมะพร้าวที่ผ่านการหมัก (coconut coir) 2) ขี้เถ้าแกลบ (rice husk ash) 3) ขุยมะพร้าว (coconut coir) : ขี้เถ้าแกลบ (rice husk ash) ในอัตราส่วน 1 : 1 4) ขุยมะพร้าว (coconut coir) : กาบมะพร้าวสับ (coconut husk chips) ในอัตราส่วน 1 : 1 และ 5) ขุยมะพร้าว (coconut coir) : ขี้เถ้าแกลบ (rice husk ash) : กาบมะพร้าวสับ (coconut husk chips) ในอัตราส่วน 1 : 1 : 1 ทำการย้ายพืชปลูกลงในวัสดุปลูกตามกรรมวิธีทดลองแล้วนำไปวางไว้ในโรงเรือนที่มีการพรางแสง 80 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิเฉลี่ย 30-35 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60-70% ความเข้มแสง 150-220 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ ให้น้ำอัตรา 500 มิลลิลิตร/

กระถาง ทุก 2 วัน ใส่ปุ๋ยออกซิโมโคตรองกันหลุมทุกกระถางในอัตรา 11 กรัม บันทึกข้อมูลด้านการเจริญเติบโตของลำต้น ได้แก่ ความสูงทรงพุ่ม จำนวนข้อ จำนวนใบ จำนวนไหล ด้านคุณภาพดอกและราก ได้แก่ เส้นผ่านศูนย์กลางดอก จำนวนดอกต่อต้น และความยาวราก ด้านสมบัติทางกายภาพของวัสดุปลูก ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ความพรุน (porosity) เปอร์เซ็นต์ช่องว่างในอากาศ (aeration porosity) เปอร์เซ็นต์น้ำที่ยึดไว้ในช่องว่าง (water-retention porosity) โดยวิธีของ Spomer (1979)

สมบัติทางกายภาพของวัสดุปลูก

สมบัติทางกายภาพของวัสดุปลูกก่อนการทดลอง พบว่า ขุยมะพร้าว : กาบมะพร้าวสับ มีค่าความพรุน (62.5 เปอร์เซ็นต์) เปอร์เซ็นต์ช่องว่างในอากาศ (25.0 เปอร์เซ็นต์) และส่วนของน้ำที่ยึดไว้ในช่องว่างของวัสดุปลูก (37.5 เปอร์เซ็นต์) ที่มีค่าสูงกว่าวัสดุปลูกอื่น ๆ (Table 1)

Table 1 Physical properties of growing media using in this experiment.

Media	Porosity (%)	Aeration porosity (%)	Water-retention porosity (%)
Coconut coir	50.0	17.5	32.5
Rice husk ash	56.2	20.0	36.2
Coconut coir : rice husk ash	50.0	17.5	32.5
Coconut coir : coconut husk chips	62.5	25.0	37.5
Coconut coir : rice husk ash : coconut husk chips	56.2	22.5	33.7

การทดลองที่ 2 อิทธิพลของปุ๋ยคอกต่อการเจริญเติบโตของพรมญี่ปุ่น

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) กำหนดสิ่งทดลอง ประกอบด้วยปุ๋ย 5 สูตร ดังนี้ 1) ไม่ใส่ปุ๋ย 2) ปุ๋ยออกซิโมโคตรองกันหลุม ปริมาณ 11 กรัม (1.43 g N/pot, 1.43 g P₂O₅/pot, 1.43 g K₂O/pot) 3) ปุ๋ยมูลวัว ปริมาณ 77 กรัม (1.50 g N/pot, 3.09 g P₂O₅/pot, 0.40 g K₂O/pot) 4) ปุ๋ยมูลไก่ ปริมาณ 66 กรัม (1.5 g N/pot, 8.93 g P₂O₅/pot, 2.39 g K₂O/pot) และ 5) มูลไส้เดือน ปริมาณ 83 กรัม (1.49 g N/pot, 2.52 g P₂O₅/pot, 1.27 g K₂O/pot) โดยทุกกรรมวิธีได้รับไนโตรเจนใกล้เคียงกันที่ 1.50 g N/pot ใส่ปุ๋ยแค่ครั้งเดียวเท่านั้น แต่ละสูตรทำ 5 ซ้ำ ๆ ละ 1 กระถาง โดยเลือกใช้วัสดุปลูกที่เหมาะสมที่สุดซึ่งเป็นผลจากการทดลองที่ 1 ได้แก่ ขุยมะพร้าว : กาบมะพร้าวสับ อัตราส่วน 1 : 1 ผสมร่วมกับปุ๋ยสูตรต่าง ๆ บรรจุลงในกระถางพลาสติกสีดำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว ให้เต็มกระถาง จากนั้นนำต้นพรมญี่ปุ่นที่ได้จากการปักชำลงปลูกในกระถางที่เตรียมไว้ รดน้ำให้ชุ่ม ปริมาตร 500 มิลลิลิตรต่อกระถาง นำไปเพาะเลี้ยงในโรงเรือนที่มีการพรางแสง 80 เปอร์เซ็นต์ โดยให้น้ำ 2 วัน/ครั้ง บันทึกผลการเจริญเติบโต ด้านการเจริญเติบโตทางลำต้น ได้แก่ ความสูงทรงพุ่ม จำนวนข้อ จำนวนใบ และจำนวนไหล ด้านคุณภาพดอกและราก ได้แก่ เส้นผ่านศูนย์กลางดอก จำนวนดอกต่อต้น และความยาวราก เปรียบเทียบสีใบโดยใช้เครื่องวัดสี Color Meter ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น ColorQuest XE/ CQX 382

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ของข้อมูลทั้งสองการทดลอง และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของการทดลองโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรม Statistix 8

การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนในการผลิต

การคำนวณต้นทุนรวม

คิดจากราคาที่ซื้อมาใช้จริงต่อกระถาง ได้แก่ ราคาปุ๋ยต่อกระถาง ราคากระถาง ราคาต้นพืช และราคาวัสดุปลูกต่อกระถาง โดยราคาต้นพืชซื้อมาจากสวนพุดด่าง จ. นครปฐม ราคาต้นละ 20 บาท กระถางขนาด 6 นิ้ว ราคา 10 บาท ขุยมะพร้าวที่ใช้ต่อกระถาง ราคา 5 บาท ราคาปุ๋ยคิดตามราคาซื้อมาใช้ แล้วนำมาคิดราคาต่อกระถาง ตามสูตรดังนี้

$$\begin{aligned}\text{ต้นทุนรวม} &= \text{ราคาปุ๋ยต่อกระถาง} + \text{ราคากระถาง} + \text{ราคาต้นพืช} + \text{ราคาวัสดุปลูก} \\ \text{กำไร} &= \text{ราคาขาย} - \text{ราคาต้นทุนรวม}\end{aligned}$$

ผลการศึกษาและวิจารณ์

อิทธิพลของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตของพรมญี่ปุ่น การเจริญเติบโตทางลำต้น

จากการทดลอง พบว่า กรรมวิธีที่ใช้ขุยมะพร้าว : กาบมะพร้าวสับ อัตราส่วน 1 : 1 เป็นวัสดุปลูก ส่งผลให้การเจริญเติบโตทางด้านลำต้นสูงกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ ความสูงทรงพุ่ม จำนวนข้อ จำนวนใบ และจำนวนไหล โดยมีความสูงทรงพุ่มสูงสุด คือ 4.80 เซนติเมตร จำนวนข้อ 4.0 ข้อ จำนวนใบ 10.66 ใบ และจำนวนไหล 3.66 ไหล เมื่อปลูกลาน 16 สัปดาห์ (Figure 1 และ 2) อาจเป็นเพราะวัสดุปลูกมีสมบัติทางกายภาพในเรื่องความพรุน (62.5 เปอร์เซ็นต์) ช่องว่างในอากาศ (25.0 เปอร์เซ็นต์) และน้ำที่ยึดไว้ในช่องว่าง (37.5 เปอร์เซ็นต์) ที่สูงกว่าวัสดุปลูกอื่น (Table 2) ทำให้วัสดุปลูกมีความสามารถในการถ่ายเทอากาศได้ดี เพราะค่าความพรุนสูง และมีความสามารถในการอุ้มน้ำรวมถึงช่องว่างในอากาศที่สูง ส่งผลให้ต้นพรมญี่ปุ่นมีการเจริญเติบโตทางลำต้นได้ดี ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาผลของวัสดุต่าง ๆ ที่มีต่อการเจริญเติบโตของ กาบหอยแครง พบว่า การใช้กาบมะพร้าวสับผสมเพอร์ไลต์ อัตราส่วน 1 : 1 เป็นวัสดุปลูกที่ดีที่สุดในด้านความกว้างของทรงพุ่ม ความสูง ความยาวของแผ่นใบ ความกว้างแผ่นใบ ความยาวกาบใบ ความกว้างของกาบใบ จำนวนใบ และการรอดตาย (สวัสดิ พิมพิสุวรรณ, 2555) และการใช้ขุยมะพร้าวหมักเป็นวัสดุเพาะกล้าของแตงกวา พบว่า การใช้วัสดุเพาะกล้าเป็นขุยมะพร้าวหมักผสมกับขุยมะพร้าวขนาดเล็กและขนาดใหญ่ให้จำนวนวันเฉลี่ยในการงอกที่มากกว่าการใช้พีทมอสเพียงอย่างเดียว (สุเมธ รอดหิรัญ และธรรมศักดิ์ ทองเกต, 2557)



Figure 1 Growth of *Episcia cupreata* (Hook.) Hanst at 16th week after planting: 1) coconut coir, 2) rice husk ash, 3) coconut coir : rice husk ash ratio 1 : 1, 4) coconut coir : coconut husk chips ratio 1 : 1, and 5) coconut coir : rice husk ash : coconut husk chips ratio 1 : 1 : 1.

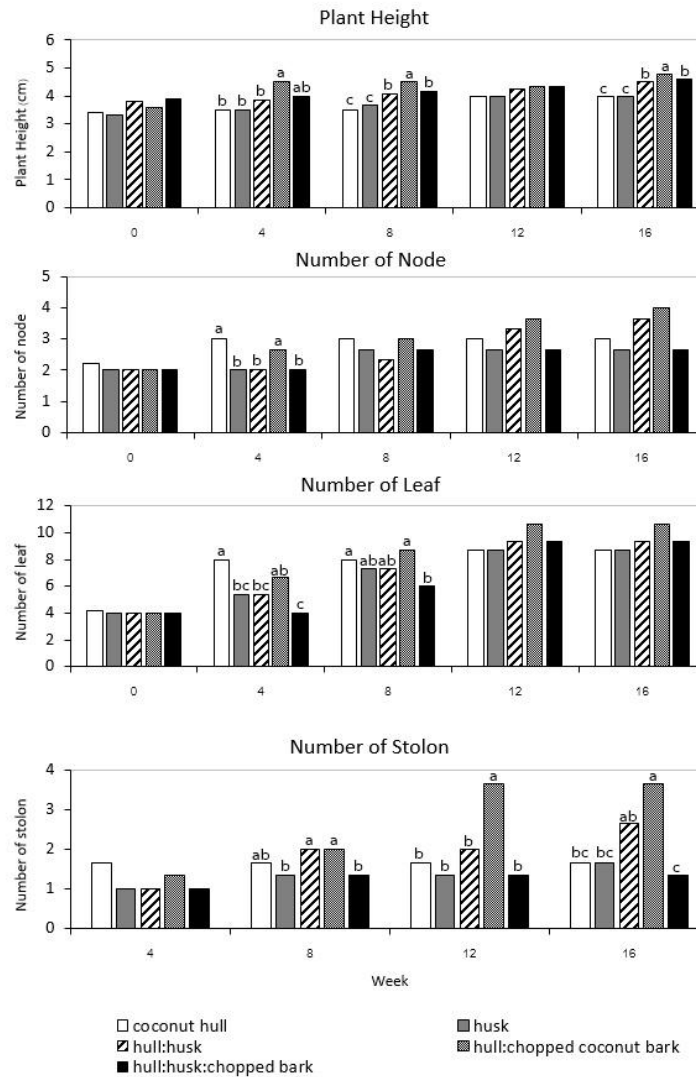


Figure 2 Growth of *Episcia cupreata* (Hook.) Hanst at 16th week after planting: means with the same letter above graph are not significantly different at $P < 0.05$ by least significant difference.

คุณภาพดอกและราก

จากการทดลองพบว่า กรรมวิธีที่ใช้ขุยมะพร้าว : กาบมะพร้าวสับ อัตราส่วน 1 : 1 เป็นวัสดุปลูก ส่งผลให้เส้นผ่านศูนย์กลางดอกมีความแตกต่างทางสถิติ โดยมีขนาด 2.13 เซนติเมตร ซึ่งมากกว่าการใช้ขุยมะพร้าวเพียงชนิดเดียวเป็นวัสดุปลูก (1.66 เซนติเมตร) เช่นเดียวกับในส่วนของคุณภาพราก พบว่า กรรมวิธีที่ใช้ขุยมะพร้าว : กาบมะพร้าวสับ และ ขุยมะพร้าว : ขี้เถ้าแกลบ : กาบมะพร้าวสับ ส่งผลให้มีความยาวรากสูงที่สุด คือ 14.33 และ 15.00 เซนติเมตร ตามลำดับ (Table 2 และ Figure 3) อาจเป็นเพราะวัสดุปลูกทั้งสองกรรมวิธีมีความพรุนสูง (62.5 และ 56.2 เปอร์เซ็นต์) และมีช่องว่างในการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนระหว่างอากาศในดินกับรากพืช (25.0 และ 22.5 เปอร์เซ็นต์) และส่วนของน้ำที่ยึดไว้ในช่องว่างของวัสดุปลูก (37.5 และ 33.7 เปอร์เซ็นต์) ที่มีค่าสูงกว่าวัสดุปลูกอื่น ๆ (Table 1) จึงส่งผลให้รากมีการเจริญเติบโตได้ดี และอาจเป็นเพราะว่าการใช้ขุยมะพร้าวเพียงอย่างเดียวทำให้วัสดุปลูกสามารถดูดซับน้ำได้ดี แต่ผุเร็วกว่าวัสดุปลูกชนิดอื่น ทำให้มีความชื้นแฉะจนเกินไป ในขณะที่การใช้กาบมะพร้าวสับมาเป็นส่วนผสมรวมด้วยสามารถดูดซับน้ำและความชื้นได้ดี วัสดุปลูก อากาศถ่ายเทได้ดีกว่า (บ้านและสวน, 2558) สอดคล้องกับรายงานของ Hongpakdee and Ruamrungsri (2015) ที่ชี้ให้เห็นว่า การใช้ขุยมะพร้าวเพิ่มลงในวัสดุปลูกทำให้เปอร์เซ็นต์ความพรุนของบรรจุอากาศ (air-filled porosity) เพิ่มขึ้น และทำให้การเจริญเติบโตของดาวเรืองสายพันธุ์ 'Antigua Yellow' เพิ่มขึ้นกว่ากรรมวิธีที่ไม่ได้ใส่ขุยมะพร้าว นอกจากนี้การใช้ขุยมะพร้าวผสมในสัดส่วน 70% โดยปริมาตร ทำให้คุณภาพดอกดาวเรืองสูงขึ้น

Table 2 Flower quality and root growth of *Episcia cupreata* (Hook.) Hanst at 16th week after planting.

Media	Days to flower (days)	Diameter of flower (cm)	Root length (cm)
Coconut coir	48.5	1.66b ^{1/}	7.30b ^{1/}
Rice husk ash	56	1.93ab	8.16b
Coconut coir : rice husk ash	72	2.03a	7.00b
Coconut coir : coconut husk chips	81	2.13a	14.33a
Coconut coir : rice husk ash : coconut husk chips	79	2.03a	15.00a
CV (%)	18.97	8.12	28.95
LSD _{0.05}	ns	0.28	5.54

^{1/} Means with the same letter within column are not significantly different at P<0.05 by least significant difference.

ns = not significant at P<0.05.



Figure 3 Root growth of *Episcia cupreata* (Hook.) Hanst at 16th week after planting: 1) coconut coir, 2) rice husk ash, 3) coconut coir : rice husk ash ratio 1 : 1, 4) coconut coir : coconut husk chips ratio 1 : 1, and 5) coconut coir : rice husk ash : coconut husk chips ratio 1 : 1 : 1.

อิทธิพลของปุ๋ยคอกต่อการเจริญเติบโตของพรมญี่ปุ่น

การเจริญเติบโตทางลำต้น

จากการทดลองพบว่า กรรมวิธีที่มีการใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือน ส่งผลให้ความสูงทรงพุ่มมากที่สุด คือ 5.50 เซนติเมตร ซึ่งแตกต่างกับกรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับจำนวนข้อต่อต้นและจำนวนใบต่อต้น แต่ไม่มีความแตกต่างจากการใช้ปุ๋ยมูลไก่ ซึ่งส่งผลต่อจำนวนไหลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 3 ไหลต่อต้น (Table 3 และ Figure 4) อาจเป็นเพราะปุ๋ยมูลไส้เดือนดินมีฮิวมิกเป็นองค์ประกอบ ซึ่งมีผลเร่งการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากมีคุณสมบัติคล้ายกับฮอร์โมนพืชออกซิน (auxin) เป็นฮอร์โมนพืชที่ทำหน้าที่กระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช (Muscolo, 1999) โดยฮิวมิกที่เป็นส่วนประกอบของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนจะทำหน้าที่ในการกักเก็บธาตุอาหารพืชให้อยู่ในรูปโมเลกุลของฮิวมิก และจะถูกปลดปล่อยออกมาให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชอย่างช้า ๆ และในปุ๋ยมูลไก่ นอกจากจะมีธาตุไนโตรเจน ยังมีธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในปริมาณที่สูงกว่าปุ๋ยคอกชนิดอื่น ๆ ซึ่งช่วยกระตุ้นให้พืชมีการเจริญเติบโตทางลำต้น ใบ และไหล ช่วยให้พืชแข็งแรงและเจริญเติบโตได้ดี สอดคล้องกับงานทดลองของ Prado (2013) ที่พบว่า การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินในการปลูกผักกาดขาวปลีทำให้ความสูงของต้น จำนวนใบ และพื้นที่ใบมากกว่าการใส่ปุ๋ยยูเรีย แสดงให้เห็นว่า ปุ๋ยคอกนั้นมีการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นพรมญี่ปุ่นได้ดีกว่าปุ๋ยเคมี อาจเป็นเพราะปุ๋ยคอกมีความพรุน (54.0%) การถ่ายเทอากาศ (0.41 ซม./วินาที) และมีการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชอย่างต่อเนื่องช้า ๆ ทำให้ประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินเพิ่มขึ้น มีประสิทธิภาพในระยะเวลานานกว่าปุ๋ยเคมี

นอกจากนี้ปุ๋ยคอกยังเป็นแหล่งพลังงานและสารอาหารของจุลินทรีย์ ทำให้จำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น (บัญชา รัตนหุ, 2552) ซึ่งปุ๋ยคอกมีความเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นวัสดุปลูกของไม้ดอกไม้ประดับหลายชนิด เช่น บีโกเนีย กลีอกซีเนีย ฟีเลีย สับปะรดสี และดาวเรือง เป็นต้น (สมเพียร เกษมทรัพย์, 2524; มุกดา สุขสวัสดิ์, 2547; สุมิตรา สุปินราช และคณะ, 2559; ประยงค์ ธรรมสุภา, 2555; สุมิตรา สุปินราช และอิศร์ สุปินราช, 2557)

Table 3 Growth of *Episcia cupreata* (Hook.) Hanst during planting in the different manure at 16th week after planting.

Type of fertilizer	Growth of <i>Episcia cupreata</i>			
	Plant height (cm)	Number of nodes	Number of stolons	Number of leaves
No fertilizer	3.83cd ^{1/}	3.40b ^{1/}	2.00bc	7.20d ^{1/}
Osmocote (13-13-13)	3.32d	2.60c	2.33b	8.80c
Cow manure	4.10bc	3.40b	1.66c	10.80b
Chicken manure	4.70b	5.00a	3.00a	12.40a
Vermicompost	5.50a	5.60a	2.00bc	12.40a
CV (%)	13.46	12.25	16.60	9.88
LSD _{0.05}	0.76	0.65	0.66	1.34

^{1/} Means with the same letter within column are not significantly different at P<0.05 by least significant difference.



Figure 4 Growth of *Episcia cupreata* (Hook.) Hanst at 16th week after planting: 1) no fertilizer, 2) Osmocote 13-13-13, 3) cow manure, 4) chicken manure, and 5) vermicompost.

ด้านคุณภาพดอกและราก

จากการศึกษา พบว่า ชนิดปุ๋ยไม่มีผลต่อจำนวนวันที่ดอกแรกบาน และเส้นผ่านศูนย์กลางดอกของพรมญี่ปุ่น โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 50-89.60 วัน และ 7.00-16.00 เซนติเมตร แต่กรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยกลับพบว่า มีจำนวนวันในการบานของดอกแรกเร็วที่สุด อาจเนื่องมาจากพืชเกิดความเครียดจึงมีการบานดอกที่เร็วกว่ากรรมวิธีอื่น ในขณะที่การให้ปุ๋ยออสโมโคตมีการปลดปล่อยธาตุอาหารในรูปที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้รวดเร็วกว่าปุ๋ยคอกทุกชนิด จึงทำให้กรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยคอกมีจำนวนวันในการบานของดอกแรกช้ากว่า (Table 4 และ Figure 5) ในขณะที่ปุ๋ยมูลไก่ส่งผลต่อคุณภาพราก ทำให้มีความยาวรากที่สูงกว่ากรรมวิธีอื่นคือ 16.00 เซนติเมตร อาจเป็นเพราะว่าในปุ๋ยมูลไก่ ประกอบด้วยธาตุ P₂O₅ (8.93 กรัมต่อกระถาง) และ K₂O (2.39 กรัมต่อกระถาง) ที่สูงกว่าปุ๋ยชนิดอื่น ๆ ซึ่งธาตุทั้งสองมีส่วนช่วยกระตุ้นให้พืชมีการเจริญเติบโตของราก ช่วยให้พืชแข็งแรงต้านทานโรค อีกทั้งปุ๋ยคอกนั้นยังมีการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นพรมญี่ปุ่นได้ดีกว่าปุ๋ยเคมี อาจเป็นเพราะปุ๋ยคอกทำให้ดินมีโครงสร้างที่ดีขึ้น ทั้งการระบายน้ำและระบายอากาศ นอกจากนี้ยังทำให้เกิดการปลดปล่อยธาตุอาหาร ทั้งธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองอย่างช้า ๆ ทำให้พืชมีการเจริญเติบโต โดยเฉพาะส่วนของรากหาอาหารมากขึ้น ทำให้การเจริญเติบโตส่วนเหนือดินมีค่าเพิ่มขึ้น (ยงยุทธ ไสยสุภา และคณะ, 2554)

Table 4 Flower qualities and root growth of *Episcia cupreata* (Hook.) Hanst at 16th week after planting.

Type of fertilizer	Days to the first floret opening (days)	Diameter of flower (cm)	Root length (cm)
No fertilizer	50.00	2.00	7.00c ^{1/}
Osmocote (13-13-13)	66.00	2.10	7.26c
Cow manure	89.60	1.94	9.00bc
Chicken manure	82.66	2.06	16.00a
Vermicompost	74.33	2.06	11.00ab
CV (%)	28.32	6.64	23.65
LSD _{0.05}	ns	ns	4.40

^{1/} Means with the same letter within row are not significantly different at $P < 0.05$ by least significant difference.

ns = non-significant at $P < 0.05$.



Figure 5 Root growth of *Episcia cupreata* (Hook.) Hanst at 16th week after planting: 1) no fertilizer, 2) Osmocote 13-13-13, 3) cow manure, 4) chicken manure, and 5) vermicompost.

ด้านคุณภาพสีใบ

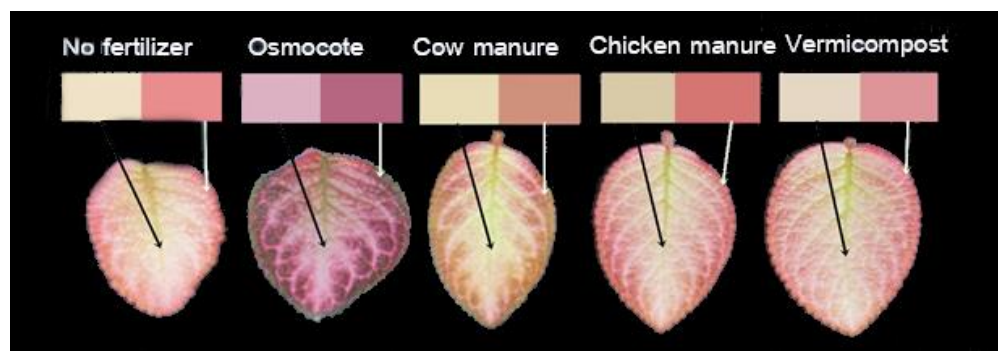
ปุ๋ยชนิดต่าง ๆ ส่งผลให้เกิดความแตกต่างของสีของใบต้นพรมญี่ปุ่น โดยพบว่า บริเวณขอบใบและบริเวณกลางใบของต้นพรมญี่ปุ่น มีค่า a^* อยู่ในทิศทางสีแดง และ b^* อยู่ในทิศทางสีเหลือง โดยลักษณะสีใบต้นพรมญี่ปุ่นที่ไม่ใส่ปุ๋ยมีสีเหลืองครีม ขอบชมพูอมแดง ส่วนต้นพรมญี่ปุ่นที่ใส่ปุ๋ยออสโมคอตมีสีม่วงอ่อน ขอบม่วงเข้ม แต่สีใบต้นพรมญี่ปุ่นที่ใส่ปุ๋ยมูลวัวมีสีเหลือง ขอบส้มอมน้ำตาล ในขณะที่สีใบต้นพรมญี่ปุ่นที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่มีสีเหลืองครีม ขอบชมพูอมแดง และสีใบต้นพรมญี่ปุ่นที่ใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือนมีสีเหลืองครีม ขอบชมพูอมแดง (Table 5 และ Figure 5) จากค่าสีของใบจะเห็นได้ว่าปุ๋ยออสโมคอตหรือปุ๋ยเคมีจะทำให้ใบมีสีที่เข้มกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย และการใส่ปุ๋ยคอก อาจเนื่องมาจากธาตุไนโตรเจนและกำมะถันที่อยู่ในปุ๋ยออสโมคอตมีการปลดปล่อยธาตุอาหารได้เร็วกว่าปุ๋ยคอก ซึ่งธาตุทั้งสองส่งผลต่อความเข้มของสีใบ โดยเป็นองค์ประกอบหลักของโปรตีนและสารแอนโทไซยานินที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสีใบ โดยออสโมคอตประกอบด้วย แอมโมเนียมไนเตรต แอมโมเนียมฟอสเฟต แคลเซียมฟอสเฟต และโพแทสเซียมซัลเฟต (บริษัท โซตัส จำกัด) ซึ่งอยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ได้โดย แต่ปุ๋ยมูลสัตว์จะต้องเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ก่อน ธาตุไนโตรเจนหรือกำมะถันจึงจะอยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ได้ (Sonneveld and Voogt, 2009) จึงทำให้มีสีใบที่เข้มกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย หรือการใส่ปุ๋ยคอก แต่ต้นพรมญี่ปุ่นที่ใส่ปุ๋ยออสโมคอตหรือปุ๋ยเคมีจะเริ่มไหม้ การเกิดใบใหม่ช้าลงแตกต่างจากการใส่ปุ๋ยคอก จะเห็นได้ว่าต้นพรมญี่ปุ่นที่ใส่ปุ๋ยคอกนั้นมีเจริญเติบโตทางลำต้น และการเกิดไหลที่เพิ่มขึ้น ถึงแม้ว่าสีของใบจะมีความเข้มน้อยกว่าต้นที่ใส่ปุ๋ยออสโมคอต อาจเป็นเพราะปุ๋ยคอกมีการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชอย่างต่อเนื่องและช้า ๆ จึงมีประสิทธิภาพในระยะเวลานานกว่าปุ๋ยเคมี (มุกดา สุขสวัสดิ์, 2561)

Table 5 Leaf color (L*, a*, และ b*) of *Episcia cupreata* (Hook.) Hanst during planting at 16th week after planting.

Type of fertilizer	Leaf color					
	Leaf margin			Leaf middle		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
No fertilizer	63.83a ^{1/}	23.83a ^{1/}	22.66a ^{1/}	74.66 ^{1/}	4.33cd ^{1/}	12.16a ^{1/}
Osmocote (13-13-13)	37.16b	6.33b	4.83E	82.33	6.50ab	5.66c
Cow manure	56.16ab	8.16b	13.66c	91.50	4.00d	8.50bc
Chicken manure	38.16b	21.33a	10.16d	76.80	7.33a	10.33ab
Vermicompost	58.50a	16.33a	17.33b	82.50	5.33bc	12.00a
CV (%)	21.75	28.09	12.04	12.76	12.20	17.50
LSD _{0.05}	20.09	7.76	3.00	ns	1.22	3.09

^{1/} Means with the same letter within row are not significantly different at P<0.05 by least significant difference.

ns = non-significant at P<0.05.

Figure 6 Leaf color of margin and middle of *Episcia cupreata* (Hook.) Hanst at 16th week after planting.

มูลค่าและต้นทุนการผลิตพรมญี่ปุ่น

ต้นพรมญี่ปุ่นมีราคาประมาณ 10-100 บาทต่อต้น ขึ้นอยู่กับลักษณะของสีใบ ดอก และทรงพุ่มในการปลูกเลี้ยงของแต่ละสายพันธุ์ หรือมีการเพิ่มมูลค่าโดยการนำมาจัดเป็นชุดจำหน่าย เช่น ชุดพรมญี่ปุ่นในกระถาง 5 นิ้ว ทั้งหมด 5 กระถาง 6 สายพันธุ์ มีดอกสีชมพู สีชมพูลายจุดสีแดง และดอกสีม่วง ราคาชุดละ 500 บาท การปลูกพรมญี่ปุ่นในประเทศไทยนิยมปลูกเป็นการค้า มีการใช้ปุ๋ยเคมีในรูปแบบเม็ดละลายช้าหรือออสโมโคต เพื่อใช้ในการให้อาหารแก่การเจริญเติบโตของพรมญี่ปุ่น ซึ่งต้นทุนในการผลิตพรมญี่ปุ่นโดยใช้ปุ๋ยออสโมโคต ในกระถางขนาด 6 นิ้ว ประมาณ 38 บาทต่อกระถาง เมื่อจำหน่ายในราคา 50-80 บาทต่อกระถาง จะได้กำไร 12-42 บาท (Table 6) หากใช้ปุ๋ยคอกในการผลิตต้นพรมญี่ปุ่น จะมีต้นทุนในการผลิตรวมอยู่ที่ประมาณ 36 บาทต่อกระถาง โดยปุ๋ยขี้วัวและขี้ไก่สามารถให้กำไรต่อกระถางอยู่ที่ 15-45 บาท จะเห็นได้ว่าหากเราสามารถให้ปุ๋ยคอกทดแทนปุ๋ยออสโมโคตจะช่วยลดต้นทุนในการผลิตพรมญี่ปุ่น เพื่อจำหน่ายเป็นการค้าไปได้เกือบ 3 บาทต่อกระถาง สามารถลดต้นทุนได้ถึง 9 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงของการเจริญเติบโตช่วงแรกตั้งแต่ย้ายต้นกล้าปลูกลงในกระถางจนกระทั่งหลังปลูกนาน 16 สัปดาห์

Table 6 Comparison of prices, costs, and profits of *Episcia cupreata* (Hook.) Hanst production.

Type of fertilizer	Prices of fertilizer (Baht/kg)	Prices of fertilizer (Baht/pot)	Costs (Baht)	Profit (Baht/pot)
Osmocote	300	3.30	38.30 (0%) ^{1/}	12 - 42
Vermicompost	20	1.60	36.60 (4%)	13 - 43
Chicken manure	1.9	0.12	35.12 (9%)	15 - 45
Cow manure	1.0	0.07	35.07 (9%)	15 - 45

Note: Data from the real prices was used in this research.

^{1/} Mean the percentage of decreased cost.

สรุปผลการศึกษา

วัสดุปลูกที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นพรมญี่ปุ่นมากที่สุด คือ ขุยมะพร้าวผสมกับกาบมะพร้าวสับ อัตราส่วน 1 : 1 ในด้านความสูงทรงพุ่ม จำนวนข้อ จำนวนใบ จำนวนไหลต่อต้น เส้นผ่านศูนย์กลางดอก และความยาวราก และเมื่อใส่มูลไก่ทำให้การเจริญเติบโตทางลำต้น ในด้านของจำนวนข้อ จำนวนใบ จำนวนไหล และความยาวราก ดีกว่าการใส่ปุ๋ยชนิดอื่น ดังนั้นการใส่มูลไก่เป็นส่วนผสมในวัสดุปลูกสามารถปลูกต้นพรมญี่ปุ่นได้นานถึง 16 สัปดาห์ โดยไม่ต้องมีการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่ม ช่วยลดต้นทุนในการผลิตต้นพรมญี่ปุ่นได้ประมาณ 3 บาทต่อกระถาง หรือประมาณ 9 เปอร์เซ็นต์ เหมาะสำหรับการผลิตเพื่อเป็นการค้า และผู้ปลูกเลี้ยงที่ไม่ค่อยมีเวลาดูแลรักษาต้นไม้มากนัก เพราะเป็นการใส่ปุ๋ยเพียงครั้งเดียว พืชสามารถเจริญเติบโตได้นานประมาณ 4 เดือน

เอกสารอ้างอิง

- นฤมล ประสานไมตรี. 2535. *ไม้กระถาง*. เชียงใหม่: เฟื่องฟ้าเนอสเซอรี่.
- บัญชา รัตนพ. 2552. ปุ๋ยอินทรีย์พื้นฟูสภาพดิน. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์* 1: 1-14.
- บ้านและสวน. 2558. พรมก้ามหอย. http://book.baanlaesuan.com/plant-library/carpet_plant (25 พฤษภาคม 2561).
- ประภาพรรณ กระจำเลิศ. 2557. การศึกษาอิทธิพลของวัสดุปลูกและระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโตของแพงพวยเลี้ยง. *วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต*. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ประยงค์ ธรรมสุภา. 2555. การศึกษาวัสดุปลูกที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของดาวเรือง. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์* 7(1): 26-31.
- มุกดา สุขสวัสดิ์. 2547. *วัสดุปลูกไม้ดอกไม้ประดับ*. กรุงเทพฯ: บ้านและสวน อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.
- มุกดา สุขสวัสดิ์. 2561. *วัสดุปลูกไม้ดอกไม้ประดับ (ฉบับปรับปรุง)*. กรุงเทพฯ: บ้านและสวน อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.
- ยงยุทธ โอสดสภา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชวลิต ธงประยูร. 2554. *ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สมเพียร เกษมทรัพย์. 2524. *ไม้ดอกกระถาง*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์อักษรพิทย.
- สมเพียร เกษมทรัพย์. 2526. *ไม้ดอกกระถาง*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สวัสดิ์ พิมพ์สุวรรณ. 2555. ผลของวัสดุปลูกชนิดต่าง ๆ ที่มีต่อการเจริญเติบโตของกาบหอยแครง. *โครงการงานวิจัยคณะเทคโนโลยีการเกษตร*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. น.19-21.
- สมิตรา สุปินราช และอิสร์ สุปินราช. 2557. การศึกษาวัสดุปลูกสำหรับประดับสวน 'สคาร์เล็ต สตาร์'. ใน *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 52: สาขาพืช*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สมิตรา สุปินราช, รัชณิพร ศรีวันชัย และอิสร์ สุปินราช. 2559. ผลวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตและการออกดอกของผีเสื้อ. *วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์* 3(พิเศษ): 77-82.
- สุเมธ รอดนิริญ และธรรมศักดิ์ ทองเกต. 2557. การพัฒนาขุยมะพร้าวหมักเป็นวัสดุเพาะต้นกล้าแตงกวา. *วารสารแก่นเกษตร* 3: 835-839.
- หัตถ์ชัย กลิโอฟาร์. 2551. *วิชาการจัดการสถานเพาะชำ*. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- อรดี สหวัชรินทร์. 2534. *เทคโนโลยีการผลิตปิโตรเคมีประเภทมีเหง้า เทคโนโลยีการผลิตไม้ดอกไม้ประดับ*. กรุงเทพฯ: สมาคมไม้ประดับแห่งประเทศไทย.
- อาณัฐ ตันโช. 2552. *คู่มือการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (ไฮโดรโปนิกส์)*. พิมพ์ครั้งที่ 3. เชียงใหม่: Trio Advertising & Media Co.,Ltd.
- อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2538. *การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Hydroponics)*. กรุงเทพฯ: คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- Hongpakdee, P., and Ruamrungsri, S. 2015. Water use efficiency, nutrient leaching, and growth in potted marigolds affected by coconut coir dust amended in substrate media. *Horticulture, Environment, and Biotechnology* 56: 27-35.
- Jung, K. Y., and Yang, J. E. 2000. Recycling technology of livestock wastes. In *International Seminar on Issues in the Management of Agricultural Resources in Commemoration of FFTC 30th Anniversary*, September 6-8, 2000. National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC.
- Muscolo, A., Bovalo, F., Gionfriddo, F., and Nardi, S. 1999. Earthworm humic matter produces auxin-like effects on *Daucus carota* cell growth and nitrate metabolism. *Soil Biology and Biochemistry* 31: 1303-1311.
- Prado, A. J. 2013. Effect of organic fertilizer on the growth performance of *Brassica rapa* under La Union, Philippines. <http://eisrj.com/journalsabstract.html?id=10stat=2&vol=5&issue=4> (2 April 2018).
- Sonneveld, C., and Voogt, W. 2009. *Plant nutrition of greenhouse crops*. New York: Springer Science + Business Media.
- Spomer, L. A. 1979. Three simple demonstrations of the physical effects of soil amendment. *HortScience* 14: 75-77.
- Yahya, A., Shaharom, A. S., Mohamad, R. B., and Selamat, A. 2009. Chemical and physical characteristics of cocopeat-based media mixtures and their effects on the growth and development of *Celosia cristata*. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* 4(1): 63-71.

วันรับบทความ (Received date) : 19 เม.ย 63

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 10 มิ.ย. 63

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 29 มิ.ย. 63

การจำแนกความเหมาะสมของดินอัลติซอลส์และแอลฟิซอลส์ในสวนลองกอง อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์

Soil Suitability Classification of Ultisols and Alfisols in Longkong Grove,
Laplae District, Uttaradit Province

กรกนก ดีพรมกุล¹ นิวัต อนงค์รักษ์¹ และสุนทร คำยอง²
Kornkanok Deepromkul¹, Niwat Anongrak¹ and Soontorn Khamyong²

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการเปรียบเทียบลักษณะดินอัลติซอลส์ 3 บริเวณ และแอลฟิซอลส์ 3 บริเวณ ในสวนลองกอง อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ ซึ่งมีการปลูกลองกองมากที่สุดในภาคเหนือของประเทศไทย เพื่อหาสมบัติและความเหมาะสมของดินสำหรับปลูกลองกอง ใช้การศึกษาพื้นฐานวิทยา สมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของดิน เพื่อประเมินความอุดมสมบูรณ์และจำแนกชั้นความเหมาะสมของดินสำหรับปลูกลองกอง รวมทั้งหาปริมาณการสะสมธาตุอาหารในดินสำหรับการประเมินการเติบโตของลองกอง ผลการศึกษาพบว่า ดินทุกบริเวณเป็นดินลึกถึงลึกมาก เนื้อดินบนเป็นดินร่วนถึงดินร่วนเหนียว เนื้อดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวถึงดินเหนียว ปริมาณกรดในชั้นดินบนของดินแอลฟิซอลส์มีมากกว่าดินอัลติซอลส์ โดยดินอัลติซอลส์จำแนกได้เป็นกลุ่มดินย่อย Typic Paleustults และ Typic Haplustults ส่วนดินแอลฟิซอลส์จำแนกได้เป็นกลุ่มดินย่อย Ultic Paleustalfs และ Ultic Haplustalfs พีเอชดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน ค่าอัตราย่อยละลายความอิ่มตัวเบสและการสะสมธาตุอาหารในดินอัลติซอลส์มีค่าต่ำกว่าดินแอลฟิซอลส์ ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ทั้งสองอันดับมีค่าใกล้เคียงกัน ความอุดมสมบูรณ์ของดินในดินแอลฟิซอลส์อยู่ในระดับสูงกว่าดินอัลติซอลส์ ส่งผลให้การเติบโตของต้นลองกองในดินอัลติซอลส์น้อยกว่าดินแอลฟิซอลส์อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) แต่มีข้อจำกัดเรื่องสภาพพื้นที่และปริมาณกรดดินแอลฟิซอลส์จัดอยู่ในชั้นที่ไม่ค่อยเหมาะสม ส่วนดินอัลติซอลส์มีความเหมาะสมปานกลาง หากต้องการใช้ที่ดินให้เหมาะสมยิ่งขึ้น ควรมีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำร่วมด้วย

คำสำคัญ: อัลติซอลส์ แอลฟิซอลส์ ลองกอง สมบัติดิน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน

Abstract

This main objective of this study were: 1) to compare the soil characteristics of Ultisols from three representative areas and Alfisols from three representative areas in Longkong Grove, Laplae district, Uttaradit province, which is the largest area of Longkong cultivation in Northern Thailand, and 2) to determine the soil properties most suitable for planting Longkong. The various soils studied were assessed for soil morphology, physicochemical properties, fertility, and nutrients, and they were classified according to suitability for Longkong cultivation. The results showed that all pedons were deep to very deep. The soil texture was loam to clay loam in top soils, and clay loam to clay in subsoils. The gravel content found in the top soils of Alfisols was higher than that of Ultisols. Ultisols were classified into two subgroups, Typic Paleustults and Typic Haplustults, while Alfisols were classified into Ultic Paleustalfs and Ultic Haplustalfs. Soil pH, organic matter content, cation exchange capacity, base saturation percentage and soil nutrient levels in the top soils and subsoils of Ultisols were lower than those found for Alfisols. Available phosphorus and potassium in the top soils and subsoils of these soil types were nearly the same. With regard to soil fertility, Alfisols proved to be more fertile than Ultisols, and this was reflected in the Longkong growth data, where it was seen that Longkongs grown in Ultisol soil showed significantly lower growth than did Longkongs grown in Alfisol soil ($P \leq 0.05$). However, Alfisols showed topographical and gravel content-related limitations, and were thus judged to be only slightly suitable for Longkong cultivation, whereas Ultisols came in as moderately suitable. Another finding was that in general, soil and water conservation measures are required to improve land suitability for the cultivation of Longkongs in the groves of Laplae district, Uttaradit province, Thailand.

Keywords: Ultisols, Alfisols, Longkong, soil properties, soil fertility

¹ ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ. เมือง จ. เชียงใหม่ 50200

² ภาควิชาเกษตรที่สูงและทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ. เมือง จ. เชียงใหม่ 50200

¹ Plant and Soil Sciences Department, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Muang, Chiang Mai 50200

² Highland Agriculture and Natural Resources Department, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Muang, Chiang Mai 50200

*Corresponding author, Email: kornkanok.nayy@gmail.com

คำนำ

ลองกอง (*Lansium domesticum* Corr.) จัดอยู่ในวงศ์ Meliaceae เป็นผลไม้เมืองร้อน จัดเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญที่มีชื่อเสียงและได้รับความนิยมเป็นอย่างมากทั้งชาวไทยและชาวต่างประเทศ เนื่องจากมีกลิ่นหอม รสหวาน เปลือกบาง เมล็ดน้อย มียางน้อย ยางไม่เหนียวติดมือ ดังนั้นการจะปลูกลองกองให้เจริญเติบโตและให้ผลผลิตดี ควรปลูกในพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับทะเลปานกลางไม่เกิน 650 เมตร มีสภาพอากาศร้อนชื้น อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 25-30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูง ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงกรดเล็กน้อย และควรมีแหล่งน้ำเพียงพอตลอดช่วงฤดูแล้ง (สุเทพ โสมภีร์, 2549; สถาบันวิจัยพืชสวน, 2561)

จังหวัดอุดรธานี เป็นแหล่งปลูกลองกองที่มีเนื้อที่มากที่สุดในเขตภาคเหนือและเป็นอันดับสี่ของประเทศไทย โดยมีเนื้อที่ปลูก 27,376 ไร่ เนื้อที่เก็บเกี่ยวผลผลิต 23,912 ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561) พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในอำเภอลับแล สภาพพื้นที่ปลูกส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ดอนและภูเขา ความสูงจากระดับทะเลปานกลาง 80-680 เมตร ความลาดชัน 5-100 เปอร์เซ็นต์ (พจนีย์ แสงมณี และคณะ, 2554) พื้นที่ปลูกลองกองที่ทำการศึกษาคือพื้นที่ดอน ซึ่งจากการศึกษารายงานการสำรวจดินประกอบกับแผนที่ชุดดินจากกรมพัฒนาที่ดินและการสำรวจดินในพื้นที่ศึกษาทำให้สามารถจำแนกพื้นที่ปลูก โดยส่วนใหญ่อยู่ในสองอันดับดิน คือ ดินอัลทิซอลส์ (Ultisols) และแอลฟิซอลส์ (Alfisols) (สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 8, 2552; Soil Survey Staff, 2014) การศึกษานี้เพื่อเปรียบเทียบลักษณะดินอัลทิซอลส์และแอลฟิซอลส์ในสวนลองกองที่มีอายุ 10, 15 และ 20 ปี เนื่องจากลองกองจะเริ่มให้ผลผลิตคงที่เมื่อมีอายุ 10 ปีขึ้นไป แล้วทำการจำแนกความเหมาะสมของดิน (soil suitability classification) สำหรับลองกอง โดยใช้หลักเกณฑ์จากคู่มือการจำแนกความเหมาะสมของดินสำหรับพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย กรมพัฒนาที่ดิน เป็นการกำหนดหมวดหมู่ความสามารถของดินให้สอดคล้องกับข้อมูลการจำแนกดินในระบบอนุกรมวิธานดิน (soil taxonomy) (กองสำรวจและจำแนกดิน, 2543) เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจของเกษตรกรสำหรับปลูกลองกองในพื้นที่ที่มีลักษณะดินคล้ายคลึงกับดินที่ทำการศึกษ เปรียบเทียบความอุดมสมบูรณ์และความเหมาะสมของดินสำหรับปลูกลองกองที่มีผลต่อการเติบโตมีความเปลี่ยนแปลงอย่างไรบ้างตามช่วงอายุของลองกอง และเป็นแนวทางการจัดการดินในการปลูกพืชให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

วิธีการศึกษา

การเก็บตัวอย่างดิน

สำรวจพื้นที่เบื้องต้นโดยใช้แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ลำดับชุด L7018 ระวังแผนที่ 5044III (จังหวัดอุดรธานี) (กรมแผนที่ทหาร, 2542) แผนที่ธรณีวิทยา แผนที่ชุดดินมาตราส่วน 1:100,000 แผนที่สภาพการใช้ที่ดิน ซึ่งแสดงพื้นที่ปลูกลองกองจากกรมพัฒนาที่ดิน (สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 8, 2552) จากนั้นทำการสำรวจพื้นที่โดยสุ่มเจาะสวนตามขอบเขตแผนที่ชุดดินในพื้นที่ศึกษาจนถึงระดับความลึก 2 เมตร หรือจนถึงชั้นหินพื้น เพื่อนำมาเปรียบเทียบลักษณะดินที่ทำการสำรวจได้กับแผนที่ชุดดิน จากนั้นเลือกพื้นที่สวนลองกอง ในอำเภอลับแล จังหวัดอุดรธานี จำนวน 6 บริเวณ แบ่งเป็นพื้นที่ในดินอัลทิซอลส์ 3 บริเวณ และดินแอลฟิซอลส์ 3 บริเวณ โดยพื้นที่ศึกษาจะเป็นพื้นที่ที่มีการจัดการที่เหมือนกัน ทั้งการไถพรวนและการตัดแต่งกิ่ง

ศึกษาลักษณะของดินโดยชุดหลุมดินในพื้นที่ดินอัลทิซอลส์ 3 บริเวณ ที่ปลูกลองกองอายุ 10, 15 และ 20 ปี และในพื้นที่ดินแอลฟิซอลส์ 3 บริเวณ ที่ปลูกลองกองอายุ 10, 15 และ 20 ปี ขนาดหลุมมีหน้าตัดกว้าง 1.5 เมตร ยาว 2.0 เมตร และลึก 2.0 เมตร หรือจนถึงชั้นหินพื้น แต่งหน้าตัดดินพร้อมคำอธิบาย และบันทึกข้อมูลทั่วไปในบริเวณที่ทำการศึกษ จากนั้นเก็บตัวอย่างดินที่ถูกรบกวนและไม่ถูกรบกวนที่ระดับความลึกตามชั้นกำเนิดดิน (เอิบ เขียวรัตน์, 2552)

การวิเคราะห์สมบัติดินในห้องปฏิบัติการ

นำตัวอย่างดินวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการตามวิธีมาตรฐาน (National Soil Survey Center, 1996) วิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์ของดิน ประกอบด้วย การแจกกระจายของอนุภาคดิน (soil particle size distribution: sand, silt, clay) ปริมาณกรวดโดยปริมาตร (gravel content) ความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density) โดยใช้กระบอกเก็บดินโดยไม่ทำลายโครงสร้าง (core method) ความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (available water capacity) คำนวณจากผลต่างของค่าความจุความชื้นสนาม (field capacity) และจุดเหี่ยวถาวร (permanent wilting point)

สมบัติทางเคมีของดิน ประกอบด้วย ปฏิกริยาดิน (soil reaction: pH) อัตราส่วนดินต่อน้ำ 1:1 (National Soil Survey Center, 1996) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (organic matter content) โดยวิธี Walkley and Black Titration (Nelson and Sommers, 1996) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus) โดยวิธี Bray II (Bray and Kurtz, 1945) ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available potassium) (Pratt, 1982) ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange

capacity) (Summer and Miller, 1996) และค่าอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (bases saturation percentage) (National Soil Survey Center, 1996)

การประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน (soil fertility evaluation) ใช้หลักเกณฑ์ที่ดัดแปลงมาจากเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดโดยกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งใช้ผลวิเคราะห์ทางเคมี ได้แก่ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน และค่าอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส โดยภายในหน้าตัดแบ่งเป็น ชั้นดินบน (topsoil) และชั้นดินล่าง (subsoil) (กองสำรวจและจำแนกดิน, 2543)

การจำแนกชั้นความเหมาะสมของดิน ตามคู่มือการจำแนกความเหมาะสมของดินสำหรับพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย เพื่อจำแนกชั้นความเหมาะสมของดินที่ปลูกปลูกปลูก ซึ่งชั้นความเหมาะสมแต่ละชั้นจะระบุลักษณะและสมบัติของดินที่มีผลต่อการเจริญเติบโตหรือมีผลกระทบต่อผลผลิตของพืชที่ปลูก ลักษณะของดินที่ระบุไว้ในชั้นความเหมาะสมของดินสำหรับการปลูกพืชแต่ละชั้นจะเรียกว่า ข้อจำกัด (limitation) ชนิดของข้อจำกัดหรือลักษณะของดินที่เป็นอันตรายหรือทำความเสียหายต่อพืช ประกอบด้วย สภาพพื้นที่ (topography, t) เนื้อดินหรือชั้นอนุภาคดิน (texture or particle, s) ชั้นดินที่มีการชะล้างรุนแรง (albic horizon, b) ความลึกที่พบชั้นดานแข็ง (depth to consolidated layer, c) ความลึกที่พบชั้นก้อนกรวด (depth to gravel, g) หินพื้นผิว (rockiness, r) ก้อนหินผิว (stoniness, z) ความเค็มของดิน (salinity, x) การระบายน้ำของดิน (drainage, d) อันตรายจากการถูกน้ำท่วม (flooding hazard, f) การมีน้ำแช่ขัง (water logging, w) การเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำ (risk of moisture shortage, m) ความอุดมสมบูรณ์ของดิน (n) ความเป็นกรดของดิน (acidity, a) ความเป็นด่างของดิน (alkalinity, k) ความลึกที่พบชั้นดินกำมะถัน (depth to acid sulfate layer, j) การกร่อนของดิน (soil erosion, e) และความหนาของชั้นวัสดุอินทรีย์ (thickness of organic soil material, o) (กองสำรวจและจำแนกดิน, 2543)

ปริมาณการสะสมธาตุอาหารในดิน ทำการคำนวณจากปริมาณของมวลดินแห้ง (ผ่านการร่อนโดยตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร) กับค่าวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ประกอบด้วย ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ โดยนำค่าปริมาณของอนุภาคดินในแต่ละชั้นที่ทำการเก็บตัวอย่างดินตามชั้นกำเนิดดินคูณกับค่าวิเคราะห์ที่ได้จากห้องปฏิบัติการในแต่ละชนิด (สุพัตพงษ์ เชื้อนแก้ว, 2558)

การเก็บข้อมูลการเติบโตของต้นลองกองและวิเคราะห์ข้อมูล

การเก็บข้อมูลการเติบโตของต้นลองกอง ทั้ง 6 บริเวณ วางแปลงเก็บตัวอย่างขนาด 40x40 เมตร (1 ไร่) ที่มีระยะปลูกต้นลองกอง 8x8 เมตร จำนวน 25 ต้น ประกอบด้วย ขนาดเส้นรอบวงลำต้น (stem girth) ที่ระดับ 10 เซนติเมตรจากผิวดิน การวัดข้อมูลความสูงของต้นลองกอง (tree height) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่ม (crown width) นำมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี Independent Sample T-Test โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์สถิติสำเร็จรูป เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลการเติบโตของต้นลองกองในแต่ละช่วงอายุ

ผลการศึกษาและวิจารณ์

สภาพแวดล้อมและฐานฐานวิทยาสนามของดิน

สภาพแวดล้อมของดินที่ทำการศึกษาทั้ง 6 บริเวณ อยู่ในพื้นที่อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ โดยพืดอน 1, 2 และ 3 เป็นดินอัลทิสซอลที่ปลูกปลูกปลูกอายุ 10, 15 และ 20 ปี มีสภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนชัน (rolling) ความลาดชัน 12-16 เปอร์เซ็นต์ อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลาง 108-119 เมตร ส่วนพืดอน 4, 5 และ 6 เป็นดินแอลฟิสซอลที่ปลูกปลูกปลูกอายุ 10, 15 และ 20 ปี มีสภาพพื้นที่เป็นเนินเขา (hilly) มีความลาดชัน 20-27 เปอร์เซ็นต์ อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลาง 110-120 เมตร จากสถิติภูมิอากาศ ณ สถานีตรวจวัดอากาศ จังหวัดอุตรดิตถ์ เฉลี่ย 30 ปี (พ.ศ. 2531-2560) มีปริมาณน้ำฝนตลอดปีเท่ากับ 1,620 มิลลิเมตร อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 28.4 องศาเซลเซียส (ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ, 2561)

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาสนามที่สำคัญของดินในพื้นที่ ดินทั้ง 6 พืดอน พัฒนามาจากวัตถุต้นกำเนิดดินที่เป็นวัสดุตกค้างจากหินดินดาน (residuum from shale) ดินอัลทิสซอลมีพัฒนาการชั้นหน้าตัดดินแบบ Ap-Bt-Btc-BC/BCr-C/Cr-R เมื่อจำแนกดินตามระบบอนุกรมวิทยาดิน พืดอน 1 และ 2 เป็นกลุ่มดินย่อย Typic Paleustults พืดอน 3 เป็นกลุ่มดินย่อย Typic Haplustults ส่วนดินแอลฟิสซอลมีพัฒนาการชั้นหน้าตัดดินแบบ A-AB-BA-Bt-Btc-BC/BCr-Cr-R จำแนกได้เป็น พืดอน 4 และ 5 เป็นกลุ่มดินย่อย Ultic Paleustalfs พืดอน 6 เป็นกลุ่มดินย่อย Ultic Haplustalfs (Soil Survey Staff, 2014) (Table 1) (Figure 1)

Table 1 Environmental setting of longkong grove.

Order	Pedon (age-years)	Coordinate	Elevation (m)	Slope (%)	Soil classification
Ultisols	1 (longkong 10 years)	0612764E 1961048N	119	14	Typic Paleustults
	2 (longkong 15 years)	0613093E 1961054N	108	16	Typic Paleustults
	3 (longkong 20 years)	0613066E 1961081N	116	12	Typic Haplustults
Alfisols	4 (longkong 10 years)	0605854E 1954895N	120	20	Ultic Paleustalfs
	5 (longkong 15 years)	0607654E 1954156N	110	27	Ultic Paleustalfs
	6 (longkong 20 years)	0605500E 1954767N	115	24	Ultic Haplustalfs

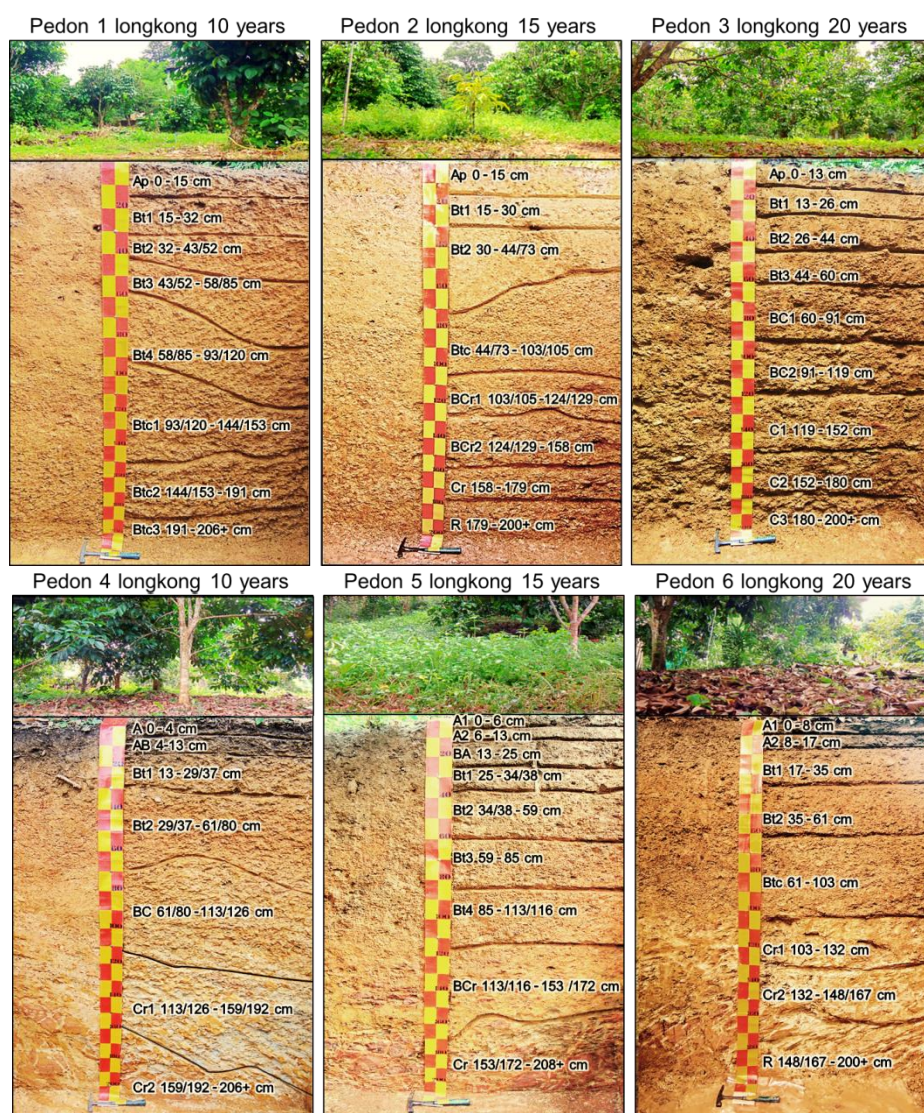


Figure 1 Soil profile of longkong grove.

สมบัติทางฟิสิกส์ของดิน

ผลวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์ของดิน (Figure 2) พบว่า การแจกกระจายอนุภาคของดิน ประกอบด้วย อนุภาคขนาดทราย มีปริมาณลดลงตามความลึกของดิน (Figure 2a) อนุภาคขนาดทรายแป้ง มีปริมาณคงที่ตลอดหน้าตัดดิน (Figure 2b) และอนุภาคขนาดดินเหนียว มีปริมาณเพิ่มขึ้นตามความลึกของดิน (Figure 2c) ทำให้ดินอัลทิซอลส์เนื้อดินบนเป็นดินร่วน (loam) ถึงดินร่วนเหนียว (clay loam) ส่วนดินแอลฟิซอลส์เนื้อดินบนเป็นดินร่วนเหนียว และเนื้อดินล่างทั้งสองอันดับเป็นดินร่วนเหนียว ถึงดินเหนียว (clay) โดยทุกพีดอนแสดงการเคลื่อนย้ายเชิงกล (lessivage) ของอนุภาคขนาดเล็ก และกระบวนการเคลื่อนย้ายวัสดุจากชั้นดินบน (eluviation) ไปสะสมในชั้นดินล่าง ทำให้ดินชั้นบนมีอนุภาคขนาดใหญ่เหลืออยู่มาก ส่วนดินชั้นล่างจะมีอนุภาคขนาดเล็กโดยเฉพาะดินเหนียวเพิ่มขึ้น เข้าเกณฑ์ของชั้นดินวินิจัยอาร์จิลลิก (argillic horizon) (Buol et al., 2003; Soil Survey Staff, 2014)

ปริมาณกรวดในดินอัลทิซอลส์ชั้นดินบนปริมาณกรวดร้อยละ 0.57-1.29 โดยน้ำหนัก ชั้นดินล่างปริมาณกรวดร้อยละ 0.45-57.28 โดยน้ำหนัก ซึ่งพบปริมาณกรวดมากกว่าร้อยละ 35 ในพีดอน 3 ที่ช่วงความลึก 60-200 เซนติเมตรจากผิวดิน ส่วนดินแอลฟิซอลส์ชั้นดินบนปริมาณกรวดร้อยละ 0.54-18.89 โดยน้ำหนัก ชั้นดินล่างปริมาณกรวดร้อยละ 5.41-42.17 โดยน้ำหนัก ซึ่งพบปริมาณกรวดมากกว่าร้อยละ 35 ในพีดอน 6 ที่ช่วงความลึก 17-148/167 เซนติเมตรจากผิวดิน (Figure 2d) ปริมาณกรวดที่พบในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกัน แสดงถึงพัฒนาการของดินที่แตกต่างกัน (Brady and Weil, 2002)

ความหนาแน่นรวมของดินในดินอัลทิซอลส์ชั้นดินบนอยู่ในระดับค่อนข้างสูง (1.64-1.68 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ชั้นดินล่างอยู่ในระดับปานกลางถึงค่อนข้างสูง (1.50-1.70 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ส่วนดินแอลฟิซอลส์ชั้นดินบนอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง (1.22-1.49 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ชั้นดินล่างอยู่ในระดับปานกลางถึงค่อนข้างสูง (1.41-1.66 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) (Figure 2e) พบว่าชั้นดินบนดินอัลทิซอลส์มีความหนาแน่นรวมของดินสูงกว่าดินแอลฟิซอลส์เนื่องจากมีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำกว่า ส่วนชั้นดินล่างความหนาแน่นรวมของดินจะเพิ่มขึ้นตามความลึก (Brady and Weil, 2002)

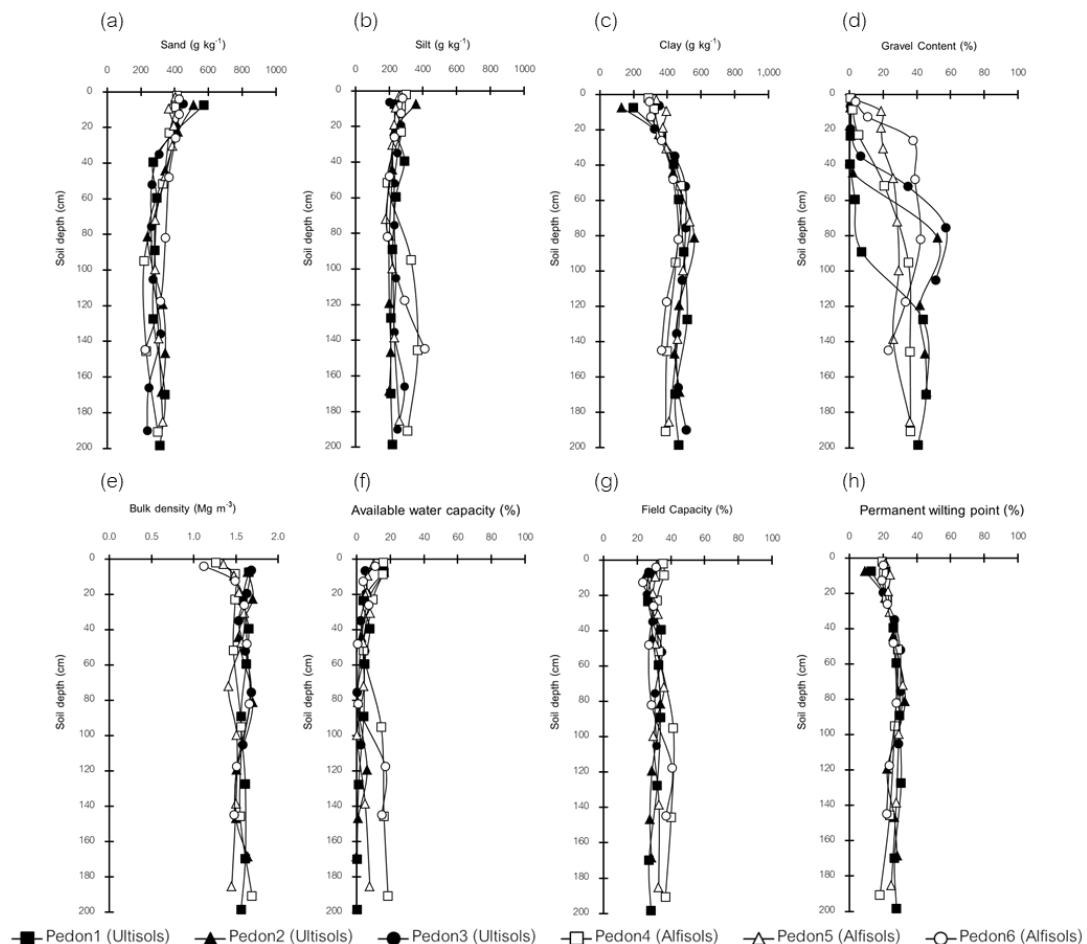


Figure 2 Vertical distribution of physical properties of soils in longkong grove used in this research.

ความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Figure 2f) คือปริมาณน้ำในดินที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ คำนวณจากผลต่างระหว่างค่าความจุความชื้นสนาม (Figure 2g) และจุดเหี่ยวถาวร (Figure 2h) ดินทั้งสองอันดับมีค่าความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชชั้นดินบนร้อยละ 3.98-16.58 ส่วนชั้นดินล่างร้อยละ 0.16-14.59 โดยดินเนื้อปานกลางจะมีความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมากกว่าดินเนื้อละเอียดและดินเนื้อหยาบตามลำดับ และในดินที่มีความหนาแน่นรวมของดินเพิ่มสูงขึ้นความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชจะมีแนวโน้มลดลง (Brady and Weil, 2002) ซึ่งสมบัติทางกายภาพเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเติบโตของพืช โดยมีอิทธิพลต่อการอุ้มน้ำในดิน การถ่ายเทอากาศ และการขนถ่ายของรากพืช (ธนานิติ ธิชาญ และคณะ, 2561; Fisher and Binkley, 2000)

สมบัติทางเคมีของดิน

ผลวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน (Figure 3) พบว่า ปฏิกริยาดินในดินอัลทิซอลส์ชั้นดินบนปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลางถึงกรดเล็กน้อย (pH 5.6-6.2) ชั้นดินล่างปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงกรดปานกลาง (pH 4.5-5.7) ส่วนดินแอลฟิซอลส์ชั้นดินบนปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกลาง (pH 5.6-6.7) ชั้นดินล่างปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงกรดเล็กน้อย (pH 5.1-6.2) (Figure 3a) สอดคล้องกับการศึกษาสมบัติดินที่ปลูกลองกองในอำเภอลับแล ที่แสดงให้เห็นว่าดินมีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 4.2-7.2 ซึ่งเป็นผลมาจากการที่ดินมีการพัฒนาจากวัตถุต้นกำเนิดดินที่เป็นวัสดุตกค้างจากหินดินดาน (พจนีย์ แสงมณี และคณะ, 2554)

ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินของดินอัลทิซอลส์ชั้นดินบนอยู่ในระดับปานกลาง (16.00-18.22 กรัมต่อกิโลกรัม) ชั้นดินล่างอยู่ในระดับต่ำถึงค่อนข้างต่ำ (7.62-12.30 กรัมต่อกิโลกรัม) ส่วนดินแอลฟิซอลส์ชั้นดินบนอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง (21.32-48.20 กรัมต่อกิโลกรัม) ชั้นดินล่างอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง (8.97-20.96 กรัมต่อกิโลกรัม) (Figure 3b) เนื่องจากชั้นดินบนได้รับอิทธิพลมาจากเศษซากพืชที่ร่วงลงมาสลายตัว จึงทำให้ชั้นดินบนมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงกว่าชั้นดินล่าง (Brady and Weil, 2002)

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอัลทิซอลส์ชั้นดินบนอยู่ในระดับต่ำถึงค่อนข้างสูง (5.38-23.27 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ชั้นดินล่างอยู่ในระดับต่ำ (0.89-3.93 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ส่วนดินแอลฟิซอลส์ชั้นดินบนอยู่ในระดับต่ำถึงสูง (1.57-37.65 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ชั้นดินล่างอยู่ในระดับต่ำ (0.48-3.63 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) (Figure 3c) ซึ่งปริมาณฟอสฟอรัสที่พบในระดับค่อนข้างสูงเป็นผลมาจากการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างต่อเนื่อง และเกิดการตกตะกอน (precipitation) ให้อยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช เนื่องจากดินที่มีปฏิกริยาดินต่ำ ฟอสเฟตจะทำปฏิกริยากับ Fe^{+2} และ Al^{+3} ในสารละลายดิน ส่งผลให้ฟอสฟอรัสเกิดการตกค้างในชั้นดินบน (Sanchez et al., 2003)

ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในชั้นดินบนทุกพีดอนอยู่ในระดับสูง (101.42-222.35 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ยกเว้นพีดอน 3 อยู่ในระดับค่อนข้างสูง (89.72 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ชั้นดินล่างในดินอัลทิซอลส์อยู่ในระดับค่อนข้างต่ำถึงสูง (42.91-132.63 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ส่วนดินแอลฟิซอลส์อยู่ในระดับปานกลางถึงสูง (70.22-109.23 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) (Figure 3d) ซึ่งปริมาณโพแทสเซียมที่มีอยู่ในดินจะแตกต่างกันไปตามชนิดของดิน ระยะเวลาของการกักตุน และการชะล้างของดิน ในดินที่มีปริมาณดินเหนียวสูงมักจะมีปริมาณโพแทสเซียมเพียงพอ แต่ในดินที่เป็นดินทรายมักมีปริมาณโพแทสเซียมต่ำ อีกทั้งการปลูกพืชติดต่อกันเป็นเวลานาน ส่งผลให้โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินลดลง สาเหตุเนื่องจากการดูดใช้ของพืช (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558)

ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนในดินอัลทิซอลส์ชั้นดินบนอยู่ในระดับต่ำถึงค่อนข้างต่ำ (4.22-6.44 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ชั้นดินล่างอยู่ในระดับต่ำถึงค่อนข้างต่ำ (4.33-7.39 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ส่วนดินแอลฟิซอลส์ชั้นดินบนอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง (7.81-14.47 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ชั้นดินล่างอยู่ในระดับต่ำถึงค่อนข้างต่ำ (5.70-8.24 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) (Figure 3e) ซึ่งค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสอดคล้องกับปริมาณและชนิดของอนุภาคดินเหนียว และปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินซึ่งมีประจุลบจำนวนมาก ทำให้ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูงตามไปด้วย (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีศาสตร์, 2548)

ค่าอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสในดินอัลทิซอลส์ชั้นดินบนอยู่ในระดับปานกลางถึงค่อนข้างสูง (ร้อยละ 40.37-66.07) ชั้นดินล่างอยู่ในระดับต่ำถึงค่อนข้างต่ำ (ร้อยละ 5.74-30.21) ส่วนดินแอลฟิซอลส์ชั้นดินบนอยู่ในระดับปานกลางถึงค่อนข้างสูง (ร้อยละ 45.81-72.10) ชั้นดินล่างอยู่ในระดับปานกลาง (ร้อยละ 35.19-47.73) (Figure 3f) ในการพิจารณาการจำแนกดินจะใช้ชั้นดินล่างวินิจฉัยอาริซลิก ถ้ามีอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสน้อยกว่าร้อยละ 35 จัดเป็นดินอัลทิซอลส์ แต่ถ้ามากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 35 จัดอยู่ในดินแอลฟิซอลส์ (Soil Survey Staff, 2014)

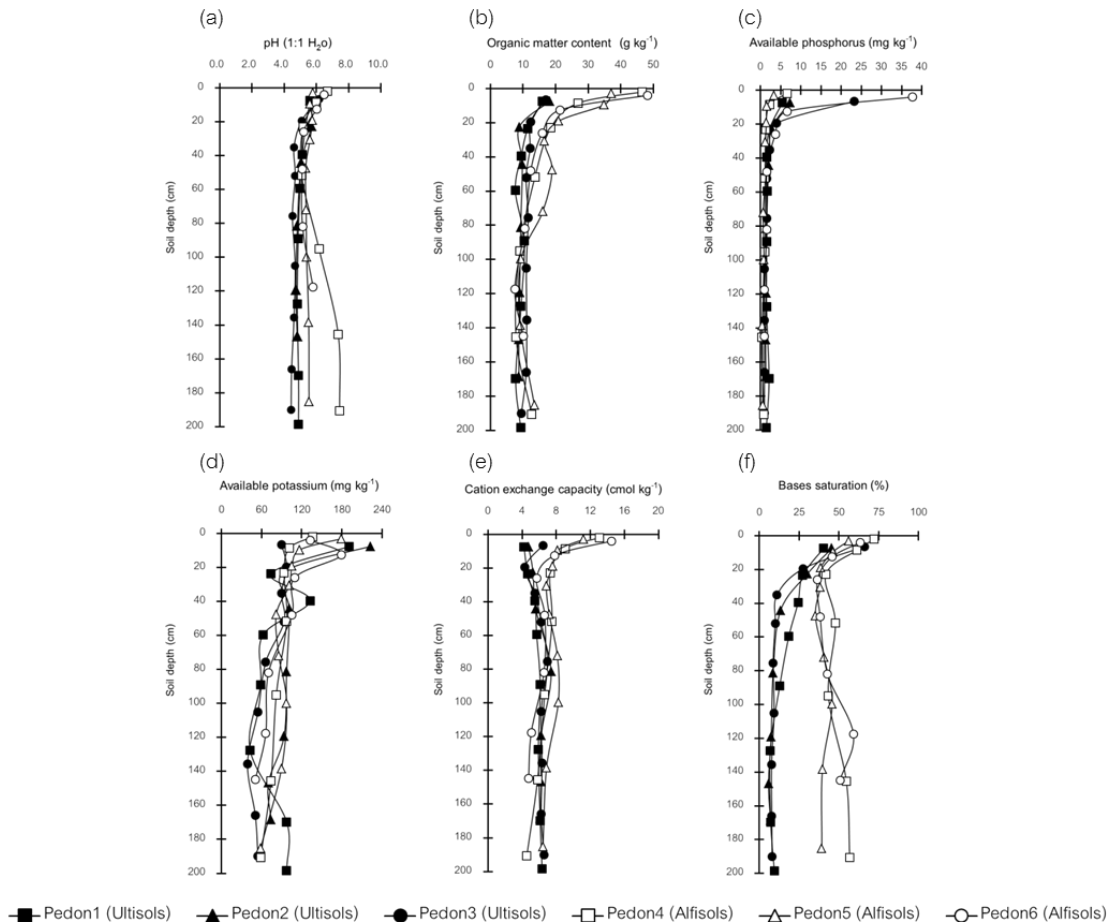


Figure 3 Distribution trend with depth soil chemical properties in longkong grove.

การประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์และการจำแนกชั้นความเหมาะสมของดิน

ผลการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Table 2) พบว่า ดินอัลทิซอลส์ชั้นดินบนมีความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับปานกลาง (medium) ชั้นดินล่างอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ (moderately low) ส่วนดินแอลฟิซอลส์ชั้นดินบนมีความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับค่อนข้างสูง (moderately high) ชั้นดินล่างอยู่ในระดับปานกลาง

ผลการจำแนกชั้นความเหมาะสมของดิน พบว่าดินอัลทิซอลส์ทุกพีดอน จัดอยู่ในชั้นความเหมาะสมที่ 3 เป็นชั้นที่มีความเหมาะสมปานกลาง (soil moderately suited) มีข้อจำกัดเล็กน้อยเรื่องสภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนชัน ส่วนดินแอลฟิซอลส์ทุกพีดอน จัดอยู่ในชั้นความเหมาะสมที่ 4 เป็นชั้นที่ไม่ค่อยเหมาะสม (soil poorly suited) มีข้อจำกัดปานกลางเรื่องสภาพพื้นที่เป็นเนินเขา นอกจากนี้ พีดอน 6 ยังมีข้อจำกัดเรื่องพบปริมาณกรดร้อยละ 35-60 ที่ระดับความลึก 0-25 เซนติเมตรจากผิวดิน จึงควรมีการจัดการตามมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสมตามข้อจำกัดที่พบ โดยมีการทำคันดินและปลูกพืชตามแนวระดับขวางความลาดเทของพื้นที่ ป้องกันการเกิดการชะล้างพังทลายของหน้าดิน ส่วนแนวทางการจัดการดินตามระดับความอุดมสมบูรณ์ พบว่าความอุดมสมบูรณ์ของดินในระดับความลึกที่เป็นประโยชน์ต่อพืชอยู่ในระดับปานกลางถึงค่อนข้างสูง แสดงให้เห็นว่าธาตุอาหารในดินบริเวณที่ทำการศึกษามีอยู่ในปริมาณที่เหมาะสม การจัดการปุ๋ยให้เพียงพอต่อความต้องการของต้นลองกองเพื่อเพิ่มคุณภาพผลผลิต ควรให้ปุ๋ยที่มีธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมสูง ส่วนธาตุฟอสฟอรัสควรลดการใช้ลงเพราะผลผลิตลองกองมีความต้องการน้อย แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่สะสมในดินโดยพิจารณาจากผลวิเคราะห์ดิน (จำเป็น ช่อทอง และคณะ, 2548)

Table 2 Soil fertility assessment of longkong grove.

Order	Pedon	Horizons	Depth (cm)	OM ^{1/} (g kg ⁻¹)	Avail P ^{2/} (mg kg ⁻¹)	Avail K ^{3/} (mg kg ⁻¹)	CEC ^{4/} (cmol kg ⁻¹)	BSP ^{5/} (%)	Total score	Fertility level ^{6/}
	1	Topsoil ^{7/}	0-15	16.00 (3)	5.38 (1)	191.14 (5)	4.22 (1)	40.37 (3)	13	M
		Subsoil ^{8/}	15-206+	9.33 (1)	1.68 (1)	80.80 (4)	5.76 (2)	15.18 (1)	9	ML
	2	Topsoil	0-15	18.22 (3)	7.27 (2)	222.35 (5)	4.75 (1)	45.54 (3)	14	M
		Subsoil	15-158	9.12 (1)	1.77 (1)	91.28 (5)	6.15 (2)	13.06 (1)	10	ML
	3	Topsoil	0-13	16.99 (3)	23.27 (4)	89.72 (4)	6.44 (2)	66.07 (4)	17	M
		Subsoil	13-119	11.59 (2)	2.02 (1)	80.36 (4)	5.85 (2)	13.31 (1)	10	ML
Alfisols	4	Topsoil	0-13	36.75 (5)	4.43 (1)	118.98 (5)	10.56 (3)	66.72 (4)	18	MH
		Subsoil	13-113/126	13.71 (2)	1.16 (1)	91.02 (5)	7.15 (2)	44.29 (3)	13	M
	5	Topsoil	0-13	36.03 (5)	2.42 (1)	148.24 (5)	10.16 (3)	51.33 (4)	18	MH
		Subsoil	13-153/172	15.19 (3)	0.99 (1)	93.62 (5)	7.48 (2)	39.65 (3)	14	M
	6	Topsoil	0-17	34.76 (4)	22.11 (4)	156.04 (5)	11.14 (3)	54.61 (4)	20	MH
		Subsoil	17-103	12.94 (2)	2.22 (1)	94.92 (5)	6.30 (2)	39.15 (3)	13	M

^{1/} OM = organic matter (score level (g kg⁻¹) : <10 = 1, 10-15 = 2, 15-25 = 3, 25-35 = 4, >35 = 5).

