



วารสาร

เกษตรประจักษ์เกล้า

KING MONGKUT'S AGRICULTURAL JOURNAL

ปีที่ 38 ฉบับที่ 2

VOLUME 38 NUMBER 2

เมษายน – มิถุนายน 2563

SSN 2651-2203 (Online)

April – June 2020

งานวิจัย

สารบัญ

หน้า

- | | | |
|---|--|-----|
| ❑ ผลของการพรางแสงระหว่างปลูกต่อองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของจิงจูฉ่าย | ภาวิณี อารีศรีสม นรินทร์ ท้าวแก่นจันทร์ และกอบलग อารีศรีสม | 139 |
| ❑ การศึกษาเปรียบเทียบสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักที่ปลูกแบบปกติและปลูกแบบอินทรีย์ ในเขตอำเภอเมืองนครปฐม | กัญจน์รัตน์ สุขรัตน์ เอกราชันย์ไชยชนะ ธนัญญา เสาวภาคย์ และอดิศักดิ์ จตุรพิริย์ | 146 |
| ❑ ตัวชี้วัดผลผลิตการทำประมงจากการพบเห็นโลมาหลังโหนกบริเวณท่าเรือเนกประสงค์ดอนสัก อำเภอดอนสัก จังหวัดสุราษฎร์ธานี | โชติกา พลทองพัท ศิริพร ประดิษฐ์ และสุวัฒน์ จุฑาพฤทธิ | 154 |
| ❑ การประเมินลำดับชั้นอาหารของสัตว์น้ำด้วยแบบจำลองไอโคพาร์จากการทำประมงชายฝั่งทะเลอันดามัน ประเทศไทย เพื่อการจัดการประมงอย่างเหมาะสม | ณิกานต์ ศรีทอง และอนัญญา เจริญพรนิพัทธ์ | 164 |
| ❑ การถ่ายทอดความรู้แบบมีส่วนร่วมผ่านบทเรียน: การเสริมสร้าง ความมั่นคงทางเศรษฐกิจแก่ครัวเรือนชาวประมงในจังหวัดพัทลุง | ปฐวิชญ์ พิทยาภินันท์ | 175 |
| ❑ ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยต่อการควบคุมโรคราดำที่มีสาเหตุจากเชื้อรา <i>Aspergillus niger</i> ของเห็ดนางฟ้าภูฐาน (<i>Pleurotus pulmonarius</i>) | วัชรวิทย์ รัศมี ปัทมณวิญญ์ เย็นจิตต์ ศรัณยา เฟื่องผล และวาริน อินทนา | 185 |
| ❑ การพัฒนาวิธีการตรวจเชื้อ <i>Zucchini Yellow Mosaic Virus</i> (ZYMV) ด้วยเทคนิค Reverse Transcription-Loop Mediated Isothermal Amplification (RT-LAMP) | ธัญญาพร เหล่าคงถาวร สุพัฒน์ อรรถธรรม วิชัย ไขสินรัตน์ และสุจินต์ ภัทรภูวดล | 193 |
| ❑ ผลของ KNO_3 และ GA_3 ต่อการทำลายการพักตัวของเมล็ดกระชับ (<i>Xanthium strumarium</i> L.) | กานตติมา ชีรางกูร พิจิตรา แก้วสอน และทักษิณย์ จารุวัฒน์พันธ์ | 200 |
| ❑ การประเมินการไหลบ่าของน้ำผิวดินและการสูญเสียดินในการผลิตข้าวไร่บนพื้นที่สูง โดยใช้แบบจำลองโครงการคาดการณ์การพังทลายของดินโดยน้ำ อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย | วันรัก ฤทธิเกษร และชาญชัย แสงชโยสวัสดิ์ | 208 |
| ❑ ความสามารถของโคอะตอมไมต์ในการดูดซับแคดไมียมในสารละลายเกลือต่าง ๆ | จุฬาลักษณ์ จงสุพรรณพงศ์ และแสงดาว แลนรอด (เขาแก้ว) | 217 |
| ❑ การตัดสินใจปลูกยางพาราของเกษตรกรในตำบลคลองไทร อำเภอท่าช้าง จังหวัดสุราษฎร์ธานี | จุฑามาศ คมประมูล และพัชราวดี ศรีบุญเรือง | 226 |
| ❑ ระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการวางแผนการปลูกพืชเศรษฐกิจ โดยใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ | พิเศษ เสนาวงษ์ | 235 |
| ❑ การผลิตมันแกวผงโดยการทำแห้งแบบโฟมเมต: คุณสมบัติทางกายภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัส | พริยา โชติณอม มนัญญา นันทสาร ศรินทร สุวรรณวงศ์ เกษสุณีย์ เชื้อยกลาง กัณธิภา เหมทานนท์ วนิดา ชื่นตา และศรีนวล จันทไทย | 245 |
| ❑ การศึกษาสภาพการเลี้ยง การประเมินปัญหาและโอกาสในการผลิตโคเนื้อคุณภาพของเกษตรกรจังหวัดแพร่ | สุรีย์พร แสงวงศ์ วิจารณ์ ทันนิจิ จักรกฤษ วิชาพร และพยุงค์กิตติ อินตะวิศา | 254 |
| ❑ ตลาดโคเนื้อของประเทศมาเลเซีย | เกลิงศักดิ์ อังกูรเศรษฐี ธำรงค์ เมฆโหรา และธานี ภาคอุทัย | 263 |
| ❑ การบริหารจัดการทรัพยากรแหล่งน้ำขนาดเล็กเพื่อทำการเกษตรตลอดปีของชุมชนโคกกลมแสงอร่าม อำเภอหนองวัวซอ จังหวัดอุดรธานี | นิตยา พากุล ภัฏลยา มิชมา และยศ บริสุทธิ | 270 |

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
หัวหน้าภาควิชาวนวัตกรรมสื่อสารและ
พัฒนาการเกษตร
รศ. ดร.จำรูญ เล้าสินวัฒนา
(บรรณาธิการ พ.ศ. 2555-2558)
รศ. ดร.อำร อินทร์สังข์
(บรรณาธิการ พ.ศ. 2558-2561)

บรรณาธิการบริหาร

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

บรรณาธิการ

ผศ. ดร.สุกัญญา แยมประชา

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

ดร. ช่อแก้ว อนิลบล

ผู้ดูแลระบบ

นายอภิสิทธิ์ แสนหล้า
นายปิยวัฒน์ ศรีสวัสดิ์

กองบรรณาธิการ

ศ. ดร.ปัญญา สมบูรณ์สุข
ศ. ดร.สุดฤดี ประเทืองวงศ์
ศ. ดร.อังศุมาลย์ จันทราปัติย์
รศ. ดร.กานต์ สุขสุแพทย
รศ. ดร.กำจร หลุยยะพงศ์
รศ. ดร.จินดา ขลิบทอง
รศ. ดร.จุฑารัตน์ เศรษฐกุล
รศ. ดร.ฉลอง วชิราภากร
รศ. ดร.ชูกริ หะยีสาม
รศ. ดร.เนาวนิตย์ สงคราม
รศ. ดร.ปรเมศ บันเทิง
รศ. ดร.วรเดช จันทรส
รศ. ดร.วรวิทย์ เทพนุติ
รศ. ดร.ศิริชัย กัลยาณรัตน์
รศ. ดร.สนธิชัย จันทเปรม
ผศ. ดร.จักรมาศ เลหาวิช
ผศ. ดร.พิสสรณ เจียมสมบัติ
ผศ. ดร.เยาวรัตน์ ศรีวรรณ
ผศ. ดร.วัชร จินตโกวิท
ผศ. ดร.วีระณีย์ ทองศรี
ผศ. ดร.เสาวคนธ์ เหมวงษ์
คุณอัญชลี สุวจิตตานนท์
รศ. ดร.พรหมมาศ คุณากาญจน์
รศ. ดร.กัญญา แซ่เตียว
ผศ. ดร.นิตยา ผกามาศ
ผศ. ดร.อัคริ เรื่องเดช
ผศ. ดร.จำลอง มิตรชาวไทย
ผศ. ดร.กัลยาณี เต็งพงศธร
ผศ. ดร.ดวงกมล ปานรศทิพ ธรรมาวิวัฒน์
ผศ. ดร.สุณีพร สุวรรณณิพงษ์
ผศ. ดร.สมศักดิ์ ครามโชติ
ดร.ธนัท สมณคุปต์
ดร.มัลลิกา กิลลาโ

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
ข้าราชการบำนาญ (หมู่บ้านชลลดา-สุวรรณภูมิ)
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช
ข้าราชการบำนาญ (หมู่บ้านตำบลคลองเกลือ)
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
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 ก่อนจะพูดถึงผลงานในเล่มวารสารเกษตรพระจอมเกล้าของเรา กองบรรณาธิการขอประชาสัมพันธ์โครงการดี ๆ ของคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ก่อนนะค่ะ ทางคณะของเราได้มีการสร้างฟาร์มเกษตรเชิงเรียนรู้ที่มีชื่อว่า “ฟาร์มเจ้าคุณ by KMITL” ภายใต้งานวิจัย “บันฟาร์มรู้ สูฟาร์มสุข” โดยเป็นโครงการที่เน้นให้นักศึกษาลงมือปฏิบัติจริง และมีการสร้างผลผลิตทางการเกษตรออกมาอย่างต่อเนื่อง ไม่ว่าจะเป็นผัก ผลไม้ ไม้ดอกไม้ประดับ หรือจะเป็นผลผลิตทางฟาร์มสัตว์ก็มีนะค่ะ เช่น ไข่ไก่และไส้กรอก เป็นต้น ผลผลิตที่ได้จะนำออกมาจำหน่ายภายใต้แบรนด์ “ฟาร์มเจ้าคุณ by KMITL” รายได้จากการจำหน่ายผลผลิตก็จะนำไปส่งเสริมการเรียนการสอนของนักศึกษาต่อไป ท่านใดที่สนใจผลิตภัณฑ์ดังกล่าว สามารถติดตามข่าวสารได้ในเพจ Facebook ที่มีชื่อว่า “ฟาร์มเจ้าคุณ by KMITL” ค่ะ (https://www.facebook.com/farmchaokhun/?epa=SEARCH_BOX)

กลับมาที่บทความของวารสารเกษตรพระจอมเกล้าฉบับนี้กันนะค่ะ สำหรับวารสารฉบับนี้ มีงานวิจัยที่หลากหลายและน่าสนใจ ไม่ว่าจะเป็นทางด้านพืช สัตว์ หรือการบริหารจัดการทรัพยากรแหล่งน้ำ เป็นต้น ยกตัวอย่างงานวิจัยด้านพืชสมุนไพรที่มีชื่อว่า “จิงจูฉ่าย” โดยจะศึกษาเกี่ยวกับการพรางแสงเพื่อเป็นแนวทางที่จะช่วยเพิ่มความหอมและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งนับว่าเป็นบทความที่น่าสนใจ เพราะในปัจจุบันนี้ อนุมูลอิสระสามารถทำร้ายเราได้จากหลากหลายทาง ไม่ว่าจะเป็นอนุมูลอิสระที่ร่างกายเราสร้างขึ้นเอง หรือที่เกิดจากสภาพแวดล้อม พืชสมุนไพรจึงเป็นอีกตัวเลือกหนึ่งสำหรับผู้ที่รักสุขภาพและต้องการดูแลสุขภาพค่ะ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยเรื่องอื่น ๆ ในวารสารฉบับนี้ก็มีอีกหลายเรื่องที่น่าสนใจค่ะ สุดท้ายนี้ กองบรรณาธิการขอขอบคุณนักวิจัยทุกท่านที่สนใจและติดตามวารสารเกษตรพระจอมเกล้ามา โดยตลอด ขอให้ทุกท่านเพลิดเพลินกับการอ่านบทความ และพบกันใหม่ในฉบับต่อไปค่ะ

กองบรรณาธิการ

ผลของการพรางแสงระหว่างปลูกต่อองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยและ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของจิงจูฉ่าย

Effects of Net Shading During Cultivation on Chemical Compositions in the Essential Oil and Antioxidant Activities of *Artemisia lactiflora*

ภาวิณี อารีศรีสม¹ นรินทร์ ท้าวแก่นจันทร์¹ และกอบลาภ อารีศรีสม¹
Pawinee Areesrisom¹, Narin Toakaenchan¹ and Koblap Areesrisom¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาค่าผลของการพรางแสง (ไม่พรางแสง, 50, 60 และ 70%) ต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและองค์ประกอบทางเคมีในจิงจูฉ่าย โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ประกอบด้วย 3 ซ้ำ จากผลการทดลองพบว่า การพรางแสงมีผลต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH และ ABTS โดยจิงจูฉ่ายที่ปลูกภายใต้การพรางแสง 60 และ 70% มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH มากกว่าจิงจูฉ่ายที่ปลูกในสภาพไม่พรางแสง โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 39.24 ± 3.32 และ 38.52 ± 0.30 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ ส่วนจิงจูฉ่ายที่ปลูกในสภาพพรางแสง 70% มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS มากกว่าจิงจูฉ่ายที่ปลูกในสภาพไม่พรางแสง โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 30.07 ± 1.68 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยด้วย GC-MS พบว่ามีองค์ประกอบหลัก ได้แก่ α -farnesene, caryophyllene, α -humulene, germacrene D, santolina triene, β -ocimene และ β -sesquiphellandrene โดยการปลูกแบบไม่พรางแสงพบว่ามีสาร caryophyllene และ α -humulene การพรางแสงร้อยละ 50 มีสาร α -farnesene, β -sesquiphellandrene และ germacrene D และการพรางแสงร้อยละ 60 มีสาร santolina triene และ β -ocimene เป็นองค์ประกอบหลัก ในขณะที่เมื่อปลูกภายใต้การพรางแสงร้อยละ 70 พบว่ามีองค์ประกอบทางเคมีในน้ำมันหอมระเหยของจิงจูฉ่ายน้อยที่สุด

คำสำคัญ: จิงจูฉ่าย การพรางแสง ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ องค์ประกอบทางเคมี

Abstract

The objective of this study was to explore the effect of shading nets (no shading, 50, 60 and 70%) on the antioxidant activities and chemical composition of *Artemisia lactiflora*. The experiment was carried out using a Completely Randomized Design (CRD) with three replications. The results showed that shading nets had a significant effect on antioxidant activities when tested according to the DPPH and ABTS assay methods. Shading nets at 60 and 70% gave DPPH radical scavenging activities for which the IC_{50} were 39.24 ± 3.32 and 38.52 ± 0.30 mg/ml respectively, which were higher than the result for no shading nets. Shading nets at 70% produced ABTS radical scavenging activities for which the IC_{50} was 30.07 ± 1.68 mg/ml, which was higher than the result for no shading nets. Based on the analysis of essential oils by GC-MS, the main components present were α -farnesene, caryophyllene, α -humulene, germacrene D, santolina triene, β -ocimene and β -sesquiphellandrene. Caryophyllene and α -humulene were found in plants that had not been shaded; α -farnesene, β -sesquiphellandrene and germacrene D were found in plants that were in the 50% level of shade group, while santolina triene and β -ocimene were found in the 60% level group. Moreover, plants with shading nets at the 70% level had the lowest levels of essential oils.