^{2/} Avail P = available phosphorus (score level (mg kg⁻¹) : <6 = 1, 6-10 = 2, 10-15 = 3, 15-25 = 4, >25 = 5).

^{3/} Avail K = available potassium (score level (mg kg⁻¹) : <30 = 1, 30-60 = 2, 60-75 = 3, 75-90 = 4, >90 = 5).

^{4/} CEC = cation exchange capacity (score level (cmol kg⁻¹) : <5 = 1, 5-10 = 2, 10-15 = 3, 15-20 = 4, >20 = 5).

^{5/} BSP = bases saturation percentage (score level (%) : <20 = 1, 20-35 = 2, 35-50 = 3, 50-75 = 4, >75 = 5).

^{6/} Scoring is used for the assessment of fertility level (the score is presented in blanket within the table) where score ≤7 = fertility level is low (L), 8-12 = fertility level is moderately low (ML), 13-17 = fertility level is medium (M), 18-22 = fertility level is moderately high (MH), ≥23 = fertility level is high (H).

^{7/} Topsoil = A horizon.

^{8/} Subsoil = B horizon.

การสะสมปริมาณธาตุอาหารในดิน

ผลวิเคราะห์การสะสมปริมาณธาตุอาหารในดิน (Figure 4) พบว่าการกักเก็บอินทรีย์วัตถุในดินตลอดหน้าตัดของดินอัลทิซอลส์ พีดอน 1, 2 และ 3 มีปริมาณ 40.34, 31.95 และ 25.83 เมกกะกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนดินแอลฟิซอลส์ พีดอน 4, 5 และ 6 มีปริมาณ 46.85, 54.75 และ 35.47 เมกกะกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (Figure 4a)

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินตลอดหน้าตัดของดินอัลทิซอลส์ มีปริมาณ 2,017, 1,598 และ 1,296 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนดินแอลฟิซอลส์ มีปริมาณ 2,445, 2,670 และ 1,772 กิโลกรัมต่อไร่ (Figure 4c)

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินตลอดหน้าตัดของดินอัลทิซอลส์ มีปริมาณ 8.28, 7.54 และ 11.62 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนดินแอลฟิซอลส์ มีปริมาณ 3.81, 3.28 และ 9.98 กิโลกรัมต่อไร่ (Figure 4d)

ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินตลอดหน้าตัดของดินอัลทิซอลส์ มีปริมาณ 350.92, 332.81 และ 168.04 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนดินแอลฟิซอลส์ มีปริมาณ 296.04, 323.36 และ 228.27 กิโลกรัมต่อไร่ (Figure 4e)

เมื่อเปรียบเทียบศักยภาพการสะสมปริมาณธาตุอาหารในที่ปลูกลองกองอายุ 10, 15 และ 20 ปี พบว่าทุกช่วงอายุดินแอลฟิซอลส์มีศักยภาพการสะสมปริมาณธาตุอาหารสูงกว่าดินอัลทิซอลส์ ยกเว้นปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินอัลทิซอลส์มีค่าสูงกว่าดินแอลฟิซอลส์ ยกเว้น พีดอน 3 มีค่าต่ำกว่า

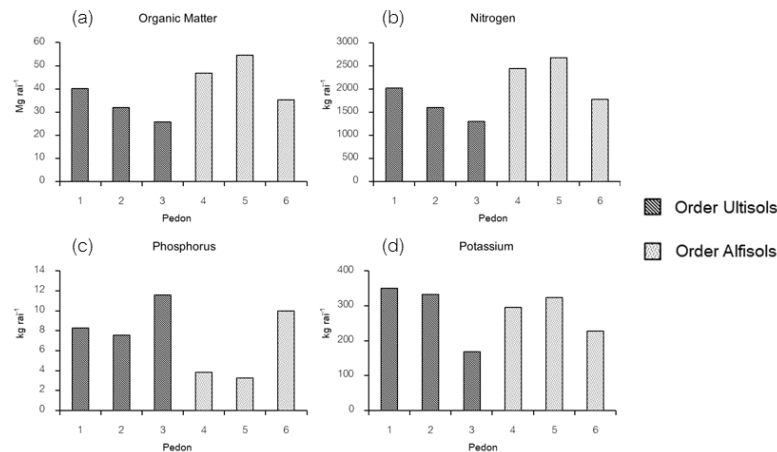


Figure 4 Soil nutrient accumulation in longkong grove.

การเติบโตของต้นลองกอง

ผลการวิเคราะห์การเติบโตของต้นลองกอง (Table 3) พบว่า ต้นลองกองที่มีอายุการปลูก 10, 15 และ 20 ปี ในดินอัลติซอลส์ มีเส้นรอบวงลำต้น ความสูง และเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มโดยเฉลี่ยต่ำกว่าต้นลองกองในดินแอลฟิซอลส์ที่มีอายุเท่ากันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาเกี่ยวกับการจัดชั้นความเหมาะสมของดินที่ปลูกลองกองตามเกณฑ์ของกรมพัฒนาที่ดิน พบว่า ดินแอลฟิซอลส์จัดอยู่ในชั้นที่ไม่ค่อยเหมาะสม มีข้อจำกัดเรื่องสภาพพื้นที่และปริมาณกรด ส่วนดินอัลติซอลส์จัดอยู่ในชั้นที่มีความเหมาะสมปานกลาง มีข้อจำกัดเรื่องสภาพพื้นที่ แต่ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินทั้งชั้นดินบนและชั้นดินล่างดินอัลติซอลส์อยู่ในระดับต่ำกว่าดินแอลฟิซอลส์ ทำให้ขนาดเส้นรอบวงลำต้น ความสูง และเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มของต้นลองกองมีขนาดเล็กกว่าดินแอลฟิซอลส์ ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลด้านการผลิตลองกองในปี 2560 ด้วยวิธีการสัมภาษณ์เกษตรกรเจ้าของพื้นที่ที่ทำการศึกษ พบว่าลองกองที่ปลูกในดินอัลติซอลส์ อายุ 10, 15 และ 20 ปี มีผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 300, 600 และ 800 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ น้อยกว่าลองกองที่ปลูกในดินแอลฟิซอลส์ซึ่งมีผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 400, 900 และ 1,200 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

Table 3 Comparison of stem girth, tree height and crown width of 10-, 15- and 20-year-old longkong trees.

Longkong grove	Stem girth (cm)		Tree height (m)		Crown width (m)	
	Ultisols	Alfisols	Ultisols	Alfisols	Ultisols	Alfisols
10-year-old (Pedon 1, Pedon 4)	43.95±6.18	44.23±4.38	2.85±0.60	4.87±0.81	3.10±0.38	4.71±0.68
15-year-old (Pedon 2, Pedon 5)	45.08±7.28	49.80±3.66	3.28±0.47	5.16±1.51	3.87±0.28	4.81±0.43
20-year-old (Pedon 3, Pedon 6)	63.65±7.11	70.15±6.36	6.03±1.41	7.76±1.71	5.60±0.34	5.97±0.86

สรุปผลการศึกษา

ลักษณะดินในอันดับอัลติซอลส์และอันดับแอลฟิซอลส์ในสวนลองกอง อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ เป็นดินที่พัฒนาจากวัตถุต้นกำเนิดดินที่เป็นวัสดุตกค้างจากหินดินดาน ดินอัลติซอลส์ จำแนกได้เป็นกลุ่มดินย่อย Typic Paleustults และ Typic Haplustults ส่วนดินแอลฟิซอลส์ จำแนกได้เป็นกลุ่มดินย่อย Ultic Paleustalfs และ Ultic Haplustalfs ดินทั้งสองอันดับเป็นดินลึกถึงลึกมาก เนื้อดินบนดินอัลติซอลส์เป็นดินร่วนถึงดินร่วนเหนียว ส่วนดินแอลฟิซอลส์เป็นดินร่วนเหนียว เนื้อดินล่างทั้งสองอันดับเป็นดินร่วนเหนียวถึงดินเหนียว พบปริมาณกรดในดินแอลฟิซอลส์ชั้นดินบนมากกว่าดินอัลติซอลส์ แต่มีปริมาณน้อยกว่าในชั้นดินล่าง ความหนาแน่นรวมของดินในดินอัลติซอลส์ชั้นดินบนมีค่าสูงกว่าดินแอลฟิซอลส์ และค่าความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดินทั้งสองอันดับในชั้นดินบนและชั้นดินล่างมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนสมบัติทางเคมี พบว่าปฏิกิริยาดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน ค่าอัตราย่อยละความอิ่มตัวเบส และการสะสมปริมาณธาตุอาหาร ในดินอัลติซอลส์มีค่าต่ำกว่าดินแอลฟิซอลส์ทั้งชั้นดินบนและชั้นดินล่าง ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ทั้งสองอันดับ ในชั้นดินบนและชั้นดินล่างมีค่าใกล้เคียงกัน ส่งผลให้ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในดินอัลติซอลส์ต่ำกว่าดินแอลฟิซอลส์ทั้งชั้นดินบนและชั้นดินล่าง ดินที่ปลูกลองกองในดินอัลติซอลส์จัดอยู่ในชั้นที่มีความเหมาะสมปานกลาง

มีข้อจำกัดเรื่องสภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนชัน ส่วนดินแอลฟิซอลส์จัดอยู่ในชั้นที่ไม่ค่อยเหมาะสม มีข้อจำกัดเรื่องสภาพพื้นที่เป็นเนินเขาและพืดอน 6 พบปริมาณกรดร้อยละ 35-60 เมื่อพิจารณาสมบัติและความเหมาะสมพบว่า ดินในดินแอลฟิซอลส์มีความอุดมสมบูรณ์มากกว่าดินอัลทิสซอลส์ ส่งผลให้การเติบโตของต้นลองกองทุกช่วงอายุที่ปลูกในดินอัลทิสซอลส์มีขนาดน้อยกว่าดินแอลฟิซอลส์ และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) แต่เนื่องจากพบข้อจำกัดในเรื่องของสภาพพื้นที่และปริมาณกรดดินแอลฟิซอลส์จึงจัดอยู่ในชั้นที่ไม่ค่อยเหมาะสม ส่วนดินอัลทิสซอลส์จัดอยู่ในชั้นความเหมาะสมปานกลาง หากต้องการใช้ที่ดินได้อย่างมีประสิทธิภาพดีขึ้น ควรมีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำร่วมด้วย

เอกสารอ้างอิง

- กรมแผนที่ทหาร. 2542. *แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 จังหวัดอุดรธานี (5044III) ลำดับชุด L7018*. กรุงเทพฯ: กระทรวงกลาโหม.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2548. *รายงานการจัดการทรัพยากรดิน เพื่อปลูกพืชเศรษฐกิจหลักตามกลุ่มชุดดิน เล่ม 2 ดินบนที่ดอน*. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2558. *สภาพภาพทรัพยากรดินและที่ดินของประเทศไทย*. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กองสำรวจและจำแนกดิน. 2543. *คู่มือการจำแนกความเหมาะสมของดินสำหรับพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย*. เอกสารวิชาการฉบับที่ 453. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. *ปฐพีวิทยาเบื้องต้น*. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จำเริญ อ่อนทอง, สุชาติ เพชรแก้ว, มงคล แซ่หลิม และจรัสศรี นวลศรี. 2548. การปรับปรุงดินและความต้องการธาตุอาหารของลองกอง. *รายงานวิจัย*. ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ธนาธิธิ ธิชาญ, สุนทร คำยอง, นิวัติ หนองศรีรักษ์ และพันธุ์พล หัตถโกศ. 2561. สมบัติทางกายภาพเคมีของดินในพื้นที่เหมืองแร่และป่าปลูกเพื่อการฟื้นฟูดินเหมืองแร่ใกล้บ้านปู อำเภอลี้ จังหวัดลำพูน. *วารสารเกษตร* 34(3): 425-436.
- พจนีย์ แสงมณี, อำพรพร พรมศิริ และอิโรดิชิ ทามูระ. 2554. สถานะธาตุอาหารพืชในสวนทุเรียนและลองกองในระบบวนเกษตร จังหวัดอุดรธานี. *วารสารเกษตร* 27(2): 197-208.
- ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ. 2561. *สถิติภูมิอากาศ พ.ศ. 2531-2560 (30 ปี)*. กรุงเทพฯ: กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม.
- สถาบันวิจัยพืชสวน. 2561. *การผลิตลองกองให้มีคุณภาพ*. เอกสารวิชาการ. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 8. 2552. *รายงานเขตการใช้ที่ดินระดับตำบล จังหวัดอุดรธานี*. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2561. *สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2560*. เอกสารวิชาการ. กรุงเทพฯ: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สุเทพ โสมภีร์. 2549. *Crop requirement: ลองกอง*. เอกสารวิชาการ. กรุงเทพฯ: สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สุพัตพงศ์ เชื้อนแก้ว. 2558. บทบาทของระบบนิเวศวนเกษตรที่มีไม้ผลเป็นพืชหลักต่อปริมาณการสะสมคาร์บอน ธาตุอาหารและน้ำ อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์. *วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)*, สาขาปฐพีศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- เจิบ เขียวรัตน์มณี. 2552. *คู่มือปฏิบัติการ การสำรวจดิน*. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Brady, N. C., and Weil, R. R. 2002. *The nature and properties of soils*. 13th ed. New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- Bray, R. A., and Kurtz, L. T. 1945. Determination of total organic and available form of phosphorous in soil. *Soil Science* 59: 39-45.
- Buol, S. W., Southard, R. J., Graham, R. C., and Mcdaniel, P. A. 2003. *Soil genesis and classification*. 5th ed. Iowa: Iowa State Press.
- Fisher, R. F., and Binkley, D. 2000. *Ecology and management of forest soils*. 3rd ed. New York: John Wiley and Sons.
- National Soil Survey Center. 1996. Soil survey laboratory methods manual. *Soil Survey Investigations Report No. 42, Version 3.0*. Washington D.C.: U.S. United States Department of Agriculture, Government Publishing Office.
- Nelson, D. W., and Sommers, L. E. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In *Method of Soil Analysis; Part III. Chemical Methods*, Bigham, J. M., ed. pp. 961-1010. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy, Inc.
- Pratt, P. E. 1965. Potassium. In *Method of Soil Analysis. Part II. Chemical and Microbiological Properties*, Black, C. A. ed. pp. 1022-1030. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy, Inc.
- Sanchez, P. A., Palm, C. A., and Buol, S. W. 2003. Fertility capability soil classification: a tool to help assess soil quality in the tropics. *Geoderma* 114: 157-185.
- Soil Survey Staff. 2014. *Key to soil taxonomy*. 12th ed. USDA-NRCS, Washington D.C.: U.S. Government Publishing Office.
- Summer, M. E., and Miller, W. P. 1996. Cation exchange capacity and exchange coefficients. In *Method of Soil Analysis; Part III. Chemical Methods*, J. M. Bigham, ed. pp. 1021-1229. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy, Inc.

วันรับบทความ (Received date) : 3 พ.ค. 62

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 11 ต.ค. 62

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 28 พ.ย. 62

อิทธิพลของวัสดุคลุมดินต่อการควบคุมวัชพืชและการแตกยอดใหม่ของต้นลำไย

Effect of Mulching Materials on Weed Control and New Leaf Flushing of Longan Tree

ณัฐพงศ์ หงษ์ทอง¹ และธีรณัฐ เจริญกิจ¹

Nutthapong Hongthong¹ and Theeranuch Jaroenkit¹

บทคัดย่อ

ศึกษาอิทธิพลของวัสดุคลุมแปลงต่อการควบคุมวัชพืชในแปลงลำไยและการแตกยอดใหม่ของต้นลำไย โดยทดสอบกับต้นลำไยอายุประมาณ 10 ปี ในแปลงปฏิบัติงานสาขาไม้ผล มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ประกอบไปด้วย 4 กรรมวิธี ๆ ละ 4 ซ้ำ ๆ ละ 1 ต้น ได้แก่ 1) ไม่คลุมดิน (control) 2) คลุมด้วยแกลบดิบ 3) คลุมด้วยฟางข้าว และ 4) คลุมด้วยพลาสติกคลุมวัชพืช (anti-root) เริ่มทำการทดลองโดยเลือกต้นลำไยที่มีขนาดทรงพุ่มใกล้เคียงกัน และตัดวัชพืชก่อนเริ่มทำการทดลอง หลังจากนั้นดำเนินการคลุมวัชพืชตามสิ่งทดลอง ในพื้นที่ 16 ตารางเมตร (กว้าง 4 เมตร ยาว 4 เมตร) รอบทรงพุ่ม เป็นระยะเวลา 7 เดือน ทำการบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ได้แก่ ปริมาณวัชพืช คุณสมบัติทางเคมี ทางกายภาพต่าง ๆ ของดิน และการแตกยอดของลำไย พบว่า การคลุมดินด้วย anti-root ไม่มีการงอกของวัชพืชเลย ในขณะที่การคลุมดินด้วยวิธีอื่น มีปริมาณน้ำหนักแห้งของวัชพืชสะสมอยู่ระหว่าง 874.9-1,227.0 ก./ตร.ม. ซึ่งไม่แตกต่างกับการไม่คลุมดิน ในขณะที่อุณหภูมิผิวดินพบว่าการคลุมดินด้วย anti-root ส่งผลให้มีความอุณหภูมิผิวดินเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 41.0 องศาเซลเซียส ซึ่งแตกต่างกับการไม่คลุมและการคลุมดินด้วยแกลบดิบ และฟางข้าว ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 25.4-32.3 องศาเซลเซียส ส่วนคุณสมบัติทางเคมีของดิน ได้แก่ อินทรีย์วัตถุ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และธาตุอาหารโดยรวม ก่อนคลุมดินแต่ละกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกัน ทั้งนี้ เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาคลุมดินแล้ว พบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ไนโตรเจน แคลเซียม และแมกนีเซียม ของการคลุมดินแต่ละวิธีมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ อย่างไรก็ตาม การคลุมดินด้วยฟางข้าวทำให้ปริมาณของฟอสฟอรัสในดินมีค่าสูงที่สุด คือ 214 มก./กก. แตกต่างกับการไม่คลุมดิน หรือการคลุมดินด้วยวิธีอื่น ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 39-91 มก./กก. ในขณะที่การคลุมด้วย anti-root ทำให้มีปริมาณโพแทสเซียมต่ำกว่าชุดควบคุม และการคลุมด้วยฟางข้าว แต่ไม่แตกต่างจากการคลุมดินด้วยแกลบดิบ การคลุมดินไม่มีอิทธิพลต่อการแตกยอดของลำไย โดยพบว่าเปอร์เซ็นต์การแตกยอดของลำไยอยู่ระหว่าง 90-100 เปอร์เซ็นต์ และอัตราเร็วในการแตกยอดไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 25-30 วันหลังตัดแต่งกิ่ง

คำสำคัญ: การคลุมดิน คุณสมบัติของดิน การควบคุมวัชพืช

Abstract

The effects of the application of mulching materials on weed control and new leaf flushing on longan trees was studied using 10 years old trees in the longan orchard at Maejo University, San Sai district, Chiang Mai province, Thailand. The experiment was conducted using a Completely Randomized Design (CRD), consisting of 4 treatments, with 4 replications, using a single tree per replication. The treatments were 1) exposed surface (control), 2) mulching with husk, 3) mulching with straw, and 4) mulching with anti-root plastic. Longan trees were preselected for uniformity, and weeds were removed before the performing the experiment. The mulching material was applied to each experimental unit covering an area of 16 m² (4 meters by 4 meters) per tree. The mulching duration was 7 months. Data collection included dry weight of weed/sampling plot, physical and chemical properties of the soil, and new leaf flushing rate. The results showed that after 7 months of mulching, there was no dry weight of weed found in the anti-root mulching treatment, while other treatments had weed dry weights of between 874.9 and 1,227.0 g/m². On the other hand, mulching with the anti-root treatment produced the highest soil temperature (41.0°C), which was much higher than the temperatures observed for the other treatments, which had a temperature range of 25.4-32.3°C. Organic matter, pH, nutritional quality, and the nitrogen, calcium and magnesium levels of the soil before and after mulching were not significantly different. The values had however increased with mulching time. Nonetheless, mulching with straw improved the soil nutrients with higher phosphorus content (214 mg/kg) observed, while other treatments revealed phosphorus levels of only 39-91 mg/kg. The content of potassium in anti-root mulching soil was lower than that of the control but was not significantly different to soil mulched with husk. Interestingly, mulching treatment had no significant effect on the longan tree's new leaf flushing as the flushing rate of all treatments were 90-100%, and this typically took about 25-30 days after pruning to occur.

Keywords: mulching, soil properties, weed control

¹ สาขาวิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อ. สันทราย จ. เชียงใหม่ 50290

¹ Program in Horticulture, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, San Sai, Chiang Mai 50290

*Corresponding author, Email: bank02072536@gmail.com

คำนำ

ลำไย (*Dimocapus longan* Lour.) เป็นไม้ผลเขตร้อนที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยในปี 2561 สามารถสร้างมูลค่าการส่งออกในรูปของลำไยผลสดประมาณ 17,219 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) อย่างไรก็ตามการทำการสวนลำไยมักประสบกับปัญหาเรื่องวัชพืชอยู่เสมอ โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝนที่วัชพืชมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วเนื่องจากวัชพืชเป็นวัชพืชที่แฉะแฉะปัจจัยที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ ธาตุอาหาร น้ำ และแสงแดด ทำให้ต้องมีการกำจัดวัชพืชบ่อยครั้ง เป็นการสิ้นเปลืองเวลา ค่าใช้จ่าย และแรงงาน โดยเบญจพรรณ เอกะสิงห์ และคณะ (2547) รายงานว่า ต้นทุนที่ใช้ในการกำจัดวัชพืชมีมูลค่าประมาณ 500 บาท/ไร่/ปี จากต้นทุนการผลิตลำไยทั้งหมดประมาณ 7,932 บาท/ไร่/ปี คิดเป็น 6 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนทั้งหมด นอกจากนี้วัชพืชยังเป็นแหล่งอาศัยของแมลงศัตรูพืช รวมไปถึงเป็นแหล่งสะสมเชื้อก่อโรคในพืชอีกหลายชนิด (พรชัย เหลืองอาภาพงศ์, 2540) โดยทั่วไปเกษตรกรมักจะเลือกใช้สารเคมีกำจัดวัชพืช (herbicide) ในการกำจัดวัชพืช เนื่องจากรวดเร็วและมีประสิทธิภาพสูง อย่างไรก็ตามสารกำจัดวัชพืชจัดเป็นวัตถุมีพิษทางการเกษตร การใช้ที่ไม่ถูกต้องอาจก่อให้เกิดอันตรายทั้งทางตรงและทางอ้อม ต่อคน สัตว์ และแมลงที่เป็นประโยชน์ ตลอดจนมีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม ปัจจุบันมีการคลุมดินเพื่อควบคุมวัชพืชเพิ่มมากขึ้น สำหรับวัสดุที่ใช้คลุมดินมีหลากหลายชนิด โดยมีประสิทธิภาพที่แตกต่างกัน เช่น ในสวนส้มแมนดาริน การคลุมดินด้วยพลาสติกสีดำ พบว่าสามารถควบคุมวัชพืชได้ถึง 94-100 เปอร์เซ็นต์ (Abouziena et al., 2008) ทั้งนี้การใช้พลาสติกสีดำเพื่อควบคุมวัชพืชในแปลงส้มได้ จึงมีความเป็นไปได้ว่าจะสามารถควบคุมวัชพืชในสวนลำไยได้เช่นกัน ไม่เพียงแต่พลาสติกเท่านั้นที่สามารถควบคุมการเจริญเติบโตของวัชพืชได้ แต่ยังพบว่าวัสดุชนิดอื่น ๆ เช่น ฟางข้าว แกลบดิบ รวมไปถึงวัสดุสังเคราะห์ชนิดอื่น ๆ พบว่าทำให้มีปริมาณน้ำหนักรากของวัชพืชน้อยกว่าการไม่คลุมดิน (Thankamani et al., 2016) นอกจากนี้การคลุมดินยังส่งผลต่อคุณสมบัติต่าง ๆ ของดินอีกด้วย โดยมีรายงานว่า การใช้พลาสติกฟิล์มคลุมดินทำให้มีการสูญเสียไอน้ำลดน้อยลง (Wu et al., 2017) ในขณะที่ Mahajan et al. (2007) พบว่า การคลุมดินด้วยพลาสติกสีดำและฟางข้าว ทำให้อุณหภูมิของดินมีความใกล้เคียงกันมาก แต่แตกต่างกับการไม่คลุมดิน โดยการคลุมดินนั้นทำให้อุณหภูมิต่ำสุดของดินสูงขึ้น ซึ่งมีผลช่วยเร่งการเจริญเติบโตของต้นพืชในแง่ความสูงของต้น เนื่องจากการคลุมดินช่วยให้ดินนั้นมีความโปร่งและร่วนซุยเพิ่มมากขึ้น การระบายน้ำดี อากาศถ่ายเทดี เหมาะกับการเจริญเติบโตของรากพืช (Mulumba and Lal, 2008) อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาการคลุมดินเพื่อควบคุมวัชพืชสำหรับต้นลำไย ในการศึกษาครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของวัสดุคลุมดินชนิดต่าง ๆ ต่อปริมาณวัชพืช การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดิน และการตอบสนองของต้นลำไยเพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสมสำหรับการควบคุมกำจัดวัชพืชในแปลงลำไยต่อไป

วิธีการศึกษา

ในการศึกษานี้ได้ใช้ต้นลำไยอายุประมาณ 10 ปี มีขนาดทรงพุ่มใกล้เคียงกัน ของสาขาไม้ผล มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ตาบลงหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 16 ต้น วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ หรือ Completely Randomized Design (CRD) ประกอบด้วย 4 กรรมวิธี ๆ ละ 4 ซ้ำ ๆ ละ 1 ต้น ได้แก่ 1) ไม่คลุมดินหรือชุดควบคุม 2) คลุมดินด้วยแกลบดิบ 3) คลุมดินด้วยฟางข้าว และ 4) คลุมดินด้วยพลาสติกคลุมดินกำจัดวัชพืช (anti-root) โดยกำหนดพื้นที่คลุมดินเท่ากับ 16 ตารางเมตรรอบทรงพุ่ม โดยทำการตัดแต่งกิ่งทรงเปิดกลางพุ่มให้มีขนาดใกล้เคียงกันทุกต้นก่อนเริ่มกรรมวิธีคลุมดิน ทำการศึกษาเป็นระยะเวลา 7 เดือน (สิงหาคม พ.ศ. 2560 ถึง มีนาคม พ.ศ. 2561)

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างวัชพืชในพื้นที่ 1 ตารางเมตรต่อหน่วยทดลองทุกเดือน จากนั้นทำการตัดแยกชนิดของวัชพืชแล้วนำไปอบโดยใช้ตู้อบความร้อน (forced convection oven OF-21E (150L), Jeio Tech, South Korea) ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง เพื่อนำน้ำหนักแห้ง และชั่งน้ำหนักด้วยตราชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง รายงานเป็นปริมาณน้ำหนักแห้งสะสมของวัชพืชรวม 7 เดือน

ทำการวัดอุณหภูมิระดับผิวดิน (ความลึก 0 เซนติเมตร) ด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัส หรือแบบอินฟราเรด (infrared thermometer) ระดับความลึก 10 และ 30 เซนติเมตร ด้วยเทอร์มิสเตอร์แบบแทงแก้ว และความชื้นในดินที่ระดับความลึก 0 ถึง 30 เซนติเมตร โดยการอบตัวอย่างดินด้วยเครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ส่วนข้อมูลด้านเคมี ได้แก่ อินทรีย์วัตถุ ความเป็นกรด-ด่าง และธาตุอาหารในดิน ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0 ถึง 30 เซนติเมตร ก่อนและหลังการทดลอง เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณธาตุในดิน โดยมีวิธีการดังนี้ วิเคราะห์อินทรีย์วัตถุ (วิธี Walkley and Black) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (วัดด้วย pH Meter อัตราส่วน ดิน : น้ำ เท่ากับ 1 : 1) ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (วิธี Kjeldahl Method) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

ในดิน (สกัดด้วยน้ำยา Bray II วัดความเข้มข้นด้วย spectrophotometer) และวิเคราะห์โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ในดิน (สกัดด้วย $\text{IN NH}_4\text{O AC pH 7.0}$ วัดด้วย atomic absorption spectrophotometer)

การเจริญเติบโตของลำไยวัดจากการแตกยอดใหม่ โดยสุ่มยอดจำนวน 20 ยอดต่อต้น คำนวณเปอร์เซ็นต์การแตกยอด (ภายใน 90 วัน) และจำนวนวันที่เริ่มแตกยอดแรกหลังจากตัดแต่งกิ่ง วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน หรือ Analysis of Variance (ANOVA) จากนั้นเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Least Significant Difference (LSD) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ปริมาณวัชพืช

หลังจากคลุมดินเป็นเวลา 7 เดือน พบว่าวิธีที่ไม่คลุมดิน กับการคลุมดินด้วยแกลบดิบ และฟางข้าว มีปริมาณของวัชพืชเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกเดือน และมีปริมาณน้ำหนักรวม 7 เดือนอยู่ระหว่าง 874.9-1,227.0 ก./ตร.ม. ซึ่งมีความแตกต่างกับการคลุมดินด้วย anti-root ที่พบว่าไม่มีวัชพืชตั้งแต่เริ่มคลุมดินจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง เมื่อแยกกลุ่มของวัชพืชเป็น 2 กลุ่มคือวัชพืชใบแคบ และวัชพืชใบกว้าง พบว่าการคลุมดินด้วย anti-root ไม่พบปริมาณของวัชพืชทั้งสองชนิด ซึ่งมีความแตกต่างกับการคลุมดินด้วยวิธีอื่น ๆ ที่มีปริมาณน้ำหนักแห้งสะสมของวัชพืชใบแคบมีค่าอยู่ระหว่าง 74.4-295.7 ก./ตร.ม. และปริมาณน้ำหนักแห้งสะสมของวัชพืชใบกว้างมีค่าอยู่ระหว่าง 754.6-800.5 ก./ตร.ม. (Table 1) ในขณะที่ร้อยละน้ำหนักแห้งของวัชพืชใบแคบ และวัชพืชใบกว้าง พบว่าการคลุมดิน 3 กรรมวิธี ได้แก่ ชุตคลุมดิน แกลบดิบ และฟางข้าว มีร้อยละน้ำหนักแห้งของวัชพืชใบกว้างมากกว่าวัชพืชใบแคบ โดยคิดเป็นร้อยละ 74.3, 75.9 และ 91.5 ตามลำดับ anti-root เป็นพลาสติกใสดำทั้งสองด้าน ผลิตด้วยวัสดุ LDPE และมีคุณสมบัติที่น้ำสามารถซึมผ่านได้ ซึ่งอิทธิพลของการคลุมดินโดยใช้พลาสติกใสดำจะมีผลต่อปริมาณของวัชพืช สอดคล้องกับงานทดลองของ Abouziena et al. (2008) ที่พบว่า การคลุมดินด้วยพลาสติกใสดำในสวนส้มแมนดาริน สามารถควบคุมวัชพืชได้ถึง 69-100 เปอร์เซ็นต์ และ เพ็ญศรี นันทสมสราญ และจรัญ ดิษฐไชยวงศ์ (2553) ได้ทำการคลุมดินด้วยพลาสติกสีเทาดำในแปลงกวาวเครือขาว พบว่ามีน้ำหนักสดของวัชพืชเท่ากับ 35.14 ก./ตร.ม. ซึ่งน้อยกว่าวิธีที่ไม่คลุมดิน ที่มีน้ำหนักสดวัชพืชเท่ากับ 66.74 ก./ตร.ม.

Table 1 Dry weight accumulation of weeds (narrow leaves and broad leaves) at the end of experiment (7 months) as affected by mulching materials.

Mulching materials	Narrow leaf weeds (g/m ²)	Percentage	Broad leaf weeds (g/m ²)	Percentage	Total (g/m ²)
Exposed surface	260.6 a	25.7	754.6 a	74.3	1,015.2 a
Husk	295.7 a	24.1	931.3 a	75.9	1,227.0 a
Straw	74.4 a	8.5	800.5 a	91.5	874.9 a
Anti-root	0.0 b	0.0	0.0 b	0.0	0.0 b
F-test	**		**		**
CV (%)	46.02		28.79		24.95

** = Significant difference at P<0.01.

อุณหภูมิ และความชื้นของดิน

อุณหภูมิระดับผิวดินหรือบริเวณใต้วัสดุคลุมดินเฉลี่ยจาก 3 เดือน (มกราคม ถึง มีนาคม พ.ศ. 2561) พบว่าการคลุมดินด้วย anti-root ทำให้อุณหภูมิผิวดินระดับผิวดินมีค่าสูงสุดคือ 41.1 องศาเซลเซียส ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติกับวิธีการคลุมดินด้วยวัสดุอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยการคลุมดินด้วยวิธีอื่น ๆ มีค่าอยู่ระหว่าง 25.4-32.4 องศาเซลเซียส ทั้งนี้อุณหภูมิใต้วัสดุคลุมดินสูงเกินกว่า 40 องศาเซลเซียสนั้น อาจเป็นเพราะวัสดุคลุมดินสีดำนี้อาจมีคุณสมบัติดูดซับความร้อนจากแสงอาทิตย์ได้มาก อุณหภูมิที่สูงในระดับ 41.1 องศาเซลเซียส ไม่เหมาะสมกับการงอกของเมล็ดวัชพืช โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมมีค่าอยู่ระหว่าง 10-35 องศาเซลเซียส (พรชัย เหลืองอาภาพงศ์, 2540) ในขณะที่อุณหภูมิที่ระดับความลึก 10 เซนติเมตร การคลุมดินทั้ง 4 วิธี ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 25.9-26.7 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิผิวดินที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร

พบว่า การคลุมดินด้วยแกลบดิบทำให้มีอุณหภูมิเท่ากับ 28.7 องศาเซลเซียส โดยมีค่าสูงกว่าการคลุมดินด้วยฟางข้าว และ anti-root แต่ไม่แตกต่างกับชุดควบคุม ที่มีค่าเท่ากับ 27.4, 27.9 และ 28.0 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (Table 2)

ในขณะที่ความชื้นในดินที่ความลึกระดับ 0-30 เซนติเมตร หลังสิ้นสุดการทดลองพบว่า กรรมวิธีที่ใช้วัสดุคลุมดินสามารถรักษาความชื้นได้ดีกว่าการไม่คลุมดิน โดยเฉพาะกรรมวิธีที่คลุมดินด้วย anti-root พบว่ามีค่าความชื้นในดินเท่ากับ 5.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่ามากกว่าการไม่คลุมดินที่มีค่าเท่ากับ 1.9 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่เมล็ดพืชจะสามารถงอกได้ที่ระดับความชื้น 5-40 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามระดับความชื้นที่ต่ำ ไม่มีผลต่อการงอกของเมล็ดพืชบางชนิด เช่น ผักเผ็ดเผ็ด โดยอิงการวิจัยชาว (2556) รายงานว่า ผักเผ็ดเผ็ดสามารถงอกได้ในทุกช่วงความชื้น สามารถขึ้นได้เกือบทุกบริเวณของดินเกือบทุกประเภท ทั้งในที่แห้ง รวมทั้งบริเวณน้ำท่วมขังและน้ำขัง

Table 2 Soil moisture and temperature as affected by mulching materials.

Mulching materials	Soil moisture (%)	Surface temperature (°C)	Soil temperature at depth (°C)	
			10 cm	30 cm
Exposed surface	1.9 b	32.4 b	26.6	28.0 ab
Husk	4.6 a	25.4 b	26.7	28.7 a
Straw	3.7 ab	26.5 b	25.9	27.4 b
Anti-root	5.5 a	41.1 a	26.7	27.9 b
F-test	**	**	ns	**
CV (%)	25.9	8.55	12.1	1.6

ns = no significant difference.

** = Significant difference at $P < 0.01$.

คุณสมบัติทางเคมีของดินก่อน และหลังการคลุมดิน

องค์ประกอบทางเคมีของดินก่อนการคลุมดินพบว่าทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยดังต่อไปนี้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 5.53 อินทรีย์วัตถุ 1.34 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจน 0.067 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 50.33 มก./กก. โพแทสเซียม 85.25 มก./กก. แคลเซียม 235.25 มก./กก. และแมกนีเซียม 27.75 มก./กก. หลังจากคลุมดินไว้ 7 เดือน พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินและปริมาณธาตุอาหารในดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนคลุมดิน แต่เมื่อเปรียบเทียบกับแต่ละกรรมวิธี พบว่า แต่ละกรรมวิธีที่คลุมดินไม่มีผลต่อคุณสมบัติทางเคมีของดินส่วนใหญ่ ยกเว้นปริมาณของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ซึ่งมีความแตกต่างกันดังนี้ การคลุมดินด้วยฟางข้าวทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงสุดคือ 214 มก./กก. ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติกับทุกกรรมวิธีอย่างมีนัยสำคัญ โดยกรรมวิธีอื่น ๆ มีค่าอยู่ระหว่าง 39-91 มก./กก. ในขณะที่กรรมวิธีอื่น ๆ มีปริมาณฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นหลังคลุมดิน แต่การคลุมด้วย anti-root ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในดินลดลง (Table 3) แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการไม่คลุมดิน และคลุมดินด้วยแกลบดิบ สำหรับปริมาณโพแทสเซียมในดิน พบว่าวิธีที่คลุมดินด้วยฟางข้าวทำให้โพแทสเซียมมีค่าสูงสุดคือ 156.3 มก./กก. ซึ่งไม่แตกต่างกันกับการที่คลุมดินด้วยแกลบดิบ และไม่คลุมดิน แต่มากกว่าการคลุมดินด้วย anti-root ซึ่งมีปริมาณของโพแทสเซียมเฉลี่ยเท่ากับ 70.3 มก./กก. จากการศึกษาพบว่าสอดคล้องกับงานทดลองของ วุฒิดา รัตนพิไชย (2550) ที่พบว่า การคลุมดินด้วยวัสดุอินทรีย์ทำให้ปริมาณของธาตุอาหารบางตัวเพิ่มขึ้น เช่น การคลุมดินด้วยฟางข้าวทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น ในสภาพที่ดินมีค่าความเป็นกรดสูงจะมีผลต่อความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เช่น หากดินเป็นกรดสูงจะทำให้เกิดการตรึงฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปของเหล็กฟอสเฟต และอะลูมิเนียมฟอสเฟต ซึ่งพืชจะดูดใช้ประโยชน์ได้ค่อนข้างยาก การคลุมดินด้วยวัสดุอินทรีย์จะทำให้เกิดการย่อยสลายและจุลินทรีย์ในดินจะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งกิจกรรมของจุลินทรีย์เหล่านี้จะมีผลต่อความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในดิน (เจริญ เจริญจำรัสชีพ และรสมาลิน ณ ระนอง, 2542) ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Vleeschauwer et al. (1980) ที่พบว่า การคลุมดินด้วยฟางข้าว 18 เดือน ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ความเป็นกรด-ด่าง และอินทรีย์คาร์บอนในดินเพิ่มสูงขึ้น

ในส่วนของปริมาณธาตุอาหารรองซึ่งได้แก่ แคลเซียม และแมกนีเซียม หลังการคลุมดินเป็นเวลา 7 เดือน พบว่า การคลุมดินทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยพบว่าปริมาณแคลเซียมในดินอยู่ในช่วง 864-1,071 มก./กก. และปริมาณแมกนีเซียมมีค่าอยู่ในช่วง 150-198 มก./กก. (Table 3) ทั้งนี้ปริมาณธาตุอาหารที่เพิ่มขึ้นในกรรมวิธีที่คลุมดินด้วย anti-root อาจเป็นผลมาจากเศษวัชพืชที่ถูกตัดก่อนเริ่มต้นการทดลองเกิดการย่อยสลายและปลดปล่อยธาตุอาหารลงสู่ดิน

Table 3 Chemical characteristics before and after mulching.

Mulching materials	pH		OM (%)		N (%)		P		K		Ca		Mg	
	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After
Exposed surface	5.62	5.77	1.33	2.72	0.066	0.136	37.33	81.7 b	73	143.3 a	257	864	28	169
Husk	5.52	5.84	1.01	2.60	0.051	0.130	41.33	91.0 b	90	118.3 ab	166	900	19	150
Straw	5.57	6.09	1.62	3.29	0.081	0.165	54.67	214.0 a	114	156.3 a	278	1,071	35	198
Anti-root	5.39	5.72	1.41	2.51	0.070	0.126	68.00	39.0 b	64	70.3 b	240	937	29	156
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	**	ns	ns	ns	ns
CV (%)	6.57	5.85	28.48	30.46	28.39	30.45	40.01	51.36	33.74	25.44	45.44	43.05	67.81	34.55

ns = no significant difference.

* = Significant difference at $P < 0.05$.** = Significant difference at $P < 0.01$.

การเจริญเติบโตของลำไย

การคลุมวัชพืชในแปลงลำไยทั้ง 4 กรรมวิธี ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การแตกยอดของลำไยและจำนวนวันที่ใช้ในการแตกยอดหลังตัดแต่งกิ่ง โดยลำไยทุกกรรมวิธีมีเปอร์เซ็นต์การแตกยอดอยู่ในช่วง 90.0-100.0 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่จำนวนวันที่ใช้ในการแตกยอดอยู่ในช่วง 24.8-30.1 วันหลังตัดแต่งกิ่ง (Table 4) ทั้งนี้มีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของลำไย ที่นอกเหนือจากอุณหภูมิ ความชื้น ความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณธาตุอาหารในดิน ซึ่งอาจได้แก่ ปริมาณแสงสว่าง ชนิดและปริมาณของก๊าซ สิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในดิน เป็นต้น

Table 4 New leaf flushing (percentage and time) as affected by mulching materials.

Mulching materials	Percentage of new leaf flushing	Time to new leaf flushing
	(%)	(days)
Exposed surface	90.0	30.1
Husk	93.8	24.8
Straw	97.5	27.7
Anti-root	100.0	25.2
F-test	ns	ns
CV (%)	10.24	19.13

ns = no significant difference.

สรุปผลการศึกษา

การศึกษานี้พบผลของวัสดุคลุมดินต่อการควบคุมวัชพืช พบว่าวิธีการคลุมดินด้วย anti-root สามารถควบคุมวัชพืชได้ดีที่สุด โดยไม่พบการงอกของวัชพืชเลยตลอดระยะเวลาการศึกษา ซึ่งน่าจะเกิดจากการคลุมดินด้วย anti-root ทำให้อุณหภูมิของผิวดินสูงขึ้น ส่วนการคลุมดินด้วยวัสดุอินทรีย์เป็นเวลา 7 เดือน พบว่ามีการย่อยสลายและปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาทำให้ธาตุอาหารในดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม แต่การคลุมดินด้วยวิธีการต่าง ๆ ไม่มีผลต่อการแตกยอดของต้นลำไย

กิตติกรรมประกาศ

งานทดลองนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่องการทดสอบการควบคุมวัชพืชในแปลงลำไย ที่ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากบริษัท ไบเออร์ไทย จำกัด ประจำปี พ.ศ. 2560

เอกสารอ้างอิง

- เจริญ เจริญจรัสชีพ และสมาลิน ณ ระนอง. 2542. คู่มือการใช้วัสดุคลุมดินเพื่อการเกษตรเพื่อปรับปรุงดินเปรี้ยวจัด. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน.
- เบญจพรณ เอเกะสิงห์, กมล งามสมสุข, ธัญยา พรหมบุญ และทิชา โยธาภักดี. 2547. ต้นทุนและผลตอบแทนการผลิตลำไยในจังหวัดเชียงใหม่ และลำพูน. *วารสารเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่* 8(1-2): 17-44.
- พรชัย เหลืองอาภาพงศ์. 2540. *วัชพืชศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ไร่เขียว.
- เพ็ญศรี นันทสมสราน และจรัญ ดิษฐไชยวงศ์. 2553. ศึกษาวัชพืชคลุมดินที่มีผลต่อการควบคุมวัชพืชในกวาวเครือขาว. <http://www.doa.go.th/research/attachment.php?aid=1110> (27 กันยายน 2560).
- วุฒิดา รัตนพิไชย. 2550. อิทธิพลของวัชพืชคลุมดินชนิดต่าง ๆ ต่อการใช้น้ำ และการเจริญเติบโตของผักคะน้า และการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2562. สถิติการส่งออกลำไยสด. http://impexp.oae.go.th/service/export.php?S_YEAR=2561&E_YEAR=2561&PRODUCT_GROUP=5252&PRODUCT_ID=4990&wf_search=WF_SEARCH=Y (27 มิถุนายน 2562).
- โองการ วณิชชาวีระ. 2556. เปรียบเทียบปัจจัยที่มีต่อการงอกของเมล็ดวัชพืชต่างถิ่นสกุลผักแว่นในประเทศไทย. *แก่นเกษตร* 41(3): 317-326.
- Abouziena, H., Hafez, O., El-Metwally, I., Sharma, S., and Singh, M. 2008. Comparison of weed suppression and mandarin fruit yield and quality obtained with organic mulches, synthetic mulches, cultivation, and glyphosate. *HortScience* 43(3): 795-799.
- Mahajan, G., Sharda, R., Kumar, A., and Singh, K. 2007. Effect of plastic mulch on economizing irrigation water and weed control in baby corn sown by different methods. *African Journal of Agricultural Research* 2(1): 19-26.
- Mulumba, L. N., and Lal, R. 2008. Mulching effects on selected soil physical properties. *Soil & Tillage Research* 98(1): 106-111.

- Thankamani, C. K., Kandiannan, K., Hamza, S., and Sajj, K. V. 2016. Effect of mulches on weed suppression and yield of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Scientia Horticulturae* 207: 125-130.
- Vleeschauwer, D. D., Lal, R., and Marafa, R. 1980. Effect of amounts of surface mulch on physical and chemical properties of an Alfisol from Nigeria. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 31(7): 730-738.
- Wu, Y., Huang, F., Jia, Z., Ren, X., and Cai, T. 2017. Response of soil water, temperature, and maize (*Zea may* L.) production to different plastic film mulching patterns in semi-arid areas of northwest China. *Soil & Tillage Research* 166: 113-121.

วันรับบทความ (Received date) : 3 เม.ย. 62

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 1 ก.ค. 62

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 6 ธ.ค. 62

ศักยภาพของดิน และความเหมาะสมของที่ดินทางการเกษตรในพื้นที่น้ำมั่งเมืองท่าพระบาท

แขวงบอลิคำไซ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (สปป.ลาว)

Soil Potential and Land Suitability for Agriculture in Nam Mang, Thaphabath District,

Bolikhamxay Province, Lao People's Democratic Republic (Lao PDR)

วิศิษฐ์ เมฆตระกูล^{1,2} เสาวนุช ทาวอร์นพริก^{1*} ณัฐพล จิตมัตย์¹ และเอิบ เขียวรินรมณ์¹
Vikham Mektakoul^{1,2}, Saowanuch Tawornpruek^{1*}, Natthapol Chittamarit¹ and Irb Kheoruenromne¹

บทคัดย่อ

การศึกษาศักยภาพของดินและความเหมาะสมของที่ดินทางการเกษตรในพื้นที่น้ำมั่ง เมืองท่าพระบาท แขวงบอลิคำไซ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (สปป.ลาว) โดยพื้นที่ศึกษามีสภาพพื้นที่เป็นที่ราบ ลูกคลื่นลอนลาด และพื้นที่ลุ่มต่ำ สภาพพื้นที่โดยรวมมีลักษณะลาดต่ำลงมาทางด้านทิศตะวันออกจนถึงแม่น้ำโขง พื้นที่ศึกษามีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง โดยเฉลี่ย 173 เมตร มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเท่ากับ 3,186.3 มิลลิเมตร โดยฝนจะตกมากช่วงเดือนพฤษภาคมถึงกันยายน ดินมีระบอบความชื้นดินยูดิก (Udic soil moisture regime) วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมีของดิน การจำแนกสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ และการประเมินความเหมาะสมของที่ดินต่อพืชเศรษฐกิจในพื้นที่ศึกษา ทำโดยสุ่มเก็บตัวอย่างดินที่เป็นตัวแทนของดินทั้งหมดจำนวน 12 บริเวณ วิธีการศึกษาประกอบด้วยการทำคำอธิบายสัณฐานวิทยาของดินในสนาม วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และเคมีของดินตามวิธีมาตรฐานในห้องปฏิบัติการ การจำแนกสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดินและความเหมาะสมของที่ดินต่อพืชเศรษฐกิจ ผลการศึกษาพบว่า ดินในพื้นที่ศึกษาเป็นดินลิกมาก วัตถุต้นกำเนิดดินส่วนใหญ่เป็นตะกอนน้ำพา (alluvium) สัณฐานภูมิประเทศของบริเวณที่ทำการศึกษามีได้แก่ ที่ราบน้ำท่วม ลานตะพักลำน้ำขั้นต่ำ ลานตะพักลำน้ำขั้นกลางและขั้นสูง ดินมีการระบายน้ำเลวถึงระบายน้ำดี สีของดินเป็นสีน้ำตาล เหลืองจนถึงสีเทา โครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน เนื้อดินเป็นดินร่วนถึงร่วนเหนียว ดินเป็นกรดรุนแรงถึงกรดปานกลาง ปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำมากถึงสูงมาก ปริมาณไนโตรเจนรวมต่ำมากถึงปานกลาง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำมากถึงสูงมาก ปริมาณความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน ปริมาณค่ารวมที่สกัดได้ต่ำมากถึงปานกลาง ค่าร้อยละความอิ่มตัวเบสต่ำถึงปานกลาง และค่าร้อยละความอิ่มตัวอะลูมิเนียมมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 3.22-91.52 ดินเหล่านี้จัดอยู่ในกลุ่มดินย่อย (Soil Taxonomy) Typic Plinthaquult, Typic Plinthudult, Typic Kandiaquult, Typic Paleaquults, Typic Paleudult, Typic Endoaqualf และ Ultic Hapludalf การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินพบว่า ดินบนส่วนใหญ่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ยกเว้นพีดอน 9 มีความอุดมสมบูรณ์สูง หน่วยการจำแนกสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดิน ได้แก่ Lgakem, Lgkem, Cge, Cgke, Lakem, Lake, Lkem, Lke, Lem, L และ LCr⁺ke ดินส่วนใหญ่มีข้อจำกัดเรื่องความเป็นพิษจากอะลูมิเนียม (a) ดินมีการขังน้ำ (g) โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำ (k) ดินมีโอกาสสูญเสียธาตุอาหารพืชโดยกระบวนการชะละลายได้ง่าย (e) และดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินต่ำมาก (m) ดินส่วนใหญ่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชไร่ และไม่เย็นต้นในระดับปานกลาง (S2) มีบางบริเวณที่เหมาะสมเล็กน้อย (S3) ในพีดอน 3 และ 5 ไม่เหมาะสม (N) สำหรับการปลูกพืชเศรษฐกิจชนิดใดเนื่องด้วยมีข้อจำกัดในเรื่องการขังน้ำ ยกเว้นการปลูกข้าวมีความเหมาะสมเล็กน้อย (S3) พื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่มีศักยภาพต่ำถึงปานกลางสำหรับการใช้เพื่อการปลูกพืชเศรษฐกิจ โดยมีข้อจำกัด คือ ความเสียหายจากน้ำท่วม (f) ความเป็นประโยชน์ของออกซิเจนต่อรากพืช (o) ในพื้นที่ลุ่ม และด้านความชุ่มชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (m) ในพื้นที่ดอน นอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดเรื่องความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน (s) และความจุในการดูดซับธาตุอาหาร (n) ต่ำ มีบางบริเวณพบข้อจำกัดด้านการหยั่งลึกของรากพืช (r)

คำสำคัญ: การจำแนกสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดิน การจัดชั้นสมรรถนะที่ดิน การประเมินค่าที่ดิน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน

¹ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

² กรมคุ้มครองและพัฒนาที่ดินกสิกรรม กระทรวงกสิกรรมและป่าไม้ นครหลวงเวียงจันทน์ สปป.ลาว 4195

¹ Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

² Department of Agricultural Land Management, Ministry of Agriculture and Forestry, Vientiane, Lao PDR 4195

*Corresponding author, Email: saowanuch.t@ku.ac.th

Abstract

A study of the soil potential and land suitability for agriculture in Nam Mang, Thaphabath district, Bolikhamxay province, Lao People's Democratic Republic (Lao PDR), was conducted. The studied areas were flat or almost flat undulating lowlands. The topography of these areas can be described as sloping down to the east towards the Mekong River. The studied areas are 173 meters above the mean sea level. They have an average rainfall of 3,186.3 millimeters, and rainfall is high between May and September. The soils have an udic soil moisture regime. This study aimed to investigate physical and chemical properties of the soils, soil fertility capability classification, and land suitability for economic crops in the study areas. The study was carried out in 12 randomly selected representative areas. The methodology included field morphology description, soil physical and chemical analysis in laboratory according to standard methods, soil fertility capability classification, and assessment of land suitability for economic crops. The results of the study revealed that the soils in the study areas were deep. Most of soil parent material was alluvium. The landforms of the study areas were flood plain, low alluvial terrace, and middle and high alluvial terrace. The soils were poorly drained to well drained. The soil colors were brown, yellow, and gray. These soils had subangular blocky structure, and the soil textures were loam to clay loam. The soils were extremely acid to moderately acid, and they had very low to very high organic matter content, very low to medium total nitrogen content, and very low to very high available phosphorus and available potassium levels. They had very low to medium cation exchange capacity and sums of extractable bases. Their base saturation percentage varied from low to medium, and the saturated aluminum percentage range was from 3.22-91.52. These soils were taxonomically classified into the various subgroups of soil taxonomy including Typic Plinthaquult, Typic Plinthudult, Typic Kandiaquult, Typic Paleaquults, Typic Paleudult, Typic Endoaqualf, and Ultic Hapludalf. The soil fertility assessment indicated that most of these soils had low fertility, except for the pedon 9 type, which had high fertility. The fertility capability units of these soils were Lgakem, Lgkem, Cge, Cgke, Lakem, Lake, Lkem, Lke, Lem, L, and LCr⁺ke. Most of these soils, which displayed aluminum toxicity limitations, had gleying (an anaerobic condition) (g), low exchangeable potassium (k), a potentially high rate of leaching (e), and low organic matter (m). Most soils were moderately suitable (S2) for field crops and perennial crops, while some areas were marginally suitable (S3). The soils in pedon 3 and pedon 5 were not suitable (N) for upland economic crops because of limitations to do with waterlogging, but they were marginally suitable (S3) for rice cultivation. The studied areas showed low to moderate potential for economic crop cultivation, and factors limiting that potential included flood hazard (f), oxygen availability (o), moisture availability (m), nutrient availability (s), nutrient retention (n), and rooting condition (r).

Keywords: fertility capability classification, land capability classification, land evaluation, soil fertility

คำนำ

เมืองท่าพระบาทตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกของแขวงบอลิคำไซ เป็นเมืองยุทธศาสตร์ที่สำคัญของแขวงนี้ เพราะเป็นเมืองที่เชื่อมระหว่างแขวงบอลิคำไซและนครหลวงเวียงจันทน์ พืชเศรษฐกิจที่สำคัญของเมืองนี้ ได้แก่ ข้าว และยางพารา จากผลการสำรวจดินและการใช้ที่ดินของแขวงบอลิคำไซ พบว่า ดินในบริเวณแขวงบอลิคำไซ และดินเมืองท่าพระบาทมีความอุดมสมบูรณ์ในระดับต่ำถึงปานกลาง (ศูนย์สำรวจและแบ่งเขตดินกสิกรรม, 2536; ศูนย์ค้นคว้าที่ดินกสิกรรม, 2551) ซึ่งเมืองท่าพระบาทยังไม่ได้ทำการสำรวจจำแนกดินและจัดชั้นความเหมาะสมของที่ดินอย่างละเอียด ทำให้การวางแผนการใช้ที่ดินในด้านการเกษตรยังไม่ได้เท่าที่ควร พื้นที่น้ำมั่งเป็นพื้นที่หนึ่งที่สำคัญของเมืองท่าพระบาท เป็นเขตที่มีความหลากหลายทางด้านสภาพพื้นที่ คือ มีสภาพพื้นที่ราบเรียบ พื้นที่ลูกคลื่นลอนลาด และมีพื้นที่ลุ่มต่ำที่เป็นพื้นที่ชุ่มน้ำอีกด้วย นอกจากนี้ยังเป็นพื้นที่ยุทธศาสตร์และมีความสำคัญทางด้านการเกษตรอีกแห่งหนึ่งของเมือง เพราะเป็นเขตดินสันดอนเก่าของแม่น้ำโขงที่เคยทับถมมาก่อน ซึ่งเหมาะแก่การทำเกษตรเป็นอย่างมาก เช่น การทำนาปลูกข้าว แต่การใช้ที่ดินในปัจจุบันของบริเวณดังกล่าวยังไม่ถูกต้องเหมาะสมกับศักยภาพและความเหมาะสมของที่ดิน ดังนั้นการสำรวจจำแนกดินและจัดความเหมาะสมของที่ดินเพื่อการเกษตรจะช่วยเพิ่มศักยภาพทางการเกษตรในพื้นที่บริเวณนี้ได้อีกทางหนึ่ง จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมีของดิน จำแนกสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ และประเมินความเหมาะสมของที่ดินต่อการปลูกพืชในพื้นที่น้ำมั่ง เมืองท่าพระบาท แขวงบอลิคำไซ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (สปป.ลาว)

วิธีการศึกษา

จากสภาพการใช้ที่ดินปัจจุบันในพื้นที่น้ำมั่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ป่าเสื่อมโทรม (พื้นที่ป่าเก่า) รองลงมาเป็นพื้นที่ป่าเบญจพรรณผสม พื้นที่สวนยางพารา พื้นที่นาข้าว ส่วนที่เหลือเป็นพื้นที่แหล่งน้ำ พื้นที่ทำการเกษตรส่วนมากอยู่บริเวณพื้นที่ราบตามริมถนน และริมแม่น้ำโขง จึงทำการคัดเลือกพื้นที่ที่เป็นตัวแทนของการใช้ที่ดินและฐานภูมิประเทศ จำนวน 12 บริเวณ (Figure 1, Table 1) ทำคำอธิบายหน้าตัดดินและบันทึกสภาพแวดล้อมทั่วไปของดิน และเก็บตัวอย่างดินตามชั้นกำเนิดดิน โดยวิธีมาตรฐาน (เอิบ เขียวรัตน์, 2552; Soil Science Division Staff, 2017) เพื่อใช้เป็นตัวแทนของดินในพื้นที่ศึกษา ทำการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ การกระจายขนาดอนุภาคดิน โดยวิธีปิเปต (Gee and Bauder, 1986) ทำการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ได้แก่ พีเอชดิน (pH) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (organic matter) ไนโตรเจนรวม (total nitrogen) (National Soil Survey Center, 1996) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus) โดยวิธี Bray II (Bray and Kurtz, 1945) โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available potassium) โดยใช้ 1 M NH_4OAc ที่เป็นกลาง (pH 7.0) (Pratt, 1965) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity) โดยการชะละลายไอออนบวกด้วยสารละลาย 1 M NH_4OAc ที่เป็นกลาง (pH 7.0) และแทนที่แอมโมเนียมไอออนด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 10% ในสภาพที่เป็นกรด กลั่นหาแอมโมเนียมไอออน (Chapman, 1965) เบสที่สกัดได้ (extractable bases) โดยใช้ 1 M NH_4OAc ที่เป็นกลาง (pH 7.0) (Pratt, 1965) และอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (base saturation percentage) โดยการคำนวณจากค่าเบสรวมที่สกัดได้ (sum bases) และความเป็นกรดที่สกัดได้ (extractable acidity) (Thomas, 1982; National Soil Survey Center, 1996) อัตราร้อยละความอิ่มตัวอะลูมิเนียม (aluminum saturation percentage) โดยการคำนวณจากค่าเบสรวมที่สกัดได้ และอะลูมิเนียมที่สกัดได้ (Thomas, 1982; National Soil Survey Center, 1996) ประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน (กองสำรวจดิน, 2523) ประเมินความเหมาะสมของที่ดินสำหรับปลูกพืชเศรษฐกิจ 7 ชนิด คือ ข้าว ข้าวโพด ปาล์มน้ำมัน ยางพารา หนุ่ยเลียงสัตว์ อ้อย และมันสำปะหลัง โดยพิจารณาจากความต้องการด้านพืช ด้านการจัดการ และด้านอนุรักษ์ ซึ่งได้แก่ อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน สภาพการระบายน้ำของดิน ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร ความจุในการดูดซับธาตุอาหารของดิน สภาพการการหยั่งลึกของรากพืช ความเสียหายจากน้ำท่วม ภาวะการชะตกรวม และความลาดชันของพื้นที่ เป็นตัวแทนประกอบในการประเมิน (กองวางแผนการใช้ที่ดิน, 2535; Food and Agriculture Organization, 1984) และจำแนกสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Sanchez et al., 2003)

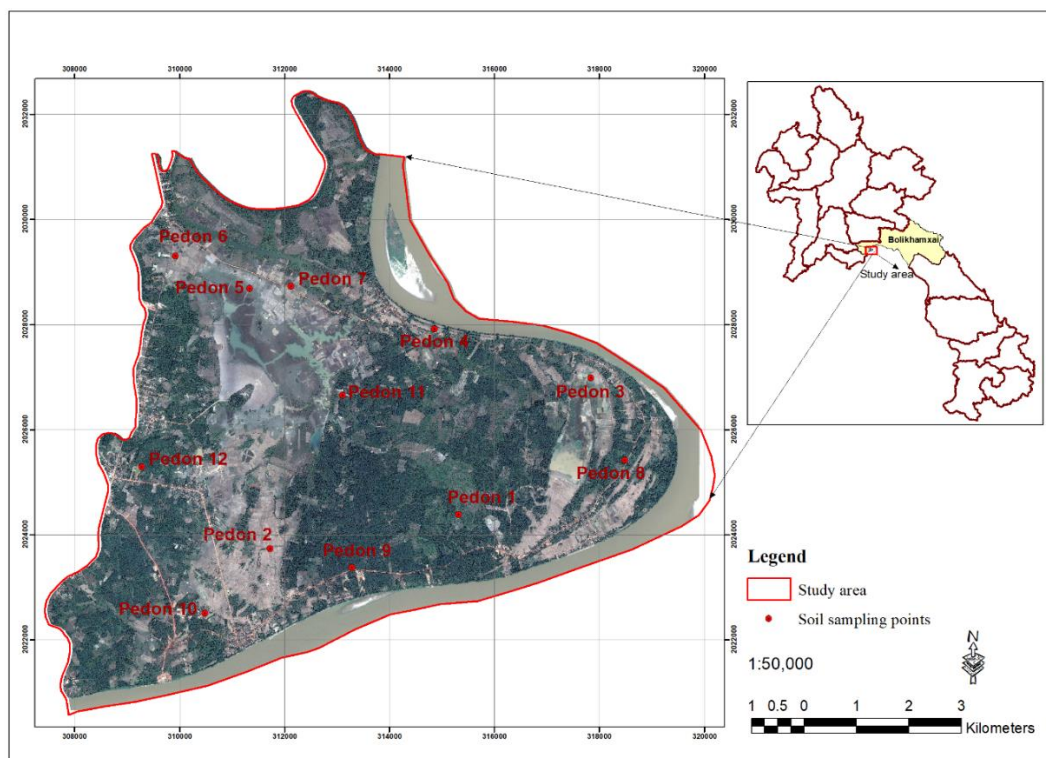


Figure 1 Map of Nam Mang, Thaphabath district, Bolikhamxay province, Lao PDR and soil sampling sites.

Table 1 Soil sampling coordinate, slope class, landform, parent material, and land use of the study areas.

Site	Coordinate (UTM, WGS84)			Slope class	Landform	Parent material	Land use
	Zone	X	Y				
Pedon 1	48Q	315319	2024381	Undulating	Low terrace	Alluvium	Para rubber
Pedon 2	48Q	311910	2023481	Nearly level	Low terrace	Alluvium	Paddy field
Pedon 3	48Q	317849	2026983	Nearly level	Old levee	Alluvium	Paddy field
Pedon 4	48Q	314861	2027914	Nearly level	Old levee	Alluvium	Paddy field
Pedon 5	48Q	311338	2028684	Nearly level	Flood plain	Alluvium	Paddy field
Pedon 6	48Q	309927	2029304	Nearly level	Low terrace	Alluvium	Paddy field
Pedon 7	48Q	312126	2028727	Nearly level	Low terrace	Alluvium	Paddy field
Pedon 8	48Q	312084	2022535	Nearly level	Old levee	Alluvium	Para rubber
Pedon 9	48Q	318491	2025410	Nearly level	Old levee	Alluvium	Para rubber
Pedon 10	48Q	310486	2022503	Undulating	Middle terrace	Alluvium	Para rubber
Pedon 11	48Q	313112	2026651	Nearly level	Low terrace	Alluvium	Fallow
Pedon 12	48Q	309283	2025291	Undulating	High terrace	Alluvium	Para rubber

ผลการศึกษาและวิจารณ์

สภาพแวดล้อมและสัณฐานวิทยาสนามของดิน

พื้นที่น้ำม้ง มีเนื้อที่ทั้งหมด 7,932.93 ตารางกิโลเมตร หรือ 4,958,081 ไร่ เป็นพื้นที่หนึ่งที่สำคัญของเมืองท่าพระบาท เป็นเขตที่มีความหลากหลายทางด้านสภาพพื้นที่ กล่าวคือ มีสภาพพื้นที่ที่เป็นที่ราบ ลูกคลื่นลอนลาด และพื้นที่ลุ่มต่ำ สภาพพื้นที่โดยรวมมีลักษณะลาดต่ำลงมาทางด้านทิศตะวันออกจนถึงแม่น้ำโขง พื้นที่ศึกษามีสภาพภูมิอากาศแบบทุ่งหญ้าสะวันนา (Aw) ตามการจำแนกของระบบแบบ Köppen มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 7 ปีเท่ากับ 3,186.3 มิลลิเมตร โดยฝนจะตกมากช่วงเดือนพฤษภาคมถึงกันยายน อุณหภูมิเฉลี่ย 7 ปีเท่ากับ 21.7 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 7 ปีเท่ากับร้อยละ 72 (แผนกสิกรรมและป่าไม้แขวงบริคำไช, 2559) ลักษณะดินเป็นดินลึกลับมาก วัตถุต้นกำเนิดดินส่วนใหญ่เป็นตะกอนน้ำพา (alluvium) โดยสภาพพื้นที่อยู่บนสัณฐานภูมิประเทศ 3 แบบ คือ 1) ที่ราบน้ำท่วม (floodplain) ได้แก่ พืดอนที่ 3 และ 5 2) ลานตะพักลำน้ำชั้นต่ำ (low alluvial terrace) ได้แก่ พืดอน 1, 2, 4, 6, 7, 8, 9 และ 11 และ 3) ลานตะพักลำน้ำชั้นกลางและชั้นสูง (middle and high alluvial terraces) ได้แก่ พืดอน 10 และ 12 ดินมีการระบายน้ำเลวถึงระบายน้ำดี มีการขบขีมน้ำช้าถึงเร็วมาก สีพื้นของดินเป็นสีน้ำตาล เหลืองจนถึงสีเทา โครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน (subangular blocky structure) ลักษณะของการระบายน้ำ การขบขีมน้ำ และสีพื้นของดินจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งบนสัณฐานภูมิประเทศ

สมบัติทางกายภาพของดิน

เนื้อดินของชั้นดินบนส่วนใหญ่เป็นดินร่วน (loam) ประกอบด้วย พืดอน 1, 2, 6 และ 8 รองลงมาคือเนื้อดินร่วนปนทรายแป้ง (silt loam) ในพืดอน 4, 7 และ 9 และดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) ในพืดอน 3 และ 5 ดินเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay) ในพืดอน 11 และ 12 และเนื้อดินร่วนเหนียว (clay loam) ในพืดอน 10 ตามลำดับ (Figure 2)

สมบัติทางเคมีของดิน

ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีของดินในห้องปฏิบัติการแสดงใน Figure 3 พบว่าดินที่ศึกษาทั้งหมดมีค่าพีเอชดินอยู่ในช่วงเป็นกรดรุนแรงถึงกรดปานกลาง (pH 4.0-6.0) ในสภาพค่าพีเอชทั้งในชั้นดินบนและชั้นดินล่างมีแนวโน้มลดลงตามความลึก ในพืดอน 2 และ 9 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึกในพืดอน 3, 4, 5, 7, 11, 12 และมีความแปรปรวนเล็กน้อยในหน้าตัดดิน โดยมีพิสัยไม่กว้างนักในพืดอน 6 และ 10 ส่วนในพืดอน 1 และ 8 มีค่าค่อนข้างคงที่ ปริมาณอินทรีย์วัตถุมีค่าอยู่ในระดับต่ำมากถึงสูงมาก ปริมาณอินทรีย์วัตถุในชั้นดินบน (ชั้น Ap) มีค่าสูงกว่าชั้นดินล่าง (subsoil) และมีแนวโน้มลดลงตามความลึก เนื่องจากการทับถมของเศษพืชตลอดจนรากพืชที่ขึ้นปกคลุมอยู่บนผิวดิน เมื่อสลายตัวจึงทำให้มีการสะสมอินทรีย์วัตถุในชั้นดินบนมากกว่าชั้นดินล่าง (Virgo and Holmes, 1977) ดินที่ทำการศึกษานี้ส่วนใหญ่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับต่ำมาก (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ปริมาณไนโตรเจนรวมมีค่าอยู่ในช่วงต่ำมากถึงปานกลาง โดยมีแนวโน้มลดลงตามความลึก และชั้นดินบนมีปริมาณไนโตรเจนรวมสูงกว่าชั้นดินล่างอย่างชัดเจน ยกเว้นพืดอน 5 ที่มีค่าแปรปรวนเล็กน้อย

ซึ่งเป็นไปในลักษณะเดียวกับปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Weil and Brady, 2017) ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์มีค่าอยู่ในระดับต่ำมากถึงสูงมาก ยกเว้นพีดอน 9 มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงกว่าพีดอนอื่น ๆ คืออยู่ในระดับสูงมาก มีค่าอยู่ในพิสัย 207.53 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อาจเนื่องมาจากการจัดการดินและปุ๋ยในการเพาะปลูกพืช ดินล่างในทุกพีดอนปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำมาก อาจเนื่องมาจากการชะล้างทำให้ธาตุที่มีประจุบวกหายออกไปจากหน้าตัดดินได้ (Sanchez, 1976; Weil and Brady, 2017) ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินอยู่ในระดับต่ำมากถึงปานกลาง โดยดินที่ทำการศึกษามีส่วนใหญ่มีปริมาณดินเหนียวต่ำส่งผลทำให้ดินมีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำมาก ส่วนดินที่มีปริมาณดินเหนียวสูงกว่าพีดอนอื่น ได้แก่ ดินในพีดอน 3, 5 และ 10 ดินมีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนในระดับปานกลาง แต่อย่างไรก็ตามค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนในดินบนสูงกว่าดินล่างอาจเนื่องมาจากดินบนมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงกว่าดินล่าง (Sanchez, 1976) ปริมาณเบสรวมที่สกัดได้อยู่ในระดับต่ำมากถึงปานกลาง เบสที่สกัดได้ส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำมาก แสดงว่าดินได้รับอิทธิพลการชะล้างที่รุนแรงพอที่จะเคลื่อนย้ายเบสบางส่วนออกไปจากหน้าตัดดิน (Bloom, 2000; Buol et al., 2011) อัตราร้อยละความอิ่มตัวของดินมีค่าอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง (2.12-63.65) ซึ่งพีดอน 1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11 และ 12 มีอัตราร้อยละความอิ่มตัวของดินต่ำกว่า 35 แสดงให้เห็นว่าดินในพีดอนนี้มีพัฒนาการค่อนข้างสูงถึงสูงผ่านกระบวนการชะล้างทำให้แคตไอออนที่เป็นเบสเหลืออยู่น้อยในดิน ส่วนพีดอน 3, 4 และ 8 มีอัตราร้อยละความอิ่มตัวของดินสูงกว่า 35 ในดินล่าง แสดงว่ามีการชะล้างไม่มากนักทำให้ดินยังคงมีแคตไอออนที่เป็นเบสเหลืออยู่มาก (Buol et al., 2011) อัตราร้อยละความอิ่มตัวของอะลูมิเนียมมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 3.22-91.52 ในพีดอน 2, 6, 9 และ 10 อัตราร้อยละความอิ่มตัวของอะลูมิเนียมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึกของชั้นดินชัดเจนที่สุด พีดอน 3 และ 8 มีค่าค่อย ๆ ลดลงตามความลึกของชั้นดิน พีดอน 4 ค่อนข้างคงที่ และมีความแปรปรวนเล็กน้อยในหน้าตัดดิน ในพีดอน 1, 6, 7 และ 11 มีอัตราร้อยละความอิ่มตัวของอะลูมิเนียมสูงมากกว่า 60 ซึ่งจะทำให้อะลูมิเนียมเป็นพิษ มีผลกระทบต่ออาการเจริญเติบโตของพืช (Sanchez et al., 2003) แต่ก็มีบางพืช เช่น ยางพาราและชา เจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีอะลูมิเนียมมากกว่าร้อยละ 60 (Sanchez and Salinas, 1981) ลักษณะความเป็นพิษของอะลูมิเนียมในพืชแต่ละชนิดนั้นต่างกัน อย่างไรก็ตามอาการที่แสดงเหมือนกันทุกพืชคือ หยาด สั้น ขาดการพัฒนาของราก ปลายรากหนาและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล พืชไม่มีรากขนอ่อน ดังนั้นจึงมีผลกระทบต่อการดูดน้ำและธาตุอาหารของพืช

การจำแนกดิน

จากผลการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา สมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางเคมีของดินที่ทำการศึกษาทั้ง 12 พีดอน (Figure 2, 3) สามารถจำแนกดินที่ทำการศึกษาระบบอนุกรมวิธานดิน (Soil Taxonomy) (Soil Survey Staff, 2014) ออกเป็น 2 อันดับ ประกอบด้วย แอลฟิซอลส์ (Alfisol) มี 3 บริเวณ คือ พีดอน 3, 4 และ 8 และอัลทิซอลส์ (Ultisol) มี 9 บริเวณ คือ พีดอน 1, 2, 5, 6, 7, 9, 10, 11 และ 12 โดยชั้นอนุกรมวิธานของดินทั้ง 12 พีดอน มีดังนี้

- พีดอน 1 Typic Paleaquult, fine-silty, kaolinitic, isohyperthermic
- พีดอน 2 Typic Kandiaquult, fine-silty, kaolinitic, isohyperthermic
- พีดอน 3 Typic Endoaqualf, fine, mixed, subactive, isohyperthermic
- พีดอน 4 Ultic Hapludalf, fine-silty, mixed, active, isohyperthermic
- พีดอน 5 Typic Plinthaquult, fine, mixed, subactive, isohyperthermic
- พีดอน 6 Typic Plinthudult, fine-silty, kaolinitic, isohyperthermic
- พีดอน 7 Typic Plinthudult, fine-silty, mixed, subactive, isohyperthermic
- พีดอน 8 Ultic Hapludalf, fine-silty, mixed, subactive, isohyperthermic
- พีดอน 9 Typic Paleudult, fine-silty, mixed, subactive, isohyperthermic
- พีดอน 10 Typic Plinthudult, clayey-skeletal, kaolinitic, isohyperthermic
- พีดอน 11 และ 12 Typic Paleudult, fine-silty, kaolinitic, isohyperthermic

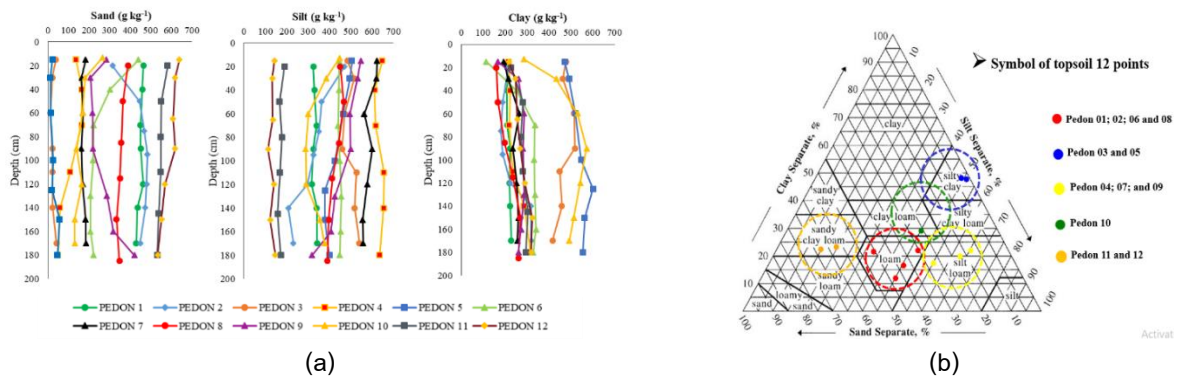


Figure 2 The depth functions of sand, silt, and clay content (a) and soil textural class (b) of the soils.

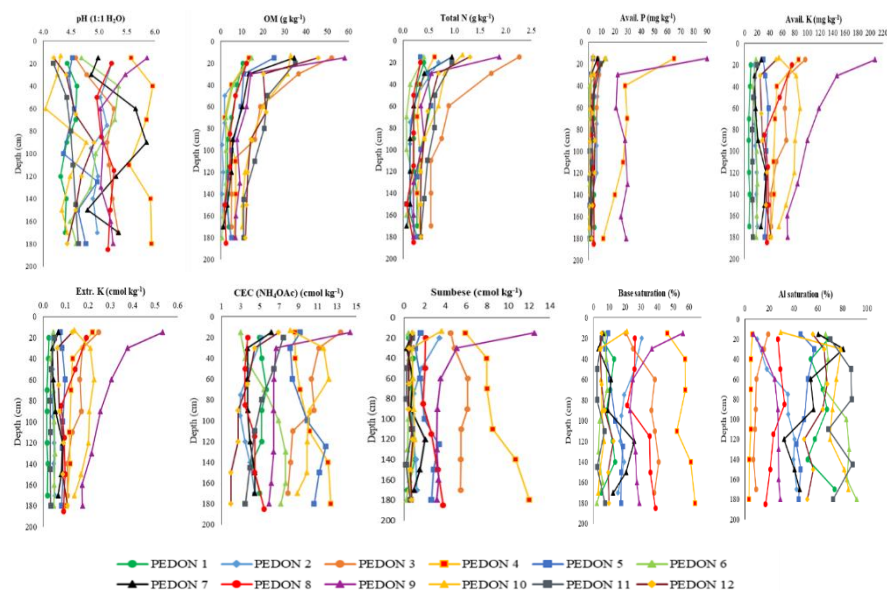


Figure 3 The depth function of chemical properties of the study soils.

การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน

การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยใช้ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของดิน ได้แก่ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน และอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส เป็นตัวชี้วัดหลักในการจำแนก (กองสำรวจดิน, 2523) พบว่า ในชั้นดินบนและชั้นดินล่างของดินส่วนมากมีความอุดมสมบูรณ์ในระดับต่ำ ยกเว้นพีดอน 3 และ 4 มีความอุดมสมบูรณ์ในระดับปานกลาง และพีดอน 9 มีความอุดมสมบูรณ์ในระดับสูงในชั้นดินบน และในระดับปานกลางในชั้นดินล่าง (Table 2) โดยทั่วไปดินในเขตร้อนจะเป็นดินที่มีพัฒนาการสูง มีการชะละลายของธาตุอาหารต่าง ๆ ในดินสูง อัตราการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในสภาพอากาศร้อนชื้น ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (Sanchez, 1976)

การจำแนกสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดิน

จากผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของดินในพื้นที่น้ำมั่ง ทั้ง 12 พีดอน ที่แสดงใน Table 3 เป็นตัวชี้วัดหลักในการจำแนก พบว่าสามารถจำแนกหน่วยสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดิน fertility capability classification (FCC) ได้ 11 หน่วย และสามารถจำแนกเป็น 5 กลุ่มที่มีข้อจำกัดที่ใกล้เคียงกัน คือ

กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วย พีดอน 9 (L) ความหมายคือ L = ดินบนและดินล่างเป็นดินร่วน ดินไม่มีข้อจำกัด มีความเหมาะสมอย่างมากในการปลูกพืชต่าง ๆ

กลุ่มที่ 2 ประกอบด้วย พีดอน 3 และ 5 มีข้อจำกัด (Cgke) ความหมายคือ C = ดินบนและดินล่างเป็นดินเหนียว มีน้ำขังในช่วงหนึ่งของปี (g) มีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ต่ำ (<0.20 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) (k) ดินมีโอกาสสูญเสียธาตุอาหารพืชโดยการชะละลาย (leaching) ได้ง่าย ดินมีปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ต่ำ (<7 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) (e)

กลุ่มที่ 3 ประกอบด้วย พีดอน 10 มีข้อจำกัด ($LCr^{+}ke$) หมายความว่า LC = ชั้นดินบนเป็นดินร่วน ส่วนชั้นดินล่างเป็นดินเหนียว ดินมีปริมาณกรดร้อยละ 10-35 (r^{+}) ดินมีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ต่ำ (<0.20 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) (k) ดินมีโอกาสดูแลพืชโดยกระบวนการชะละลาย (leaching) ได้ง่าย ดินมีปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ต่ำ (<7 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) (e)

กลุ่มที่ 4 ประกอบด้วย พีดอน 4, 6, 7, 8, 11 และ 12 มีข้อจำกัด ($Lakem$) หมายความว่า L = ดินบนและดินล่างเป็นดินร่วน ดินมีปริมาณอะลูมิเนียมที่เป็นพิษ (a) มีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ต่ำ (<0.20 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) (k) ดินมีโอกาสดูแลพืชโดยกระบวนการชะละลายได้ง่าย ดินมีปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ต่ำ (<7 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) (e) มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินต่ำมาก (m) คือมีปริมาณอินทรีย์วัตถุน้อยกว่า 15 กรัมต่อกิโลกรัม

กลุ่มที่ 5 ประกอบด้วย พีดอน 1 และ 2 มีข้อจำกัด ($Lgakem$) หมายความว่า L = ดินบนและดินล่างเป็นดินร่วน มีน้ำขังในช่วงหนึ่งของปี (g) ดินมีปริมาณอะลูมิเนียมที่เป็นพิษ (a) มีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ต่ำ (<0.20 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) (k) ดินมีโอกาสดูแลพืชโดยกระบวนการชะละลายได้ง่าย เพราะดินมีปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ต่ำ (<7 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) (e) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินต่ำมาก (m) คือมีปริมาณอินทรีย์วัตถุน้อยกว่า 15 กรัมต่อกิโลกรัม

Table 2 Soil fertility level estimated by some soil chemical properties.

Site	Soil depth (cm)	OM (g/kg)	Avail. P (mg/kg)	Avail. K (mg/kg)	CEC (cmol/kg)	BS (%)	Total Scores	Soil fertility level
Pedon 1	0-30	9.54 (1)	4.42 (1)	9.36 (1)	5.02 (1)	7.68 (1)	(5)	Low
	30-100	4.74 (1)	3.02 (1)	6.90 (1)	5.38 (1)	10.37 (1)	(5)	Low
Pedon 2	0-30	8.75 (1)	8.44 (1)	15.49 (1)	4.78 (1)	28.75 (1)	(5)	Low
	30-100	1.45 (1)	6.18 (1)	16.65 (1)	3.17 (1)	19.60 (1)	(5)	Low
Pedon 3	0-30	44.21 (3)	7.31 (1)	82.35 (2)	12.25 (2)	22.62 (1)	(9)	Medium
	30-100	15.55 (2)	5.22 (1)	62.98 (2)	10.18 (2)	37.49 (2)	(9)	Medium
Pedon 4	0-30	9.24 (1)	46.38 (3)	68.42 (2)	8.64 (1)	51.86 (2)	(9)	Medium
	30-100	4.59 (1)	27.70 (3)	48.00 (1)	9.44 (1)	55.43 (2)	(8)	Medium
Pedon 5	0-30	17.95 (2)	2.53 (1)	31.15 (1)	8.65 (1)	8.31 (1)	(6)	Low
	30-100	7.05 (1)	0.95 (1)	35.82 (1)	9.24 (1)	12.16 (1)	(5)	Low
Pedon 6	0-30	10.16 (1)	7.00 (1)	15.15 (1)	3.22 (1)	7.59 (1)	(5)	Low
	30-100	3.28 (1)	1.75 (1)	9.52 (1)	2.90 (1)	5.13 (1)	(5)	Low
Pedon 7	0-30	23.86 (2)	4.37 (1)	21.13 (1)	4.93 (1)	4.63 (1)	(6)	Low
	30-100	7.54 (1)	1.19 (1)	21.31 (1)	3.75 (1)	12.23 (1)	(5)	Low
Pedon 8	0-30	10.48 (1)	5.88 (1)	68.57 (2)	3.63 (1)	25.95 (1)	(6)	Low
	30-100	4.86 (1)	2.67 (1)	36.76 (1)	3.70 (1)	25.43 (1)	(5)	Low
Pedon 9	0-30	36.08 (3)	55.98 (3)	177.10 (3)	10.50 (2)	46.32 (2)	(13)	High
	30-100	9.79 (1)	25.00 (2)	105.48 (3)	6.42 (1)	24.10 (1)	(8)	Medium
Pedon 10	0-30	31.91 (2)	2.49 (1)	70.04 (2)	10.10 (2)	11.38 (1)	(8)	Medium
	30-100	16.42 (2)	0.96 (1)	83.43 (2)	10.95 (2)	5.26 (1)	(8)	Medium
Pedon 11	0-30	30.63 (2)	7.21 (1)	17.51 (1)	7.09 (1)	4.20 (1)	(6)	Low
	30-100	19.14 (2)	2.91 (1)	12.39 (1)	5.14 (1)	3.82 (1)	(6)	Low
Pedon 12	0-30	32.89 (2)	8.41 (1)	37.40 (1)	5.68 (1)	4.67 (1)	(6)	Low
	30-100	17.53 (2)	3.97 (1)	28.47 (1)	3.21 (1)	6.87 (1)	(6)	Low

Remarks: OM = organic matter; Avail. P = available phosphorus, Avail. K = available potassium, CEC = cation exchange capacity, BS = base saturation.

Scoring is used for the assessment of fertility level (the score is presented in blanket within the table).

Score ≤ 7 = fertility level is low, 8-12 = fertility level is moderate, ≥ 13 = fertility level is high.

Table 3 Fertility capability classification (FCC) of the soils in study area.

Site	Horizon	Soil Texture	Depth of Ap	Gravel Content (%)	Organic matter (g/kg)	Extractable K (cmol/kg)	Sum bases (cmol/kg)	Al saturation (%)	FCC Unit
Pedon 1	Topsoil	Loamy	0-20	0.01	9.54	0.02	0.47	68.22	Lgakem
	Subsoil	Loamy							
Pedon 2	Topsoil	Loamy	0-20	0.00	8.75	0.04	3.39	9.84	Lgkem
	Subsoil	Loamy							
Pedon 3	Topsoil	Clayey	0-15	0.00	44.21	0.25	4.51	18.97	Cge
	Subsoil	Clayey							
Pedon 4	Topsoil	Loamy	0-15	0.09	9.24	0.22	5.90	6.11	Lem
	Subsoil	Loamy							
Pedon 5	Topsoil	Clayey	0-15	0.17	17.95	0.08	1.60	45.70	Cgke
	Subsoil	Clayey							
Pedon 6	Topsoil	Loamy	0-20	1.60	10.16	0.05	0.46	66.05	Lakem
	Subsoil	Loamy							
Pedon 7	Topsoil	Loamy	0-20	0.06	23.86	0.07	0.77	60.01	Lake
	Subsoil	Loamy							
Pedon 8	Topsoil	Loamy	0-15	0.02	10.48	0.19	2.08	27.09	Lkem
	Subsoil	Loamy							
Pedon 9	Topsoil	Loamy	0-15	0.03	36.08	0.53	12.51	6.94	L
	Subsoil	Loamy							
Pedon 10	Topsoil	Loamy	0-15	10.12	31.91	0.14	3.63	29.31	LCr ⁺ ke
	Subsoil	Clayey							
Pedon 11	Topsoil	Loamy	0-15	0.00	30.63	0.05	0.80	70.00	Lake
	Subsoil	Loamy							
Pedon 12	Topsoil	Loamy	0-13	6.38	32.89	0.13	0.85	55.48	Lke
	Subsoil	Loamy							

Remarks: Topsoil = Ap or 0-20 cm, subsoil = horizon under Ap or 20-60 cm depth interval, L = loamy, C = clayey, g = aquic soil moisture regime (waterlogging (gley): anaerobic condition), a = Al saturation >%60, r = %gravel = 10-35%, k = Extr. K <0.20 cmol/kg, e = sum of cations at pH 7 <7 cmol/kg soil, m = %organic matter <15 g/kg.

การประเมินคุณภาพที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ

ในการศึกษานี้ได้ทำการจำแนกความเหมาะสมของดินเพื่อการเกษตรในพื้นที่ศึกษาต่อพืช 7 ชนิด คือ ข้าว ข้าวโพด ไร่ส้ม น้ำมัน ยางพารา หญ้าเลี้ยงสัตว์ อ้อย และมันสำปะหลัง (บัณฑิต ต้นศิริ และคำณ ไทรพิภ, 2542) และผลการประเมินความเหมาะสมของที่ดินต่อการปลูกพืชทั้ง 7 ชนิดในพื้นที่ศึกษา (Table 4) พบว่า

ข้าว พบว่า พืดอน 1, 2, 4, 7, 8, 9 และ 11 มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง (S2) พืดอน 3, 5, 6 และ 10 มีความเหมาะสมเล็กน้อย (S3) และ พืดอน 12 ไม่มีความเหมาะสม (N)

ข้าวโพด ไร่ส้ม น้ำมัน ยางพารา และการปลูกหญ้าเลี้ยงสัตว์ พบว่า พืดอน 1, 2, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11 และ 12 มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง (S2) พืดอน 3 และ 5 ไม่มีความเหมาะสม (N)

อ้อยและมันสำปะหลัง พบว่า พืดอน 1, 2, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11 และ 12 มีความเหมาะสมเล็กน้อย (S3) พืดอน 3 และ 5 ไม่มีความเหมาะสม (N)

สำหรับพืดอน 3 และ 5 ไม่มีความเหมาะสมสำหรับการปลูกพืช (N) เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องการขังน้ำ ซึ่งพบได้ตั้งแต่ผิวน้ำดิน ยกเว้นการปลูกข้าวมีความเหมาะสมเล็กน้อย (S3) จากการจำแนกความเหมาะสมของที่ดินตามเกณฑ์ความต้องการ

ของพืช พบว่า ดินมีความเหมาะสมในการปลูกพืชในระดับปานกลาง เล็กน้อย และไม่มี ความเหมาะสม ทั้งนี้ความเหมาะสมของดินที่ประเมินอยู่ในชั้นความเหมาะสมเล็กน้อย จะมีข้อจำกัดทางด้านความเสียหายจากน้ำท่วม (f) ความเป็นประโยชน์ของออกซิเจนต่อรากพืช (o) ด้านความชุ่มชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (m) ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน (s) ความจุในการดูดซับธาตุอาหาร (n) และในบางบริเวณมีข้อจำกัดด้านการหยั่งลึกของรากพืช (r) ซึ่งมีความแตกต่างในชั้นความเหมาะสมระดับปานกลางเพียงเล็กน้อยที่ไม่มีข้อจำกัดทางด้านความเสียหายจากน้ำท่วม (f)

Table 4 Soil suitability for paddy rice, corn, sugarcane, cassava, oil palm, para rubber, and pasture.

Site	Land suitability level						
	Paddy rice	Corn	Sugarcane	Cassava	Oil palm	Rubber tree	Pasture
Pedon 1	S2osn	S2osn	S3m	S3m	S2msn	S2omsn	S2osn
Pedon 2	S2osn	S2osn	S3m	S3m	S2msn	S2omsn	S2osn
Pedon 3	S3f	N	N	N	N	N	N
Pedon 4	S2on	S2on	S3m	S3m	S2mn	S2omn	S2on
Pedon 5	S3f	N	N	N	N	N	N
Pedon 6	S3osn	S2osn	S3m	S3m	S2msn	S3omsn	S2osn
Pedon 7	S2osn	S2osn	S3m	S3m	S2msn	S2omsn	S2osn
Pedon 8	S2osn	S2osn	S3m	S3m	S2msn	S2omsn	S2osn
Pedon 9	S2on	S2on	S3m	S3m	S2mn	S2omn	S2on
Pedon 10	S3o	S2snr	S3m	S3m	S2msnr	S2msnr	S2snr
Pedon 11	S2osn	S2osn	S3m	S3m	S2msn	S2omsn	S2osn
Pedon 12	N	S2sn	S3m	S3m	S2msn	S2msn	S2sn

Remarks: Land suitability level: S1 = very suitable, S2 = moderately suitable, S3 = marginally suitable, N = not suitable.

Limitation: o = oxygen availability, m = moisture availability, S = nutrient availability, n = nutrient retention, r = rooting condition.

สรุปผลการศึกษา

ดินในพื้นที่น้ำมั่ง เมื่อทำพระบาท แขวงบอลิคำไซ (สปป.ลาว) เป็นดินร่วน ดินมีปฏิกิริยาดิน (pH) เป็นกรดรุนแรงถึงกรดปานกลาง มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่สกัดได้ ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน และค่าร้อยละความอิ่มตัวของเบสอยู่ในระดับต่ำ ดินที่ทำการศึกษาคัดอยู่ในกลุ่มดินย่อย Typic Plinthaquult, Typic Plinthudult, Typic Kandiaquult, Typic Paleaquults, Typic Paleudult, Typic Endoaqualf และ Ultic Hapludalf ดินส่วนมากมีความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับต่ำ มีหน่วยสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดินจำแนกเป็น Lgakem, Lgkem, Cge, Cgke, Lakem, Lake, Lkem, Lke, Lem, L และ LCr⁺ke ดินส่วนใหญ่มีข้อจำกัดเรื่องความเป็นพิษจากอะลูมิเนียม (a) ดินมีการขังน้ำ (g) ขาดโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (k) ดินมีโอกาสสูญเสียธาตุอาหารพืชโดยกระบวนการชะละลายได้ง่าย (e) ดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินต่ำมาก (m) และในบางบริเวณเป็นดินตื้น (r⁺) แต่พบไม่มาก ดินส่วนใหญ่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชไร่และไม่ยืนต้นในระดับปานกลาง (S2) มีบางบริเวณที่เหมาะสมสำหรับการปลูกเล็กน้อย (S3) และในพื้นที่ 3 และ 5 ไม่เหมาะสม (N) สำหรับการปลูกพืชเศรษฐกิจใดเนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่องการขังน้ำ ยกเว้นการปลูกข้าวมีความเหมาะสมเล็กน้อย (S3) ลักษณะดินในพื้นที่โดยส่วนใหญ่มีศักยภาพต่ำถึงปานกลางในการใช้ที่ดินเพื่อการปลูกพืช โดยมีข้อจำกัด คือ ความเสียหายจากน้ำท่วม (f) ความเป็นประโยชน์ของออกซิเจนต่อรากพืช (o) ในพื้นที่ลุ่ม และด้านความชุ่มชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (m) ในพื้นที่ดอน นอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดเรื่องความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน (s) ความจุในการดูดซับธาตุอาหาร (n) ต่ำร่วมด้วย และมีบางบริเวณพบข้อจำกัดด้านการหยั่งลึกของรากพืช (r) ดังนั้นจึงควรมีการจัดการดินในด้านความอุดมสมบูรณ์เพื่อยกระดับผลผลิต เช่น การเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้กับดิน โดยการใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก หรือปุ๋ยพืชสด เพื่อเพิ่มการดูดซับน้ำและธาตุอาหารพืชไว้ในดินให้ได้นานขึ้น และอินทรีย์วัตถุยังทำให้ดินร่วนซุยดี ซึ่งจะช่วยเพิ่มความสามารถในการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูก ในบริเวณดินที่เป็นกรด (มีค่า pH ต่ำ) ควรมีการใส่ปูนเพื่อยกระดับค่า (pH) ของดิน สำหรับพื้นที่ที่มีปัญหาในเรื่องน้ำท่วมขังควรใช้ปลูกข้าว และในฤดูแล้งอาจใช้ปลูกพืชอายุสั้นได้ เช่น ปลูกพืชผักต่าง ๆ ปลูกถั่วชนิดต่าง ๆ ปลูกแตง หรือใช้ที่ดินตามความเป็นจริงของพื้นที่ดังกล่าว ส่วนพื้นที่ดอนควรใช้ปลูกพืชไร่ เช่น ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง และ

หญ้าเลี้ยงสัตว์ หรือใช้ปลูกไม้ยืนต้น ไม้ผล และการใช้ที่ดินในพื้นที่เหล่านี้ต้องมีวิธีการที่เหมาะสมในการจัดการดิน การปลูกพืช ควรใช้ปุ๋ยครบสูตร และถูกต้องตามความต้องการของพืชแต่ละชนิด เพื่อให้การใช้ที่ดินในบริเวณดังกล่าวมีประสิทธิภาพ และ ประสิทธิภาพมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กองวางแผนการใช้ที่ดิน. 2535. *คู่มือการวิเคราะห์การใช้ที่ดิน*. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กองสำรวจดิน. 2523. *คู่มือการจำแนกความเหมาะสมของที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ*. เอกสารวิชาการเล่มที่ 28. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. *ปฐพีวิทยาเบื้องต้น*. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- บัณฑิต ต้นศิริ และคำรณ ไทรพิง. 2542. *การประเมินคุณภาพที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ*. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- แผนกกลไกกรรมและป่าไม้แขวงบริคำไช. 2559. *บทสรุปการจัดตั้งปฏิบัติแผนพัฒนาการกลไกกรรม และ ป่าไม้ ประจำปี 2015-2016 และทิศทางแผนการประจำปี 2016-2017*. ปากซัน: แผนกกลไกกรรมและป่าไม้แขวงบริคำไช กระทรวงกลไกกรรมและป่าไม้. (ภาษาลาว).
- ศูนย์ค้นคว้าที่ดินกลไกกรรม. 2551. *ผลการสำรวจ กำหนดแบ่งเขตการผลิตกะสิกา และป่าไม้เมืองท่าพระบาท แขวงบอลิคำไซ ถึง ปี 2563*. เมืองท่าพระบาท: ห้องการกลไกกรรมและป่าไม้เมืองท่าพระบาท แผนกกลไกกรรมและป่าไม้แขวงบริคำไช กระทรวงกลไกกรรมและป่าไม้. (ภาษาลาว).
- ศูนย์สำรวจและแบ่งเขตดินกลไกกรรม. 2536. *การสำรวจและแบ่งเขตดินกลไกกรรม แขวงบอลิคำไซ*. กรมปลูกฝั ง กระทรวงกลไกกรรมและป่าไม้. (ภาษาลาว).
- เธิบ เทียวร่นมณ. 2552. *คู่มือปฏิบัติการ การสำรวจดิน*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Bloom, P. R. 2000. Soil pH and pH buffering. In *Handbook of Soil Science*, M. E. Sumner, ed. pp. B333-B352. Florida: CRC Press LLC.
- Bray, R. H., and Kurtz, L. T. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Science* 59: 39-45.
- Buol, S. W., Southard, R. J., Graham, R. C., and McDaniel, P. A. 2011. *Soil Genesis and Classification*, 6th ed. Chichester: John Wiley & Sons.
- Chapman, H. D. 1965. Cation-exchange capacity. In *Methods of Soil Analysis. Part II Chemical and Microbiological Properties, Agronomy No.9.*, C. A. Black, ed. pp 891-901. Madison, Wisconsin: America Society of Agronomy.
- Food and Agriculture Organization. 1984. *Guidelines: land evaluation for forestry. Forestry Paper 48*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Gee, G. W. and Bauder, J. W. 1986. Particle-sized analysis. In *Methods of Soil Analysis. Part I Physical and Mineralogical Methods, Agronomy No.9, 2nd Edition*, A. Klute, ed. pp. 383-411. Madison, Wisconsin: America Society of Agronomy.
- Havlin, J. L., Beaton, J. D., Tisdale, S. L., and Nelson, W. L. 2005. *Soil fertility and fertilizer: an introduction to nutrient management*. 7th ed. New Jersey: Pearson Educational.
- National Soil Survey Center. 1996. *Soil survey laboratory methods manual*. Soil Survey Investigations Report No. 42, Version 3.0. Washington, D.C.: United States Department of Agriculture, United States Government Printing Office.
- Pratt, P. F. 1965. Potassium. In *Methods of Soil Analysis. Part II Chemical and Microbiological Properties, Agronomy No.9.*, C. A. Black, ed. pp 1022-1030. Madison, Wisconsin: America Society of Agronomy.
- Sanchez, P. A. 1976. *Properties and management of soil in the tropics*. New York: John Wiley & Sons.
- Sanchez, P. A., Palm, C. A., and Buol, S. W. 2003. Fertility capability soil classification: a tool to help assess soil quality in the tropics. *Geoderma* 114: 157-185.
- Sanchez, P. A., and Salinas, J. G. 1981. Low-input technology for managing Oxisols and Ultisols in Tropical America. *Advances in Agronomy* 34: 279-406.
- Soil Science Division Staff. 2017. *Soil survey manual, agriculture handbook No. 18*. Washington, D.C.: Government Printing Office.
- Soil Survey Staff. 2014. *Keys to soil taxonomy*, 12th ed. Washington, D.C.: Government Printing Office.
- Thomas, G. W. 1982. Exchange cations. In *Methods of Soil Analysis. Part II, Agronomy No.9, 2nd Edition*, A. L. Page, ed. pp. 159-165. Madison, Wisconsin: America Society of Agronomy.
- Virgo, K. J., and Holmes, D. A. 1977. Soils and landform features of mountainous terrain in South Thailand. *Geoderma* 18(3): 207-225.
- Weil, R. R., and Brady, N. C. 2017. *The nature and properties of soils*. 15th ed. New Jersey: Pearson Education.

วันรับบทความ (Received date) : 8 ส.ค. 62

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 11 พ.ย. 62

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 14 พ.ย. 62

การศึกษาลักษณะทางชีวโมเลกุลของ *Squash leaf curl China virus* ที่เข้าทำลายฟักทอง ในจังหวัดกาญจนบุรี

Molecular Characterization of *Squash Leaf Curl China Virus* Infecting Pumpkin in Kanchanaburi Province

วิวรรณ ปิยทัต^{1,2} และรัชณี หงษ์ประยูร^{1,2,3*}

Wiwat Piyatasse^{1,2} and Ratchanee Hongprayoon^{1,2,3*}

บทคัดย่อ

การศึกษาลักษณะทางชีวโมเลกุลของ *Squash leaf curl China virus* (SLCCNV) จากตัวอย่างฟักทองในตำบลวังดั่ง อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี ปี พ.ศ. 2559 โดยเก็บตัวอย่างฟักทองที่แสดงอาการโรคที่เกิดจากเชื้อเบโกโมไวรัส จำนวน 19 ตัวอย่าง นำมาตรวจสอบด้วยแอนติบอดีที่จำเพาะต่อเชื้อไวรัสซึ่งมีรายงานว่าเข้าทำลายพืชวงศ์แตง จำนวน 6 ชนิด พบว่า ฟักทอง จำนวน 14 ตัวอย่าง ไม่ทำปฏิกิริยากับแอนติบอดีทั้งหมด แต่ให้ผลบวกเมื่อนำไปตรวจสอบด้วยเทคนิคพีซีอาร์โดยใช้ คู่ไพรเมอร์ที่จำเพาะกับโปรตีนห่อหุ้มอนุภาคของเชื้อ *Tomato leaf curl New Delhi virus* (ToLCNDV) และ SLCCNV ซึ่งจะให้ แถบดีเอ็นเอขนาดประมาณ 2,700 คู่เบส เลือกตัวอย่าง KN44 ไปเพิ่มจำนวนจีโนมของเชื้อไวรัสด้วยวิธี rolling circle amplification และตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *Bam*HI เพื่อให้ได้ชิ้นยีน DNA-A และ *Hind*III เพื่อให้ได้ชิ้นยีน DNA-B นำดีเอ็นเอ ที่ตัดได้มาโคลนเข้าสู่พลาสมิดพาหะ pQE80-L และถ่ายฝากในแบคทีเรีย *Escherichia coli* สายพันธุ์ DH5α เพื่อส่งไปวิเคราะห์ ลำดับนิวคลีโอไทด์ ผลการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ของตัวอย่าง KN44 DNA-A พบว่ามีค่าความคล้ายคลึงกับ SLCCNV isolate Thailand segment A ที่ 97.95% ประกอบด้วย 5 open reading frame (ORFs) ได้แก่ AV1, AV2, AC1, AC2 และ AC3 ในส่วนของ DNA-B มีค่าความคล้ายคลึงกับ SLCCNV isolate Hainan segment B ที่ 91.05% ประกอบด้วย 2 ORFs คือ BV1 และ BC1 ข้อมูลลักษณะทางพันธุกรรมจากงานวิจัยนี้เป็นรายงานครั้งแรกที่พบทั้ง DNA-A และ DNA-B ของเชื้อ SLCCNV ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อนักปรับปรุงพันธุ์สำหรับการวิเคราะห์ความหลากหลายของเชื้อในกลุ่ม SLCCNV ในประเทศไทยในการ พัฒนาพันธุ์ต้านทานโรคและวิธีการตรวจสอบเพื่อเฝ้าระวังโรคต่อไป

คำสำคัญ: เบโกโมไวรัส จีโนมอนุภาค ฟักทอง

Abstract

Molecular characterization of *Squash leaf curl China virus* (SLCCNV) was carried out on tissues taken from 19 pumpkin samples that showed begomovirus-like symptoms. The samples were collected from Wang Dong subdistrict, Muang district, Kanchanaburi province in 2016. They underwent preliminary screening with six antibodies specific to cucurbit-infecting viruses, and negative results were obtained from 14 samples. However, all of them were positive for the specific primers to the coat protein genes belonging to *Tomato leaf curl New Delhi virus* (ToLCNDV) and SLCCNV. Sample KN44 was selected for genome amplification by rolling circle amplification. A single-cut digestion with *Bam*HI for DNA-A and *Hind*III for DNA-B was performed and the DNA was cloned into pQE80-L plasmid vector. The recombinant plasmid was transformed into *Escherichia coli* DH5α for nucleotide sequencing. The results revealed that the DNA-A component was closely related to SLCCNV isolate Thailand segment A at 97.95 % identity. There were 5 open reading frames (ORFs) comprising AV1, AV2, AC1, AC2 and AC3. The DNA-B component was closely related to SLCCNV isolate Hainan segment B at 91.05% identity and contained 2 ORFs comprising BV1 and BC1. This study is special for a number of reasons, one of which is that this is the first time that genetic information concerned with the SLCCNV DNA-A and DNA-B genomes has been researched and made available in Thailand. This work will surely be of further benefit to researchers and plant breeders in the fields of disease resistance and disease surveillance.

Keywords: begomovirus, bipartite genome, pumpkin

¹ ศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

² ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10900

³ ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

¹ Center for Agricultural Biotechnology, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140

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

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

*Corresponding author, Email: agrat@ku.ac.th

คำนำ

เชื้อเบโกโมไวรัสเป็นหนึ่งในเชื้อไวรัสที่เข้าทำลายผลผลิตของพืชใบเลี้ยงคู่อย่างกว้างขวาง พบการระบาดเป็นส่วนมากในเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน สามารถถ่ายทอดโรคได้โดยแมลงหมีขาว (*Bemisia tabaci*) ซึ่งมีอัตราการแพร่กระจายสูง ยากต่อการป้องกันกำจัด อีกทั้งยังมีพืชอาศัยค่อนข้างกว้าง และสร้างความเสียหายต่อพืชเศรษฐกิจหลายชนิด เช่น แตงกวา ฟักทอง มะเขือเทศ พริก มันสำปะหลัง ฝ้าย (Vincent, 2013) ปัจจุบันเชื้อเบโกโมไวรัสที่มีรายงานการเข้าทำลายพืชวงศ์แตงในประเทศไทยมี 3 ชนิด คือ *Squash leaf curl China virus* (SLCCNV) (Sawangjit, 2009), *Squash leaf curl Yunnan virus* (SLCuYV) (รุ่งทิพย์ จันเพ็ชร และคณะ 2559) และ *Tomato leaf curl New Delhi virus* (ToLCNDV) (Ito et al., 2008a) พืชที่ถูกเชื้อเข้าทำลายจะแสดงอาการใบด่างเหลือง ใบหงิก ใบลดรูปหรือเจริญผิดปกติ และต้นเตี้ยแคระแกร็น (Melgarejo et al., 2013) เชื้อไวรัสในจีโนมนี้จัดอยู่ในวงศ์ *Geminiviridae* มีอนุภาคทรงกลมคู่หลายเหลี่ยม (icosahedral twinned particles) มีโครงสร้างจีโนมเป็นดีเอ็นเอสายเดี่ยวลักษณะเป็นวง จีโนมของเชื้อเบโกโมไวรัสมีสองแบบคือ monopartite ประกอบด้วย DNA-A เพียงอย่างเดียว และ bipartite ซึ่งประกอบด้วย DNA-A และ DNA-B โดย DNA-A ของเชื้อเบโกโมไวรัสทำหน้าที่หลักในการจำลองหรือเพิ่มจำนวนอนุภาคไวรัส มี 6 open reading frame (ORFs) ได้แก่ AV1 แปลรหัสเป็น coat protein (CP), AV2 แปลรหัสเป็น pre-coat protein, AC1 แปลรหัสเป็น Rep protein, AC2 แปลรหัสเป็น transcriptional transactivator protein (TrAP), AC3 แปลรหัสเป็น replication enhancer protein (REn protein) และ AC4 เกี่ยวข้องกับการแสดงอาการของโรค (Marwal et al., 2014) ส่วน DNA-B ทำหน้าที่หลักในการเคลื่อนย้ายสารพันธุกรรมของไวรัสไปสู่เซลล์ถัดไป และเกี่ยวข้องกับการเข้าทำลายในพืชอาศัยหรือเข้าทำลายพืชอาศัยได้มากกว่า 1 ชนิด มี 2 ORFs ได้แก่ BV1 แปลรหัสเป็น nuclear shuttle protein และ BC1 แปลรหัสเป็น movement protein (Nawaz-ul-Rehman and Fauquet, 2009)

ฟักทองเป็นพืชในวงศ์แตง (Cucurbitaceae) สกุล *Cucurbita* แบ่งเป็นสองวงศ์หลัก ได้แก่ ตระกูลฟักทองอเมริกัน (pumpkin) กับตระกูลสควอช (squash) (Robinson and Decker-Walters, 1997) ประเทศไทยมีการส่งออกเมล็ดพันธุ์ฟักทองไปต่างประเทศเป็นอันดับ 8 ของโลก โดยในปี พ.ศ. 2561 มีปริมาณการส่งออกเมล็ดพันธุ์ฟักทองถึง 98.6 ตัน คิดเป็นมูลค่าโดยรวม 228.9 ล้านบาท และมีแนวโน้มในการส่งออกเมล็ดพันธุ์มากขึ้นทุกปี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561) ปัญหาสำคัญอย่างหนึ่งของการปลูกฟักทอง ได้แก่ โรคที่เกิดจากเชื้อไวรัสในจีโนมเบโกโมไวรัสที่มีการแพร่ระบาดอย่างชุกชุมในเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน เชื้อเบโกโมไวรัสที่มีรายงานการตรวจพบในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2554 ได้แก่ ToLCNDV และ SLCCNV โดยใช้ไพรเมอร์ที่จำเพาะต่อส่วนของโปรตีนห่อหุ้มอนุภาคถึงส่วนของ intergenic region (IR) ของเชื้อเบโกโมไวรัส ซึ่งตรวจพบในพืชวงศ์แตง ได้แก่ ฟักทอง ฟักเขียว และบวบเหลี่ยม จากจังหวัดราชบุรี ตัวอย่างในฟักทอง และฟักเขียว จากจังหวัดสุพรรณบุรี และตัวอย่างแตงกวาจากจังหวัดกาญจนบุรี การวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ของเชื้อไวรัสพบว่า เชื้อที่พบในบวบเหลี่ยม ฟักเขียว และแตงกวา มีความเหมือนกันกับเชื้อ ToLCNDV มากที่สุด คือ 98.2-97.9% ส่วนตัวอย่างฟักทองพบว่า มีความเหมือนกันกับเชื้อ SLCCNV ที่ระดับความเหมือนกัน 97.9% โดยนักวิจัยเสนอแนะว่าควรหาความสัมพันธ์เพิ่มเติมในระดับจีโนมเพื่อครอบคลุมยืนยันทั้งหมดของเชื้อเบโกโมไวรัสต่อไป (โสพิศ สว่างจิตร์, 2554)

เนื่องจากโอกาสในการเพิ่มความหลากหลายทางพันธุกรรมของเชื้อเบโกโมไวรัสอาจเกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น การกลายพันธุ์ (mutation) แบบการแทนที่คู่เบส (base substitution) การแลกเปลี่ยนของลำดับนิวคลีโอไทด์ที่เกิดในบริเวณที่มี homology กันบางส่วน (recombination) และการแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนจีโนมของเชื้อเบโกโมไวรัส (reassortment) (Padidam et al., 1999) ส่งผลให้เชื้อเบโกโมไวรัสสามารถแพร่กระจายในพืชอาศัยได้หลากหลายชนิด และยังทำให้อาการของพืชรุนแรงขึ้น (Idris et al., 2008) ในปัจจุบันฐานข้อมูลเฉพาะเชื้อ SLCCNV ที่เข้าทำลายพืชวงศ์แตงในประเทศไทยที่มีการรายงานการพบเชื้อเพียง 2 isolate ได้แก่ SLCCNV [Thailand] segment A (accession no. AB330078.1) (Ito et al., 2008b) และ SLCCNV segment A [Wax gourd: Nakhon Pathom] (accession no. EU543562.1) (Sawangjit, 2009) ซึ่งข้อมูลอาจไม่เพียงพอที่จะศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์และความหลากหลายของเชื้อไวรัสชนิดนี้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางพันธุกรรมและโครงสร้างจีโนมของ SLCCNV ที่เข้าทำลายฟักทองในจังหวัดกาญจนบุรี เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนด้านพันธุกรรมของเชื้อเบโกโมไวรัสในประเทศไทยเพื่อประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ฟักทองที่ต้านทานโรคและการตรวจวินิจฉัยเชื้อไวรัสชนิดนี้ต่อไป

วิธีการศึกษา

การเก็บตัวอย่างเชื้อแบคทีเรียไวรัสจากพืชทอง

เก็บตัวอย่างใบพืชทองที่แสดงอาการของโรคที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรียไวรัสจากพื้นที่ปลูกในจังหวัดกาญจนบุรี ในปี พ.ศ. 2559 นำไปตรวจสอบการเข้าทำลายของไวรัสพืชด้วยเทคนิค indirect plate-trapped antigen enzyme-linked immunosorbent assay (indirect PTA-ELISA) ด้วยโพลีโคลนอลแอนติบอดี (polyclonal antibody, PAb) จำนวน 6 ชนิด ได้แก่ anti-ZYMV PAb ที่จำเพาะต่อ *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV), anti-CGMMV PAb ที่จำเพาะต่อเชื้อ *Cucumber green mottle mosaic virus* (CGMMV), anti-PRSV PAb ที่จำเพาะต่อเชื้อ *Papaya ringspot virus* (PRSV), anti-WSMoV PAb ที่จำเพาะต่อเชื้อ *Watermelon silver mottle virus* (WSMoV), anti-ToLCNDV PAb ที่จำเพาะต่อเชื้อ ToLCNDV (สรราชัย จันทะจร และรัชณี ธงประยูร, 2556) และ anti-MYSV PAb ที่จำเพาะต่อเชื้อ *Melon yellow spot virus* (MYSV) (สุภาวดี ปานสอาด และคณะ 2552) จากนั้นนำตัวอย่างใบพืชทองที่แสดงอาการโรคแต่ไม่ทำปฏิกิริยากับแอนติบอดีทั้ง 6 ชนิด มาบดด้วยไนโตรเจนเหลวและสกัดดีเอ็นเอด้วยชุดสกัดดีเอ็นเอพืช FavorPrep™ Plant Genomic DNA Extraction Mini KIT (Favorgen, Taiwan) และนำไปตรวจสอบด้วยเทคนิค polymerase chain reaction (PCR) โดยใช้ไพรเมอร์ที่จำเพาะกับยีนโปรตีนห่อหุ้มอนุภาคของเชื้อ SLCCNV และ ToLCNDV ซึ่งมีลำดับนิวคลีโอไทด์ดังนี้ Forward primer: 5' CCTTAGGATCCATGTCGAAGCGACCAGC 3' และ Reverse primer: 5' CCACCAAGCTTTACGATGCGTGAGTACAGG 3' ในปฏิกิริยาปริมาตร 20 ไมโครลิตร ประกอบด้วย genomic DNA จากใบพืชทอง ปริมาตร 2 ไมโครลิตร, Forward primer (10 µM) 1 ไมโครลิตร, Reverse primer (10 µM) 1 ไมโครลิตร, 2x Dream Taq green PCR master mix (Biotech rabbit, Germany) 10 ไมโครลิตร และ deionized water ปริมาตร 6 ไมโครลิตร ตามลำดับ โปรแกรมที่ใช้ในปฏิกิริยา PCR คือ initial denaturation อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที; denaturation อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที; annealing อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที; extension อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที ทำขั้นตอนที่ 2-4 ซ้ำอีก 29 รอบ และ final extension อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 นาที ลดอุณหภูมิลงมาที่ 16 องศาเซลเซียส ตรวจสอบขนาดดีเอ็นเอโดยใช้ 1% agarose gel electrophoresis ใน 0.5x Tris-borate buffer (0.5xTBE) และ Red Safe™ dye (INTRON Biotechnology, Korea)

การโคลนจีโนมของเชื้อแบคทีเรียไวรัส

นำ genomic DNA ของตัวอย่างที่ให้ผลเป็นบวกจากปฏิกิริยา PCR มาเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรมของไวรัสด้วยเทคนิค rolling circle amplification (RCA) โดยใช้ Illustra™ TempliPhi 100 Kit (GE healthcare, UK) นำ templiPhi products มาตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *Bam*HI เพื่อให้ได้ DNA-A และทดลองส้อมตัดด้วยเอนไซม์ *Pae*I, *Kpn*II, *Sa*II และ *Hind*III เพื่อให้ได้ DNA-B (Fermentas, USA) ทำการแยก DNA-A และ DNA-B ด้วย 1% agarose gel electrophoresis สกัดดีเอ็นเอออกจากเจลด้วย FavorPrep™ GEL/PCR Purification Mini kit (Favorgen, Taiwan) นำไปเชื่อมต่อกับ pQE80-L expression vector (Qiagen, USA) ด้วยเอนไซม์ T4-ligase (Invitrogen, USA) และถ่ายฝากให้กับเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli* สายพันธุ์ DH5α ด้วยวิธีการ heat shock transformation (Sambrook and Russel, 1989) นำเซลล์ไปเลี้ยงบนอาหาร 2xYT แข็ง ที่มีสารปฏิชีวนะแอมพิซิลลิน 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร คัดเลือกโคโลนีสีขาวเพื่อนำมาตรวจหา DNA-A และ DNA-B ด้วยวิธี PCR โดยใช้ไพรเมอร์ pQE-forward primer และ pQE-reverse primer เลือกโคโลนีที่ให้ผลบวกเพื่อส่งวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์กับบริษัท Apical Scientific (Selangor, Malaysia)

การเปรียบเทียบลำดับนิวคลีโอไทด์กับฐานข้อมูล GenBank และวิเคราะห์โครงสร้างจีโนมของ DNA-A และ DNA-B

วิเคราะห์เปรียบเทียบ DNA-A และ DNA-B ในฐานข้อมูล GenBank โดยใช้โปรแกรม BLASTn (https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PAGE_TYPE=BlastSearch) และโปรแกรม Clustal Omega (<https://www.ebi.ac.uk/Tools/msa/clustalo/>) วิเคราะห์โครงสร้างของจีโนมและตรวจสอบความถูกต้องของทิศทางหรือตำแหน่งและหน้าที่ของยีนที่อยู่บน DNA-A และ DNA-B ของเชื้อแบคทีเรียไวรัสโดยใช้โปรแกรม ORFs finder (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/orffinder/>)

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการ

สร้างแผนภูมิวิวัฒนาการ (phylogenetic tree analysis) เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างและหาความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการของเชื้อในกลุ่มแบคทีเรียไวรัสโดยใช้โปรแกรม MEGA version 7.0.26 (Kumar et al., 2016) ด้วยวิธี neighbor-joining (NJ) (Saitou and Nei, 1987) โดยใช้ model การเกิด base substitution แบบ transition และ transversion ที่ค่า bootstrap 1000

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การเก็บตัวอย่างเชื้อเบโกโมไวรัสจากฟักทอง

เก็บตัวอย่างฟักทองที่ใบแสดงอาการของโรคที่เกิดจากเชื้อเบโกโมไวรัส จากพื้นที่ปลูกตำบลวังดัง อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี จำนวนทั้งหมด 19 ตัวอย่าง โดยมี 18 ตัวอย่าง ที่แสดงอาการของโรค และ 1 ตัวอย่างที่ไม่แสดงอาการ เมื่อนำตัวอย่างใบฟักทองทั้ง 19 ตัวอย่าง มาตรวจสอบด้วยเทคนิค indirect PTA-ELISA โดยใช้แอนติบอดีที่จำเพาะต่อเชื้อ ZYMV, CGMMV, PRSV, WSMoV และเชื้อ MYSV ที่มีรายงานการเข้าทำลายพืชวงศ์แตง พบว่ามีตัวอย่างฟักทอง จำนวน 5 ตัวอย่าง ติดเชื้อไวรัสที่ตรวจสอบ ได้แก่ เชื้อ WSMoV จำนวน 1 ตัวอย่าง เชื้อ MYSV จำนวน 2 ตัวอย่าง และเชื้อ PRSV จำนวน 2 ตัวอย่าง และตรวจไม่พบเชื้อไวรัส จำนวน 14 ตัวอย่าง (Table 1) แต่แสดงอาการของโรคที่เกิดจากเชื้อเบโกโมไวรัส ได้แก่ ใบด่างเหลือง ใบด่าง ใบหงิกเหลือง ขอบใบม้วนงอ และใบลดรูป (Figure 1) ภายหลังนำทั้ง 14 ตัวอย่าง ได้แก่ KN07, KN09, KN41, KN42 (Figure 1A), KN44 (Figure 1B), KN45, KN46, KN48, KN49, KN50, KN53 (Figure 1C), KN54, KN55 และ KN56 มาตรวจสอบด้วยเทคนิค PCR โดยใช้ไพรเมอร์ที่จำเพาะต่อโปรตีนห่อหุ้มอนุภาคของเชื้อ SLCCNV และเชื้อ ToLCNDV พบว่าทุกตัวอย่างให้ผลเป็นบวกต่อปฏิกิริยา PCR โดยพบแถบดีเอ็นเอ ขนาดประมาณ 700 คู่เบส (Table 1)

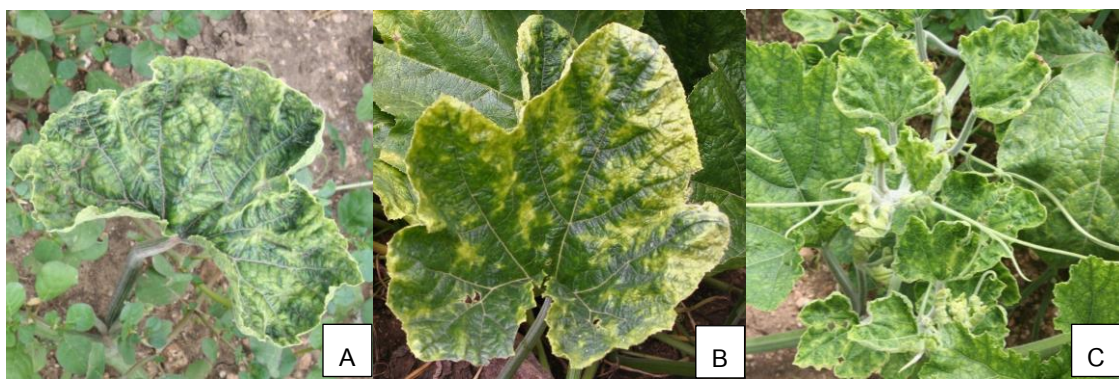


Figure 1 Begomovirus-infected pumpkin samples collected from Wang Dong sub-district, Muang district Kanchanaburi province showing yellow leaf curl symptom from sample KN42 (A), yellow mosaic from sample KN44 (B) and leaf distortion from sample KN53 (C). All of them gave negative reaction in indirect PTA-ELISA screening.

การโคลนจีโนมของเชื้อเบโกโมไวรัส

นำ templiPhi product ของตัวอย่างฟักทอง จำนวน 14 ตัวอย่าง ที่เพิ่มปริมาณได้ด้วยเทคนิค RCA มาตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *Bam*HI และพบว่ามีเพียงตัวอย่างเดียวคือ KN44 ที่ templiPhi product ถูกตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ 1 ตำแหน่งที่ลำดับนิวคลีโอไทด์ 124 ภายในยีน AV2 (pre coat-protein) และมีขนาดแถบดีเอ็นเอประมาณ 2,736 คู่เบส หลังจากนั้นนำตัวอย่าง templiPhi products isolate KN44 ไปสุ่มตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ จำนวน 4 ชนิด ได้แก่ *Pae*I, *Kpn*II, *Sal*I และ *Hind*III พบว่ามีเพียงเอนไซม์ *Hind*III ชนิดเดียวที่ตัดดีเอ็นเอตัวอย่างได้ 1 ตำแหน่งที่ลำดับนิวคลีโอไทด์ 799 และมีขนาดแถบดีเอ็นเอประมาณ 2,722 คู่เบส จึงเลือกตัวอย่าง KN44 ไปศึกษาข้อมูลจีโนมโดยการส่งวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ในขั้นตอนต่อไป

การเปรียบเทียบลำดับนิวคลีโอไทด์กับฐานข้อมูล GenBank และวิเคราะห์โครงสร้างจีโนมของ DNA-A และ DNA-B

นำข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์ของตัวอย่าง KN44 มาเปรียบเทียบกับลำดับนิวคลีโอไทด์ที่มีรายงานอยู่ในฐานข้อมูลของ GenBank พบว่าตัวอย่าง KN44 ที่ถูกตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *Bam*HI มีความใกล้เคียงกันทางพันธุกรรมกับเชื้อ SLCCNV isolate [Thailand] DNA-A ที่ระดับ 97.95% (Figure 2-left) (accession no. AB330078.1) โดยเคยมีรายงานการตรวจพบเชื้อเบโกโมไวรัสสายพันธุ์นี้ในฟักทองเมื่อปี พ.ศ. 2544 ที่อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ที่เพิ่มปริมาณ DNA-A ด้วย degenerate primers พบว่า DNA-A มีความยาว 2,736 คู่เบส แต่ยังไม่พบการรายงานส่วนของ DNA-B ในงานวิจัยดังกล่าว (Ito et al., 2008b) ส่วน KN44 ที่ถูกตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *Hind*III มีความใกล้เคียงกันทางพันธุกรรมกับเชื้อ SLCCNV isolate Hainan DNA-B ที่ระดับความเหมือน 91.05% (Figure 2-right) (accession no. MF062252.1) โดยใช้หลักเกณฑ์การจัดจำแนกสายพันธุ์ของเชื้อในกลุ่มเบโกโมไวรัส (Brown et al., 2015) ที่กำหนดให้ต้องมีลำดับนิวคลีโอไทด์ทั้งจีโนม

ที่เปรียบเทียบกันแบบ pairwise alignment มากกว่า 91% จึงจะเป็นเชื้อชนิดเดียวกัน และมากกว่า 94% จึงจะเป็นสายพันธุ์เดียวกัน รายงานผลลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ในฐานข้อมูลของ GenBank โดย DNA-A ได้รับ accession no. MK978176 และ DNA-B ได้รับ accession no. MK978177 ตามลำดับ

การวิเคราะห์โครงสร้างจีโนมพบว่า (Figure 2) DNA-A isolate KN44 ประกอบไปด้วย 5 ORFs โดยพบว่า 2 ตำแหน่งบน virion-sense strand (Table 2) ได้แก่ AV1, AV2 และ 3 ตำแหน่งบน complementary-sense strand ได้แก่ AC1, AC2, AC3 เช่นเดียวกับที่รายงานโดย Ito et al. (2008b) และ DNA-B isolate KN44 ประกอบด้วย 2 ORFs (Table 3) ได้แก่ BC1 (movement protein) และ BV1 (nuclear shuttle protein) นอกจากนั้นยังพบส่วนอนุรักษ์ที่มีลำดับนิวคลีโอไทด์ TAATATTAC หรือ nonanucleotides เหมือนกันทั้ง DNA-A และ DNA-B ที่พบในตัวอย่าง KN44 ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นการสังเคราะห์ดีเอ็นเอหรือเพิ่มจำนวนของเชื้อแบคทีเรียไวรัส (Laufs et al., 1995)

Table 1 Preliminary detection of pumpkin by indirect PTA-ELISA with six antibodies specific to cucurbit-infecting viruses and PCR technique with coat protein specific primers to ToLCNDV and SLCCNV.

Sample	Symptoms	Indirect PTA-ELISA						PCR
		Anti-ZYMV	Anti-CGMMV	Anti-PRSV	Anti-WSMoV	Anti-ToLCNDV	Anti-MYSV	
KN07	YLC	-	-	-	-	-	-	+
KN08	YM	-	-	-	+	-	-	-
KN09	YM	-	-	-	-	-	-	+
KN41	YM	-	-	-	-	-	-	+
KN42	YLC	-	-	-	-	-	-	+
KN43	M	-	-	-	-	-	+	-
KN44	YM	-	-	-	-	-	-	+
KN45	M	-	-	-	-	-	-	+
KN46	YM	-	-	-	-	-	-	+
KN47	NS	-	-	+	-	-	-	-
KN48	YM	-	-	-	-	-	-	+
KN49	LD	-	-	-	-	-	-	+
KN50	YM	-	-	-	-	-	-	+
KN51	LD	-	-	+	-	-	-	-
KN52	YM	-	-	-	-	-	+	-
KN53	LD	-	-	-	-	-	-	+
KN54	LD	-	-	-	-	-	-	+
KN55	LD	-	-	-	-	-	-	+
KN56	YM	-	-	-	-	-	-	+

YLC = yellow leaf curl, YM = yellow mosaic, M = mosaic, LD = leaf distortion, NS = no symptom.

(+) = positive result, (-) negative result.

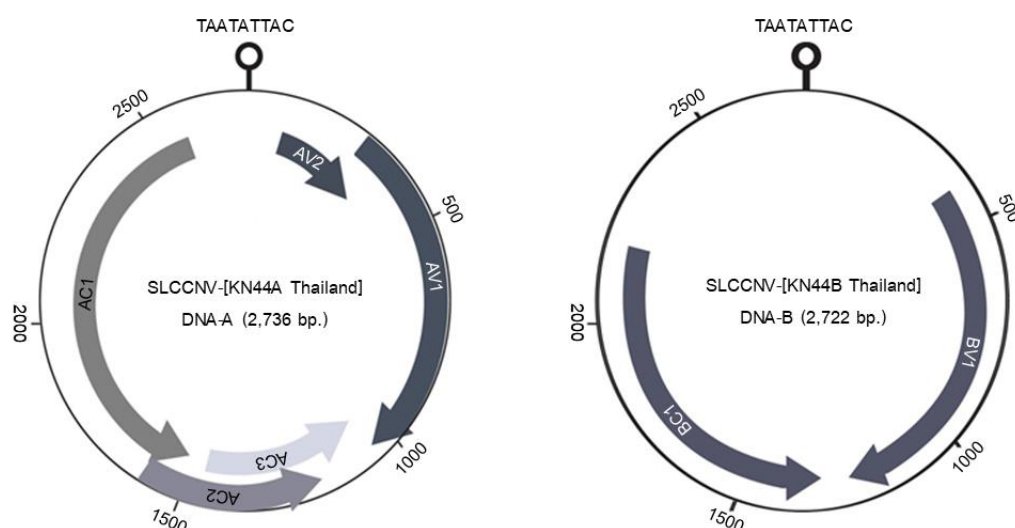


Figure 2 Genome structure of *Squash leaf curl China virus* isolate KN44 Thailand composes of DNA-A (left) and DNA-B (right). Both of them showed conserved sequences of stem and loop structures of nonanucleotides (TAATATTAC) in the intergenic regions. Two ORFs (AV1 and AV2) in the virion-sense strand and three ORFs (AC1, AC2 and AC3) in the complementary-sense strand of DNA-A. One ORF (BV1) in the virion-sense strand and one ORF (BC1) in the complementary-sense strand of DNA-B were located.

Table 2 Characterization of the open reading frames (ORFs) of *Squash leaf curl China virus* isolate KN44A Thailand DNA-A genome.

ORF	Frame	Protein name	Nucleotide position	Number of amino acids	Protein molecular weight (kilodalton)
AV1	+3	Coat protein	279-1049	256	29.58
AV2	+2	Pre coat protein	41-457	138	16.06
AC1	-1	Replication-associated protein	1498-2583	361	40.74
AC2	-2	Transcriptional activator protein	1191-1595	134	15.26
AC3	-3	Replication enhancer protein	1046-1456	136	15.95

Table 3 Characterization of the open reading frames (ORFs) of *Squash leaf curl China virus* isolate KN44B Thailand DNA-B genome.

ORF	Frame	Protein name	Nucleotide position	Number of amino acids	Protein molecular weight (kilodalton)
BV1	+1	Nuclear shuttle protein	478-1284	268	30.89
BC1	-1	Movement protein	1338-2189	283	31.74

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการ

จากการสร้างแผนภูมิวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการด้วยวิธี neighbor-joining ที่ค่า bootstrap 1000 ครั้ง เปรียบเทียบลำดับนิวคลีโอไทด์บน DNA-A ของเชื้อ SLCCNV isolate KN44 พบว่า สามารถแบ่งเชื้อไวรัสตามความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการได้เป็น 5 กลุ่ม (Figure 3) กลุ่มที่ 1 ได้แก่ เชื้อ SLCCNV ที่มีรายงานในแถบเอเชีย กลุ่มที่ 2 ได้แก่ เชื้อ ToLCNDV ที่มีรายงานในแถบเอเชีย โดยในกลุ่มที่ 1 จะมีความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการใกล้ชิดกันกับกลุ่มที่ 2 มากที่สุด กลุ่มที่ 3 ได้แก่ เชื้อ *Tomato yellow leaf curl Thailand virus* (TYLCTHV) ที่มีรายงานในแถบเอเชีย กลุ่มที่ 4 ได้แก่ เชื้อ *Squash leaf curl virus* (SLCuV) ที่มีรายงานในแถบตะวันออกกลาง และกลุ่ม 5 ได้แก่ *Mastrevirus* เป็นเชื้อไวรัสในวงศ์ *Geminiviridae* และนำข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์มาใช้เป็น out group โดยที่ SLCCNV isolate KN44 มีความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมใกล้ชิดกันกับเชื้อ SLCCNV [Thailand] (Ito et al., 2008b) ที่ถูกจัดอยู่ในกลุ่มที่ 1 มากที่สุด อย่างไรก็ตามจำนวน accessions ของเชื้อเบโกโมไวรัสในกลุ่มที่ 1 ซึ่งพบในแถบเอเชียและในประเทศไทยที่นำมาวิเคราะห์มีจำนวนน้อย จึงทำให้ระดับค่าความน่าเชื่อถือในการจัดกลุ่มในคู่ของ MK978176 และ AB330078.1 มีความน่าเชื่อถือในการจัดกลุ่มอยู่ที่ 62% ถึงแม้ว่าค่าความเหมือนทางพันธุกรรมจะอยู่ที่ 97.95% เชื้อทั้งสองชนิดนี้มีพืชทองเป็นพืชอาศัย และพบในภาคกลางของประเทศไทย แต่เชื้อ SLCCNV isolate KN44 พบในจังหวัดกาญจนบุรี ปี 2559 ซึ่งต่างกับกับเชื้อ SLCCNV [Thailand] ที่พบในจังหวัดนครปฐม ปี 2544 (Ito et al., 2008b) จากข้อมูลแผนภูมิวิวัฒนาการในกลุ่มที่ 1 ของเชื้อ SLCCNV isolate KN44 ยังมีความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการกับเชื้อในกลุ่มที่ 1 ที่มีค่าความน่าเชื่อถือมากกว่า 80% ขึ้นไป ได้แก่ เชื้อ SLCCNV [Vietnam] ในพืชทอง (accession no. KC857509.1), SLCCNV [Thailand] ในพืชแพง (accession no. EU543562.1) (Sawangjit, 2009), SLCCNV [China] ในเมลอน (accession no. KF184992.1) (Lin and Che, 2013), SLCCNV [Malaysia] ในแตงกวา (accession no. EF197940.1), *Squash leaf curl Philippines virus* (SLCuPV) [Taiwan] ในพืชทอง (accession no. DQ866135.1) (Tsai et al., 2011) และเชื้อ SLCuPV [Philippines] ในพืชทอง (accession no. NC_005845) (Kon et al., 2003) อีกทั้งเชื้อเบโกโมไวรัสในกลุ่มที่ 1 ยังมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกันกับเชื้อในกลุ่มที่ 2 ที่ค่าความน่าเชื่อถือ 100% อย่างไรก็ตามฐานข้อมูล DNA-A ของเชื้อ SLCCNV ที่พบเข้าทำลายในพืชวงศ์แตงในประเทศไทยยังมีจำนวนไม่มากพอ จึงต้องนำข้อมูลทางพันธุกรรมของเชื้อ SLCCNV ของประเทศในแถบเอเชียมาวิเคราะห์และสร้างแผนภูมิวิวัฒนาการร่วมด้วย

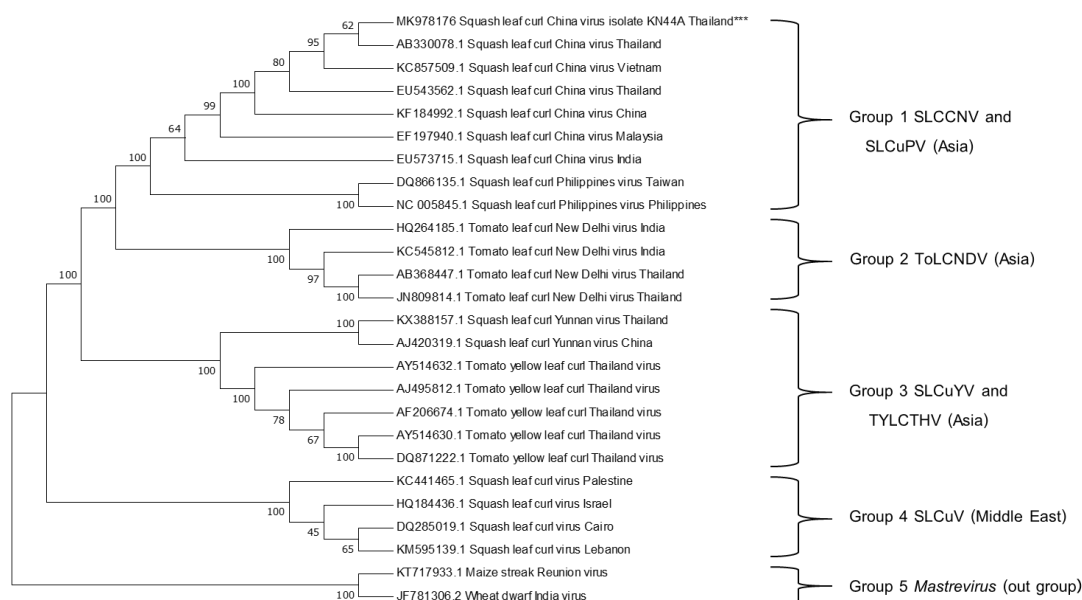


Figure 3 The phylogenetic tree shows the genetic relationship of *Squash leaf curl virus* isolate KN44A Thailand DNA-A segment accession no. MK978176 indicated by 3 stars symbol (***) compared with DNA-A of begomovirus from GenBank and separated in 5 groups consisted of SLCCNV and SLCuPV Asia (group 1), ToLCNDV Asia (group 2), SLCuYV and TYLCTHV Asia (group 3), SLCuV Middle East (group 4) and *Mastrevirus* (group 5) by MEGA7 program with neighbor joining method. Numbers above the line showed values of 1000 times bootstrapping.

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาลักษณะทางพันธุกรรมและโครงสร้างจีโนมของเชื้อแบกโมไวรัส SLCCNV ที่เข้าทำลายพืชทองในตำบลวังดั่ง อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี พบจีโนมของตัวอย่างพืชทอง isolate KN44 เป็นแบบ bipartite ประกอบด้วย DNA-A ที่มีลำดับนิวคลีโอไทด์ 2,736 คู่เบส โครงสร้างจีโนมประกอบด้วย 5 open reading frame (ORFs) ได้แก่ AV1, AV2, AC1, AC2 และ AC3 ในส่วน DNA-B มีขนาด 2,722 คู่เบส ประกอบด้วย 2 ORFs คือ BV1 และ BC1 นอกจากนั้นยังพบว่า DNA-A isolate KN44 มีความสัมพันธ์และใกล้ชิดกับเชื้อ *Squash leaf curl China virus* isolate Thailand มากที่สุด ที่ค่าความเหมือนของลำดับนิวคลีโอไทด์ 97.95% และมีพืชอาศัยเป็นพืชทองเช่นเดียวกัน ส่วน DNA-B isolate KN44 พบว่ามีความสัมพันธ์ใกล้เคียงกับเชื้อ *Squash leaf curl China virus* isolate Hainan ที่ค่าความเหมือนของลำดับนิวคลีโอไทด์ 91.05% ซึ่งมีพืชทองเป็นพืชอาศัย ดังนั้นจึงตั้งชื่อ isolate ของ DNA-A ว่า *Squash leaf curl China virus* isolate KN44A [Thailand] และ DNA-B ว่า *Squash leaf curl China virus* isolate KN44B [Thailand] และพบว่า DNA-A ของ isolate KN44 มีความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการกับเชื้อในกลุ่ม SLCCNV และ SLCuPV มากที่สุด รองลงมาได้แก่ เชื้อในกลุ่ม ToLCNDV ซึ่งในปัจจุบันการพบเชื้อแบกโมไวรัสในประเทศไทยที่เข้าทำลายพืชวงศ์แตงมีเพียง 3 ชนิด คือเชื้อ *Squash leaf curl China virus* (SLCCNV), *Squash leaf curl Yunnan virus* (SLCuYV) และ *Tomato leaf curl New Delhi virus* (ToLCNDV)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และได้รับการสนับสนุนการวิจัยภายใต้แผนงานเสริมสร้างศักยภาพและพัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่ ตามทิศทางการวิจัยและนวัตกรรม ประเภทบัณฑิตศึกษา จากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2562

เอกสารอ้างอิง

- รุ่งทิพย์ จันเพ็ชร, วิชัย โสมสิริรัตน, Scott Adkins และสุจินต์ ภัทรภูวดล. 2559. การพัฒนาเทคนิค Loop-mediated isothermal amplification (LAMP) เพื่อการตรวจสอบเชื้อ *Squash leaf curl virus* ของพืชวงศ์แตงในประเทศไทย. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร* 48(2): 221-230.
- สรชัย จันทะจร และวัชรนิ์ ธงประยูร. 2560. ลำดับนิวคลีโอไทด์ที่สมบูรณ์ของดีเอ็นเอ-เอ และดีเอ็นเอ-บี ของเชื้อ *Tomato leaf curl New Delhi virus*–[Thailand:Kanchanaburi:Cucumber:2012] (ToLCNDV–[TH:KR:Cu:12]) สาเหตุอาการใบหงิกของแตงกวาในจังหวัดกาญจนบุรี. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร* 48(2): 231-244.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2561. ปริมาณและมูลค่าการส่งออกเมล็ดพันธุ์. กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. <http://www.oae.go.th/view/1/ปัจจัยการผลิต/TH-TH> (20 พฤษภาคม 2562).
- สุภาวดี ปานสอาด, วัชรนิ์ ธงประยูร, อรประไพ คชนันท์, นุชนาถ วารินทร์, อัญญา บุญชิต และชาญณรงค์ ศรีภิบาล. 2552. การตรวจสอบทางอิมมูโนวิทยาโดยใช้โพลีโคลนอลแอนติบอดีต่อโปรตีนห่อหุ้มกรดนิวคลีอิกแบบลูกผสมของทอสโฟไวรัส. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร* 40(2): 157-166.
- โสพิศ สว่างจิต. 2554. ความหลากหลายทางพันธุกรรมของเชื้อเจมินีไวรัสที่เข้าทำลายพืชตระกูลแตงในพื้นที่ภาคกลางประเทศไทย. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
- Brown, J. K., Zerbini, F. M., Navas-Castillo, J., Moriones, E., Ramos-Sobrinho, R., Silva, J. C., and Varsani, A. 2015. Revision of *Begomovirus* taxonomy based on pairwise sequence comparisons. *Archives of Virology* 160(6): 1593-1619.
- Idris, A. M., Mills-Lujan, K., Martin, K., and Brown, J. K. 2007. *Melon chlorotic leaf curl virus*: Characterization and differential reassortment with closest relatives reveal adaptive virulence in the *Squash leaf curl virus* clade and host shifting by the host-restricted *Bean calico mosaic virus*. *Virology* 82(4): 1959-1967.
- Ito, T., Sharma, P., Kittipakorn, K., and Ikegami, M. 2008a. Complete nucleotide sequence of a new isolate of *Tomato leaf curl New Delhi virus* infecting cucumber, bottle gourd and muskmelon in Thailand. *Archives of Virology* 153(3): 611.
- Ito, T., Ogawa, T., Samretwanich, K., Sharma, P., and Ikegami, M. 2008b. Yellow leaf curl disease of pumpkin in Thailand is associated with *Squash leaf curl China virus*. *Plant Pathology* 57(4): 597-787.
- Kon, T., Dolores, L. M., Bajet, N. B., Hase, S., Takahashi, H., and Ikegami, M. 2003. Molecular characterization of a strain of *Squash leaf curl China virus* from the Philippines. *Journal of Phytopathology* 151(10): 535-539.
- Kumar, S., Stecher, G., and Tamura, K. 2016. MEGA7: Molecular evolutionary genetics analysis version 7.0 for bigger datasets. *Molecular Biology and Evolution* 33(7): 1870-1874.
- Laufs, J., Traut, W., Heyraud, F., Matzeit, V., Rogers, S. G., Schell, J., and Gronenborn, B. 1995. *In vitro* cleavage and joining at the viral origin of replication by the replication initiator protein of *Tomato yellow leaf curl virus*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 92(9): 3879-3883.

- Lin, S., and Che, H. 2013. PCR detection of whitefly transmitted geminivirus of *Cucumis melo* var. *Saccharinus* in Ledong, Hainan Province. *Journal of Tropical Biology* 4(2): 124-128.
- Marwal, A., Kumar, A., and Gaur, R. K. 2014. Transmission and host interaction of geminivirus in weeds. *Plant virus-Host interaction* 1(7): 43-161.
- Melgarejo, A. T., Kon, T., Rojas, M. R., Paz-Carrasco, L., Murilo Zerbini, F., and Gilbertson, R. L. 2013. Characterization of a new world monopartite begomovirus causing leaf curl disease of tomato in Ecuador and Peru reveals a new direction in geminivirus evolution. *Virology* 87(10): 5397-5413.
- Nawaz-ul-Rehman, M. S., and Fauquet, C. M. 2009. Evolution of geminiviruses and their satellites. *FEBS Letters* 583(12): 1825-1832.
- Padidam, M., Sawyer, S., and Fauquet, C. M. 1999. Possible emergence of new geminiviruses by frequent recombination. *Virology* 265(2): 218-225.
- Robinson, R. W., and Decker-Walters, D. S. 1997. *Cucurbits*. Illustrated. New York: CAB International.
- Saitou, N., and Nei, M. 1987. The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. *Molecular Biology Evolution* 4(4): 406-425.
- Sambrook, J., and Russel, D. W. 1989. *Molecular Cloning a Laboratory Manual*. 3rd. New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press.
- Sawangjit, S. 2009. The complete nucleotide sequence of *Squash leaf curl China virus* [Wax gourd] and its phylogenetic relationship to other geminiviruses. *Science Asia* 35(2): 131-136.
- Tsai, W. S., Hu, C. J., Shung, D. P., Lee, L. M., Wang, J. T., and Kenyon, L. 2011. First Report of *Squash leaf curl Philippines virus* Infecting Chayote (*Sechium edule*) in Taiwan. *Plant Disease* 95(9): 1197.
- Vincent, N. 2013. Geminivirus protein structure and function. *Molecular Plant Pathology* 14(6): 635-649.

วันรับบทความ (Received date) : 9 ก.ย. 62

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 19 พ.ย. 62

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 24 ม.ค. 63

การใช้น้ำส้มควันไม้ต่อการยับยั้งเชื้อราบนยางแผ่นธรรมชาติ

Application of Wood Vinegar for Antifungal Growth on Natural Rubber Sheet

จันทิมา ชั่งสิริพร¹, พฤกระยา พงศ์ยี่หล้า¹, กาญจนา ชันทกะพันธุ์¹ และนิรนา ชัยฤกษ์¹
Juntima Chungsiriporn¹, Prukraya Pongyeela¹, Kanjana Kantakapun¹ and Nirana Chairerk¹

บทคัดย่อ

น้ำส้มควันไม้เป็นของเหลวที่ได้จากการเผาถ่านในสภาวะอัดอากาศจัดเป็นสารจากธรรมชาติที่สามารถใช้ในอุตสาหกรรม การเกษตร อาหาร และยา เนื่องจากมีคุณสมบัติเป็นกรดและยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์จึงเป็นที่สนใจในการ นำมาใช้ในการยับยั้งเชื้อราบนยางแผ่น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบและประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อรา ของน้ำส้มควันไม้ 3 ชนิด ได้แก่ น้ำส้มควันจากไม้ไผ่ น้ำส้มควันจากไม้ยางพารา และน้ำส้มควันจากไม้ยูคาลิปตัส วิเคราะห์ สารประกอบอินทรีย์ในน้ำส้มควันไม้โดยวิธี GC-MS ดำเนินการทดลองยับยั้งเชื้อราบนยางแผ่นดิบด้วยน้ำส้มควันไม้ที่ความเข้มข้น ร้อยละ 10, 20 และ 30 โดยปริมาตร ผลการศึกษาพบว่า สารสำคัญในน้ำส้มควันไม้ประกอบด้วยกรดอินทรีย์ต่าง ๆ ได้แก่ กรด แอซีติก กรดไพโรวาโนอิก และกรดบิวทาโนอิก และส่วนประกอบฟีนอลิก เช่น ฟีนอลและครีซอล ทั้งนี้องค์ประกอบและปริมาณ ของสารสำคัญในน้ำส้มควันไม้ทั้ง 3 ชนิดมีความคล้ายคลึงกัน นอกจากนี้ยังพบว่า น้ำส้มควันไม้ทั้ง 3 ชนิดมีประสิทธิภาพยับยั้ง เชื้อราบนยางแผ่นได้มากกว่า 90%

คำสำคัญ: น้ำส้มควันไม้ไผ่ น้ำส้มควันไม้ยางพารา น้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัส ยับยั้งเชื้อรา ยางแผ่นดิบ องค์ประกอบทางเคมี

Abstract

Wood vinegar, a product of burning wood under airless conditions, is well known as an all- purpose natural chemical and can be used in the agricultural, food, and pharmaceutical industries. Because of its acidity and ability to inhibit the growth of microorganisms, there is considerable interest in its use as an anti-fungal agent for rubber sheet products. The objective of this research was to study the characteristics and effects of bamboo, rubber, and eucalyptus vinegars on natural rubber products. Volatile organic compounds in the vinegars were detected by GC-MS. The results showed that the main chemical components were organic acids such as acetic acid, propanoic acid and butanoic acid, and phenolic components such as phenol and cresol, the types and amounts of which varied depending on the wood species. There were many similarities between the components of bamboo vinegar and those of rubber and eucalyptus vinegar. The experiments to do with the anti-microbial properties of the vinegars were conducted by introducing various concentrations of wood vinegars at 10%, 20%, and 30% by volume. The results showed that the bamboo, rubber, and eucalypt vinegars had inhibitory effects on the growth of fungi. The efficiencies of the inhibitory effects on the growth of the fungi of all three wood vinegars were rated at over 90% and were based on the extent of inhibition zone at the same concentration of wood vinegar.

Keywords: bamboo vinegar, rubber vinegar, eucalyptus vinegar, anti-fungal, natural rubber sheet, volatile organic compounds

คำนำ

น้ำส้มควันไม้ (wood vinegar) เป็นของเหลวที่ได้จากการควบแน่นของควันระหว่างการเผาถ่านไม้ ภายใต้สภาวะ อัดอากาศที่อุณหภูมิการเผาไหม้ประมาณ 300-400 องศาเซลเซียส (Bunsan, 2009) สารประกอบต่าง ๆ ในไม้จะถูกสลายตัว ด้วยความร้อนเกิดเป็นสารประกอบใหม่มีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาลไหม้หรือสีน้ำตาลปนแดงที่มีฤทธิ์เป็นกรด น้ำส้มควันไม้ มีสารประกอบที่สำคัญ ได้แก่ น้ำประมาณ 85% กรดอินทรีย์ประมาณ 3% และสารอินทรีย์อื่น ๆ ประมาณ 12% โดยมีความ เป็นกรด-ด่าง (pH) ประมาณ 1.5-3.0 มีค่าความถ่วงจำเพาะ 1.012-1.024 โดยจะแตกต่างกันไปตามชนิดของไม้ (Prepram, 2012) น้ำส้มควันไม้มีสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ มากกว่า 200 ชนิด (Rattanaporn et al., 2008) ซึ่งเกิดจาก

¹ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ. หาดใหญ่ จ. สงขลา 90110

¹ Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla 90110

*Corresponding author, E-mail: juntima.c@psu.ac.th

การสลายตัวของไม้ด้วยความร้อน เช่น กรดอินทรีย์และแอลกอฮอล์ชนิดต่าง ๆ ที่ได้จากการสลายตัวของเฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลส หรือสารฟีนอลที่ได้จากการสลายตัวของลิกนิน สารประกอบที่สำคัญได้แก่ กรดแอซิติคเป็นสารกลุ่มออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อรา แบคทีเรีย และไวรัส สารประกอบฟีนอลเป็นสารในกลุ่มการควบคุมการเจริญเติบโตของพืชฟอร์มาลดีไฮด์ เป็นสารในกลุ่มออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรค และแมลงศัตรูพืช เอทิลเอโนลเป็นสารในกลุ่มเร่งการเจริญเติบโตของพืชและเมทานอลเป็นสารในกลุ่มออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อรา แบคทีเรีย และไวรัส (Puttinun, 2011)

ยางแผ่น (natural rubber) ผลิตโดยการเพิ่มสารตกตะกอนให้กับน้ำยางสด รีดเป็นแผ่นบางแล้วตากให้แห้งในแสงแดด เนื่องจากยางแผ่นมีความชื้นสูง การเจริญเติบโตของเชื้อราจึงสามารถเกิดขึ้นได้ในระหว่างกระบวนการเก็บยาง ซึ่งเป็นปัญหาในการผลิตยางธรรมชาติ ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของยางและราคาขาย ดังนั้นในกระบวนการผลิตยางแผ่นจึงต้องเพิ่มสารต้านเชื้อราเพื่อยับยั้งเชื้อรา ซึ่งสารต้านเชื้อราในตลาดส่วนใหญ่จะมีพิษสูงและไม่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม จึงมีการวิจัยสารประกอบที่ไม่เป็นพิษซึ่งสามารถทำหน้าที่เป็นสารฆ่าเชื้อราที่เกษตรกรสามารถนำไปใช้ได้อย่างปลอดภัย น้ำส้มควันไม้เป็นสารเคมีธรรมชาติที่ถูกนำมาใช้ในการยับยั้งเชื้อราบนยางแผ่น เนื่องจากมีส่วนประกอบสำคัญของกรดอินทรีย์และสารประกอบฟีนอลที่สามารถยับยั้งเชื้อราและแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคได้ (Velmurugan et al., 2009) อีกทั้งน้ำส้มควันไม้ยังเป็นสารจับตัวและป้องกันเชื้อราสำหรับการผลิตยางธรรมชาติและช่วยชะลอการเจริญเติบโตของเชื้อราที่ทำให้เกิดโรค เช่น *Fusarium*, *Pythium* และ *Rhizoctonia* ได้เป็นอย่างดี (Yagi and Tsukamoto, 1991)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบและประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราบนยางแผ่นดิบของน้ำส้มควันไม้ 3 ชนิด ได้แก่ น้ำส้มควันจากไม้ไผ่ น้ำส้มควันจากไม้ยางพารา และน้ำส้มควันจากไม้ยูคาลิปตัส ดำเนินการทดลองยับยั้งเชื้อราบนยางแผ่นดิบโดยการใช้น้ำส้มควันไม้ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10, 20 และ 30 โดยปริมาตร และวิเคราะห์องค์ประกอบสารอินทรีย์ในน้ำส้มควันไม้ด้วยกระบวนการ gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของสารสำคัญที่มีคุณสมบัติยับยั้งเชื้อราของน้ำส้มควันไม้แต่ละชนิด

วิธีการศึกษา

การเตรียมน้ำส้มควันไม้

น้ำไม้ไผ่ ไม้ยางพารา และไม้ยูคาลิปตัส ปริมาณ 100 กิโลกรัม จัดวางและเผาในเตาเผาแนวอนขนาด 200 ลิตร ในช่วงอุณหภูมิ 300-400 องศาเซลเซียส ควันที่ออกมาจากกระบวนการสลายตัวทางความร้อนของไม้ จะถูกควบแน่นด้วยเครื่องควบแน่นและผ่านคอลัมน์แยกน้ำมันดิน ให้สารประกอบอยู่ในรูปของน้ำส้มควันไม้ ทำการวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำส้มควันไม้ที่ได้ และเก็บในภาชนะที่บดแสงปริมาณ 100 มิลลิลิตร สำหรับการวิจัยและส่งวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่อง gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) ที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

การทดสอบ

ตัดตัวอย่างยางแผ่นขนาด 10x10 เซนติเมตร เตรียมน้ำส้มควันไม้จากไม้ไผ่ ไม้ยางพารา และไม้ยูคาลิปตัสเจือจางด้วยน้ำกลั่นที่ความเข้มข้นร้อยละ 10, 20 และ 30 โดยปริมาตร นำแผ่นยางที่เตรียมไว้แช่ในน้ำส้มควันไม้ปริมาตร 100 มิลลิลิตรเป็นเวลา 5 นาที ทิ้งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง และนำตัวอย่างยางแผ่นที่แห้งวางซ้อน 3 ชั้น เก็บในกล่องที่มีความชื้น $87 \pm 1\%$ เป็นเวลา 3 สัปดาห์ หลังจากนั้นวัดอัตราการเจริญเติบโตของเชื้อราบนยางแผ่นที่ใช้น้ำส้มควันไม้ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยการนับจำนวนโคโลนีบนยางแผ่นเปรียบเทียบกับยางแผ่นชุดควบคุมที่ไม่ใช้น้ำส้มควันไม้

การวิเคราะห์เชื้อรา

วัดพื้นที่การเจริญเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวของแผ่นยาง ทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเชื้อราด้วยการนับจำนวนโคโลนีโดยใช้วิธีนับจำนวนเพลตมาตรฐานและกำหนดคุณสมบัติทางเคมีกายภาพโดยใช้วิธี FDA, 2001 (Tournas et al., 2015) ตัดตัวอย่างยางแผ่นแต่ละชิ้นขนาด 2x2 เซนติเมตร เรียงซ้อนกัน 4 ชั้น เติมสารละลายเพปไทด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เขย่าเป็นเวลา 30 นาที จะได้สารละลายอาหารตัวอย่าง ปิเปตสารละลายตัวอย่างลงบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA เพลตละ 0.1 มิลลิลิตร จากนั้นเกลี่ยให้สารละลายตัวอย่างกระจายทั่วผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ จนกระทั่งสารละลายตัวอย่างซึมผ่านอาหารเลี้ยงเชื้อ (ประมาณ 10 นาที) ทำ 3 ซ้ำ และนำเพลตที่วางซ้อนกันไม่เกิน 3 เพลตไปเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 20-25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน นับจำนวนโคโลนี โดยรายงานจากการลดลงของจำนวนเชื้อโคโลนีต่อ cm^2 (CFU/ cm^2) นำค่าที่ได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญโดยใช้สูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง} = [(A - B) / A] \times 100$$

เมื่อ A คือ ค่าเฉลี่ยของโคโลนีเชื้อราที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อราชุดเปรียบเทียบ

B คือ ค่าเฉลี่ยของโคโลนีเชื้อราที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อราของตัวอย่าง

วิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการทดสอบตัวอย่างละ 3 ครั้ง (n=3) และนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\pm$ SD) และวิเคราะห์ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของข้อมูล โดยใช้ One-way ANOVA (single factor) โดยใช้ Duncan's Multiple Comparison Tests ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ($P < 0.05$)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

องค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้จากไม้ทั้ง 3 ชนิด

น้ำส้มควันไม้จากไม้ไผ่ จากไม้ยางพารา และจากไม้ยูคาลิปตัสที่วิเคราะห์ มีค่า pH เท่ากับ 3.54, 3.49 และ 3.64 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้ที่สำคัญ 10 ชนิด ประกอบด้วย ไฮดรอกซีอะซิโตน (2-propanone, 1-hydroxy) กรดแอซิติค (acetic acid) กรดบิวทานิก (butanoic acid) กรดโพรพานิก (propanoic acid) ไสโคลีน (cyclohexene) กัวไอเอคอล (guaiacol) ฟีนอล (phenol) เบนซีนเมทานอล (benzenemethanol) ครีซอล (p-cresol) และไซริงคอลล (Syringol) แสดงใน Table 1 โดยสารประกอบอินทรีย์ในน้ำส้มควันไม้ทั้ง 3 ชนิดส่วนใหญ่เป็นองค์ประกอบของกรดแอซิติคประมาณ 80% ของสารอินทรีย์ทั้งหมด องค์ประกอบทางเคมีดังกล่าวพบในน้ำส้มควันไม้จากไม้ไผ่สูงกว่าน้ำส้มควันไม้จากไม้ยางพาราและน้ำส้มควันไม้จากไม้ยูคาลิปตัส ตามลำดับ สารประกอบเหล่านี้ให้ลักษณะของกลิ่นที่มีกลิ่นฉุน โดยกลิ่นที่พบมากที่สุด คือ กรดแอซิติค มีกลิ่นเปรี้ยว สารกัวไอเอคอล ครีซอล และไซริงคอลล มีกลิ่นควัน (Akakabe et al., 2006) สารประกอบอินทรีย์ดังกล่าวทำให้เกิดกลิ่นเฉพาะตัวของน้ำส้มควันไม้ โดยน้ำส้มควันไม้ทั้ง 3 ชนิด มีองค์ประกอบทางเคมีที่ใกล้เคียงกันจึงมีกลิ่นที่คล้ายกัน อีกทั้งองค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้จะสามารถบ่งบอกถึงคุณภาพของน้ำส้มควันไม้ ซึ่งน้ำส้มควันไม้ที่มีคุณภาพจะประกอบด้วยกรดแอซิติคและสารฟีนอลสูง ซึ่งจะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราที่ก่อให้เกิดโรคได้เป็นอย่างดี

Table 1 Volatile organic compounds in bamboo, eucalyptus, and rubber wood vinegar.

No.	Compound	% of Total area		
		Bamboo wood	Eucalyptus wood	Rubber wood
1	Acetic acid	37.09	29.14	34.09
2	2-Propanone, 1-hydroxy	4.14	2.97	4.23
3	Propanoic acid	3.10	1.48	1.91
4	Butanoic acid	1.00	0.56	1.04
5	Cyclohexene	2.13	2.25	2.76
6	2-Methoxyphenol (Guaiacol)	3.77	2.11	2.64
7	Phenol	7.73	3.21	3.03
8	Benzenemethanol	2.80	0.91	0.53
9	p-Cresol	1.06	0.92	0.85
10	Phenol, 2,6-dimethoxy (Syringol)	5.26	9.15	6.15
Total		68.08	52.70	57.23

ผลการวิจัยใน Table 1 พบว่า องค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้ทั้ง 3 ชนิด แสดงให้เห็นความแตกต่างของความเข้มข้นและประเภทของส่วนประกอบ ซึ่งอาจเกิดจากแหล่งที่มาของไม้ที่ใช้ในการผลิต ส่วนประกอบในน้ำส้มควันไม้ประกอบด้วยผลิตภัณฑ์จากคาร์บอนในเขชันของลิกนินซึ่งเป็นหนึ่งในองค์ประกอบหลักของลิกนินเซลลูโลส (Amen-Chen et al., 2001) ซึ่งประกอบด้วยหน่วยฟีนอลโพรเพน โดยในน้ำส้มควันไม้ไม่มีส่วนประกอบของสารอะซีติกและสารประกอบฟีนอลสูงสุด (Akakabe et al., 2006) ที่เป็นสารสำคัญในน้ำส้มควันไม้ มีคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อรา รองลงมาคือ น้ำส้มควันไม้ยางพารา และน้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัส ตามลำดับ ดังนั้นส่วนประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการเผาด่านจากไม้จึงขึ้นอยู่กับชนิดของไม้ที่ใช้ ซึ่งพบปริมาณสารสำคัญในน้ำส้มควันไม้ไม่สูงสุด การผลิตน้ำส้มควันไม้จากไม้ไผ่จึงให้คุณภาพของน้ำส้มควันไม้ที่ดีกว่าการใช้ไม้ยางพาราและไม้ยูคาลิปตัส

ผลของความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ต่อการยับยั้งเชื้อราบนยางแผ่น

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราของน้ำส้มควันไม้จากไม้ไผ่ ไม้ยางพารา และไม้ยูคาลิปตัส ที่เจือจางด้วยน้ำกลั่นที่ความเข้มข้น 10, 20 และ 30% ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราที่ความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้จากไม้ไผ่ น้ำส้มควันไม้จากไม้ยางพารา และน้ำส้มควันไม้จากไม้ยูคาลิปตัสบนยางแผ่น หลังจากการเก็บยางแผ่นเป็นเวลา 3 สัปดาห์ รายงานผลในหน่วย CFU/cm² จำนวนโคโลนีของเชื้อราบนยางแผ่น (Table 2) โดยเชื้อราส่วนใหญ่ที่พบบนยางพาราแผ่นนั้น ได้แก่ *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Paecilomyces* และ *Trichoderma* พบว่า การเจริญเติบโตของเชื้อโคโลนีของยางแผ่นควบคุม (ที่ไม่ใช้น้ำส้มควันไม้) จะเกิดเชื้อราสูงสุด ในขณะที่ยางแผ่นที่ใช้น้ำส้มควันไม้จะเกิดเชื้อราน้อย แสดงให้เห็นว่า น้ำส้มควันไม้สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราบนพื้นผิวยางแผ่นได้ (Baimark and Niamsa, 2009)

Table 2 Colony forming unit of fungi on rubber sheets (mean $\pm$ SD) after treatment with different concentrations of bamboo, eucalyptus or rubber wood vinegar, storage for 3 weeks at room temperature.

Samples	Fungal count (CFU/cm ²)
Control	$4.1 \times 10^3 \pm 0.22^h$
10 % v/v bamboo vinegar	148 ± 0.12^f
20 % v/v bamboo vinegar	85 ± 1.52^e
30% v/v bamboo vinegar	35 ± 1.40^c
10 % v/v rubber vinegar	25 ± 1.89^c
20 % v/v rubber vinegar	13 ± 2.00^b
30% v/v rubber vinegar	60 ± 2.09^d
10 % v/v eucalyptus vinegar	318 ± 1.45^g
20 % v/v eucalyptus vinegar	20 ± 0.04^c
30% v/v eucalyptus vinegar	5 ± 2.58^a

Different small letters within one column indicate a significant difference ($P < 0.05$).

จากผลการวิจัยพบว่า เชื้อราเริ่มเกิดบนยางแผ่นหลังจากเก็บตัวอย่างยางที่ความชื้นสัมพัทธ์ $87 \pm 1\%$ เป็นเวลา 3 สัปดาห์ น้ำส้มควันไม้จากไม้ยางพารา น้ำส้มควันไม้จากไม้ไผ่ และน้ำส้มควันไม้จากไม้ยูคาลิปตัสที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราบนยางแผ่นดิบได้ 99%, 96% และ 92% ตามลำดับ และที่ความเข้มข้นน้ำส้มควันไม้ร้อยละ 20 และ 30 สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ค่อนข้างดี ($< 10^3$ CFU/cm²) เนื่องจากการใช้น้ำส้มควันไม้ที่ความเข้มข้นสูงจะมีสภาพความเป็นกรดของกรดอะซีติกและสารประกอบฟีนอลที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวยางแผ่นที่สูงจึงสามารถยับยั้งเชื้อราได้ดี จากการศึกษพบว่า ความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ร้อยละ 30 มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราบนยางแผ่นได้ดีกว่าความเข้มข้นร้อยละ 10 และ 20 โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 แม้ว่าความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ที่สูงขึ้นจะส่งผลในการลดปริมาณเชื้อราบนพื้นผิวยางแผ่นสูง อย่างไรก็ตามน้ำส้มควันไม้ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 สามารถยับยั้งเชื้อราได้อย่างมีประสิทธิภาพเช่นกัน การใช้น้ำส้มควันไม้ความเข้มข้นร้อยละ 10 จึงมีความคุ้มค่าในการใช้งานในด้านต้นทุนมากกว่าการใช้น้ำส้มควันไม้ที่ความเข้มข้นสูง ๆ เหมาะแก่การใช้ยับยั้งเชื้อราบนยางแผ่นแก่อุตสาหกรรมที่ต้องการลดค่าใช้จ่ายด้านสารเคมีได้เป็นอย่างดี

สรุปผลการศึกษา

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า น้ำส้มควันไม้จากไม้ไผ่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลและกรดแอซิดสูงกว่าน้ำส้มควันไม้จากไม้ยางพารา และน้ำส้มควันไม้จากไม้ยูคาลิปตัส ทั้งนี้ น้ำส้มควันไม้ทั้ง 3 ชนิด สามารถใช้เป็นสารยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราบนยางแผ่นได้เป็นอย่างดี ซึ่งเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมที่สามารถใช้แทนสารยับยั้งเชื้อราที่มีความเป็นพิษสูงได้ การใช้น้ำส้มควันไม้ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยปริมาตร เป็นความเข้มข้นเพียงพอที่สามารถลดการเจริญเติบโตของเชื้อราในระหว่างการเก็บรักษาได้ โดยมีความคุ้มค่าในด้านต้นทุนมากกว่าการใช้ความเข้มข้นสูงและช่วยลดกลิ่นในระหว่างกระบวนการอบแห้ง อย่างไรก็ตาม การใช้น้ำส้มควันไม้จะต้องเจือจางด้วยน้ำอย่างเหมาะสมก่อนการใช้ เนื่องจากความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้เป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องพิจารณาเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้งาน

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณภาคีวิชาชีพวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่สนับสนุนสถานที่ทำการวิจัยในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- Akakabe, Y., Tamaru, Y., Takabayashi, M., Iwamoto, S., and Nyugaku., T. 2006. Volatile organic compounds with characteristic odor in bamboo vinegar. *Bioscience Biotechnology and Biochemistry* 70: 2797-2799.
- Amen-Chen, C., Pakdel, H., and Roy, C. 2001. Production of monomeric phenols by thermochemical conversion of biomass: a review. *Bioresource Technology* 79: 277-299.
- Baimark, Y., and Niamsa, N. 2009. Study on WVs for use as coagulating and anti-fungal agents on the production of natural rubber sheets. *Biomass and Bioenergy* 33: 994-998.
- Bunsan, T. 2009. *Study on the effect of soil-based wood vinegar for growing Chinese kale*. Nakhon Sawan: Nakhon Sawan Rajabhat University.
- Prepram, T. 2012. The disadvantage of using bio-fermented water and wood vinegar in the coagulation of rubber. *Journal of natural* 33: 2-18.
- Puttinun, P. 2011. Wood vinegar. *Natural Agriculture* 9: 928-933. (in Thai).
- Rattanaporn, K., Darunee, C., Sanun, J., Sadudee, W., and Sopon, V. 2008. Effect of wood vinegar on growth and yield of groundnut seeds, Khon Kaen 6 and Tainan 9 seed species. *Journal of Agriculture* 36: 125-132.
- Tournas, V., Stack, M. E., Mislivec, P. B., Kock, H. A., and Bandler, R. 2015. Bacteriological analytical manual chapter 18, yeasts, molds, and mycotoxin. U.S. Food and Drug Administration; 2001. <https://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/Laboratory Methods/ucm071435.htm>. (10 May 2015).
- Velmurugan, N., Hanand, S. S., and Lee, Y. S. 2009. Anti-fungal activity of neutralized wood vinegar with water extracts of *Pinus densiflora* and *Quercus serrata* saw dusts. *International Journal of Environmental Research* 3: 167-176.
- Yagi, T., and Tsukamoto, S. 1991. Development of phytopathogenic fungi on the media containing WV. In *Proceeding of the Association of Plant Protection*. pp. 93-98. Japan: Hokuriku.
- Yaman, S. 2004. Pyrolysis of biomass to produce fuels and chemical feedstocks. *Energy Conversion and Management* 45: 651-671.

วันรับบทความ (Received date) : 5 ธ.ค. 62

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 24 ม.ค. 63

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 9 มี.ค. 63

การผลิตโพลีโคลนอลแอนติบอดีที่จำเพาะต่อ *Tomato leaf curl New Delhi virus*

โดยใช้เพปไทด์สังเคราะห์เป็นแอนติเจน

Production of Polyclonal Antibody Against *Tomato Leaf Curl New Delhi Virus*

Exploiting Synthesized Peptide as An Antigen

กานต์ชนก โพธิ์ชะคุ่ม^{1,2} และรัชนี สงประยูร^{1,2,3*}Kanchanok Phochakum^{1,2} and Ratchanee Hongprayoon^{1,2,3*}

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตแอนติบอดีที่จำเพาะต่อ *Tomato leaf curl New Delhi virus* (ToLCNDV) ซึ่งเป็นเชื้อในกลุ่มเบโกโมไวรัสที่เข้าทำลายพืชวงศ์แตงในประเทศไทย โดยใช้เพปไทด์สังเคราะห์เป็นแอนติเจน ซึ่งพิจารณาจากบริเวณที่เป็น epitope บนโปรตีนห่อหุ้มอนุภาคโดยอ้างอิงจากลำดับกรดอะมิโนและโครงสร้างของโปรตีนห่อหุ้มอนุภาคของเชื้อ *African cassava mosaic virus* (ACMV) และเชื้อ ToLCNDV ที่พบในประเทศไทย เพปไทด์สังเคราะห์มีขนาด 20 เรสิดิวส์ คือ NIKTKNHTRRPTGTPQDFGE โดยนำไปพวกับ bovine serum albumin (BSA) และฉีดกระตุ้นกระต่ายพันธุ์ New Zealand White ตามโปรแกรมดังนี้ ฉีดกระตุ้นด้วย peptide-BSA conjugate ในสัปดาห์ที่ 1 และ 5 โดยฉีดเข้าทางใต้ผิวหนังบริเวณคอของกระต่าย (subcutaneous injection) และเข้ากล้ามเนื้อบริเวณขาหลัง (intramuscular injection) ตามลำดับ เริ่มเก็บเลือดจากใบหูในสัปดาห์ที่ 6-15 โดยเก็บสัปดาห์ละ 1 ครั้ง พบว่าแอนติซีรัมีค่าไตเตอร์อยู่ระหว่าง 25,600-51,200 โดยแอนติซีรัในสัปดาห์ที่ 9 มีค่าไตเตอร์สูงสุดคือ 51,200 ในขณะที่แอนติซีรัในสัปดาห์ที่ 6-8 และ 10-15 มีค่าไตเตอร์เท่ากับ 25,600 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของแอนติซีรัที่ผลิตได้ อัตราส่วน 1:200 ในการทำปฏิกิริยากับเชื้อ ToLCNDV ด้วยเทคนิค indirect plate-trapped antigen enzyme-linked immunosorbent assay (indirect PTA-ELISA) พบว่ามีความไวในการทำปฏิกิริยากับน้ำคั้นพืชเป็นโรคได้ถึงค่าการเจือจางที่ 1:320 งานวิจัยนี้เป็นรายงานแรกที่สามารผลิตแอนติบอดีที่มีความจำเพาะต่อเชื้อ ToLCNDV เพียงชนิดเดียว โดยไม่ทำปฏิกิริยาร่วมกับเชื้อไวรัสอื่นที่นำมาทดสอบจำนวน 21 ชนิด

คำสำคัญ: พืชวงศ์แตง เบโกโมไวรัส การตรวจสอบไวรัส การสังเคราะห์เพปไทด์ แอนติบอดี

Abstract

The main objective of this research was to produce an antibody specific to *Tomato leaf curl New Delhi virus* (ToLCNDV), which is one of begomoviruses infecting cucurbits in Thailand. A peptide sequence, derived from the target epitope on the viral capsid protein based on *African cassava mosaic virus* (ACMV) and ToLCNDV (reported in Thailand) coat protein amino acid sequences and structures, was used as an antigen. The synthesized peptide contained 20 amino acid residues that were as follows: NIKTKNHTRRPTGTPQDFGE. It was then conjugated with bovine serum albumin (BSA) and used to immunize New Zealand White rabbits in the 1st and 5th weeks by subcutaneous and intramuscular injection, respectively. The antisera were collected weekly from the rabbits, over the period of the 6th-15th weeks. Titers of the antisera ranged from 25,600-51,200, of which the highest titer obtained was from the 9th week (51,200). The titers at the 6th-8th and 10th-15th weeks were both 25,600. Determination of the antiserum sensitivity and specificity were performed using an indirect plate-trapped antigen enzyme-linked immunosorbent assay (indirect PTA-ELISA) with the antiserum at 1:200 dilution. The results showed sensitivity up to 1:320 dilution of plant sap. This is the first report of the production of an antiserum that is specific to ToLCNDV only, and which does not cross react with the other 21 plant viruses brought into examination.

Keywords: cucurbit, begomovirus, virus detection, peptide synthesis, antibody

¹ ศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

² ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10900

³ ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

¹ Center for Agricultural Biotechnology, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140

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

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

*Corresponding author, Email: agrat@ku.ac.th

คำนำ

พืชวงศ์แตง เช่น แตงกวา แตงโม เมลอน ฯลฯ จัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีมูลค่าทางการตลาดสูง ซึ่งพืชในวงศ์นี้นอกจากจะใช้สำหรับบริโภคผลสดแล้ว ยังมีการใช้เป็นวัตถุดิบในภาคอุตสาหกรรม เช่น อาหารกระป๋องต่าง ๆ รวมถึงอุตสาหกรรมการผลิตเมล็ดพันธุ์เพื่อส่งออกซึ่งมีมูลค่าสูงอยู่ในอันดับต้น ๆ ของประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2561 พบว่ามีปริมาณการส่งออกเมล็ดพันธุ์แตงโม แตงกวา และฟักทอง เป็นอันดับ 4, 8 และ 10 ตามลำดับ โดยมีมูลค่ารวมทั้งสิ้นประมาณ 1,300 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561) ปัญหาที่สำคัญของการผลิตพืชในกลุ่มนี้ได้แก่ โรคพืชที่เกิดจากเชื้อไวรัส ซึ่งเชื้อไวรัสในจีนัส *Begomovirus* วงศ์ *Geminiviridae* จัดเป็นเชื้อไวรัสที่สร้างความเสียหายต่อพืชวงศ์แตงได้อย่างกว้างขวาง (Vincent, 2013) เชื้อในกลุ่มเบโกโมไวรัสนี้มีสารพันธุกรรมเป็นชนิด single-stranded closed circular DNA มีจีโนมแบบ monopartite และ bipartite อนุภาคมีลักษณะเป็นทรงกลมคู่ เส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคประมาณ 15-22 นาโนเมตร ไม่มี envelope ยาวประมาณ 38 นาโนเมตร (Lacatus and Sunter, 2008) ถ่ายทอดเชื้อได้โดยมีแมลงห้ำขาเป็นพาหะ (*Bemisia tabaci*) (Moriones et al., 2017) พืชที่ติดเชื้อไวรัสจะแสดงอาการใบด่างเหลือง ใบหงิก ลดรูป และต้นแคระแกร็น (Brown et al., 2002) ในประเทศไทยพบรายงานการเข้าทำลายของเชื้อในกลุ่มเบโกโมไวรัสในพืชวงศ์แตง ได้แก่ *Squash leaf curl China virus* (SLCCNV) (Ito et al., 2008) *Squash leaf curl Yunnan virus* (SLCuYV) (รุ่งทิพย์ จันเพ็ชร และคณะ, 2559; ณัฐพร บุตรนุช และคณะ, 2562) และ *Tomato leaf curl New Delhi virus* (ToLCNDV) (Chiamsombat et al., 1996; Ito et al., 2008; สรรชัย จันทะจร และรัตน์ ธงประยูร, 2560) โดยเชื้อ ToLCNDV มีรายงานการพบครั้งแรกที่ประเทศอินเดียในปี 1995 (Chakraborty, 2008) เป็นไวรัสที่มีความสำคัญเนื่องจากสามารถเข้าทำลายพืชได้ทั้งในวงศ์แตงและมะเขือเทศ นอกจากนั้นยังเป็นเชื้อที่อยู่ในกลุ่มเชื้อเฝ้าระวังของ European and Mediterranean Plant Protection Organization ซึ่งมีสมาชิกรวม 52 ประเทศในแถบยุโรป (European and Mediterranean Plant Protection Organization, 2019) สำหรับประเทศไทยมีรายงานการเข้าทำลายพืชหลายชนิด เช่น ฟักทอง น้ำเต้า (Chiamsombat et al., 1996) บวบเหลี่ยม (Seepiban et al., 2017) และแตงกวา (สรรชัย จันทะจร และรัตน์ ธงประยูร, 2560) การตรวจสอบพืชที่ติดเชื้อไวรัสซึ่งนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ การตรวจสอบด้วยวิธีการทางเซรัมวิทยา เช่น เทคนิค indirect plate-trapped antigen enzyme-linked immunosorbent assay (indirect PTA-ELISA) โดยใช้แอนติบอดีและการตรวจสอบด้วยเทคนิค polymerase chain reaction (PCR) โดยใช้คู่ไพรเมอร์ที่จำเพาะต่อเชื้อไวรัส อย่างไรก็ตามการตรวจสอบด้วยเทคนิค indirect PTA-ELISA มีข้อด้อยที่สามารถตรวจสอบตัวอย่างพืชได้คราวละมาก ๆ ทำให้ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย ในปัจจุบันแหล่งจำหน่ายแอนติบอดีต่อเชื้อเบโกโมไวรัสในประเทศไทยมีเพียง 2 แหล่ง ได้แก่ ศูนย์ชีววัสดุประเทศไทย สำนักงานพัฒนาและเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ซึ่งมี anti-begomovirus TBRC1-11 และ TBRC1-13 monoclonal antibody (MAb) และ คลินิกสุขภาพพืชภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งมี anti-ToLCNDV polyclonal antibody (PAb) อย่างไรก็ตามแอนติบอดีจากทั้งสองแหล่งมีรายงานการเกิดปฏิกิริยาข้ามกับเชื้อไวรัสชนิดอื่นในกลุ่มเบโกโมไวรัส โดย anti-begomovirus TBRC1-11 PAb และ TBRC1-13 MAb ทำปฏิกิริยาต่อเชื้อ *Tomato yellow leaf curl Thailand virus* (TYLCTHV) และเกิดปฏิกิริยาข้ามกับเชื้อ ToLCNDV (Thailand Bioresource Research Center, 2020) ส่วน anti-ToLCNDV PAb ทำปฏิกิริยากับเชื้อ ToLCNDV และเกิดปฏิกิริยาข้ามกับเชื้อ *African cassava mosaic virus* (ACMV) (สรรชัย จันทะจร และรัตน์ ธงประยูร, 2560) แม้แต่แอนติบอดีที่มีจำหน่ายจากต่างประเทศก็เกิดปฏิกิริยาข้ามต่อเชื้อ *Squash leaf curl virus* (SLCuV) และ *Bean golden mosaic virus* (BGMV) (Agdia, 2020) ดังนั้นจึงยังไม่มีแอนติบอดีที่จำเพาะกับเชื้อ ToLCNDV เพียงชนิดเดียว งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตแอนติบอดีที่จำเพาะต่อเชื้อไวรัส ToLCNDV โดยใช้วิธีการสังเคราะห์เปปไทด์ที่ออกแบบโดยการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับลำดับกรดอะมิโนของโปรตีนห่อหุ้มอนุภาคของเชื้อ ACMV ซึ่งมีรายละเอียดของโครงสร้างอนุภาคมากที่สุดสำหรับไวรัสในกลุ่มนี้ (Böttcher et al., 2004) เพื่อนำมาใช้ในการผลิตแอนติเจน และพัฒนานำวิธีการตรวจสอบเชื้อ ToLCNDV ซึ่งความสำเร็จของงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการวินิจฉัยโรค การเฝ้าระวัง รวมทั้งการคัดเลือกพืชที่ต้านทานต่อเชื้อในกระบวนการปรับปรุงพันธุ์พืชให้ต้านทานโรคต่อไป

วิธีการศึกษา

การวิเคราะห์และออกแบบเปปไทด์เพื่อใช้เป็นแอนติเจน

เนื่องจากปัจจุบันยังไม่มีรายงานโครงสร้างของโปรตีนห่อหุ้มอนุภาคของเชื้อ ToLCNDV จึงจำเป็นต้องทำการอ้างอิงและเปรียบเทียบกับเชื้อ ACMV ซึ่งเป็นเชื้อไวรัสในกลุ่มเดียวกันและมีลำดับกรดอะมิโนในส่วนของโปรตีนห่อหุ้มอนุภาคเหมือนกับเชื้อ ToLCNDV มากถึง 84.9% สำหรับคัดเลือก epitope ส่วนที่อยู่ด้านผิวนอกของโปรตีนห่อหุ้มอนุภาคของเชื้อไวรัสในการศึกษานี้ใช้ลำดับกรดอะมิโนบริเวณโปรตีนห่อหุ้มอนุภาคของเชื้อ ToLCNDV ที่พบในประเทศไทยซึ่งมีรายงานในฐานข้อมูลของ GenBank จำนวนทั้งสิ้น 6 ตัวอย่าง ได้แก่ accession number: AB330079.1, AB368447.1, KU992383.1, JN809814.1, AF102276.1 และ AB368448.1 นำมาวิเคราะห์บริเวณ linear epitope ของโปรตีนห่อหุ้มอนุภาค โดยใช้โปรแกรม IEDB Analysis Resource (<http://tools.iedb.org/bcell/>) เปรียบเทียบกับลำดับกรดอะมิโนของโปรตีนห่อหุ้มอนุภาคของเชื้อ ACMV (Böttcher et al., 2004) จากนั้นสังเคราะห์เปปไทด์จากบริษัท Integrated Technology ประเทศสหรัฐอเมริกา

การพ่วงเปปไทด์สังเคราะห์กับโปรตีนแครีเออร์โดยวิธี Glutaraldehyde-Mediated Hapten-Carrier Conjugation

พ่วงเปปไทด์สังเคราะห์กับโปรตีนแครีเออร์ตามวิธี Glutaraldehyde-Mediated Hapten-Carrier Conjugation (Hermanson, 1996) โดยใช้ bovine serum albumin (BSA) หรือ ovalbumin (OVA) ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ละลายใน 0.1 M NaCO_3 ที่ผสม 0.15 M NaCl, pH 8.5 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เติมเปปไทด์สังเคราะห์ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ปริมาตร 200 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันและเติม glutaraldehyde ให้มีความเข้มข้น 1% จากนั้นบ่มที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง นำสารละลายที่ได้ไปไดอะไลซิส (dialysis) ใน phosphate buffered saline (137 mM NaCl, 2.7 mM KCL, 10 mM Na_2HPO_4 และ 1.8 mM KH_2PO_4) วิเคราะห์ผลการพ่วงเปปไทด์ดังกล่าวด้วยเทคนิค sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) (Laemmli, 1970) โดยใช้ 12% separating gel และ 6% stacking gel

การผลิตโพลีโคลนอลแอนติบอดีต่อ peptide-BSA conjugate

ใช้กระต่ายทดลองสายพันธุ์ New Zealand White อายุประมาณ 3 เดือน จำนวน 1 ตัว โดยมีโปรแกรมการฉีดกระตุ้นกระต่ายทดลองดังนี้ สัปดาห์ที่ 1 ฉีด peptide-BSA conjugate ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ผสมกับ Freund's complete adjuvant อัตราส่วน 1:1 (v/v) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เข้าทางใต้ผิวหนังบริเวณคอของกระต่าย (subcutaneous injection) ต่อมาในสัปดาห์ที่ 5 ฉีดแอนติเจนที่ผสมกับ Freund's incomplete adjuvant อัตราส่วน 1:1 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เข้ากล้ามเนื้อบริเวณขาหลัง (intramuscular injection) เริ่มเก็บเลือดจากใบหูในสัปดาห์ที่ 6 หลังจากการฉีดกระตุ้นครั้งแรก โดยเก็บสัปดาห์ละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 10 สัปดาห์ (ผ่านการพิจารณาและได้ปฏิบัติตามกฎระเบียบตามที่คณะกรรมการกำกับดูแลการเลี้ยงและใช้สัตว์ของสถาบันกำหนด โดยมีเลขที่ใบรับรองการอนุมัติให้ดำเนินการเลี้ยงและใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ดังนี้ ACKU 60-AGK-045)

การตรวจสอบค่าไตเตอร์ของโพลีโคลนอลแอนติบอดี

ตรวจสอบค่าไตเตอร์ของโพลีโคลนอลแอนติบอดีที่ผลิตได้ต่อ peptide-BSA conjugate ด้วยวิธี indirect PTA-ELISA ดัดแปลงจากวิธีการของ อีวาคิชูว์ แพทย์สมาน และคณะ (2560) โดยเคลือบหลุม ELISA plate ด้วย peptide-OVA conjugate ความเข้มข้น 5 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ที่ละลายใน coating buffer (ประกอบด้วย NaHCO_3 2.93 กรัม และ Na_2CO_3 1.59 กรัม, pH 9.6) ปริมาตรหลุมละ 50 ไมโครลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 4 °C ซ้ำคืน ล้าง ELISA plate ด้วย PBST buffer (ประกอบด้วย NaCl 8 กรัม, $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 2.9 กรัม, KH_2PO_4 0.2 กรัม, KCl 0.2 กรัม และ Tween 20 ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร) ปริมาตร 200 ไมโครลิตร 3 ครั้ง ครึ่งละ 5 นาที เติม blocking buffer (5% skim milk ที่ละลายใน PBS) ปริมาตร 100 ไมโครลิตร/หลุม บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ล้าง ELISA plate ด้วย PBST buffer ปริมาตร 200 ไมโครลิตร 3 ครั้ง ครึ่งละ 5 นาที เติมแอนติซีรัมที่เจือจางใน blocking buffer แบบ 2-fold serial dilutions เริ่มจาก 1:400 ถึง 1:204,800 ปริมาตรหลุมละ 50 ไมโครลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ล้าง ELISA plate ด้วย PBST buffer 3 ครั้งเช่นเดิม จากนั้นเติม Goat anti-Rabbit IgG conjugated with alkaline phosphatase (GAR-AP) ที่เจือจางใน blocking buffer อัตราส่วน 1:30,000 ปริมาตรหลุมละ 50 ไมโครลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ล้าง ELISA plate ด้วย PBST buffer 3 ครั้งเช่นเดิม ตรวจสอบผลของปฏิกิริยาโดยเติมสารละลายสับสเตรท *p*-Nitrophenyl phosphate (PNPP) ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ใน substrate buffer (ประกอบด้วย diethanolamine 97 มิลลิลิตร, sodium azide 0.2 กรัม และ MgCl_2 0.1 กรัม, pH 9.8) ปริมาตรหลุมละ 100 ไมโครลิตร บ่มปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 90 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 405 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง ELISA reader (TECAN, Switzerland) โดย negative control ที่ใช้คือ PBS ที่ทำปฏิกิริยากับแอนติบอดี

การตรวจสอบความจำเพาะ (specificity) ของโพลีโคลนอลแอนติบอดี

ตรวจสอบความจำเพาะของโพลีโคลนอลแอนติบอดีที่ผลิตได้ด้วยวิธี indirect PTA-ELISA ตามวิธีการดังกล่าวข้างต้น โดยใช้แอนติซีรัมจากสัตว์ที่ 9 เจือจางใน blocking buffer อัตราส่วน 1:200 ทดสอบกับตัวอย่างเชื้อไวรัสพืช 5 ชนิด จำนวน 21 ชนิด ซึ่งซื้อจากบริษัท DSMZ ประเทศ Germany ได้แก่ จีโนส *Begomovirus* จำนวน 8 ชนิด คือ *African cassava mosaic virus* (ACMV), *Bean golden mosaic virus* (BGMV), *Squash leaf curl virus* (SLCuV), *Sri Lankan cassava mosaic virus* (SLCMV), *Tomato leaf curl New Delhi virus* (ToLCNDV), *Tomato yellow leaf curl Thailand virus* (TYLCTHV), *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV), *Watermelon chlorotic stunt virus* (WmCSV); จีโนส *Potyvirus* จำนวน 7 ชนิด คือ *Chilli vein mottle virus* (ChiVMV), *Pepper mottle virus* (PepMoV), *Papaya ringspot virus* (PRSV), *Pepper vein mottle virus* (PVMV), *Pepper yellow mosaic virus* (PepYMV), *Watermelon mosaic virus* (WMV), *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV); จีโนส *Tobamovirus* จำนวน 3 ชนิด คือ *Bell pepper mottle virus* (BPemV), *Cucumber green mottle mosaic virus* (CGMMV), *Pepper mild mottle virus* (PMMoV); จีโนส *Tospovirus* จำนวน 2 ชนิด คือ *Capsicum chlorosis virus* (CaCV), *Watermelon silver mottle virus* (WSMoV) และจีโนส *Cucumovirus* จำนวน 1 ชนิด คือ *Cucumber mosaic virus* (CMV) เปรียบเทียบกับ negative control ที่ใช้คือน้ำคั้นใบผักทองปกติทำปฏิกิริยากับแอนติบอดี

การตรวจสอบความไว (sensitivity) ของโพลีโคลนอลแอนติบอดี

ตรวจสอบความไวของโพลีโคลนอลแอนติบอดีด้วยวิธี indirect PTA-ELISA โดยบดตัวอย่างใบพืชที่ติดเชื้อ ToLCNDV ใน coating buffer อัตราส่วน 1:10 จากนั้นเจือจางน้ำคั้นพืชแบบ 2-fold serial dilutions ให้มีค่าการเจือจาง 1:10 - 1:10,240 ตรวจสอบปฏิกิริยาด้วยการเติม GAR-AP และสารละลายสับสเตรท *p*-Nitrophenyl phosphate ตามวิธีการดังกล่าวข้างต้น

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การวิเคราะห์และออกแบบเปปไทด์เพื่อใช้เป็นแอนติเจน

เมื่อวิเคราะห์ linear epitope ของโปรตีนห่อหุ้มอนุภาคของเชื้อ ToLCNDV โดยเปรียบเทียบกับรายงานโครงสร้างโปรตีนห่อหุ้มอนุภาคของเชื้อ ACMV และคัดเลือกส่วนของลำดับกรดอะมิโนที่มีคุณสมบัติเป็น epitope ที่อยู่ด้านผิวนอกของโปรตีนห่อหุ้มอนุภาค (Figure 1) ได้ลำดับกรดอะมิโนที่ตำแหน่ง 124-132 และ 143-154 ซึ่งวิเคราะห์ว่าเป็น linear epitope การใช้ epitope ชนิดนี้เนื่องจากมีข้อดีคือ จะยังคงรูปร่างเดิมเสมอแม้ว่าโปรตีนจะมีการเสื่อมสภาพ (denatured protein) ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ในระหว่างกระบวนการผลิตแอนติเจน และเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อ ACMV กรดอะมิโนลำดับที่ N130, Q131 และ Q154 เป็นลำดับกรดอะมิโนที่มีรายงานอย่างแน่ชัดว่าเป็นส่วนที่อยู่ด้านผิวนอกของอนุภาคไวรัส (Böttcher et al., 2004) จึงเลือกบริเวณที่ใกล้เคียงกับกรดอะมิโนนั้นเป็นหลัก ซึ่งมีลำดับกรดอะมิโนดังนี้ NIKTKNHTRRPTGTPQDFGE เพื่อสังเคราะห์ต่อไป

	124	132	143	154	
ACMV	IWLDETIKKQNHTNNVIFYLLRDRRPYGNAPQDFGQIFNMF DN EPSTATIKNDLRDRFQV				180
AF102276.1	IWMDENIKTKNHTNSVMFFLVDRRPTG-TPQDFGEVFNMF DN EPSTATVKNMHRDRYQV				178
KU992383.1	IWMDENIKTKNHTNSVMFFLVDRRPTG-TPQDFGEVFNMF DN EPSTATVKNMHRDRYQV				178
AB330079.1	IWMDENIKTKNHTNSVMFFLVDRRPTG-TPQDFGEVFNMF DN EPSTATVKNMHRDRYQV				178
JN809814.1	IWMDENIKTKNHTNSVMFFLVDRRPTG-TPQDFGEVFNMF DN EPSTATVKNMHRDRYQV				178
AB368448.1	IWMDENIKTKNHTNSVMFFLVDRRPTG-TPQDFGEVFNMF DN EPSTATVKNMHRDRYQV				178
AB368447.1	IWMDENIKTKNHTNSVMFFLVDRRPTG-TPQDFGEVFNMF DN EPSTATVKNMHRDRYQV				178

Figure 1 Partial coat protein gene alignment of ACMV and ToLCNDV by Clustal W. Highlighted sequences are the predicted linear epitopes analyzed by IEDB Analysis Resource Program.

การพ่วงเปปไทด์สังเคราะห์กับโปรตีนแคริเออร์โดยวิธี Glutaraldehyde-Mediated Hapten-Carrier Conjugation

การพ่วงเปปไทด์กับ BSA และ OVA และตรวจสอบผลการพ่วงด้วยเทคนิค 12% SDS-PAGE พบว่า ขนาดของ peptide conjugate มีขนาดใหญ่กว่า BSA และ OVA แสดงว่าประสบความสำเร็จในการพ่วง (Hermanson, 1996) (Figure 2)

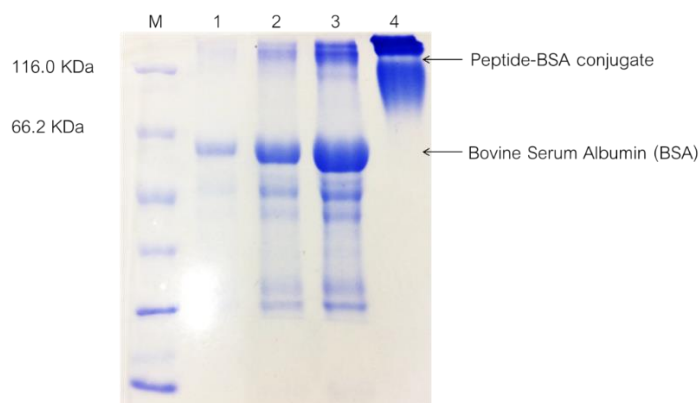


Figure 2 Evaluation of the ToLCNDV peptide-BSA conjugation by SDS-PAGE in 12% separating gel [M = Unstained Protein MW Marker (Thermo Scientific, USA), 1 = BSA 0.5 mg/ml, 2 = BSA 1 mg/ml, 3 = BSA 2 mg/ml and 4 = peptide-BSA conjugate.]

การผลิตโพลีโคลนอลแอนติบอดีต่อ peptide-BSA conjugate การตรวจหาค่าไตเตอร์ และการตรวจสอบความจำเพาะของโพลีโคลนอลแอนติบอดี

จากการเก็บเลือดกระต่ายทดลองพันธุ์ New Zealand White สัปดาห์ที่ 6-15 จำนวนทั้งสิ้น 10 ครั้ง พบว่า แอนติซีรั่มมีค่าไตเตอร์ตั้งแต่ 25,600-51,200 โดยมีค่าสูงสุดในสัปดาห์ที่ 9 (51,200) รองลงมาได้แก่สัปดาห์ที่ 6-8 และ 10-15 (25,600) (Figure 3) การตรวจสอบความไวของแอนติบอดีที่ผลิตได้ในการตรวจสอบเชื้อด้วยแอนติบอดีในสัปดาห์ที่ 9 ที่เจือจาง 1:200 พบว่า สามารถตรวจเชื้อไวรัสในน้ำคั้นพืชได้ถึงระดับการเจือจาง 1:320 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการวิจัยของ สรรชัย จันทะจร และ รัชณี ธงประยูร (2560) ที่ผลิตโพลีโคลนอลแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัส ToLCNDV โดยใช้โปรตีนห่อหุ้มอนุภาคลูกผสมเป็นแอนติเจน พบว่ามีความสามารถในการตรวจสอบเชื้อ ToLCNDV ได้ใกล้เคียงกันโดยวิธี indirect PTA-ELISA แต่จากการตรวจสอบความจำเพาะของแอนติบอดี พบว่า แอนติบอดีที่ผลิตได้โดยการให้เปปไทด์สังเคราะห์ในงานวิจัยนี้มีความจำเพาะกับเชื้อ ToLCNDV สูง โดยไม่ทำปฏิกิริยาข้ามกับเชื้ออื่นที่นำมาทดสอบโดยรวมถึงเชื้อไวรัสที่มีรายงานว่าเกิดปฏิกิริยาข้ามกับแอนติบอดีที่มีจำหน่ายในปัจจุบัน (สรรชัย จันทะจร และรัชณี ธงประยูร, 2560; Agdia, 2020; Thailand Bioresource Research Center, 2020) ดังนั้นแอนติบอดีที่ผลิตได้ในการศึกษานี้จึงเป็นรายงานแรกที่สามารถผลิตแอนติบอดีที่มีความจำเพาะต่อเชื้อ ToLCNDV เพียงชนิดเดียว ทั้งนี้เนื่องจากบริเวณที่เลือกมาใช้เป็นแอนติเจนมีการคัดเลือกจาก epitope เพียง 2 ตำแหน่ง มีขนาดรวม 2.2 กิโลดาลตัน ซึ่งแตกต่างจากวิธีการผลิตแอนติเจนจากโปรตีนห่อหุ้มอนุภาคลูกผสมในรายงานของ สรรชัย จันทะจร และรัชณี ธงประยูร (2560) ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่า คือขนาด 31 กิโลดาลตัน ทำให้มีโอกาสที่จะพบ epitope ได้มากกว่าและอาจทำปฏิกิริยาข้ามกับไวรัสชนิดอื่นที่มี common epitope ได้ โพลีโคลนอลแอนติบอดีที่ผลิตได้จากงานวิจัยนี้เป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับใช้ในการตรวจสอบพืชที่ติดเชื้อไวรัสชนิดนี้

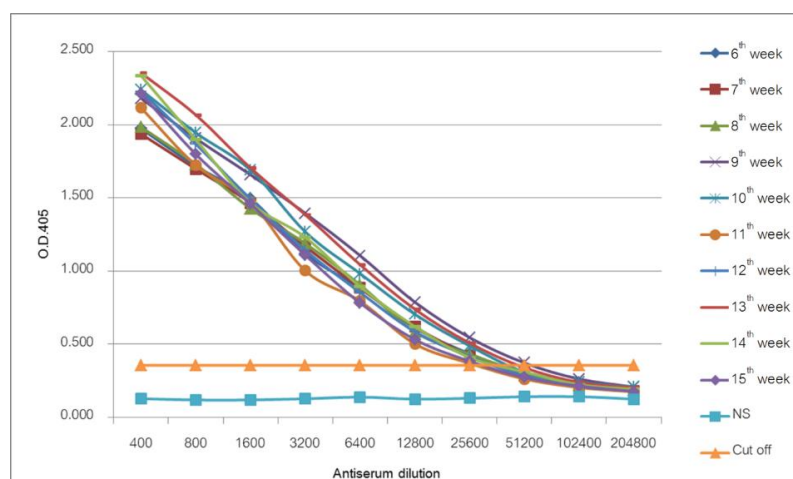


Figure 3 Titration of anti-ToLCNDV polyclonal antiserum reacting with peptide-OVA conjugate. Antisera were collected from 6th -15th weeks after the first immunization and analyzed by indirect PTA-ELISA.

Table 1 Specificity testing of the anti-ToLCNDV antiserum against positive control samples of 21 plant virus species in 8 genera by indirect PTA-ELISA. All virus antigens were purchased from DSMZ, Germany.

Genus	Antigen	O.D. ₄₀₅ ^{/1}	Result
<i>Begomovirus</i>	<i>African cassava mosaic virus</i> (ACMV)	0.233	-
	<i>Bean golden mosaic virus</i> (BGMV)	0.206	-
	<i>Squash leaf curl virus</i> (SLCuV)	0.219	-
	<i>Sri Lankan cassava mosaic virus</i> (SLCMV)	0.220	-
	<i>Tomato leaf curl New Delhi virus</i> (ToLCNDV)	1.193	+
	<i>Tomato yellow leaf curl Thailand virus</i> (TYLCTHV)	0.196	-
	<i>Tomato yellow leaf curl virus</i> (TYLCV)	0.208	-
	<i>Watermelon chlorotic stunt virus</i> (WmCSV)	0.173	-
<i>Potyvirus</i>	<i>Chilli veinal mottle virus</i> (ChiVMV)	0.146	-
	<i>Pepper mottle virus</i> (PepMoV)	0.231	-
	<i>Papaya ringspot virus</i>	0.174	-
	<i>Pepper veinal mottle virus</i> (PVMV)	0.188	-
	<i>Pepper yellow mosaic virus</i> (PepYMV)	0.205	-
	<i>Watermelon mosaic virus</i> (WMV)	0.132	-
	<i>Zucchini yellow mosaic virus</i> (ZYMV)	0.177	-
<i>Tobamovirus</i>	<i>Bell pepper mottle virus</i> (BPemV)	0.188	-
	<i>Cucumber green mottle mosaic virus</i> (CGMMV)	0.213	-
	<i>Pepper mild mottle virus</i> (PMMoV)	0.222	-
<i>Tospovirus</i>	<i>Capsicum chlorosis virus</i> (CaCV)	0.178	-
	<i>Watermelon silver mottle virus</i> (WSMoV)	0.219	-
<i>Cucumovirus</i>	<i>Cucumber mosaic virus</i> (CMV)	0.170	-
Negative control	Healthy plant sap/pumpkin	0.139	-

^{/1} The absorbance value was the mean value obtained from two independent assays at 90 min after adding the substrate at 37°C and the cut-off value was twice of the negative control.

สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยนี้ได้ผลิตโพลีโคลนอลแอนติบอดีต่อเชื้อ ToLCNDV ที่เข้าทำลายพืชวงศ์แตงในประเทศไทย โดยใช้เฟปไทด์สังเคราะห์ที่วิเคราะห์จากลำดับกรดอะมิโนของโปรตีนห่อหุ้มอนุภาคของเชื้อ ToLCNDV ที่พบในประเทศไทย และเลือกจากบริเวณผิวด้านนอกของอนุภาคซึ่งมีลักษณะเป็น linear epitope นำไปพ่วงกับโปรตีนแครีเออร์ BSA เพื่อใช้เป็นแอนติเจน พบว่าแอนติซีรัมที่เก็บได้ทั้งสิ้นจำนวน 10 สัปดาห์ มีค่าไตเตอร์อยู่ในช่วงระหว่าง 25,600-51,200 โดยแอนติซีรัมที่เก็บได้ในสัปดาห์ที่ 9 หลังจากการฉีดกระตุ้นครั้งแรก มีค่าไตเตอร์สูงสุด คือ 51,200 และเมื่อนำแอนติซีรัมเจือจางในอัตราส่วน 1:200 มาทดสอบประสิทธิภาพในการตรวจสอบเชื้อไวรัสในน้ำคั้นพืชเป็นโรค พบว่า มีความไวในการตรวจสอบน้ำคั้นพืชเป็นโรคที่ระดับการเจือจาง 1:320 โดยวิธี indirect PTA-ELISA และแอนติบอดีที่ผลิตได้มีความจำเพาะต่อเชื้อ ToLCNDV เพียงชนิดเดียวเท่านั้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และได้รับการสนับสนุนการวิจัยภายใต้แผนงานเสริมสร้างศักยภาพและพัฒนา นักวิจัยรุ่นใหม่ ตามทิศทางยุทธศาสตร์การวิจัยและนวัตกรรม ประเภทบัณฑิตศึกษา จากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2562

เอกสารอ้างอิง

- ณัฐพร บุตรนุช, วิชัย โฉมรัตน์ และสุจินต์ ภัทรภูวาล. 2562. การประเมินความต้านทานของพืชวงศ์แตงบางชนิดต่อเชื้อ *Squash leaf curl Yunnan virus*. วารสารวิชาการเกษตร 37(1): 14-26.
- ธีรวิศิษฐ์ แพทย์สมาน, รัชนี ฮงประยูร และสิริกุล วะสี. 2560. โพลีโคลนอลแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสใบด่างพริก: การผลิต คุณสมบัติ และการนำไปใช้ในการตรวจวินิจฉัย. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 48(3): 403-414.
- รุ่งทิพย์ จันทะพร, วิชัย โฉมรัตน์, Scott Adkins และสุจินต์ ภัทรภูวาล. 2559. การพัฒนาเทคนิค Loop-mediated isothermal amplification (LAMP) เพื่อการตรวจสอบเชื้อ *Squash leaf curl Yunnan virus* ของพืชวงศ์แตงในประเทศไทย. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 48(2): 221-230.
- สรรัชย์ จันทะพร และรัชนี ฮงประยูร. 2560. การผลิตโปรตีนห่อหุ้มอนุภาคลูกผสมเพื่อการผลิตโพลีโคลนอลแอนติบอดีที่จำเพาะต่อเชื้อ *Tomato leaf curl New Delhi virus* – [Thailand: Kanchanaburi: Cucumber: 2012]. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 48(3): 415-429.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2561. ปริมาณและมูลค่าการส่งออกเมล็ดพันธุ์. กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. <http://www.oae.go.th/view/1/ปัจจัยการผลิต/TH-TH> (20 พฤษภาคม 2562).
- Agdia. 2020. ELISA reagent set for *Tomato leaf curl New Delhi virus* (ToLCNDV) - cucurbit. Agdia incorporated. <https://orders.agdia.com/agdia-set-tolcndv-cuc-alkphos-sra-38900> (7 January 2020).
- Böttcher, B., Unseld, S., Ceulemans, H., Russell, R. B., and Jeske, H. 2004. Geminate structures of *African cassava mosaic virus*. *Journal of Virology* 78(13): 6758-6765.
- Brown, J. K., Idris, A. M., Alteri, C., and Stenger, D. C. 2002. Emergence of a new cucurbit-infecting Begomovirus species capable of forming viable reassortants with related viruses in the *Squash leaf curl virus* cluster. *Phytopathology* 92(7): 734-742.
- Chiemsoombat, P., Kittipakorn, K., Patarapuwadol, S., Tantiwanit, Y., and Attathom, S. 1996. Cucurbit geminiviruses in Thailand. In *The Third Asia-Pacific Conference on Agricultural Biotechnology*. pp.15. Melia Hua Hin Hotel, Prachuap Khiri Khan.
- Chakraborty, S. 2008. *Tomato leaf curl viruses* from India (Geminiviridae). In *Encyclopedia of Virology*. B. W. J., Mahy, and M. H. V., van Regenmortel, eds. pp. 124-133. London: Elsevier.
- European and Mediterranean Plant Protection Organization. 2019. Current EPPO member countries. European and Mediterranean Plant Protection Organization. https://www.eppo.int/ABOUT_EPPO/eppo_members (28 October 2019).
- Hermanson, G. T. 1996. *Bioconjugate techniques*. California: Academic Press.
- Ito, T., Sharma, P., Kittipakorn, K., and Ikegami, M. 2008. Complete nucleotide sequence of a new isolate of *Tomato leaf curl New Delhi virus* infecting cucumber, bottle gourd and muskmelon in Thailand. *Archives of Virology* 153(3): 611-613.
- Lacatus, G., and Sunter, G. 2008. Functional analysis of bipartite begomovirus coat protein promoter sequences. *Journal of Virology* 376(1): 79-89.
- Laemmli, U. K. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature* 227(5259): 680-685.
- Moriones, E., Praveen, S., and Chakraborty, S. 2017. *Tomato leaf curl New Delhi virus*: an emerging virus complex threatening vegetable and fiber crops. *Viruses* 9(10): 1-18.
- Thailand Bioresource Research Center. 2019. Antibodies. Thailand Bioresource Research Center. <https://tbrcnetwork.org/antibodies/result.php> (7 January 2020).
- Vincent, N. F. 2013. Geminivirus protein structure and function. *Molecular Plant Pathology* 14(6): 635-649.

วันรับบทความ (Received date) : 19 พ.ย. 62

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 15 ม.ค. 63

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 22 เม.ย. 63

ผลของช่วงเวลาในการเก็บเกี่ยวพรอพอลิสของชันโรงต่อปริมาณฟลาโวนอยด์รวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

Influence of Harvesting Times on the Total Flavonoid Content and Antiradical Activity of Stingless Bee Propolis

อิมนอน มีชัย^{1*} และอิสมะแอ เจ๊ะหลง²
Imron Meechai^{1*} and Isma-ae Chelong²

บทคัดย่อ

พรอพอลิสจากชันโรงเป็นผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่มีการรายงานถึงฤทธิ์ทางชีวภาพและองค์ประกอบทางเคมีหลายชนิด ซึ่งถูกสร้างจากส่วนผสมของยางจากพรรณไม้ตามแหล่งที่อยู่อาศัยของชันโรง โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาผลของการเก็บเกี่ยวพรอพอลิสต่อปริมาณฟลาโวนอยด์ตลอดระยะเวลาหนึ่งปี โดยเก็บตัวอย่างพรอพอลิสจากชันโรงทั้งหมด 2 สายพันธุ์ ประกอบด้วยสายพันธุ์ *Geniotrigona thoracica* และ *Heterotrigona itama* จำนวน 6 ครั้ง ครั้งละ 2 เดือน จากอำเภอสายบุรี จังหวัดปัตตานี นอกจากนี้ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณฟลาโวนอยด์รวมต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดพรอพอลิสของแต่ละสายพันธุ์ จากการศึกษาพบว่า ปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของ *G. thoracica* และ *H. itama* อยู่ในช่วง 42.33 ถึง 169.67 และ 93.33 ถึง 186.00 มิลลิกรัม เควอซีตินต่อ 100 กรัมสารสกัด ตามลำดับ โดยในช่วงเดือนที่มีปริมาณฟลาโวนอยด์รวมสูงของสายพันธุ์ *G. thoracica* คือ เดือนธันวาคมถึงมกราคม และเดือนสิงหาคมถึงกันยายน ส่วนสายพันธุ์ *H. itama* คือ เดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายน เดือนธันวาคมถึงมกราคม และเดือนสิงหาคมถึงกันยายน ซึ่งปริมาณฟลาโวนอยด์รวมที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงการเก็บเกี่ยวอาจเกี่ยวข้องกับความแตกต่างของชนิดพืชพรรณในแต่ละฤดูกาล สำหรับฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระกับปริมาณฟลาโวนอยด์รวมมีความสัมพันธ์กันน้อย ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับการเสริมฤทธิ์หรือต้านฤทธิ์กันกับสารประกอบกลุ่มอื่นของสารสกัดพรอพอลิส อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นเบื้องต้นว่าช่วงเวลาในการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ชีวภาพของพรอพอลิส

คำสำคัญ: พรอพอลิสของชันโรง ผลของช่วงเวลาการเก็บเกี่ยว ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

Abstract

Propolis from stingless bees is a natural product and has been reported to possess a variety of the biological activities and beneficial chemical constituents. It is constructed from a mixture of rubber from the tree species in the habitat of the beehive and beeswax. The effect of the harvesting time of propolis on its total flavonoid content was measured over a one-year period. The propolis was collected six times (once every 2 months) from two stingless bee species, *Geniotrigona thoracica* and *Heterotrigona itama*, in Sai Buri, Pattani province, Thailand. In addition, the correlation of total flavonoid content with antiradical activities was evaluated. The result showed that the *G. thoracica* and *H. itama* propolis gave total flavonoid content in the range of 42.33-169.67 and 93.33-186.00 mg quercetin equivalent / 100g extract, respectively. A high in flavonoids was determined in *G. thoracica* propolis at harvesting times during the months of December to January and August to September, while the *H. itama* propolis had a high total flavonoid content during the months of October to November, December to January and August to September. The difference of total flavonoid content with respect to harvest times for each species might be related to the plant diversity of each season. There was little association between antioxidant activities and total flavonoid content. This may relate to the synergistic or antagonistic effects of other compounds present in propolis extracts. However, these data indicated that harvesting time had an effect on the chemical constituents and biological activity of stingless bee propolis.

Keywords: stingless bee propolis, harvesting time, total flavonoid contents, antioxidant activities

¹ สาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา อ. เมือง จ. ยะลา 95000

² สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา อ. เมือง จ. ยะลา 95000

¹ Chemistry Program, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University, Muang, Yala 95000

² Biology Program, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University, Muang, Yala 95000

*Corresponding author, Email: imron.me@yru.ac.th

คำนำ

ผัสดังขึ้นโรงเป็นแหล่งที่สามารถผสมเกสรพืชผลทางการเกษตรที่ดีได้หลากหลายชนิด เช่น เงาะ ลิ้นจี่ และสตรอว์เบอร์รี และยังสามารถนำผัสดังขึ้นโรงซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการเลี้ยงมาจำหน่ายเพื่อเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร ปัจจุบันได้มีการเลี้ยงผัสดังขึ้นโรงเพื่อการเกษตรและเชิงพาณิชย์มากขึ้น ซึ่งเป็นการส่งเสริมรายได้ให้แก่เกษตรกรในจังหวัดต่าง ๆ เช่น จังหวัดจันทบุรี สงขลา และพิษณุโลก (อัญชลี สวาสดีธรรม, 2556; Cheurthong et al., 2016) ผลพลอยได้อีกชนิดหนึ่งจากการเลี้ยงผัสดังขึ้นโรงคือพรอพอลิส พรอพอลิสของผัสดังขึ้นโรงถูกสร้างจากยางพรรณไม้หลายชนิด โดยผัสดังขึ้นโรงเก็บเกี่ยวมาผสมกับไขของผึ้ง ซึ่งมีลักษณะเหนียวคล้ายยาง พรอพอลิสจะถูกใช้ในการห่อหุ้มรังและช่วยปกป้องอันตรายจากสิ่งแปลกปลอม (Vit et al., 2012; Athikomkulchai et al., 2013; Sanpa et al., 2017) พรอพอลิสถูกรายงานถึงฤทธิ์ทางชีวภาพและองค์ประกอบทางเคมีที่หลากหลาย ได้แก่ ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย ฤทธิ์ต้านเชื้อรา ฤทธิ์ต้านการอักเสบ ฤทธิ์ต้านเซลล์มะเร็ง ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และยังช่วยกระตุ้นภูมิคุ้มกัน (Sanpa et al., 2012; Athikomkulchai et al., 2013; Ibrahim et al., 2016) สำหรับสารสำคัญที่พบส่วนใหญ่เป็นสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ กลุ่มกรดฟีนอลิก และกลุ่มเทอร์ปีนอยด์ (Freitas et al., 2008; Huang et al., 2014) ซึ่งในอดีตพรอพอลิสมีประโยชน์ในการรักษาแผลและฆ่าเชื้อในปาก (Castaldo and Capasso, 2002)

ไนตริกออกไซด์ (nitric oxide: NO) เป็นอนุมูลอิสระในกลุ่ม reactive nitrogen species ที่ถูกสร้างขึ้นจากกระบวนการทางชีวเคมีของร่างกาย ซึ่งถูกสังเคราะห์จากกรดอะมิโนอาร์จินีนโดยเอนไซม์ไนตริกออกไซด์ซินเทส (Makchuchit et al., 2010; Ng et al., 2015) มีบทบาทหน้าที่เป็นโมเลกุลส่งสัญญาณ (signaling molecule) ในการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและพยาธิวิทยาในระดับเซลล์ เช่น ทำให้หลอดเลือดมีการขยายตัว ยับยั้งการเพิ่มจำนวนของเซลล์กล้ามเนื้อเรียบ และยับยั้งการเกาะเม็ดเลือดขาวบนเซลล์บุผนังหลอดเลือด อย่างไรก็ตามหากปริมาณไนตริกออกไซด์ถูกสร้างมากเกินไปอาจก่อให้เกิดการอักเสบเรื้อรังต่อเซลล์และนำไปสู่โรคต่าง ๆ เช่น โรคหัวใจ (รุ่งรัตน์ นิธิเสน, 2559; Ng et al., 2015; Rao et al., 2016) ฟลาโวนอยด์เป็นสารทุติยภูมิพบได้ในพืชพรรณธรรมชาติซึ่งถูกจัดอยู่ในกลุ่มสารประกอบโพลีฟีนอลและยังเป็นสารประกอบที่ถูกรายงานถึงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่เกี่ยวข้องกับโรคต่าง ๆ หลายชนิด เช่น โรคหัวใจ โรคอัลไซเมอร์ และโรคหลอดเลือด (Panche et al., 2016)

ในปี 2018 Zarate et al. (2018) ได้รายงานการศึกษาปริมาณฟลาโวนอยด์รวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีพีพีเอช (DPPH) จากสารสกัดพรอพอลิส โดยตัวอย่างถูกเก็บจาก 11 เขตในเมืองกวานาฮัวโต (Guanajuato) ประเทศเม็กซิโก ในช่วงเดือนมิถุนายน กรกฎาคม และสิงหาคม พบว่าปริมาณฟลาโวนอยด์รวมอยู่ในช่วง 13 ถึง 379 มิลลิกรัม เควอซิทินต่อกรัม พรอพอลิส และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีพีพีเอชซึ่งถูกรายงานในหน่วย trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) อยู่ในช่วง 39.8 ถึง 54.4 TEAC ซึ่งความแตกต่างของพื้นที่มีผลต่อปริมาณฟลาโวนอยด์รวม เนื่องจากแต่ละพื้นที่มีการกระจายพืชพรรณในการเก็บเกี่ยวต่างกันเพื่อผลิตพรอพอลิสที่แตกต่างกัน ในปีเดียวกัน Liben et al. (2018) ได้รายงานการศึกษาปริมาณฟลาโวนอยด์รวมจากสารสกัดพรอพอลิส โดยตัวอย่างถูกเก็บจากตอนเหนือของประเทศเอธิโอเปีย ในเขตพื้นที่ Mekena district ในเดือนมีนาคม โดยลักษณะสีของตัวอย่างพรอพอลิสแตกต่างกัน ได้แก่ พรอพอลิสสีดำและพรอพอลิสสีดำนกลาง พบว่าปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของพรอพอลิสสีดำจะมีมากกว่าพรอพอลิสสีดำนกลาง ซึ่งอาจมีสาเหตุหลักมาจากความแตกต่างของพันธุ์พืช อย่างไรก็ตามจากข้อมูลเบื้องต้นยังไม่มีรายงานเกี่ยวข้องกับผลของช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวต่อปริมาณสารสำคัญและฤทธิ์ทางชีวภาพของพรอพอลิสของผัสดังขึ้นโรงในช่วงระยะเวลาหนึ่งปี ซึ่งมีรายงานวิจัยเกี่ยวกับปริมาณฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำผัสดังขึ้นโรงในช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน โดยพบว่าผัสดังขึ้นโรงแต่ละสายพันธุ์ให้ปริมาณฟีนอลิกรวมที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะในช่วงเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายนจะมีปริมาณฟีนอลิกรวมน้อยที่สุด ส่วนฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระให้ค่าที่ค่อนข้างใกล้เคียงกันตลอดทั้งปี (อิมรอน มีชัย และอิสมะแอ เจ๊ะหลง, 2561)

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาผลของช่วงเวลาในการเก็บเกี่ยวพรอพอลิสของผัสดังขึ้นโรงต่อปริมาณฟลาโวนอยด์รวมซึ่งเป็นกลุ่มสารที่ถูกรายงานว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและพบเป็นสารสำคัญในพรอพอลิส นอกจากนี้ยังทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีพีพีเอช ซึ่งเป็นวิธีการพื้นฐานในการประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเทียบกับฤทธิ์ต้านไนตริกออกไซด์ซึ่งเป็นกลุ่มอนุมูลอิสระที่อาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อเซลล์จนเกิดการอักเสบเรื้อรังและเป็นที่มาของโรคอีกหลายชนิด โดยข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำมาใช้พัฒนาและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและการอักเสบ หรืออาจเป็นประโยชน์แก่แพทย์แผนไทยต่อการนำพรอพอลิสมาใช้ประโยชน์ในการผสมกับยาประเภทอื่น นอกจากนี้จะเป็นประโยชน์แก่เกษตรกรเพื่อเป็นการคัดแยกคุณภาพและเพิ่มมูลค่าของพรอพอลิสแต่ละช่วงเวลาการเก็บเกี่ยว

วิธีการศึกษา

การเก็บและการเตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบ

ตัวอย่างพรอพอลิสที่นำมาวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยสองสายพันธุ์ คือ สายพันธุ์ *Geniotrigona thoracica* และ *Heterotrigona itama* ซึ่งถูกเก็บจากฟาร์มเลี้ยงผึ้งชันโรง ตำบลปะเสยะวอ อำเภอสายบุรี จังหวัดปัตตานี ระยะเวลาการเก็บตัวอย่างจะทำการเก็บทั้งหมด 6 ช่วงเวลา ในระยะเวลา 1 ปี เริ่มจากเดือนตุลาคม 2560 ถึง กันยายน 2561 ดังใน Table 1

Table 1 Harvesting time of stingless bee propolis during one-year period.

Collection times	During the month-year
1	October 2017 - November 2017
2	December 2017 - January 2018
3	February 2018 - March 2018
4	April 2018 - May 2018
5	June 2018 - July 2018
6	August 2018 - September 2018

การเตรียมตัวอย่างเพื่อการทดสอบโดยนำตัวอย่างพรอพอลิสของชันโรงนั้นให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วทำการสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล ในอัตราส่วน 1:10 โดยใช้การสกัดด้วยวิธีรีฟลักซ์ (reflux) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทำการกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 หลังจากนั้นทำการระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุน จนได้สารสกัดหยาบส่วนเอทานอลจากพรอพอลิส โดยสารสกัดทั้งหมดจะถูกเก็บที่อุณหภูมิไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส ก่อนทำการทดสอบ

การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม

การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์รวมทำตามวิธีของ Meda et al. (2005) โดยนำสารสกัดพรอพอลิสความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรในเอทานอล ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลาย 2% w/v อะลูมิเนียมไตรคลอไรด์ในเมทานอล ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร และตั้งทิ้งไว้ 10 นาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 437 นาโนเมตร โดยทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ จากนั้นค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างจะถูกนำไปเทียบกับกราฟมาตรฐานเคอร์ซีทิน (quercetin) ซึ่งถูกวิเคราะห์ด้วยวิธีเดียวกัน ($r^2 = 0.995$, $y = 0.0381x + 0.0443$) ปริมาณฟลาโวนอยด์รวมรายงานผลในหน่วยของมิลลิกรัมเคอร์ซีทินเทียบเท่ากับ 100 กรัมของสารสกัดหยาบ (mg quercetin equivalent (QE)/ 100g extract)

การวิเคราะห์ฤทธิ์การกำจัดไนตริกออกไซด์

การวิเคราะห์ฤทธิ์การกำจัดไนตริกออกไซด์ดำเนินการตามวิธีของ บุษราคม สิงห์ชัย และคณะ (2560) โดยผสมสารละลายสารสกัดพรอพอลิสความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรในเอทานอล ปริมาตร 1 มิลลิลิตร กับสารละลายโซเดียมไนโตรพรัสไซด์ (sodium nitroprusside) ความเข้มข้น 5 มิลลิโมลาร์ ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์พีเอช 7.4 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองแล้วบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นทำการเติม Griess reagent (1% sulphanilamide และ 0.1% naphthylenediamine dihydrochloride ใน 3% กรดฟอสฟอริก) ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 546 นาโนเมตร โดยทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ และใช้วิตามินซีและเอทานอลเป็นสารมาตรฐานและชุดควบคุม ตามลำดับ ซึ่งถูกวิเคราะห์ด้วยวิธีเดียวกัน ผลการวิเคราะห์จะถูกรายงานเป็นร้อยละฤทธิ์การต้านไนตริกออกไซด์ (% anti-nitric oxide activity) การคำนวณดังสมการที่ (1)

$$\% \text{ Nitric oxide scavenging} = ((A_0 - A_1) / A_0) \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ A_0 = ค่าการดูดกลืนของสารควบคุม

A_1 = ค่าการดูดกลืนของสารตัวอย่างหรือสารมาตรฐาน

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ 1,1-diphenyl -2-picryl hydrazine (DPPH)

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระตามวิธีของ Moreno et al. (2000) ผสมสารละลายสารสกัดพรอพอลิสความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรในเอทานอล ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร กับสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 300 ไมโครโมลาร์ ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองแล้วบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ โดยใช้วิตามินซีและเอทานอลเป็นสารมาตรฐานและชุดควบคุม ตามลำดับ ซึ่งถูกวิเคราะห์ด้วยวิธี

เดียวกัน ผลการวิเคราะห์จะถูกรายงานเป็นร้อยละฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระดีพีพีเอช (% anti-DPPH activity) การคำนวณดังสมการที่ (1)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ในการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและหาปริมาณฟลาโวนอยด์รวม จะทำการทดสอบตัวอย่างละ 3 ครั้ง ($n=3$) นำผลที่ได้คิดค่าเฉลี่ยและหาความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด (standard deviation, SD) ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติวางแผนการทดลองโดยใช้ปัจจัยร่วมกันเป็นแผนแบบแฟกทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มโดยตลอด (factorial in CRD) โดยวิเคราะห์ความแตกต่างของผลการทดลองโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) และวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์ของผลการทดลองโดยใช้วิธี Pearson product-moment correlation coefficient ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดพรอพอลิสทั้งสองสายพันธุ์ พบว่า สารสกัดพรอพอลิสจากชันโรงสายพันธุ์ *Geniotrigona thoracica* ในช่วงการเก็บเกี่ยวพรอพอลิสครั้งที่ 1 และครั้งที่ 5 ให้ค่าปริมาณฟลาโวนอยด์รวมมากกว่า 200 มิลลิกรัมแควอซิทีนเทียบเท่ากับ 100 กรัมของสารสกัดหยาบ ซึ่งให้ค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กับช่วงเวลาอื่น ๆ และต่างสายพันธุ์กัน ส่วนสารสกัดพรอพอลิสจากชันโรงสายพันธุ์ *Heterotrigona itama* พบว่า ในช่วงการเก็บเกี่ยวพรอพอลิสครั้งที่ 1 เท่านั้นที่ให้ค่าปริมาณฟลาโวนอยด์รวมมากกว่า 200 มิลลิกรัมแควอซิทีนเทียบเท่ากับ 100 กรัมของสารสกัดหยาบ ซึ่งมีปริมาณมากกว่าช่วงการเก็บเกี่ยวครั้งอื่น นอกจากนี้ในช่วงการเก็บเกี่ยวพรอพอลิสครั้งที่ 2 ของสายพันธุ์ *H. itama* ให้ค่าน้อยที่สุด สำหรับปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดพรอพอลิสจากชันโรงสายพันธุ์ *G. thoracica* และ *H. itama* ของการเก็บเกี่ยวทั้ง 6 ครั้ง อยู่ในช่วง 69.00-244.67 และ 2.68-275.36 มิลลิกรัมแควอซิทีนเทียบเท่ากับ 100 กรัมของสารสกัดหยาบ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าชนิดของสายพันธุ์ไม่มีผลต่อปริมาณฟลาโวนอยด์รวม ($P>0.05$) ดังใน Table 2

ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์กำจัดไนตริกออกไซด์ของสารสกัดพรอพอลิสจากชันโรงสายพันธุ์ *G. thoracica* และ *H. itama* พบว่าการกำจัดไนตริกออกไซด์อยู่ในช่วงร้อยละ 59.13-72.89 และ 40.87-47.99 ตามลำดับ โดยในช่วงการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ให้ร้อยละการกำจัดไนตริกออกไซด์สูงกว่าช่วงอื่นมากกว่าร้อยละ 70 สำหรับสายพันธุ์ *G. thoracica* อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ส่วนสายพันธุ์ *H. itama* ให้ค่าร้อยละการกำจัดไนตริกออกไซด์น้อยกว่าร้อยละ 50 ทุกช่วงการเก็บเกี่ยว ซึ่งทุกช่วงเวลาของสายพันธุ์ดังกล่าวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวพรอพอลิสไม่มีผลต่อฤทธิ์กำจัดไนตริกออกไซด์ ($P>0.05$) สำหรับการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระพบว่าร้อยละการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดพรอพอลิสทั้งสองสายพันธุ์ให้ค่ามากกว่าร้อยละ 70 ของทุกช่วงเวลาการเก็บเกี่ยว โดยที่การเก็บเกี่ยวครั้งที่ 5 และครั้งที่ 6 ของพรอพอลิสจากชันโรงสายพันธุ์ *G. thoracica* ให้ร้อยละการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าครั้งอื่นอยู่ที่ร้อยละ 86 ส่วนสายพันธุ์ *H. itama* การเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ให้ร้อยละการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าครั้งอื่นอยู่ที่ร้อยละ 90 อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ดัง Table 2

ปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดพรอพอลิสของแต่ละสายพันธุ์ในแต่ละครั้งของช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวทั้ง 6 ครั้ง ให้ค่าที่ต่างกันเล็กน้อยแตกต่างกัน เนื่องจากยางของพันธุ์ไม้ตามแหล่งที่อยู่อาศัยของผึ้งชันโรงเป็นส่วนผสมหนึ่งในการผลิตพรอพอลิส (Bankova et al., 2000) ดังรายงานวิจัยของ Ishizu et al. (2018) ได้ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของพรอพอลิสจากผึ้งชันโรงสายพันธุ์ *Tetragonula pagdeni* ที่อาศัยในสวนมังคุด พบว่า สารสำคัญของพรอพอลิสมีความคล้ายกันกับยางมังคุด โดยในพื้นที่การเก็บตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้พบพรรณไม้สองชนิด ได้แก่ ต้นชะมวง (*Garcinia cowa*) และมะม่วง (*Mangifera Indica*) อาจเป็นไปได้ว่าตัวอย่างพรอพอลิสมีความสำคัญใกล้เคียงกับพืชพันธุ์ดังกล่าว นอกจากนี้ในแต่ละฤดูกาลพันธุ์ไม้แต่ละชนิดอาจมีการสร้างสารสำคัญมากน้อยแตกต่างกัน และแต่ละสายพันธุ์อาจเลือกยางจากชนิดของพรรณไม้ในการสร้างพรอพอลิสที่ต่างกัน ส่งผลให้ปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดพรอพอลิสของแต่ละสายพันธุ์แตกต่างกัน (Salatino et al., 2005) สำหรับการแสดงออกของฤทธิ์ในการกำจัดไนตริกออกไซด์และต้านอนุมูลอิสระของผึ้งชันโรงทั้งสายพันธุ์ *G. thoracica* และ *H. itama* ให้ค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของฟลาโวนอยด์รวมกับการแสดงออกของฤทธิ์ที่ไม่สอดคล้องกัน โดยค่าความสัมพันธ์ที่ได้เข้าใกล้ศูนย์และติดลบ ยกเว้นของผึ้งชันโรงสายพันธุ์ *G. thoracica* ที่ค่าค่อนข้างเข้าใกล้ 1 ($r = 0.794$) และ ไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ (Table 3) แม้ว่าค่าปริมาณฟลาโวนอยด์มากหรือน้อยในแต่ละช่วงการเก็บเกี่ยวก็ตาม จากรายงานวิจัยของ Wang et al. (2016) ได้รายงานความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟีนอลิกรวมและปริมาณฟลาโวนอยด์รวมกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีพีพีเอชของสารสกัดพรอพอลิสจาก 20 พื้นที่ของประเทศเกาหลีใต้ พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟีนอลิกรวมกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีพีพีเอชให้ค่าติดลบ ($r = -0.872$) และความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟลาโวนอยด์รวมกับ

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีฟิฟิเอชให้ค่าเข้าใกล้ศูนย์ ($r = 0.071$) ซึ่งเป็นไปได้ว่าผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในครั้งนี้อาจเกี่ยวข้องกับปริมาณสารสำคัญตัวอื่น ๆ หรือการเสริมฤทธิ์และต้านฤทธิ์กันของสารสำคัญในสารสกัดหยาบพรอพอลิสในแต่ละช่วงเวลาการเก็บเกี่ยว นอกจากนี้หากมองในมุมโครงสร้างสารต่อการออกฤทธิ์ของสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Bendary et al., 2013; Meechai et al., 2016) และยักรวมถึงสารสำคัญกลุ่มอื่นที่มีการออกฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ เช่น protocatechuic acid, gallic acid และ ellagic acid ซึ่งถูกตรวจพบในพรอพอลิสจากผึ้งชันโรงสายพันธุ์ *Melipona fasciculata* ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟีแมสสเปกโทรสโคปี (Batista et al., 2016) อาจเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ดังกล่าวด้วยเช่นกัน

Table 2 Total flavonoid content and antioxidant activities of propolis ethanolic extracts from stingless bee in different collecting times.