Keywords: *Artemisia lactiflora*, shading net, antioxidant activities, chemical compositions

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สมุนไพร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อ. สันทราย จ. เชียงใหม่ 50290

¹ Medicinal Plant Science Program, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, San Sai, Chiang Mai 50290

*Corresponding author, Email: areesrisom30@gmail.com

คำนำ

จิงจูฉ่าย มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Artemisia lactiflora* ชื่อสามัญคือ White Mugwort จัดอยู่ในวงศ์ Asteraceae จิงจูฉ่ายเป็นพืชผักสมุนไพรที่กำลังเป็นที่นิยมและเป็นที่ต้องการของตลาดเป็นอย่างมาก คนไทยนิยมบริโภคโดยนำมาใส่ในต้มเลือดหมู เนื่องจากช่วยดับกลิ่นคาวได้ดี มีรสขมเล็กน้อย สามารถขยายพันธุ์ด้วยวิธีการปักชำ เจริญเติบโตได้ดีในที่ที่มีแสงแดดจัดจนถึงรำไร อุณหภูมิอบอุ่น ความชื้นปานกลาง ดินร่วนและระบายน้ำได้ดี ลำต้นขึ้นเป็นกอ สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งแรกได้หลังจากปลูก 25-40 วัน และหลังจากนั้นยอดใหม่จะเจริญขึ้นมาเพื่อการเก็บเกี่ยวครั้งต่อไป (Lin et al., 2009) แต่ระยะเก็บเกี่ยวผลผลิตที่เหมาะสมสำหรับการบริโภคจะอยู่ที่ 60 วัน เนื่องจากเป็นช่วงที่ต้นจิงจูฉ่ายมีลักษณะของใบ ยอดอ่อนรวมถึงลำต้นที่แข็งแรงสมบูรณ์ เหมาะแก่การนำมาปรุงอาหาร (ภาววิณี อารีศรีสม และคณะ, 2560)

การแพทย์แผนจีนระบุว่าจิงจูฉ่ายเป็นยาเย็นช่วยฟอกเลือดและขับพิษได้ นอกจากนี้มีรายงานว่าจิงจูฉ่ายมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และมีฤทธิ์ในการต้านการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็ง (ทศพล วรวัชรกุลวงศ์ และสุรวิธ วงศ์สวัสดิ์เวช, 2555) โดยสารต้านอนุมูลอิสระมีบทบาทสำคัญในการลดความเสี่ยงจากการเกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคมะเร็ง และโรคหัวใจ (Chew et al., 2008) จากการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในจิงจูฉ่ายพบว่ามีสาร kaempferol เป็นส่วนประกอบหลัก ซึ่งเป็นสารที่มีฤทธิ์ป้องกันการเกิดเซลล์มะเร็ง (Chao et al., 2014) การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในน้ำมันหอมระเหยของจิงจูฉ่ายด้วยเครื่อง GC-MS พบว่าส่วนลำต้นและใบประกอบด้วยสารสำคัญหลายชนิด เช่น (E)-13-farnesene, nerolidol, spathulenol, caryophyllene oxide และ zingiberene โดยพบสารในกลุ่ม terpenoid มากที่สุด ได้แก่ (-)-lavandulol และ germacrene D (Jing et al., 2011) และจากการศึกษาโดยการวิเคราะห์ด้วย HPLC พบว่าจิงจูฉ่ายมีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ ได้แก่ 7-hydroxycoumarin, 7-methoxycoumarin, balanophonin, aurantiamide, aurantiamide acetate, isovitexin, kaempferol-3-O- β -D-rutinoside, rutin, caffeic acid ethyl ester, quercetin, methyl 3, 5-di-O-caffeoyl quinate และ methyl 3, 4-di-O-caffeoyl quinate (Lin et al., 2014) โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อชนิดขององค์ประกอบทางเคมี และคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระในพืชทั่วไปมีอยู่ด้วยกันหลายปัจจัย เช่น แสง ความชื้น ธาตุอาหาร ระยะเวลากการเก็บเกี่ยว และสายพันธุ์ เป็นต้น

แสง เป็นปัจจัยสำคัญที่สุดปัจจัยหนึ่งในการควบคุมการเจริญเติบโตและกระบวนการสร้างอาหารในพืช ถ้าพืชได้รับแสงมากหรือน้อยเกินความต้องการจะส่งผลให้พืชไม่เจริญเติบโต และหากได้รับแสงมากเกินไปจนจุดอิ่มตัวแสง อาจทำให้ใบพืชไหม้เกรียมและตายได้ (สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, 2548) ดังนั้นแสงจึงเป็นสิ่งจำเป็นในการเจริญเติบโตและการพัฒนาของพืช เนื่องจากมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับการสังเคราะห์แสง สรีรวิทยา กระบวนการทางชีวเคมี และสัณฐานวิทยาของพืช (Paez et al., 2000) นอกจากนี้แสงยังเป็นปัจจัยที่ควบคุมการสังเคราะห์น้ำมันหอมระเหยในพืชหลายชนิด เช่น *Salvia officinalis* ที่ปลูกภายใต้ความเข้มแสง 45% พบว่าสามารถสังเคราะห์และสะสมน้ำมันหอมระเหยได้มากที่สุดเมื่อเทียบกับการปลูกภายใต้ความเข้มแสงระดับอื่น และมี (+)-thujanone ปริมาณมาก แต่มี camphor ปริมาณน้อย ในขณะที่ *Thymus vulgaris* ที่ปลูกภายใต้ความเข้มแสง 100% นั้น พบว่ามี thymol และ myrcene ในปริมาณที่สูง (Li et al., 1996)

จิงจูฉ่ายจึงจัดเป็นพืชผักสมุนไพรที่มีความน่าสนใจในแง่ของการเป็นพืชที่ให้กลิ่นหอมและมีประโยชน์ต่อสุขภาพ ปัจจุบันยังไม่มีรายงานการศึกษาเกี่ยวกับสภาวะการปลูกในด้านการพรางแสงที่มีผลต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และองค์ประกอบทางเคมีในน้ำมันหอมระเหยของจิงจูฉ่าย ดังนั้นการวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาการปลูกจิงจูฉ่ายภายใต้โรงเรือนที่คลุมด้วยตาข่ายพรางแสงสีดำที่ระดับแตกต่างกัน คือ ไม่พรางแสง, 50, 60 และ 70% ต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและองค์ประกอบทางเคมีในน้ำมันหอมระเหยของจิงจูฉ่าย ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อนักวิจัย เกษตรกรผู้ผลิต และผู้บริโภคอย่างมาก เนื่องจากสามารถนำผลการวิจัยไปต่อยอดด้านการวิจัยและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีศักยภาพ ตลอดจนสร้างความมั่นใจให้แก่ผู้บริโภค รวมทั้งเป็นการสร้างคุณค่าและมูลค่าให้กับจิงจูฉ่าย และอาจเป็นแนวทางในการพัฒนาและส่งเสริมการผลิตจิงจูฉ่ายให้เป็นพืชเศรษฐกิจต่อไป

วิธีการศึกษา

การวางแผนการทดลองปลูกจิงจูฉ่าย

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยทำการปลูกจิงจูฉ่ายในระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ ถึง เมษายน 2561 ให้ได้รับแสงธรรมชาติ และพรางแสงด้วยตาข่ายสีดำในโรงเรือนที่มีอากาศถ่ายเทได้ ทดสอบการพรางแสง 4 ระดับ คือ ไม่พรางแสง, 50, 60 และ 70% ซึ่งภายในโรงเรือนมีความเข้มแสง 110,000, 31,125, 28,708 และ 12,561 ลักซ์ ตามลำดับ โดยปลูกจิงจูฉ่ายระดับละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 50 ต้น เตรียมดินปลูกโดยใช้วัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของดิน : แกลบ : มูลวัว ในอัตราส่วน 2 : 1 : 1 ผสมให้เข้ากัน แล้วเติมลงในกระถางพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้ว จากนั้นนำต้นพันธุ์จิงจูฉ่ายจากศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ อายุ 1 เดือน ปลูกลงไปในกระถาง ให้น้ำและจัดการศัตรูพืช

อย่างสม่ำเสมอ ให้ปุ๋ยอินทรีย์ไม่ฟลิกกลับกองของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ต้นละ 10 กรัม ทุก ๆ 20 วัน จนกระทั่งต้นจิงจูฉ่ายมีอายุ 60 วัน นับจากการบวกรปลูก เก็บเกี่ยวต้นจิงจูฉ่ายเฉพาะลำต้นส่วนเหนือดิน เพื่อนำไปวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และองค์ประกอบทางเคมีในน้ำมันหอมระเหยของจิงจูฉ่ายต่อไป

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

เตรียมสารสกัดจิงจูฉ่าย โดยนำต้นจิงจูฉ่ายไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นบดตัวอย่างที่อบแห้งแล้วด้วยเครื่องปั่น (HR2115, Philips, Indonesia) สกัดตัวอย่างจิงจูฉ่ายโดยดัดแปลงจากงานวิจัยของพัชรวิวรรณ พุ่มเทศ และคณะ (2555) โดยชั่งตัวอย่างจิงจูฉ่ายน้ำหนัก 3.0 กรัม เติมน้ำกลั่นความเข้มข้น 99.9% ปริมาตร 50 มิลลิลิตร บดตัวอย่างไว้ในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนำสารละลายที่ได้มากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 (Whatman, China) และนำไประเหยให้แห้งด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ (R-3, Buchi, Switzerland) แล้วละลายสารสกัดจนยาปที่ได้ด้วยเมทานอลความเข้มข้น 99.9% ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เพื่อนำไปทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay (DPPH) และ วิธี ABTS radical scavenging assay (ABTS)

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ดัดแปลงจากวิธีของ Singh et al. (2002) โดยวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร ส่วนการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS ดัดแปลงมาจากวิธีของ Thaipong et al. (2006) โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร ซึ่งฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS จะแสดงค่าเป็น IC_{50} คือ ความเข้มข้นของสารที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ 50%

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในน้ำมันหอมระเหยของจิงจูฉ่าย

สกัดน้ำมันหอมระเหยจากจิงจูฉ่ายด้วยวิธีการกลั่นด้วยน้ำ (water distillation) โดยชั่งต้นจิงจูฉ่ายที่หั่นละเอียด น้ำหนัก 75 กรัม ใส่ลงในขวดก้นกลมขนาด 1,000 มิลลิลิตร ที่ประกอบกับชุดเครื่องกลั่นน้ำมันระเหยง่าย (cleverger apparatus) เติมน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร ทำการกลั่นเป็นเวลา 5 ชั่วโมง นำน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ปริมาตร 1 ไมโครลิตร มาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS (GC รุ่น 6890 plus, Agilent, USA; MS รุ่น 5973, Hewlett Packard, USA) คอลัมน์ที่ใช้คือ HP-5MSI (30m x 0.25mm x 0.25 μ m) (Agilent, USA) ใช้สภาวะในการแยกสารดังนี้ อุณหภูมิของส่วนที่ฉีดสาร 250 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของคอลัมน์เริ่มต้นจาก 60 องศาเซลเซียส (คงไว้ 3 นาที) และเพิ่มขึ้นในอัตรา 3 องศาเซลเซียสต่อนาที จนถึง 200 องศาเซลเซียส และเพิ่มขึ้นในอัตรา 15 องศาเซลเซียสต่อนาที จนถึง 280 องศาเซลเซียส (คงไว้ 5 นาที) แก๊สพาเป็นแก๊สฮีเลียมอัตราการไหล 1 มิลลิลิตรต่อวินาที สภาวะของแมสสเปกโตรเมตรี mass ionization เป็น electron impact 70 eV และ mass analyzer เป็น quadrupole อุณหภูมิของส่วนไอออไนเซชัน คือ 280 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของส่วน mass analyzer คือ 150 และ 230 องศาเซลเซียส ช่วงมวลในการวิเคราะห์ 30-550 amu รายงานผลองค์ประกอบทางเคมีในน้ำมันหอมระเหยจิงจูฉ่ายเป็นค่า peak area และค่า retention index (RI)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P < 0.05$) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เวอร์ชัน 17.0

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลของการพรางแสงต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของจิงจูฉ่าย

จากการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของจิงจูฉ่ายที่เพาะปลูกในโรงเรือนที่พรางแสงต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ ไม่พรางแสง, 50, 60 และ 70% พบว่าการพรางแสงมีผลต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในต้นจิงจูฉ่ายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่าการปลูกจิงจูฉ่ายในสภาพพรางแสง 60 และ 70% จะให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่าจิงจูฉ่ายที่ปลูกในสภาพไม่พรางแสง โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 39.24 ± 3.32 และ 38.52 ± 0.30 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ ส่วนผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS ให้ผลการทดลองที่สอดคล้องกับ DPPH นั่นคือ เมื่อปลูกจิงจูฉ่ายในสภาพพรางแสงที่ 70% มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่าจิงจูฉ่ายที่ปลูกในสภาพไม่พรางแสง แต่ไม่แตกต่างกับจิงจูฉ่ายที่ปลูกภายใต้สภาพการพรางแสง 50 และ 60% โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 30.07 ± 1.68 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ภาณุมาศ ฤทธิ์ไชย และคณะ (2555) ที่รายงานว่า ดอกพระจันทร์ที่ปลูกในสภาพพรางแสงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการไม่พรางแสงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Somporn et al. (2012) ที่พบว่า เมล็ดกาแฟที่ปลูกภายใต้ตาข่ายพรางแสง 60 และ 70% รวมถึงที่ปลูกได้ร่มเงาต้นลิ้นจี่ มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าเมล็ดกาแฟที่ปลูกโดยไม่พรางแสงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้สารต้านอนุมูลอิสระที่พบในจิงจูฉ่ายเป็นสารเมแทบอลิซึมทุติยภูมิที่พืชสร้างขึ้น

ซึ่งมีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อการสร้างสารกลุ่มนี้ในพืช เช่น แสง รังสีอัลตราไวโอเล็ต ความแห้งแล้ง อุณหภูมิ ความเครียดที่เกิดจากแมลงหรือเชื้อรา สายพันธุ์ อายุการเก็บเกี่ยว และการขาดธาตุอาหาร (Ali, 2014) โดยที่สภาวะปลูกด้วยการพรางแสงอาจส่งผลให้ต้นจิงจูฉ่ายอยู่ในสภาวะเครียด ซึ่งภายใต้สภาวะเครียดจากแสงก่อให้เกิดความไม่สมดุลระหว่างการรับแสงและการใช้ประโยชน์จากแสง (Huner et al., 1998) พืชจึงสร้างสารอนุมูลอิสระที่มีคุณสมบัติเป็นตัวออกซิไดซ์ขึ้นมาจำนวนมากที่สามารถทำลายสารชีวโมเลกุลต่าง ๆ เช่น ดีเอ็นเอ โปรตีน เยื่อหุ้มเซลล์ ตลอดจนเยื่อหุ้มคลอโรพลาสต์ เกิดการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ออกจากเซลล์ พืชจึงต้องมีกลไกการปรับตัวเพื่อลดความเสียหายของเซลล์เมื่ออยู่ในสภาวะเครียดแสง โดยการสร้างสารที่สามารถกำจัดอนุมูลอิสระในเซลล์ได้ เช่น เอนไซม์กลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดส (glutathione peroxidase) คตะเลส (catalase) และเปอร์ออกซิเดส (peroxidase) เป็นต้น (กัญญาญญณ์ พูนศิริ และกัลยา กองเงิน, 2557)

ผลของการพรางแสงต่อองค์ประกอบทางเคมีในน้ำมันหอมระเหยของจิงจูฉ่าย

เมื่อนำต้นจิงจูฉ่ายที่ปลูกภายใต้สภาพการพรางแสงแตกต่างกันมาลั่นด้วยน้ำ พบว่า ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้จากต้นจิงจูฉ่ายมีปริมาณไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือมีค่าเท่ากับ 0.27% (v/w) และเมื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่อง GC-MS พบองค์ประกอบทางเคมีทั้งหมด 11 ชนิด ดังแสดงใน Table 2 และได้โครมาโทแกรมดังแสดงใน Figure 1 จากผลการวิเคราะห์ค่า RI กับ Kovats retention index (KI) มีความสอดคล้องกับฐานข้อมูลของ National Institute of Standards and Technology (NIST) ที่วิเคราะห์โดยใช้คอลัมน์ชนิดเดียวกัน โดยองค์ประกอบหลักในน้ำมันหอมระเหยของจิงจูฉ่าย ได้แก่ α -farnesene, caryophyllene, α -humulene, germacrene D, santolina triene, β -ocimene และ β -sesquiphellandrene เมื่อพิจารณาจากข้อมูลและจากภาพโครมาโทแกรมที่ได้พบว่า α -farnesene, β -sesquiphellandrene และ germacrene D มีแนวโน้มพบมากเมื่อปลูกจิงจูฉ่ายภายใต้การพราง 50% ส่วน caryophyllene และ α -humulene มีแนวโน้มพบมากในสภาพไม่พรางแสง ส่วน santolina triene และ β -ocimene นั้น พบมากเมื่อพรางแสง 60% ในขณะที่การพรางแสง 70% ส่งผลให้จิงจูฉ่ายมีองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยน้อยที่สุด โดยองค์ประกอบทางเคมีในน้ำมันหอมระเหยที่พบทั้งหมด 11 ชนิดนี้จัดอยู่ในกลุ่ม terpenes แบ่งได้เป็นกลุ่ม monoterpenes ที่พบว่ามีสารสร้างมากในสภาพพรางแสง 50 และ 60% และกลุ่ม sesquiterpene ที่มีมากในจิงจูฉ่ายที่ปลูกแบบไม่พรางแสง โดยการสังเคราะห์ monoterpenes จะต้องใช้แสงเป็นตัวกระตุ้น ส่วน sesquiterpene นั้นเกิดได้ทั้งในสภาพที่มีแสงและไม่มีแสง (Glezes et al., 2006) นอกจากนี้มีรายงานว่าในสภาพพรางแสงพืชมีความเครียดจะสร้างสารกลุ่ม monoterpenes ขึ้นมา ขณะที่สภาพไม่พรางแสงพืชจะสร้างสารกลุ่ม sesquiterpene ขึ้นมามาก (Faiola et al., 2018) ทั้งนี้พืชมีความต้องการแสงในการเจริญเติบโตและการสังเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันออกไป โดยพืชชนิดเดียวกันอาจให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยและองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันไป ซึ่งมีการศึกษาพบว่าความเข้มแสงมีผลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยและองค์ประกอบทางเคมีของ *Mentha arvensis* L. โดยการปลูกในสภาวะความเข้มแสงต่ำ (25%) พบว่ามี neomenthol, menthol และ menthyl acetate เป็นองค์ประกอบหลักในปริมาณสูง ในขณะที่การปลูกโดยไม่พรางแสงพืชจะมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยมากที่สุด แต่มี menthol เป็นองค์ประกอบน้อยและยังมี pulegone ซึ่งเป็นพิษต่อมนุษย์ในปริมาณที่สูงด้วย (Souza et al., 2016) ในขณะที่ *Ocimum basilicum* จะมีปริมาณและองค์ประกอบเคมีของน้ำมันหอมระเหยลดลงเมื่อปลูกภายใต้สภาวะแสงน้อย (Chang et al., 2008)

Table 1 Antioxidation activities of *Artemisia lactiflora* growing under various shading nets.

Shading net (%)	IC ₅₀ DPPH (mg/ml)	IC ₅₀ ABTS (mg/ml)
No shading	45.45±1.88 ^b	38.00±2.60 ^b
50	40.18±2.71 ^{ab}	34.69±1.21 ^{ab}
60	39.24±3.32 ^a	34.54±2.43 ^{ab}
70	38.52±0.30 ^a	30.07±1.68 ^a
F-test 0.05	*	*

Values are means of three replications ± standard error.

* Indicate significant different at P<0.05. Values in the same column with the different letters are significantly different at P<0.05.

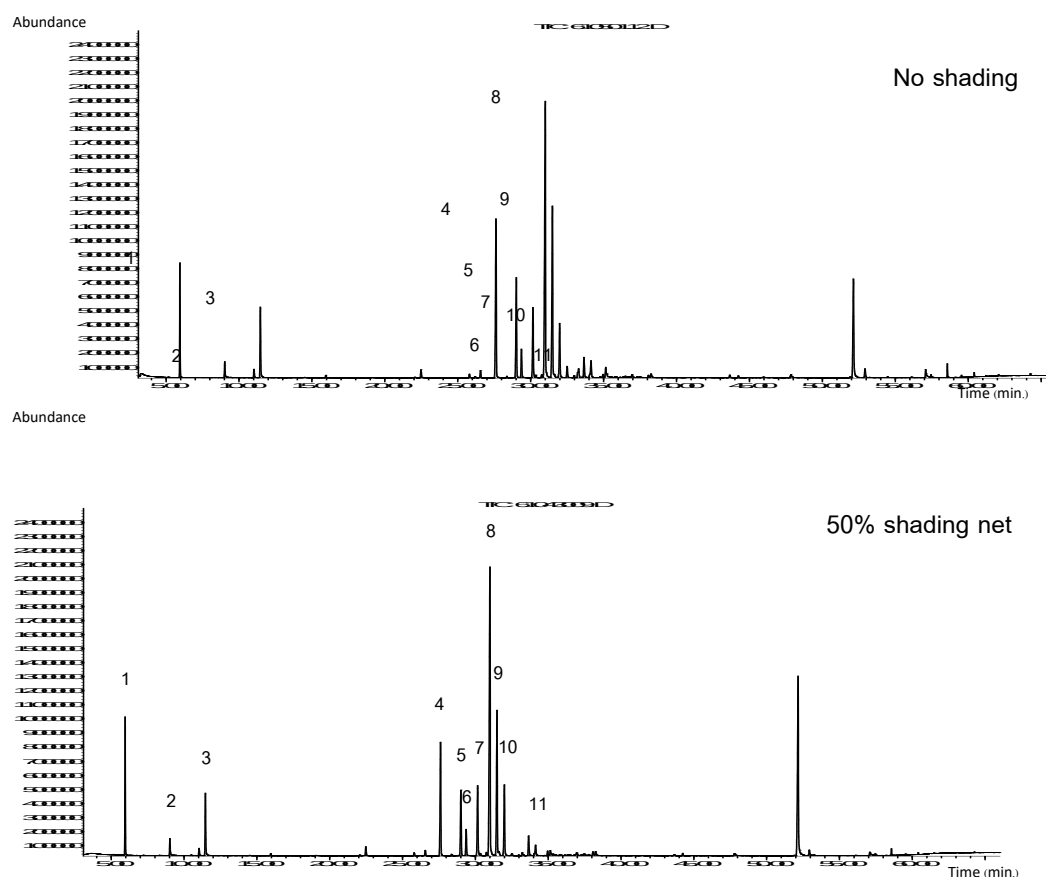
Table 2 Chemical components of essential oil of *Artemisia lactiflora* growing under various shading nets.

No.	Compounds	KI	RI	Peak area x 10 ⁶			
				Shading net (%)			
				No shading	50	60	70
1	Santolina triene	908	910	18.45±2.04	22.14±0.34	40.94±1.35	13.19±0.73
2	β-Myrcene	981	993	3.38±0.47	3.58±0.32	5.79±0.27	2.07±0.10
3	β-Ocimene	1050	1054	15.61±1.72	13.49±0.52	17.99±0.76	8.36±0.45
4	Caryophyllene	1417	1416	44.97±3.60	30.42±0.45	29.03±1.20	13.83±0.36
5	α-Humulene	1452	1451	27.78±3.54	18.20±0.37	18.58±1.00	8.19±0.17
6	β-Farnesene	1458	1460	7.53±1.17	7.02±0.11	7.71±0.61	3.46±0.05
7	Germacrene-D	1487	1479	19.88±2.72	20.26±0.49	14.45±0.74	7.40±0.15
8	α-Farnesene	1507	1498	87.27±3.11	94.59±1.58	87.11±2.26	38.85±1.17
9	β-Sesquiphellandrene	1525	1525	15.06±2.08	19.64±0.22	18.52±0.85	10.17±0.29
10	Nerolidol	1565.6	1569	18.06±0.81	17.62±0.22	17.71±0.18	6.20±0.06
11	Caryophyllene oxide	1583	1581	19.37±1.06	10.53±0.36	25.68±0.68	7.36±0.18

Values are means of three replications ± standard error.

* RI (retention index) calculated from standard alkanes.

** KI (Kovat retention index) from NIST.

**Figure 1** GC-MS chromatogram of essential oil of *Artemisia lactiflora* growing under various shading nets.

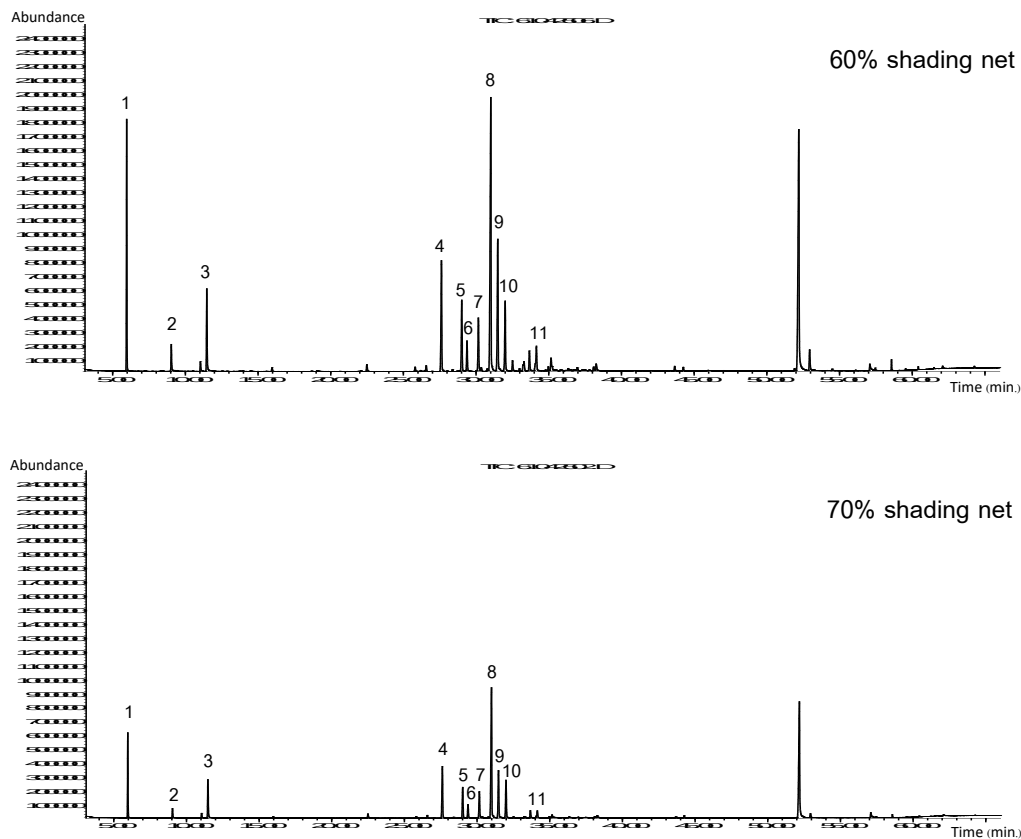


Figure 1 (continued).

สรุปผลการศึกษา

การพรางแสงในระหว่างการเพาะปลูกมีผลต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในต้นจิงจูฉ่ายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การปลูกจิงจูฉ่ายภายใต้การพรางแสง 70% ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH และ ABTS มากกว่าจิงจูฉ่ายที่ปลูกภายใต้สภาพไม่พรางแสง โดยการพรางแสงมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีในน้ำมันหอมระเหยของจิงจูฉ่าย แต่ไม่มีผลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหย จากการศึกษาด้วย GC-MS พบว่าน้ำมันหอมระเหยของจิงจูฉ่ายมีองค์ประกอบทางเคมีทั้งหมด 11 ชนิด โดยมีสารสำคัญหลัก ได้แก่ α -farnesene, caryophyllene, α -humulene, germacrene D, santolina triene, β -ocimene และ β -sesquiphellandrene

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เป็นอย่างยิ่ง ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2561 ขอขอบคุณสาขาวิทยาการสมุนไพร คณะผลิตกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และอำนวยความสะดวกในด้านอุปกรณ์ จนทำให้งานทดลองสำเร็จอย่างสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

- กัญญกานจน์ พูนศิริ และกัลยา กองเงิน. 2557. อิทธิพลของความเข้มแสงต่อสรีรวิทยาบางประการและการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนในใบข้าวเหนียวดำ. ใน การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 15. น. 882-890.
- อาจารย์วิทยการปกครองท้องถิ่น มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- ทศพล วรภักษ์กุลวงศ์ และสุวิธ วงศ์สวัสดิ์เวช. 2555. ฤทธิ์ต้านการแบ่งตัวของเซลล์และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดสมุนไพรจิงจูฉ่าย. โครงการพิเศษปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต, ภาควิชาเภสัชวินิจัย คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- พัชรวิวรรณ พุ่มเทศ, อีรพร กงบังเกิด, กมลวรรณ ไรจน์สุนทรกิตติ และนิติพงศ์ จิตรีโกชนัน. 2555. ผลของสภาวะการสกัดต่อกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของสมุนไพรไทยบางชนิด. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์วิจัย ครั้งที่ 4. น. 52-55. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