Sources of variation	Total flavonoid content (mg QE/ 100g extract)	% Nitric oxide scavenging	% Free radical scavenging
Stingless bee (SB)			
<i>Geniotrigona thoracica</i> (GT)	154.02	67.37 ^a	79.73 ^b
<i>Heterotrigona itama</i> (HI)	111.34	44.77 ^b	85.03 ^a
Collection times (CT)			
Collection times 1 (C1)	238.39 ^a	56.88	83.93 ^a
Collection times 2 (C2)	89.84 ^b	58.45	82.92 ^a
Collection times 3 (C3)	81.83 ^b	52.69	73.78 ^b
Collection times 4 (C4)	112.35 ^b	58.43	87.29 ^a
Collection times 5 (C5)	185.67 ^a	56.55	83.19 ^a
Collection times 6 (C6)	88.00 ^b	53.42	83.20 ^a
Stingless bee x Collection times			
GT x C1	201.42 ^c	72.89 ^a	77.69 ^{fg}
GT x C2	179.00 ^d	72.26 ^a	74.82 ^g
GT x C3	95.33 ^f	62.63 ^{bc}	70.26 ^h
GT x C4	136.67 ^e	68.88 ^{ab}	82.25 ^e
GT x C5	244.67 ^b	68.47 ^{ab}	86.76 ^d
GT x C6	69.00 ^h	59.13 ^c	86.62 ^d
HI x C1	275.36 ^a	40.87 ^d	90.17 ^b
HI x C2	2.68 ⁱ	44.64 ^d	91.03 ^b
HI x C3	68.33 ^h	42.75 ^d	77.31 ^{fg}
HI x C4	88.00 ^g	47.99 ^d	88.68 ^c
HI x C5	126.67 ^e	44.64 ^d	79.62 ^{ef}
HI x C6	107.00 ^f	47.75 ^d	79.76 ^{ef}
Vitamin C	-	77.91 ^{a,1}	94.83 ^{a,2}
F-Test			
SB	ns	*	*
CT	*	ns	*
SBxCT	*	*	*
CV (%)	52.01	19.20	7.35

Concentration of Vitamin C at 1,000¹ and 0.625² µg/ml; Means in the same column followed by the same letter were not significantly different at $P \leq 0.05$ by Duncan's; ns and * = non-significant and significant at $P \leq 0.05$, respectively.

Table 3 Correlation of total flavonoid content and antioxidant activities of propolis ethanolic extracts from stingless bee

Species	Correlation coefficient	
	Total flavonoid content with % nitric oxide scavenging	Total flavonoid content with % free radical scavenging
<i>Geniotrigona thoracica</i>	0.794 ns	0.156 ns
<i>Heterotrigona itama</i>	-0.498 ns	0.135 ns

"ns" indicates not significant ($P > 0.05$).

สรุปผลการศึกษา

ในการวิจัยครั้งนี้พบว่าในแต่ละช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวพอลิของผึ้งชันโรงทั้งสองสายพันธุ์มีผลต่อปริมาณฟลาโวนอยด์รวม แต่ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการออกฤทธิ์ในการกำจัดไนตริกออกไซด์และต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งให้ค่าที่ใกล้เคียงกันในแต่ละช่วงเวลาของแต่ละสายพันธุ์ ดังนั้นการนำพอลิจากผึ้งชันโรงมาใช้ประโยชน์ทางการแพทย์หรือพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่เกี่ยวข้องหรือมีความสัมพันธ์ต่อกับต้านอนุมูลอิสระอาจสามารถนำมาใช้ได้ตลอดทั้งปี อย่างไรก็ตามควรศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพด้านอื่น ๆ เพิ่มเติมเพื่อเป็นข้อมูลแก่เกษตรกรเฉพาะเลี้ยงผึ้งชันโรง ผู้ประกอบการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากผึ้งชันโรง และผู้บริโภคต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณบำรุงการศึกษาประจำปี 2561 คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา (รหัสโครงการ ควท.บกศ.05/2561) รวมทั้งขอขอบคุณ สาขาวิชาเคมีและคณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ที่อำนวยความสะดวกสำหรับสถานที่วิจัยและเครื่องมือวิทยาศาสตร์ในงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- รุ่งรัตน์ นิลธเสน. 2559. ไนตริกออกไซด์กับโรคหลอดเลือดตีบแข็ง. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ* 21(1): 71-79.
- บุษราคัม สิงห์ชัย, จันทรจิรา ขจรสุขวน และปาริฉัตร ดั่งทอง. 2560. พฤษเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพของชาเล็บรอก. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี* 25(5): 830-838.
- อัญชลี สวัสดิ์ธรรม. 2556. *มหัศจรรย์ชันโรง*. กรุงเทพฯ: ทริปปี้ล กรุ๊ป.
- อมรอน มีชัย และอิสมะแอ เจ๊ะหลง. 2561. ปริมาณฟีนอลรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำผึ้งชันโรงในช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.ธัญบุรี* 8(2):65-72.
- Athikomkulchai, S., Awale, S., Ruangrungsi, N., Ruchirawat, S., and Kadota, S. 2013. Chemical constituents of Thai propolis. *Fitoterapia* 88: 96-100.
- Bankova, V. S., De Castro, S. L., and Marcucci, M. C. 2000. Propolis: recent advances in chemistry and plant origin. *Apidologie* 31(1): 3-15.
- Batista, M. C. A., Abreu, B. V. B., Dutra, R. P., Cunha, M. S., Amaral, F. M. M., Torres, L. M. B., and Ribeiro, M. N. S. 2016. Chemical composition and antioxidant activity of geopropolis produced by *Melipona fasciculata* (Meliponinae) in flooded fields and cerrado areas of Maranhão State, northeastern Brazil. *Acta Amazonica* 46(3): 315-22.
- Bendary, E., Francis, R. R., Ali, H. M. G., Sarwat, M. I., and El Hady, S. 2013. Antioxidant and structure-activity relationships (SARs) of some phenolic and anilines compounds. *Annals of Agricultural Sciences* 58(2): 173-181.
- Castaldo, S., and Capasso, F. 2002. Propolis, an old remedy used in modern medicine. *Fitoterapia* 73(Suppl.1): S1-S6.
- Churthong, P., Naksing, R., and Jongjitvimol, T. 2016. Niche of stingless bee, *Tetragonilla collina* in Wat Jadee Yod Duan, Phitsanulok province. *PSRU Journal of Science and Technology* 1(2): 34-44.
- Freitas, M. O., Ponte, F. A. F., Lima, M. A. S., and Silveira, E. R. 2008. Flavonoids and triterpenes from the nest of the stingless bee *Trigona spinipes*. *Journal of the Brazilian Chemical Society* 19(3): 532-35.
- Huang, S., Zhang, C. P., Wang, K., Li, G. Q., and Hu, F. L. 2014. Recent advances in the chemical composition of propolis. *Molecules* 19(12): 19610-19632.
- Ibrahim, N., Mohd Niza, N. F. S., Mohd Rodi, M. M., Zakaria, A. J., Ismail, Z., and Mohd, K. S. 2016. Chemical and biological analyses of Malaysia stingless bee propolis extracts. *Malaysian Journal of Analytical Sciences* 20(2): 413-422.

- Ishizu, E., Honda, S., Vongsak, B., and Kumazaw, S. 2018. Identification of plant origin of propolis from Thailand stingless. *Natural Product Communications* 13(8): 973-975.
- Liben, T., Atlabachew, M., and Abebe, A. 2018. Total phenolic, flavonoids and some selected metal content in honey and propolis samples from South Wolo zone, Amhara region, Ethiopia. *Cogent Food & Agriculture* 4: 1-12.
- Makchuchit, S., Itharat, A., and Tewtrakul, S. 2010. Antioxidant and nitric oxide inhibition activities of Thai medicinal plants. *The Journal of Medical Association of Thailand* 93(suppl.7): s227-s235.
- Meda, A., Lamien, C. E., Romito, M., Millogo, J., and Nacoulma, O. G. 2005. Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity. *Food Chemistry* 91(3): 571-577.
- Meechai, I., Phupong, W., Chunglok, W., and Meepowpan, P. 2016. Anti-radical activities of xanthenes and flavonoids from *Garcinia schomburgkiana*. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences* 8(9): 235-238.
- Moreno, M. I., Isla, M. I., Sampietro, A. R., and Vattuone, M. A. 2000. Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. *Journal of Ethnopharmacology* 71(1-2):109-114.
- Ng, R. F. L., Abidin, N. Z., Shuib, A. S., and Ali, D. A. I. 2015. Inhibition of nitric oxide production by *Solanum melongena* and *Solanum macrocarpon* on RAW 264.7 cells. *Frontiers in Life Science* 8(3): 241-248.
- Panche, A. N., Diwan, A. D., and Chandra, S. R. 2016. Flavonoids: an overview. *Journal of Nutritional Science* 5(e47): 1-15.
- Rao, U. S. M., Ahmad, B. A., and Moh, K. S. 2016. In vitro nitric oxide scavenging and anti-inflammatory activity of different solvent extract of various parts of *Musa paradisiaca*. *Malaysian Journal of Analytical Sciences* 20(5): 1191-1202.
- Salatino, A., Teixeira, É. W., Negri, G., and Message, D. 2005. Origin and chemical variation of Brazilian propolis. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* 2(1): 33-38.
- Sanpa, S., Popova, M., Tunkasiri, T., Eitssayeam, S., Bankova, V., and Chantawannakul, V. 2017. Chemical profiles and antimicrobial activities of Thai propolis collected from *Apis mellifera*. *Chiang Mai Journal of Science* 44(2): 438-448.
- Sanpa, S., Sutjarittangtham, K., Tunkasiri, T., Eitssayeam, S., and Chantawannaku, P. 2012. Ultrasonic extraction of Thai propolis for antimicrobial and antioxidant properties. *Advanced Materials Research* 506: 371-374.
- Vit, P., Pedro, S. R. M., and Roubik, D. W. 2012. *Pot-honey: a legacy of stingless bees*. New York: Springer.
- Wang, X., Sankarapandian, K., Cheng, Y., Woo, S. O., Kwon, H. W., Perumalsamy, H., and Ahn, Y. J. 2016. Relationship between total phenolic contents and biological properties of propolis from 20 different regions in South Korea. *BMC Complementary and Alternative Medicine* 16(65): 1-12.
- Zarate, M. S. H., Juárez, M. R. A., García, A. C., López, C. O., Chávez, A. J. G., Garfía, J. J. N. S., and Ramos, F. A. 2018. Flavonoids, phenolic content, and antioxidant activity of propolis from various areas of Guanajuato, Mexico. *Journal of Food Science and Technology* 38(2): 210-215.

วันรับบทความ (Received date) : 3 ก.ค. 62

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 21 ต.ค. 62

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 29 ม.ค. 63

ผลของการเสริมรำข้าวดำในสูตรอาหาร ต่อประสิทธิภาพการผลิต และสภาวะความเครียดจากอนุมูลอิสระ ในไก่กระดูกดำ

Effect of Supplementation Purple Rice Bran in Diet on Performance and Oxidative Stress of Black Bone Chicken

วัชร แลน้อย¹ สุรีย์พร แสงวงศ์¹ และมนตรี ปัญญาทอง²
Watchara Laenoi¹, Sureeporn Saengwong¹ and Montri Punyatong²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของการใช้รำข้าวดำในอาหารต่อประสิทธิภาพการผลิต และสภาวะความเครียดจากอนุมูลอิสระของไก่กระดูกดำ ลูกไก่กระดูกดำอายุ 1 สัปดาห์ จำนวน 200 ตัว แบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ๆ ละ 40 ตัว ในแต่ละกลุ่มให้อาหารพื้นฐานที่มีข้าวโพดและกากถั่วเหลืองเป็นองค์ประกอบหลัก เสริมด้วยรำข้าวดำ 0% (กลุ่มควบคุม), 3%, 6%, 9% และ 12% ตามลำดับ การให้อาหารแบ่งเป็น 2 ระยะ (1-3 สัปดาห์ และ 4-16 สัปดาห์) ค่าความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (ORAC) ของสูตรอาหารเพิ่มขึ้นตามปริมาณของรำข้าวดำที่เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการผลิตของไก่กระดูกดำที่เลี้ยงด้วยรำข้าวดำไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (body weight gain, WG) ในกลุ่มที่เสริมรำข้าวดำมีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มควบคุม แต่ต้นทุนค่าอาหาร (feed cost per gain, FCG) ในกลุ่มที่เสริมรำข้าวดำสูงกว่ากลุ่มควบคุม ปริมาณ malondialdehyde (MDA) ในเลือด สัปดาห์ที่ 4, 8, 12 และ 16 ของไก่กระดูกดำที่เสริมรำข้าวดำมีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ระดับ MDA ในเนื้อส่วนอกหลังจากเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4°C ในวันที่ 1, 3, 6 และ 9 ของไก่กระดูกดำที่เสริมรำข้าวดำไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ผลการศึกษานี้สรุปได้ว่าการเสริมรำข้าวดำในอาหารไม่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิตของไก่กระดูกดำ แต่มีผลทำให้ระดับความเครียดจากอนุมูลอิสระลดลง และไม่มีผลต่อการเกิด lipid oxidation ในเนื้อส่วนอกที่ผ่านการเก็บรักษา

คำสำคัญ: รำข้าวดำ ไก่กระดูกดำ ความเครียดจากอนุมูลอิสระ

Abstract

This research investigated the effects of purple rice bran diet supplementation on the production efficiency and oxidative stress of black bone chicken. Two hundred 1-week-old black bone chickens were randomly assigned to 5 groups of 40 birds each. For each treatment, the chickens were fed a basal corn-soybean diet supplemented with 0% (control), 3%, 6%, 9% and 12% of purple rice bran (PRB). The diets were formulated separately for 2 phases (week 1 to 3 and week 4 to 16). The findings indicated that the oxygen radical absorbance capacity (ORAC) levels in PRB supplemented groups were higher than those of the control group, and moreover the ORAC levels increased with increasing dose of PRB supplement. The production performance of black bone chickens fed with supplemented PRB diets was not significantly different to those of the control group. However, body weight gain (WG) of the study chickens fed with the PRB tended to be higher than that of those in the control group. However, the feed cost per gain (FCG) of the experimental chickens fed with the PRB supplemented diet was higher than that of those in the control group. With regards to malondialdehyde (MDA) in blood at weeks 4, 8, 12, and 16 weeks, the studied black bone chickens supplemented with PRB bran had significantly lower levels than did the control group ($P < 0.05$). Levels of MDA in breast meat after storage at 4°C on days 1, 3, 6, and 9 was not significantly different in black bone chickens supplemented with PRB and the control group. This study indicated that PRB supplementation in diet for black bone chicken had no effect on performance but improved the oxidative status of the chicken. The treatment had no effect on lipid oxidation in breast meat under storage.

Keywords: purple rice bran, black bone chicken, oxidative stress

¹ สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา อ. เมือง จ. พะเยา 56000

² ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ. เชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

¹ Division of Animal Science, School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, Muang, Phayao 56000

² Department of Animal and Aquatic Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Muang, Chiang Mai 50200

*Corresponding author, Email: montri.pun@cmu.ac.th

คำนำ

ข้าวกล้องหรือข้าวเหนียวดำ (*Oryza sativa* L.) เป็นพืชท้องถิ่นของประเทศไทย พบได้ในพื้นที่ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีลักษณะเป็นสีม่วงแดงหรือสีแดงก่ำ จึงเรียกว่าข้าวกล้อง ในส่วนผิวหุ้มเมล็ด หรือรำของข้าวกล้อง (purple glutinous rice bran) จะประกอบไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ แกมมาโอไรซานอล (γ -oryzanol) และแอนโทไซยานิน (anthocyanin) สารทั้ง 2 ชนิดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย พบว่าสามารถช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด ลดการเกิดโรคหลอดเลือดแข็งตัว (Wen et al., 2002) ยับยั้งการเจริญ และการลุกลามของเซลล์มะเร็ง (Anne, 2000; Chen et al., 2006) รวมทั้งช่วยเพิ่มระดับภูมิคุ้มกันในหนูทดลองได้ (Punyatong et al., 2010) ดังนั้นเมื่อพิจารณาคุณสมบัติพิเศษนอกเหนือไปจากคุณค่าทางโภชนาการถือว่าข้าวกล้องสามารถใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ โดยเฉพาะในปัจจุบันการเลี้ยงสัตว์เน้นความปลอดภัย ลดการใช้ยาและสารเคมี การนำวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีผลทำให้สัตว์มีสุขภาพดีขึ้นจึงเป็นสิ่งที่ต้องค้นคว้าและพัฒนา

ไก่กระดูกดำ หรือไก่ดำ (black bone chicken) มีศักยภาพที่สามารถพัฒนาให้เป็นสัตว์เศรษฐกิจโดยเฉพาะในระดับครัวเรือนหรือเป็นอาชีพเสริมสำหรับเกษตรกรรายย่อยได้ดี เนื่องจากมีความเชื่อที่ว่าไก่ดำเป็นยาบำรุงกำลัง ลักษณะเด่นของไก่นี้คือ มีหนัง เนื้อ และกระดูกสีดำ เพราะมีการสะสมของเม็ดสีเมลานิน โดยเฉพาะที่กระดูกที่จะต้องสีดำทั้งหมดซึ่งเป็นลักษณะแตกต่างจากไก่พื้นเมืองพันธุ์อื่น ๆ ไก่ดำได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในคนไทยเชื้อสายจีน เช่น คนจีนฮ่อ ทางพื้นที่ภาคเหนือจึงมีการเลี้ยงไก่ดำอยู่กระจายทั่วไปแต่ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการโดยเฉพาะในช่วงงานเทศกาลต่าง ๆ ของชาวจีนทำให้ราคาของไก่ดำสูงกว่าไก่บ้านทั่วไปประมาณ 2 เท่า นอกจากนี้ยังมีรายงานการนำไก่ดำไปใช้ประโยชน์ในทางการแพทย์แผนจีนอีกด้วย (Zhu et al., 2014)

งานวิจัยครั้งนี้จึงเป็นการนำวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่หาได้ในท้องถิ่น มาประยุกต์ใช้เป็นอาหารสำหรับไก่กระดูกดำซึ่งเป็นไก่พื้นถิ่น โดยหากต้องการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตของไก่กระดูกดำ จำเป็นต้องเลี้ยงแบบกึ่งขังกึ่งปล่อยและให้กินอาหารที่มีความเข้มข้นของโภชนาสูง ซึ่งการเลี้ยงลักษณะนี้มักจะพบปัญหาสภาวะความเครียดจากสารอนุมูลอิสระส่งผลให้ประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพเนื้อลดลง ซึ่งการใช้รำข้าวกล้องจะช่วยลดการเกิดปัญหาเหล่านี้ได้ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้คือศึกษาผลของการเสริมรำข้าวกล้องระดับต่าง ๆ ในอาหารต่อประสิทธิภาพการผลิต และสภาวะความเครียดจากอนุมูลอิสระในไก่กระดูกดำ

วิธีการศึกษา

การใช้สัตว์ทดลองในโครงการวิจัยนี้ได้รับการรับรองด้านจรรยาบรรณการใช้สัตว์ ประเภทการรับรองแบบเต็มรูปแบบจากคณะกรรมการจรรยาบรรณการใช้สัตว์ มหาวิทยาลัยพะเยา ครั้งที่ 8/58 เมื่อวันที่ 11 ธันวาคม 2558 เลขที่รับรองโครงการ 58 01 04 0029

การศึกษานี้ใช้ไก่กระดูกดำ อายุ 1 สัปดาห์ จำนวน 200 ตัว เลี้ยงในโรงเรือนเปิด แบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ๆ ละ 10 ตัว จำนวน 4 ซ้ำ โดยไก่ในแต่ละกลุ่มจะได้รับอาหารที่มีการเสริมรำข้าวกล้องในระดับต่าง ๆ ดังนี้ คือ กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม ไก่ทดลองได้รับอาหารที่มีองค์ประกอบของข้าวโพด กากถั่วเหลือง และรำละเอียดเป็นหลัก กลุ่มที่ 2, 3, 4 และ 5 คือกลุ่มไก่ทดลองที่ได้รับอาหารควบคุมที่เสริมรำข้าวกล้องแทนรำละเอียดในระดับ 3%, 6%, 9% และ 12% ตามลำดับ สูตรอาหารที่ใช้มี 2 สูตร คือสูตรสำหรับไก่อายุ 1-3 สัปดาห์ (Table 1) และสูตรสำหรับไก่อายุ 4-16 สัปดาห์ (Table 2) วิเคราะห์ค่าความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (oxygen radical absorbance capacity, ORAC) ในอาหารทดลองโดยวิธีของ Punyatong (2009) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ทำการเก็บบันทึกข้อมูลปริมาณอาหารที่ให้และชั่งน้ำหนักตัวทุกสัปดาห์เพื่อนำมาคำนวณหาประสิทธิภาพการผลิต

สุ่มเก็บตัวอย่างพลาสมาจำนวน 4 ครั้ง ที่อายุ 4, 8, 12 และ 16 สัปดาห์ กลุ่มละ 4 ตัว เพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณ malondialdehyde (MDA) ตามวิธีของ Santos et al. (1980) มีวิธีการดังนี้ เตรียมสารละลาย trichloroacetic acid (TCA) โดยละลาย TCA 10 g ใน 0.6 M HCl 100 ml และเตรียม thiobarbituric acid (TBA) โดยละลาย TBA 17.298 g ใน 0.26 M 2-amino-2-hydroxymethyl-1,3-propanediol (Tris) กรองก่อนใช้เตรียม normal saline (NSS) โดยละลาย NaCl 0.85 g ในน้ำกลั่น 100 ml และเตรียมสารละลายมาตรฐาน MDA 10 mmol/l โดยหยดกรด HCl ลงใน 20.8 μ l trimethylpropane (TMP) 5-8 หยด ปริมาตรให้เป็น 10 ml ด้วยน้ำกลั่น ในขั้นตอนการวัดจะเติม NSS 0.45 ml, TBA 0.2 ml, TCA 1 ml และพลาสมาของไก่ที่ต้องการวัด 0.1 ml ลงในหลอดทดลองขนาด 15 ml จากนั้นนำไปต้มที่ 100°C นาน 30 นาที จึงเติมน้ำกลั่น 2 ml และนำไปปั่นแยกที่ 3,000 g เป็นเวลา 10 นาที ดูค่าดูดกลืนแสงที่ 532 nm ด้วยเครื่อง spectrophotometer

เทียบกับสารละลายมาตรฐาน MDA ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เพื่อสร้างเป็นกราฟมาตรฐานและคำนวณค่า MDA ของตัวอย่างที่ต้องการวัดออกมา

เมื่อไก่มีอายุครบ 16 สัปดาห์ ทำการวัดอายุการเก็บของเนื้อไก่ตามวิธีการของ Simitzis et al. (2010) โดยนำเนื้ออกไก่มาเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 1, 3, 6 และ 9 วัน จากนั้นจึงนำมาตรวจวัดปริมาณ lipid oxidation ของเนื้อ โดยการวัดการเกิด MDA ด้วยวิธีเดียวกับการวัด MDA ในพลาสมา แต่เปลี่ยนตัวอย่างจากพลาสมาเป็นเนื้อไก่ ซึ่งมีวิธีการเตรียมตัวอย่างเนื้อไก่ คือนำตัวอย่างเนื้อปริมาณ 2 g มาผสมกับ 8 ml trichloroacetic acid และ 5 ml butylatedhydroxytoluene in hexane จากนั้นปั่นให้ละเอียดนำตัวอย่างไปปั่นแยกที่ 3,000 g นาน 3 นาที ดูด hexane ด้านบนทิ้ง เก็บสารที่เหลือด้านบนนำไปวิเคราะห์หา MDA ต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ (ANOVA) และการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์โดยการทดสอบแบบพหุเชิงพหุของดันแคน (Duncan New Multiple Range Test, DMRT)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

รำข้าวกล้องประกอบของโปรตีนรวม เยื่อใยรวม และเถ้าสูงกว่ารำละเอียดเล็กน้อย (13.2% กับ 12.4%, 8.1% กับ 7.8% และ 7.5% กับ 6.7% ตามลำดับ) ส่วนองค์ประกอบอื่น ๆ ไม่ต่างกันมากนักจึงสามารถใช้ทดแทนรำละเอียดได้ แต่รำข้าวกล้องประกอบอื่นที่รำละเอียดไม่มีคือโปรแอนโทไซยานิดิน ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารที่เสริมรำข้าวกล้องและความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (Table 1 และ Table 2) จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มปริมาณรำข้าวกล้องในสูตรอาหารจะทำให้ค่าโภชนะในสูตรอาหารไม่แตกต่างจากการใช้รำละเอียด อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มระดับรำข้าวกล้องจะทำให้สูตรอาหารมีค่าโปรตีนและพลังงานสูงขึ้นเล็กน้อย และการเพิ่มระดับของรำข้าวกล้องมีผลทำให้ค่าความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น

Table 1 Ingredients composition and nutrient content by estimate calculation, and oxygen radical absorbance capacity (ORAC) of experiment diets for the chicken during age of 1-3 weeks.

	Purple rice bran supplemented level				
	0% (Control)	3%	6%	9%	12%
Ingredients %					
Corn	56	56	56	56	56
Rice bran	12	9	6	3	-
Purple rice bran (PRB)	-	3	6	9	12
Soybean meal	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2
Fish meal	7	7	7	7	7
Shell	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
P18	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Salt	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Premix	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Calculated nutrient					
Energy (kcal/kg)	3,105	3,108	3,111	3,113	3,116
Crude protein (%)	20	20	20	20.1	20.1
Crude fat (%)	5.25	5.33	5.41	5.50	5.58
Crude fiber (%)	4.52	4.40	4.29	4.17	4.05
Calcium (%)	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
Phosphorus (%)	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Price (Baht/kg)	15.40	15.79	16.18	16.57	16.96
Oxygen radical absorbance capacity (ORAC, mM Trolox/kg)					
ORAC	3.61	13.34	25.83	36.08	59.12

Table 2 Ingredients composition and nutrient content by estimate calculation, and oxygen radical absorbance capacity (ORAC) of experiment diets for the chicken during age of 4-16 weeks.

	Purple rice bran supplemented level				
	0% (Control)	3%	6%	9%	12%
Ingredients %					
Corn	58.7	58.7	58.7	58.7	58.7
Rice bran	12	9	6	3	-
Purple rice bran (PRB)	-	3	6	9	12
Soybean meal	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3
Fish meal	6	6	6	6	6
Shell	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
P18	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Salt	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
PREMIX	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Calculated nutrient					
Energy (kcal/kg)	3,104	3,107	3,110	3,112	3,115
Crude protein (%)	18.7	18.8	18.8	18.8	18.9
Crude fat (%)	5.19	5.27	5.35	5.44	5.52
Crude fiber (%)	4.45	4.34	4.22	4.10	3.99
Calcium (%)	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
Phosphorus (%)	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Price (Baht/kg)	14.76	15.15	15.54	15.93	16.32
Oxygen radical absorbance capacity (ORAC, mMTrolox/kg)					
ORAC	4.34	13.45	25.65	37.98	52.21

ในด้านประสิทธิภาพการผลิตของไก่กระดูกดำที่เลี้ยงด้วยรำข้าวเก่า พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับกลุ่มควบคุม อย่างไรก็ตามน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (body weight gain, WG) อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (average daily gain, ADG) ในกลุ่มที่เสริมรำข้าวเก่ามีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มควบคุม และพบว่าเมื่อมีการใช้รำข้าวเก่าทดแทนรำข้าวจะทำให้ต้นทุนค่าอาหาร (feed cost per gain, FCG) ในกลุ่มที่เสริมรำข้าวเก่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมตามปริมาณของรำข้าวเก่าที่เพิ่มขึ้น (Table 3) เมื่อวัดการเกิดความเครียดจากอนุมูลอิสระพบว่า ปริมาณ malondialdehyde (MDA) ในพลาสมา ในสัปดาห์ที่ 4, 8, 12, และ 16 ของไก่กระดูกดำที่เสริมรำข้าวเก่ามีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (Table 4) ส่วนการเกิด lipid oxidation ของเนื้อที่ผ่านการเก็บรักษาพบว่า ปริมาณ malondialdehyde (MDA) ในเนื้อส่วนอก หลังจากเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4°C ในวันที่ 1, 3, 6, และ 9 ของไก่กระดูกดำที่เสริมรำข้าวเก่าไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (Table 5)

Table 3 Effect of purple rice bran supplement on production performance of black bone chickens.

Items	Purple rice bran supplemented level					P-value	SEM
	0% (Control)	3%	6%	9%	12%		
Initial weight (g)	89.73	89.65	89.90	89.78	89.83	0.95	0.17
Final weight (g)	1,714.50	1,738.50	1,726.00	1,741.50	1,739.75	0.98	37.61
Weight gain, WG (g)	1,673.63	1,697.98	1,685.38	1,700.75	1,699.23	0.98	38.73
Average daily gain, ADG (g)	14.94	15.16	15.04	15.18	15.17	0.98	0.40
Feed intake, FI (g/head)	5,837.50	5,850.00	5,837.50	5,887.50	5,800.00	0.78	45.72
Feed conversion ratio, FCR	3.49	3.45	3.46	3.46	3.41	0.85	0.23
Feed per gain, FCG (Baht/kg)	51.48	52.20	53.82	55.15	55.71	-	-

Table 4 Effect of purple rice bran supplementation on oxidative status (Mean±SD) in plasma of experimental black bone chickens.

Items	Purple rice bran supplemented level					P-value	SEM
	0%	3%	6%	9%	12%		
	(Control)						
<i>Malondialdehyde: MDA (nmol/ml)</i>							
Week 4	10.89±0.71 ^b	9.57±0.67 ^b	8.81±0.55 ^a	8.28±0.53 ^a	7.97±0.62 ^a	<0.05	0.31
Week 8	11.10±0.54 ^b	11.05±0.61 ^b	8.40±0.71 ^a	8.56±0.27 ^a	7.80±0.64 ^a	<0.05	0.28
Week 12	11.55±0.71 ^b	9.25±0.40 ^b	8.62±0.22 ^a	8.42±0.12 ^a	7.95±0.69 ^a	<0.05	0.16
Week 16	11.62±0.22 ^b	8.60±0.54 ^a	7.75±0.77 ^a	8.00±1.06 ^a	7.37±0.09 ^a	<0.05	0.27

^{a, b} Different superscripts within each row are significantly different (P<0.05).

Table 5 Effects of purple glutinous rice on lipid oxidation (Mean±SD) in breast meat of experimental black bone chickens.

Items	Purple rice bran supplemented level					P-value	SEM
	Control	3%	6%	9%	12%		
<i>Malondialdehyde: MDA (nmol/ml)</i>							
Day 1 of storage	23.11±2.25	22.55±7.80	23.22±7.59	23.47±3.67	23.78±3.23	0.087	1.34
Day 3 of storage	34.47±8.79	33.58±5.89	32.43±3.38	34.70±5.67	34.57±5.67	0.076	2.14
Day 6 of storage	42.44±3.39	41.93±8.89	42.32±4.67	43.89±2.16	42.84±9.95	0.089	3.15
Day 9 of storage	55.98±3.67	54.87±9.56	53.32±6.89	54.67±8.69	55.97±6.89	0.076	3.65

จากผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพการผลิตในด้านต่าง ๆ ของไก่กระดูกดำที่เสริมด้วยรำข้าวกล้องดำไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุมที่ใช้รำข้าวขาว อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาแนวโน้มของน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (body weight gain, WG) และอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (average daily gain, ADG) ในไก่กระดูกดำที่เสริมรำข้าวกล้องดำมีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งแสดงให้เห็นว่ารำข้าวกล้องดำมีศักยภาพในการใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ ทั้งนี้ต้องพิจารณาต้นทุนค่าอาหารควบคู่ไปด้วยเนื่องจากการใช้รำข้าวกล้องดำมีต้นทุนค่าอาหารที่สูงกว่ารำละเอียด ดังนั้นอาจต้องใช้ในปริมาณที่ต่ำลงและมองผลในแง่ของการทำให้สัตว์มีสุขภาพดีมากกว่าผลทางด้านประสิทธิภาพการผลิต ทั้งนี้จุดเด่นของการเสริมรำข้าวกล้องดำคือทำให้สูตรอาหารมีค่า oxygen radical absorbance capacity (ORAC) หรือค่าความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น (Chen et al., 2006) ซึ่งสภาวะความเครียดจากอนุมูลอิสระในสัตว์เกิดขึ้นจากการเลี้ยงในสภาพขังแน่น เนื่องจากผู้เลี้ยงต้องการประสิทธิภาพในการผลิตสูงสุดจึงเลี้ยงในสภาพที่ใช้พื้นที่การเลี้ยงที่คุ้มค่าที่สุด การเลี้ยงไก่แบบขังและหนาแน่นมีผลต่อสภาวะเครียด และหากการระบายอากาศไม่ดี วัสดุรองพื้นมีความชื้นสูง ทำให้แอมโมเนียในคอกสูง ส่งผลให้เกิดโรคในระบบทางเดินหายใจ โดยความเครียดจะกระตุ้นให้ร่างกายสร้างอนุมูลอิสระในระดับสูง ทำให้ร่างกายเสียสมดุลรีดอกซ์และเกิดสภาวะเครียดจากภาวะออกซิเดชัน (oxidative stress) สารอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจะเข้าทำลายสารชีวโมเลกุลที่เป็นองค์ประกอบของเซลล์ ได้แก่ โปรตีน ดีเอ็นเอ และไขมัน ทำให้เซลล์ทำหน้าที่ผิดปกติและเกิดการตาย กัดกร่อนของภูมิคุ้มกัน ทำให้การทำงานของม้ามและต่อมน้ำเหลืองด้อยลง ทำให้เกิดการอักเสบและการบาดเจ็บของเนื้อเยื่อ ซึ่งจะส่งผลให้ประสิทธิภาพการผลิตลดลง และอัตราการตายเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้การเข้ายาปฏิชีวนะในการรักษามักจะส่งผลเสียทำให้เกิดปัญหาดีท็อกซ์และตกค้างมาในผลิตภัณฑ์ อาจเป็นสารก่อให้เกิดโรคมะเร็งและโรคภูมิแพ้ ซึ่งสหภาพยุโรปได้ห้ามการใช้ยาปฏิชีวนะในอาหารสัตว์ที่เลี้ยงเพื่อเป็นอาหารมนุษย์มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 ส่งผลให้จำเป็นต้องใช้สารทดแทนการใช้ยาปฏิชีวนะที่ไม่ส่งผลเสียต่อผู้บริโภค ดังนั้นการใช้รำข้าวกล้องดำจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการใช้วัตถุดิบที่สามารถลดการใช้ยาปฏิชีวนะลงได้

เมื่อพิจารณาผลของค่า malondialdehyde (MDA) ในเลือดซึ่งแสดงถึงภาวะความเครียดจากอนุมูลอิสระ พบว่าไก่กระดูกดำที่ได้รับรำข้าวกล้องดำมีปริมาณ MDA ในเลือดต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งปริมาณ MDA นี้เป็นตัวบ่งชี้สภาวะที่ร่างกายมีอนุมูลอิสระมากหรือน้อย ดังนั้นจะเห็นได้ว่ารำข้าวกล้องดำช่วยลดปริมาณอนุมูลอิสระในร่างกายได้ เนื่องจากในรำข้าวกล้องดำมีสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ ได้แก่ แกมมาโอไรซานอล และโปรแอนโทไซยานิน และเมื่อพิจารณาผลของอายุ

การเก็บรักษาเนื้อ แม้ว่าจะไม่แตกต่างทางสถิติแต่การใช้รำข้าวเก่าที่มีสารต้านอนุมูลอิสระอยู่สูงมีแนวโน้มช่วยลดการเกิด lipid oxidation ในช่วงการเก็บรักษา มีรายงานการปรับปรุงคุณภาพเนื้อด้วยการเสริมพืช รวมทั้งสารสกัดจากพืชบางชนิด เช่น การเสริมออริกาโนและโรสแมรี่ลงในอาหารไก่เนื้อช่วยลดการเกิดปฏิกิริยา lipid peroxidation หรือการหืนของไขมันเมื่อเก็บเนื้อไว้ในตู้เย็นเป็นระยะเวลา 7 วัน รวมทั้งยังมีผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ (antimicrobial activity) ได้อีกด้วย (Simitzis et al., 2010; Wojdylo et al., 2007) นอกจากการเติมลงในอาหารให้กับสัตว์แล้วยังมีการเติมลงในภาชนะบรรจุภัณฑ์ เช่น การใช้วิตามินซี และวิตามินอี เคลือบลงบนภาชนะที่ใช้บรรจุเนื้อวัว จากนั้นปิดด้วยฟิล์มถนอมอาหาร เก็บไว้ในตู้เย็นเป็นระยะเวลา 7 วัน ซึ่งพบว่าการเกิดปฏิกิริยา lipid oxidation ของไขมันในเนื้อลดลง และเนื้อยังคงมีสีแดงมากกว่าเนื้อปกติที่ภาชนะบรรจุไม่ได้เคลือบวิตามินซี และวิตามินอี (Ismail et al., 2008) หรือการใช้สารสกัดจากเมล็ดองุ่นผสมกับเนื้อไก่ลงบดทำให้เนื้อไก่สามารถเก็บได้ยาวนานกว่าปกติ โดยการหืนของไขมันลดลงเมื่อมีการเสริมสารสกัดจากเมล็ดองุ่นที่เพิ่มขึ้น (Mielnik et al., 2005)

สรุปผลการศึกษา

จากผลการวิจัยสรุปได้ว่าการใช้รำข้าวเก่าในสูตรอาหารสำหรับการเลี้ยงไก่กระดูกดำ ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการผลิต แต่มีผลในการลดปริมาณอนุมูลอิสระในพลาสมา และมีแนวโน้มช่วยลดการเกิดการหืน (lipid oxidation) ในเนื้อที่ผ่านการเก็บรักษาได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้จากความร่วมมือและการสนับสนุนของสาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา และภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยโครงการวิจัยได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยพะเยา งบประมาณแผ่นดิน ประจำปี พ.ศ. 2559

เอกสารอ้างอิง

- Anne, M. F. 2000. Oligomericproanthocyanidin complexes: histology, structure, and phytopharmaceutical application. *Alternative Medicine Review* 5(2): 144-151.
- Chen, P. N., Chu, S. C., Chiou, H. L., Kuo, W. H., Chiang, C. L., and Hsieh, Y. S. 2006. Mulberry anthocyanins, cyanidin 3-rutinoside and cyanidin 3-glucoside, exhibited an inhibitory effect on the migration and invasion of human lung cancer cell line. *Cancer Letters* 235: 248-259.
- Ismail, H. A., Lee, E. J., Ko, K. Y., and Ahn, D. U. 2008. Effects of aging time and natural antioxidants on color, lipid oxidation and volatiles of irradiated ground beef. *Meat Science* 80: 582-591.
- Mielnik, M. B., Olsen, E., Vogt, G., Adeline, D., and Skrede, G. 2006. Grape seed extract as antioxidant in cooked, cold stored turkey meat. *LWT - Food Science and Technology* 39: 191-198.
- Punyatong, M. 2009. Antiproliferative action and increase of antibody production with gamma oryzanol and proanthocyanidin from purple glutinous rice. Doctor of Philosophy. Animal Biotechnology. The Graduate School, Chiang Mai University.
- Punyatong, M., Pongpiachan, P., Pongpiachan, P., Pongpibul, Y., and Mankhetkorn, S. 2010. Effects of gamma oryzanol and proanthocyanidin from purple glutinous rice bran (*Oryza sativa* L.) on antibody production and oxidative status in oxidative stress BALB/c mice. *International Journal of Current Trends in Science and Technology* 1(1): 42-52.
- Santos, M. T., Valles, J., Aznar, J., and Vilches, J. 1980. Determination of plasma malondialdehyde-like material and its clinical application in stroke patients. *Journal of Clinical Pathology* 33: 973-976.
- Simitzis, P. E., Symeon, G. K., Charismiadou, M. A., Bizelis, J. A., and Deligeorgis, S. G. 2010. The effect of dietary oil supplementation on pig meat characteristics. *Meat Science* 84: 670-676.
- Wen, H. L., Wang, L. L., and Ma, J. 2002. Supplementation of the black rice outer layer fraction to rabbits decreases atherosclerotic plaque formation and increases antioxidation status. *Journal of Nutrition* 132: 20-26.
- Wojdylo, A., Oszmianski, J., and Czemerys, R. 2007. Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs. *Food Chemistry* 105: 940-949.
- Zhu, W. Q., Li, H. F., Wang, J. Y., Shu, J. T., Zhu, C. H., Song, W. T., Song, C., Ji, G. G., and Liu, H. X. 2014. Molecular genetic diversity and maternal origin of Chinese black-bone chicken breeds. *Genetic and Molecular Research* (2): 3275-3282.

วันรับบทความ (Received date) : 23 พ.ค. 62

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 12 ต.ค. 62

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 9 มี.ค. 63

การประเมินคุณภาพอาหารหยาบและเศษเหลือทางการเกษตรสำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม ในจังหวัดสระแก้ว

Evaluation of Roughage and Agricultural Residue Quality for Dairy Farmers in Sakaeo Province

ปณัฏฐ์ สุขสร้อย¹
Panut Sooksoi¹

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพของอาหารหยาบและเศษเหลือทางการเกษตร ที่นำมาใช้เลี้ยงโคนมในจังหวัดสระแก้ว โดยสุ่มตัวอย่างเกษตรกร 250 ราย จากเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมในจังหวัดสระแก้ว 675 ราย เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์ วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม และข้อมูลการจัดการด้านอาหารหยาบ โดยการแจกแจงความถี่และหาค่าร้อยละ สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารหยาบที่เกษตรกรนิยมนำมาใช้เลี้ยงโคนมในช่วงฤดูร้อน (มีนาคม-พฤษภาคม 2560) มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่มีประสบการณ์ในการเลี้ยงโคนม 11-20 ปี มีที่ดินเป็นของตนเองเฉลี่ย 30 ไร่/ราย มีสัดส่วนของโคนมรีดนมสูงกว่าโคสาวทดแทน เกษตรกรส่วนใหญ่ให้อาหารแบบแยก โดยมีฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลัก แม้ว่าส่วนใหญ่จะมีการจัดการแปลงหญ้า แต่ในฤดูแล้งปริมาณผลผลิตหญ้าอาหารสัตว์ก็ยังไม่เพียงพอ จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าว พบว่า มีโภชนะต่ำ เนื่องจากมีโปรตีนต่ำ และส่วนของผนังเซลล์สูง ส่วนพืชอาหารสัตว์พบว่า หญ้าเนเปียร์มีโปรตีนสูงที่สุด ร้อยละ 7.32 ($P<0.05$) มีเยื่อใยผนังเซลล์ต่ำที่สุด ร้อยละ 66.57 ($P<0.05$) และหญ้าอะตราบัตมีโปรตีนต่ำที่สุด ร้อยละ 5.31 ($P<0.05$) ส่วนเศษเหลือทางการเกษตรที่เกษตรกรนิยมใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบเสริมได้แก่ ผัสดำเหลือง เปลือกมันสำปะหลัง เปลือกและซังข้าวโพดหมัก และยอดอ้อย ตามลำดับ โดยผัสดำเหลืองมีโปรตีนสูงที่สุด ร้อยละ 10.63 ($P<0.05$) และเปลือกมันสำปะหลัง มีโปรตีนต่ำที่สุด ร้อยละ 1.12 ($P<0.05$)

คำสำคัญ: โคนม คุณภาพอาหารหยาบและเศษเหลือทางการเกษตร จังหวัดสระแก้ว

Abstract

The objective of this study was to evaluate the qualities of the roughage feed given to dairy cattle by the dairy farmers in Sakaeo province. A sample group of 250 farmers were randomly selected from the population of 675 farmers. The data were collected by interview. The statistics used for analysis were frequency and percentage. The roughage was collected randomly from dairy cattle rearing farms during summer, March-May 2017 and analyzed for chemical composition. The results showed that most of the interviewed farmers had dairy farming experience of between 11 and 20 years and owned their own land of area approximately 30 rai/household. The proportion of dairy cows was higher than that of dairy heifers. Most of farmers fed their dairy cattle by separate feed and they used rice straw as an important roughage source in the summer because the yield of roughage from foraging was insufficient for the cows. The chemical analysis of the rice straw revealed that it was of low quality in terms of protein but was high in cell wall content. Napier grass had the highest protein content (7.32%) and lowest cell wall content (66.57%); ($P<0.05$). On the other hand, *Paspalum atratum* grass had the lowest protein content (5.31%); ($P<0.05$). The agricultural residue that the farmers usually utilized as other sources of roughage included soybean hull, cassava peel, corn cob, corn husk silage and sugarcane top, of which soybean hull had the highest protein 10.63% ($P<0.05$) and cassava peel had the lowest protein 1.12% ($P<0.05$).

Keywords: dairy, roughage and agricultural residue quality, Sakaeo Province

¹ สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ อ. คลองหลวง จ. ปทุมธานี 13180

¹ Department of Agriculture, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, Khlong Luang, Pathum Thani 13180

*Corresponding author, E-mail: panut@vru.ac.th

คำนำ

การเลี้ยงโคนมเป็นอาชีพที่สำคัญในจังหวัดสระแก้ว ซึ่งสามารถทำรายได้ให้แก่เกษตรกร เนื่องจากมีตลาดรองรับที่แน่นอน และมีความต้องการบริโภคสูง ดังจะเห็นได้จากข้อมูลปริมาณโคนมในจังหวัดที่ไม่ได้สัดส่วนกับปริมาณประชากรที่เพิ่มขึ้น (กรมปศุสัตว์, 2558) นอกจากนี้โคนมยังเป็นสัตว์ที่สามารถใช้ประโยชน์จากอาหารหยาบ ให้เป็นผลผลิตเป็นนํ้านมได้ โดยอาศัยการทำงานร่วมกันของจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในกระเพาะหมัก ที่จะทำหน้าที่ย่อยเยื่อใยในอาหารหยาบให้เป็นสารที่เป็นประโยชน์ แต่อย่างไรก็ตามเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมส่วนใหญ่ไม่มีเงินทุนในการจัดหาอาหารหยาบคุณภาพดี เนื่องจากต้องจ่ายเงินลงทุนค่อนข้างสูงกว่าจะให้ผลตอบแทนต้องใช้เวลานาน นอกจากนี้ยังมีปัญหาการขาดแคลนน้ำในหลาย ๆ พื้นที่ ทำให้ขาดแคลนทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ที่มีความอุดมสมบูรณ์ โดยเฉพาะในฤดูแล้งที่สภาพอากาศไม่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของหญ้า จึงเป็นผลให้ขาดแคลนอาหารหยาบซึ่งจะส่งผลกระทบต่อปริมาณและคุณภาพของนํ้านมต่อไป ดังนั้นการศึกษาคุณภาพของอาหารหยาบที่ใช้เลี้ยงโคนมของเกษตรกร จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะนำไปสู่การพัฒนา การผลิตอาหารโคนมได้อย่างยั่งยืน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในจังหวัดสระแก้วซึ่งเป็นเขตพื้นที่ที่มีผู้เลี้ยงโคนมมากที่สุดของเขตภาคตะวันออก คิดเป็นร้อยละ 85 (กรมปศุสัตว์, 2558) ซึ่งมักมีปัญหามาหาอาหารหยาบไม่เพียงพอในช่วงฤดูแล้ง

วิธีการศึกษา

ประชากรที่ศึกษา คือ เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมในจังหวัดสระแก้ว โดยสุ่มขนาดของกลุ่มตัวอย่างตามวิธีของ Yamane (1973) จำนวน 250 ราย จากเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมในจังหวัดสระแก้วจำนวนทั้งสิ้น 675 ราย (กรมปศุสัตว์, 2558) ดังนี้

$$n = \frac{N}{1+N(e)^2}$$

เมื่อ n = ขนาดกลุ่มตัวอย่าง
 N = ขนาดประชากร
 e = ความคลาดเคลื่อนของกลุ่ม

$$n = \frac{675}{1+675(0.05)^2} = 250 \text{ ราย}$$

งานวิจัยนี้เก็บข้อมูลโดยใช้การสัมภาษณ์และใช้แบบสอบถาม ซึ่งประกอบไปด้วย คำถามแบบปลายเปิด (open-ended question) และคำถามปลายปิด (close-ended question)

วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม และข้อมูลการจัดการด้านอาหารหยาบที่ใช้เลี้ยงโคนม โดยการแจกแจงความถี่และหาค่าร้อยละ สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารหยาบที่เกษตรกรนิยมนำมาใช้เลี้ยงโคนมากที่สุด 10 ชนิด ตัวอย่างละ 4 ซ้ำ ชนิดละประมาณ 1 กิโลกรัม โดยสุ่มเก็บจากจุดต่าง ๆ ทั่วแปลงของเกษตรกรที่มีผลผลิตอาหารหยาบต่อเนื้อที่ทั้งปี แบ่งเป็นพืชอาหารสัตว์ 5 ชนิด และเศษเหลือทางการเกษตร อีก 5 ชนิด การเก็บตัวอย่างจะกำหนดให้อายุพืชและส่วนประกอบต่าง ๆ ของพืชใกล้เคียงกัน และเก็บในช่วงเดียวกัน คือช่วงฤดูร้อน (มีนาคม-พฤษภาคม 2560) จากนั้นนำตัวอย่างอาหารหยาบมาสับให้มีขนาดเล็กแล้วอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน จากนั้นนำตัวอย่างแห้งมาชั่งน้ำหนักแล้วบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร และวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารด้วยวิธี proximate analysis ตามวิธีการของ AOAC (1984) ได้แก่ วัตถุแห้ง (dry matter, DM) และโปรตีนรวม (crude protein, CP) และวิธี detergent method ตามวิธีการของ Goering and Van Soest (1970) ได้แก่ เยื่อใยผนังเซลล์ (neutral detergent fiber, NDF) และ เยื่อใยลิกโนเซลลูโลส (acid detergent fiber, ADF) วิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณค่าทางอาหาร (Analysis of Variance, ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลองโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการศึกษาพบว่า เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมในจังหวัดสระแก้วส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (ร้อยละ 62.00) ส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรที่มีประสบการณ์ในการเลี้ยงโคนม 11-20 ปี (ร้อยละ 49.60) รองลงมา คือเกษตรกรรายใหม่ที่มีประสบการณ์การเลี้ยงต่ำกว่า 10 ปี (ร้อยละ 30.40) เกษตรกรส่วนใหญ่มีที่ดินเป็นของตนเอง โดยส่วนใหญ่มีพื้นที่ 21-30 ไร่ (ร้อยละ 34.80) รองลงมา

คือกลุ่มที่มีพื้นที่ 11-20 ไร่ และ 1-10 ไร่ ตามลำดับ ในการจัดการฟาร์มมีการใช้แรงงานในการทำงานเฉลี่ย 1-2 คนต่อฟาร์ม ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแรงงานในครอบครัว มีเพียงร้อยละ 6.40 ที่มีการจ้างแรงงานเพิ่ม (Table 1)

จำนวนโครีดนมที่สามารถสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรส่วนใหญ่มีจำนวน 11-20 ตัว (ร้อยละ 47.20) รองลงมาคือ 1-10 ตัว และ มากกว่า 30 ตัว ตามลำดับ สัดส่วนของโครีดนมมีสัดส่วนที่สูงกว่าโคสาวทดแทน เกษตรกรส่วนใหญ่จึงยังมีกำไรจากการขายผลผลิตนํ้านมอยู่ ส่วนปริมาณผลผลิตนํ้านมโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 11-15 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน รองลงมาคือ 16-20 และ 5-10 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน (Table 2)

Table 1 Number and percentage of farmer categorized by farm characteristics.

Items		Number	Percentage
Sex of owner farmer	Male	155	62.00
	Female	95	38.00
Duration of raising (year)	1-10	76	30.40
	11-20	124	49.60
	21-30	38	15.20
	>30	12	4.80
Farm area (rai*)	1-10	62	24.80
	11-20	75	30.00
	21-30	87	34.80
	>30	26	10.40
Number of labor (head)	1-2	208	83.20
	3-4	26	10.40
	Hire labors	16	6.40

* 1 rai = 1,600 square meters.

Table 2 Number and percentage of dairy cattle in the studied dairy farms.

Items		Number	Percentage
Heifer (head)	1-5	75	30.00
	6-10	124	49.60
	>10	51	20.40
Pregnancy heifer (head)	1-5	149	59.60
	6-10	85	34.00
	>10	16	6.40
Lactation cow (head)	1-10	66	26.40
	11-20	118	47.20
	21-30	43	17.20
	>30	23	9.20
Milk production (kg/head/day)	5-10	28	11.20
	11-15	192	76.80
	16-20	30	12.00

Table 3 Number and percentage of farmer categorized by roughage source and management.

Items		Number	Percentage
Roughage	Para grass	58	23.20
	Napier grass	54	21.60
	Pangola grass	18	7.20
	Paspalum atratum grass	12	4.80
	Ruzi grass	62	24.80
By-product / Agricultural waste	Rice straw	245	98.00
	Soybean hull	45	18.00
	Sugarcane top	15	6.00
	Corn cob and corn husk silage	24	9.60
	Cassava peel	43	17.20
Pasture management	Yes	82	32.80
	No	35	14.00
Feeding	Separate	245	98.00
	TMR (total mixed ration)	5	2.00
Nutrient improvement	No	191	76.40
	Preserving	13	5.20
	Chopping	46	18.40

ด้านการจัดการอาหารหยาบพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมปลูกหญ้ารูซี่ หญ้าขน หญ้าเนเปียร์ หญ้าแพงโกล่า และหญ้าอะตราตัม ตามลำดับ (Table 3) โดยเกษตรกรที่มีการปลูกหญ้าส่วนใหญ่ ร้อยละ 32.80 มีการจัดการแปลงหญ้า เพื่อให้มีผลผลิตทั้งปี และมีเพียงร้อยละ 14.00 ที่ไม่มีการจัดการแปลงหญ้า แต่ในช่วงที่เก็บข้อมูล ปริมาณผลผลิตหญ้าไม่เพียงพอเนื่องจากส่วนใหญ่ขาดน้ำในการจัดการแปลงหญ้า ส่งผลให้เกษตรกรนำเศษเหลือทางการเกษตรมาเป็นแหล่งอาหารหยาบ โดยเกษตรกรนิยมใช้ฟางข้าว (ร้อยละ 98.00) รองลงมาคือ ผีเสื้อเหลือง เปลือกมันสำปะหลัง เปลือกและซังข้าวโพดหมัก และยอดอ้อย ตามลำดับ เศษเหลือทางการเกษตรเหล่านี้ ส่วนใหญ่ประกอบด้วย ลำต้น ใบ และเปลือก ของพืชเศรษฐกิจที่เก็บเกี่ยวผลผลิตไปแล้ว ทำให้เศษเหลือเหล่านี้มีคุณค่าทางโภชนาต่ำ จึงควรมีการปรับปรุงคุณภาพ แต่จากผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ (ร้อยละ 77.60) ไม่มีการปรับปรุงคุณภาพอาหารหยาบ มีเพียงร้อยละ 18.40 ที่มีการสับหญ้าให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ เพื่อลดการเลือกกินของโค และร้อยละ 5.20 ที่มีการปรับปรุงคุณภาพอาหารหยาบ เช่น การทำหญ้าหมัก การทำฟางหมักยูเรีย เป็นต้น

จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาของพืชอาหารสัตว์ที่เกษตรกรนิยมปลูกเพื่อเลี้ยงโคนมในจังหวัดสระแก้ว พบว่าหญ้าแพงโกล่ามีวัตถุแห้งสูงที่สุด ร้อยละ 32.05 ($P<0.05$) (Table 4) ในขณะที่หญ้าเนเปียร์ มีวัตถุแห้งต่ำที่สุด ร้อยละ 22.57 ($P<0.05$) ซึ่งมีค่าสอดคล้องกับ Tikam et al. (2010) และ ธนวิ ไวยบท และมนตรี ทองเชื้อ (2556) ที่รายงานค่าวัตถุแห้งของหญ้าแพงโกล่าและหญ้าเนเปียร์ ร้อยละ 31.81 และ 22.72 ตามลำดับ เนื่องจากหญ้าแพงโกล่ามีลักษณะการเจริญเติบโตแบบเลื้อย การปล่อยให้หญ้ามียายุมาก (50-60 วัน) จะทำให้ใบตายเพิ่มมากขึ้น (สายัณห์ ทัดศรี, 2547) ประกอบกับมีลำต้นและใบขนาดเล็ก ทำให้แห้งเร็ว จึงส่งผลให้หญ้าแพงโกล่ามีวัตถุแห้งสูง ส่วนโปรตีนรวม พบว่าหญ้าเนเปียร์มีปริมาณโปรตีนรวมสูงที่สุด (ร้อยละ 7.32) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในขณะที่หญ้าอะตราตัมมีปริมาณโปรตีนรวมน้อยที่สุด ($P<0.05$) ร้อยละ 5.31 จากรายงานของ กรรณิกา เริงสกุล (2545) พบว่า แม้จะปลูกหญ้าอะตราตัมในสภาพดินที่อุดมสมบูรณ์สูง แต่ที่อายุ 45 วัน หลังปล่อยให้สัตว์เข้าแทะเล็ม กลับมีปริมาณโปรตีนเพียงร้อยละ 5.20 สอดคล้องกับรายงานของ Hare et al. (2001) ที่รายงานว่าหญ้าอะตราตัมที่อายุการตัด 60 วัน จะมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 5.50 ถึงแม้ว่าหญ้าอะตราตัมจะมีปริมาณโปรตีนรวมต่ำกว่าพืชชนิดอื่น ๆ แต่ในฤดูแล้ง ในพื้นที่จังหวัดสระแก้ว หญ้าอะตราตัมสามารถทนแล้งได้ดี มีการแตกกอและมีลำต้นอวบกว่าหญ้าชนิดอื่น ๆ สอดคล้องกับรายงานของ จินดา สนทวงศ์ และคณะ (2544) พบว่าหญ้าอะตราตัมเป็นพืชอาหารสัตว์ที่ทนทานต่อสภาพแห้งแล้ง ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และในสภาพที่เป็นกรด ค่าเฉลี่ยของเยื่อใยผนังเซลล์ (NDF) และเยื่อใยลิแกโนเซลลูโลส (ADF) ของหญ้าแพงโกล่ามีค่าสูงที่สุด ($P<0.05$) ร้อยละ 73.63 และ 41.89 ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับรายงานก่อนหน้านี้ โดย ธนวิ ไวยบท และมนตรี ทองเชื้อ (2556) รายงานว่าหญ้าแพงโกล่าที่อายุการตัด

45-60 วัน มีค่าเฉลี่ยเยื่อใยผนังเซลล์ ร้อยละ 63.35-65.35 และเยื่อใยลิกโนเซลลูโลส ร้อยละ 35.66-38.31 ในการที่ค่าเฉลี่ยของเยื่อใยผนังเซลล์และเยื่อใยลิกโนเซลลูโลสสูงกว่ารายงานก่อนหน้านี้ สาเหตุมาจากการดำเนินการเก็บตัวอย่างอยู่ในช่วงฤดูร้อน (มีนาคม-พฤษภาคม 2560) ซึ่งอุณหภูมิที่สูง จะทำให้ส่วนที่เป็นลำต้นของพืชมีการเจริญเติบโตที่เร็วกว่าปกติ ด้วยเหตุนี้จะมีผลให้ส่วนของเนื้อเยื่อพืชที่เป็นผนังเซลล์ ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน เพิ่มขึ้นมากกว่าปกติ (เทอดชัย เวียรศิลป์, 2548)

Table 4 Chemical composition (%) of roughage.

Roughage	Chemical composition (as DM basis)			
	DM	CP	NDF	ADF
Para grass	23.91 ^b	6.52 ^b	71.15 ^d	41.25 ^c
Napier grass	22.57 ^a	7.32 ^c	66.57 ^a	38.96 ^b
Pangola grass	32.05 ^d	6.42 ^b	73.63 ^e	41.89 ^d
Paspalum atratum grass	25.11 ^c	5.31 ^a	68.35 ^c	39.99 ^b
Ruzi grass	22.88 ^c	6.94 ^{bc}	67.48 ^b	36.61 ^a
SEM	1.66	0.17	0.60	0.26

^{a-e} Means in the same column with different superscripts differ significantly ($P<0.05$).

DM = dry matter, CP = crude protein, NDF = neutral detergent fiber, and ADF = acid detergent fiber.

จากการศึกษาเศษเหลือทางการเกษตรที่เกษตรกรนิยมนำมาเลี้ยงโคนมในจังหวัดสระแก้ว พบว่า ในฤดูแล้งเกษตรกรที่ให้อาหารแบบแยก (separate) นิยมใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลัก และใช้หญ้าสดเป็นอาหารหยาบเสริม จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของเศษเหลือทางการเกษตร พบว่า ฟางข้าวมีโภชนาการต่ำ เนื่องจากมีโปรตีนที่ต่ำ (ร้อยละ 2.78) และมีค่าเฉลี่ยเยื่อใยผนังเซลล์และเยื่อใยลิกโนเซลลูโลสสูงกว่าเศษเหลือทางการเกษตรชนิดอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ร้อยละ 78.05 และ 56.89 ตามลำดับ (Table 5) เนื่องจากมีค่าลิกนินสูง (Wanapat et al., 1985) แม้ว่าจะมีโภชนาการที่ต่ำ แต่เกษตรกรก็ยังนิยมนำมาเลี้ยงโคนม เนื่องจากในฤดูแล้งฟางข้าวสามารถจัดหาได้ง่าย มีปริมาณมาก และราคาถูก เมื่อเปรียบเทียบกับเศษเหลือทางการเกษตรชนิดอื่น ๆ ส่วนฉีกหญ้าแห้ง เป็นเศษเหลือทางการเกษตรอันดับรองลงมาที่เกษตรกรนิยมใช้ มีโปรตีนรวมร้อยละ 10.63 สูงกว่าชนิดอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ด้วยลักษณะทางกายภาพที่บางเบาและมีขนาดเล็ก ซึ่ง วิโรจน์ ภัทรจินดา (2559) รายงานว่า ขนาดชิ้นอาหารหยาบที่เหมาะสมที่สามารถกระตุ้นการเคี้ยวเคี้ยว และกระตุ้นการหลั่งน้ำลาย (effective fiber) ควรอยู่ระหว่าง 1 เซนติเมตร - 1 นิ้ว จึงไม่ควรใช้ฉีกหญ้าแห้งเป็นอาหารหยาบหลัก เช่นเดียวกับเปลือกมันสำปะหลังที่มีความชื้นสูง เน่าเสียได้ง่าย มีการปนเปื้อนของดินหรือทรายในขณะที่ผ่านมาหรือการทำความสะอาดหัวมันสำปะหลัง (เมฆ ขวัญแก้ว และคณะ, 2553) อีกทั้งยังมีปริมาณโปรตีนรวม (ร้อยละ 1.12) และเยื่อใยต่ำ ส่วนยอดอ้อยสด แม้ว่าจะมีคุณค่าทางโภชนาการและความน่ากินที่ดีกว่าฟางข้าว (อนันท์ เชาวน์เครือ และคณะ, 2559) แต่ก็มีข้อเสียคือ มีใบคมอายุตัดมาใช้มักมีอายุมาก ทำให้ใบแข็ง การนำไปใช้จึงควรสับเป็นชิ้นเล็ก ๆ หรือหมัก จะช่วยให้สัตว์กินได้ดีขึ้น

Table 5 Chemical composition (%) of agro-industrial by-product and agricultural waste.

Roughage	Chemical composition (as DM basis)			
	DM	CP	NDF	ADF
Rice straw	89.97 ^d	2.78 ^b	78.05 ^e	56.89 ^e
Soybean hull	91.01 ^e	10.63 ^e	68.60 ^c	37.57 ^c
Sugarcane top	36.23 ^c	4.10 ^c	73.12 ^d	40.40 ^d
Corn cob and corn husk silage	22.51 ^a	7.78 ^d	65.36 ^b	36.20 ^b
Cassava peel	24.62 ^b	1.12 ^a	58.56 ^a	22.48 ^a
SEM	7.12	0.79	1.52	2.69

^{a-e} Means in the same column with different superscripts differ significantly ($P<0.05$).

DM = dry matter, CP = crude protein, NDF = neutral detergent fiber, and ADF = acid detergent fiber.

สรุปผลการศึกษา

เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมในจังหวัดสระแก้วส่วนใหญ่มีที่ดินเป็นของตัวเองเฉลี่ย 30 ไร่/ราย แต่ปริมาณการผลิตพืชอาหารสัตว์กลับไม่เพียงพอต่อความต้องการของสัตว์ โดยเฉพาะในฤดูแล้ง อีกทั้งแรงงานยังไม่เพียงพอ ซึ่งส่วนใหญ่ใช้แรงงานในครอบครัว 1-2 คน เกษตรกรนิยมใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบหลัก แต่ผลจากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการพบว่า ฟางข้าวมีโภชนาการต่ำ เนื่องจากมีโปรตีนต่ำ และส่วนของผนังเซลล์สูง เกษตรกรจึงนำแหล่งอาหารหยาบชนิดอื่น ๆ ที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่สูงกว่ามาเสริม เช่น หญ้าสด เปลือกและขังข้าวโพดหมัก ผีเสื้อเหลือง เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่ให้การสนับสนุนเงินทุนวิจัย ในปีงบประมาณ 2560 ขอขอบคุณเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมในจังหวัดสระแก้ว ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลตลอดจนให้การต้อนรับเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- กรมปศุสัตว์. 2558. ข้อมูลเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ระดับจังหวัด ปี 2558. http://ict.dld.go.th/th2/images/stories/stat_web/yearly/2558/province/3.milkcow_province.pdf. (22 พฤศจิกายน 2558).
- กรรณิกา เร่งสกุล. 2545. เปรียบเทียบผลผลิต ลักษณะทรงพุ่ม คุณค่าทางโภชนาการและการตอบสนองของโคเนื้อระหว่างหญ้าขนอ่อนและหญ้าอุบลพาสาลัม ภายใต้สภาพการเพาะเลี้ยงแบบหมุนเวียน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ.
- จินดา สนิทวงศ์, ณัฐรุณี บุรินทราภิบาล และเจลิยา ศรีชู. 2544. ผลการใช้หญ้าสกุล Paspalum เป็นอาหารหยาบหลักเลี้ยงโคเนื้อ. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์. <https://dspace.tarr.arda.or.th/rest/bitstreams/273/retrieve>. (22 พฤศจิกายน 2558).
- เทอดชัย เวียรศิลป์. 2548. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. พิมพ์ครั้งที่ 5. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ธันวา ไวยบท และมนตรี ทองเชื้อ. 2556. ผลของการจัดการตัดหญ้าแปลงใกล้ต่อผลผลิตและคุณค่าทางโภชนาการในเขตจังหวัดนครสวรรค์. *วารสารแก่นเกษตร* 41(1): 376-380.
- เมฆ ขวัญแก้ว, พิพัฒน์ เหลืองลาวัลย์ และวิศิษฐ์พร สุขสมบัติ. 2553. การใช้เปลือกมันสำปะหลังและกากมันสำปะหลังเป็นส่วนผสมในการผลิตอาหารหยาบหมัก. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี* 12(3): 92-103.
- วิโรจน์ ภัทรจินดา. 2559. TMR ยุคใหม่โคนมไทย. ขอนแก่น: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สายัณห์ ทัดศรี. 2547. พืชอาหารสัตว์เขตร้อน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อนันท์ เชาว์เครือ, ฉัตรวิรุฬ มาตา และดาริกา ชูศรี. 2559. ผลของการใช้สารเสริมต่อคุณค่าทางโภชนาการและคุณภาพของการผลิตยอค้อยหมัก. *วารสารแก่นเกษตร* 44(1): 528-533.
- AOAC. 1984. *Official methods of analysis. association of official analytical chemists*. Arlington: Association of Official Agricultural Chemists.
- Goering, H. K., and Van Soest, P. J. 1970. *Forage fiber analyses (apparatus, reagent, procedures and some application)*. Washington, D.C.: United States Department of Agricultural.
- Hare, M. D., Saengkham, M., Kaewkunya, C., Tudsri, S., Suriyajunratong, W., Thummasaen, K., and Wongpichet, K. 2001. Effect of cutting on yield and quality of *Paspalum atratum* in Thailand. *Tropical Grasslands* 35: 144-150.
- Tikam, K., Mikled, C., Vearasilp, T., Phatsara, C., and Südekuma, K. H. 2010. Digestibility of nutrient and evaluation of energy of Pangola grass in sheep compared with Napier grass. In *Proceedings of International Research on Food Security, Natural Resource Management and Rural Development*. Zurich, Switzerland.
- Wanapat, M., Sundstøl, F., and Garmo, T. 1985. A comparison of alkali treatment methods to improve the nutritive value of straw. I. Digestibility and metabolizability. *Animal Feed Science and Technology* 12: 295-309.
- Yamane, T. 1973. *Statistics: an introductory analysis*. 3rd. New York: Harper and Row Publication.

วันรับบทความ (Received date) : 21 ส.ค. 62

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 5 ก.พ. 62

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 9 มี.ค. 63

ประสิทธิภาพของน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ต่อการรักษาคุณภาพหมึกกล้วย

Effectiveness of Organic Acid in Ice to Enhance Quality of Squid (*Loligo* spp.)

สวามินี ธีระวุฒิ¹ และปัทยัท ขวัญอ่อน²
Savaminee Teerawut¹ and Patiyut Kwanon²

บทคัดย่อ

หมึกกล้วย (*Loligo* spp.) เป็นสัตว์เศรษฐกิจของประเทศไทย และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง แต่เน่าเสียได้ง่าย ซึ่งทำให้เนื้อสัมผัส กลิ่นรส และคุณค่าทางโภชนาการลดลง ดังนั้นจึงศึกษาประสิทธิภาพของน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ต่อการรักษาคุณภาพของหมึกกล้วยที่ความเข้มข้นของกรดแตกต่างกัน ได้แก่ IL02 (กรดแล็กติก 0.02%), IL05 (กรดแล็กติก 0.05%), ILC 207 (กรดแล็กติก 0.02% และกรดซิตริก 0.075%) และ ILC210 (กรดแล็กติก 0.02% และกรดซิตริก 0.1%) (v/v) เปรียบเทียบกับน้ำแข็งปราศจากกรดอินทรีย์ (ICC) อัตราส่วนหมึกกล้วย : น้ำแข็ง คือ 1 : 2 (w/w) เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 21 วัน โดยทุก 3 วัน ต้มเนื้อหมึกที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที ก่อนวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา (จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด) ทางเคมี (TVB-N และ TMA-N) ทางกายภาพ (แรงเฉือน) และทางประสาทสัมผัส พบว่า การแช่หมึกกล้วยในน้ำแข็งที่ผสมทั้งกรดแล็กติกและกรดซิตริกมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด, TVB-N และ TMA-N น้อยกว่าน้ำแข็งผสมกรดแล็กติกเพียงอย่างเดียว 0.5-2.0 log CFU/g และตัวอย่างควบคุม 1.5-3.0 log CFU/g ($P < 0.05$) หมึกกล้วยที่แช่ในน้ำแข็งผสมระหว่างกรดสองชนิดได้แก่ ILC207 มีจุลินทรีย์ทั้งหมด, TVB-N และ TMA-N น้อยที่สุด มีแรงเฉือน การยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสมากที่สุด ($P < 0.05$) เมื่อพิจารณาอายุการเก็บรักษาจากจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (ไม่เกิน 6 log CFU/g) หมึกกล้วย ILC207 มีอายุการเก็บรักษาได้นานที่สุดคือ 9 วัน รองลงมาได้แก่ ILC210 เก็บรักษาได้ 6 วัน ส่วน IL05, IL02 และ ICC สามารถเก็บรักษาได้เท่ากัน คือ 3 วัน

คำสำคัญ: กรดซิตริก กรดแล็กติก น้ำแข็ง หมึกกล้วย

Abstract

Squid (*Loligo* spp.) is a species that is of great economic importance for Thailand. It has high nutritional value. However, fresh squid deteriorates easily. As it does so, it softens in texture and loses its flavor. Moreover, its nutritional features quickly drop off. Therefore, an effective preventive substance is needed to keep the squid fresh longer. In this project, mixtures of natural organic acids in ice were used as preservatives. The effectiveness of maintaining the quality of squid (*Loligo* spp.) was investigated by varying types and concentrations (% v/v) of acids in an icing system; IL02 (0.02% lactic acid), IL05 (0.05% lactic acid), ILC207 (0.02% lactic acid and 0.075% citric acid) and ILC210 (0.02% lactic acid and 0.1% citric acid). Experimental investigations were setup that were compared to ICC (ice without organic acid; the control) during ice storage at a squid to ice ratio of 1:2 (w/w) at room temperature for 21 days. Afterwards, the samples were boiled at 95°C for 3 min before being evaluated for microbiological quality (total viable counts), chemical qualities (TVB-N and TMA-N), physical quality (shear force) and sensory properties. The results indicated that the squid packed in ice with lactic acid and citric acid concentrations of 0.5-2.0 log CFU/g and 1.5-3.0 log CFU/g showed total bacterial counts, TVB-N and TMA-N that were lower than that of the lactic acid ice pack and the control sample ($P < 0.05$). The squid packed in ILC207 showed the lowest total viable counts, TVB-N and TMA-N, and recorded the highest shear force and best sensory evaluation ($P < 0.05$). A squid sample was considered to be within shelf life provided that the number of microorganisms did not exceed 6 log CFU/g. The squid packed in ILC207 showed the longest shelf life of 9 days. Samples packed in ILC210 demonstrated a shelf life of 6 days, whilst squid in IL05, IL02 and ICC showed the same shelf life of 3 days.

Keywords: citric acid, lactic acid, ice, squid

¹ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา อ. เมือง จ. ชลบุรี 20131

² คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก อ. ศรีราชา จ. ชลบุรี 20110

¹ Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University, Muang, Chonburi 20131

² Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Tawan-ok, Si Racha, Chonburi 20110

*Corresponding author, Email: sawamin@go.buu.ac.th

คำนำ

หมึกกล้วย (*Loligo spp.*) เป็นสัตว์น้ำที่ได้รับความนิยมในการบริโภค เนื่องจากให้คุณค่าทางโภชนาการสูง มีรสชาติและเนื้อสัมผัสที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว โดยในปี 2559 ประเทศไทยมีผลผลิตโดยรวมจากหมึกมากถึง 109 ตัน สร้างมูลค่าสูงถึง 11,709.5 ล้านบาท (กองนโยบายและยุทธศาสตร์พัฒนาการประมง, 2561) ทั้งนี้การจัดการและการดูแลหมึกกล้วยสดก่อนการนำไปแปรรูปยังมีข้อจำกัด เนื่องจากหมึกกล้วยมีการเน่าเสียที่รวดเร็วจากเอนไซม์ภายในตัวของหมึกเองและการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ทำให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ เนื้อสัมผัสนุ่มและ ทำให้ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคและโรงงานแปรรูป การเน่าเสียที่เกิดขึ้นยังส่งผลให้หมึกกล้วยมีคุณค่าทางโภชนาการและมูลค่าทางเศรษฐกิจลดลง ดังนั้นเพื่อชะลอการเน่าเสียจึงมีการใช้น้ำแข็งเพื่อเก็บรักษาหมึกกล้วยสด เนื่องจากความเย็นของน้ำแข็งช่วยชะลอกิจกรรมของเอนไซม์ในหมึกและชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสียได้ งานวิจัยหลายฉบับได้ใช้สารสกัดจากพืชผสมในน้ำแข็งเพื่อรักษาคุณภาพของสัตว์น้ำ เช่น ไควม์ (Quitral et al., 2009) และโรสแมรี่ (Özyurt et al., 2012) ซึ่งมีข้อจำกัดเรื่องกลิ่นรสของสารสกัดที่มีผลกับผลิตภัณฑ์และความยุ่งยากในการเตรียมสารสกัด ดังนั้นการใช้กรดอินทรีย์ ได้แก่ กรดแล็กติก และกรดซิตริก นับเป็นอีกทางเลือกที่น่าสนใจ เนื่องจากกรดอินทรีย์มีคุณสมบัติละลายในไขมันได้ดี สามารถแทรกผ่านเข้าไปในผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ได้ และเข้าไปรบกวนสมดุลภายในและภายนอกเซลล์ของจุลินทรีย์ทำให้จุลินทรีย์ลดการนำเข้ากรดอะมิโนจึงยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (García-Soto et al., 2013) และกรดซิตริกยังเป็น chelating agent จับโลหะในชั้นของ lipopolysaccharide (LPS) บริเวณผนังเซลล์ของแบคทีเรียจึงเกิดการปลดปล่อยสารภายในเซลล์ออกมาภายนอก เซลล์จุลินทรีย์จึงตายลง (Badii and Howell, 2002; Kilinc et al., 2009) จึงช่วยชะลอการเน่าเสียของหมึกกล้วยได้ ประกอบกับกรดอินทรีย์ทั้งสองชนิดมีราคาไม่แพง หาซื้อง่าย อีกทั้งยังได้รับอนุญาตให้ใช้ในอาหารได้ ซึ่งงานวิจัยหลายฉบับกล่าวถึงประสิทธิภาพของการใช้น้ำแข็งและกรดแล็กติก รวมทั้งกรดซิตริกในการรักษาคุณภาพสัตว์น้ำ เช่น ปลาแฮ็ก (*Merluccius merluccius*) (García-Soto et al., 2014; García-Soto et al., 2013) ปลาแอนโชวี (*Engraulis encrasicolus*) (Bensid et al., 2014) ปลาซาร์ดีน (*Sardinella aurita*) (Özyurt et al., 2012) และปลาแมกเคอเรล (*Scomber japonicas* Houttuyn 1780) (Metin et al., 2001) อย่างไรก็ตามงานวิจัยยังจำกัดถึงการศึกษาอัตราส่วนและการทำงานร่วมกันของกรดอินทรีย์มากกว่า 1 ชนิดร่วมกับการใช้น้ำแข็งเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บรักษาคุณภาพของหมึกกล้วยสด งานวิจัยนี้ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ต่อการรักษาคุณภาพทางจุลชีววิทยา เคมีกายภาพ และประสาทสัมผัสของหมึกกล้วย โดยเปรียบเทียบชนิดและความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ที่ผสมในน้ำแข็งเพื่อแช่หมึกกล้วยสด

วิธีการศึกษา

การเตรียมตัวอย่างและชุดการทดลอง

ซื้อหมึกกล้วย (*Loligo spp.*) จากสะพานปลาตำบลอ่างศิลา จังหวัดชลบุรี (ขนาดน้ำหนัก 5-6 ตัวต่อกิโลกรัม) บรรจุใส่ถุงพลาสติกทนความเย็นเก็บในช่องแช่แข็ง (หมึกกล้วย : น้ำแข็ง คือ 1 : 1.5 (w/w)) แล้วนำไปใส่ในถังพลาสติกเพื่อป้องกันการสูญเสียความเย็นและการเสียหายของตัวอย่าง ขนส่งถึงภาควิชาวชิราวุธศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา (ระยะเวลาการขนส่งไม่เกิน 20 นาที) นำหมึกกล้วยออกมาแช่เย็นในช่องแช่แข็งด้วยน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ที่ได้จากการเตรียมสารละลายกรดแล็กติกและกรดซิตริกให้มีความเข้มข้นที่ต้องการ ได้แก่ ICC (น้ำแข็งปราศจากกรด) IL02 (น้ำแข็งผสมกรดแล็กติก 0.02%) IL05 (น้ำแข็งผสมกรดแล็กติก 0.05%) ILC207 (น้ำแข็งผสมกรดแล็กติก 0.02% และกรดซิตริก 0.075%) และ ILC210 (น้ำแข็งผสมกรดแล็กติก 0.02% และกรดซิตริก 0.1%) (v/v) นำสารละลายกรดไปทำน้ำแข็งโดยนำไปแช่ในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง จากนั้นนำมาบดให้เป็นน้ำแข็งบดแล้วจึงนำไปแช่หมึกกล้วยโดยวางน้ำแข็งสลับกับหมึกกล้วย สัดส่วนหมึกกล้วย : น้ำแข็ง คือ 1 : 2 (w/w) ปิดฝากล่องแล้วเก็บที่อุณหภูมิห้อง และเปลี่ยนน้ำแข็งทุกวัน

การวิเคราะห์ตัวอย่าง

สุ่มตัวอย่างหมึกกล้วยแต่ละชุดการทดลองมาวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC) (AOAC, 1994) และสุ่มตัวอย่างหมึกกล้วยแต่ละชุดการทดลองมาดองหั่วและนำอวัยวะภายในออก ผ่ากลางลำตัวด้านหนึ่งเพื่อแผ่ตัวหมึก จากนั้นใช้มีดหั่นเนื้อหมึกกล้วยเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมขนาด 1.5×1 นิ้ว แล้วต้มในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที (หมึกกล้วย : น้ำ คือ 1 : 2 (w/w)) จุ่มในน้ำแข็ง 10 วินาที และสุ่มตัวอย่างเนื้อหมึกต้มมาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ ได้แก่ ปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB-N) ปริมาณไนโตรเจนอะมิโน (TMA-N) (Hasegawa, 1987) การวัดค่าแรงเฉือนบริเวณกึ่งกลางของชิ้น (ใบมีดชนิด HDP/WBV Warner Bratzler blade set ความเร็วที่ใช้ทดสอบ pre-test speed 2.00 mm/sec, test speed 2.00 mm/sec, post-test speed 2.50 mm/sec, target mode strain 100% และ trigger force 5.0 g) และคุณภาพทาง

ประสาทสัมผัส โดยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนแล้วจำนวน 15 คน ให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส และรสชาติ ตามเกณฑ์ระดับการยอมรับเนื้อหมีกกล้วยต้ม 5 ระดับ (สวามิณี ธีระวุฒิ และปริญญ์ขวัญอ่อน, 2561) ดังแสดงไว้ใน Table 1 วิเคราะห์คุณภาพทั้งหมดทุก 3 วัน นาน 21 วัน

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ออกแบบการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Completely Block Design) วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test โดยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ

Table 1 The quality index method scheme developed for cooked squid (*Loligo* spp.).