- ภาณุมาศ ฤทธิไชย, เยาวพา จิระเกียรติกุล และรัชชพร เรืองศรี. 2555. ผลของการพรางแสงต่อการเจริญเติบโต การให้ผลผลิต และสารต้านอนุมูลอิสระของดอกพระจันทร์ (*Ipomoea alba* L.). *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี* 20(4): 339-347.
- ภาวิณี อารีศรีสม, นรินทร์ ท้าวแก่นจันทร์, วาริน สุทนต์, เทิดศักดิ์ โทณลักษณ์ และกอบลาภ อารีศรีสม. 2560. ผลของระยะเวลาเก็บเกี่ยวต่อการเจริญเติบโตและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของจิงจูฉ่าย. ใน *รายงานการประชุมวิชาการประจำปี 2560*. น. 221-228. อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.
- สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2548. *สรีรวิทยาของพืช*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Ali, M. B. 2014. Secondary metabolites and environmental stress in plants: biosynthesis, regulation, and function. In *Physiological Mechanisms and Adaptation Strategies in Plants under Changing Environment*, P. Ahmad and R. M. Wani, eds. pp. 55-85. New York: Springer.
- Chang, X., Alderson, P. G., and Wright, C. J. 2008. Solar irradiance level alters the growth of basil (*Ocimum basilicum* L.) and its content of volatile oils. *Environmental and Experimental Botany* 63(1-3): 216-223.
- Chao, P. Y., Lin, S. Y., Lin, K. H., Liu, Y. F., Hsu, J. I., Yang, C. M., and Lai, J. Y. 2014. Antioxidant activity in extracts of 27 indigenous Taiwanese vegetables. *Nutrients* 6(5): 2115-2130.
- Chew, Y. L., Lim, Y. Y., Omar, M., and Khoo, K. S. 2008. Antioxidant activity of three edible seaweeds from two areas in South East Asia. *LWT - Food Science and Technology* 41(6): 1067-1072.
- Faiola, C. L., Buchholz, A., Kari, E., Yli-Pirilä, P., Holopainen, J. K., Kivimäenpää, M., Miettinen, P. et al. 2018. Terpene composition complexity controls secondary organic aerosol yields from scots pine volatile emissions. *Scientific Reports* 8(3053): 1-13.
- Gleizes, M., Pauly, G., Bernard-Dagan, C., and Jacques, R. 2006. Effects of light on terpene hydrocarbon synthesis in *Pinus pinaster*. *Physiologia Plantarum* 50(1): 16-20.
- Huner, N. P. A., Oquist, G., and Sarhan, F. 1998. Energy balance and acclimation to light and cold. *Trends in Plant Science* 3: 224-230.
- Jing, Z. W., Su-ying, Z., and Yuan-yi, Y. 2011. Analysis of chemical components of volatile oil from *Artemisia Lactiflora* Wall in north Guizhou province of China. *Medicinal Plant* 2(6): 59-61.
- Li, Y., Craker, L. E., and Potter, T. 1996. Effect of light level on essential oil production of sage (*Salvia officinalis*) and thyme (*Thymus vulgaris*). *Acta Horticulturae* 426: 419-426.
- Lin, F. D., Luo, D. W., Ye, J., and Xiao, M. T. 2014. Chemical constituents of *Artemisia lactiflora* (II). *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi*. 39(13): 2531-2535.
- Lin, L. J., Hsiao, Y. Y., and Kuo, C. G. 2009. *Discovering indigenous treasures: promising indigenous vegetables from around the world*. Taiwan: The World Vegetable Center.
- National Institute of Standards and Technology Standard Reference Data Program, Gaithersburg, MD 20899. NIST 08 MS Library and MS Search Program Version 2.0f.
- Paez, A., Gebre, G. M., Gonzalez, M. E., and Tschaplinski, T. J. 2000. Growth, soluble carbohydrates and aloin concentration of *Aloe vera* plants exposed to three irradiance levels. *Environmental and Experimental Botany* 44: 133-139.
- Singh, R. P., Chidambara, K. N., and Jayaprakasha, G. K. 2002. Studies on the activity of pomegranate (*Punica granatum*) peel and seed extracts using in vitro models. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 50(1): 81-86.
- Somporn, C., Kamtuo, A., Theerakulpisut, P., and Siriamornpun, S. 2012. Effect of shading on yield, sugar content, phenolic acids, and antioxidant property of coffee beans (*Coffea Arabica* L. cv. Catimor) harvested from north-eastern Thailand. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 92(9): 1956-1963.
- Souza, M. A. A., Santos, L. A., Brito, D. M. C., Rocha, J. F., Castro, R. N., Fernandes, M. S., and Souza, S. R. 2016. Influence of light intensity on glandular trichome density, gene expression and essential oil of menthol mint (*Mentha arvensis* L.). *Journal of Essential Oil Research* 28(2): 138-145.
- Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L., and Byrne, D. H. 2006. Comparison of ABTA, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis* 19: 669-675.

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

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 10 ก.ค. 62

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 12 พ.ย. 62

การศึกษาเปรียบเทียบสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักที่ปลูกแบบปกติและปลูกแบบอินทรีย์ ในเขตอำเภอเมืองนครปฐม

A Comparison Study of Pesticide Residues in Vegetables from Conventional and Organic Cultivation in Muang Nakhon Pathom District

กัญจรัตน์ สุครัตน์¹ เอกราชันย์ ไชยชนะ¹ ธัญญา เสาวภาคย์¹ และอดิศักดิ์ จตุรพิริยะ^{1*}
Kanjarat Sukrat¹, Ekrachan Chaichana¹, Thanunya Saowapark¹ and Adisak Jaturapiree^{1*}

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณและชนิดของสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักที่ปลูกในระบบปกติและแบบอินทรีย์ในเขตอำเภอเมืองนครปฐม โดยวิเคราะห์สารเคมีกำจัดศัตรูพืช 4 กลุ่ม ได้แก่ ออร์กาโนฟอสเฟต คาร์บาเมต ไพรีทรอยด์ และออร์กาโนคลอรีน จากตัวอย่างผักจากแปลงจำนวน 8 ชนิด ได้แก่ ผักบุ้งจีน บวบ ขึ้นฉ่าย ผักชีไทย ถั่วฝักยาว ผักกาดหอม ผักชีฝรั่ง และผักกาดขาว จากแปลงที่ปลูกแบบอินทรีย์ จำนวน 2 แปลง และปลูกแบบปกติที่มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช จำนวน 5 แปลง โดยแปลงที่เลือกทั้งสองระบบเป็นแปลงขนาดเล็กและปลูกแบบหมุนเวียน จากการวิเคราะห์พบว่าในระบบการปลูกแบบอินทรีย์มีผักเพียง 2 ชนิด ได้แก่ ขึ้นฉ่าย และผักชีฝรั่ง ที่ตรวจพบสารกำจัดศัตรูพืชตกค้าง ซึ่งได้แก่ chlorpyrifos ส่วนระบบการปลูกแบบปกติมีผัก 4 ชนิด ได้แก่ ถั่วฝักยาว ผักชีไทย ขึ้นฉ่าย และผักชีฝรั่ง ที่มีสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างทั้งหมด 7 ชนิด ได้แก่ chlorpyrifos, diazinon, carbofuran-3OH, carbofuran, carbosulfan, methomyl และ bifenthrin แสดงให้เห็นว่าระบบการปลูกแบบอินทรีย์มีสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างต่ำกว่าระบบการปลูกแบบปกติอย่างชัดเจน แต่อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองพบว่าผักในระบบเกษตรอินทรีย์ตรวจพบสารกำจัดศัตรูพืชตกค้าง ถึงแม้ว่าเกษตรกรไม่มีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชเลย ส่วนในระบบปกติก็มีบางตัวอย่างที่ตรวจไม่พบสารกำจัดศัตรูพืชตกค้าง

คำสำคัญ: สารกำจัดศัตรูพืช สารกำจัดศัตรูพืชตกค้าง ผักปลูกแบบอินทรีย์ ผักปลูกแบบปกติ

Abstract

In this research, the different amounts and types of pesticide residues in vegetables under conventional and organic cultivation in Muang Nakhon Pathom district were compared. Four groups of pesticide compounds, namely organophosphates, carbamates, pyrethroids and organochlorines were investigated. Eight vegetables, namely water convolvulus, angled gourd, celery, coriander, yard long bean, lettuce, culantro, and Chinese cabbage, were sampled from 2 organic gardens and 5 conventional gardens that used pesticides. Both types of gardens featured small plots that had been cultivated by crop rotation. From the analysis, it was found that only 2 vegetables, celery and culantro from the organic gardens, had pesticide residue contamination (chlorpyrifos). As for the conventional gardens, 4 vegetables, including yard long bean, coriander, celery, and cilantro, were found to contain the pesticide residues chlorpyrifos, diazinon, carbofuran-3OH, carbofuran, carbosulfan, methomyl and bifenthrin. This clearly indicates that the produce from the organic garden system contained less pesticide residues than did produce from the conventional garden system. However, it was observed that the organic garden system produce still had some pesticide residues even though no pesticides had been applied, and perhaps contrary to expectation, some samples of vegetable produce from the conventional garden systems did not contain any pesticide residues.

Keywords: pesticide, pesticide residues, organic cultivation vegetable, conventional cultivation vegetable

¹ สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม อ. เมืองนครปฐม จ. นครปฐม 73000

¹ Program of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University, Muang, Nakhon Pathom 73000

*Corresponding author, Email: adisak@webmail.npru.ac.th

คำนำ

ผักเป็นสินค้าเกษตรที่สำคัญในจังหวัดนครปฐม ซึ่งในปัจจุบันได้เกิดการตื่นตัวของเกษตรกรในการรวมกลุ่มกันสร้างชุมชนเกษตรอินทรีย์ขึ้น เนื่องมาจากการเล็งเห็นเรื่องความปลอดภัยของเกษตรกรเอง ราคาผลผลิตสูง รวมทั้งในปัจจุบันมีแหล่งจำหน่ายเป็นจำนวนมากพอ อย่างไรก็ตามยังพบว่าสินค้าเกษตรที่ได้จากระบบอินทรีย์หรือระบบออร์แกนิกยังคงมีการปนเปื้อนของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชอยู่แม้ว่าจะมีมาตรฐานการจัดการอย่างเคร่งครัด โดยได้มีรายงานของเครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช (คณะกรรมการมาตรฐานเกษตรอินทรีย์, 2559) พบว่าหลังจากสุ่มตรวจสอบสารเคมีตกค้างในผักและผลไม้ที่ออกจำหน่ายระบุว่ามีการตรวจพบสารเคมี 2 ชนิดในผักออร์แกนิก ได้แก่ ถั่วฝักยาว และผักบุ้ง ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการลักลอบใช้ของเกษตรกรแต่ในปริมาณน้อย หรืออาจมีการปนเปื้อนจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่สะสมในระบบนิเวศเดิมทั้งในดิน น้ำ และอากาศ จึงมีความเป็นไปได้ที่จะตรวจพบการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในผลผลิตเกษตรอินทรีย์ จากการติดต่อยกพื้นที่ในเขตอำเภอเมืองนครปฐมทำให้ทราบถึงความต้องการของเกษตรกรที่ปลูกผักอินทรีย์ที่ต้องการให้ทางผู้วิจัยทำการวิจัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักของเกษตรกรเพื่อเสริมสร้างความมั่นใจของเกษตรกรในการนำออกไปจำหน่าย รวมทั้งเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการนำไปขอมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จะศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์ ศึกษาเปรียบเทียบสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างของพืชผักที่ผลิตจากระบบอินทรีย์และในกระบวนการผลิตในระบบปกติที่มีการใช้สารเคมี ไม่ว่าจะเป็นปุ๋ยและสารกำจัดศัตรูพืช ถึงแม้ว่ามีความหลายฉบับที่ได้ทำการศึกษาในลักษณะนี้ แต่ส่วนใหญ่จะเป็นรายงานสถานการณ์การตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชจากผักที่ได้จากห้างสรรพสินค้าและตลาดสด (จิราพร ใจเกลี้ยง และคณะ, 2555; พัชรี ภคชมา และคณะ, 2559; ธนพงศ์ ภูผาลี และคณะ, 2559) ส่วนการเก็บตัวอย่างจากแปลงจะมีเป็นส่วนน้อย (จิราพร ใจเกลี้ยง และคณะ, 2559)

ในงานวิจัยนี้จะลงสำรวจเก็บตัวอย่างผักจากแปลงทั้งที่ปลูกแบบปกติที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมีในการกำจัดศัตรูพืชและแบบอินทรีย์ที่ไม่ใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมีในการกำจัดศัตรูพืช เพื่อวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในห้องปฏิบัติการ โดยเลือกจากการทำการเกษตรขนาดเล็กที่มีพื้นที่เพาะปลูกประมาณไม่เกิน 2 ไร่ และมีลักษณะการปลูกผักแบบหมุนเวียน ชนิดของผักที่จะนำมาใช้ในเปรียบเทียบระหว่างผักที่ปลูกแบบปกติและแบบอินทรีย์จะเป็นผักชนิดเดียวกัน โดยจะเป็นผักที่นิยมปลูก ได้แก่ ผักบุ้งจีน บวบ ขึ้นฉ่าย ผักขีไทย ถั่วฝักยาว ผักกาดหอม ผักชีฝรั่ง และผักกาดขาว โดยสารที่ตรวจจะเป็นสารเคมีเพื่อกำจัดศัตรูพืชที่มักตกค้างอยู่ในผักและผลไม้ แบ่งเป็น 4 กลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่มที่ 1 กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (organophosphate) กลุ่มที่ 2 กลุ่มคาร์บาเมต (carbamate) กลุ่มที่ 3 กลุ่มไพเรทรอยด์ (pyrethroid) และกลุ่มที่ 4 กลุ่มออร์กาโนคลอรีน (organochlorine) ถึงแม้ว่าสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนนี้จะไม่มีการใช้แล้วแต่จำเป็นต้องตรวจเช่นกัน เนื่องจากอาจมีการตกค้างในดินและน้ำอยู่ นอกจากนี้ตามมาตรฐานการส่งออกของประเทศไทยยังกำหนดให้สาร endosulfan ซึ่งเป็นหนึ่งในสารกลุ่มนี้อยู่ในประเภทสารต้องห้ามด้วยเช่นกัน โดยหลังจากตรวจสอบสารเคมีเพื่อกำจัดศัตรูพืชที่มักตกค้างอยู่ในผักแล้ว จะมีการนำผลการทดลองดังกล่าวมาเชื่อมโยงกับข้อมูลการใช้สารกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรที่ได้จากการสัมภาษณ์ขณะลงพื้นที่และข้อมูลทุติยภูมิจากงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางการพัฒนาทั้งในส่วนของการเกษตรแบบปกติและเกษตรอินทรีย์

วิธีการศึกษา

การดำเนินงานวิจัยจะเริ่มจากการคัดเลือกแปลงขนาดเล็กที่มีขนาดไม่เกิน 2 ไร่ ในเขตอำเภอเมืองนครปฐม โดยได้คัดเลือกแปลงผักจำนวนทั้งหมด 7 แปลง โดยเป็นแปลงเกษตรอินทรีย์ 2 แปลง และแปลงเกษตรปกติ 5 แปลง โดยหลังจากนั้นผู้วิจัยจะลงไปสำรวจพื้นที่และสัมภาษณ์สอบถามข้อมูลหลักจากเกษตรกรในประเด็นต่าง ๆ ได้แก่ ข้อมูลทั่วไปของแปลงเกษตร การจัดการน้ำ การจัดการแปลงปลูก การจัดการวัชพืช พฤติกรรมและความรู้ความเข้าใจในการใช้สารกำจัดศัตรูพืช เจตคติเกี่ยวกับการปลูกผักแบบปกติและแบบอินทรีย์ ซึ่งจะแสดงผลในส่วนของการสำรวจพื้นที่และสัมภาษณ์เกษตรกร นอกจากนี้จะเก็บตัวอย่างผักเพื่อนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การเก็บตัวอย่างผักจากแปลง