Characters	Score	Description
Appearance	5	White, glossy
	4	Slightly yellowish white, non-glossy
	3	Moderate yellowish white, non-glossy, no other unusual colors appear
	2	Moderate yellowish white in matte color, unusual colors appear on some part (fade in green/gray/pink)
	1	Moderate yellowish white in matte color, obvious unusual colors (green/gray/pink)
Odor	5	Fresh (watermelon odor)
	4	No watermelon odor, no other off odor
	3	No watermelon odor, slightly off odor as putrid, fishy or sour
	2	No watermelon odor, moderate off odor as putrid, fishy or sour
	1	Obvious off odor as putrid, fishy, sour or ammoniacal
Taste	5	Fresh (sweet of boiled squid)
	4	Slightly sweet, no bitter
	3	Tasteless, slightly bitter
	2	Slightly sour, slightly bitter, slightly fishy
	1	Intense unusual taste as sour or fishy
Texture	5	Elastic, firm, not hard
	4	Moderate elastic
	3	Slightly elastic, not hard
	2	Loss of elastic, slightly soft, slightly slime
	1	Soft, intense slime

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC) ของหมีกกล้วยดิบ ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ทุกชุดการทดลองมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด $3.26 \log \text{ CFU/g}$ ซึ่งน้อยกว่าจำนวนจุลินทรีย์ที่พบโดยทั่วไปในหมีกกล้วยดิบ คือ $4-5 \log \text{ CFU/g}$ (อัจฉรา แสนคม และคณะ, 2553) แสดงถึงความสะอาดของวัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัย อย่างไรก็ตามเมื่อเก็บรักษานานขึ้นจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อหมีกทุกชุดการทดลองมีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (Figure 1) เนื่องจากจุลินทรีย์มีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมในการเก็บรักษา จึงแบ่งเซลล์เพิ่มจำนวนมากขึ้น เช่นเดียวกับ Dabadé et al. (2015) ที่เก็บรักษากุ้ง tropical brackish water (*Penaeus notialis*) ไว้ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน และ Bahmani et al. (2011) พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ในปลา golden grey mullet (*Liza aurata*) ที่เก็บรักษาด้วยการแช่เย็นมีจำนวนเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาเช่นกัน ผลการทดลองยังพบว่า เนื้อหมีกที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ (IL02, IL05, ILC207 และ ILC210) มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด

น้อยกว่าเนื้อหมึกที่แช่ในน้ำแข็งปราศจากกรดอินทรีย์ (ICC) เนื้อหมึกกล้วยที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรด 2 ชนิด มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่าน้ำแข็งผสมกรดแล็กติกชนิดเดียว $0.5-2.0 \log \text{ CFU/g}$ และน้อยกว่าตัวอย่างควบคุม $1.5-3.0 \log \text{ CFU/g}$ โดยชุดการทดลอง ILC207 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($P < 0.05$) เนื่องจากการละลายของน้ำแข็งผสมกรดช่วยลดการเกิดเมือกที่เป็นแหล่งของจุลินทรีย์ กรดแล็กติกและกรดซิตริกมีผลต่อสมดุลภายในและภายนอกเซลล์ของจุลินทรีย์ โดย H^+ ของกรดแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์ ทำให้ผนังเซลล์สูญเสียสมบัติการเป็นเยื่อเลือกผ่าน จุลินทรีย์ลดการนำเข้ากรดอะมิโน จึงยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ (García-Soto et al., 2013) และสมบัติการเป็น chelating agent ของกรดซิตริกทำให้จับโลหะในชั้นของ lipopolysaccharide (LPS) บริเวณผนังเซลล์ของแบคทีเรียจึงเกิดการปลดปล่อยสารภายในเซลล์ออกมาภายนอกเซลล์ จุลินทรีย์จึงตายลง (Badii and Howell, 2002; Kilinc et al., 2009) การใช้กรดทั้ง 2 ชนิดร่วมกันช่วยเสริมประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์โดยเพิ่มปริมาณ H^+ ในการทำลายผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ สอดคล้องกับ Sanjuas-Rey et al. (2012a) พบว่า การแช่ปลา hake (*Merluccius merluccius*), ปลา megrim (*Lepidorhombus whiffiagonis*) และปลา angler (*Lophius piscatorius*) ในน้ำแข็งผสมกรดซิตริก กรดแล็กติก และกรดแอสคอร์บิกมีจำนวนจุลินทรีย์น้อยกว่าปลาที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมกรดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เมื่อเปรียบเทียบเนื้อหมึกกล้วยที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรด 2 ชนิดที่ความเข้มข้นของกรดซิตริกแตกต่างกัน พบว่า การที่กรดซิตริกความเข้มข้นต่ำกว่า (ILC 207) มีประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ได้ดีกว่าความเข้มข้นสูง (ILC 210) อาจเกิดจากความเข้มข้นของกรดซิตริกที่มากเกินไปมีผลทำให้โปรตีนในเนื้อหมึกเกิดการเสื่อมสภาพ จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายเพื่อตั้งสารอาหารมาใช้ประโยชน์ในการเจริญได้มากขึ้น จึงมีการเพิ่มจำนวนได้มากขึ้น เมื่อพิจารณาจากมาตรฐานด้านจุลินทรีย์ของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (2559) กำหนดให้อาหารทะเลมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ไม่เกิน $6 \log \text{ CFU/g}$ แสดงให้เห็นว่าระดับความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ที่เหมาะสมในการชะลอการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ คือ น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.02% และกรดซิตริก 0.075% (ILC207) ซึ่งสามารถเก็บรักษาเนื้อหมึกได้นานที่สุดคือ ไม่เกิน 9 วัน รองลงมาได้แก่ น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.02% และกรดซิตริก 0.1% (ILC210), น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.05% (IL05), น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.02% (IL02) ซึ่งเก็บได้ 6, 3 และ 3 วัน ตามลำดับ ส่วนเนื้อหมึกที่แช่ในน้ำแข็งปราศจากกรดอินทรีย์ (ICC) มีอายุการเก็บรักษา 3 วัน ทั้งนี้ค่า pH ของเนื้อหมึกดิบวันที่ 0-9 ของการเก็บรักษามีค่า pH 5.5-6.5 และวันที่ 9-15 ของการเก็บรักษามีค่า pH 6.5-8.0 (ไม่ได้แสดงข้อมูลไว้ในนี้)

ปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB-N) เกิดขึ้นหลังจากหมึกตาย โดยเอนไซม์ในตัวหมึกกล้วยและเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นย่อยสลายสารประกอบไนโตรเจนทั้งที่เป็นโปรตีนและไม่เป็นโปรตีน ได้เป็นสารประกอบต่างๆที่ระเหยได้เพิ่มขึ้นตามการเน่าเสีย (Bono and Badalucco, 2012) ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา เนื้อหมึกต้มทุกชุดการทดลองมีปริมาณ TVB-N 2.53 มิลลิกรัมไนโตรเจน / 100 กรัมตัวอย่าง เมื่อเก็บรักษานานขึ้นเนื้อหมึกทุกชุดการทดลองมีปริมาณ TVB-N สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (Figure 2) เกิดจากปฏิกิริยาการย่อยสลายตัวเอง (autolysis) โดยเอนไซม์ในเนื้อหมึก รวมทั้งเกิดการเน่าเสียจากจุลินทรีย์ที่สร้างเอนไซม์เพื่อย่อยสลายประกอบไนโตรเจน ได้เป็นสารกลุ่มต่างๆที่ระเหยได้เกิดการสะสมในเนื้อหมึกปริมาณมากขึ้น Hernandez et al. (2009) พบว่า ปลา *Argyrosomus regius* ที่เก็บรักษาในน้ำแข็งมีปริมาณ TVB-N สูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นาน และ Okpala et al. (2014) พบว่าการเสื่อมคุณภาพของกุ้งขาวที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นระยะเวลาสั้นส่งผลให้ปริมาณ TVB-N เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และผลการทดลองครั้งนี้ยังแสดงให้เห็นว่าเนื้อหมึกที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ (IL02, IL05, ILC207 และ ILC210) มีปริมาณ TVB-N น้อยกว่าเนื้อหมึกที่แช่ในน้ำแข็งปราศจากกรดอินทรีย์ (ICC) ($P < 0.05$) และความเข้มข้นของกรดที่แตกต่างกันส่งผลต่อปริมาณ TVB-N ในเนื้อหมึกที่แตกต่างกันเช่นกัน โดยเนื้อหมึกในชุดการทดลอง ILC207 มีปริมาณ TVB-N น้อยที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากความเข้มข้นของกรดที่มากขึ้นมีความสามารถในการแพร่ผ่านเยื่อหุ้มผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ได้มากขึ้น การนำเข้ากรดอะมิโนเพื่อการเจริญน้อยลงและการสร้างเอนไซม์ของจุลินทรีย์เพื่อย่อยสลายสารประกอบไนโตรเจนให้เป็นต่างๆที่ระเหยได้มีปริมาณน้อยกว่าชุดการทดลองอื่นที่มีความเข้มข้นของกรดต่ำกว่า Xiao et al. (2017) พบว่าหมึกที่เก็บรักษาด้วยน้ำแข็งอิเล็กทรอนิกส์ และ Garcia-Soto et al. (2013) ที่แช่ปลา European hake (*Merluccius merluccius*) ปลา megrim (*Lepidorhombus whiffiagonis*) ในน้ำแข็งผสมกรดแล็กติกและกรดซิตริกช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษาจึงลดการย่อยสลายโปรตีนที่ทำให้เกิดเป็นต่างๆที่ระเหยได้มากกว่าการเก็บรักษาด้วยน้ำแข็งไม่ผสมกรด Mendes et al. (2011) ได้แนะนำว่าหมึกที่มีคุณภาพดีควรมีปริมาณ TVB-N ไม่เกิน 15 มิลลิกรัมไนโตรเจน / 100 กรัมตัวอย่าง ดังนั้นหากพิจารณาจากปริมาณ TVB-N ดังกล่าวทำให้เนื้อหมึกที่แช่ในน้ำแข็งปราศจากกรดอินทรีย์ (ICC) สามารถเก็บรักษาได้ไม่เกิน 9 วัน ขณะที่เนื้อหมึกที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ IL02 และ IL05 เก็บรักษาได้ไม่เกิน 12 และ 15 วัน ตามลำดับ ส่วน ILC207 และ ILC210 เก็บได้ไม่น้อยกว่า 21 วัน

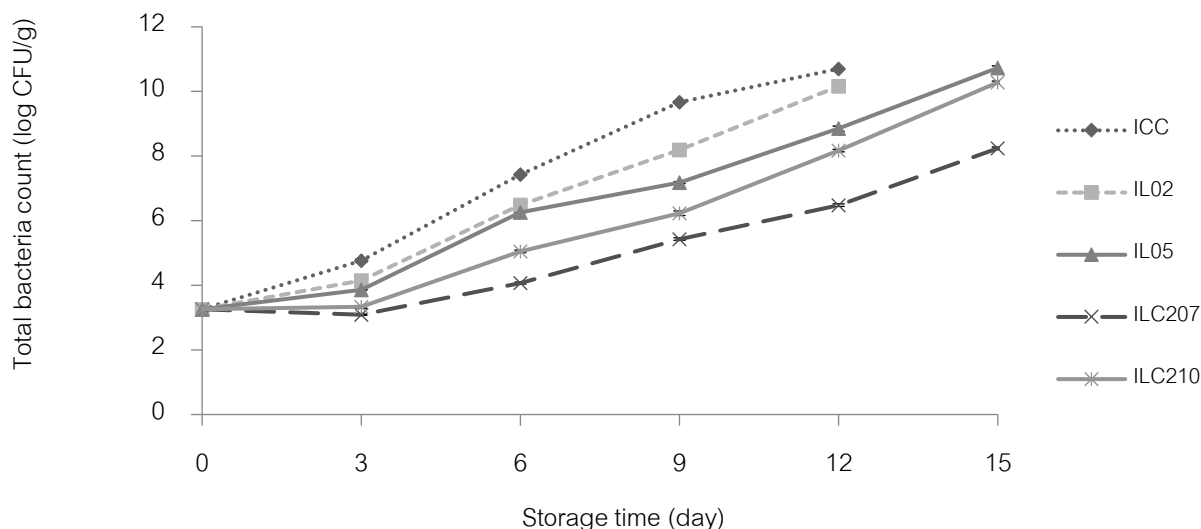


Figure 1 Total bacterial count of squid stored under different icing condition: no acid present in ice (ICC; ◆), 0.02% lactic acid present in ice (IL02; ■), 0.05% lactic acid present in ice (IL05; ▲), 0.02% lactic acid and 0.075% citric acid present in ice (ILC 207; X) and 0.02% lactic acid and 0.1% citric acid present in ice (ILC 210; *). Bars representing the standard deviation (n=3) are generally smaller than the symbols.

ปริมาณไตรเมทิลเอมีน (TMA-N) ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาปริมาณ TMA-N ของเนื้อหมึกทุกชุดการทดลอง 0.18 มิลลิกรัมไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง แสดงให้เห็นว่าเนื้อหมึกดัมมีคุณภาพดี ซึ่งโดยทั่วไปแล้วสัตว์น้ำปรุงสุกที่มีคุณภาพดีไม่ควรจะมีปริมาณ TMA-N เกิน 5 มิลลิกรัมไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง (Kusuma and Teerawut, 2014; Cobb and Vanderzant, 1971) แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น ปริมาณ TMA-N ของเนื้อหมึกทุกชุดการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (Figure 2) เกิดจากไตรเมทิลเอมีนออกไซด์ (TMAO) ที่เป็นสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนถูกเปลี่ยนเป็น TMA-N โดยเอนไซม์ trimethylamine oxidase ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น เมื่อมีปริมาณ TMA-N มากขึ้นทำให้มีกลิ่นเหม็นเน่า และเหม็นคาวมากขึ้น (Erkan and Bilen, 2010) ผลการศึกษาในครั้งนี้สอดคล้องกับ Atrea et al. (2009) พบว่าปริมาณ TMA-N ของหมึก (*Octopus vulgaris*) ระหว่างการแช่เย็น และ Okpala et al. (2014) พบว่าเนื้อกุ้งขาว (*L. vannamei*) ที่เก็บรักษาโดยใช้น้ำแข็ง มีปริมาณ TMA-N เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ผลการทดลองยังพบว่าเนื้อหมึกที่แช่ในน้ำแข็งปราศจากกรดอินทรีย์ (ICC) มีปริมาณ TMA-N สูงกว่าเนื้อหมึกที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ (IL02, IL05, ILC207 และ ILC210) โดย ILC207 เนื้อหมึกมีปริมาณ TMA-N น้อยที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($P < 0.05$) เนื่องจากกรดแล็กติกและกรดซิตริกยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่ม aerobes, anaerobes, psychrotrophs, proteolytic bacteria รวมทั้ง Enterobacteriaceae ได้ (García-Soto et al., 2013) นอกจากนี้กรดซิตริกยังเป็น chelator จับกับโลหะจึงชะลอการทำงานของเอนไซม์บางส่วนที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นได้ (Badii and Howell, 2002; Kilinc et al., 2009) ดังนั้นการเปลี่ยน TMAO ไปเป็น TMA-N จึงเกิดขึ้นช้าลงและเมื่อมีความเข้มข้นของกรดที่ใช้เพิ่มมากขึ้นประสิทธิภาพในการชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TMA-N จึงมีมากขึ้น สอดคล้องกับ Sanjuas-Rey et al. (2012b) พบว่า การแช่ปลาแมกเคอเรล (*Scomber scombrus*) ในน้ำแข็งผสมกรดแล็กติกและกรดซิตริกช่วยชะลอการเพิ่มปริมาณ TMA-N ได้ดีกว่าการแช่น้ำแข็งไม่ผสมกรด

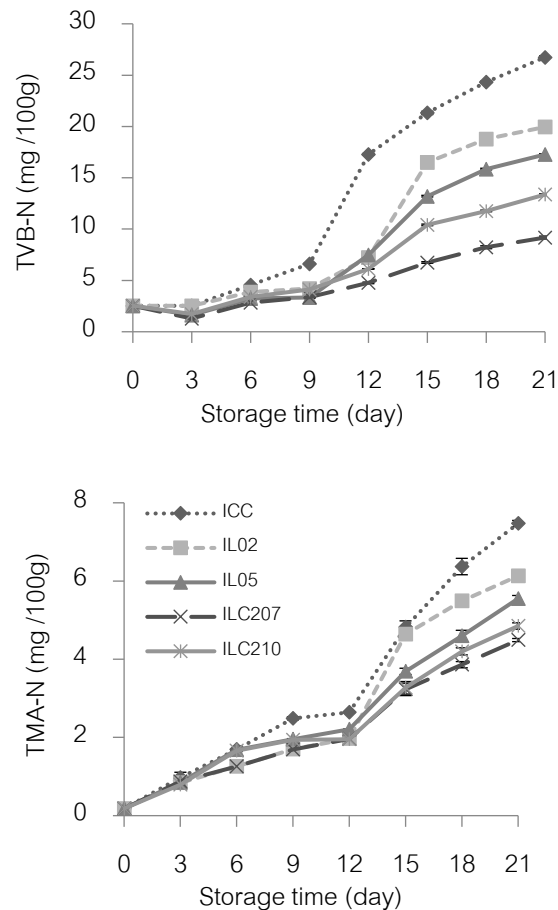


Figure 2 TVB-N (a) and TMA-N (b) values of squid stored under different icing condition: no acid present in ice (ICC; ◆), 0.02% lactic acid present in ice (IL02; ■), 0.05% lactic acid present in ice (IL05; ▲), 0.02% lactic acid and 0.075% citric acid present in ice (ILC 207; X) and 0.02% lactic acid and 0.1% citric acid present in ice (ILC 210; *). Bars representing the standard deviation (n=3) are generally smaller than the symbols.

แรงเฉือนของเนื้อหมึกในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา มีค่า 2.55 ± 0.28 g-force และเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ทุกชุดการทดลองมีค่าแรงเฉือนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (Figure 3) เนื่องจากเมื่อมีการเน่าเสียมากขึ้นโครงสร้างโปรตีนในเนื้อหมึกโดยเฉพาะอย่างยิ่งไมโอไฟบริลลาร์โปรตีนที่มีบทบาทต่อการยึดติดของกล้ามเนื้อของหมึกเสื่อมสภาพลง ส่งผลให้กล้ามเนื้อหมึกมีเนื้อสัมผัสนิ่มลง (สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2548) ดังนั้นแรงต้านจากการตัดของใบมีดบนเนื้อหมึกจึงน้อยลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น แสดงถึงการเน่าเสียที่มากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น สอดคล้องกับ ทรงพล สงวนทรัพย์ และคณะ (2560) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพของกุ้งขาว (*L. vannamei*) สุกระหว่างการเก็บรักษาด้วยการแช่เย็นพบว่า เนื้อกุ้งขาวมีค่าแรงเฉือนลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา เนื้อหมึกในชุดการทดลองที่แช่ในน้ำแข็งปราศจากกรดอินทรีย์ (ICC) มีค่าแรงเฉือนน้อยกว่าชุดการทดลองที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ (IL02, IL05, ILC207 และ ILC210) โดยเนื้อหมึก ILC207 มีค่าแรงเฉือนมากที่สุดตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา เนื่องจากการดัดกลายยังการเจริญของจุลินทรีย์ โดยการที่ให้ H^+ ของกรดแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์ทำให้สูญเสียสมบัติการเป็นเยื่อเลือกผ่านจึงช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ได้ (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนพานนท์, 2553) และการเป็น chelating agent ของกรดซิตริกทำให้จับโลหะที่เป็นองค์ประกอบในผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ได้ จึงเกิดการปลดปล่อยสารภายในเซลล์ออกมาภายนอกเซลล์ จุลินทรีย์จึงตายลง (Badii and Howell, 2002; Kilinc et al., 2009) ส่งผลให้การเสื่อมสภาพของโปรตีนในเนื้อหมึกเกิดน้อยลงตามความเข้มข้นของกรดที่มากขึ้น สอดคล้องกับ García-Soto et al. (2013) ที่แช่ปลา European hake (*Merluccius merluccius*) ปลา megrim (*Lepidorhombus whiffiagonis*) ในน้ำแข็งผสมกรดแอสคอร์บิกและกรดซิตริก ช่วยทำให้เนื้อปลามีความคงตัวและมีเนื้อสัมผัสดี

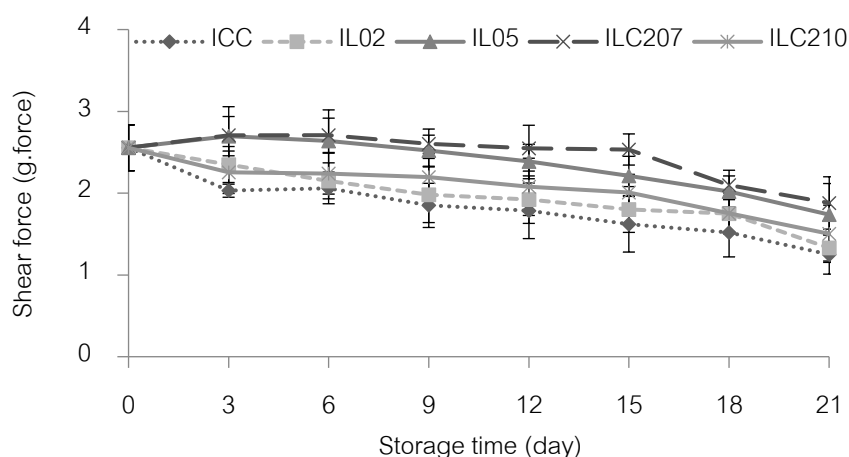


Figure 3 Shear force of squid stored under different icing condition: no acid present in ice (ICC; ◆), 0.02% lactic acid present in ice (IL02; ■), 0.05% lactic acid present in ice (IL05; ▲), 0.02% lactic acid and 0.075% citric acid present in ice (ILC 207; ×) and 0.02% lactic acid and 0.1% citric acid present in ice (ILC 210; *). Bars representing the standard deviation (n=3) are generally smaller than the symbols.

คุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า วันที่ 0 ของการเก็บรักษาเนื้อหมีทุกชุดการทดลอง ผู้ทดสอบให้การยอมรับในทุกคุณลักษณะสูงสุด คือ 5 คะแนน โดยเนื้อหมีชุดการทดลอง ICC (น้ำแข็งปราศจากกรดอินทรีย์) มีเนื้อสีขาวเป็นมันเงา มีกลิ่นหอมหวานตามธรรมชาติของเนื้อหมีก้าม เนื้อสัมผัสยืดหยุ่นดีมาก เหนียว และไม่แข็ง และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลาสั้น ผู้ทดสอบให้คะแนนระดับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส และรสชาติของเนื้อหมีก้ามลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (Figure 4) โดยวันที่ 15 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษา เนื้อหมีมีสีขาวอมเหลืองปานกลาง และเนื้อสัมผัสด้าน การยอมรับกลิ่นและรสชาติของเนื้อหมีก้ามลดลง และเนื้อสัมผัสนิ่มและมากขึ้น ส่วนเนื้อหมีชุดการทดลองที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ (IL02, IL05, ILC207 และ ILC210) พบว่า วันที่ 0 ของการเก็บรักษา เนื้อหมีมีเนื้อสีขาวเป็นมันเงา มีกลิ่นหอมหวานตามธรรมชาติ เนื้อสัมผัสยืดหยุ่น เหนียว ไม่แข็ง รสชาติหวานหมีก้าม แต่เมื่อเก็บรักษานานขึ้น เนื้อหมีมีระดับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส และรสชาติน้อยลงจนกระทั่งวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (วันที่ 15 ของการเก็บรักษา) ($P < 0.05$) (Figure 4) และเมื่อพิจารณาคุณภาพทางประสาทสัมผัสทั้งหมด ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส พบว่า การนำหมีก้ามสดทั้งตัวมาแช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ในชุดการทดลอง ILC207 ได้รับคะแนนการยอมรับจากผู้ทดสอบในด้าน กลิ่น เนื้อสัมผัส และรสชาติมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ IL05, ILC210, IL02 และ ICC ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณ TVB-N ปริมาณ TMA-N และแรงเหวี่ยงตามผลการทดลองที่ได้กล่าวก่อนหน้านี้ โดยกรดอินทรีย์ช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ทำให้การเปลี่ยนแปลงสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนเกิดช้าลง ดังนั้นการเกิดสารประกอบต่างๆ ที่ระเหยได้ชนิดต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อกลิ่นผิดปกติในเนื้อหมีเกิดน้อย และเมื่อจุลินทรีย์ถูกยับยั้งโดยกรดอินทรีย์ทำให้โครงสร้างโปรตีนถูกทำลายช้าลง ความยืดหยุ่นของโปรตีนไมโอไฟบริลล์และความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนยังมีอยู่ ทำให้เนื้อสัมผัสยืดหยุ่นดี กรดอะมิโนอิสระที่ให้กลิ่นรสและรสชาติในเนื้อหมีถูกทำลายช้าลง ทำให้ยังมีรสชาติดี Sanjuás-Rey et al. (2012b) พบว่า การแช่ปลาแมกเคอเรล (*Scomber scombrus*) ในน้ำแข็งผสมกรดแล็กติกและกรดซิตริกช่วยรักษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อปลาได้ดีกว่าการแช่ในน้ำแข็งไม่ผสมกรด ส่วนการนำหมีก้ามสดทั้งตัวมาแช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ชุดการทดลอง IL02 ได้รับคะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ IL05, ILC207, ILC210 และ ICC ตามลำดับ โดยเนื้อหมีก้ามในชุดการทดลองที่ผสมกรดอินทรีย์ 2 ชนิดรวมกัน ได้แก่ ILC207 และ ILC210 เนื้อหมีก้ามมีสีขาวอมชมพูและมีลักษณะบวมน้ำอาจเกิดจากกรดซิตริกทำให้โปรตีนบางส่วนเสียสภาพทำให้เกิดลักษณะปรากฏดังกล่าว เช่นเดียวกับที่พบในการเก็บรักษาเนื้อปลา Japanese sea bass (*Lateolabrax japonicus*) โดยการเคลือบไคโตซานผสมกรดซิตริก (Qiu et al., 2014)

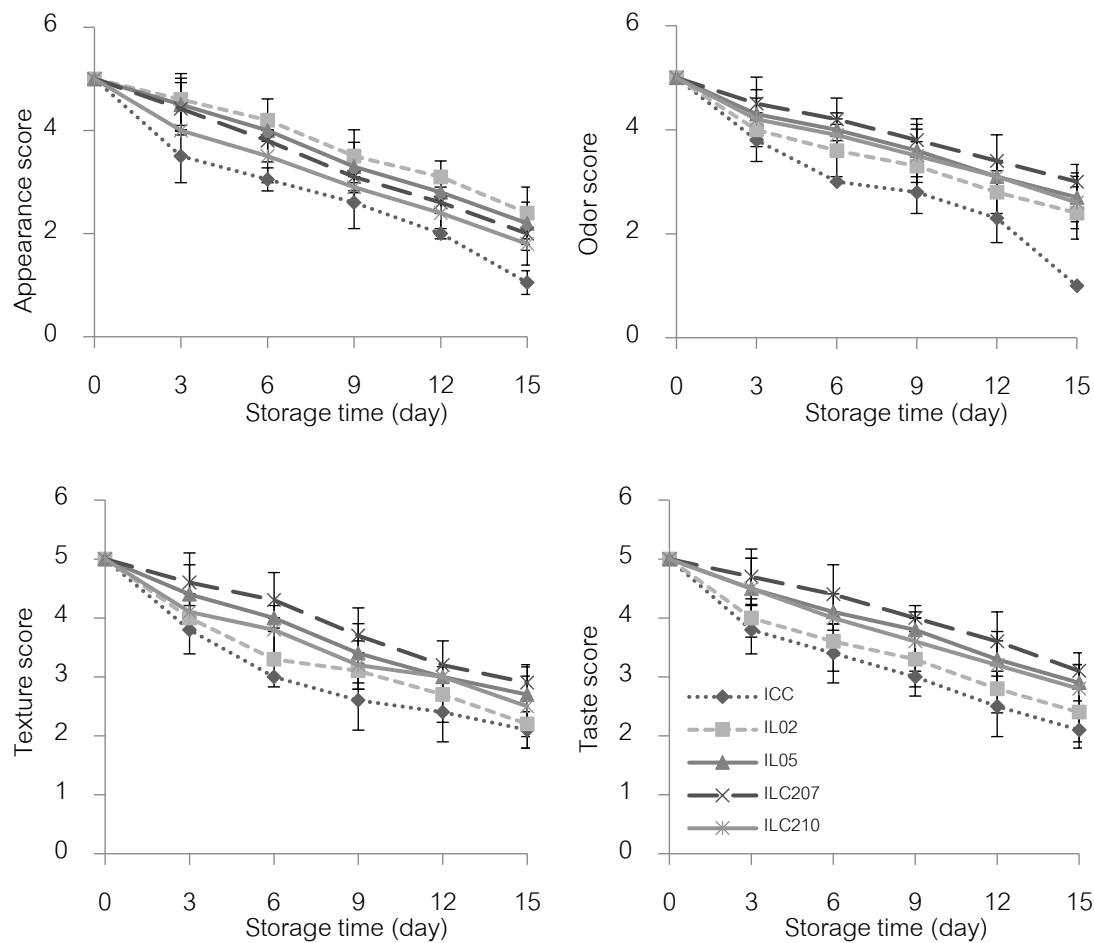


Figure 4 Sensory evaluation of squid stored under different icing condition: no acid present in ice (ICC; ◆), 0.02% lactic acid present in ice (IL02; ■), 0.05% lactic acid present in ice (IL05; ▲), 0.02% lactic acid and 0.075% citric acid present in ice (ILC 207; ×) and 0.02% lactic acid and 0.1% citric acid present in ice (ILC 210; *). Bars representing the standard deviation (n=3) are generally smaller than the symbols.

สรุปผลการศึกษา

การนำหมึกกล้วยสดทั้งตัวมาแช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ (IL02, IL05, ILC207 และ ILC210) ช่วยชะลอการเสื่อมคุณภาพของเนื้อหมึกกล้วยได้ดีกว่าการแช่ในน้ำแข็งปราศจากกรดอินทรีย์ (ICC) โดยการแช่หมึกกล้วยในน้ำแข็งผสมกรดแล็กติก 0.02% และกรดซิตริก 0.075% (ILC207) ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี (TVB-N และ TMA-N) กายภาพ (แรงเหวี่ยง) จุลชีววิทยา (จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด) และประสาทสัมผัส (กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส) ได้ดีที่สุด รองลงมาได้แก่น้ำแข็งผสมกรดแล็กติก 0.02% และกรดซิตริก 0.1% (ILC210) น้ำแข็งผสมกรดแล็กติก 0.05% (IL05) และน้ำแข็งผสมกรดแล็กติก 0.02% (IL02) ตามลำดับ ส่วนหมึกกล้วยที่แช่ในน้ำแข็งปราศจากกรดอินทรีย์ (ICC) มีการเน่าเสียเร็วที่สุด การกำหนดอายุการเก็บรักษาหมึกกล้วยที่แช่ในน้ำแข็งสำหรับการทดลองนี้พิจารณาจากจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่เกินมาตรฐาน (มากกว่า $6 \log \text{CFU/g}$) หมึกกล้วยที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดแล็กติก 0.02% และกรดซิตริก 0.075% (ILC207) มีอายุการเก็บรักษานานที่สุดคือ 9 วัน รองลงมาได้แก่ หมึกกล้วยที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดแล็กติก 0.02% และกรดซิตริก 0.1% (ILC210) เก็บรักษาได้ 6 วัน และที่เก็บรักษาได้ 3 วันเท่านั้น ได้แก่ หมึกกล้วยที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดแล็กติก 0.05% (IL05) หมึกกล้วยที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดแล็กติก 0.02% (IL02) และหมึกกล้วยที่แช่ในน้ำแข็งปราศจากกรดอินทรีย์ (ICC)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 12/2561

เอกสารอ้างอิง

- กองนโยบายและยุทธศาสตร์พัฒนาการประมง. 2561. สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2559. เอกสารฉบับที่ 12/2561. กรมประมง.
https://www.fisheries.go.th/strategy-stat/themeWeb/books/2559/1/yearbook_2559.pdf (25 พฤษภาคม 2562).
- ทรงพล สงวนทรัพย์, สวามิณี ธีระวุฒิ และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน. 2560. การยืดอายุการเก็บรักษาและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพของกุ้งขาวสุกระหว่างการเก็บรักษาด้วยการแช่เย็น. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา* 21(พิเศษ): 141-152.
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนพานนท์. 2553. แบคทีเรียผลิตภัณฑ์แลคติก. ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร.
<http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/782/lactic-acid> (25 พฤษภาคม 2562).
- สวามิณี ธีระวุฒิ และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน. 2561. การประยุกต์ใช้น้ำแข็งที่ผสมกรดอินทรีย์จากธรรมชาติเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาหมีกกล้วย. ใน *รายงานการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2561*. มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.
- สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2559. คู่มือการปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 364) พ.ศ. 2556 เรื่องมาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค. นนทบุรี: สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา.
- สุทธวัฒน์ เบญจกุล. 2548. เคมีและคุณภาพสัตว์น้ำ. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- อัครา แสงคม, นันทิพย์ ชันตยาภรณ์ และวราภา มหากาญจนกุล. 2553. การประยุกต์ใช้สารฆ่าเชื้อกลุ่มออกซิไดซ์ซึ่งเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาในผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ. ใน *การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร*. น. 408-416. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน, กรุงเทพฯ.
- AOAC. 1994. AOAC official method 991.14 Coliforms and *Escherichia coli* counts in foods. Day rehydratable film (Petrifilm™ *E.coli* Coliform Count Plate™ and Petrifilm™ Coliform Count Plate™) methods. *Journal of AOAC International* 74: 635.
- Atrea, I., Papavergou, A., Amvrosiadis, I., and Savva, I. N. 2009. Combined effect of vacuum-packaging and oregano essential oil on the shelf-life of Mediterranean octopus (*Octopus vulgaris*) from the Aegean Sea stored at 4°C. *Food Microbiology* 26(2): 166-172.
- Badii, F., and Howell, N. 2002. Effect of antioxidants, citrate, and cryoprotectants on protein denaturation and texture of frozen cod (*Gadus morhua*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50(7): 2053-2061.
- Bahmani, Z. A., Rezai, M., Hosseini, S. V., Regenstein, J. M., Böhme, K., Alishahi, A., and Yadollahi, F. 2011. Chilled storage of golden grey mullet (*Liza aurata*). *LWT - Food Science and Technology* 44(9): 1894-1900.
- Bensid, A., Ucar, Y., Bendeddouche, B., and Özogul, F. 2014. Effect of the icing with thyme, oregano and clove extracts on quality parameters of gutted and beheaded anchovy (*Engraulis encrasicolus*) during chilled storage. *Food Chemistry* 145: 681-686.
- Bono, G., and Badalucco, C. 2012. Combining ozone and modified atmosphere packaging (MAP) to maximize shelf-life and quality of striped red mullet (*Mullus surmuletus*). *Food Science and Technology* 47(2): 500-504.
- Cobb, B. F., and Vanderzant, C. 1971. Biochemical changes in shrimp inoculated with *Pseudomonas*, *Bacillus*, and *Corynebacterium*. *Journal of Food Technology* 34: 533-540.
- Dabadé, D. S., Azokpota, P., Nout, M. J., Hounhouigan, D. J., Zwietering, M. H., and Besten, H. M. 2015. Prediction of spoilage of tropical shrimp (*Penaeus notialis*) under dynamic temperature regimes. *International Journal of Food Microbiology* 210: 121-130.
- Erkan, N., and Bilen, G. 2010. Effect of essential oils treatment on the frozen storage stability of chub mackerel fillets. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit* 5: 101-110.
- García-Soto, B., Aubourg, S., Mata, P. C., and Barros-Velázquez, B. 2013. Extension of the shelf life of chilled hake (*Merluccius merluccius*) by a novel icing medium containing natural organic acids. *Food Control* 34(2): 356-363.
- García-Soto, B., Fernandez-No, I., Barros-Velázquez, B., and Aubourg, S. 2014. Use of citric and lactic acids in ice to enhance quality of two fish species during on-board chilled storage. *International Journal of Refrigeration* 40: 390-397.
- Hasegawa, H. 1987. Laboratory manual on analytical methods and procedures for fish and fish products. Singapore: Marine Fisheries Research Department, Southeast Asian Fisheries Development Center.
- Hernandez, M. D., Lopez, M. B., Alvarez, A., Ferrandini, E., and Garcia-Garcia, B. 2009. Sensory, physical, chemical, and microbiological changes in aquacultured meagre (*Argyrosomus regius*) fillets during ice storage. *Food Chemistry* 114(1): 237-245.
- Kilinc, B., Cakli, S., Dincer, T., and Tolasa, S. 2009. Microbiological, chemical, sensory, color, and textural changes of rainbow trout fillets treated with sodium acetate, sodium lactate, sodium citrate, and stored at 4°C. *Journal of Aquatic Food Product Technology* 18(1-2): 3-17.

- Kusuma, B., and Teerawut, S. 2014. Shelf-life extension of pre-cooked shrimp (*Litopenaeus vannamei*) by oregano essential oil during refrigerated storage. *Burapha Science Journal* 22(Special Volume): 71-77.
- Mendes, R., Silva, H. A., Anacletp, P., and Cardoso, C. 2011. Effect of CO₂ dissolution on the shelf life of ready-to-eat *Octopus vulgaris*. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 12(4): 551-561.
- Metin, S., Erkan, N., Varlik, C., and Aran, N. 2001. Extension of shelf life of chub mackerel (*Scomber japonicus* Houttuyn 1780) treated with lactic acid. *European Food Research and Technology* 213: 174-177.
- Okpala, C. O. R., Choo, W. S., and Dykes, G. A. 2014. Quality and shelf life assessment of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) freshly harvested and stored on ice. *LWT - Food Science and Technology* 55(1): 110-116.
- Özyurt, G., Kuley, E., Balıkçı, E., Kaçar, Ç., Gökdoğan, S., and Etyemez, M. 2012. Effect of the icing with rosemary extract on the oxidative stability and biogenic amine formation in sardine (*Sardinella aurita*) during chilled storage. *Food and Bioprocess Technology* 5(7): 2777-2786.
- Qiu, X., Chen, S., Liu, G., and Yang, Q. 2014. Quality enhancement in the Japanese sea bass (*Lateolabrax japonicus*) fillets stored at 4°C by chitosan coating incorporated with citric acid or licorice extract. *Food Chemistry* 162: 156-160.
- Quitral, V., Donoso, M. L., Ortiz, J., Herrera, M. V., Araya, H., and Aubourg, S. 2009. Chemical changes during the chilled storage of Chilean jack mackerel (*Trachurus murphyi*): effect of a plant extract-icing system. *LWT - Food Science and Technology* 42(1): 1450-1454.
- Sanjuas-Rey, M., García-Soto, B., Fuertes-Gamundi, J., Aubourg, S., and Barros-Velazquez, J. 2012a. Effect of a natural organic acid-icing system on the microbiological quality of commercially relevant chilled fish species. *LWT - Food Science and Technology* 46(1): 217-223.
- Sanjuas-Rey, M., Gallardo, J. M., Barros-Velazquez, J., and Aubourg, S. 2012b. Microbiological activity inhibition in chilled mackerel (*Scomber scombrus*) by employment of an organic acid-icing system. *Journal of Food Science* 77(5): M264-M269.
- Xiao, T. X., Yi, F. F., Jian, G. L., Ya, Q. H., Dong, H. L., Shi, G. C., Xing, Q. Y., and Tian, D. 2017. Preservation of squid by slightly acidic electrolyzed water ice. *Food Control* 73: 1483-1489.

วันรับบทความ (Received date) : 1 มี.ย. 62

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 6 ม.ค. 63

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 5 พ.ค. 63

การจัดการเพาะฟักแม่ปูม้า (*Portunus pelagicus*) ไข่นอกกระดองสีเทาดำ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการประกอบอาชีพทางการประมง

Hatching Management of Berried Female Blue Swimming Crab (*Portunus pelagicus*) with Dark Gray Eggs to Guidelines for Fishery Occupation

ไพโรจน์ แก้วมาก¹ วุฒิชัย อ่อนเอี่ยม² วาสนา อารรัตน์²
จักรพงษ์ หรั่งเจริญ¹ ประกายดาว ยิ่งสง่า¹ และยุทธพล สาเอี่ยม^{1*}

Pirot Kaewmak¹, Vutthichai Oniam², Wasana Arkronrat²,
Chakrapong Rangjaroen¹ Prakaidao Yingsanga¹ and Yuthapol Saeiam^{1*}

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาแนวทางการจัดการการเพาะฟักแม่ปูม้า (*Portunus pelagicus*) ไข่นอกกระดองสีเทาดำ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ของแม่ปูม้าที่ได้จาก อวนจมปู และลอบปู เพื่อทำการเปรียบเทียบผลดำเนินการเพาะฟักแม่ปูม้าที่มีรูปแบบการเพาะฟักต่างกัน ในช่วงเดือนมีนาคม - พฤษภาคม 2561 พบว่าแม่ปูม้าที่ได้มาจากการประมงลอบปูให้ค่าความกว้างกระดองเฉลี่ย ความยาวกระดองเฉลี่ย น้ำหนักไข่เฉลี่ย และจำนวนไข่เฉลี่ย มากกว่าแม่ปูม้าที่ได้มาจากการประมงอวนจมปูอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ส่วนอัตราการฟักไข่เฉลี่ย และจำนวนลูกปูม้าแรกฟักเฉลี่ยของแม่ปูม้าที่ได้มาจากการประมงลอบปู พบว่า ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับแม่ปูม้าที่ได้มาจากการประมงอวนจมปู ($P > 0.05$) สำหรับรูปแบบการจัดการการเพาะฟักแม่ปูม้าไข่นอกกระดองสีเทาดำ พบว่า การเพาะฟักแบบเดี่ยวในถังเพาะฟัก การเพาะฟักแบบเดี่ยวในบ่ออนุบาล และการเพาะฟักแบบรวมในบ่ออนุบาล ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของพื้นที่ และตามความต้องการการใช้ประโยชน์จากแม่พันธุ์ปูม้า โดยแนวทางในการดำเนินการเพาะฟักแม่ปูม้าไข่นอกกระดองสีเทาดำของเกษตรกร หรือผู้สนใจทั่วไปสามารถนำรูปแบบการเพาะฟักไปใช้ประโยชน์ได้ต่อไป

คำสำคัญ: ปูม้า การเพาะฟัก ถังเพาะฟัก อวนจมปู ลอบปู

Abstract

The objectives of this experiment were to study the reproduction potential of the berried female blue swimming crab (*Portunus pelagicus*) that had been obtained by different catching approaches (by crab gill net or collapsible crab trap), and to compare three hatching processes of the crab during the period of March-May 2018. The results showed that the average carapace width, carapace length, eggs weight, and fecundity of the crabs caught by collapsible crab traps were significantly higher than those features of crabs captured by crab gill nets ($P < 0.05$). The average hatching rates and the hatched crab larvae of the crabs caught by both methods were not significantly different ($P > 0.05$). Besides, the hatching processes comprised of leaving an individual female crab in a hatching tank or a nursery tank, when compared with the combining of a number of female crabs in a nursery tank, demonstrated either advantages or disadvantages, depending upon the availability of farming space. Significantly, the learning from this research into crab hatching processes can be usefully applied in the formation of fishery occupation guidelines concerned with hatching such a unique crab species.

Keywords: blue swimming crab, hatching processes, hatching tank, crab gill net, collapsible crab trap

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร เขตบางเขน กรุงเทพฯ 10220

² สถานีวิจัยประมงคลองวาฬ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ. เมือง จ. ประจวบคีรีขันธ์ 77000

¹ Department of Agricultural Technology, Faculty of Science and Technology, Phranakorn Rajabhat University, Bang Khen, Bangkok 10220

² Klongwan Fisheries Research Station, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Phranakorn Rajabhat University, Muang, Prachuap Khiri Khan 77000

*Corresponding author, E-mail: yuthapol.s@pnru.ac.th

คำนำ

ปูม้า (*Portunus pelagicus* Linnaeus) เป็นสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ และเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคเป็นอย่างมากทั้งในรูปของการบริโภคสด แปรรูป แช่เย็น และแช่แข็ง รวมทั้งยังเป็นวัตถุดิบที่ต้องการของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตอาหารบรรจุกระป๋องเพื่อการส่งออกที่สำคัญ จากสถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2558 มีปริมาณปูม้าที่จับได้เท่ากับ 22,379 ตัน โดยจับทางฝั่งอ่าวไทยเท่ากับ 17,076 ตัน และทางฝั่งทะเลอันดามันเท่ากับ 5,303 ตัน (กรมประมง, 2560) จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่าปูม้าเป็นสัตว์น้ำที่มีศักยภาพเชิงพาณิชย์ และเป็นที่ต้องการของตลาดสูง จึงทำให้ชาวประมงเกิดการแข่งขันด้านการทำประมง มีการพัฒนาและเปลี่ยนแปลงเครื่องมือให้มีประสิทธิภาพในการจับปูม้าให้ได้มากที่สุด การจับปูม้าจากทะเลขึ้นมาใช้ประโยชน์มากเกินไปจนเกิดผลกระทบได้ตามธรรมชาติ ส่งผลให้ปูม้าวัยรุ่น และปูม้าไข่นอกกระดองในท้องทะเลลดลง อีกทั้งผู้บริโภคในปัจจุบันนิยมบริโภคปูม้าที่มีไข่นอกกระดอง จนส่งผลกระทบต่อปริมาณปูม้าในธรรมชาติที่มีอัตราการลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งในปี พ.ศ. 2558 มีปริมาณปูม้าที่จับได้เท่ากับ 22,400 ตัน ลดลง 22.22% จากปริมาณปูม้าที่จับได้ในปี พ.ศ. 2554 (กรมประมง, 2560) และจากสาเหตุนี้จึงทำให้มีการศึกษาขององค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการเพาะเลี้ยงปูม้าในประเทศไทย โดยมีการพัฒนารูปแบบ วิธีการเพาะฟัก อนุบาล และเลี้ยงปูม้าเพื่อให้มีผลผลิต และอัตราการรอดตายที่สูงขึ้น เพื่อทดแทนผลผลิตจากธรรมชาติที่ลดลง (วารินทร์ ธนาสมหวัง และคณะ, 2548; วุฒิชัย อ่อนเอี่ยม และวาสนา อากวรรณ์, 2554) และรองรับกับความต้องการของผู้บริโภค ตลาด และโรงงานอุตสาหกรรมต่อไป แต่ถึงอย่างไรก็ตาม ปัจจุบันผลผลิตของลูกพันธุ์ปูม้าที่ได้จากการเพาะฟักยังมีปริมาณและคุณภาพไม่แน่นอน และยังไม่สามารถสร้างเป็นรายได้หรืออาชีพให้เกษตรกรได้ ซึ่งที่ผ่านมาส่วนมากจะใช้แม่พันธุ์ปูม้าที่จับได้จากธรรมชาติด้วยเครื่องมือประมงพื้นบ้าน และเครื่องมือประมงเชิงพาณิชย์ (สุเมธ ดันติกุล, 2527; กรุณา สัตยมาศ และสุชาติ ยังทรัพย์, 2532) ประกอบกับองค์ความรู้ด้านแหล่งแม่พันธุ์ปูม้าที่จะนำมาเพาะฟักในปัจจุบันยังมีการศึกษาไม่มากนัก ทั้งนี้ แหล่งที่มาของพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำมีความสำคัญต่อการเพาะพันธุ์ลูกสัตว์น้ำอย่างมาก ซึ่งถือว่าเป็นปัจจัยสำคัญอีกปัจจัยหนึ่งในการที่จะทำให้ประสบความสำเร็จด้านการเพาะพันธุ์สัตว์น้ำ การเพาะพันธุ์ปูม้าเพื่อให้ได้ลูกพันธุ์ที่มีขนาดเหมาะสม และมีปริมาณเพียงพอที่จะขยายผลไปสู่การเลี้ยงในบ่อขนาดใหญ่ มีความสำคัญเป็นอันดับแรกในการพัฒนาการเพาะเลี้ยงปูม้าในเชิงพาณิชย์ ซึ่งการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำถือเป็นอีกหนทางหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มผลผลิตปูม้าที่มีแนวโน้มลดลงตลอดทุกปีให้สูงขึ้น และเพียงพอต่อความต้องการของประชากร อีกทั้งยังช่วยให้เกิดการสร้างงาน สร้างอาชีพให้เกษตรกรเพื่อความยั่งยืนต่อไปในอนาคต (วารินทร์ ธนาสมหวัง, 2548; วุฒิชัย อ่อนเอี่ยม, 2554)

ด้วยเหตุนี้งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาถึงผลของแหล่งแม่พันธุ์ปูม้าไข่นอกกระดองสีเทาต่อประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ของแม่ปูม้า รวมไปถึงรูปแบบการจัดการเพาะฟักแม่ปูม้าไข่นอกกระดองสีเทา ซึ่งองค์ความรู้ที่ได้รับจากการวิจัยนี้สามารถใช้เป็นแนวทางการพัฒนาการจัดการเพาะฟักแม่ปูม้าเพื่อให้ได้ผลผลิต และอัตราการฟักไข่ที่สูงขึ้น และสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องหรือเกษตรกรผู้สนใจเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำต่อไป

วิธีการศึกษา

การเตรียมปูม้า

เตรียมปูม้าในการทดลองโดยคัดเลือกแม่ปูม้าไข่นอกกระดองสีเทาที่จับได้จากธรรมชาติ โดยทำการรวบรวมแหล่งพันธุ์มาจากการประมงทั้ง 2 แหล่ง คือ การประมงพาณิชย์ที่ใช้อวนจมน้ำ และการประมงพื้นบ้านที่ใช้ลอบปู โดยการสังเกตการพัฒนาการของตัวปูที่อยู่ในไข่ตามวิธีของนงนุช ตั้งเกริกโอฬาร และศุภางค์ ชำปฏี (2550) มาเพาะฟักในถังพลาสติกทรงกลมขนาด 200 ลิตร ภายในถังจะให้อากาศ โดยใส่หัวทรายวางไว้ที่ตำแหน่งตรงกลาง 1 หัว เติมน้ำทะเลที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยแคลเซียมไฮโปคลอไรต์ (CaOCl_2) หรือคลอรีนผง 70% ความเข้มข้น 30 ppm ปริมาตรน้ำ 100 ลิตร ความเค็ม 35 ppt ลงไปในถังก่อนเพาะฟักแม่ปูม้าไข่นอกกระดองสีเทา

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ของแม่ปูม้าไข่นอกกระดองสีเทาจากแหล่งแม่พันธุ์ต่างกัน

ทำการวางแผนการทดลองโดยใช้แม่ปูม้าไข่นอกกระดองสีเทาเป็นชุดการทดลอง (treatment) และใช้จำนวนตัวของแม่ปูเป็นซ้ำ (replication) แบ่งชุดการทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 7 ซ้ำ คือ ชุดการทดลองที่ 1 เพาะฟักแม่ปูม้าไข่นอกกระดองสีเทาที่ได้แหล่งพันธุ์มาจากการประมงอวนจมน้ำ และ ชุดการทดลองที่ 2 เพาะฟักแม่ปูม้าไข่นอกกระดองสีเทาที่ได้แหล่งพันธุ์มาจากการประมงลอบปู

นำแม่ปูม้าไข่นอกกระดองสีเทามาวัดความกว้างกระดอง (carapace width; CW) และความยาวกระดอง (carapace length, CL) โดยใช้เวอร์เนียครีปเปอร์ และชั่งน้ำหนัก (body weight, BW) แม่ปูก่อนเพาะฟักไข่ด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักขนาด 500 กรัม จากนั้นนำแม่ปูมาเพาะฟักในถังเพาะฟักที่เตรียมไว้ข้างต้น ปลอยแม่ปู 1 ตัว/ถัง เมื่อลูกปูฟักออกเป็นตัว ทำการแยก

แม่ปุ๋ยออก และนำแม่ปุ๋ยมาซึ่งน้ำหนักอีกครั้งหลังการเพาะพักไข่ แล้วทำการสูบน้ำลูกปุ๋ยมาแรกพักโดยใช้บีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร สูมตักลงไปในถังเพาะพัก โดยทำการสูบน้ำลูกปุ๋ย 3 ครั้ง/ถัง และนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย และเทียบกับปริมาณน้ำทั้งหมดภายในถังเพาะพัก ซึ่งจะช่วยให้ทราบถึงจำนวนลูกปุ๋ยทั้งหมด (วุฒิชัย วังคะฮาด และคณะ, 2550) จากนั้นคำนวณหาอัตราการพักไข่ของแม่ปุ๋ยมาตามวิธีการของ วุฒิชัย อ่อนเอี่ยม และวราห์ เทพาหุดี (2553) และ Oniam and Arkronrat (2014) ดังนี้

$$\text{อัตราการพักไข่ (\%)} = \frac{\text{จำนวนลูกปุ๋ยทั้งหมด}}{\text{จำนวนไข่ทั้งหมด}} \times 10 \quad (1)$$

$$\text{น้ำหนักไข่ (กรัม)} = \text{น้ำหนักแม่ปุ๋ยก่อนเพาะพัก} - \text{น้ำหนักแม่ปุ๋ยหลังเพาะพัก} \quad (2)$$

$$\text{จำนวนไข่ทั้งหมด (ฟอง)} = \text{น้ำหนักไข่} \times \text{จำนวนไข่แม่ปุ๋ย 1 กรัม} \quad (3)$$

สำหรับจำนวนไข่แม่ปุ๋ย 1 กรัม หาได้จากการสูบน้ำแม่ปุ๋ย และนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย และเทียบกับน้ำหนักไข่ 1 กรัม ซึ่งจะช่วยให้ทราบถึงจำนวนไข่แม่ปุ๋ย 1 กรัม

การเปรียบเทียบรูปแบบการจัดการเพาะพักแม่ปุ๋ยมาไข่นอกกระดองสีเทา

การศึกษารูปแบบการจัดการเพาะพักแม่ปุ๋ยมาไข่นอกกระดองสีเทา ซึ่งเลือกแม่ปุ๋ยมาจากลอบปูเนื่องจากเพื่อส่งเสริมการประมงพื้นบ้าน โดยทำการเปรียบเทียบสภาพทั่วไป ข้อดี และข้อเสียในการจัดการเพาะพัก การจัดการขนย้าย การจัดการคุณภาพน้ำ และการจัดการอื่น ๆ ของแม่ปุ๋ยมา นำปุ๋ยมาที่ใช้ในการทดสอบมาใส่ลงบ่อคอนกรีตขนาด 1.5x2.0x1.2 เมตร ภายในบ่อจะให้อากาศ โดยใส่หัวทรายวางกระจายไว้ภายในบ่อ บ่อละ 2 หัว (หัวบ่อและท้ายบ่อ) เติมน้ำทะเลที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยแคลเซียมไฮโปคลอไรต์ (CaOCl_2) หรือคลอรีนผง 70% ความเข้มข้น 30 ppm ปริมาตรน้ำ 1,500 ลิตร ความเค็ม 35 ppt ลงไปในบ่อก่อนเพาะพักแม่ปุ๋ยมาไข่นอกกระดองสีเทา จากนั้นแบ่งเป็น 3 ชุดการทดลอง การทดลองละ 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 เพาะพักแม่ปุ๋ยมาแบบเดียวในถังเพาะพัก โดยเตรียมถังพลาสติกทรงกลมขนาด 200 ลิตร ภายในถังจะให้อากาศ โดยใส่หัวทรายวางไว้ตรงกลาง 1 หัว เติมน้ำทะเลที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนผง 70% ความเข้มข้น 30 ppm ปริมาตรน้ำ 100 ลิตร ความเค็ม 35 ppt ลงไปในถังก่อนเพาะพักแม่ปุ๋ยมาไข่นอกกระดองสีเทา

ชุดการทดลองที่ 2 เพาะพักแม่ปุ๋ยมาแบบเดียวในบ่ออนุบาล โดยนำแม่ปุ๋ยมาไข่นอกกระดองสีเทาดำมาวัดความกว้างกระดอง (CW) และความยาวกระดอง (CL) โดยใช้เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ และชั่งน้ำหนัก (BW) แม่ปุ๋ยก่อนเพาะพักไข่ด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักขนาด 500 กรัม จากนั้นนำแม่ปุ๋ยมาเพาะพักในบ่ออนุบาลที่เตรียมไว้ข้างต้น โดยนำแม่ปุ๋ยใส่ในตะกร้าพลาสติก และรองตะกร้าด้วยผืนฉนวนในลอน ปล่อยแม่ปุ๋ย 1 ตัว/บ่อ เมื่อลูกปุ๋ยฟักออกเป็นตัว ทำการแยกแม่ปุ๋ยออกจากบ่ออนุบาล

ชุดการทดลองที่ 3 เพาะพักแม่ปุ๋ยมาแบบรวมในบ่ออนุบาล โดยนำแม่ปุ๋ยมาไข่นอกกระดองสีเทาดำมาวัดความกว้างกระดอง (CW) และความยาวกระดอง (CL) โดยใช้เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ และชั่งน้ำหนัก (BW) แม่ปุ๋ยก่อนเพาะพักไข่ด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักขนาด 500 กรัม จากนั้นนำแม่ปุ๋ยมาเพาะพักในบ่ออนุบาลที่เตรียมไว้ข้างต้น โดยนำแม่ปุ๋ยใส่ในตะกร้าพลาสติก ตะกร้าละ 1 ตัว และรองตะกร้าด้วยผืนฉนวนในลอน ปล่อยแม่ปุ๋ย 4 ตัว/บ่อ เมื่อลูกปุ๋ยฟักออกเป็นตัว ทำการแยกแม่ปุ๋ยออกจากบ่ออนุบาล

การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

การทำการศึกษาคะตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำก่อน และหลังทำการเพาะพักแม่ปุ๋ยมาไข่นอกกระดองสีเทา ดำเนินการ 3 ซ้ำ โดยวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) อุณหภูมิ น้ำ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความเค็ม ปริมาณแอมโมเนียรวม (Grasshoff, 1976) ปริมาณไนไตรต์ และความเป็นด่าง (APHA et al., 1998)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ของแม่ปุ๋ยมาไข่นอกกระดองสีเทาจากแหล่งแม่พันธุ์ต่างกัน โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเพื่อหาความแตกต่างของข้อมูล ด้วยวิธี Independent-Sample t-Tests ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การวิเคราะห์ข้อมูลรูปแบบการจัดการเพาะพักแม่ปุ๋ยมาไข่นอกกระดองสีเทา ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการพรรณนา (descriptive method) โดยอาศัยวิธีการทางสถิติบรรยาย ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ และค่าเฉลี่ย ด้วยการอธิบายถึงสภาพทั่วไป ข้อดี และข้อเสียของรูปแบบการจัดการเพาะพักแม่ปุ๋ยมา

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ของแม่ปูม้าไข่นอกกระดองสีเทาได้จากแหล่งแม่พันธุ์ต่างกัน

ผลของการศึกษาประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ของแม่ปูม้าจากแหล่งแม่พันธุ์ต่างกัน พบว่าความกว้างกระดอง (CW) ความยาวกระดอง (CL) น้ำหนักไข่ (BW) จำนวนไข่ทั้งหมด จำนวนลูกปูม้าทั้งหมด และอัตราการฟักไข่ของแม่ปูม้าที่ได้แหล่งพันธุ์มาจากการประมงวนจมน้ำมีค่าเฉลี่ยดัง Table 1 และเมื่อนำค่าเฉลี่ยมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่า ความกว้างกระดอง ความยาวกระดอง น้ำหนักไข่ และจำนวนไข่ทั้งหมดมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยความกว้างกระดอง ความยาวกระดอง น้ำหนักไข่ และจำนวนไข่ทั้งหมดของแม่ปูม้าที่ได้แหล่งพันธุ์มาจากการประมงวนจมน้ำมีความกว้างกระดอง ความยาวกระดอง น้ำหนักไข่ และจำนวนไข่ทั้งหมดน้อยกว่าแม่ปูม้าที่ได้แหล่งพันธุ์มาจากการประมงลอบปู ส่วนจำนวนลูกปูม้าทั้งหมด และอัตราการฟักไข่ของแม่ปูม้าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) (Table 1)

Table 1 Compare reproduction potential of berried female blue swimming crab obtained from different catching approaches.

Reproduction potential	Sources of blue swimming crab (Mean±SD) ^{1/}		P-value
	Crab gill net	Collapsible crab trap	
Carapace width (cm)	10.19±1.08 ^b	13.77±0.53 ^a	0.00
Carapace length (cm)	4.53±0.29 ^b	6.67±0.37 ^a	0.00
Eggs weight (g)	19.71±7.61 ^b	43.00±12.27 ^a	0.00
Eggs fecundity	283,885.71±109,577.06 ^b	938,819.00±267,992.11 ^a	0.00
Crab larvae	128,142.86±604,96.87 ^a	247,380.86±140,550.36 ^a	0.07
Average hatching rates (%)	49.72±24.46 ^a	28.31±17.71 ^a	0.09

^{1/} Means in a row followed by the same letter are not statistically different at the 0.05 level.

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของแม่ปูม้าจากแหล่งแม่พันธุ์ต่างกัน พบว่า คุณภาพน้ำก่อนและหลังเพาะฟักไข่แม่ปูม้าที่ได้แหล่งพันธุ์มาจากการประมงวนจมน้ำ มีความเค็ม ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) อุณหภูมิ น้ำ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และความเป็นด่าง ซึ่งจากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ไม่พบปริมาณแอมโมเนียรวม และปริมาณไนไตรต์จากการเพาะฟักแม่ปูม้าทั้งสองแหล่งพันธุ์ (Table 2)

Table 2 Water quality analysis of berried female blue swimming crab from different type of management.

Water quality indicators	Sources of blue swimming crab			
	Crab gill net		Collapsible crab trap	
	Before hatching	After hatching	Before hatching	After hatching
Salinity (ppt)	35	35	35	35
Dissolved oxygen(mg/L)	4.21-4.75	4.40-4.97	4.31-4.57	4.11-4.58
Temperature (°C)	31.4-33.2	29.0-30.3	31.6-32.5	29.1-30.4
Ph	8.60-8.71	8.38-8.49	8.67-8.74	8.05-8.44
Total ammonia (mg-N/L)	0.00	0.00	0.00	0.00
Nitrite (mg-N/L)	0.00	0.00	0.00	0.00
Alkalinity (mg/L as CaCO ₃)	163-165	172-174	163-179	151-152

รูปแบบการจัดการเพาะฟักแม่ปูม้าไข่นอกกระดองสีเทาดำ

จากการศึกษารูปแบบการจัดการสามารถเก็บรวบรวมข้อมูลในส่วนของ น้ำหนักไข่ของแม่ปูม้าเฉลี่ย จำนวนไข่ของแม่ปูม้า จำนวนลูกปูม้าแรกฟัก และอัตราการฟักไข่ (Table 3) โดยสภาพทั่วไปของการเพาะฟักแม่ปูม้าทั้ง 3 รูปแบบคือ เพาะฟักแม่ปูม้าแบบเดียวในถังเพาะฟัก เพาะฟักแม่ปูม้าแบบเดียวในบ่ออนุบาล และเพาะฟักแม่ปูม้าแบบรวมในบ่ออนุบาล สามารถสรุปข้อดี-ข้อเสียของรูปแบบการจัดการแต่ละรูปแบบได้ดังนี้

Table 3 Study on hatching management of berried female blue swimming crab.

Type of management	Average eggs weight (g)	Eggs fecundity ($\times 10^5$ egg)	Crab larvae ($\times 10^5$)	Average hatching rates (%)
Single per hatchery tank	52 $\pm$ 11.53	11.35 $\pm$ 2.52	3.19 $\pm$ 2.35	28.29 $\pm$ 2.35
Single per nursery pond	32.33 $\pm$ 3.79	7.06 $\pm$ 0.83	-	-
Total per nursery pond	38.25 $\pm$ 7.86	8.35 $\pm$ 1.72	-	-

- แบบเดียวในถังเพาะฟัก มีข้อดีได้แก่ ทราบน้ำหนักไข่ของแม่ปูม้า จำนวนไข่ของแม่ปูม้า จำนวนลูกปูม้าแรกฟัก และทราบอัตราการฟักไข่ของแม่ปูม้า ข้อเสียได้แก่ มีความยุ่งยากเกี่ยวกับการจัดการ และกระบวนการเก็บเกี่ยวลูกปูม้าแรกฟัก คัดแยกลูกปูม้าเพื่อนำไปอนุบาลต่อได้ยาก เนื่องจากลูกปูมีการปนเปื้อนของของเสียที่เกิดจากการฟักไข่ของแม่ปูม้ามาก เช่น เปลือกไข่ ไข่ที่ไม่ฟัก สิ่งขับถ่าย และมีความเสี่ยงในกระบวนการขนย้ายลูกปูม้าแรกฟักไปสู่บ่ออนุบาล เช่น ลูกปูตายระหว่างการขนย้าย

- แบบเดียวในบ่ออนุบาล มีข้อดีได้แก่ ทราบน้ำหนักไข่ของแม่ปูม้า จำนวนไข่ของแม่ปูม้า ลดความยุ่งยากในการจัดการ และการเก็บเกี่ยวลูกปูม้าแรกฟัก ลดความเสียหายระหว่างการขนย้ายลูกปูม้าแรกฟักไปสู่บ่ออนุบาล สามารถคัดแยกลูกปูม้าแรกฟักได้ง่าย และลูกปูมีการปนเปื้อนของของเสียที่เกิดจากการฟักไข่ของแม่ปูม้าน้อย ข้อเสียได้แก่ ไม่ทราบจำนวนลูกปูม้าแรกฟัก เนื่องจากบ่ออนุบาลมีขนาดใหญ่จึงไม่สามารถสุ่มนับจำนวนลูกปูม้าได้อย่างทั่วถึง และไม่ทราบอัตราการฟักไข่ของแม่ปูม้า เนื่องจากไม่ทราบจำนวนลูกปูม้าแรกฟัก

- แบบรวมในบ่ออนุบาล มีข้อดีได้แก่ ลดความยุ่งยากในการจัดการ และการเก็บเกี่ยวลูกปูม้าแรกฟัก ลดความเสียหายระหว่างการขนย้ายลูกปูม้าแรกฟักไปสู่บ่ออนุบาล สามารถคัดแยกลูกปูม้าแรกฟักได้ง่าย และลูกปูมีการปนเปื้อนของของเสียที่เกิดจากการฟักไข่ของแม่ปูม้าน้อย ข้อเสียได้แก่ ไม่ทราบจำนวนลูกปูม้าแรกฟัก เนื่องจากปล่อยแม่ปูมารวมกันหลายตัว ไม่ทราบอัตราการฟักไข่ของแม่ปูม้าแต่ละตัว เนื่องจากไม่ทราบจำนวนลูกปูม้าแรกฟัก

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ของแม่ปูม้าที่ได้แหล่งพันธุ์มาจากการประมงวนจมน้ำ และลอบปู พบว่า แม่ปูมีความกว้างกระดองเฉลี่ยเท่ากับ 10.19 $\pm$ 1.08 และ 13.77 $\pm$ 0.53 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งผลของการศึกษาความกว้างกระดองในครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่ามีความกว้างกระดองใกล้เคียงกันกับการรายงานที่ผ่านมาของ มนต์รี สุมนธา และวุฒิชัย วังคะฮาด (2549) และ วุฒิชัย วังคะฮาด และคณะ (2550) ที่ได้มีการรายงานไว้ว่าความกว้างกระดองของปูม้าเพศเมียที่จับได้จากการประมงวนจมน้ำอยู่ในช่วง 4.00-19.50 เซนติเมตร (มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.45-12.55 เซนติเมตร) โดยคิดเป็นปูม้าก่อนถึงวัยเจริญพันธุ์ 28.39% และวัยเจริญพันธุ์ 71.61% โดยบริเวณฝั่งอ่าวไทยมีความกว้างกระดองเฉลี่ยเล็กสุดที่จังหวัดชลบุรีเท่ากับ 8.50 เซนติเมตร และเฉลี่ยใหญ่สุดที่จังหวัดปัตตานีเท่ากับ 14.00 เซนติเมตร ส่วนฝั่งทะเลอันดามันเฉลี่ยเล็กสุดที่จังหวัดระนองเท่ากับ 10.97 เซนติเมตร และเฉลี่ยใหญ่สุดที่จังหวัดภูเก็ตเท่ากับ 13.76 เซนติเมตร กรวิทย์ จันทร์กุล และเสาวนีย์ สิงห์ไกรวรรณ (2552) รายงานว่า ปูม้าไข่นอกกระดองสีเทาดำ (ระยะสมบูรณ์เพศ) ที่จับได้จากการประมงวนจมน้ำ และลอบปูแบบพับได้มีความกว้างกระดองเฉลี่ยเท่ากับ 11.02 และ 10.48 เซนติเมตร และมีขนาดใหญ่กว่าขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์ 29.44 และ 17.05% ตามลำดับ อรสา เพชรสลับศรี และคณะ (2555) รายงานว่า ความกว้างกระดองของปูม้าเพศเมียที่จับได้จากการประมงวนจมน้ำ และลอบปูอยู่ในช่วง 8.68-15.80 (มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.42 $\pm$ 1.28 เซนติเมตร) และในช่วง 10.68-17.90 เซนติเมตร (มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.07 $\pm$ 1.73 เซนติเมตร) ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ กมลรัตน์ พุทธิรักษา และคณะ (2555) รายงานว่า ปูม้าเพศเมียที่จับได้จากการประมงวนจมน้ำ และลอบปูแบบพับได้บริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออกมีความกว้างกระดองอยู่ในช่วง 6.20-17.80 เซนติเมตร และปูม้าที่มีขนาดเล็กสุดที่มีไข่นอกกระดองมีความกว้างกระดอง 6.50 เซนติเมตร และมีขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์ได้มีความกว้างกระดองเท่ากับ 9.84 เซนติเมตร

การศึกษาจำนวนไข่หรือความดกไข่ของแม่ปูม้าที่ได้แหล่งพันธุ์มาจากการประมงวนจมนปู และลอบปู พบว่า แม่ปูมีจำนวนไข่เฉลี่ยเท่ากับ $283,885.71 \pm 109,577.06$ และ $938,819.00 \pm 267,992.11$ ฟอง ตามลำดับ ซึ่งผลของการศึกษาความดกไข่นี้สอดคล้องและเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับ จินตนา จินดาลิขิต (2544) รายงานว่า ปูม้าที่พบบริเวณอ่าวไทยตอนในมีความกว้างกระดองอยู่ในช่วง 10.08-11.88 เซนติเมตร มีความดกไข่ระหว่าง 400,000-1,413,150 ฟอง (มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 712,684 ฟอง) และปูม้าที่พบบริเวณอ่าวไทยตอนล่างมีความกว้างกระดองอยู่ในช่วง 9.15-18.84 เซนติเมตร มีความดกไข่ระหว่าง 229,538 - 2,859,061 ฟอง (มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 998,292 ฟอง) วีรชัย เพชรสุทธิ และคณะ (2554) รายงานว่า แม่ปูม้าไข่นอกกระดองสีเทาดำที่พบบริเวณอ่าวละแม จังหวัดชุมพร มีความกว้างกระดองอยู่ในช่วง 8.00-12.88 เซนติเมตร มีความดกไข่ระหว่าง 320,000-777,800 ฟอง (มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $593,600 \pm 185,564.382$ ฟอง)

จากผลการศึกษานี้ เมื่อนำค่าเฉลี่ยความกว้างกระดอง ความยาวกระดอง น้ำหนักไข่ และจำนวนไข่ทั้งหมดของแม่ปูม้าทั้ง 2 แหล่งพันธุ์มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่า แม่ปูม้าที่ได้แหล่งพันธุ์มาจากการประมงวนจมนปูมีความกว้างกระดอง ความยาวกระดอง น้ำหนักไข่ และจำนวนไข่ทั้งหมดน้อยกว่าแม่ปูม้าที่ได้แหล่งพันธุ์มาจากการประมงลอบปู ($P < 0.05$) แสดงให้เห็นว่า แหล่งแม่พันธุ์ปูม้ามีผลต่อประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ของปูม้าทั้งด้านขนาดและความดกไข่ โดยปูที่มีขนาดใหญ่ (ส่วนมากมาจากการประมงลอบปู) จะมีปริมาณไข่มากกว่าปูที่มีขนาดเล็ก (ส่วนมากมาจากการประมงวนจมนปู) ซึ่งความดกไข่จะมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับขนาดของแม่ปูม้า หรือมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามน้ำหนักตัว และความกว้างกระดองที่เพิ่มขึ้น (วุฒิชัย อ่อนเอี่ยม และวราห์ เทพาหุดี, 2553)

วนจมนปู และลอบปูแบบพับได้มีประสิทธิภาพในการจับปูม้าสูง โดยปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อขนาดและปริมาณที่จับได้ คือ ฤดูกาลทำประมงหรือช่วงเวลาในการทำประมง ระยะห่างจากฝั่งหรือระดับความลึกของน้ำ ขนาดตาอวน และแหล่งทำการประมง ในการจับปูม้าด้วยเครื่องมือประมงวนจมนปู ขนาดตาอวนถือเป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกจับ โดยขนาดของปูม้าที่จับได้จะแปรผันตามขนาดของตาอวนที่ใช้ คือ อวนขนาดตาใหญ่จะจับได้ปูขนาดใหญ่ ส่วนอวนขนาดตาเล็กจะจับได้ปูขนาดเล็ก (วีรยุทธ ศรีคุ้ม และประภาส บินอำหามาน, 2546; พีระ อวสานบุญ และคณะ, 2549) ซึ่งนอกจากขนาดตาอวนแล้ว แหล่งทำการประมงก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญในการจับปูม้าได้ขนาดต่างกัน เนื่องจากแหล่งทำการประมงในบริเวณน้ำตื้นใกล้ชายฝั่งสามารถจับปูม้าได้น้ำหนักและปริมาณสูงกว่าแหล่งทำการประมงในบริเวณน้ำลึกมากกว่า 10 เมตร (ศันสนีย์ ศรีจันทร์งาม และโรจนรุฒม์ รุ่งเรือง, 2549) และขนาดของปูม้าที่จับได้มีขนาดเล็กกว่าปูม้าขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์ เนื่องจากแหล่งทำการประมงอยู่บริเวณใกล้ชายฝั่ง ปากอ่าว และปากแม่น้ำ ซึ่งเป็นแหล่งอาศัยเลี้ยงตัวของปูม้าขนาดเล็กจำนวนมาก

นอกจากนี้ ความแตกต่างของค่าความกว้างกระดองของแม่ปูม้าอาจมาจากการสาเหตุของช่วงเวลา รวมทั้งความแตกต่างในด้านถิ่นที่อยู่อาศัยของปูม้าทั้งในฝั่งอ่าวไทยและฝั่งทะเลอันดามัน โดย วีรชัย เพชรสุทธิ และคณะ (2554) รายงานว่า ปูม้าสามารถวางไข่ได้ตลอดทั้งปี และมีความชุกชุมของการวางไข่มากที่สุด 2 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 ระหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม และช่วงที่ 2 ระหว่างเดือนกันยายนถึงเดือนธันวาคม จินตนา จินดาลิขิต และคณะ (2554) รายงานว่า ฤดูวางไข่ของปูม้าในบริเวณพื้นที่อ่าวไทยฝั่งตะวันออก อ่าวไทยตอนใน อ่าวไทยตอนล่าง และฝั่งทะเลอันดามัน โดยทั่วไปสามารถพบปูม้าไข่นอกกระดองได้เกือบตลอดทั้งปีในทุกพื้นที่ บริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออกพบปูม้าไข่นอกกระดองได้ทุกเดือน ไม่พบช่วงที่มีปูม้าไข่นอกกระดองมากชัดเจน อ่าวไทยตอนในพบปูม้าไข่นอกกระดองมากระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม และเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม และอ่าวไทยตอนล่างพบปูม้าไข่นอกกระดองมากระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนกรกฎาคม ส่วนฝั่งทะเลอันดามันพบปูม้าไข่นอกกระดองได้ทุกเดือน ไม่พบช่วงที่มีปูม้าไข่นอกกระดองมากชัดเจน ซึ่งช่วงเวลาอาจเหลื่อมล้ำกันบ้างเล็กน้อย ตามสิ่งแวดล้อมและอุณหภูมิรายปีที่มีการเปลี่ยนแปลง ส่วนผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำก่อนและหลังเพาะฟักไข่แม่ปูม้าทั้ง 2 แหล่งพันธุ์ จากการศึกษาพบว่า ค่าคุณภาพน้ำในแต่ละชุดการทดลองอยู่ในระดับที่เหมาะสม และไม่ส่งผลกระทบต่อการเพาะฟักไข่แม่ปูม้า และไม่มีผลต่ออัตราการตายของลูกปูม้าแรกฟัก (วุฒิชัย อ่อนเอี่ยม และวราห์ เทพาหุดี, 2553)

การเพาะพันธุ์ปูม้าในประเทศไทยเริ่มต้นโดยทดลองในโรงเพาะฟักเนื่องจากสามารถควบคุมปัจจัยที่ต้องการทดสอบเพื่อให้ทราบปัจจัยต่าง ๆ ที่เหมาะสม ต่อมามีการพัฒนารูปแบบวิธีการเพาะเพื่อให้ได้ผลผลิตลูกปูม้าที่สูงขึ้น (วุฒิ คุปตะวาทีน, 2543; วารินทร์ ธนาสมหวัง, 2548; นงนุช ตั้งเกริกโอฬาร และศุภางค์ ขำปูกิ, 2550) ซึ่งการศึกษาลักษณะทั่วไปของรูปแบบการจัดการเพาะฟักแม่ปูม้าแบบเดี่ยวในถังเพาะฟัก เพาะฟักแม่ปูม้าแบบเดี่ยวในบ่ออนุบาล และเพาะฟักแม่ปูม้าแบบรวมในบ่ออนุบาล จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า รูปแบบการเพาะฟักแต่ละรูปแบบจะมีข้อดี-ข้อเสียที่แตกต่างกันไป และรูปแบบการเพาะฟักที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ สามารถใช้เป็นแนวทางในการจัดการการเพาะฟักแม่ปูม้าไข่นอกกระดองสีเทาดำของเกษตรกร หรือผู้สนใจทั่วไปได้ โดยสามารถนำไปปรับใช้ตามความเหมาะสมของพื้นที่ หรือตามความต้องการใช้ประโยชน์จากแม่พันธุ์ปูม้าตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการข้อมูลในการเพาะฟักจากแม่พันธุ์ปูม้าแต่ละตัว หรือต้องการข้อมูลทางวิชาการก็ควรเลือกรูปแบบการ

เพาะปักแบบเดียวในถังเพาะปัก แต่ถ้าต้องการใช้พื้นที่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ไม่ได้ต้องการข้อมูลจากแม่พันธุ์ปูม้าแต่ละตัว หรือ ต้องการเพาะปักลูกปูม้าแบบมหามวลก็ควรเลือกใช้รูปแบบการเพาะปักแบบรวมในบ่ออนุบาล เป็นต้น

นอกจากนี้ รูปแบบการเพาะปักแม่ปูม้าไข่นอกกระดองที่เหมาะสมถือว่ามีส่วนสำคัญในการบริหารจัดการด้านการเพาะพันธุ์ปูม้าอยู่ไม่น้อย เนื่องจากการเลือกรูปแบบหรือวิธีการที่เหมาะสมจะทำให้ง่ายต่อการบริหารจัดการด้านการผลิตลูกพันธุ์ และช่วยให้สามารถผลิตลูกพันธุ์ได้อย่างต่อเนื่องตามความต้องการของตลาดได้ (Oniam and Arkronrat, 2014) วุฒิชัย อ่อนเอี่ยม และวราณา อัครรัตน์ (2554) รายงานว่า การเลี้ยงแม่พันธุ์ปูม้าหลังเพาะปักเพื่อให้มีไข่นอกกระดองอีกครั้งในตะกร้าภายใน บ่อคอนกรีตแบบมีทรายรองพื้นตะกร้า และเลี้ยงภายในบ่อคอนกรีตแบบมีถาดทรายอยู่ในบ่อจะให้ผลดีกว่าการเลี้ยงในตะกร้า ภายในบ่อคอนกรีตแบบไม่มีทรายรองพื้นตะกร้า ซึ่งองค์ความรู้เหล่านี้เป็นอีกแนวทางหนึ่งของการพัฒนาเพื่อเพิ่มศักยภาพ การเพาะพันธุ์ปูม้า

สรุปผลการศึกษา

ประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ของแม่ปูม้าที่ได้แหล่งพันธุ์มาจากการประมงวนจมน้ำมีความกว้างกระดอง ความยาวกระดอง น้ำหนักไข่ และจำนวนไข่ทั้งหมดน้อยกว่าแม่ปูม้าที่ได้แหล่งพันธุ์มาจากการประมงลอบปู ($P < 0.05$) แสดงให้เห็นว่าแหล่งแม่พันธุ์ปูม้ามีผลต่อประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ของปูม้าทั้งด้านขนาด และความดกไข่ โดยปูที่มีขนาดใหญ่จะมีปริมาณไข่มากกว่าปูที่มีขนาดเล็ก ส่วนจำนวนลูกปูม้าทั้งหมด และอัตราการฟักไข่ของแม่ปูม้าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) รูปแบบ การจัดการเพาะปักแม่ปูม้าแบบเดียวในถังเพาะปัก เพาะปักแม่ปูม้าแบบเดียวในบ่ออนุบาล และเพาะปักแม่ปูม้าแบบรวมในบ่อ อนุบาล จากการศึกษาค้นครั้งนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการจัดการการเพาะปักแม่ปูม้าไข่นอกกระดองสีเทาดำของเกษตรกร หรือ ผู้สนใจทั่วไปได้ ซึ่งแต่ละรูปแบบก็จะมีข้อดี-ข้อเสียที่แตกต่างกันไป โดยสามารถนำไปปรับใช้ตามความเหมาะสมของพื้นที่ หรือ ตามความต้องการการใช้ประโยชน์จากแม่พันธุ์ปูม้าต่อไปได้

การศึกษาค้นครั้งนี้เป็นเพียงแนวทางในการบริหารจัดการการเพาะปักแม่ปูม้าไข่นอกกระดองสีเทาดำภายในโรงเพาะปัก เท่านั้น ทั้งนี้ เพื่อให้การพัฒนาองค์ความรู้ด้านการเพาะปักปูม้าสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของรูปแบบ การเพาะปักแม่พันธุ์ปูม้าไข่นอกกระดองสีเทาดำในบ่อดิน รวมไปถึงการบริหารจัดการการเพาะปักแม่ปูม้าในบ่อดินเพื่อการผลิต ลูกพันธุ์ปูม้าแบบมหามวลต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กมลรัตน์ พุทธิรักษา, อุดม เครือเนียม และบุญฤทธิ์ เจริญสมบัติ. 2555. *ชีววิทยาการสืบพันธุ์ของปูม้าบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออก*. เอกสารวิชาการฉบับที่ 16/2555. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมประมง. 2560. *สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2558*. เอกสารวิชาการฉบับที่ 5/2560. กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง, กองนโยบายและยุทธศาสตร์พัฒนาการประมง, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรวิทย์ จันทร์กุล และเสาวนีย์ สิงห์ไกรวรรณ. 2552. *การประมงวนจมน้ำและลอบปูแบบพับได้บริเวณอ่าวไทยตอนใน*. เอกสารวิชาการฉบับที่ 3/2552. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรรณา สัตยมาศ และสุชาติ ยังทรัพย์. 2532. *การเลี้ยงปูม้าโดยใช้พื้นที่และที่กำบังชนิดต่าง ๆ*. เอกสารวิชาการฉบับที่ 1. กลุ่มพัฒนาแหล่งประมง, ศูนย์วิจัยประมงทะเลอันดามัน, กองประมงทะเล, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- จินตนา จินดาลิขิต, จักรพันธ์ ปันพุทธศิลป์, ชนิษฐา เสรีรักษ์ และสุวัชร วงษ์โก. 2554. *ชีววิทยาและการประมงพันธุ์ปูม้า Portunus pelagicus (Linnaeus, 1758) บริเวณอ่าวไทยตอนบน*. เอกสารวิชาการฉบับที่ 3/2551. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- จินตนา จินดาลิขิต. 2544. *ชีววิทยาการสืบพันธุ์ของปูม้า Portunus pelagicus (Linnaeus, 1758) บริเวณอ่าวไทยตอนบน*. ใน *รายงานการสัมมนาวิชาการประจำปี 2544*. ห้องประชุมกรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ธีรยุทธ ศรีคุ้ม และประภาส บิน่าพมาน. 2546. *การศึกษาประสิทธิภาพของวนจมน้ำ*. เอกสารวิชาการฉบับที่ 1/2546. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- นงนุช ตั้งกรีกโอฟาร์ และศุภากร ชำปฏี. 2550. *พัฒนาการของคัพภะและระยะเวลาของการฟักไข่ในปูม้าเพศเมียที่มีไข่นอกกระดอง*. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา* 12(2): 55-62.
- พีระ อ่าวสมบุญ, จานอง อุบลสุวรรณ และเรืองไกรวินท์ เรืองพริ้ม. 2549. *การเปรียบเทียบขนาดตาอวนที่เหมาะสมในการทำประมงปูม้าด้วยวนจมน้ำและลอบปูบริเวณอ่าวพังงา*. เอกสารวิชาการฉบับที่ 1/2549. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- มนตรี สุมณฑา และวุฒิชัย วงศ์ฮาด. 2549. *การประมงวนจมน้ำบริเวณจังหวัดระนอง*. เอกสารวิชาการเลขที่ 27/2549. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

- วารินทร์ ธนาสมหวัง, ชัยยุทธ พุทธิจัน, วัฒนา ฉิมแก้ว และสุพิศ ทองรอด. 2548. การเลี้ยงปูม้าในบ่อดิน. ใน รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการการผลิตพันธุ์และการเลี้ยงปูม้า (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) เชียงพาณิชย์. น. 339-369. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- วารินทร์ ธนาสมหวัง. 2548. การเพาะเลี้ยงปูม้าเชิงพาณิชย์. เอกสารเผยแพร่โครงการการผลิตพันธุ์และการเลี้ยงปูม้า (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) เชียงพาณิชย์. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสมุทรสาคร, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- วีรชัย เพชรสุทธิ, ศิริชัย อุณศรีสง, ชลตรงค์ ทองสง และอำนาจ รักษาผล. 2554. แนวทางการฟื้นฟู และการจัดการใช้ประโยชน์ทรัพยากรปูม้าอย่างยั่งยืน โดยชุมชนท้องถิ่นมีส่วนร่วม บริเวณอ่าวละแม จังหวัดชุมพร. รายงานผลการวิจัย. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- วุฒิ คุปตะวาทีน. 2543. การเพาะและอนุบาลลูกปูม้าเพื่อปล่อยลงสู่แหล่งธรรมชาติเพื่อเป็นการเพิ่มทรัพยากรสัตว์น้ำ. เอกสารวิชาการฉบับที่ 1/2543. สถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดระยอง, กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- วุฒิชัย วงศ์ชาติ, ธีรยุทธ ศรีคุ้ม, กมลพันธุ์ อวยวานนท์, ศันสนีย์ ศรีจันทร์งาม, อำนาจ ศิริเพชร, เฉลิมชาติ อรุณโรจน์ประไพ และกำพล ลอยขึ้น. 2550. การประมงอวนจมปู. เอกสารวิชาการฉบับที่ 13/2550. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- วุฒิชัย อ่อนเอี่ยม และวราห์ เทพาหุดี. 2553. ความสัมพันธ์ทางกายภาพต่อปริมาณไข่ และอัตราการฟักไข่ของแม่ปูม้า (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) ที่ได้รับการเลี้ยงในบ่อดิน. ใน เรื่องเติมการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 48: สาขาประมง. น. 99-107. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วุฒิชัย อ่อนเอี่ยม และวาสนา อารรัตน์. 2554. การศึกษารูปแบบที่เหมาะสมของการเลี้ยงแม่พันธุ์ปูม้า (*Portunus pelagicus*) หลังเพาะฟักเพื่อให้มีไข่นอกกระดองอีกครั้ง. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 29(1): 16-24.
- วุฒิชัย อ่อนเอี่ยม. 2554. การศึกษาสาเหตุการตายของการเลี้ยงปูม้า (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) ในบ่อดิน. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ). สาขาวิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศันสนีย์ ศรีจันทร์งาม และโรจนรุตม์ รุ่งเรือง. 2549. การประมงอวนจมปูบริเวณจังหวัดสุราษฎร์ธานี. เอกสารวิชาการฉบับที่ 20/2549. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สุเมธ ตันติกุล. 2527. ชีวิตวิทยาการประมงของปูม้าในอ่าวไทย. กองประมงทะเล, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- อรสา เพชรสลัศรี, สุชาติ แสงจันทร์, ทัศนีย์ ศุภฤกษ์ และเกียรติพันธุ์ เจนการ. 2555. การประมงปูม้าจากเครื่องมือประมงพื้นบ้านบริเวณฝั่งตะวันตกของจังหวัดพังงา. เอกสารวิชาการฉบับที่ 14/2555. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- APHA, AWWA, and WEF. 1998. *Standard method for the examination of water and wastewater*. 20th ed. Washington, D.C.: American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation (WEF).
- Grasshoff, K. 1976. *Methods for seawater analysis*. New York: Verlag Chemie.
- Oniam, V., and Arkronrat, W. 2014. Reproductive performance and larval quality of first and second spawning of pond-reared blue swimming crab, *Portunus pelagicus*, Broodstock. *Kasetsart Journal (Natural Science)* 48(4): 611-618.