การเก็บตัวอย่างเป็นการสุ่มตรวจเก็บตัวอย่างจากแปลงผักที่คัดเลือกไว้ การสุ่มเก็บจะเป็นไปตามข้อกำหนดการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชตกค้างของกองวัตถุมีพิษการเกษตร (จารุพงศ์ ประสพสุข, 2560) การเก็บตัวอย่างพืชจะเก็บในระยะเวลาเก็บเกี่ยวผลผลิตโดยจะเก็บตัวอย่างก่อนออกจำหน่ายไม่เกิน 3-5 วัน และจะทำตามวิธีการชักตัวอย่างจากแปลงปลูกด้วยการเก็บจากตัวอย่างทั้งแปลงซึ่งเก็บตามแนวเส้นทแยงมุมจากทุกร่อง โดยจะรวบรวมมาให้ได้อย่างน้อยจำนวน 1 กิโลกรัม ตามมาตรฐาน มกอช. 9025-2551 (คณะกรรมการมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2551) นำเอาตัวอย่างใส่ถุงพลาสติกที่สะอาด หลังจากนั้นให้นำเข้าห้องปฏิบัติการทันที ในห้องปฏิบัติการจะนำผักมาปั่นด้วยเครื่องปั่น หลังจากนั้น

สุมน้ำตัวอย่างที่ปั่นละเอียดจำนวน 15 กรัมไปสกัดต่อไป หรือในกรณีที่ต้องเก็บจะนำเก็บไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ -21 °C เพื่อป้องกันสารกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้างสลายตัว

การวิเคราะห์สารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้าง

การวิเคราะห์หาปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักสดทำได้โดยใช้วิธีสกัดดัดแปลงจากวิธี QuEChER (quick, easy, cheap, effective, rugged and safe) ซึ่งเป็นวิธีที่มีความรวดเร็ว ง่าย มีความถูกต้องแม่นยำ เหมาะสม ทันต่อความต้องการ (Anastassiades et al., 2003) โดยจะเริ่มจากนำตัวอย่างมาสกัดด้วยการชั่งตัวอย่าง 15±0.05 กรัม ใส่หลอด centrifuge ขนาด 50 มิลลิลิตร (มล.) เติม 1% acetic acid ใน acetonitrile 15 มล. หลังจากนั้นเติม magnesium sulphate (MgSO₄) จำนวน 6 กรัม และ sodium acetate (NaOAc) 1.5 กรัม แล้วเขย่า 1 นาที จากนั้นนำไปหมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบประมาณ 3,300 รอบ/นาที นาน 5 นาที ปิเปตสารละลายชั้นบน 2 มล. ใส่หลอด centrifuge ขนาด 10 มล. จำนวน 2 หลอด เติม primary secondary amine (PSA) 100 มิลลิกรัม (มก.) magnesium sulphate (MgSO₄) 300 มก. และ graphitized carbon black (GCB) 25 มก. เขย่า 30 วินาที จากนั้นนำสารละลายไปหมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบประมาณ 3,300 รอบ/นาที นาน 5 นาที ทั้ง 2 หลอด โดยหลอดที่ 1 ปิเปตสารละลาย 1 มล. ใส่ในหลอด turbo vap ระเหยให้เหลือประมาณ 0.1 มล. ปรับปริมาตรให้ได้ 1 มล. ด้วย toluene นำสารละลายที่ได้ตรวจวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชตกค้าง กลุ่มออร์กาโนคลอรีน กลุ่มไพรีทรอยด์ และกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ด้วยเครื่อง GC-μECD ส่วนหลอดที่ 2 ปิเปตสารละลายส่วนที่ใสกรองด้วย nylon filter 0.45 ไมครอน นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง LC-MS/MS โดยในการวิเคราะห์ทางเครื่องมือจะวิเคราะห์ทั้งชนิดและปริมาณของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่พบ ปริมาณของสารที่สามารถวิเคราะห์ได้จากเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยนี้แบ่งเป็นกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต 32 ชนิด กลุ่มคาร์บาเมต 13 ชนิด กลุ่มไพรีทรอยด์ 7 ชนิด และกลุ่มออร์กาโนคลอรีน 19 ชนิด การวิเคราะห์ปริมาณนั้นจะใช้สารมาตรฐานจากบริษัท Dr. Ehrenstorfer ชนิดเดียวกันกับชนิดสารตกค้างที่จะวิเคราะห์ทั้งหมด 71 ชนิด แสดงดัง Table 1

Table 1 Type of pesticide residues analyzed in this experiment.

Group of pesticides	Type of pesticide
Organophosphate (group 1)	acephate, azinphos-ethyl, azinphos-methyl, buminafos, chlorfenvinphos, chlorpyrifos-ethyl, chlorpyrifos-methyl, diazinon, dichlorvos, dicotophos, dimethoate, disulfoton, EPN, ethion, ethoprophos, etrimfos, fenitrothion, malathion, methidathion, monocrotophos, omethoate, parathion-ethyl, parathion-methyl, phosalone, phosphamidon, pirimphos-ethyl, pirimiphos-methyl, profenofos, prothiofos, triazophos, trans-mevinphos
Carbamate (group 2)	aldicarb, bendiocarb, carbofuran-3-hydroxy, carbaryl, carbofuran, carbosulfan, fenobucarb, isoprocarb, methiocarb, methomyl, metolcarb, oxamyl, promecarb
Pyrethroid (group 3)	lambda-cyhalothrin, permethrin, cyfluthrin, cypermethrin, fenvalerate, deltamethrin, bifenthrin
Organochlorine (group 4)	HCB, alpha-BHC, lindane (gamma-BHC), heptachlor, aldrin, delta-BHC, dicofol, heptachlor-epoxide, alpha-endosulfan, trans-chlordane, cis-chlordane, p,p'-DDE, dieldrin, endrin, o,p'-DDT, p,p'-DDD, beta-endosulfan, p,p'-DDT, endosulfan-sulfate

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการสำรวจพื้นที่และสัมภาษณ์เกษตรกร

หลังจากทำการคัดเลือกแปลงเกษตรในเขตอำเภอเมืองนครปฐม โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการทำการคัดเลือกได้แก่ มีเนื้อที่เพาะปลูกไม่เกิน 2 ไร่ การปลูกจะมีลักษณะหมุนเวียนซึ่งทั้งแปลงในแต่ละครั้งจะมีการปลูกผักที่หลากหลายมากกว่า 2 ชนิดและหลังจากเก็บเกี่ยวแล้วจะปลูกผักชนิดใหม่ที่ไม่ซ้ำกับที่เก็บเกี่ยวไป พร้อมทั้งในช่วงเวลาที่ทำการวิจัยทั้งแปลงเกษตรแบบอินทรีย์และแบบปกติจะมีผักที่กำลังจะเก็บเกี่ยวเป็นชนิดเดียวกัน โดยเกษตรกรยินยอมให้สัมภาษณ์และเก็บผักไปตรวจหาสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้าง ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 7 แปลง โดยเป็นแปลงเกษตรอินทรีย์ 2 แปลง และแปลงเกษตรปกติ 5 แปลง พบว่า

แปลงเกษตรอินทรีย์ทั้ง 2 แปลงจะปลูกผักแบบหมุนเวียนตามแผนที่เกษตรกรได้วางไว้หรือตามการสั่งซื้อเพื่อส่งขายในตลาดเกษตรอินทรีย์ในเขตอำเภอเมืองนครปฐม โดยแปลงเกษตรทั้งสองแปลงยังไม่ได้รับมาตรฐานเกษตรอินทรีย์จากกรมวิชาการเกษตร ชนิดของผักที่ปลูกทั้งสองแปลงจะคล้ายกัน เช่น ผักชี ผักชีฝรั่ง ขึ้นฉ่าย คะน้า กวางตุ้ง โหระพา ผักบุ้งจีน ผักสลัด ผักบุ้ง ผักกาดขาว ผักกาดหอม ถั่วฝักยาว และบวบเหลี่ยม เกษตรกรจะเป็นผู้ผลิตและนำไปส่งขายในตลาดและขายเองตามตลาดเกษตรอินทรีย์ขนาดเล็กในเขตอำเภอเมืองนครปฐม ลักษณะของแปลงผักทั้งแบบอินทรีย์และแบบปกติจะเป็นการยกร่องจากพื้นที่ราบ มีร่องแปลงสำหรับทางเดิน จะไม่มีร่องนาระหว่างแปลงแต่น้ำที่ใช้จะเป็นน้ำบาดาลที่ขุดเก็บกักไว้ ในการปลูกแต่ละครั้งจะมีการเตรียมดิน พลิกดิน ตั้ทิ้งไว้สักระยะก่อนจะลงผักใหม่ การจัดการวัชพืชพบว่าทั้งในระบบเกษตรอินทรีย์และปกติจะใช้ระบบป้องกันโดยการคลุมดินด้วยฟางหรือหญ้าแห้ง แต่ในระบบเกษตรอินทรีย์ เกษตรกรบอกว่าจำเป็นต้องเตรียมแปลงที่ดี ต้องมีการพลิกดิน 2-3 ครั้ง แล้วตากดินสักระยะ ลงปุ๋ยคอก แล้วค่อยทำการเพาะปลูกอีกครั้ง รวมทั้งต้องเดินแปลงบ่อย ๆ เพื่อดูทั้งไข่ของแมลงและวัชพืช ในกรณีของวัชพืชจะใช้เพียงมือถอนหรือจอบตาก ส่วนในระบบปกติจะคล้าย ๆ กัน มีการไถพรวนดินเพียงครั้งเดียว ตากดิน แล้วลงปุ๋ยเริ่มปลูกผักชนิดใหม่เลย ส่วนเมื่อทำการปลูกแล้วจะมีการตรวจแปลงบ้าง เมื่อพบวัชพืชจะใช้เพียงมือถอนหรือจอบตาก จะมีการใช้ยาฆ่าหญ้าบ้างในกรณีพบวัชพืชมากเท่านั้น ในระบบเกษตรอินทรีย์นั้นเกษตรกรมีความรู้ด้านเกษตรอินทรีย์พอสมควร ไม่ว่าจะเป็นเรื่องที่จะไม่ใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช แต่จะใช้สารชีวภาพที่ผลิตเองร่วมกับสารสกัดอินทรีย์ทั่วไปที่ได้จากร้านค้ามาเป็นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช การใช้ปุ๋ยจะใช้เพียงปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยอินทรีย์เท่านั้น มีการสร้างแนวป้องกันเพื่อป้องกันสารเคมีกำจัดศัตรูพืชจากพื้นที่เกษตรข้างเคียง โดยจะใช้แนวป้องกันทางธรรมชาติที่เป็นต้นไม้เป็นหลัก เช่น แนวต้นยูคาลิปตัส ต้นกระถิน และต้นกล้วย ไม่มีการจ้างแรงงานในการเตรียมแปลงและเก็บเกี่ยว ส่วนสาเหตุที่ทำการเพาะปลูกแบบอินทรีย์เนื่องจากกลัวผลกระทบต่อสุขภาพและคุณภาพชีวิต รวมทั้งเกษตรกรไม่คิดว่าการเพาะปลูกแบบอินทรีย์จะเพิ่มภาระในการดูแลเพราะตามปกติก็ต้องดูแลอยู่แล้ว เกษตรกรที่ทำการเพาะปลูกแบบอินทรีย์ทั้งสองแปลงเปลี่ยนจากการปลูกแบบปกติมาเพาะปลูกแบบอินทรีย์นานประมาณ 3-4 ปี ส่วนเกษตรกรที่เพาะปลูกแบบปกติก็จะปลูกผักหลายชนิดคล้ายกันกับแบบอินทรีย์ โดยพฤติกรรมการจัดการศัตรูพืชจะแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ ลักษณะแรกเกษตรกรจะจัดการศัตรูพืชเมื่อพบตัวอ่อนของหนอนหรือไข่ของแมลง เกษตรกรให้เหตุผลว่าเนื่องจากเนื้อที่เพาะปลูกไม่มากนัก ดังนั้นเกษตรกรสามารถเดินตรวจทั้งแปลงได้ ซึ่งเกษตรกรจะคอยตรวจแปลงเพื่อสังเกตตัวอ่อนและไข่ของทั้งแมลงและหนอน ถ้าพบจึงจะทำการจัดการศัตรูพืช ในกรณีที่ไม่มีพบก็จะไม่ฉีด หรือผักบางชนิดถ้ามีอายุสั้น ราคาถูก เช่น ผักบุ้ง เกษตรกรก็จะพยายามไม่จัดการศัตรูพืช เนื่องจากมีความเห็นว่าสารเคมีกำจัดศัตรูพืชมีราคาแพง ไม่คุ้มกับราคาที่จำหน่ายได้ ส่วนลักษณะที่สองเป็นลักษณะที่จะฉีดก่อนพบตัวอ่อนและไข่ของแมลงศัตรูพืช โดยเกษตรกรให้ความเห็นว่า การฉีดลักษณะที่สองนี้ได้ผลดีกว่าลักษณะแรก ผักมีการเสียหายน้อยกว่าแต่เป็นการเพิ่มต้นทุนในการผลิต สารกำจัดศัตรูพืชที่นิยมใช้ เช่น คาร์โบซัลแฟน อะบาเมกติน คลอร์ไพริฟอส แลนควิ และไซเพอร์เมทริน ส่วนปริมาณการฉีดนั้นในตอนแรกเกษตรกรจะฉีดตามฉลากที่ผู้ผลิตให้มาหรือตามที่ร้านค้าแนะนำ จากนั้นจะคอยสังเกตว่าได้ผลหรือไม่ หลังจากนั้นเกษตรกรก็จะลดหรือเพิ่มปริมาณตามประสบการณ์ของเกษตรกรเอง ความถี่ในการฉีดก็เช่นเดียวกัน ในกรณีที่เกษตรกรฉีดไปแล้วได้ผลก็จะหยุดฉีด แต่ในกรณีที่ไม่ได้ผลหรือได้ผลไม่ดีพอก็จะฉีดซ้ำในปริมาณที่มากกว่าเดิมตามประสบการณ์ของเกษตรกรเอง ซึ่งพฤติกรรมดังกล่าวเกษตรกรจะให้ความสำคัญกับผลผลิตผักที่ได้ โดยไม่ได้คำนึงว่าการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชนั้นอาจทำให้เกิดสารเคมีตกค้างในแปลงปลูก ในดิน และแหล่งน้ำของเกษตรกรเอง สำหรับการเลือกซื้อส่วนใหญ่เกษตรกรจะเลือกซื้อชนิดและยี่ห้อที่ร้านค้าแนะนำ ส่วนด้านความปลอดภัยนั้นเกษตรกรจะมีเพียงหน้ากากปิดจมูกและปากเท่านั้นที่ใช้ป้องกันขณะฉีดสารเคมีกำจัดศัตรูพืช แต่จะไม่สวมชุดป้องกัน เพราะยุ่งยาก ร้อน เสียเวลา และคิดว่าไม่จำเป็น นอกจากนี้เกษตรกรแบบปกติมีความเข้าใจความปลอดภัยของการเพาะปลูกแบบอินทรีย์ แต่ที่ไม่หันมาปลูกแบบอินทรีย์เนื่องจากไม่มีความรู้ คิดว่ายุ่งยาก และมีความเสี่ยงต่อความเสียหายของผักสูง

ผลการตรวจวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชตกค้าง

จากการตรวจสอบปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผัก 8 ชนิด ได้แก่ ผักบุ้งจีน (water convolvulus) บวบ (angled gourd) ขึ้นฉ่าย (celery) ผักชีไทย (coriander) ถั่วฝักยาว (yard long bean) ผักกาดหอม (lettuce) ผักชีฝรั่ง (culantro) และผักกาดขาว (Chinese cabbage) จากระบบเพาะปลูก 2 รูปแบบ ได้แก่ ผักที่ปลูกแบบอินทรีย์ (organic cultivation vegetables, OCV) 2 แปลง และการปลูกแบบปกติ (conventional cultivation vegetables, CCV) 5 แปลง โดยในแต่ละแปลงจะเก็บชนิดของผักแตกต่างกันดัง Table 2 พบว่าในระบบการปลูกแบบอินทรีย์จะมีสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในปริมาณน้อยกว่าและจำนวนชนิดของสารตกค้างน้อยกว่าอย่างชัดเจน สำหรับระบบการปลูกแบบอินทรีย์มีผักเพียง 2 ชนิด ได้แก่ ขึ้นฉ่าย และผักชีฝรั่งเท่านั้นที่ตรวจพบว่ามีสารกำจัดศัตรูพืชตกค้าง ซึ่งสารกำจัดศัตรูพืชที่ตรวจพบในผักทั้งสองชนิดนี้เป็นสารชนิดเดียวกัน

คือ chlorpyrifos ซึ่งจัดเป็นสารกำจัดศัตรูพืชในกลุ่ม organophosphate โดยพบในขึ้นฉ่ายปริมาณ 0.008 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของผัก และในผักชีฝรั่งปริมาณ 0.007 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของผัก ซึ่งเมื่อไปพิจารณาเทียบกับค่ามาตรฐานปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างสูงสุดสำหรับมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand-MRLs) (คณะกรรมการมาตรฐานสินค้าเกษตร, 2556) มาตรฐานของสหภาพยุโรป (EU-MRLs) (Committee of Health and Food Safety Department, 2016) มาตรฐานของประเทศญี่ปุ่น (Japan-MRLs) (Committee of Residue Limits of Agricultural Chemicals, 2016) พบว่าสารดังกล่าวไม่ถูกกำหนด (non-specified) ให้เป็นสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างตาม Thailand-MRLs แต่สำหรับ EU-MRLs และ Japan-MRLs ระบุว่าไม่ได้ไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของผัก ซึ่งจากปริมาณที่ตรวจพบทำให้สรุปได้ว่าผักอินทรีย์ทั้งสองชนิดผ่านมาตรฐานทั้งมาตรฐานของประเทศไทย สหภาพยุโรป และประเทศญี่ปุ่น

สำหรับระบบการปลูกแบบปกดินนั้นมีผักที่ตรวจไม่พบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้าง ได้แก่ ผักบุ้ง บวบ ผักกาดขาว และผักกาดหอม ส่วนผักที่ตรวจพบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้าง มีจำนวน 4 ชนิด ได้แก่ ถั่วฝักยาว ผักชีไทย ขึ้นฉ่าย และผักชีฝรั่ง โดยเป็นสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างทั้งหมด 7 ชนิด ได้แก่ chlorpyrifos, diazinon, carbofuran-3OH, carbofuran, carbosulfan, methomyl และ bifenthrin ซึ่งเป็นสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างจาก 3 กลุ่ม คือ organophosphate, carbamate และ pyrethroid แต่ไม่พบในกลุ่ม organochlorine จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าระบบการปลูกแบบอินทรีย์มีการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชต่ำกว่าระบบการปลูกแบบปกติอย่างชัดเจน แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาตามระบบมาตรฐานของประเทศไทยพบว่าผักที่ปลูกในระบบปกติมีเพียงชนิดเดียวที่มีค่าเกินมาตรฐาน ได้แก่ ถั่วฝักยาว ซึ่งมีสาร carbofuran เกินมาตรฐาน แต่สำหรับมาตรฐานสหภาพยุโรปพบว่ามีผัก 3 ชนิดที่ตรวจพบสารกำจัดศัตรูพืชไม่ผ่านมาตรฐาน ได้แก่ ถั่วฝักยาว ขึ้นฉ่าย และผักชีฝรั่ง ส่วนตามมาตรฐานของญี่ปุ่นพบว่ามีผักชีฝรั่งและขึ้นฉ่ายไม่ผ่านมาตรฐาน

เมื่อวิเคราะห์ชนิดของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างที่ตรวจพบ พบว่าจะพบสาร chlorpyrifos ตกค้างในผักจากแปลงเกษตรทั้งสองระบบในผัก 3 ชนิด ได้แก่ ขึ้นฉ่าย ผักชีฝรั่ง และผักชีไทย ซึ่งอาจจะเนื่องจาก chlorpyrifos เป็นสารเคมีกำจัดแมลงที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลาย มีการนำเข้าไปในปริมาณที่สูงมาก (ไทยรีฟอร์ม, 2561) เนื่องจากเป็นสารเคมีทางการเกษตรที่มีคุณสมบัติการออกฤทธิ์ที่กว้าง (broad-spectrum) จึงสามารถกำจัดศัตรูพืชได้หลากหลาย ทั้งแมลงปากดูดและแมลงปากกัดจากการสู่มั่วตัวอย่างผักทั้งจากตลาดสด ห้างสรรพสินค้า และฟาร์ม พบว่าสาร chlorpyrifos จะเป็นสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างที่พบบ่อยและพบในปริมาณมากเกินมาตรฐาน รวมทั้งตรวจพบในผักหลากหลายชนิด (จารุพงศ์ ประสพสุข และคณะ, 2557; ฝ่ายข้อมูล-ไทยแพน, 2559; Sapbamrer and Hongsibsong, 2014; Wanwimolruk et al., 2015) นอกจากนี้เป็นที่น่าสนใจเกี่ยวกับระบบปกติยังพบสารกำจัดศัตรูพืชที่อันตราย เช่น carbofuran-3OH และ carbosulfan ซึ่งกรมวิชาการเกษตรได้กำหนดให้เป็นสารต้องห้ามระวัง ส่วนเครือสหภาพยุโรปจัดเป็นสารต้องห้าม (prohibited substances) (อังคณา สุวรรณกฎ, 2559)

นอกจากนี้จากผลการทดลองจะสังเกตได้ว่าผักที่ปลูกระบบปกติบางชนิดไม่พบสารกำจัดศัตรูพืชตกค้าง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากพฤติกรรมของเกษตรกรในการฉีดสารกำจัดศัตรูพืช เช่น ผักบุ้งจีน ซึ่งเกษตรกรจะไม่พยายามฉีดสารกำจัดศัตรูพืชเนื่องจากเป็นผักที่มีราคาถูก ใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตและเก็บเกี่ยวเร็ว ทำให้ระยะเวลาที่แมลงจะทำความเสียหายมีน้อย ส่วนสาเหตุอีกประการที่ทำให้ตรวจไม่พบสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในระบบปกติถึงแม้ว่าในระบบจะมีการฉีดสารกำจัดศัตรูพืชนั้นเนื่องมาจากในกรณีที่เกษตรกรฉีดสารกำจัดศัตรูพืชก่อนนำผักออกจำหน่ายเป็นระยะเวลานานพอสมควร ทำให้สารดังกล่าวอาจเกิดการสลายตัวจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น แสงแดด อุณหภูมิ ปริมาณน้ำที่ไ้รด และปริมาณน้ำฝน (Hanson et al., 2015) จากการสัมภาษณ์เกษตรกรพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ทราบเรื่องการสลายตัว บางรายไม่ให้ความสำคัญแต่บางรายให้ความสำคัญ โดยได้ให้ข้อมูลว่าสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ฉีดจะมีการสลายตัวหมดไปหลังจากฉีดประมาณ 7-10 วัน และควรเก็บขายหลังจากนั้น แต่อย่างไรก็ตามสิ่งที่เกษตรกรรู้นั้นเป็นข้อมูลที่ไม่ถูกต้องมากนัก ซึ่งจากหลายงานวิจัยพบว่าการสลายตัวของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชนั้นขึ้นอยู่กับทั้งปริมาณที่ฉีด (จิตาภรณ์ เพ็ชรชัย และจิตติยา แซ่ป้ง, 2560; Siebers and Mattusch, 1996) ชนิดของสาร (จิตติยา แซ่ป้ง และกรรณิการ์ อ่อนชัย, 2549) รวมทั้งชนิดของผัก (มะลิวัลย์ แซ่ลิ้ม และคณะ, 2558; จิตติยา แซ่ป้ง และกรรณิการ์ อ่อนชัย, 2549; ชนิดา เกิดสรทศน์ และจิตติยา แซ่ป้ง, 2558)

Table 2 Pesticide residues found in organic cultivation vegetables (OCV) and conventional cultivation vegetables (CCV).

Source	Kind of vegetable	^{1/} Detected pesticides (mg/kg)	Thailand-MRLs (mg/kg)	EU-MRLs (mg/kg)	Japan-MRLs (mg/kg)
Organic cultivation vegetables (OCV)					
OCV 1	Water convolvulus	Nd	-	-	-
	Angled gourd	Nd	-	-	-
	Celery	Chlorpyrifos ¹ (0.008)	Non specified	<0.05	<0.05
	Coriander	Nd	-	-	-
	Yard long bean	Nd	-	-	-
OCV 2	Lettuce	Nd	-	-	-
	Culantro	Chlorpyrifos ¹ (0.007)	Non specified	<0.05	<0.05
	Chinese cabbage	Nd	-	-	-
Conventional cultivation vegetables (CCV)					
CCV 1	Water convolvulus	Nd	-	-	-
CCV 2	Angled gourd	Nd	-	-	-
	Yard long bean	Carbofuran-3OH ² (0.088)	<0.1	Prohibited	<0.3
		Carbofuran ² (0.156)	<0.1	Prohibited	<0.3
		Carbosulfan ² (0.039)	<0.1	Prohibited	<0.05
		Methomyl ² (0.012)	<1	<0.1	<5
CCV 3	Celery	Chlorpyrifos ¹ (0.055)	Non specified	<0.05	<0.05
		Diazinon ¹ (0.011)	Non specified	Prohibited	<0.1
	Coriander	Chlorpyrifos ¹ (0.021)	Non specified	<0.05	<0.05
CCV 4	Culantro	Bifenthrin ³ (0.910)	Non specified	<0.02	<0.05
		Chlorpyrifos ¹ (0.010)	Non specified	<0.05	<0.05
CCV 5	Lettuce	Nd	-	-	-
	Chinese cabbage	Nd	-	-	-

Nd = non-detected.

^{1/}From the column of detected pesticides: the power numbers mean group of detected pesticide, and number in bracket means the amount of detected pesticide in unit of mg of detected pesticide/kg of vegetable.

ส่วนในระบบเกษตรอินทรีย์สังเกตได้ว่าผักจากระบบการปลูกแบบอินทรีย์ยังคงมีสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างอยู่ แม้จะเป็นระบบที่มีการยืนยันว่าไม่ได้ใช้สารเคมี ไม่ว่าจะเป็นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชหรือปุ๋ยเคมีในการเพาะปลูก จากการค้นคว้าข้อมูลพบว่าการปนเปื้อนอาจเกิดจากหลาย ๆ สาเหตุ เช่น การใช้อุปกรณ์การเกษตรร่วมกันซึ่งปัญหาดังกล่าวได้เคยเกิดขึ้นที่ประเทศเบลเยียม (ต้นกล้า, 2557) ที่เกษตรกรนำอุปกรณ์พ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ใช้ในระบบเกษตรปกติมาใช้ในระบบเกษตรอินทรีย์โดยไม่ทำความสะอาดก่อน ซึ่งจากการสอบถามเกษตรกรพบว่าอุปกรณ์การฉีดพ่นสารป้องกันแมลงแบบชีวภาพนั้นเกษตรกรซื้อมาใช้เองซึ่งไม่น่าจะเป็นสาเหตุในการปนเปื้อน แต่พวกเครื่องมือหนักเกษตรกรยืมมาจากวิสาหกิจชุมชนซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนได้

การปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อมหรือจากบริเวณเกษตรกรรมข้างเคียงก็อาจเป็นสาเหตุหนึ่งในการตรวจพบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักอินทรีย์ จากการสำรวจพื้นที่ของเกษตรกรพบว่าถึงแม้ว่าเกษตรกรจะมีแนวป้องกันการแพร่ของสารเคมีทางอากาศจากพื้นที่เกษตรข้างเคียงที่ยังมีการปลูกแบบปกติอยู่ แต่สารเคมีที่ใช้ทำการฉีดพ่นมีอนุภาคขนาดเล็กมากจึงอาจจะสามารถแพร่ผ่านแนวป้องกันได้ นอกจากนี้ยังอาจเกิดจากการแพร่ผ่านแหล่งน้ำหรือดิน เช่น ช่วงฤดูฝนสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างอาจเกิดการแพร่ผ่านน้ำและดินจากบริเวณเกษตรข้างเคียงได้ดังในรายงานวิจัยของ รัศมี แสงศิริมงคลย์ และคณะ (2558)

การปนเปื้อนในสารชีวภาพก็อาจเป็นอีกสาเหตุได้เช่นเดียวกัน ซึ่งโดยปกติในแปลงเกษตรอินทรีย์มีการใช้สารชีวภาพบางชนิดในการป้องกันกำจัดเชื้อราหรือแมลง ซึ่งสารชีวภาพทางการค้าบางผลิตภัณฑ์อาจไม่ได้คุณภาพตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์และอาจมีสารเคมีกำจัดศัตรูพืชผสมอยู่ หรือแม้แต่สารชีวภาพที่เตรียมขึ้นมาโดยเกษตรกรเองก็อาจมีขั้นตอนที่ไม่ได้ควบคุมอย่างเคร่งครัดทำให้มีการปนเปื้อนของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชได้ ซึ่งเคยมีรายงานว่าปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตจากเศษผักผลไม้ที่ปนเปื้อนสารเคมีกำจัดศัตรูพืชอยู่ เมื่อนำไปผลิตปุ๋ยก็ยังพบการตกค้างในปุ๋ยนั้นด้วยเช่นกัน (จารุพงศ์ ประสพสุข และฐิติมาศ อิวาย, 2556)

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาตามชนิดของพืช เป็นที่น่าสังเกตว่าขึ้นง่ายและผักชีฝรั่งมีการตรวจพบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชทั้งในระบบเกษตรอินทรีย์และระบบปกติ ซึ่งจากหลายข้อมูลของงานวิจัยการสุ่มตรวจพืชผักพบว่าขึ้นง่ายและผักชีฝรั่งตรวจพบสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างบ่อยและตรวจพบในปริมาณที่มาก (จารุพงศ์ ประสพสุข และคณะ, 2557) ซึ่งสาเหตุอาจเนื่องมาจากลักษณะทางกายภาพของพืช การเก็บเกี่ยว และการเพาะปลูก โดยผักทั้งสองชนิดเป็นพืชที่เจริญเติบโตใกล้ดินและมีปริมาณน้ำในต้นสูง ทำให้มีโอกาสปนเปื้อนสารเคมีที่ตกค้างอยู่ในดินได้ง่าย และการมีปริมาณน้ำในต้นสูงแสดงให้เห็นว่าพืชมีการดูดซับน้ำจากสิ่งแวดล้อมได้ดี ทำให้มีโอกาสดูดซับสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างเข้าไปในต้นได้ง่ายด้วย นอกจากนี้ผักทั้งสองชนิดนี้จะมีการเก็บเกี่ยวพร้อมราก ซึ่งรากเป็นส่วนที่มีการดูดซับสารเคมีจากดินได้สูง ขณะที่พืชที่มีการเก็บเกี่ยวด้วยวิธีการตัดจะไม่มีส่วนของรากติดมาทำให้พบสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างน้อยกว่า รวมทั้งการเพาะปลูกต้องทำในบริเวณที่มีหลังคาคลุม ดังนั้นพืชจะไม่ได้รับแสงแดดโดยตรงทำให้สารเคมีที่ตกค้างหรือกระจายมาจากแหล่งอื่นเกิดการสลายตัวหายไปได้ยาก