วันรับบทความ (Received date) : 16 มิ.ย. 62

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 18 พ.ย. 62

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 6 ธ.ค. 62

อัตราส่วนที่เหมาะสมของเจลาตินที่มีต่อการผลิตกัมมีน้ำสับประรดเสริมเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

Appropriate Ratios of Gelatin on Pineapple Juice Gummy Production

Supplemented with Gac Fruit Aril

วัฒนา วิรุฒิกร¹Wattana Wirivutthikorn¹

บทคัดย่อ

ฟักข้าวเป็นพืชสมุนไพรที่นิยมบริโภคกันมากในประเทศไทย ใช้บริโภคเป็นอาหาร สารที่สำคัญคือ β -carotene และ lycopene พบในเมล็ดฟักข้าวและน้ำมันเป็นค่าที่บ่งบอกถึงลักษณะเนื้อเยื่อจำเพาะที่มีสีแดงส้ม งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปริมาณเจลาตินที่มีต่อคุณภาพการผลิตผลิตภัณฑ์กัมมีน้ำสับประรดเสริมเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว แบ่งเป็น 5 ชุดการทดลอง ได้แก่ ชุดการทดลองที่ 1 เป็นสูตรควบคุมปริมาณเจลาตินตามสูตรมาตรฐานในการทำเยลลี่กัมมี คือ 14.2 กรัม ชุดการทดลองที่ 2 เจลาติน 5.0 กรัม ชุดการทดลองที่ 3 เจลาติน 10.0 กรัม ชุดการทดลองที่ 4 เจลาติน 15.0 กรัม และชุดการทดลองที่ 5 เจลาติน 20.0 กรัม ตามลำดับ โดยศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของกัมมี ได้แก่ วิเคราะห์ค่า L^* , a^* และ b^* ค่าความแข็ง ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ร้อยละความชื้น และปริมาณไลโคปีน จากนั้นศึกษาทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-point hedonic scale ด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ผลการวิจัยพบว่า ค่าที่วิเคราะห์ได้ทุกค่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ยกเว้นค่าร้อยละความชื้นและปริมาณไลโคปีน โดยค่าร้อยละความชื้นและไลโคปีนที่วิเคราะห์ได้อยู่ระหว่าง 2.41-2.81 และ 1.57-1.58 มก/กก ตามลำดับ ขณะที่การทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ชุดการทดลองที่ 4 ให้คะแนนด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมสูงที่สุด มีค่าเท่ากับเท่ากับ 7.63

คำสำคัญ: เจลาติน ฟักข้าว กัมมี น้ำสับประรด

Abstract

Gac fruit is an herb that is very popular in Thailand as a food. Important substances such as β -carotene and lycopene are found in the seeds of the gac fruit and its oil. The characteristic reddish-orange colors of the Gac fruit's various plant tissues reflect the presence and amount of substances such as β -carotene and lycopene. The objective of this research was to study the effect of gelatin on the quality of the production of pineapple juice gum that had been supplemented with gac fruit aril. This research consisted in five experiments: 1) the control formula that contained gelatin based on standard formula, which was 14.2 g of gelatin, 2) 5.0 g of gelatin, 3) 10.0 g of gelatin, 4) 15.0 g of gelatin, and 5) 20.0 g of gelatin. the control formula that contained gelatin based on standard formula of 14.2 g of gelatin, 5.0 g of gelatin, 10.0 g of gelatin, 15.0 g of gelatin and 20.0 g of gelatin, respectively. The physical and chemical properties as L^* , a^* , b^* values, hardness, pH, percentage of total acidity, total soluble solid, percentage of moisture and lycopene content were determined. In addition, a sensory evaluation of each product's color, odor, taste, texture, and overall acceptability was performed using a 9-point hedonic scale. The results indicated that all values were statistically different ($P \leq 0.05$), except for the percentage of moisture and lycopene values. The percentage of moisture and lycopene values were also analyzed, and the results fell in the percentage range of 2.41-2.81 and 1.57-1.58 mg/kg, respectively. The sensory evaluation results revealed that the experiment 4 showed the highest scores and equal scores on texture and overall acceptability value of 7.63. The sensory evaluation revealed that experiment 4 showing the highest scores equally to texture and overall acceptability value of 7.63.

Keywords: gelatin, gac fruit, gummy, pineapple juice

¹ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
อ. ธัญบุรี จ. ปทุมธานี 12130

¹ Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thanyaburi, Pathum Thani 12130

*Corresponding author, Email: wattana@rmutt.ac.th

คำนำ

ผลิตภัณฑ์ประเภทกัมมี่ (gummy) และเยลลี่ (jellies) เป็นผลิตภัณฑ์ประเภทลูกกวาดกลุ่มใหญ่ที่มีกรรมวิธีในการผลิตที่น่าสนใจแตกต่างกัน ผลิตภัณฑ์กลุ่มนี้สำหรับผู้บริโภคทั่วไปมักจะเข้าใจว่าเป็นผลิตภัณฑ์เดียวกันและมักเรียกรวมกันว่า เยลลี่ เนื่องจากมีลักษณะคล้ายกัน คือ เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความยืดหยุ่นนุ่ม เหนียว ต้องเคี้ยวกิน มีเนื้อสัมผัสที่แตกต่างกันออกไป (จุฑามาศ พิรพัชระ, 2558; สุวรรณ สุภิมารส, 2543) ประเทศไทยมีสมุนไพรหลายชนิดที่สามารถนำมาผลิตกัมมี่ได้ พักข้าว จัดได้ว่าเป็นพืชสมุนไพรชนิดหนึ่งที่สามารถนำมาเป็นส่วนผสมในการผลิตกัมมี่ โดยองค์ประกอบหลักของพักข้าวที่พบ คือ เนื้อพักข้าวและเยื่อหุ้มเมล็ดที่มีสีแดงสดมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เยื่อหุ้มเมล็ดของพักข้าวมีปริมาณเบต้าแคโรทีนและมีไลโคปีน การรับประทานเบต้าแคโรทีนจากพักข้าว พบว่า สามารถดูดซึมในร่างกายได้ดีเพราะละลายได้ในกรดไขมัน ไลโคปีนเป็นสารกลุ่มแคโรทีนอยด์ พบได้ในผักและผลไม้บางชนิด ทำหน้าที่เป็นรงควัตถุรวบรวมแสงให้แก่พืชและป้องกันพืชผักจากออกซิเจน โมเลกุลเดี่ยว (อนุมูลอิสระ) และแสงที่เข้มเกินไป การบริโภคไลโคปีนที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ได้รับการพิสูจน์จากวงการแพทย์ ว่ามีผลลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ โรคมะเร็งต่อมลูกหมาก มะเร็งปอด และมะเร็งกระเพาะอาหาร เนื่องจาก เยื่อหุ้มเมล็ดพักข้าวมีไลโคปีนมากกว่าผลไม้ทุกชนิด (ฐานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2558; สุธิพงศ์ ถิ่นเขาน้อย, 2554) เจลาตินเป็นโปรตีนชนิดหนึ่งที่ได้มาจากเส้นใยคอลลาเจนประกอบด้วยกรดอะมิโนทั้งหมด 19 ชนิด ต่อกันด้วยพันธะเพปไทด์ (peptide) เป็นสายยาวย่อยง่าย เจลาตินเป็นโปรตีนที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่ไม่สมบูรณ์ เนื่องจากขาดกรดอะมิโนที่จำเป็น คือ ทรีโตนเฟน เจลาตินผลิตจาก 4 แหล่งด้วยกัน คือ ปลา หนังหมู กระดูกวัว และหนังวัวที่กำจัดเกล็ดแร่ออก เจลาตินที่ได้มาจากแหล่งต่างชนิดจะมีองค์ประกอบที่ต่างกัน และใช้เป็นส่วนประกอบที่ใช้ทั่วไปในการผลิต ผลิตภัณฑ์ประเภทลูกกวาด เจลาตินมีหน้าที่ในการขึ้นรูป ปรับปรุงโครงสร้าง และสร้างความแข็งแรงให้กับเนื้อสัมผัสของ ผลิตภัณฑ์ ในผลิตภัณฑ์กัมมี่และเยลลี่ เจลาตินจะมีเนื้อสัมผัสค่อนข้างนุ่มเหนียวและมีความยืดหยุ่น นอกจากนี้มีการเติมน้ำตาลซึ่งเป็นสารในกลุ่มคาร์โบไฮเดรตมีหลายชนิด (สุวรรณ สุภิมารส, 2543; อรุณ ชาญชัยเชาววิวัฒน์ และคณะ, 2560) น้ำตาลทรายหรือซูโครส (sucrose) เป็นส่วนผสมหลักในการผลิตลูกกวาดทั่วไป น้ำตาลทรายมีคุณสมบัติ คือ เป็นสารให้ความหวานซึ่งเป็นลักษณะที่เด่นมากของผลิตภัณฑ์ในกลุ่มที่มีน้ำตาลเป็นส่วนผสมหลัก ให้เนื้อและน้ำหนักแก่ผลิตภัณฑ์ เนื่องจาก ในส่วนผสมโดยทั่วไปจะมีการใช้น้ำตาลร้อยละ 70 ของน้ำหนักทั้งหมด กลูโคสใช้จัดเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตลูกกวาดทุกชนิด รองลงมาจากน้ำตาลทราย น้ำที่ของกลูโคสใช้ คือ ทำให้น้ำตาลที่อยู่ในสภาวะเป็นสารละลายอิมัลชันยวดยาว ไม่ตกผลึกออกมาหรือเกิดผลึกข้างหรือขุ่นลง นอกจากนี้ยังมีผลต่อรสชาติและอายุการเก็บรักษา และกรดเป็นสารปรุงแต่ง ที่ช่วยให้ผลิตภัณฑ์ลูกกวาด กัมมี่ และเยลลี่รสชาติดีขึ้น กรดที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ลูกกวาดมีอยู่ประมาณ 4-5 ชนิด ได้แก่ กรดซิตริก กรดมาลิก กรดทาร์ทาริก กรดแล็กติก และกรดแอสซิดิก (Woo, 1988) พจณี อุปโภชน (2546) ศึกษาการพัฒนาเยลลี่เจลาตินผสมชาเขียว เริ่มจากการสำรวจข้อมูลของผู้บริโภค พบว่าผู้บริโภคร้อยละ 84 เคยบริโภคชาเขียว ชาเขียวที่ทำจากยอดชาอ่อนและใบชาแก่ของชาพันธุ์อัสสัมมีค่า a_w น้อยกว่า 0.6 ทั้ง 2 ชนิด ค่าสีของผงชาเขียวบดละเอียด และค่าสีน้ำชาที่ได้ มีลักษณะเป็นสีเขียวอมเหลือง ชาเขียวยอดอ่อนจะมีปริมาณแทนนิน สาร epigallocatechin gallate (EGCG) และคาเฟอีน มากกว่าชาเขียวใบแก่ แต่ค่าฟลูออไรด์จะมีค่าน้อยกว่าชาเขียวใบแก่ ผลการศึกษาการพัฒนาสูตรของเยลลี่เจลาตินผสมชาเขียว จะประกอบด้วยเจลาตินร้อยละ 6.84 กลูโคสใช้ร้อยละ 46.58 น้ำตาลทรายร้อยละ 19.79 น้ำชาเขียวผสมร้อยละ 25.90 ผงชาเขียวผสมร้อยละ 0.38 เมนทอล ร้อยละ 0.01 และกลิ่นรสชาเขียวสังเคราะห์ร้อยละ 0.5 โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการเตรียมสารละลายกลูโคสใช้และน้ำตาลทรายเท่ากับ 123 องศาเซลเซียส จากการประเมินค่าคุณภาพของเยลลี่เจลาตินผสมชาเขียวทางกายภาพ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่า L^* , a^* และ b^* เท่ากับ 28.10, 0.70 และ 8.16 ค่าความแข็ง 17.88 นิวตัน ค่าความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน 0.78 ค่าความยืดหยุ่น 1.65 มิลลิเมตร ค่าความเหนียวเท่ากับ 18.38 นิวตัน ค่าความสามารถในการเกาะติดผิวเท่ากับ 1.81 นิวตันมิลลิเมตร และค่า a_w เท่ากับ 0.714 ค่าคุณภาพทางเคมี ผลิตภัณฑ์มีปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 81.05 ความชื้นร้อยละ 18.95 คาเฟอีน 0.39 มิลลิกรัม/กรัม ฟลูออไรด์ 0.01 มิลลิกรัม/กรัม และปริมาณสาร epigallocatechin gallate 0.24 มิลลิกรัม/กรัม ค่าคุณภาพทางจุลินทรีย์มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 250 โคโลนี/กรัม อาหาร ปริมาณเ็นส์และรำน้อยกว่า 10 โคโลนี/กรัมอาหาร เยลลี่เจลาตินผสมชาเขียวบรรจุในซอง OPP20/DL/ CPP VM25 ความหนา 45 ไมครอน ที่อุณหภูมิห้องสามารถเก็บได้นานกว่า 8 สัปดาห์ จากการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคพบว่าผู้บริโภค ร้อยละ 91 ยอมรับผลิตภัณฑ์และมีความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง เศรษฐินี แสงอ่อน และคณะ (2558) ศึกษาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่โดยทดสอบหาตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดมากเม่าโดยใช้ตัวทำละลาย 3 ชนิด ได้แก่ เอทานอลร้อยละ 95 เอทานอลร้อยละ 50 และน้ำ วิเคราะห์แอนโทไซยานิน โพลีฟีนอล และฟลาโวนอยด์ โดยนำสารสกัดมากเม่าที่สกัดได้มาศึกษาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่โดยใช้เจลาตินเป็นสารก่อเจล ผลการศึกษาพบว่าเอทานอลร้อยละ 95 ให้ผลผลิต

ร้อยละสูงกว่าตัวทำละลายอีก 2 ชนิด อินทรีา ลิจันทรพร และคณะ (2558) ศึกษาพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่จากใบบัวหลวง โดยเปรียบเทียบปริมาณน้ำใบบัวหลวงร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 พบว่า การเพิ่มปริมาณผงใบบัวหลวงในผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ส่งผลให้มีความความแข็ง และความสม่ำเสมอภายในมีค่าสูงขึ้น โดยผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่จากน้ำผงใบบัวหลวงร้อยละ 100 มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่จากน้ำผงใบบัวหลวงร้อยละ 100 สูงที่สุด จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีพบว่า ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่จากน้ำผงใบบัวหลวงร้อยละ 100 มีปริมาณมากที่สุด และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่จากใบบัวหลวงร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเพื่อฟ้า เพชรประดับฟ้า และศุภนิดา โพธิ์สามต้น (2560) ศึกษาพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่จากสมุนไพรรสนิดที่มีน้ำตาลต่ำให้มีรสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยพัฒนาสูตรกัมมี่เยลลี่จากสมุนไพรรสนิด 4 ชนิด สูตรเก็บเกี่ยวประกอบด้วยเจลาตินร้อยละ 9.2 กลูโคสไซรัปร้อยละ 24 ไสลิทอลร้อยละ 24 ซูคราโลสร้อยละ 0.04 กรดซิตริกร้อยละ 2.4 และน้ำเก็กฮวยร้อยละ 28.4 สูตรกระเจี๊ยบแดงประกอบด้วยเจลาตินร้อยละ 9.6 กลูโคสไซรัปร้อยละ 24 กรดซิตริกร้อยละ 2.8 ไสลิทอลร้อยละ 24 ซูคราโลสร้อยละ 0.04 และน้ำกระเจี๊ยบแดงร้อยละ 27.6 สูตรมะตูมประกอบด้วยเจลาตินร้อยละ 9 กลูโคสไซรัปร้อยละ 24 กรดซิตริกร้อยละ 3 ไสลิทอลร้อยละ 36 และน้ำมะตูมร้อยละ 28 สูตรมะขามป้อมประกอบด้วยเจลาตินร้อยละ 9.7 กลูโคสไซรัปร้อยละ 24 กรดซิตริกร้อยละ 2.6 ไสลิทอลร้อยละ 36 และน้ำมะขามป้อมร้อยละ 27.7 ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale พบว่า กัมมี่เยลลี่สูตรเก็กฮวยและสูตรกระเจี๊ยบแดงได้รับคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติเท่ากับ 6.4 และ 6.3 จากรายงานวิจัยข้างต้นยังไม่พบข้อมูลการผลิตกัมมี่จากผักข้าว จากข้อดีสรรพคุณผักข้าวดังกล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่าผักข้าวมีประโยชน์เนื่องด้วยองค์ประกอบทางด้านเคมีและเหมาะสมที่จะนำมาศึกษาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารให้มีความหลากหลายมากขึ้น งานวิจัยนี้ศึกษาผลของปริมาณเจลาตินที่เหมาะสมที่มีต่อการผลิตกัมมี่น้ำสับปะรดเสริมเยื่อหุ้มเมล็ดผักข้าว รวมถึงการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี และทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เพื่อให้เกิดคุณสมบัติที่ดีต่อความต้องการของผู้บริโภคในด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเยื่อหุ้มเมล็ดผักข้าวและเป็นแนวทางการใช้ประโยชน์ทางอาหารจากเยื่อหุ้มเมล็ดผักข้าวต่อไปในอนาคต

วิธีการศึกษา

การเตรียมตัวอย่างผงเยื่อหุ้มเมล็ดผักข้าว

นำผลผักข้าวมาล้างน้ำให้สะอาด ทำการปอกเปลือกผักข้าวและแยกส่วนเยื่อหุ้มเมล็ดผักข้าว นำมากรองเอาเมล็ดออกโดยใช้กระชอนแยก นำมาวางลงในถาดสแตนเลสอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 20 ชั่วโมง ปริมาณความชื้นเยื่อหุ้มเมล็ดผักข้าวหลังอบมีค่าเท่ากับร้อยละ 2.95 หลังจากนั้นนำมาบั่นด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้าให้ละเอียดและทำการแช่ยาโดยเครื่องแช่ยาตะแกรงร่อนแยกขนาดที่ 500 ไมครอน บรรจุใส่ถุงปิดสนิทเก็บในโถดูดความชื้น (อินทรีา ลิจันทรพร และคณะ, 2558)

การผลิตกัมมี่น้ำสับปะรดเสริมเยื่อหุ้มเมล็ดผักข้าว

การศึกษาปริมาณเจลาตินที่เหมาะสมที่มีต่อการผลิตกัมมี่น้ำสับปะรดเสริมเยื่อหุ้มเมล็ดผักข้าว โดยศึกษาปริมาณเจลาตินที่เหมาะสม รายละเอียดดังแสดงใน (Table 1)

Table 1 Mixed ingredients ratio in the production of pineapple juice gummy supplemented with gac fruit aril powder.

Experiment	Gac fruit aril powder (g)	Pineapple juice (ml)	Glucose syrup (g)	Gelatin (g)
1	3	70	70	14.2
2	3	70	70	5.0
3	3	70	70	10.0
4	3	70	70	15.0
5	3	70	70	20.0

N.B. Experiment 1 is a treatment control of gelatin according to the standard formula.

Source: Adapted from Supimaros (2000); Garcia (2000)

ซึ่งเจลาตินปริมาณ 14.2, 5.0, 10.0, 15.0 และ 20.0 กรัม ละลายในน้ำสับปะรด 35 มิลลิลิตรที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที จนกระทั่งสารละลายและเตรียมกลูโคสไซรัปโดยการชั่ง 70 กรัม ละลายในน้ำสับปะรดปริมาตร 35 มิลลิลิตร นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที เติมน้ำเชื่อมเมิลด์ฟักข้าว 3 กรัม นำส่วนผสมเจลาตินและกลูโคสไซรัปที่เตรียมได้ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน เทลงแม่พิมพ์ที่เตรียมไว้รอให้อุณหภูมิลดลงแล้วนำเข้าตู้เย็นนาน 30 นาทีเพื่อให้กัมมีคงรูป (อินทิรา ลิจันทรพร และคณะ, 2558)

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

สมบัติทางกายภาพที่ทำการศึกษา ได้แก่ การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสความแข็ง (hardness) ด้วยเครื่อง texture analyzer ค่าที่วัดได้ระบุความแข็งแรงของเจล (gel strength) (Bourne, 1978) และการวิเคราะห์ค่าสี ความสว่าง (L^*) สีแดงและสีเหลือง ($+a^*$ และ $+b^*$) ด้วย colorimeter ตามวิธี AOAC (2000)

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

สมบัติทางเคมีที่ทำการศึกษา ได้แก่ การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยใช้ pH meter การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total soluble solid) โดยใช้ hand refractometer การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด (total acidity) โดยการไตเตรต ตามวิธี AOAC (2000) การวิเคราะห์หาความชื้น ตามวิธี AOAC (2000) และการวิเคราะห์ปริมาณไลโปโปรตีน ตามวิธี Fish et al. (2002)

การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส

ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยทดสอบความชอบด้วยวิธี 9-point hedonic scale โดยใช้จำนวนผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน กำหนดให้คะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุดไปจนถึงระดับคะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด โดยให้พิจารณาการให้คะแนนด้านสี ด้านกลิ่น ด้านรสชาติ ด้านความใส และด้านความชอบโดยรวม (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2555)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) วิเคราะห์การทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2555)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ศึกษาผลของปริมาณการเติมเจลาตินที่มีต่อคุณภาพของกัมมีน้ำสับปะรดเสริมเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว โดยแปรผันชุดการทดลองดังนี้ ชุดการทดลองที่ 1 (สูตรควบคุม) เติมน้ำเจลาตินตามสูตรมาตรฐานการทำกัมมีเยลลี่ คือ เจลาติน 14.2 กรัม ชุดการทดลองที่ 2 เจลาติน 5.0 กรัม ชุดการทดลองที่ 3 เจลาติน 10.0 กรัม ชุดการทดลองที่ 4 เจลาติน 15.0 กรัม และชุดการทดลองที่ 5 เจลาติน 20.0 กรัม ตามลำดับ เมื่อสังเกตลักษณะภายนอกผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 ชุดการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันในด้านสี เนื้อสัมผัส และความแข็งแรงของเจล เนื่องจากในแต่ละชุดการทดลองแปรผันปริมาณเจลาตินที่แตกต่างกัน จากผลการวัดค่าความแข็งแรงของเจลโดยวัดในรูปความแข็ง ชุดการทดลองที่ 5 มีความแข็งแรงของเจลมากที่สุด ส่วนชุดการทดลองที่ 2 มีความแข็งแรงของเจลต่ำที่สุด ผลการทดลองดังแสดงใน Table 2

Table 2 Physical appearances of pineapple juice gummy products supplemented with gac fruit aril.

Experiment	Picture	Color	Odor	Gel strength
1		Dark brown	Mixed gac fruit and pineapple	Medium gel strength
2		Pale brown	Mixed gac fruit and pineapple	Slightly gel strength

Table 2 (continued).

Experiment	Picture	Color	Odor	Gel strength
3		Dark brown	Mixed gac fruit and pineapple	Medium gel strength
4		Dark brown	Mixed gac fruit and pineapple	Hard gel strength
5		Dark brown	Mixed gac fruit and pineapple	Strongest gel strength

จาก Table 3 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพกัมมีน้ำสับปะรดเสริมเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว จากการวิเคราะห์คุณภาพสมบัติทางด้านกายภาพด้านสี พบว่า ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์กัมมีน้ำสับปะรดเสริมเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว ชุดการทดลองที่ 1 มีค่าความสว่างมากที่สุด คือ 35.46 รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ 5, 2, 4 และ 3 มีค่า 31.21, 26.37, 26.09 และ 21.64 ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 3 เห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่มีค่าสีเหลืองมากกว่าค่าสีแดง เนื่องจากการใช้น้ำสับปะรดในการผลิตกัมมี จึงทำให้มีค่าสีเหลืองมากกว่าค่าสีแดงของเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว ซึ่งสีของผลิตภัณฑ์เป็นสีจากธรรมชาติโดยไม่ได้มีการเติมแต่งสีใด ๆ ลงไป แนวโน้มการเติมปริมาณเจลาตินลงไปมากขึ้น ส่งผลให้ค่าสีแดงลดลงแต่ค่าสีเหลืองเพิ่มมากขึ้น (จุฑามาศ พิรพัชระ, 2554; กมลพิพัฒน์ ชนะสิทธิ์ และคณะ, 2559) จากการวิเคราะห์คุณภาพสมบัติทางด้านกายภาพในด้านความแข็ง ค่าที่วัดได้ ดังแสดงใน Table 3 ซึ่งค่านี้สามารถบ่งบอกถึงความแข็งแรงของเจลได้ ถ้าค่าที่วัดได้มีค่ามาก เจลมีความแข็งแรงมาก เมื่อพิจารณาจากค่าความแข็งแรงของเจล พบว่าลักษณะเนื้อสัมผัสที่มีความแข็งแรงสูงสุด คือ ชุดการทดลองที่ 5 มีค่าความแข็งแรงสูงที่สุด เนื่องจากปริมาณเจลาตินที่เติมมีความเข้มข้นมากกว่าสูตรอื่น ส่วนชุดการทดลองที่ 2 มีค่าความแข็งแรงต่ำสุด เนื่องจากมีปริมาณเจลาตินต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นจึงทำให้มีโครงสร้างของเจลที่มีความแข็งแรงมากกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ เจลของเจลาตินจะมีความยืดหยุ่น (elastic) ความแข็งแรงของเจลจะมีความสัมพันธ์แปรผกผันกับอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิลดลงความแข็งแรงของเจลก็จะเพิ่มขึ้น เวลาในการเกิดเจลขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเจลาติน ความแข็งแรงของเจลจะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น (Demars and Ziegler, 1996; Glicksman, 1969)

Table 3 Physical properties of pineapple juice gummy products supplemented with gac fruit aril.

Experiment	Values*			
	L*	a*	b*	Hardness (N)
1	35.46 ^a	1.34 ^b	1.56 ^c	0.866 ^c
2	26.37 ^{bc}	6.26 ^a	6.63 ^{ab}	0.129 ^d
3	21.64 ^c	5.53 ^a	5.56 ^{ab}	0.755 ^e
4	26.09 ^{bc}	5.14 ^a	4.50 ^b	1.330 ^b
5	31.21 ^{ab}	4.73 ^a	7.48 ^a	1.560 ^a

Data were based on 3 replications.

Means in the different vertical column followed by the same letter are significantly different at 5% level by DMRT.

จาก Table 4 แสดงคุณภาพทางเคมีของกัมมีน้ำสับปะรดเสริมเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว ผลการทดลองพบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์กัมมีน้ำสับปะรดเสริมเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวโดยทำการวัดทั้งหมด 5 ชุดการทดลอง มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดก่อนหยอดผลิตภัณฑ์ลงแม่พิมพ์ประมาณ 61.00-63.67 °Brix ค่าความเป็นกรด-ด่างพบว่าผลิตภัณฑ์กัมมีน้ำสับปะรดเสริมเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 3.82- 4.04 โดยกรดจะช่วยในเรื่องกลิ่นรสแล้วยังมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วย กรดจะมีผลต่อการเกิดเจล ค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 4 จะมีผลต่อความแข็งแรงของเจลเจลาติน เพราะความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมมีผลต่อการเกิดเจลอยู่ในช่วง 2.8-3.5 แม้ว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง

ที่วัดได้สูงกว่าเกณฑ์แต่ก็ยังสามารถเกิดเจลได้ดี อาจเป็นผลเนื่องมาจากปริมาณน้ำเชื่อมกลูโคสที่เติมลงไปมีความหวานมาก ทำให้มีผลต่อความเป็นกรด-ด่างที่วัดได้ ส่งผลให้ค่าที่วัดได้สูงกว่าช่วงที่เหมาะสมต่อการเกิดเจล จากชุดการทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ต่ำกว่า 4 ยกเว้นชุดการทดลองที่ 5 มีค่าเท่ากับ 4.04 มีค่าสูงกว่าทุกชุดการทดลองเล็กน้อย อาจเนื่องมาจากปริมาณเจลาตินที่เติมลงไปมากกว่าทุกชุดการทดลอง ทำให้ค่าที่วัดได้มีค่าสูงกว่าเล็กน้อย (ชรินทร์ อุดมวงศ์, 2552; วิลาสินี ตีปัญญา, 2551; Pye, 1997) ปริมาณกรดทั้งหมดคำนวณในรูปกรดซิตริกของผลิตภัณฑ์ก็มีน้ำส้มประดเสริม เยื่อหุ้มเมล็ดพริกขี้หนูมีปริมาณกรดทั้งหมดอยู่ระหว่างร้อยละ 0.57-0.80 จะเห็นได้ว่าปริมาณกรดทั้งหมดของชุดการทดลองที่ 5 มีค่ามากที่สุด เพราะเป็นช่วงปริมาณกรดทั้งหมดที่เหมาะสมต่อการนี้จะมีผลต่อการเกิดเจลของเจลาตินได้มากกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ นอกจากนี้ปริมาณกรดที่ใช้จะช่วยให้เรื่องกลิ่นรสแล้ว ยังมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วย กรดจะมีผลต่อการเกิดเจลของเจลาตินและการเกิดอินเวอร์ชันของซูโครสในระหว่างกรรมวิธีการผลิต (ศิวพร ศิวเวช, 2535) โดยในการวิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมดจะรายงานในรูปของกรดซิตริกเสมอและปริมาณกรดทั้งหมดที่ใช้มักจะไม่ได้บอกค่าความเป็นกรด-ด่างได้ สำหรับชุดการทดลองที่ 5 แนวโน้มอาจจะไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน สาเหตุหนึ่งที่เป็นไปได้คือ การวัดค่าความเป็นกรด-ด่างหรือปริมาณกรดทั้งหมดอาจมีข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการทดลอง (สุวรรณ สุภิมารส, 2543) ค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำส้มประดเสริมเยื่อหุ้มเมล็ดพริกขี้หนูแต่ละชุดการทดลองมีความไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งค่าความชื้นมีค่าไม่แตกต่างกันเนื่องจากปริมาณน้ำส้มประดถูกควบคุมในชุดการทดลอง พบว่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 ชุดการทดลองอยู่ในช่วงร้อยละ 2.41-2.81 (ดวงกมล ตั้งสติดพร และคณะ, 2556) กัมมีและเยลลีเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นสูง คือ มีความชื้นร้อยละ 10-25 แต่มีค่าความชื้นสัมพัทธ์สมดุลไม่สูงมากนัก ทั้งนี้เนื่องจากไฮโดรคอลลอยด์ที่เป็นส่วนประกอบทำหน้าที่ในการยึดจับน้ำส่วนหนึ่งไว้ (สุวรรณ สุภิมารส, 2543; Uddin and Khanom, 1992) จากการวิเคราะห์ปริมาณไลโคปีนของผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำส้มประดเสริมเยื่อหุ้มเมล็ดพริกขี้หนูไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ ($P>0.05$) ซึ่งปริมาณไลโคปีนที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์มีการเติมเยื่อหุ้มเมล็ดพริกขี้หนูในปริมาณที่เท่ากันทั้ง 5 ชุดการทดลอง จึงทำให้ปริมาณไลโคปีนที่วิเคราะห์ได้ไม่มีความแตกต่างกันมากเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณไลโคปีน เยื่อหุ้มพริกขี้หนูภายหลังการเตรียมพบว่ามีความเท่ากับ 1.60 mg/kg มีค่าลดลงเล็กน้อย อาจเนื่องมาจากการสูญเสียความร้อนในกระบวนการผลิต (Fish et al., 2002)

Table 4 Chemical properties of pineapple juice gummy products supplemented with gac fruit aril.

Treatment	Values				
	TSS (°Brix)	pH	% Total acidity	% Moisture	Lycopene (mg/kg)
1	63.00 ^a	3.96 ^b	0.71 ^{ab}	2.50	1.57
2	61.00 ^b	3.82 ^d	0.57 ^c	2.81	1.58
3	62.00 ^{ab}	3.90 ^c	0.67 ^b	2.68	1.58
4	63.33 ^a	3.97 ^b	0.76 ^a	2.54	1.57
5	63.67 ^a	4.04 ^a	0.80 ^a	2.41	1.57

Data were based on 3 replications.

Means in the different vertical column followed by the same letter are significantly different at 5% level by DMRT.

จาก Table 5 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสที่มีน้ำส้มประดเสริมเยื่อหุ้มเมล็ดพริกขี้หนูจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9-point-hedonic scaling (1-9 คะแนน) (Meilgaard et al., 1999) ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน โดยกำหนดปัจจัยคุณภาพด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม การเติมเจลาตินลงในผลิตภัณฑ์ในปริมาณต่างกันพบว่า ปริมาณเจลาตินมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค จากข้อมูลที่ได้จะเห็นได้ว่าการเติมปริมาณเจลาตินที่มากขึ้นส่งผลให้คะแนนการยอมรับด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้น โดยชุดการทดลองที่ 4 ปริมาณเจลาติน 15.0 กรัม เป็นสูตรที่ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด เนื่องจากเป็นสูตรที่มีปริมาณเจลาตินที่เหมาะสมทำให้ผลิตภัณฑ์ได้มีลักษณะที่แข็ง มีกลิ่นของเยื่อหุ้มเมล็ดพริกขี้หนู มีรสชาติและเนื้อสัมผัสที่ดี ซึ่งคะแนนที่ได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติสำหรับชุดการทดลองที่ 1 (7.60) ซึ่งชุดการทดลองที่ 4 มีปริมาณเจลาตินใกล้เคียงสูตรมาตรฐาน แสดงว่าปริมาณเจลาตินที่เติมลงไปยังไม่ทำให้เกิดความแตกต่างในการยอมรับมาก แต่ทั้งนี้คงต้องดูผลส่วนอื่นด้วย เช่น การวิเคราะห์ทางกายภาพ การวิเคราะห์ทางเคมี และนำผลการวิเคราะห์ที่ได้มาสรุปร่วมกัน ส่วนปริมาณเจลาตินที่เติมมากเกินไปส่งผลให้แนวโน้มการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้เนื่องจาก

ปริมาณเจลาตินที่เติมมากลงไปส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความแข็งแรงของเจลมากขึ้น ซึ่งผู้ทดสอบชิมจะไม่ชอบความแข็ง (ศิมาภรณ์ มีแสง, 2546; สุวรรณ สุภิมาธ, 2543; Sousa et al., 1997)

Table 5 Sensory properties of pineapple juice gummy products supplemented with gac fruit aril.

Treatment	Values				
	Color	Odor	Taste	Texture	Overall acceptability
1	7.30 ^{ab}	7.53 ^a	8.00 ^a	7.60 ^a	7.60 ^a
2	7.00 ^b	7.20 ^{ab}	6.26 ^b	6.86 ^b	6.86 ^b
3	6.80 ^b	7.03 ^{ab}	6.70 ^b	6.93 ^b	6.93 ^b
4	7.60 ^a	7.50 ^a	7.73 ^a	7.63 ^a	7.63 ^a
5	6.90 ^b	6.80 ^b	6.26 ^b	6.90 ^b	6.90 ^b

Data were based on 3 replications.

Means in the different vertical column followed by the same letter are significantly different at 5% level by DMRT.

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาปริมาณเจลาตินที่เหมาะสมต่อการผลิตกัมมี่น้ำสับประดเสริมเยื่อหุ้มเมล็ดผักขาว พบว่าปริมาณเจลาตินที่เหมาะสมต่อการผลิตกัมมี่ คือ ชุดการทดลองที่ 4 ปริมาณเจลาติน 15.0 กรัม มีความคงตัวและมีการเกิดเจลมากที่สุดและเหมาะสมในการนำมาทำผลิตภัณฑ์กัมมี่น้ำสับประดเสริมเยื่อหุ้มเมล็ดผักขาว และคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์กัมมี่น้ำสับประดเสริมเยื่อหุ้มเมล็ดผักขาว ในขณะที่การประเมินการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสในคุณลักษณะด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมีความแตกต่างกัน โดยที่คุณลักษณะด้านสี กลิ่น และความชอบโดยรวม ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนชุดการทดลองที่ 4 มากที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงไปด้วยดี ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ชั้นปีที่ 4 เจ้าหน้าที่สาขาฯ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีที่ให้ความช่วยเหลือด้านการเตรียมตัวอย่าง การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล และอำนวยความสะดวกด้านสถานที่ในการปฏิบัติการ ตลอดจนการสนับสนุนทุนวิจัยด้วยงบประมาณคณะฯ จนแล้วเสร็จลงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กมลพิพัฒน์ ชนะสิทธิ์, ปรัชญา แพมมงคล และศศิธร ป้อมเชียงพิน. 2559. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงหาวมะนาวโห่. ใน *การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 8*. น. 63-71. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ, กรุงเทพฯ.
- จุฑามาศ พิธีพัชระ. 2558. ความรู้เรื่องเยลลี่. กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. <http://www.clinictech.most.go.th> (29 ตุลาคม 2558).
- ชรินทร์ อุดมืองคำ. 2552. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่จากสาหร่ายไก่อ. ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ฐานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 2558. ผักขาว. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. <http://www.phargarden.com> (2 พฤศจิกายน 2558).
- ดวงกมล ตั้งสถิตพร, ธันย์ชนก จรเสมอ และชิตชนก เอมอมร. 2556. การใช้ประโยชน์จากแกนสับประดและชาภูฟ้าในผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่ม. *วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ฉบับพิเศษ*: 24-35.
- พจน์ อุปโภชน. 2546. การพัฒนาเจลลี่เจลาตินผสมชาเขียว. วิทยาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ไพโรจน์ วิริยจารี. 2555. *การออกแบบการทดลอง*. พิมพ์ครั้งที่ 2. เชียงใหม่: สาขาวิชาเทคโนโลยีการพัฒนาลิขสิทธิ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- เฟื่องฟ้า เพ็ชรประดับฟ้า และศุภนิดา โพธิ์สามต้น. 2560. การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่สมุนไพรชนิดที่มีปริมาณน้ำตาลต่ำ. เภสัชศาสตรบัณฑิต, ภาควิชาอาหารเคมี คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- วิลาสินี ดีปัญญา. 2551. การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่มะขาม. ใน *รายงานการวิจัย*. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

- ศิมาภรณ์ มีแสง. 2546. การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่รสมะนาววิตามินซีสูง. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศิวาพร ศิวเวช. 2553. *วัตถุดิบอาหารในผลิตภัณฑ์อาหาร*. นครปฐม: โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน.
- เศรษฐินี แสงอ่อน, สุภาวดี ดาวดี และดวงกมล ศักดิ์เลิศสกุล. 2558. การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่จากสารสกัดหมากเฒ่า (*Antidesma velutinosa* Blume). *วารสารเภสัชศาสตร์อีสาน* 11(ฉบับพิเศษ): 261-266.
- สุทธิพงศ์ ถิ่นเขาน้อย. 2554. *พืชอาหารต้านโรค สำหรับรับประทานอาหารแทนยา*. กรุงเทพฯ: นีออน นึก มีเดีย.
- สุวรรณา สุภิมารส. 2543. *เทคโนโลยีการผลิตลูกกวาดและช็อกโกแลต*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อรุณ ชานชัยเขาวีวัฒน์, ณัฐดนัย สิงห์ศรีวรรณ และสุนัย เกิดทับทิม. 2560. การสร้างตัมลูกแบ่งและการแปรรูปกัมมีเยลลี่จากข้าวหมากผสมสมุนไพรเพื่อเป็นขนมเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและใช้เป็นผลิตภัณฑ์ชุมชน. ใน *รายงานการวิจัยและการพัฒนาการวิจัยการเกษตร ฉบับสมบูรณ์*. มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา.
- อินทรา ลิจันทรพร, ภูรินทร์ อัครกุลธร, นพรัตน์ ปานสอาด และวิยนา สวทยทอง. 2558. ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสารต้านอนุมูลอิสระของ ลูกไม้เสริมผงใบบัวหลวง. ใน *การประชุมวิชาการ "การพัฒนาบัวให้เป็นพืชเศรษฐกิจ ครั้งที่ 12" ปทุมธานี ... เมืองบัว*. น. 110-114. พิพิธภัณฑบัว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี.
- AOAC. 2000. *Official methods of analysis*, 17th ed. USA: The Association of Official Analytical Chemists (AOAC).
- Bourne, M. C. 1978. Texture profile analysis. *Food Technology* 32: 62-66.
- Demars, L. L., and Ziegler, G. 1996. Texture and structure of gelatin / HM pectin-based gummy confections. *Food Hydrocolloids* 15(4): 643-653.
- Fish, W. W., Perkins-Veazie, P., and Collins, J. K. 2002. A quantitative assay for lycopene that utilizes reduced volumes of organic solvents. *Journal of Food Composition and Analysis* 15(3): 309-317.
- Garcia, T. 2000. Analysis of gelatin-based confections. *The Manufacturing Confectioner* 80(6): 93-101.
- Glicksman, M. 1969. *Gum technology in food industry*. New York: Academic Press.
- Meilgaard, M., Civille, C. V., and Carr, B. T. 1999. *Sensory evaluation techniques*. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press LLC.
- Pye, J. 1997. Gelatin and applications. In *Symposium on Confectionery Technology, Food Science and Technology Association of Thailand*, S. Maneepan, ed. pp. 28-40. Bangkok: n.p.
- Sousa, I. M. N., Matias, E. C., and Laureano, O. 1997. The texture of low calorie grape juice jelly. *Journal of Zeitschrift fuer Lebensmitteluntersuchung und -Forschung (Germany)* 205 (2): 140-142.
- Supimaros, S. 2000. *Technology of confectionery and chocolate production*. Bangkok: Chulalongkorn University Press.
- Uddin, M. B., and Khanom, S. A. A. 1992. Comparative studies on single and mixed-fruit jelly preparation. *Bangladesh Journal of Nutrition* 5 (2): 21-26.
- Woo, A. 1988. Use of organic acids in confectionery. *The Manufacturing Confectioner* 78(8): 63-70.

วันรับบทความ (Received date) : 25 ก.ค. 62

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 21 พ.ค. 63

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 5 มิ.ย. 63

ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จในการดำเนินงานของวิสาหกิจชุมชนปาล์มน้ำมัน ตามมาตรฐานการผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง

Factors Affecting the Success of Community Enterprise Management according to
The Standard of Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO), Sikao District, Trang Province

สินีนาง จันงค์¹ พัทธราวดี ศรีบุญเรือง¹ และชลาธร จูเจริญ¹
Sineenat Jumnon¹, Patcharavadee Sriboonruang¹ and Chalathon Choocharoen¹

บทคัดย่อ

การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล 2) ปัจจัยพื้นฐานด้านเศรษฐกิจ 3) ข้อมูลเกี่ยวกับวิสาหกิจชุมชน 4) ปัจจัยด้านการสนับสนุน 5) ความสำเร็จของวิสาหกิจชุมชน และ 6) ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล ปัจจัยพื้นฐานด้านเศรษฐกิจ ข้อมูลเกี่ยวกับวิสาหกิจชุมชน ปัจจัยด้านการสนับสนุนต่อความสำเร็จในการดำเนินงานของวิสาหกิจชุมชนปาล์มน้ำมันตามมาตรฐานการผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา จำนวน 103 คน โดยใช้แบบสัมภาษณ์ในการเก็บข้อมูล สถิติที่วิเคราะห์ คือ ความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และค่าโคสแควร์ ผลการศึกษา พบว่า สมาชิกของวิสาหกิจชุมชนส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีอายุ 58.04 ปี จบการศึกษาในระดับประถมศึกษา มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือน 4 คน มีประสบการณ์ทำสวนปาล์มน้ำมันเฉลี่ย 20.53 ปี มีพื้นที่ปลูกปาล์มเฉลี่ย 32.14 ไร่ แรงงานที่ใช้ในการทำสวนปาล์มน้ำมัน 5-8 คน มีรายได้จากการทำสวนปาล์มน้ำมัน 384,689.32 บาท/ปี และรายจ่ายจากการทำสวนปาล์มน้ำมันเฉลี่ย 111,310.68 บาท/ปี มีระยะเวลาในการเป็นสมาชิกกลุ่ม 5 ปี มีการรับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับมาตรฐานการผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืนจากเจ้าหน้าที่โรงงานสกัดปาล์มน้ำมัน หนังสือตำราเกี่ยวกับการปลูกปาล์มน้ำมัน และการฝึกอบรม การสนับสนุนจากวิสาหกิจชุมชน (ค่าเฉลี่ย 2.75) การสนับสนุนจากหน่วยงานของภาครัฐ (ค่าเฉลี่ย 2.58) และการสนับสนุนจากหน่วยงานภาคเอกชน (ค่าเฉลี่ย 2.74) ความสำเร็จของวิสาหกิจชุมชนอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 2.74) โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านวิถีปฏิบัติรักษาปาล์มน้ำมันที่ดีค่าเฉลี่ยสูงสุด (ค่าเฉลี่ย 2.81) จากการทดสอบสมมติฐาน พบว่า เพศ ระดับการศึกษา ประสบการณ์ทำสวนปาล์มน้ำมัน จำนวนแรงงาน รายจ่ายจากการทำสวนปาล์มน้ำมัน การมีส่วนร่วมของสมาชิก การรับรู้ข้อมูลข่าวสารจากสื่อบุคคล สื่อมวลชน และสื่อกิจกรรม และการได้รับการสนับสนุนมีความสัมพันธ์ต่อความสำเร็จในการดำเนินงานของวิสาหกิจชุมชนปาล์มน้ำมันตามมาตรฐานการผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

คำสำคัญ: ปัจจัย ความสำเร็จ วิสาหกิจชุมชน การผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืน อำเภอสิเกา

Abstract

The objectives of this research were to study various factors and features (personal factors, economic factors, community information and supporting factors) that were relevant to the success of the sustainable palm oil community enterprise in Sikao district, Trang province, with reference to the standards of the Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO), and 2) to examine the relationship between those factors. Data were collected by interview with 103 farmers. Statistical analyses performed were frequency, percentage, mean, standard deviation, maximum, minimum and chi-square. The results revealed that most of the farmers were male and had an average age of 58.04 years. Most had completed school at the elementary level and had 4 people in their family. The average length of experience in palm oil production was 20.53 years. The average area of palm oil cultivation was 32.14 rai. In general, between five and eight people worked on a plot. The average income from palm oil production was 384,689.32 baht/year. The average expense associated with palm oil production was 111,310.68 baht/year, and farmers had been members of a palm oil planting group for about 5 years. The farmers received palm oil information from factory staff, books, and training programs. The farmers rated their support from community enterprises at a mean of 2.75, from the government sector at a mean level of 2.58, and from the private sector at a mean level of 2.74. The overall opinion of the farmers toward the success of the community enterprise was at a high level

¹ ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

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

*Corresponding author, Email: fagrpsd@ku.ac.th

(mean 2.74), and the farmers rated the community use of appropriate and best practices at the highest mean level of 2.81. The hypothesis testing found that gender, educational level, experience of cultivating palm oil trees, number of laborers, expenses to do with palm oil production, participation in community enterprises, information exposure to palm oil business through the medium of personal media (factory staff), mass media (books) and activity media (training programs) were the relevant supporting factors that related to the success of the community enterprise and its management according to the standards laid down in the Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO) at the 0.05 level of significance.

Keywords: factors, success, community enterprise, Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO), Sikao district

คำนำ

ภายใต้บริบทของแผนการพัฒนาสังคมและเศรษฐกิจของประเทศไทย การกำหนดยุทธศาสตร์ของประเทศเพื่อให้เป็นแนวทางให้ประเทศพัฒนาอย่างยั่งยืนจึงเป็นสิ่งที่สำคัญ มีการกำหนดยุทธศาสตร์ให้มีความสามารถในการแข่งขันที่สูงขึ้น สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของเศรษฐกิจโลก จึงหาทางที่จะสร้างรายได้เพื่อส่งเสริมเศรษฐกิจฐานราก โดยมีหลักคิดที่จะทำให้ทรัพยากรที่มีอยู่เป็นทุนในการสร้างรายได้ให้กับประชาชนและประเทศชาติ ทั้งนี้ต้องหาทางเปลี่ยนมุมมองของคนในชุมชนให้เห็นว่าสิ่งที่ตนเองมีอยู่นั้น คือ ทรัพยากรที่มีราคา สามารถเพิ่มรายได้ หากรู้จักจัดการกับทรัพยากรนั้นอย่างชาญฉลาด ซึ่งหมายถึง ความรู้ ภูมิปัญญาท้องถิ่น วัฒนธรรม ทักษะฝีมือ ธรรมชาติ ความสงบ วิถีชีวิต พืชผลทางการเกษตร และอื่น ๆ สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นทุนทางสังคมของชุมชนซึ่งสามารถนำมาประยุกต์และบูรณาการกับภูมิปัญญาเดิม แล้วต่อยอดด้วยวิทยาการสมัยใหม่และองค์ความรู้ใหม่เพื่อให้พื้นฐานทางเศรษฐกิจของไทยแข็งแกร่ง (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคม, 2560)

จากแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาข้างต้นมีจุดมุ่งหมายหลักคือ การที่คนในชุมชนรวมตัวกันจะทำให้ชุมชนเข้มแข็ง สามารถเผชิญกับวิกฤตต่าง ๆ ได้ด้วยชุมชนเอง จึงมีการจัดตั้งกลุ่มของบุคคลซึ่งเรียกว่า วิสาหกิจชุมชนขึ้นเพื่อให้มีแผนรองรับการพัฒนาที่เกิดขึ้น โดยมีคณะบุคคลที่รวมตัวกัน มีวัตถุประสงค์ในการจัดทำกิจกรรมอย่างหนึ่งอย่างใดเพื่อประโยชน์ในการดำเนินงานของวิสาหกิจชุมชน มุ่งเน้นสร้างความเข้มแข็งของชุมชน ส่งเสริมให้เกิดเศรษฐกิจชุมชนแบบพึ่งตนเอง ใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่น และวัตถุดิบในชุมชน โดยคนในชุมชนเพื่อคนในชุมชน สิ่งที่เกิดขึ้นจากวิสาหกิจชุมชนมีผลทำให้คนในชุมชนไม่ต้องเดินทางไปทำมาหากินในเมืองใหญ่ซึ่งเป็นเหตุให้ต้องจากครอบครัวเข้าไปอยู่กับความแออัดและมลพิษมากมาย ดังนั้นถือได้ว่าวิสาหกิจชุมชนนำไปสู่การสร้างมูลค่าเพิ่มจากทรัพยากรของชุมชน แปลงมาเป็นรายได้ทำมาหากินในที่ของตนเอง (กรมการพัฒนาชุมชน, 2546)

วิสาหกิจชุมชนผู้ผลิตปาล์มน้ำมันของอำเภอสิเกา จังหวัดตรัง หนึ่งในวิสาหกิจชุมชนที่ยังคงดำเนินงานอยู่และได้รับการคัดเลือกเป็นวิสาหกิจชุมชนอยู่ในระดับดี ในปี พ.ศ. 2559 (สำนักงานเลขาธิการคณะกรรมการส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน, 2559) ซึ่งวิสาหกิจชุมชนกลุ่มดังกล่าวเกิดจากเกษตรกรเผชิญปัญหาขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการปาล์มน้ำมันที่ถูกต้อง ขาดการรวมกลุ่ม ขาดการบันทึกข้อมูล ขาดแรงจูงใจในการผลิตปาล์มน้ำมันคุณภาพ รวมทั้งปัญหาความผันผวนของสภาพอากาศ ทำให้ผลผลิตภาพและประสิทธิภาพการผลิตตกต่ำและต้นทุนการผลิตสูง ในปี พ.ศ. 2552-2554 ผลผลิตเฉลี่ยเพียง 3.4 ตันต่อไร่ต่อปี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) จากปัญหาดังกล่าวสำนักงานเกษตรอำเภอสิเกา จังหวัดตรัง ได้พยายามแก้ไขปัญหาโดยการเสริมศักยภาพให้เกษตรกร ดำเนินงานด้วยกระบวนการกลุ่ม มีการจัดการสวนปาล์มน้ำมันที่ดี โดยเบื้องต้นมีโรงงานลำสูง (ประเทศไทย) จำกัด ที่เข้าร่วมดำเนินการ มีแผนการอบรมสัมมนาให้ความรู้และสร้างความเข้าใจ พัฒนาผลผลิตให้มีประสิทธิภาพแก่เกษตรกร จึงมีการกำหนดแผนการปฏิบัติงานร่วมกันระหว่างภาครัฐและภาคเอกชน โดยมีมติให้จัดตั้งกลุ่มโดยใช้มาตรฐานการผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืน (Roundtable on Sustainable Palm Oil, RSPO)

สำหรับการผลิตปาล์มน้ำมันตามมาตรฐานการผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืน ซึ่งเป็นมาตรฐานที่กำหนดขึ้นเพื่อส่งเสริมให้มีการผลิตและการใช้น้ำมันปาล์มอย่างยั่งยืน กล่าวคือ เป็นการผลิตปาล์มน้ำมันที่มีความมั่นคงทางเศรษฐกิจและการเงิน ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม และไม่ส่งผลกระทบต่อสังคม โดยมีหลักการสำคัญ 8 ด้าน คือ ด้านความมุ่งมั่นให้เกิดความโปร่งใส ด้านการปฏิบัติตามกฎหมายและระเบียบ ด้านความมุ่งมั่นให้เกิดความมั่นคงทางเศรษฐกิจและการเงินในระยะยาว ด้านวิธีปฏิบัติรักษาปาล์มน้ำมันที่ดี ด้านความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและหลากหลายทางชีวภาพ ด้านความรับผิดชอบต่อลูกค้าและชุมชน ด้านการพัฒนาการปลูกปาล์มน้ำมันในพื้นที่ใหม่อย่างมีความรับผิดชอบต่อความมุ่งมั่นในการปรับปรุงกิจกรรมหลักอย่างต่อเนื่อง (RSPO, 2013) เพื่อเป็นกรอบสำหรับการผลิตน้ำมันปาล์มอย่างยั่งยืน

ครอบคลุมถึงการบริหารจัดการ การดำเนินการด้านกฎหมาย ด้านเศรษฐกิจ ความเหมาะสมกับสิ่งแวดล้อมและเป็นประโยชน์ต่อสังคม โดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจะเข้าไปให้ความรู้ความเข้าใจ และถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตรที่จำเป็นแก่เกษตรกร และพัฒนาเกษตรกรผู้ผลิตปาล์มน้ำมันเพื่อให้ผลิตได้ตามมาตรฐานการผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืน พร้อมทั้งมีการกำหนดแผนการปฏิบัติงานร่วมกันระหว่างเกษตรกร ภาครัฐ และเอกชน

จากที่กล่าวมาข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการที่จะทำให้กลุ่มประสบความสำเร็จในการดำเนินงาน การเข้าใจถึงกระบวนการหรือปัจจัยที่ทำให้กลุ่มประสบความสำเร็จและเป็นแนวทางให้กับกลุ่มอื่น ๆ ได้นำไปพัฒนาต่อไปนั้นเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง งานวิจัยนี้ตระหนักและเห็นถึงความสำคัญของปัจจัยที่ทำให้วิสาหกิจชุมชนประสบความสำเร็จ จึงได้สนใจเลือกศึกษาวิสาหกิจชุมชนปาล์มน้ำมัน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง เพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของวิสาหกิจชุมชนนี้ ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาจะเป็นแนวทางในการบริหารจัดการกลุ่ม และเป็นประโยชน์ให้กับนักวิจัย นักวิชาการ นักส่งเสริม และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปเป็นตัวอย่างในการดำเนินงานของกลุ่มหรือสามารถนำไปปรับปรุง วางแผน และพัฒนาวิสาหกิจชุมชนต่อไป

วิธีการศึกษา

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ สมาชิกของวิสาหกิจชุมชนเกษตรกรรายย่อยผู้ผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืนสิเกา-วังวิเศษที่ลงทะเบียนผู้ปลูกปาล์มน้ำมันในอำเภอสิเกา จังหวัดตรัง รวมทั้งหมด 139 ราย (สำนักงานเกษตรอำเภอสิเกา, 2561) คำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้การคำนวณสูตรของ Krejcie and Morgan (สุรินทร์, 2556) ซึ่งได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 103 ราย หลังจากนั้นใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (simple random sampling) โดยวิธีการจับฉลากจากทะเบียนรายชื่อการเข้าเป็นสมาชิกของวิสาหกิจชุมชนเกษตรกรรายย่อยผู้ผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืนสิเกา-วังวิเศษ อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง ในปี พ.ศ. 2561

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง (structure interview) เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยนำแบบสัมภาษณ์ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบความถูกต้องเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (validity) ของเครื่องมือและปรับปรุงแก้ไข จากนั้นนำแบบสัมภาษณ์ไปทดลองใช้กับสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่ไม่ได้เป็นกลุ่มตัวอย่าง (tryout) จำนวน 30 ชุด แล้วนำมาหาความเชื่อมั่น (reliability) โดยใช้วิธีหาค่าสัมประสิทธิ์ของ Cronbach (Cronbach's alpha coefficient) ได้ค่าเท่ากับ 0.834 จากนั้นจึงนำไปใช้เก็บข้อมูลจริงในวิจัยครั้งนี้

การแปลความหมายในส่วนของข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยด้านการสนับสนุนและปัจจัยด้านความสำเร็จของวิสาหกิจชุมชน กำหนดการวัดแบบอันตรภาคชั้น (interval scale) (สุรินทร์ นียมากร, 2556) สามารถจัดช่วงคะแนนเฉลี่ยและมีเกณฑ์ในการสรุปและแปลความหมายในแต่ละปัจจัยดังนี้

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนน	3	หมายถึง	มาก
คะแนน	2	หมายถึง	ปานกลาง
คะแนน	1	หมายถึง	น้อย

เกณฑ์การแปลผลด้านความคิดเห็นที่มีต่อการสนับสนุนแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ

ช่วงคะแนนเฉลี่ย

ระดับการสนับสนุน

2.34 - 3.00	มีความคิดเห็นต่อการสนับสนุนในระดับมาก
1.67 - 2.33	มีความคิดเห็นต่อการสนับสนุนในระดับปานกลาง
1.00 - 1.66	มีความคิดเห็นต่อการสนับสนุนในระดับน้อย

เกณฑ์การแปลผลด้านความคิดเห็นที่มีต่อความสำเร็จแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ

ช่วงคะแนนเฉลี่ย

ระดับความคิดเห็น

2.34 - 3.00	มีความคิดเห็นในระดับมาก
1.67 - 2.33	มีความคิดเห็นในระดับปานกลาง
1.00 - 1.66	มีความคิดเห็นในระดับน้อย

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ โดยใช้สถิติในการวิเคราะห์ ได้แก่ สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) ประกอบด้วย การแจกแจงความถี่ (frequency) ร้อยละ (percentage) ค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ทดสอบสมมติฐานโดยใช้ค่าไคสแควร์ (chi-square) โดยกำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล

สมาชิกของวิสาหกิจชุมชนส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ร้อยละ 67.0 มีอายุเฉลี่ย 58.04 ปี มีระดับการศึกษาอยู่ในระดับประถมศึกษา ร้อยละ 48.5 มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือน 4 คน ร้อยละ 43.7 มีประสบการณ์ทำสวนปาล์มน้ำมันเฉลี่ย 20.53 ปี

ปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจ

สมาชิกของวิสาหกิจชุมชนมีพื้นที่ในการปลูกปาล์มน้ำมันเฉลี่ย 32.14 ไร่ จำนวนแรงงานทำสวนปาล์มน้ำมัน 5-8 คน ร้อยละ 37.8 มีรายได้จากการทำสวนปาล์มน้ำมันเฉลี่ย 384,689.32 บาท/ปี และรายจ่ายจากการทำสวนปาล์มน้ำมันเฉลี่ย 111,310.68 บาท/ปี

ข้อมูลเกี่ยวกับวิสาหกิจชุมชน

ระยะเวลาในการเป็นสมาชิกกลุ่มส่วนใหญ่ 5 ปี (ร้อยละ 88.3) มีส่วนร่วมภายในกลุ่ม เช่น มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นและชี้ประเด็นต่าง ๆ มีส่วนร่วมในการเลือกผู้นำกลุ่มและคณะกรรมการกลุ่ม รวมถึงมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ของกลุ่มร่วมกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของกัญญารัตน์ เฟิงพอว์ (2555) เรื่องปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในเขตเมืองและเขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร พบว่า การเปิดโอกาสให้สมาชิกมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาจะสามารถทำให้กลุ่มหาทางออกของปัญหาได้เร็วขึ้น

การรับรู้ข้อมูลข่าวสารผ่านสื่อบุคคลจากเจ้าหน้าที่บริษัทโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มมากที่สุด (ร้อยละ 79.6) ทั้งนี้เพราะโรงงานสกัดปาล์มน้ำมันได้จัดให้พนักงานในโรงงานเป็นที่เลี้ยงแก่สมาชิกของวิสาหกิจชุมชน โดยที่เลี้ยงมีความสามารถในการประสานงานกับผู้ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ โรงงานเครือข่าย คณะกรรมการกลุ่มและสมาชิก หน่วยงานภายนอก และนักวิจัย เก็บรวบรวมข้อมูลจากสมาชิก ลงพื้นที่ติดตามการดำเนินงานของสมาชิกอย่างน้อย 3 วันต่อสัปดาห์ วางแผนจัดกิจกรรมอบรมดูงาน และประชุมคณะกรรมการกลุ่ม เตรียมเอกสาร อุปกรณ์ และสถานที่ในการอบรม อีกทั้งยังรายงานความคืบหน้าต่อกลุ่มเดือนละครั้ง เพื่อชี้แจงข่าวสารกิจกรรมต่าง ๆ ให้สมาชิกได้รับรู้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ปัญญา จันทโคต และกุลธิดา ท้วมสุข (2558) ที่กล่าวว่า ปัจจัยภายนอกที่สนับสนุนความสำเร็จในการดำเนินงานของศูนย์เรียนรู้ชุมชน คือ หน่วยงานภายนอก

การรับข้อมูลข่าวสารผ่านสื่อมวลชนจากหนังสือตำราเกี่ยวกับการปลูกปาล์มน้ำมันมากที่สุด (ร้อยละ 70.9) เนื่องจากก่อนเข้าร่วมกลุ่ม สมาชิกของวิสาหกิจชุมชนจะได้รับหนังสือเกี่ยวกับการบริหารจัดการสวนปาล์มน้ำมันที่ถูกต้องทุกคนและจะต้องศึกษาแนวปฏิบัติการผลิตปาล์มน้ำมันที่ได้อย่างละเอียดก่อนนำไปปฏิบัติในสวนของสมาชิกเอง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ เหมื่อนฝัน รามเทพ (2558) ได้ศึกษาความต้องการความรู้เกี่ยวกับการปฏิบัติที่ดีทางการเกษตรสำหรับปาล์มน้ำมันของเกษตรกร อำเภอห้วยยอด จังหวัดตรัง พบว่า ได้รับข่าวสารเกี่ยวกับการปลูกปาล์มน้ำมันจากสื่อมวลชน จากหนังสือตำราเกี่ยวกับการปลูกปาล์มน้ำมัน

การรับข้อมูลข่าวสารผ่านสื่อกิจกรรมจากการฝึกอบรมมากที่สุด (ร้อยละ 79.6) เนื่องจากการอบรมกับหน่วยงานภาครัฐ โรงงานสกัดปาล์มน้ำมันและวิสาหกิจชุมชนแต่ละครั้งสมาชิกจะได้รับความรู้เกี่ยวกับการปลูกปาล์มน้ำมันที่ดีและถูกวิธีมากขึ้น โดยวิทยากรที่ได้เชิญมาบรรยายให้สมาชิกของวิสาหกิจชุมชนฟังสามารถให้คำแนะนำและตอบข้อสงสัยได้โดยตรง และการอบรมทำให้สมาชิกเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างสมาชิกด้วยกันเอง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ประกายตา หลีกภัย (2554) ที่กล่าวว่า เกษตรกรส่วนใหญ่มีความต้องการที่จะเข้ารับการอบรมอยู่เสมอ เพื่อที่จะศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมให้กับตัวเองและเป็นการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารและประสบการณ์ซึ่งกันและกัน

ปัจจัยด้านการสนับสนุน

จาก Table 1 การสนับสนุนต่อวิสาหกิจชุมชนอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย = 2.69) และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่าการสนับสนุนจากวิสาหกิจชุมชนมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 2.75) รองลงมา คือ การสนับสนุนจากหน่วยงานภาคเอกชน (ค่าเฉลี่ย = 2.74) และการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 2.58) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ พรพรรณ คำมัน (2550) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของกลุ่มทอผ้าพื้นเมือง กรณีศึกษากลุ่มแม่บ้านเกษตรกรน้ำใสใต้

ตำบลชัยชุมพล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของกลุ่ม คือ ปัจจัยด้านการปฏิสัมพันธ์กับองค์กรภายนอกซึ่งมีหน่วยงานต่าง ๆ เข้ามาสนับสนุน

Table 1 Opinion of farmers toward supporting.

Success of community enterprises	Mean	SD	Opinion level
1. Supporting from community enterprises	2.75	0.535	High
2. Supporting from government sectors	2.58	0.567	High
3. Support from the private sectors	2.74	0.523	High
Grand Mean	2.69	0.542	High

ความสำเร็จในการดำเนินงานของวิสาหกิจชุมชนปาล์มน้ำมันตามมาตรฐานการผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืน

จาก Table 2 การวิเคราะห์ข้อมูลค่าเฉลี่ยความคิดเห็นโดยรวมของสมาชิกของวิสาหกิจชุมชน พบว่า ความคิดเห็นที่มีต่อความสำเร็จของวิสาหกิจชุมชนอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย = 2.74) และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านวิธีปฏิบัติรักษาปาล์มน้ำมันที่ดีมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 2.81) รองลงมา คือ ด้านการปฏิบัติตามกฎหมายและระเบียบ (ค่าเฉลี่ย = 2.78) ด้านความมุ่งมั่นในการปรับปรุงกิจกรรมหลักอย่างต่อเนื่อง (ค่าเฉลี่ย = 2.77) ด้านความมุ่งมั่นให้เกิดความโปร่งใสและด้านความรับผิดชอบต่อลูกค้าและชุมชน (ค่าเฉลี่ย = 2.76) ด้านการพัฒนาการปลูกปาล์มน้ำมันในพื้นที่ใหม่อย่างมีความรับผิดชอบต่อ (ค่าเฉลี่ย = 2.75) ด้านความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและหลากหลายทางชีวภาพ (ค่าเฉลี่ย = 2.68) และด้านความมุ่งมั่นให้เกิดความมั่นคงทางเศรษฐกิจและการเงินในระยะยาว (ค่าเฉลี่ย = 2.61) ตามลำดับ

Table 2 Opinion of farmers toward success of community enterprises.