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาพบว่า เมื่อเปรียบเทียบระหว่างผักจากแปลงที่ปลูกในระบบปกติและแบบเกษตรอินทรีย์พบว่าในระบบการปลูกแบบอินทรีย์จะมีสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในปริมาณน้อยกว่าและจำนวนชนิดของสารตกค้างน้อยกว่าอย่างชัดเจน โดยสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างที่พบจะไม่มีสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนอยู่เลย นอกจากนี้ยังพบว่าในระบบเกษตรอินทรีย์มีการตรวจพบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักตัวอย่าง แต่พบในปริมาณที่ไม่เกินระดับมาตรฐานของทั้งมาตรฐานของประเทศไทย สหภาพยุโรป และประเทศญี่ปุ่น โดยสารที่พบได้แก่ chlorpyrifos ซึ่งเป็นสารกำจัดศัตรูพืชที่ใช้แพร่หลายในประเทศไทย โดยผักที่พบ ได้แก่ ขึ้นง่าย และผักชีฝรั่ง ส่วนในระบบปกติพบว่ามีทั้งการตรวจไม่พบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างและตรวจพบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้าง โดยผักที่ตรวจไม่พบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างนั้น ได้แก่ ผักบุ้ง บวบ และหัวไชเท้า ส่วนผักจากแปลงปกติที่ตรวจพบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างนั้น ตรวจพบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่หลากหลายจำนวนทั้งหมด 7 ชนิด ทั้งที่เป็นสารต้องห้ามในบางประเทศ ได้แก่ carbofuran-3OH และ carbosulfan และไม่ใช้สารต้องห้าม ในกรณีที่ไม่ใช้สารต้องห้ามก็มีการตรวจพบทั้งที่เกินมาตรฐานและไม่เกินมาตรฐาน

อย่างไรก็ตามงานวิจัยฉบับนี้เป็นการศึกษาในขั้นเริ่มต้น ซึ่งเป็นเพียงกรณีศึกษาที่จำกัดพื้นที่เฉพาะในเขตอำเภอเมืองนครปฐม รวมทั้งเป็นระบบผลิตที่เป็นแบบครัวเรือนขนาดเล็ก ไม่มีการจ้างแรงงาน การสุ่มเก็บตัวอย่างกระทำเพียงครั้งเดียว รวมทั้งยังเป็นการศึกษาที่เน้นเฉพาะในเรื่องของสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างกับพฤติกรรมของเกษตรกร ซึ่งอาจทำให้ยังขาดข้อมูลในบางส่วน ดังนั้นผู้วิจัยเสนอแนะว่าอาจจะมีการขยายเขตพื้นที่ เพิ่มชนิดของผัก ขยายการเปรียบเทียบกับระบบอื่น เช่น การปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์ รวมทั้งอาจจะมีการวิเคราะห์สารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้างในแหล่งปนเปื้อนที่อาจเป็นไปได้ เช่น น้ำและดินในแปลง รวมทั้งสารชีวภาพและปุ๋ยที่เกษตรกรใช้เพื่อพิสูจน์สมมติฐานที่เกิดขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมในการสนับสนุนงบประมาณในการวิจัย ห้องปฏิบัติการ C-lab หจก. ชัชวาล อิมพอร์ต เอ็กซ์พอร์ต แอนด์ แพ็คเกจจิ้ง ในการสนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

คณะกรรมการมาตรฐานเกษตรอินทรีย์. 2559. ปัญหาสารเคมีตกค้างในผลผลิตออร์แกนิก ที่ตรวจรับรองโดย มกท.

สำนักงานมาตรฐานเกษตรอินทรีย์. <https://actorganic-cert.or.th/th/ปัญหาสารเคมีตกค้างในผล/> (7 กันยายน 2562).

คณะกรรมการมาตรฐานสินค้าเกษตร. 2556. ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด. สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ.

http://www.acfs.go.th/standard/download/MAXIMUM_RESIDUE_LIMITS_new.pdf (20 มิถุนายน 2561).

- คณะกรรมการมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2551. วิธีชักตัวอย่างเพื่อตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง. สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. http://www.acfs.go.th/standard/download/pesticide_residues.pdf (8 พฤษภาคม 2562).
- จารุพงศ์ ประสพสุข และชุลีมาศ บุญไทย อิวาย. 2556. การติดตามสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในปุยหมัก ปุยหมักมูลไส้เดือนดินและน้ำหมักชีวภาพจากขยะอินทรีย์. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม* 32: 154-160.
- จารุพงศ์ ประสพสุข, ปรียานุช สายสุพรรณ และวัชรภาพร ศรีสว่างวงศ์. 2557. การวิเคราะห์สารพิษตกค้างในผักและผลไม้เพื่อการรับรองระบบการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน. *แก่นเกษตร* 42 (พิเศษ 2): 430-439.
- จารุพงศ์ ประสพสุข. 2560. การสุ่มเก็บตัวอย่างดิน น้ำ และพืช เพื่อวิเคราะห์สารพิษตกค้าง. *กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์*. <http://oard3.doa.go.th/pdf/jarupong2.pdf> (8 พฤษภาคม 2562).
- จิราพร ใจเกลี้ยง, ศิริพร จันทรมณี และอรพรรณ หนูแก้ว. 2555. การตรวจหายาฆ่าแมลงตกค้างในผักจากตลาดในอำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี. ใน *การประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50*. น. 263-271. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ชนิดา เกิดสรรพาศน์ และจิตติยา แซ่ปึง. 2558. ปริมาณสารตกค้างของคลอร์ไพริฟอสในผักชีหลังฉีดพ่น 3 อัตรา. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยรังสิต ประจำปี 2558*. น. 119-127. มหาวิทยาลัยรังสิต, กรุงเทพฯ.
- จิตาภรณ์ เพ็ชรชัย และจิตติยา แซ่ปึง. 2560. ผลของอัตราการใช้คลอร์ไพริฟอสและ Dimethoate ปริมาณสารตกค้างในต้นหอม (*Allium cepa* var. *aggregatum*). *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร* 48(1): 108-117.
- จิตติยา แซ่ปึง และกรณีการ์ อ่อนชัย. 2549. ปริมาณสารตกค้างของคลอร์ไพริฟอสและคลอร์เฟนาเพอร์ที่ฉีดพ่น 3 อัตราในผักคะน้า. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร* 37(6): 509-516.
- ต้นกล้า. 2557. สารเคมีปนเปื้อนในผลผลิตเกษตรอินทรีย์: บทเรียนจากเบลเยียม. สำนักงานมาตรฐานเกษตรอินทรีย์. <http://oain.info/index.php/ข่าวเด่น/413> (16 พฤษภาคม 2562).
- ไทยรีฟอรั่ม. 2561. เปิดบทสรุปอนุกรรมการเฉพาะกิจ ส่วนใหญ่เห็นด้วย "จำกัดการใช้พาราควอต". สำนักข่าวอิศรา. <https://www.isranews.org/isranews-article/66215-paraquat-66215.html> (25 มีนาคม 2561).
- ธนพงศ์ ภูมาลี, อรุณช วงศ์วัฒนาเสถียร, สมศักดิ์ อาภาศรีทองสกุล และมาลี สปันตี. 2559. ความชุกของการมีสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักจากตลาดและห้างสรรพสินค้าในอำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม. *วารสารเกษตรกรรมไทย* 8(2): 399-409.
- ฝ่ายข้อมูล-ไทยแพน. 2559. รายงานผลการสุ่มตรวจสารพิษตกค้างในผักผลไม้ครั้งที่ 2/2559. เครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช (Thai-PAN). <http://www.thaipan.org/node/831> (18 สิงหาคม 2561).
- พัชรี ภคกษมา, สุวรรณิ สายสิน และศรมน สุทิน. 2559. การตรวจสอบสารเคมีฆ่าแมลงตกค้างของสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในผักในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ. *วารสารวิชาการสมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)* 5(1): 22-30.
- มะลิวัลย์ แซ่ลิ้ม, สุชาติ พิมพ์า และจิตติยา แซ่ปึง. 2558. การลดลงของสารฆ่าแมลงคลอร์ไพริฟอสในใบโหระพา (*Ocimum basilicum* Linn) หลังการฉีดพ่น. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร* 46(3): 287-296.
- รัศมี แสงศิริมงคลยิ่ง, มลิสรา เขษยานนท์, พรชนก ชโลปกรณ์ และปภัสรา คุณเลิศ. 2558. การศึกษาการปนเปื้อนของสารกำจัดศัตรูพืชสู่สิ่งแวดล้อมในวิทยาลัยชัยบาดาลพัฒนา. *วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี* 10(2): 22-37.
- อังคณา สุวรรณภู. 2559. สารเคมีทางการเกษตรกับระบบการควบคุม. จดหมายข่าวผลิใบ กรมวิชาการเกษตร. http://www.doa.go.th/pibai/pibai/n19/v_6-july/ceaksong.html (11 มิถุนายน 2561).
- Anastassiades, M., Lehotay, S. J., Stajnbaher, D., and Schenck, F. 2003. Fast and easy multiresidue method employing acetonitrile extraction/partitioning and dispersive solid-phase extraction for the determination of pesticide residues in produce. *Journal of AOAC International* 86(2): 412-431.
- Committee of Health and Food Safety Department. 2016. EU Pesticides database. The European Commission. <http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=pesticide.residue.selection&language=EN> (15 July 2017).
- Committee of Residue Limits of Agricultural Chemicals. 2016. Maximum residue limits (MRLs) List of agricultural chemicals in foods. The Japan Food Chemical Research Foundation. <http://db.ffcr.or.jp/front/> (15 July 2017).
- Hanson, B., Bond, C., Buhl, K., and Stone, D. 2015. Pesticide half-life fact sheet; National Pesticide Information Center of Oregon State University. <http://npic.orst.edu/factsheets/half-life.html> (14 May 2019).
- Romyen, S. 2006. Utilization of biomass as sorbent material to prevent organophosphate pesticides contaminate to soil. Doctor of Philosophy, Environmental Management, Graduate School, Chulalongkorn University.
- Sapbamrer, R., and Hongsibsong, S. 2014. Organophosphorus pesticide residues in vegetables from farms, markets, and a supermarket around Kwan Phayao lake of northern, Thailand. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 67(1): 60-67.
- Siebers, J., and Mattusch, P. 1996. Determination of airborne residues in greenhouse after application of pesticide. *Chemosphere* 33(8): 1597-1607.
- Wanwimolruk, S., Kanchanamayoon, O., Phopin, K., and Prachayasittikul, V. 2015. Food safety in Thailand 2: pesticide residue found in Chinese kale (*Brassica oleracea*), a commonly consumed vegetable in Asian countries. *Science of the Total Environment* 532: 447-455.

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

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

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 12 พ.ย. 62

ตัวชี้วัดผลผลิตการทำประมงจากการพบเห็นโลมาหลังโหนกบริเวณท่าเรือเนกประสงค์ดอนสัก

อำเภอดอนสัก จังหวัดสุราษฎร์ธานี

The Occurrence of *Sousa chinensis*, as an Indicator of Fishing Yield at Donsak Multipurpose Pier,
Donsak District, Surat Thani Province

โชติกา พลทองพัท¹ ศิริพร ประดิษฐ์¹ และสุวัฒน์ จูฑาพฤติ^{2*}
Chotika Phonthongpat¹, Siriporn Pradit¹ and Suwat Jutapruet^{2*}

บทคัดย่อ

ปากแม่น้ำดอนสัก อำเภอดอนสัก จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและสังคม เป็นพื้นที่ตั้งท่าเทียบเรือขนาดใหญ่ของภาครัฐและเอกชน เป็นเส้นทางคมนาคมขนส่งและท่องเที่ยว มีทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งที่อุดมสมบูรณ์ ทำให้เกิดอาชีพประมงท้องถิ่น ซึ่งผู้มาทำประมงคุ้นเคยกับการพบเห็นโลมาหลังโหนก (*Sousa chinensis*) ระหว่างทำการประมงบ่อยครั้ง งานวิจัยชิ้นนี้ได้ทำการสำรวจบริเวณท่าเทียบเรือเนกประสงค์ดอนสัก (ท่าเรือแหลมทอด) วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณสัตว์น้ำที่ได้จากการทำประมงทอดแหต่อการพบเห็นโลมาหลังโหนก ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2559 ถึง ตุลาคม 2560 โดยบันทึกข้อมูลการพบเห็นโลมา การทำประมงปลากะบอก วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างน้ำหนักปลากะบอก (กิโลกรัม/ชั่วโมง) ในช่วงเวลาที่มีและไม่มีโลมา โดยใช้สถิติ chi-square และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโลมา (ตัว) ต่อน้ำหนักปลากะบอก (กิโลกรัม) โดยการวิเคราะห์การถดถอย (regression analysis) ผลการศึกษาพบว่า น้ำหนักของปลากะบอกที่จับได้สัมพันธ์กับช่วงเวลาที่พบเห็นโลมา และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโลมาต่อน้ำหนักปลากะบอกแสดงให้เห็นว่าชาวประมงจับปลากะบอกได้มากขึ้นเมื่อพบโลมา ซึ่งจำนวนโลมาไม่ใช่ปัจจัยที่มีผลต่อน้ำหนักปลากะบอกที่จับได้ของชาวประมง ดังนั้นการพบโลมาหลังโหนกสามารถเป็นตัวชี้วัดปริมาณของปลากะบอกและบ่งบอกถึงความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่ อีกทั้งข้อมูลที่ได้ยังเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญอันมีส่วนช่วยสนับสนุนและวางแผนการอนุรักษ์ทรัพยากรทางทะเลที่สำคัญต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: โลมาหลังโหนก ปลากะบอก การทำประมง ปากแม่น้ำดอนสัก

Abstract

Donsak Estuary is an area of economic and social significance in Donsak district, Surat Thani province. The estuary has a large public and private ferry transportation pier. Furthermore, the estuary is rich in natural marine and coastal resources and has therefore become the center of a busy artisanal fishery. Incredibly, the estuary is also one habitat of the Indo-Pacific humpback dolphin (*Sousa chinensis*, which is spotted from time to time by local fishermen). This research was conducted along the Donsak multipurpose jetty (Laem Thoud Pier). The objective of this research was to study the relationship between dolphin numbers and net fishery yields in and around the estuary over the period November 2016 - October 2017. Of particular interest was a comparison of fishery yields in the presence and absence of dolphins. Data on dolphin numbers and mullet catch (kg/hr) was collected and analyzed with Chi-square and regression analysis. The results indicated the weight of the mullet caught relative to the presence of the dolphins and also the relationship between the number of dolphins and the yields of mullet. In more detail, the major finding was that was no significant cause and effect relationship between dolphin numbers and mullet yield. However, the fishermen tended to catch more fish when dolphins were present, suggesting that the presence and numbers of the dolphins were an indicator of the resource abundance and hence fish numbers of the area. Furthermore, the size of the dolphin populations provides important information that can be used to support and manage marine resources conservation in the future.