Success of community enterprises	Mean	SD	Opinion level
1. Commitment to transparency	2.76	0.523	High
2. Compliance with applicable laws and regulations	2.78	0.506	High
3. Commitment to long-term economic and financial viability	2.61	0.537	High
4. Use of appropriate best practices	2.81	0.455	High
5. Environmental responsibility and conservation of natural resources and biodiversity	2.68	0.516	High
6. Responsible consideration of employees and communities	2.76	0.501	High
7. Responsible development of new plantings	2.75	0.510	High
8. Commitment to continuous improvement in key areas of activity	2.77	0.510	High
Grand Mean	2.74	0.542	High

ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล ปัจจัยพื้นฐานทางเศรษฐกิจ ข้อมูลเกี่ยวกับวิสาหกิจชุมชน และปัจจัยด้านการสนับสนุนกับความสำเร็จในการดำเนินงานของวิสาหกิจชุมชน

จาก Table 3 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคลกับความสำเร็จ พบว่า เพศ มีความสัมพันธ์กับความสำเร็จด้านความรับผิดชอบต่อลูกค้าและชุมชน และด้านการพัฒนาการปลูกปาล์มน้ำมันในพื้นที่ใหม่อย่างมีความรับผิดชอบต่อ เนื่องจากส่วนใหญ่เพศชายเข้าร่วมเป็นสมาชิกมากกว่าเพศหญิง เพราะงานที่ทำภายในสวนปาล์มน้ำมันเป็นงานที่ต้องใช้แรงมาก เช่น การเก็บเกี่ยวผลปาล์ม การขนย้ายปาล์มน้ำมันไปยังโรงงานปาล์มน้ำมัน ดังนั้นเพศจึงมีความสำคัญกับความสำเร็จของวิสาหกิจชุมชน ระดับการศึกษามีความสัมพันธ์กับความสำเร็จด้านการปฏิบัติตามกฎหมายและระเบียบ ซึ่งสอดคล้องกับ อันนา อ่อนมาก (2553) ได้ทำการศึกษาเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของวิสาหกิจชุมชนธุรกิจส่งออกตำบลแพง อำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม พบว่า ระดับการศึกษามีความสัมพันธ์กับความสำเร็จในการดำเนินงานของวิสาหกิจชุมชน และประสบการณ์ทำสวนปาล์มน้ำมันมีความสัมพันธ์กับความสำเร็จด้านความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม

การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและหลากหลายทางชีวภาพ และด้านความรับผิดชอบต่อลูกค้าและชุมชน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 อีกทั้งยังสอดคล้องกับสูตรตันน์ แชมเงิน (2559) ได้ทำการศึกษาเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของวิสาหกิจชุมชนไวน์ศรีชุมแสง ตำบลท่าไม้รวก อำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี พบว่า ระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นในแต่ละปีทำให้สมาชิกแต่ละคนนำประสบการณ์ไปแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยพื้นฐานทางเศรษฐกิจกับความสำเร็จ พบว่า จำนวนแรงงานทำสวนปาล์มน้ำมันมีความสัมพันธ์กับความสำเร็จด้านความรับผิดชอบต่อลูกค้าและชุมชน เนื่องจากแรงงานที่ใช้เป็นแรงงานที่มาจากคนในชุมชนเพื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตปาล์มน้ำมัน ซึ่งเป็นแรงงานที่ถูกกฎหมาย ไม่มีการใช้แรงงานบังคับหรือแรงงานจากการค้ามนุษย์ ลูกค้าได้รับการปฏิบัติด้วยความเคารพและอย่างมีศักดิ์ศรีเท่าเทียมกัน และรายจ่ายจากการทำสวนปาล์มน้ำมันมีความสัมพันธ์กับความสำเร็จด้านความรับผิดชอบต่อลูกค้าและชุมชน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับ สูตรตันน์ แชมเงิน (2559) พบว่า การบริหารจัดการมีความสัมพันธ์กับความสำเร็จด้านศักยภาพชุมชน เนื่องจากด้านเงินและด้านคนเป็นส่วนสำคัญในการดำเนินงานโดยจำเป็นต้องมีความรู้ มีทักษะในการทำงาน และมีความมุ่งมั่นตั้งใจ ซึ่งจะทำให้กลุ่มประสบความสำเร็จ

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเกี่ยวกับวิสาหกิจชุมชนกับความสำเร็จ พบว่า การมีส่วนร่วมของสมาชิกกลุ่มมีความสัมพันธ์กับความสำเร็จด้านความมุ่งมั่นในการปรับปรุงกิจกรรมหลักอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากสมาชิกมีส่วนร่วมในการอบรมเรื่องการบันทึกต่าง ๆ เช่น การบันทึกผลผลิตต่อเดือน สรุปรายรับ-รายจ่าย การจ่ายค่าจ้างแรงงาน การใช้จ่ายการจัดศัตรูพืช รวมถึงข้อมูลการใช้ปุ๋ยในสวนปาล์มน้ำมัน อีกทั้งยังสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปปรับใช้ในการบริหารจัดการสวนปาล์มน้ำมันให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น การรับรู้ข้อมูลข่าวสารผ่านสื่อบุคคลมีความสัมพันธ์กับความสำเร็จด้านการพัฒนาการปลูกปาล์มน้ำมันในพื้นที่ใหม่อย่างมีความรับผิดชอบต่อ การรับรู้ข้อมูลข่าวสารผ่านสื่อมวลชนมีความสัมพันธ์กับความสำเร็จด้านความมุ่งมั่นให้เกิดความโปร่งใสและด้านความมุ่งมั่นให้เกิดความมั่นคงทางเศรษฐกิจและการเงินในระยะยาว และการรับรู้ข้อมูลข่าวสารผ่านสื่อกิจกรรมมีความสัมพันธ์กับความสำเร็จด้านความมุ่งมั่นให้เกิดความมั่นคงทางเศรษฐกิจและการเงินในระยะยาว เนื่องจาก การได้รับความรู้จากหนังสือตำราเกี่ยวกับปาล์มน้ำมันซึ่งได้รับจากวิสาหกิจชุมชนทำให้สมาชิกสามารถจัดการการผลิตได้อย่างมืออาชีพมากขึ้น และได้รับความรู้จากการอบรมต่าง ๆ จากผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตปาล์มน้ำมันส่งผลให้สมาชิกนำความรู้ที่ได้จากการอบรมไปพัฒนาสวนปาล์มน้ำมัน เพิ่มผลผลิต ลดต้นทุน ส่งผลให้การทำสวนปาล์มน้ำมันของสมาชิกมีความมั่นคงและยั่งยืน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับ ศศิภา พิทักษ์สานต์ (2556) พบว่า การมีส่วนร่วมของสมาชิกวิสาหกิจชุมชนมีความสัมพันธ์ต่อความสำเร็จในการนำนโยบายส่งเสริมวิสาหกิจชุมชนไปปฏิบัติ หลักแห่งการพึ่งตนเอง ความร่วมมือร่วมใจและเป็นน้ำหนึ่งใจเดียวกัน การดำเนินกิจกรรมวิสาหกิจชุมชนที่ดีนั้น มักเริ่มจากการมีส่วนร่วมของคนในชุมชน

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านการสนับสนุนกับความสำเร็จ พบว่า การสนับสนุนจากวิสาหกิจชุมชนมีความสัมพันธ์กับความสำเร็จด้านความมุ่งมั่นให้เกิดความโปร่งใสและด้านความมุ่งมั่นในการปรับปรุงกิจกรรมหลักอย่างต่อเนื่อง การสนับสนุนจากหน่วยงานของภาครัฐมีความสัมพันธ์กับความสำเร็จด้านการปฏิบัติตามกฎหมายและระเบียบ และด้านวิธีปฏิบัติรักษาปาล์มน้ำมันที่ดี และการสนับสนุนจากหน่วยงานของภาคเอกชนมีความสัมพันธ์กับความสำเร็จด้านวิธีปฏิบัติรักษาปาล์มน้ำมันที่ดี ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ นุชสรา คำมัน (2559) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จของวิสาหกิจชุมชนในอำเภอลานสั๊ก จังหวัดอุทัยธานี พบว่า การได้รับการสนับสนุนจากเจ้าหน้าที่รัฐและภายนอกมีความสัมพันธ์กับความสำเร็จของวิสาหกิจชุมชน

Table 3 Relationship between personal factors, economy factors, information about community enterprises, supporting factors toward the success of community enterprise.

Factors	The factors affecting the success															
	1		2		3		4		5		6		7		8	
	χ^2	P-value	χ^2	P-value	χ^2	P-value	χ^2	P-value	χ^2	P-value	χ^2	P-value	χ^2	P-value	χ^2	P-value
1. Personal factors																
1.1 Gender	3.658	0.056	0.828	0.363	1.970	0.160	0.001	0.972	1.157	0.282	8.606*	0.003	4.056*	0.044	1.468	0.226
1.2 Age	2.167	0.338	4.091	0.129	0.899	0.638	5.272	0.072	0.528	0.768	0.494	0.781	2.038	0.361	2.349	0.309
1.3 Educational level	3.468	0.177	7.282*	0.026	5.275	0.072	2.068	0.356	3.572	0.168	4.137	0.126	1.087	0.581	1.313	0.519
1.4 Number of households	3.376	0.185	0.724	0.696	1.250	0.535	1.380	0.502	0.346	0.841	1.643	0.440	1.731	0.421	1.414	0.493
1.5 Experience	4.550	0.103	3.191	0.203	3.615	0.164	0.482	0.786	7.355*	0.025	7.490*	0.024	1.450	0.484	0.902	0.637
2. Economy factors																
2.1 Oil palm planting area	0.243	0.886	1.440	0.487	2.594	0.273	3.436	0.179	2.622	0.270	3.211	0.201	0.134	0.935	0.010	0.995
2.2 Number of labors	0.877	0.645	0.275	0.872	4.517	0.105	2.606	0.272	0.185	0.911	10.593*	0.005	2.879	0.237	7.777*	0.020
2.3 Income	1.355	0.508	0.357	0.836	0.942	0.624	0.780	0.677	0.039	0.981	2.755	0.252	5.403	0.067	1.147	0.563
2.4 Expense	0.872	0.647	1.323	0.516	1.539	0.463	2.601	0.272	4.013	0.134	6.254*	0.044	0.040	0.980	0.231	0.891
3. Information about community enterprises																
3.1 Being membership	0.145	0.578	0.658	0.372	0.704	0.309	0.178	0.460	1.216	0.246	0.178	0.504	0.029	0.613	1.534	0.197
3.2 Participation	2.197	0.140	0.466	0.365	0.677	0.299	0.988	0.255	1.477	0.204	0.784	0.288	1.502	0.194	4.869*	0.038
3.3 Personal media	0.479	0.787	1.755	0.416	5.418	0.067	1.741	0.419	4.663	0.097	4.654	0.098	7.307*	0.026	0.436	0.804
Mass media	6.158*	0.046	3.596	0.166	5.851*	0.054	0.377	0.828	1.390	0.499	4.393	0.111	4.262	0.119	0.779	0.677
Activity media	3.486	0.175	1.376	0.503	6.125*	0.047	1.806	0.405	0.658	0.720	0.432	0.806	1.054	0.590	0.611	0.737
4. Supporting factors																
4.1 Community enterprises	7.801*	0.020	3.053	0.217	4.133	0.127	0.831	0.660	0.521	0.771	0.325	0.850	0.501	0.778	6.094*	0.048
4.2 Government sector	4.070	0.131	5.790*	0.054	1.728	0.422	7.250*	0.027	4.012	0.135	5.782	0.056	3.559	0.169	0.145	0.930
4.3 The private sector	0.530	0.767	2.012	0.366	0.068	0.967	6.111*	0.047	1.829	0.401	2.216	0.330	0.275	0.871	0.008	0.996

Note: *Significant at the level 0.05, 1 = commitment to transparency, 2 = compliance with applicable laws and regulations, 3 = commitment to long-term economic and financial viability, 4 = use of appropriate best practices, 5 = environmental responsibility and conservation of natural resources and biodiversity, 6 = responsible consideration of employees and communities, 7 = responsible development of new plantings, 8 = commitment to continuous improvement in key areas of activity.

สรุปผลการศึกษา

จากการวิจัยครั้งนี้ พบว่า ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล สมาชิกของวิสาหกิจชุมชนปาล์มน้ำมันส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีอายุค่อนข้างมาก มีสมาชิกในครัวเรือน 4 คน และมีประสบการณ์ทำสวนปาล์มน้ำมันเฉลี่ย 20.53 ปี จบการศึกษาในระดับประถมศึกษามากที่สุด รองลงมา คือ ระดับปริญญาตรี

ปัจจัยพื้นฐานทางเศรษฐกิจ พบว่า สมาชิกของวิสาหกิจชุมชนปาล์มน้ำมันมีพื้นที่ปลูกปาล์มเฉลี่ย 32.14 ไร่ โดยมีจำนวนแรงงาน 5-8 คน มีรายได้จากการทำสวนปาล์มน้ำมันเฉลี่ย 384,689.32 บาท/ปี และมีรายจ่ายจากการทำสวนปาล์มน้ำมันเฉลี่ย 111,310.68 บาท/ปี

ข้อมูลเกี่ยวกับวิสาหกิจชุมชน พบว่า สมาชิกของวิสาหกิจชุมชนปาล์มน้ำมันส่วนใหญ่มีระยะในการเป็นสมาชิก 5 ปี มีส่วนร่วมภายในกลุ่ม เช่น มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นและชี้ประเด็นต่าง ๆ มีส่วนร่วมในการเลือกผู้นำกลุ่มและคณะกรรมการกลุ่ม รวมถึงมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ของกลุ่มร่วมกัน การรับรู้ข้อมูลข่าวสารผ่านสื่อบุคคลจากเจ้าหน้าที่บริษัทโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม การรับรู้ข้อมูลข่าวสารผ่านสื่อมวลชนจากหนังสือตำราเกี่ยวกับการปลูกปาล์มน้ำมัน และการรับรู้ข้อมูลข่าวสารผ่านสื่อกิจกรรมจากการฝึกอบรม

ปัจจัยด้านการสนับสนุน พบว่า การสนับสนุนจากวิสาหกิจชุมชนอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย = 2.69) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า การสนับสนุนจากวิสาหกิจชุมชนมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 2.75) รองลงมา คือ การสนับสนุนจากหน่วยงานภาคเอกชน (ค่าเฉลี่ย = 2.74) และการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 2.58)

ความสำเร็จของวิสาหกิจชุมชนอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย = 2.74) โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านวิธปฏิบัติรักษาปาล์มน้ำมันที่ดี (ค่าเฉลี่ย = 2.81) รองลงมาคือ ด้านการปฏิบัติตามกฎหมายและระเบียบ (ค่าเฉลี่ย = 2.78) และด้านความมุ่งมั่นในการปรับปรุงกิจกรรมหลักอย่างต่อเนื่อง (ค่าเฉลี่ย = 2.77) ตามลำดับ และด้านที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ ด้านความมุ่งมั่นให้เกิดความมั่นคงทางเศรษฐกิจและการเงินในระยะยาว (ค่าเฉลี่ย = 2.61)

การทดสอบสมมติฐาน พบว่า เพศ ระดับการศึกษา ประสบการณ์ทำสวนปาล์มน้ำมัน จำนวนแรงงานทำสวนปาล์มน้ำมัน รายจ่ายจากการทำสวนปาล์มน้ำมัน การมีส่วนร่วมของสมาชิก การรับรู้ข้อมูลข่าวสารจากสื่อบุคคล สื่อมวลชน และสื่อกิจกรรม และการได้รับการสนับสนุนจากการสนับสนุนจากวิสาหกิจชุมชน ภาครัฐและภาคเอกชน มีความสัมพันธ์กับความสำเร็จในการดำเนินงานของวิสาหกิจชุมชนปาล์มน้ำมันตามมาตรฐานการผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืน อำเภอเสนา จังหวัดตรัง ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

ข้อเสนอแนะ

1. รายจ่ายจากการทำสวนปาล์มน้ำมันส่วนใหญ่ คือ ปุ๋ยซึ่งเป็นต้นทุนการผลิตที่ราคาสูงมาก ดังนั้นสมาชิกกลุ่มและคณะกรรมการกลุ่มควรช่วยกันผลักดันให้วิสาหกิจชุมชนหาซื้อปุ๋ยราคาถูกและมีคุณภาพให้แก่สมาชิกกลุ่ม เนื่องจากในแต่ละปีนั้นราคาปุ๋ยไม่เท่ากันส่งผลให้รายได้ที่สมาชิกได้รับไม่แน่นอน

2. การให้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการบริหารจัดการปาล์มน้ำมันวิสาหกิจชุมชน ควรส่งเสริมความรู้ผ่านหนังสือตำราเกี่ยวกับการปลูกปาล์มน้ำมัน เนื่องจากสมาชิกส่วนใหญ่ค้นหาข้อมูลจากหนังสือเพื่อนำไปปรับใช้ในสวนปาล์มน้ำมันได้อย่างถูกต้อง

3. สมาชิกกลุ่มควรปรับปรุงการบันทึกการทำสวนปาล์มน้ำมันให้ครบถ้วน เพราะสมาชิกกลุ่มที่บันทึกครบถ้วนมักเห็นผลประกอบการชัดเจนเพราะสามารถนำผลไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาการจัดการสวนปาล์มน้ำมันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นเจ้าหน้าที่โรงงานสกัดปาล์มน้ำมันซึ่งเป็นพี่เลี้ยงเกษตรกรควรตรวจสอบการบันทึกการทำสวนปาล์มน้ำมันของสมาชิกอย่างสม่ำเสมอ

4. คณะกรรมการกลุ่มมีบทบาทอย่างมากในการสนับสนุนวิสาหกิจชุมชนเพื่อขับเคลื่อนให้กลุ่มประสบความสำเร็จ ดังนั้นคณะกรรมการกลุ่มควรมาจากสมาชิกกลุ่มที่มีความพร้อมและมีความเสียสละเพื่อส่วนรวม รวมทั้งเป็นผู้ที่มีความมุ่งมั่นในการพัฒนาการผลิตปาล์มน้ำมัน

เอกสารอ้างอิง

- กรมการพัฒนารัฐบาล. 2546. ระเบียบว่าด้วยการบริหารราชการแผ่นดิน พ.ศ. 2546. <http://www.moe.go.th/moe/th/office/powerMOE2556.pdf>. (20 กันยายน 2561).
- กัญญารัตน์ เพ็ญพอยู่. 2555. ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในเขตมีนบุรีและเขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาส่งเสริมการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นุชสรา คำมัน. 2559. ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของวิสาหกิจชุมชนในอำเภอลานสัก จังหวัดอุทัยธานี. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาส่งเสริมการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ประกายตา หลีกภัย. 2554. การประเมินผลโครงการส่งเสริมการปลูกปาล์มน้ำมันเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน ปี 2552 จังหวัดตรัง. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาส่งเสริมการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ปัญญา จันทโคต และกุลธิดา ท่วมสุข. 2558. ปัจจัยที่สนับสนุนความสำเร็จในการดำเนินงานของศูนย์เรียนรู้ชุมชน. *วารสารวิจัยสมาคมห้องสมุดแห่งประเทศไทย* 8(1): 42-53.
- พรพรรณ คำมัน. 2550. ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของกลุ่มทอผ้าพื้นเมือง กรณีศึกษากลุ่มแม่บ้านเกษตรกรน้ำไผ่ ตำบลชัยชุมพล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาการวิจัยและพัฒนาท้องถิ่น มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์.
- ศศิภา พิทักษ์สานต์. 2556. ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของการนำนโยบายส่งเสริมวิสาหกิจชุมชนไปปฏิบัติ กรณีศึกษาอำเภอเมืองกระบี่ จังหวัดกระบี่. *วารสารวิทยบริการมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์* 24(3): 33-46.
- สำนักงานเกษตรอำเภอสีเกา. 2561. ข้อมูลเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมัน. <http://sikao.trang.doae.go.th>. (20 กันยายน 2561).
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคม. 2560. สรุปสาระสำคัญแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564). <http://www.nesdb.go.th/Portals/0/news/plan/p10/plan10/book/20>. (20 เมษายน 2561).
- สำนักงานเลขาธิการคณะกรรมการส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน. 2559. รายชื่อวิสาหกิจชุมชน. <http://smce.doae.go.th/smce1>. (10 กันยายน 2562).
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2559. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2560. http://www.oae.go.th/assets/portals/1/files/ebook/agri_situation2560.pdf. (20 กันยายน 2561).
- สุดารัตน์ แซ่มเงิน. 2559. ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของวิสาหกิจชุมชนไวน์ศรีชุมแสง ตำบลท่าไม้รวก อำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาส่งเสริมการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุรินทร์ นิยมมากร. 2556. การวิเคราะห์ข้อมูลตัวอย่างความพึงพอใจในสภาพความเป็นอยู่ปัจจุบันของเกษตรกรในชนบทแห่งหนึ่ง. กรุงเทพฯ: สุสานบัณฑิต.
- เหมือนฝัน รามเทพ. 2558. ความต้องการความรู้เกี่ยวกับการปฏิบัติทางเกษตรที่ดีสำหรับปาล์มน้ำมัน อำเภอห้วยยอด จังหวัดตรัง. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาส่งเสริมการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อันนา ช่อนมาก. 2553. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสำเร็จของวิสาหกิจชุมชน: ธุรกิจผลิตภัณฑ์เสื้อก๊าก ตำบลแพ่ง อำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม. วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, สาขาบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- RSPO. 2013. RSPO principles and criteria for sustainable palm oil production. <http://www.rspo.org/key-documents/certification/rspo-principles-and-criteria>. (20 กันยายน 2561).

วันรับบทความ (Received date) : 22 ก.ย. 62

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 1 ธ.ค. 62

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 7 พ.ค. 63

การเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับธาตุอาหารพืชต่อความงอกของเมล็ดและความแข็งแรงของต้นกล้า

Seed Coating with Plant Nutrients on Seed Germination and Seedling Vigour

จักรพงษ์ กางโสภา^{1*}
Jakkrapong Kangsopa^{1*}

คำนำ

เมล็ดพันธุ์ คือ ปัจจัยสำคัญของการปลูกพืช เมื่อเมล็ดพันธุ์มีความแข็งแรง ต้นกล้าที่งอกจะมีพัฒนาการการเจริญเติบโตเป็นต้นกล้าที่สมบูรณ์แข็งแรง ซึ่งคุณภาพที่ดีของต้นกล้าหลังการงอกนับว่าเป็นปัจจัยสำคัญที่จะส่งผลไปจนถึงการได้มาซึ่งผลผลิตที่ดีและมีคุณภาพสูงด้วยเช่นกัน (Powell, 2009) การให้ความสำคัญของการอนุบาลต้นกล้าจึงเป็นปัจจัยสำคัญแรกเริ่มของการปลูกพืช โดยเฉพาะการให้ต้นกล้าได้รับธาตุอาหารพืชที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโต ต้องมีความเหมาะสมทั้งชนิดและอัตราของธาตุอาหารพืช เพื่อช่วยส่งเสริมกิจกรรมต่าง ๆ ภายในเซลล์ ทั้งกระบวนการสร้างและการสลายอาหาร รวมทั้งซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ เพื่อให้ต้นกล้าพืชสามารถมีพัฒนาการเจริญเติบโตไปเป็นต้นกล้าที่สมบูรณ์แข็งแรงได้ตามปกติ ซึ่งส่วนใหญ่นิยมให้ธาตุอาหารพืชผสมรวมไปกับการให้น้ำ (fertigation) การให้โดยวิธีการฉีดพ่นทางใบ และการให้ทางดินชนิดแบบเป็นเม็ด

อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันมีวิธีการปรับปรุงคุณภาพการเพาะปลูกพืชตั้งแต่พืชยังเป็นเมล็ดพันธุ์ ซึ่งเรียกว่าการปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์พืชด้วยวิธีการเคลือบเมล็ดพันธุ์ (seed coating) ซึ่งเป็นที่นิยมกันทั่วโลก (อิศรัตน์ แก้วคำ, 2560) และวิธีการนี้ถูกนำเข้ามาใช้ในประเทศไทยได้ไม่นาน เนื่องจากยังคงเป็นวิทยาการสมัยใหม่ โดยข้อดีของการเคลือบเมล็ดพันธุ์ คือ สารเคลือบสามารถนำพาสารออกฤทธิ์ชนิดต่าง ๆ ให้ติดไปกับเมล็ดพันธุ์ ยกตัวอย่างเช่น ธาตุอาหารพืช สารจุลินทรีย์ชีวภาพ ฮอโมนพืช สารเร่งการเจริญเติบโต สารเคมีป้องกันแมลงศัตรูพืช สารป้องกันกำจัดวัชพืช และสารป้องกันเชื้อรา เป็นต้น (บุญมี ศิริ, 2558) โดยเฉพาะธาตุอาหารพืชที่มีประสิทธิภาพส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าพืช ทั้งนี้ สามารถกำหนดชนิดและอัตราส่วนของธาตุอาหารพืชให้ติดไปกับเมล็ดพันธุ์ได้ เมื่อต้นกล้างอกจะสามารถนำธาตุอาหารเหล่านี้ไปใช้ได้ทันที โดยเป็นการลดทั้งค่าใช้จ่ายในการดูแลพืชในระยะต้นกล้าและประหยัดเวลา รวมทั้งง่ายต่อการจัดการต้นกล้าด้วย

การปรับปรุงคุณภาพเมล็ดพันธุ์พืชด้วยวิธีการเคลือบเมล็ดพันธุ์ คือ หนึ่งในวิธีการยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ที่น่าสนใจมากในปัจจุบัน ซึ่งเห็นได้จากการลงทุนเพื่อศึกษาวิจัยเพิ่มมากขึ้นจากภาคเอกชนและอุตสาหกรรมเมล็ดพันธุ์ และหนึ่งในหัวข้อสำคัญ คือ การส่งเสริมการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าพืชด้วยวิธีการเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับธาตุอาหารพืช ดังนั้น วัตถุประสงค์ของบทความเรื่องนี้ เพื่อรวบรวมข้อมูลความสำคัญของการเคลือบเมล็ดพันธุ์พืชร่วมกับธาตุอาหารพืชชนิดต่าง ๆ เพื่อเป็นฐานข้อมูลสำหรับนักศึกษา นักวิจัย และผู้สนใจทั่วไป

ความสำคัญของธาตุอาหารพืชต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้า

กระบวนการงอกของเมล็ดพันธุ์พืชจะเริ่มต้นจากเอ็มบริโอของเมล็ดที่สมบูรณ์โดยไม่มีระยะการพักตัวของเมล็ดมาขัดขวาง เมื่อได้รับปัจจัยที่เหมาะสมจะเริ่มงอกแรกและสร้างต้นอ่อนแล้วเติบโตเป็นต้นกล้า (Rajjou et al., 2012) โดยในกระบวนการงอกของเมล็ดธาตุอาหารพืชแต่ละชนิดมีบทบาทสำคัญที่แตกต่างกัน กล่าวคือธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสำคัญอยู่ในเอนไซม์ชนิดต่าง ๆ ที่มีบทบาทสำคัญต่อการกระตุ้นและควบคุมปฏิกิริยาต่าง ๆ ในกระบวนการงอกของเมล็ดพันธุ์ (Osuna et al., 2015) ส่วนธาตุฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบหลักในเอนไซม์ต่าง ๆ หลายชนิด ที่จำเป็นต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมต่อการงอกของเมล็ด (Yang, 2018) ของธาตุโพแทสเซียม มีความสำคัญต่อกระบวนการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ต่าง ๆ และเร่งปฏิกิริยาเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตและการแตกตัวเคลื่อนย้ายของ starch ในเมล็ด (Sivanesan et al., 2011) และธาตุแคลเซียมมีบทบาทในการสร้าง Ca, pectate และเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โปรตีน ส่งเสริมให้เมล็ดดูด $\text{NO}_3\text{-N}$ อีกทั้งมีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์บางชนิด และทำให้โปรตีนใน mitochondria เกิดและเพิ่มขึ้น (Liu et al., 2011) ธาตุแมกนีเซียมจะกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์พวกที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเมแทบอลิซึมคาร์โบไฮเดรต และส่งเสริมการดูดและเคลื่อนย้ายฟอสเฟตในเมล็ด (Tobe et al., 2002) นอกจากนี้ธาตุกำมะถันยังมีบทบาทกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์พวก papainases ได้แก่ papain, bromelain และ ficin และเป็นธาตุที่จำเป็นต่อการสังเคราะห์กรดอะมิโนจำพวก cysteine cystine และ methionine และในการสังเคราะห์โปรตีนในกระบวนการงอกของเมล็ด (Bejandi et al., 2009) โบรอนช่วยส่งเสริมให้กระบวนการออกซิเดชันเป็นไปอย่างปกติ อีกทั้งปรับสมดุลใน phosphate ester metabolism และช่วยเคลื่อนย้ายน้ำตาลข้าม membranes ได้ดียิ่งขึ้น

¹ สาขาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อ. สันทราย จ. เชียงใหม่ 50290

¹ Division of Agronomy, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, San Sai, Chiang Mai 50290

*Corresponding author, E-mail: jakkrapong_ks@mju.ac.th

(Ashagre et al., 2014) ธาตุเหล็กมีความสำคัญต่อกระบวนการกระตุ้นเอนไซม์จำพวก fumaric hydrogenase, catalase, oxidase และ cytochromes (El-Rasafi et al., 2016) และธาตุแมงกานีสมีความสำคัญต่อการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับ carbohydrate metabolism ปฏิกริยา phosphorylation และ citric acid cycle (Wang et al., 2007) และธาตุทองแดงมีความสำคัญต่อการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์จำพวก tyrosinase, laccase, ascorbic acid oxidase และ butyryl-CoA dehydrogenase (Verma et al., 2011)

ส่วนปัจจัยของธาตุอาหารพืชที่สนับสนุนการเจริญเติบโตส่วนหนึ่งได้มาจากอากาศและน้ำ คือ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และธาตุอื่น ๆ ซึ่งพืชในระยะต้นกล้าอาจจะยังไม่ต้องการธาตุอาหารพืชในปริมาณมาก แต่ยังคงต้องการธาตุอาหารบางชนิดเพื่อช่วยในการตั้งตัวของต้นกล้า (McCauley, 2009) ยกตัวอย่างความสำคัญของธาตุอาหารหลัก เช่น ธาตุไนโตรเจน (nitrogen, N) ช่วยเร่งการเจริญเติบโตทางใบและลำต้นให้แข็งแรง (Coskun et al., 2016) ส่วนธาตุฟอสฟอรัส (phosphorus, P) ช่วยเร่งการเจริญเติบโตของราก โดยเฉพาะรากฝอยและรากแขนง อีกทั้งยังช่วยสนับสนุนให้รากดูดธาตุโพแทสเซียมจากดินบริเวณรอบ ๆ มาใช้ประโยชน์ได้เพิ่มขึ้น (Schachtman et al., 1998) และธาตุโพแทสเซียม (potassium, K) จะช่วยให้ต้นกล้าพืชมีความต้านทานต่อโรคต่าง ๆ ได้ดี อีกทั้งช่วยให้รากดูดน้ำได้ดียิ่งขึ้นด้วย (Manning, 2010) อย่างไรก็ตาม นอกจากความสำคัญของธาตุอาหารพืชที่มีผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าแล้ว กลุ่มของธาตุอาหารรองยังคงมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าเช่นเดียวกัน ซึ่งแตกต่างกันเพียงปริมาณความต้องการของต้นกล้านำไปใช้นั่นเอง ดังนั้น ต้นพืชในระยะต้นกล้าจึงมีความต้องการธาตุอาหารพืชสำหรับการงอกและการเจริญเติบโต และอาจจะขาดไม่ได้แม้แต่เพียงธาตุเดียว ซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อพัฒนาการของต้นกล้าพืชได้ ฉะนั้น ต้นกล้าพืชแต่ละชนิดจึงมีความต้องการธาตุอาหารพืชที่จำเพาะเจาะจง รวมทั้งชนิดและปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน และการมีวิธีการจัดการการอนุบาลต้นกล้าที่ดีเพื่อให้ธาตุอาหารพืชกับต้นกล้า โดยสามารถกำหนดชนิดและอัตราที่แน่นอนได้ จะช่วยให้พืชสามารถนำธาตุอาหารพืชไปใช้ได้เหมาะสม และสามารถพัฒนาเป็นต้นกล้าที่สมบูรณ์แข็งแรงได้ ยกตัวอย่างเช่น วิธีการเคลือบเมล็ดพันธุ์พืชร่วมกับธาตุอาหารพืช เป็นต้น

การเคลือบเมล็ดพันธุ์พืช

ความสำคัญของการเคลือบเมล็ดพันธุ์

ปัจจุบันเทคโนโลยีการเคลือบเมล็ดพันธุ์เริ่มเป็นที่รู้จักและแพร่หลายทั่วโลก เนื่องจากเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญด้านการปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ให้คงคุณภาพ และมีประสิทธิภาพดีที่สุดสำหรับพร้อมนำไปใช้เพื่อการเพาะปลูกต่อไป การเคลือบเมล็ดพันธุ์มีองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น เครื่องมือในการเคลือบเมล็ดพันธุ์ สารเคลือบเมล็ดพันธุ์ สารออกฤทธิ์ชนิดต่าง ๆ และชนิดของเมล็ดพันธุ์ อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันยังคงมีการศึกษาค้นคว้าพัฒนาสูตรสารเคลือบ รวมไปถึงเทคโนโลยีของเครื่องเคลือบเมล็ดพันธุ์พืชให้มีความทันสมัยและเหมาะสมต่อชนิดของเมล็ดพันธุ์พืชมากยิ่งขึ้น ซึ่งหากกล่าวถึงวัตถุประสงค์หลักของการเคลือบเมล็ดพันธุ์ คือ การเป็นตัวกลางนำพาสารออกฤทธิ์ชนิดต่าง ๆ ให้ติดไปกับเมล็ดพันธุ์พืช เมื่อเมล็ดพันธุ์ออกเป็นต้นกล้าจะสามารถนำสารออกฤทธิ์เหล่านั้นไปใช้ประโยชน์เพื่อการเจริญเติบโตเป็นต้นกล้าที่สมบูรณ์แข็งแรงต่อไป (จิตรรัตน์ แก้วคำ, 2560)

การยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ด้วยการเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับธาตุอาหารพืช

การเคลือบเมล็ดพันธุ์เป็นการประยุกต์วิธีการมาจากอุตสาหกรรมเคลือบเมตยา เพื่อช่วยทำให้เมื่อยามีความแข็งแรง ไม่หลุดร่อน รักษาคุณภาพสารออกฤทธิ์ และช่วยกลบรูปร่างประเภทที่ไม่พึงประสงค์ เช่น รสขม แต่การเคลือบเมล็ดพันธุ์พืชเป็นวิธีการปฏิบัติต่อสิ่งมีชีวิตที่ต้องคำนึงถึงคุณภาพหลังการปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ เช่น ความงอก ความแข็งแรง และความมีชีวิต การเคลือบเมล็ดพันธุ์ในปัจจุบันมีเป้าหมายที่ชัดเจนสำหรับการเลือกประเภทของสารออกฤทธิ์ให้ติดไปกับเมล็ดพันธุ์ตามวัตถุประสงค์ เช่น สารป้องกันเชื้อรา สารป้องกันแมลง สารป้องกันกำจัดวัชพืช สารจุลินทรีย์ชีวภาพ ฮอโมนพืช และธาตุอาหารพืช (Figure 1A) ฉะนั้น การเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับธาตุอาหารพืชจึงเป็นแนวทางหนึ่งของการยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์พืช และในปัจจุบันสามารถระบุความจำเพาะของธาตุอาหารพืชต่อชนิดของเมล็ดพันธุ์ และยังสามารถกำหนดอัตราส่วนที่แน่นอนของธาตุอาหารพืชให้ติดไปกับเมล็ดพันธุ์ได้ อีกทั้งคุณสมบัติที่ดีของพอลิเมอร์ยังช่วยส่งเสริมให้เมล็ดดูดซับน้ำได้ไวยิ่งขึ้น และช่วยอุ้มน้ำเพื่อเพิ่มความชื้นให้กับเมล็ดพันธุ์ได้นานยิ่งขึ้นกว่าเดิม

ลักษณะทั่วไปของการเคลือบเมล็ดพันธุ์พืชร่วมกับธาตุอาหารพืช

โดยทั่วไปการเคลือบเมล็ดพันธุ์จะมีองค์ประกอบ คือ สารเคลือบเมล็ดพันธุ์ สารออกฤทธิ์ และเครื่องเคลือบเมล็ดพันธุ์ ซึ่งหลักการเบื้องต้นของการเคลือบเมล็ดพันธุ์พืชด้วยธาตุอาหารพืชคือ เมื่อธาตุอาหารพืชถูกเตรียมให้อยู่รวมกับสารเคลือบโดยเป็นเนื้อเดียวกัน (ซึ่งอาจจะอยู่ในสารละลายที่เตรียมเองหรือในรูปของสารเคลือบทางการค้าสำเร็จรูป) แล้วนำไปเคลือบร่วมกับ

เมล็ดพันธุ์ด้วยเครื่องเคลือบเมล็ดพันธุ์ จะได้เมล็ดที่ถูกห่อหุ้มด้วยพอลิเมอร์ในลักษณะแผ่นฟิล์มบาง ๆ โดยแผ่นฟิล์มที่ห่อหุ้มเมล็ดพันธุ์จะมีธาตุอาหารพืชติดไปกับเมล็ดพันธุ์โดยสม่ำเสมอ ๗ ผิวของเมล็ดพันธุ์ (Figure 1A) เมื่อเมล็ดงอกเป็นต้นกล้า รากที่ทำหน้าที่หาอาหารจะสามารถนำธาตุอาหารที่ละลายอยู่บริเวณรอบ ๆ ต้นกล้าขึ้นไปใช้ได้ทันที ทั้งนี้ ยังเป็นผลสืบเนื่องมาจากข้อดีของพอลิเมอร์ที่ใช้เคลือบเมล็ดพันธุ์ โดยจะค่อย ๆ ละลายออกช้า ๆ จากผิวของเมล็ดพันธุ์เมื่อได้รับความชื้นหรือถูกการชะล้างจากน้ำ แผ่นฟิล์มที่ห่อหุ้มเมล็ดพันธุ์จะค่อย ๆ ละลายออกจากผิวของเมล็ดพันธุ์ ทำให้ธาตุอาหารพืชละลายออกมาด้วยเช่นเดียวกัน และในขณะเดียวกันเมื่อเมล็ดพันธุ์เริ่มงอกรากและลำต้น ต้นกล้าจะสามารถนำธาตุอาหารพืชที่ละลายอยู่บริเวณรอบ ๆ ไปใช้ประโยชน์ได้ทันที ทำให้สามารถพัฒนาเป็นต้นกล้าที่สมบูรณ์แข็งแรงได้อย่างรวดเร็ว (Figure 1B)

ดังนั้น การเคลือบเมล็ดพันธุ์ที่มีข้อดีต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตและการพัฒนาการที่สมบูรณ์แข็งแรงของต้นกล้าพืช และการเคลือบเมล็ดพันธุ์เป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีด้านสารเคลือบพอลิเมอร์มาใช้ร่วมกับเมล็ดพันธุ์ที่มีชีวิตโดยไม่เป็นอันตรายต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ อีกทั้งยังเป็นมิตรต่อสภาพแวดล้อมมากที่สุดด้วย อย่างไรก็ตาม การเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับธาตุอาหารพืชยังคงมีความจำเพาะต่อวัตถุประสงค์การเลือกใช้ ซึ่งสิ่งที่ควรคำนึงเสมอ คือ ความเหมาะสมของเครื่องมือที่ใช้เคลือบเมล็ดพันธุ์ ชนิดของสารเคลือบ ชนิดของเมล็ดพันธุ์พืช รวมทั้งชนิดและอัตราที่เหมาะสมของธาตุอาหารพืชก่อนนำไปใช้เคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์พืช ทั้งนี้ ควรทำความเข้าใจและคัดเลือกองค์ประกอบการเคลือบเมล็ดพันธุ์ที่เหมาะสม เพื่อลดปัจจัยความเสี่ยงที่เป็นอันตรายต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์และเพื่อประโยชน์สูงสุดของคุณภาพเมล็ดพันธุ์พืชเมื่อนำไปเพาะปลูก

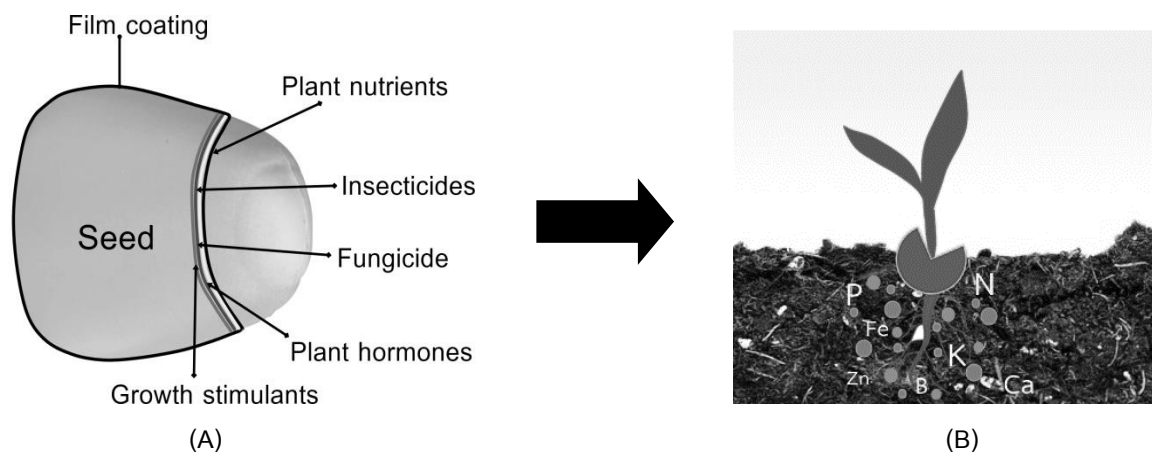


Figure 1 Show the pattern of seed coating with various active ingredients (A), show plant nutrients that are dissolved around the plant seedlings after coated seed with plant nutrients (B).

ผลของการเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับธาตุอาหารพืช

ต้นกล้าพืชทุกชนิดต้องการอาหารซึ่งเป็นสารที่มีธาตุอาหารในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชที่อยู่ในปริมาณที่เหมาะสม และจำเพาะเจาะจง ดังนั้น นักวิจัยจึงได้ทดลองนำธาตุอาหารพืชมาปรับใช้ร่วมกับเมล็ดพันธุ์พืชด้วยวิธีการต่าง ๆ โดยเฉพาะการเคลือบเมล็ดพันธุ์พืช ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่มีความเหมาะสมมากที่สุดในปัจจุบัน เพื่อให้ธาตุอาหารพืชติดไปกับเมล็ดพันธุ์ซึ่งบทความฉบับนี้ได้รวบรวมข้อมูลธาตุอาหารพืชที่นิยมนำมาใช้เคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ โดยข้อมูลบางส่วนได้รวบรวมไว้ใน Table 1 นอกจากนี้ยังได้รวบรวมรายละเอียดอื่น ๆ ของธาตุอาหารพืช ดังนี้

การเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับธาตุอาหารหลัก

1) ธาตุไนโตรเจน (nitrogen, N) เป็นองค์ประกอบของพืชประมาณร้อยละ 18 โดยทั่วไปธาตุไนโตรเจนในดินมักขาดมากกว่าธาตุอื่น โดยพืชนำไนโตรเจนที่มาใช้ผ่านการดึงจากรากในดินในรูปของไนเตรต (NO_3^-) และแอมโมเนียม (NH_4^+) (Monaco et al., 2003; Tsay et al., 2011; Rubio-Asensio et al., 2015) ซึ่งจากการรายงานของ Miyatake et al. (2019) ได้เคลือบเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองร่วมกับปุ๋ยยูเรียพบว่า เมื่อทดสอบวางในตำแหน่งที่ลึก 20 เซนติเมตร เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพการนำไนโตรเจนไปใช้พบว่า วิธีการเคลือบเมล็ดด้วยยูเรียไม่มีผลกระทบต่อกระบวนการทำงานของปมรากถั่ว ทำให้การเจริญเติบโตของถั่วเหลืองดีขึ้น อีกทั้งสามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตของถั่วเหลืองขึ้นด้วย นอกจากนี้ยังพบว่า ช่วยกระตุ้นการเกิดรากของถั่วเหลือง ช่วยให้รากดูดน้ำและธาตุอาหารได้ดียิ่งขึ้นโดยไม่มีผลกระทบต่อการใช้ไนโตรเจนของพืช (Takahashi et al., 1991; Kaushal et al., 2004; Kaushal et al., 2005) ต่อมา Khunkeaw et al. (2012) รายงานว่า การเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด

ร่วมกับ urea formaldehyde (UF) โดยใช้ UF อัตรา 0.2 gN + PEG 6000 ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด คือ 94% และยังพบอีกว่า การเคลือบเมล็ดร่วมกับ UF อัตรา 0.2 gN ทำให้ต้นกล้าเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดมีความแข็งแรงดีมากกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่เคลือบ

2) ธาตุฟอสฟอรัส (phosphorus, P) เป็นธาตุอาหารที่ไม่เพียงพอสอดคล้องความต้องการของพืช เพราะเป็นธาตุที่ถูกตรึงหรือเปลี่ยนเป็นสารประกอบได้ง่าย อีกทั้งสารเหล่านี้ละลายน้ำได้ยาก ทำให้พืชไม่สามารถนำฟอสฟอรัสไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ โดยทั่วไปพืชดูดฟอสฟอรัสจากดินมาใช้ในรูปของ $H_2PO_4^-$ และ HPO_4^{2-} และปริมาณสารทั้งสองชนิดจะมากหรือน้อยขึ้นกับค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน ซึ่ง Black (1968) ได้รายงานไว้ที่ pH 6-7 จะมีปริมาณ P คิดเป็น 50% ของค่า P ทั้งหมด และที่ pH 4-6 จะมี $H_2PO_4^-$ ประมาณ 100% ของค่า P ทั้งหมดในสารละลาย ส่วนที่ pH 8 จะมี $H_2PO_4^-$ คิดเป็น 20% และ HPO_4^{2-} คิดเป็น 80% ของ P ทั้งหมด อย่างไรก็ตาม ส่วนใหญ่พืชไม่สามารถนำสารเหล่านี้ไปใช้ได้ เนื่องจากมักถูกยึดด้วยอนุภาคดินเหนียว (Vance et al., 2003) ดังนั้น วิธีการปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์โดยให้ธาตุฟอสฟอรัสติดไปกับเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีการเคลือบเมล็ดพันธุ์ จึงเป็นทางเลือกสำคัญต่อปัจจัยการเจริญเติบโตของต้นกล้าอย่างมาก

จากความสำคัญของฟอสฟอรัสจึงมีนักวิจัยได้เริ่มศึกษากันมานานมาแล้ว ยกตัวอย่างเช่น จากการรายงานของ Rebařka et al. (1993) ได้เคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวฟ่างด้วย superphosphate, ammonium dihydrogen phosphate, monocalcium phosphate, sodium dihydrogen phosphate และ sodium triphosphate พบว่า การเคลือบเมล็ดด้วย ammonium dihydrogen phosphate (AHP) มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวฟ่างดีที่สุด และต่อมา Karanam and Vadez (2010) ได้สนับสนุนเพิ่มเติมว่า การเคลือบเมล็ดพันธุ์ด้วยฟอสฟอรัสยังคงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับการส่งเสริมการตั้งตัวของข้าวฟ่างในระยะต้นกล้า อีกทั้งเห็นผลในเชิงบวกต่อการพัฒนาช่อดอกและมีผลผลิตเพิ่มสูงขึ้นได้ ในปัจจุบัน Soares et al. (2016) พบว่า ฟอสฟอรัสเป็นหนึ่งในธาตุอาหารที่สำคัญที่สุดสำหรับถั่วเหลือง เนื่องจากเมื่อทดสอบเคลือบเมล็ดถั่วเหลืองด้วยฟอสฟอรัสแล้ว มีปริมาณของน้ำหนักแห้งต้น น้ำหนักแห้งราก องค์ประกอบผลผลิตอื่น ๆ และความสูงของต้นถั่วเหลืองเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งมีปริมาณในการเกิดปมรากถั่วเพื่อช่วยส่งเสริมการตรึงไนโตรเจนเพิ่มขึ้น และเห็นได้ชัดว่าพืชมีพัฒนาการด้านการเจริญเติบโตเพิ่มสูงขึ้นจากเดิม

3) ธาตุโพแทสเซียม (Potassium, K) เป็นธาตุที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตเช่นเดียวกับธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัส โดยพืชจะดูดโพแทสเซียมมาใช้ในรูปของโพแทสเซียมไอออน และสามารถละลายน้ำได้ดี ซึ่งมีบทบาทช่วยส่งเสริมการสังเคราะห์ด้วยแสง กระบวนการการสวางแบ่ง การช่วยรักษาสสมดุลระหว่างความเป็นกรด-เบส ของพืช ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ รวมทั้งการช่วยให้รากพืชสามารถดูดน้ำและอาหารได้ดียิ่งขึ้นด้วย ฉะนั้น ธาตุโพแทสเซียมเป็นหนึ่งในธาตุที่นักวิจัยให้ความสนใจมาจนวนาน ร่วมกับวิธีการเคลือบเมล็ดพันธุ์ ยกตัวอย่างจากการรายงานของ Zhang et al. (1998) เมื่อเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวบาร์เลย์ด้วยสารเคลือบจาก polyurethane ร่วมกับ KCl อัตรา 44 และ 132 มิลลิกรัมของ K/กระถาง (มีดินบรรจุภายในกระถางปริมาณ 2,000 กรัม) และจากการตรวจสอบปริมาณความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมจากต้นพืชหลังอบแห้งพบว่า การเคลือบเมล็ดร่วมกับโพแทสเซียมสามารถช่วยให้ต้นข้าวบาร์เลย์ดูดธาตุโพแทสเซียมไปใช้ได้ดียิ่งขึ้น โดยเฉพาะช่วงเวลา 40 ถึง 76 วันหลังเพาะปลูก ดังนั้น การเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับธาตุโพแทสเซียมสามารถนำไปปรับใช้กับดินที่ขาดธาตุโพแทสเซียมได้

การเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับธาตุอาหารรอง

1) ธาตุโบรอน (B) เป็นธาตุจุลธาตุที่พืชต้องการในปริมาณน้อยมาก แต่ที่มีธาตุโบรอนเป็นองค์ประกอบที่พบโดยทั่วไป ได้แก่ บอแรกซ์ (Borax : $Na_2 B_4 O_7 \cdot 10 H_2O$) และในรูป tourmaline อย่างไรก็ตาม ธาตุโบรอนมีความสำคัญต่อพืชเนื่องจากมีส่วนช่วยให้กระบวนการสังเคราะห์โปรตีน และลิพิด ช่วยในการแบ่งเซลล์ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่สำคัญในพืช และยังมีส่วนช่วยในการยึดตัวของรากพืชบางชนิดรวมถึงมีความสำคัญในการสร้างปมรากของพืชตระกูลถั่วด้วย นอกจากนี้ ยังมีบทบาทเกี่ยวข้องต่อการดูดตั้งธาตุอาหารพืช ช่วยให้พืชดูดเอาธาตุแคลเซียมและไนโตรเจนไปใช้ร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ยกตัวอย่างจากการศึกษาการเพิ่มแหล่งธาตุโบรอนให้กับเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยการเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับ borax, boric acid และ sodium tetraborate อัตรา 0.2-2 กรัม/กิโลกรัมเมล็ดพันธุ์ข้าว และหลังการทดลองพบว่า ช่วยยกระดับการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวได้ดียิ่งขึ้นกว่าเดิม (Farooq et al., 2012) อย่างไรก็ตาม การศึกษาความจำเพาะของธาตุโบรอนร่วมกับวิธีการเคลือบเมล็ดพันธุ์ ยังคงจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มมากขึ้น และจากการรายงานของ Rehman and Farooq (2013) พบว่า การเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวร่วมกับธาตุโบรอนอัตรา 2 กรัม/กิโลกรัมเมล็ดพันธุ์ จะช่วยยกระดับความสูงของต้นกล้าข้าวมากยิ่งขึ้น และนอกจากนี้ยังพบว่า โบรอนที่ใช้เคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวมีผลช่วยควบคุมการยึดตัวของเซลล์ การกระตุ้นการเจริญเติบโต และช่วยในการรักษาสถานะน้ำภายในเนื้อเยื่อ ทำให้เซลล์ใบและเซลล์ลำต้นข้าวยืดขยายได้มากขึ้น อีกทั้งช่วยเพิ่มการแตกกอของข้าวได้มากขึ้นด้วย

2) ธาตุโมลิบดีนัม (Mo) เป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับการตรึงธาตุไนโตรเจน ทำให้การทำงานของธาตุไนโตรเจนในพืชสมบูรณ์ขึ้น เนื่องจากส่งเสริมให้พืชสามารถตรึงไนโตรเจนและเร่งกิจกรรมเอนไซม์ไนโตรจีเนสเพื่อแปรเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนียมสำหรับใช้ในการเจริญเติบโตของพืชได้มากขึ้น (Barker and Pilbeam, 2007) นอกจากนี้ยังจำเป็นสำหรับกระบวนการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ และน้ำย่อยภายในพืชบางชนิด ฉะนั้นในเบื้องต้นนักวิจัยพบว่า การใช้ธาตุโมลิบดีนัมร่วมกับเมล็ดยีสต์ 80 กรัม/เฮกตาร์ มีผลในการเพิ่มขึ้นของ chlorophyll index, จำนวนผัก, น้ำหนักเมล็ดยีสต์ และผลผลิตของเมล็ดยีสต์ (Biscaro et al., 2009) ในทำนองเดียวกัน เมื่อทดลองปลูกเมล็ดยีสต์ร่วมกับปุ๋ยและถั่วเหลืองในแปลงที่มีความเป็นกรด หลังจากการเคลือบเมล็ดยีสต์ร่วมกับธาตุโมลิบดีนัมพบว่า มีผลผลิตเพิ่มสูงขึ้นจากเดิม นอกจากนี้เมื่อใช้ร่วมกับ rock phosphate พบว่า มีความเป็นประโยชน์ต่อพืชดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ liming (Rhodes and Nangju, 1979)

นอกจากนี้ โมลิบดีนัมไอออนยังมีคุณสมบัติช่วยป้องกันไม่ให้ซัลเฟตสร้าง sulfide ions สาเหตุจากการเกิดน้ำท่วมขังได้ (Hori et al., 1990; Biswas et al., 2009) ซึ่งโดยปกติ sulfide จะเกิดจากปฏิกิริยารีดักชันของซัลเฟตโดยจุลินทรีย์ในน้ำเสีย ทำให้ในสภาพที่น้ำเสียจากการท่วมขังมีค่าพีเอชเป็นกรด เช่น จากการรายงานของนักวิจัยจากประเทศญี่ปุ่นที่มักพบปัญหาน้ำท่วมขังในพื้นที่ ทำให้การปลูกถั่วเหลืองประสบปัญหาการงอกและการยืนต้นของต้นกล้า และจากการทดลองเคลือบเมล็ดยีสต์ร่วมกับปุ๋ยด้วยโมลิบดีนัมไดออกไซด์ (MoO₃) สามารถช่วยให้ต้นกล้ามีความแข็งแรง และมีการตั้งตัวของต้นกล้าได้เพิ่มมากขึ้นจากเดิม (Hara, 2015) และยังพบปัญหาการงอกและการตั้งตัวของต้นกล้าข้าวสาลีและข้าวบาร์เลย์หลังจากน้ำท่วมเพิ่มเติมขึ้นมามากขึ้น ฉะนั้นเมื่อทดลองเคลือบเมล็ดยีสต์ร่วมกับธาตุโมลิบดีนัมพบว่า การใช้ที่อัตรา 0.05-0.5 โมล-โมลิบดีนัม/กิโลกรัมเมล็ดยีสต์ ทำให้ต้นกล้าสามารถงอกและยืนต้นได้ดีเพิ่มมากขึ้นไม่น้อยกว่า 54% จากเดิม ซึ่งถ้าเปรียบเทียบกับเมล็ดยีสต์ที่ไม่ได้เคลือบพบว่า ต้นกล้าสามารถงอกและยืนต้นได้เพียงเล็กน้อย (34%) (Hara, 2016) นอกจากนี้ยังพบว่า การเคลือบเมล็ดยีสต์ร่วมกับโมลิบดีนัมยังช่วยให้ต้นกล้าข้าวตั้งตัวได้ดีขึ้นด้วยในสภาพดินเหลวหรือถูกน้ำท่วมขังที่มีภาวะกันค่อนข้างมาก (Hara, 2013) ดังนั้นจากการเคลือบเมล็ดยีสต์ร่วมกับธาตุโมลิบดีนัมจะช่วยให้พืชหลังน้ำท่วมสามารถตรึงไนโตรเจนได้ดียิ่งขึ้น และทำให้พืชสามารถสังเคราะห์คลอโรฟิลล์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงของพืชได้ดียิ่งขึ้นอีกด้วย จึงมีผลทำให้อัตราการรอดของต้นกล้าเพิ่มสูงขึ้นจากเดิม

3) ธาตุสังกะสี (Zn) มีความจำเป็นต่อพืชทุกชนิด โดยจะเป็นสารที่ช่วยในการทำงานของเอนไซม์ในการทำปฏิกิริยาทางชีวเคมีของพืช ได้แก่ การสังเคราะห์ด้วยแสง การสร้างน้ำตาล การสังเคราะห์โปรตีน การเจริญเติบโตของต้นกล้า และการต้านทานโรค (Kaya and Higgs, 2002) จากความสำคัญดังกล่าว มีการรายงานของนักวิจัยหลายท่านที่ได้ศึกษาการนำธาตุ Zn มาเคลือบและพกร่วมกับเมล็ดยีสต์ เพื่อช่วยในการยกระดับคุณภาพเมล็ดยีสต์ให้ดีขึ้น ยกตัวอย่างเช่น Singh (2004) รายงานว่า การเคลือบเมล็ดยีสต์ด้วยธาตุอาหารพืชทางการค้าสูตร Teprosyn-ZnP หรือ Teprosyn-Zn มีศักยภาพทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดีขึ้นและมีผลผลิตเพิ่มสูงขึ้น เมื่อทำการทดลองในข้าวโพด ถั่วลิสง ถั่วเหลือง ทานตะวัน และข้าวสาลี นอกจากนี้ Shabaz et al. (2015) พบว่า การเคลือบเมล็ดยีสต์ข้าวโพดด้วย ZnSO₄ อัตรา 2 กรัม/กิโลกรัมเมล็ดยีสต์ ทำให้ความยาวรากและความยาวต้นของต้นกล้าข้าวโพดโตมากกว่าเมล็ดยีสต์ที่ไม่ได้เคลือบ และจากการรายงานของ Adhikari et al. (2016) พบว่า การเคลือบเมล็ดยีสต์ด้วย Zn อัตรา 50 มิลลิกรัม ทำให้ข้าวโพด ถั่วเหลือง ถั่วมะเดื่อ และ Ladies finger มีน้ำหนักแห้งต้นพืชโตมากกว่าเมล็ดยีสต์ที่ไม่ได้เคลือบ คือ 22.35 กรัม, 10.73 กรัม, 14.60 กรัม และ 9.47 กรัม ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า ในพืชแต่ละชนิดมีปริมาณสะสมของธาตุสังกะสี (Zn) ต่ำกว่าวิธีการทดลองอื่น ๆ ด้วยเช่นกัน

นอกจากนี้ Korishettar et al. (2016) รายงานเพิ่มเติมว่า เมื่อเคลือบเมล็ดยีสต์ด้วยธาตุสังกะสีด้วยอนุภาคนาโนของธาตุเหล็ก พบว่าเมื่อใช้ในอัตรา 750 ppm จะทำให้ถั่วมะเดื่อมีความงอกของเมล็ดยีสต์สูงที่สุด คือ 96% นอกจากนี้ยังมีการเปลี่ยนแปลงด้านอื่น ๆ ที่มีผลตอบสนองเพิ่มมากขึ้น คือ ความยาวของต้นกล้า (26.63 เซนติเมตร) น้ำหนักแห้งของต้นกล้า (85.00 มิลลิกรัม), ความเร็วในการงอก (32.95) การงอกในแปลงปลูกเพิ่มสูงขึ้น (89.67%) ดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้า (2556) กิจกรรม dehydrogenase เพิ่มสูงขึ้น (0.975 ค่า OD) และมีกิจกรรมของแอลฟาอะไมเลสดีเพิ่มมากขึ้นเช่นเดียวกัน (25.67 มิลลิเมตร) และผลของการได้รับธาตุเหล็กในปริมาณที่เหมาะสมจึงทำให้ต้นกล้าหลังจากการงอกมีการเปลี่ยนแปลงของสรีรวิทยาผิดปกติเพียงเล็กน้อยคือ 2.50%

จากการรายงานของนักวิจัยแสดงให้เห็นว่า การเคลือบเมล็ดยีสต์ร่วมกับธาตุอาหารพืชมีทั้งข้อดีและข้อเสียต่อคุณภาพเมล็ดยีสต์ ทำให้การเลือกใช้ชนิดและอัตราของธาตุอาหารพืชที่ไม่เหมาะสมต่อชนิดของเมล็ดยีสต์พืชอาจมีผลกระทบต่อคุณภาพของเมล็ดยีสต์ได้ ดังนั้นการศึกษานานาชาติและอัตราส่วนของธาตุอาหารพืชที่เหมาะสม จึงมีความจำเป็นเพื่อลดความเสี่ยงต่อคุณภาพเมล็ดยีสต์ ส่งผลให้การกำหนดชนิดและอัตราที่เหมาะสมของธาตุอาหารพืชจะช่วยให้การเคลือบเมล็ดยีสต์เป็นกุญแจสำคัญต่อการผลิตพืชให้ประสบผลสำเร็จมากที่สุดในยุคปัจจุบัน

Table 1 Type of polymers, plant nutrients used for seed-coating on several plant seed.

Plant	Type of polymers	Type of plant nutrients	References
Artichoke	Chitosan power Polymer	Chitosan	Ziani et al. (2010)
Barley	-	Phosphorus	Zelonka et al. (2005)
Barley	Methylcellulose and polyvinyl alcohol	Phosphorus	Pilar-izquierdo et al. (2012)
Barley	CF Clear [®] polymer	Calcium, silicon	Corlett et al. (2014)
Cotton	-	Sulfur	Rezaei and Bagherian (2013)
Hereafter brome, junegrass, buckwheat, yarrow	Polyvinyl alcohol	Biochar	Williams et al. (2016)
Maize	Polyethylene glycol	Urea-formaldehyde	Khunkeaw et al. (2012)
Maize	Bio-polymer solution	Chitosan and hydrogen peroxide	Paulin et al. (2013)
Maize	-	Boron, Zinc	Shabaz et al. (2015)
Maize, soybean, pigeon pea, ladies finger	Ethyl alcohol and crude pine oleoresin	ZnO nano-particles	Adhikari et al. (2016)
Oat	-	Phosphorus	Peltonen-sainio et al. (2006)
Pearl millet	-	Phosphorus	Karanam and Vadez (2010)
Pigeon pea	Polymer and nanoparticles suspensions	Zinc, Iron	Korishettar et al. (2016)
Rice	Polyolefin resin	Iron	Singh et al. (2004)
Rice	-	Zinc, urea	Shivay et al. (2008)
Rice	Commercial polymer	Iron	Mori et al. (2012)
Rice	-	KNO ₃ , GA ₃	Gevrek et al. (2012)
Rice	Gum Arabic	Boron	Rehman et al. (2012)
Rice	Inert sticky	Boron	Rehman and Farooq (2013)
Rice	Polyvinyl alcohol	Molybdenum	Hara (2013)
Soybean	-	Urea	Takahashi et al. (2006)
Soybean	-	Urea, lime nitrogen	Tewari et al. (2007)
Soybean	Chitosan solution	Chitosan	Williams et al. (2012)
Soybean	Polymer backbone	Copper, manganese, zinc	Wiatrak (2013)
Soybean	Polyvinyl alcohol	MoO, MoPNH, MoPK	Hara (2015)
Wheat	-	Phosphorus	Mašauskiene et al. (2007)
Wheat	Polyvinyl alcohol	MoO, MoPNH	Hara (2016)

สรุป

การงอกและการเจริญเติบโตของพืชมีความต้องการธาตุอาหารพืชด้วยชนิดและปริมาณที่เหมาะสม ซึ่งแตกต่างกันในแต่ละชนิดพืช เพื่อส่งเสริมพัฒนาการที่สมบูรณ์แข็งแรงของต้นกล้าพืช และวิธีการเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับธาตุอาหารพืชเป็นหนึ่งในวิธีการปรับปรุงคุณภาพเมล็ดพันธุ์ที่ดีและเป็นที่ยอมรับมากในปัจจุบัน เนื่องจากการเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับธาตุอาหารพืชสามารถช่วยส่งเสริมพัฒนาการของต้นกล้า ได้แก่ ความงอก ความยาวราก ความยาวลำต้น ความแข็งแรง และมวลน้ำหนักแห้งของพืช

เอกสารอ้างอิง

- ธิดารัตน์ แก้วคำ. 2560. การยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ด้วยแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช. *วารสารแก่นเกษตร* 45(1): 197-208.
- บุญมี ศิริ. 2558. *การยกระดับและการปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์*. ขอนแก่น: โรงพิมพ์คลังน่านวิทยา.
- Adhikari, T., Kundu, S., and Rao, A. S. 2016. Zinc delivery to plants through seed coating with nano-zinc oxide particles. *Journal of Plant Nutrition* 39(1): 136-146.
- Ashagre, H., Hamza, I. A., Fita, U., and Nedesá, W. 2014. Influence of boron on seed germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). *African Journal of Plant Science* 8(2): 133-139.
- Barker, A. V., and Pilbeam D. J. 2007. *Handbook of plant nutrition*. Boca Raton: Taylor & Francis.
- Bejandi, T. K., Sedghi, M., Sharifi, R. S., Namvar, A., and Molaei, P. 2009. Seed priming and sulfur effects on soybean cell membrane stability and yield in saline soil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 44(9): 1114-1117.
- Biscaro, G. A., Goulart Junior, S. A. R., Soratto, R. P., Freitas-Júnior, N. A., Motomiya, A. V. A., and Calado-Filho, G. C. 2009. Molybdenum applied to seeds and side dressing nitrogen on irrigated common bean in cerrado soil. *Ciência e Agrotecnologia* 33: 1280-1287.
- Biswas, K. C., Woodards, N. A., Xu, H., and Barton, L. L. 2009. Reduction of molybdate by sulfate-reducing bacteria. *BioMetals* 22: 131-139.
- Black, C. A. 1968. *Soil-plant relationships*. New York: John Wiley and Sons.
- Corlett, F. M. F., Rufino, C. A., Vieira, J. F., Tavares, L. C., Tunes, L. M., and Barros, A. C. S. A. 2014. The influence of seed coating on the vigor and early seedling growth of barley. *Ciencia e Investigación Agraria* 41(1): 129-136.
- Coskun, D., Britto, D. T., and Kronzucker, H. J. 2016. Nutrient constraints on terrestrial carbon fixation: The role of nitrogen. *Journal of Plant Physiology* 203: 95-109.
- El-Rasafi, T., Nouri, M., Bouda, S., and Haddioui, A. 2016. The effect of Cd, Zn, and Fe on seed germination and early seedling growth of wheat and bean. *Ekológia (Bratislava)* 35(3): 213-223.
- Farooq, M., Wahid, A., and Siddique, K. H. M. 2012. Micronutrient application through seed treatments-a review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 12(1): 125-142.
- Gevrek, M. N., Atasoy, G. D., and Yigit, A. 2012. Growth and yield response of rice (*Oryza sativa*) to different seed coating agents. *International Journal of Agriculture and Biology* 14: 826-830.
- Hara, Y. 2013. Improvement of rice seedling establishment on sulfate-applied submerged soil by seed coating with poorly soluble molybdenum compounds. *Plant Production Science* 16(3): 271-275.
- Hara, Y. 2015. Improvement of soybean seedling establishment under a flooded condition by seed coating with molybdenum compounds. *Plant Production Science* 18(2): 161-165.
- Hara, Y. 2016. Improvement of seedling establishment under flood condition by seed coating with molybdenum compounds for wheat and barley. *Plant Production Science* 19(2): 223-229.
- Hori, K., Inubushi, K., Matsumoto, S., and Wada, H. 1990. Appropriate concentration of inhibitors for methane formation and sulfate reduction in submerged soil system. *Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 61: 647-648.
- Karanam, P. V., and Vadez, V. 2010. Phosphorus coating on pearl millet seed in low P Alfisol improves plant establishment and increases stover more than seed yield. *Experimental Agriculture* 46(4): 457-469.
- Kaushal, T., Onda, M., Ito, S., Yamazaki, A., Fujikake, H., Ohtake, N., Sueyoshi, et al. 2004. Effect of placement of urea and coated urea on yield and quality of soybean (*Glycine max* (L.)) seed. *Soil Science and Plant Nutrition* 50: 1245-1254.
- Kaushal, T., Onda, M., Ito, S., Yamazaki, A., Fujikake, H., Ohtake, N., Sueyoshi, et al. 2005. Analysis of promotive effect of deep placement of slow release N fertilizers on growth and seed yield of soybean. *Soil Science and Plant Nutrition* 51: 501-512.
- Kaya, C. and Higgs, D. 2002. Response of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) cultivars to application of zinc when grown in sand culture at low zinc. *Scientia Horticulturae* 93: 53-64.
- Khunkeaw, S., Boonmala, N., Sawadeemit, C., Vearasilp, S., and Thanapornpoonpong, S. 2012. Using urea formaldehyde and polyethylene glycol as seed coating to improve maize seed qualities. *Journal of Natural Sciences* 11(1): 257-261.
- Korishettar, P., Vasudevan, S. N., Shakuntala, N. M., Doddagoudar, S. R., Hiregoudar, S., and Kisan, B. 2016. Seed polymer coating with Zn and Fe nanoparticles: an innovative seed quality enhancement technique in pigeonpea. *Journal of Natural and Applied Sciences* 8(1): 445-450.
- Liu, T. W., Wu, F. H., Wang, W. H., Chen, J., Li, Z. J., Dong, X. J., Patton, J., Pei, Z. M., and Zheng, H. L. 2011. Effects of calcium on seed germination, seedling growth and photosynthesis of six forest tree species under simulated acid rain. *Tree Physiology* 31(4): 402-413.
- Manning, D. A. C. 2010. Mineral sources of potassium for plant nutrition. *Agronomy for Sustainable Development* 30: 281-294.
- Mašauskiene, A., Mašauskas, V., and Peltonen, J. 2007. The impact of phosphorus seed coating on winter wheat at different fertilisation practices. *Agronomy Research* 5(2): 123-133.

- McCauley, A. 2009. Plant nutrient functions and deficiency and toxicity symptoms. pp. 1-16. In *Module No. 9 Extension service continuing education series, Nutrient management*. Bozeman: Montana State University.
- Miyatake, M., Ohyama, T., Yokoyama, T., Sugihara, S., Motobayashi, T., Kamiya, T., Fujiwara, T. et al. 2019. Effects of deep placement of controlled-release nitrogen fertilizer on soybean growth and yield under sulfur deficiency. *Soil Science and Plant Nutrition* 65(3): 259-266.
- Monaco, T. A., Mackown, C. T., Johnson, D. A., Jones, T. A., Norton, J., Norton, J. B., and Redinbaugh, M. G. 2003. Nitrogen effects on seed germination and seedling growth. *Journal of Range Management* 56: 646-653.
- Mori, S., Fujimoto, H., Watanabe, S., Ishioka, G., Okabe, A., Kamei, M., and Yamauchi, M. 2012. Physiological performance of iron-coated primed rice seeds under submerged conditions and the stimulation of coleoptile elongation in primed rice seeds under anoxia. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 58(4): 469-478.
- Osuna, D., Prieto, P., and Aguilar, M. 2015. Control of seed germination and plant development by carbon and nitrogen availability. *Frontiers in Plant Science* 6: 1-14.
- Paulín, E. G. L., Castro, S. P. M., Martínez, E. M., Sagahón, A. V. L., and Pacheco, I. T. 2013. Maize seed coatings and seedling sprayings with chitosan and hydrogen peroxide: their influence on some phenological and biochemical behaviors. *Journal of Zhejiang University-SCIENCE B (Biomedicine & Biotechnology)* 14(2): 87-96.
- Peltonen-Sainio, P., Kontturi, M., and Peltonen, J. 2006. Phosphorus seed coating enhancement on early growth and yield components in oat. *American Society of Agronomy* 98: 206-211.
- Pilar-izquierdo, M. C., Ortega, N., Perez-mateos, M., and Busto, M. D. 2012. Barley seed coating with free and immobilized alkaline phosphatase to improve P uptake and plant growth. *Journal of Agricultural Science* 150: 691-701.
- Powell, A. A. 2009. What is seed quality and how to measure it?. pp. 142-149. In *Proceeding the 2nd world seed conference*. Rome: FAO Headquarters.
- Rajjou, L., Duval, M., Gallardo, K., Catusse, K., Bally, J., Job, C., and Job, D. 2012. Seed germination and vigor. *Annual Review of Plant Biology* 63: 507-533.
- Rebafka, F. P., Bationo, A., and Marschner, H. 1993. Phosphorus seed coating increases phosphorus uptake, early growth and yield of pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) grown on an acid sandy soil in Niger, West Africa. *Fertilizer Research* 3(35): 151-160.
- Rehman, A., and Farooq, M. 2013. Boron application through seed coating improves the water relations, panicle fertility, kernel yield, and biofortification of fine grain aromatic rice. *Acta Physiologiae Plantarum* 35: 411-418.
- Rehman, A. U., Farooq, M., Nawaz, A., Iqbal, S., and Rehman, A. 2012. Optimizing the boron seed coating treatments for improving the germination and early seedling growth of fine grain rice. *International Journal of Agriculture and Biology* 14(3): 453-456.
- Rezaei, M., and Bagherian, F. 2013. Effects of influence of planting date and sulfur coating in seed coating solution (SCS) on cotton (*Gossypium hirsutum* L.) seeds. Physiological traits. *Iranian Journal of Plant Physiology* 4(1): 917-923.
- Rhodes, E. R., and Nangju, D. 1979. Effects of pelleting cowpea and soybean seed with fertilizer dusts. *Experimental Agriculture* 15: 27-32.
- Rubio-Asensio, J. S., Rachmilevitch, S., and Bloom, A. J. 2015. Responses of arabidopsis and wheat to rising CO₂ depend on nitrogen source and nighttime CO₂ levels. *Plant Physiology* 168: 156-163.
- Schachtman D. P., Reid, R. J., and Ayling, S. M. 1998. Phosphorus uptake by plants: from soil to cell. *Plant Physiology* 116: 447-453.
- Shabaz, M. K., Ali, H., Sajjad, M., Malook, S., Shah, S. A. N., and Ali, Q. 2015. Effect of seed coating with boron and zinc of zeas for various yield traits. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences* 15(7): 1304-1311.
- Shivay, Y. S., Kumar, D., Prasad, R., and Ahlawat, I. P. S. 2008. Relative yield and zinc uptake by rice from zinc sulphate and zinc oxide coatings onto urea. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 80: 181-188.
- Singh, K., Sharma, H. C., Singh, C. S., Singh, Y., Nishizawa, N. K., and Mori, S. 2004. Effect of polyolefin resin coated slow release iron fertilizer and its methods of application on rice production in calcareous soil. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 50(7): 1037-1042.
- Sivanesan, I., Son, M. S., Lim, C. S., and Jeong, B. R. 2011. Effect of soaking of seeds in potassium silicate and uniconazole on germination and seedling growth of tomato cultivars, Seogeon and Seokwang. *African Journal of Biotechnology* 10(35): 6743-6749.
- Soares, M. M., Sediya, T., Neves, J. C. L., Júnior, H. C. S., and Silva, L. J. 2016. Nodulation, growth and soybean yield in response to seed coating and split application of phosphorus. *Journal of Seed Science* 38(1): 30-40.
- Takahashi, Y., Chinushi, T., Nakano, T., Hagino, K., and Ohya, T. 1991. Effect of placement of coated urea fertilizer on root growth and rubidium uptake activity in soybean plant. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 37(4): 735-739.
- Takahashi, Y., Ohtake, N., Hattori, M., Nagumo, Y., and Ohya, T. 2006. Effect of basal side-dressing of various types of coated urea fertilizer on shoot growth, yield components and seed composition of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 52(3): 264-273.

- Tewari, K., Sato, T., Abiko, M., Ohtake, N., Sueyoshi, K., Takahashi, Y., Nagumo, Y. et al. 2007. Analysis of the nitrogen nutrition of soybean plants with deep placement of coated urea and lime nitrogen. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 53(6): 772-781.
- Tobe, K., Li, X., and Omasa, K. 2002. Effects of sodium, magnesium and calcium salts on seed germination and radicle survival of a halophyte, *Kalidium caspicum* (Chenopodiaceae). *Australian Journal of Botany* 50: 163-169.
- Tsay, Y. F., Ho, C. H., Chen, H. Y., and Lin, S. H. 2011. Integration of nitrogen and potassium signaling. *Annual Review of Plant Biology* 62: 207-226.
- Vance, C. P., Stone, C., and Allen, D. L. 2003. Phosphorus acquisition and use: Critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. *New Phytologist* 157(3): 423-447.
- Verma, J. P., Singh, V., and Yadav, J. 2011. Effect of copper sulphate on seed germination, plant growth and peroxidase activity of Mung bean (*Vigna radiata*). *International Journal of Botany* 7(2): 200-204.
- Wang, Y., Wisniewski, M., Meilan, R., Uratsu, S., Cui, M., Dandekar, A., and Fuchigami, L. 2007. Ectopic expression of Mn-SOD in *Lycopersicon esculentum* leads to enhanced tolerance to salt and oxidative stress. *Journal of Applied Horticulture* 9: 3-8.
- Wiatrak, P. 2013. Effect of polymer seed coating with micronutrients on soybeans in southeastern coastal plains. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* 8(4): 302-308.
- Williams, M. I., Dumroese, R. K., Dumroese, D. S. P., and Hardegree, S. P. 2016. Can biochar be used as a seed coating to improve native plant germination and growth in arid conditions?. *Journal of Arid Environments* 125: 8-15.
- Yang, W. 2018. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer on growth and seed germination of *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medikus. *Journal of Plant Nutrition* 41(5): 636-644.
- Zelonka, L., Stramkale, V., and Vikmane, M. 2005. Effect and after-effect of barley seed coating with phosphorus on germination, photosynthetic pigments and grain yield. *Acta Universitatis Latviensis* 691: 111-119.
- Zeng, D., Luo, X., and Tu, R. 2012. Application of bioactive coatings based on chitosan for soybean seed protection. *International Journal of Carbohydrate Chemistry* 2012: 1-5.
- Zhang, M., Nyborg, M., Robertson, J. A., and Solberg, E. D. 1998. Coated KCl increases barley K uptake in two Alberta soils in a greenhouse experiment. *Canadian Journal of Soil Science* 78: 615-617.
- Ziani, K., Ursua, B., and Mate, J. I. 2010. Application of bioactive coatings based on chitosan for artichoke seed protection. *Crop Protection* 29: 853-859.

วันรับบทความ (Received date) : 5 มิ.ย. 62

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 14 พ.ย. 62

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 29 ม.ค. 63

KING MONGKUT’S AGRICULTURAL JOURNAL

Research Articles:

Page

☐	Effects of Concentration of KNO ₃ Solution and Soaking Duration during Seed Priming on Germination and Vigor of Dill (<i>Anethum graveolens</i> L.) Seeds	Kunjanas Sukasem, Pariyanuj Chulaka and Pichittra Kaewsorn	280
☐	Effects of Culture Media and Plant Growth Regulators on <i>In Vitro</i> Growth of <i>Dendrobium pulchellum</i> Roxb. ex Lindl	Nootjaree Singphan and Praewpan Jannguan	288
☐	Effect of Nutrient Solution on Growth and Quality of Lettuce (<i>Lactuca sativar</i> L.) cv. Green Oak in Hydroponics System	Noppadol Chumin	296
☐	Effect of the Growing Media and Manure Types on Growth and Development of <i>Episcia cupreata</i> (Hook.) Hanst	Chamaiporn Anuwong, Suriya Kosinwattana and Somlak Marongchai	304
☐	Soil Suitability Classification of Ultisols and Alfisols in Longkong Grove, Laplae District, Uttaradit Province	Kornkanok Deepromkul, Niwat Anongrak and Soontorn Khamyong	315
☐	Effect of Mulching Materials on Weed Control and New Leaf Flushing of Longan Tree	Nutthapong Hongthong and Theeranuch Jaroenkit	325
☐	Soil Potential and Land Suitability for Agriculture in Nam Mang, Thaphabath District, Bolikhamxay Province, Lao People's Democratic Republic (Lao PDR)	Vikham Mektakoul, Saowanuch Tawornpruek, Natthapol Chittamart and Irb Kheoruenromne	332
☐	Molecular Characterization of <i>Squash leaf curl China virus</i> Infecting Pumpkin in Kanchanaburi Province	Wiwat Piyatasse and Ratchanee Hongprayoon	342
☐	Application of Wood Vinegar for Antifungal Growth on Natural Rubber Sheet	Juntima Chungsiriporn, Prukaya Pongyeela, Kanjana Kantakapun and Nirana Chairerk	351
☐	Production of Polyclonal Antibody against <i>Tomato leaf curl New Delhi virus</i> Exploiting Synthesized Peptide as An Antigen	Kanchanok Phochakum and Ratchanee Hongprayoon	356
☐	Influence of Harvesting Times on the Total Flavonoid Content and Antiradical Activity of Stingless Bee Propolis	Imron Meechai and Isma-ae Chelong	363
☐	Effect of Supplementation Purple Rice Bran in Diet on Performance and Oxidative Stress of Black Bone Chicken	Watchara Laenoi, Sureeporn Saengwong and Montri Punyatong	370
☐	Evaluation of Roughage and Agricultural Residue Quality for Dairy Farmers in Sakaeo Province	Panut Sooksoi	376
☐	Effectiveness of Organic Acid in Ice to Enhance Quality of Squid (<i>Loligo</i> spp.)	Savaminee Teerawut and Patiyut Kwanon	382
☐	Hatching Management of Berried Female Blue Swimming Crab (<i>Portunus pelagicus</i>) with Dark Gray Eggs to Guidelines for Fishery Occupation	Pirot Kaewmak, Vutthichai Oniam, Wasana Arkronrat, Chakrapong Rangjaroen Prakaidao Yingsanga and Yuthapol Saeiam	392
☐	Appropriate Ratios of Gelatin on Pineapple Juice Gummy Production Supplemented with Gac Fruit Aril	Wattana Wirivutthikorn	400
☐	Factors Affecting the Success of Community Enterprise Management according to The Standard of Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO), Sikao District, Trang Province	Sineenat Jumnong, Patcharavadee Sriboonruang and Chalathon Choocharoen	408

Academic Articles:

☐	Seed Coating with Plant Nutrients on Seed Germination and Seedling Vigour	Jakkrapong Kangsopa	417
--------------------------	---	---------------------	-----