Keywords: Indo-Pacific humpback dolphin, mullets, fishing, Donsak Estuary

¹ สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรทะเลและชายฝั่ง สถาบันทรัพยากรทะเลและชายฝั่ง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์วิทยาเขตหาดใหญ่
อ. หาดใหญ่ จ. สงขลา 90110

² สาขาวิชาทรัพยากรประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี อ. เมือง จ. สุราษฎร์ธานี 84000

¹ Department of Marine and Coastal Resources Management, Marine and Coastal Resources Institute, Prince of Songkla University, Hat Yai Campus, Hat Yai, Songkhla 90110

² Department of Fishery Resource, Faculty of Science and Industrial Technology, Prince of Songkla University, Surat Thani Campus, Muang, Surat Thani 84000

*Corresponding author, Email: suwat.j@psu.ac.th

คำนำ

อำเภอดอนสัก จังหวัดสุราษฎร์ธานี เป็นพื้นที่ตั้งเลียบชายฝั่งอ่าวไทย ติดกับแผ่นดินใหญ่บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำป่าชายเลน ประกอบไปด้วยเกาะต่าง ๆ ได้แก่ เกาะแรต เกาะนกเขา และหมู่เกาะเชือก ช่วงฤดูลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เกิดกระแสน้ำชายฝั่งพัดสลับเข้าสู่อ่าวไทยตอนกลางบริเวณอ่าวบ้านดอน อำเภอดอนสัก จังหวัดสุราษฎร์ธานี ประกอบกับพื้นที่มีเกาะต่าง ๆ เรียงตัวกันไปทางทิศเหนือ ทำให้เกิดร่องน้ำระหว่างเกาะ ซึ่งช่วยกักเก็บตะกอนแร่ธาตุและอาหารสัตว์น้ำอีกส่วนหนึ่งถูกพัดพามายังพื้นที่ชายฝั่ง ใกล้เคียงกับปากแม่น้ำดอนสักมีการสร้างบ้านปลาเพื่อฟื้นฟูระบบนิเวศและเพิ่มความสมบูรณ์ให้กับทะเล โดยการวางซั้งกอจำนวน 360 กอ สร้างจากทางมะพร้าวถ่วงด้วยปูนทรงสี่เหลี่ยม (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2559) ทำให้บริเวณอ่าวดอนสักมีความอุดมสมบูรณ์และความหลากหลายทางชีวภาพสูง เป็นที่มาของการพบเจอโลมาบริเวณปากแม่น้ำดอนสักได้ถึง 3 ชนิด ได้แก่ โลมาหลังโหนก (*Sousa chinensis*) โลมาหัวบาตรหลังเรียบ (*Neophocaena phocaenoides*) และโลมาอิรวดี (*Orcaella brevirostris*) ตลอดทั้งปี (Jutapruet et al., 2017) อีกทั้งพื้นที่บริเวณปากแม่น้ำดอนสักยังเป็นศูนย์กลางทำเทียบเรือขนาดใหญ่ของภาครัฐและเอกชน มีท่าเรือเนกประสงค์ดอนสัก ซึ่งตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของปากแม่น้ำดอนสัก ปัจจุบันบริษัทลมเจ้าพระยาให้บริการเรือเฟอร์รี่ข้ามฟากจากท่าเทียบเรือไปยังเกาะสมุย เกาะพะงัน เกาะเต่า และเป็นที่จอดเรือสินค้าและบรรทุกน้ำมัน ซึ่งท่าเทียบเรือดอนสักมีลักษณะทอดยาวยื่นไปในทะเลประมาณ 400 เมตร พื้นที่มีลักษณะเป็นหาดหินปนทราย พื้นน้ำที่พบประกอบไปด้วย เสม็ด ลำพู เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบสัตว์น้ำหลายชนิด เช่น ปลาหลังเขียว ปลากะตัก ปลากะพง ปลาเห็ดโคน ปู หมึกกระดอง และปลากะบอก (อุราภรณ์ เรืองวัชรินทร์ และคณะ, 2552) ทำให้ชาวประมงท้องถิ่นส่วนหนึ่งเลือกทำการประมงโดยใช้แหบนสะพาน โดยชนิดสัตว์น้ำหลักที่ชาวประมงทำการประมงโดยใช้แหือปลากะบอก จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าโลมาและชาวประมงมีการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ร่วมกัน ความสัมพันธ์ของการร่วมกันจับปลาระหว่างโลมาอิรวดี (*Orcaella brevirostris*) และชาวประมงทอดแหในแม่น้ำอิรวดี ประเทศพม่า (Smith et al., 2009) คล้ายกับความสัมพันธ์ของโลมาปากขวด (*Tursiops truncatus*) กับชาวประมงที่เกิดขึ้นในทะเลสาบ Laguna ทางตอนใต้ของบราซิล โลมาจะผลักดันฝูงปลากะบอกไปให้ชาวประมง และเมื่อโลมาใช้หัวหรือครีบหางฟาดบนผิวน้ำซ้ำ ๆ นั้นหมายความว่า เป็นสัญญาณให้ชาวประมงทอดแห (Daura-Jorge et al., 2012) และในบริเวณชายฝั่งทางตะวันตกเฉียงใต้ของปากแม่น้ำ Ashtamudi ประเทศอินเดีย ก็พบพฤติกรรมของโลมาหลังโหนก (*Sousa chinensis*) ไล่ต้อนปลากะบอกเพื่อเป็นอาหาร หากปลากะบอกว่ายน้ำรอดจากการไล่ต้อนของโลมา ชาวประมงจะทำการเหยี่ยงแหด้วยความเร็วเพื่อจับปลากะบอกที่เหลือจากการเป็นอาหารของโลมา (Kumar et al., 2012) วัฒนธรรมการจับปลาโดยมีส่วนร่วมของโลมาถูกสืบทอดทางวัฒนธรรมในชุมชนชาวประมงมาอย่างช้านาน (Daura-Jorge et al., 2012) ในขณะเดียวกัน บริเวณปากแม่น้ำดอนสัก อำเภอดอนสัก จังหวัดสุราษฎร์ธานี (Jutapruet et al., 2017) พบว่าชาวประมงท้องถิ่นในอำเภอดอนสัก มีการสร้างนั้งร้านรูลำบริเวณปากแม่น้ำเพิ่มขึ้น เพื่อเพิ่มโอกาสที่จะจับสัตว์น้ำได้ง่ายขึ้น ส่งผลให้ปริมาณสัตว์น้ำลดลง จึงมีความเป็นไปได้ที่โอกาสในการพบเห็นโลมาลดลง เนื่องจากมีการรบกวนแหล่งที่อยู่อาศัย ทำให้เกิดการอพยพย้ายถิ่น (Karczmarski et al., 2017; Wu et al., 2017)

งานวิจัยชิ้นนี้รวบรวมข้อมูลโลมาหลังโหนกที่สามารถพบเห็นได้บ่อยครั้งบริเวณอ่าวดอนสัก จังหวัดสุราษฎร์ธานี และพื้นที่ใกล้เคียง (อติชาติ อินทองคำ และพีรศักดิ์ พิทักษ์วาทิ, 2555; Jutapruet et al., 2015; Jutapruet et al., 2017) และการทำประมงปลากะบอก บริเวณท่าเรือเนกประสงค์ดอนสัก อำเภอดอนสัก จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณสัตว์น้ำที่ได้จากการทำประมงต่อการพบเห็นโลมาหลังโหนก สามารถนำไปใช้ประกอบการตัดสินใจในการทำประมงบริเวณท่าเรือเนกประสงค์ดอนสัก อีกทั้งยังเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญในการพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยวชมโลมาจากชายฝั่ง ช่วยลดผลกระทบจากการรบกวนแหล่งที่อยู่อาศัยของโลมาจากการท่องเที่ยวชมโลมาทางเรือ ซึ่งจะทำให้ชุมชนชาวประมงในพื้นที่ตระหนักถึงความสำคัญของการทรัพยากรทางทะเล นำไปสู่การวางแผนการจัดการและการอนุรักษ์ทรัพยากรทางทะเลอันทรงคุณค่าของประเทศให้คงอยู่ต่อไป

วิธีการศึกษา

ผู้วิจัยออกพื้นที่สำรวจการพบเห็นโลมาและการทำประมงโดยใช้วิธีการนั่งและเดินสำรวจ (land based observation) บริเวณท่าเรือเนกประสงค์ดอนสัก อำเภอดอนสัก จังหวัดสุราษฎร์ธานี ความยาวท่าเรือประมาณ 400 เมตร (Figure 1) เพื่อชั่งน้ำหนักของสัตว์น้ำที่ชาวประมงจับได้ ซึ่งได้แก่ ปลาหลังเขียว ปลากะตัก ปลากะพง ปลาเห็ดโคน ปู และหมึกกระดอง (Figure 2) รวมไปถึงกลุ่มปลากะบอกซึ่งเป็นปลากลุ่มเป้าหมายหลักของชาวประมงและโลมา และสังเกตชนิดโลมาที่พบเห็นพร้อมประมาณจำนวนโลมาที่พบเห็นด้วยตาเปล่า ตั้งแต่เวลา 6.00-18.00 น. ออกสำรวจทุกเดือน เดือนละ 4 วัน โดยเลือก

ช่วงเวลาน้ำขึ้นสูงสุดของแต่ละเดือนเนื่องจากมีผลต่อจำนวนประชากรโลมา (Gregory et al., 2001) เป็นเวลา 1 ปี ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2559 ถึง ตุลาคม 2560

ประชากรกลุ่มตัวอย่าง

แบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 ได้แก่ ชาวประมงทอดแหจับปลากระบอกบริเวณท่าเรือเนกประสงค์ดอนสัก บันทึกข้อมูล วัน เวลา น้ำหนักปลากระบอก (กิโลกรัม) และระยะเวลาทำประมง (Figure 3) กลุ่มที่ 2 ได้แก่ โลมาหลังโหนดที่เข้ามาบริเวณท่าเรือเนกประสงค์ดอนสัก บันทึกข้อมูลเมื่อพบเห็นโลมา ได้แก่ วัน เวลา ชนิด และจำนวน (ตัว) โดยข้อมูลทั้งสองกลุ่มตัวอย่างจะถูกบันทึกทุก ๆ 1 ชั่วโมง

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของจำนวนโลมาหลังโหนด (ตัว) และน้ำหนักปลากระบอก (กิโลกรัม) โดยนำผลของข้อมูลทั้ง 2 กลุ่มในแต่ละเวลาของแต่ละเดือนมาหาค่าความถี่ (frequency) ค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)

วิเคราะห์หาโอกาสการพบเห็นโลมาหลังโหนดต่อเนื่อง โดยคำนวณหาค่าสัดส่วนร้อยละระหว่างจำนวนวันที่พบโลมาต่อจำนวนวันสำรวจทั้งหมด

วิเคราะห์ความแตกต่างของน้ำหนักปลากระบอก (กิโลกรัม) และจำนวนโลมาหลังโหนด (ตัว) ในแต่ละเวลาและแต่ละเดือน โดยการทดสอบครัสคัล-วอลลิส (Kruskal-Wallis Test) เพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างเดือนของค่าเฉลี่ยปลากระบอกและโลมาหลังโหนด

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโลมา (ตัว) ต่อน้ำหนักปลากระบอก (กิโลกรัม) และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนชาวประมง (คน) ต่อน้ำหนักปลากระบอก (กิโลกรัม) โดยการวิเคราะห์การถดถอย (simple regression analysis)

วิเคราะห์ความแตกต่างของน้ำหนักปลากระบอก (กิโลกรัม) ในช่วงเวลาที่มีและไม่มีโลมา (ตัว) โดยการทดสอบ chi-square

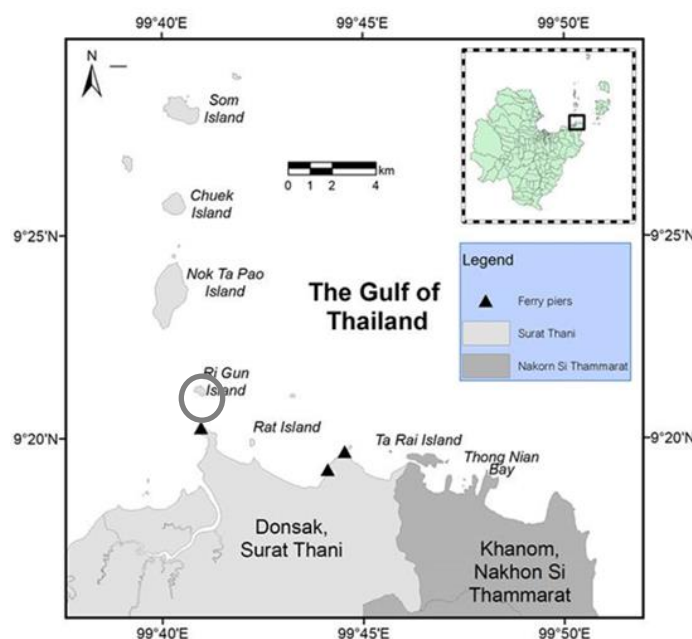


Figure 1 The study area: ○ the multipurpose port of Donsak, Donsak district, Surat Thani province.

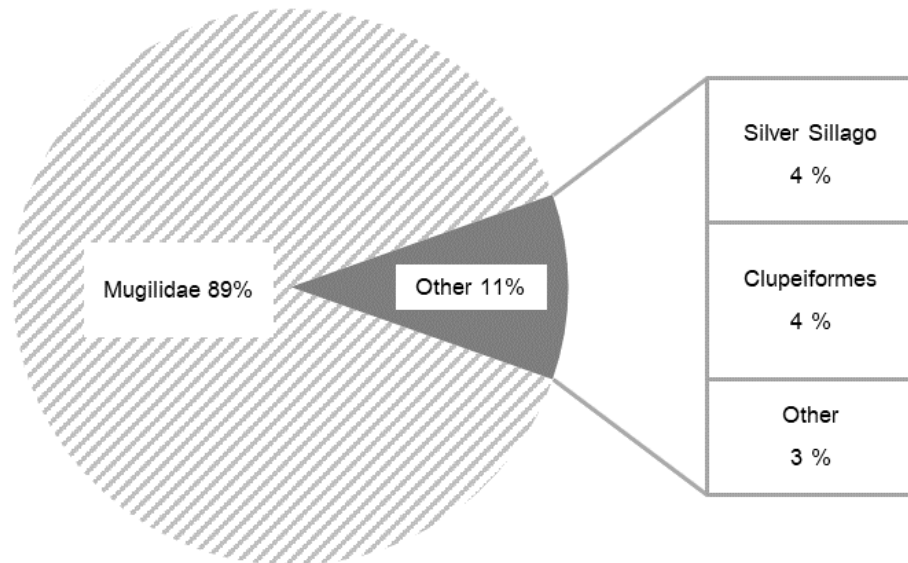


Figure 2 The percentage of catch-fish around multipurpose port of Donsak area.

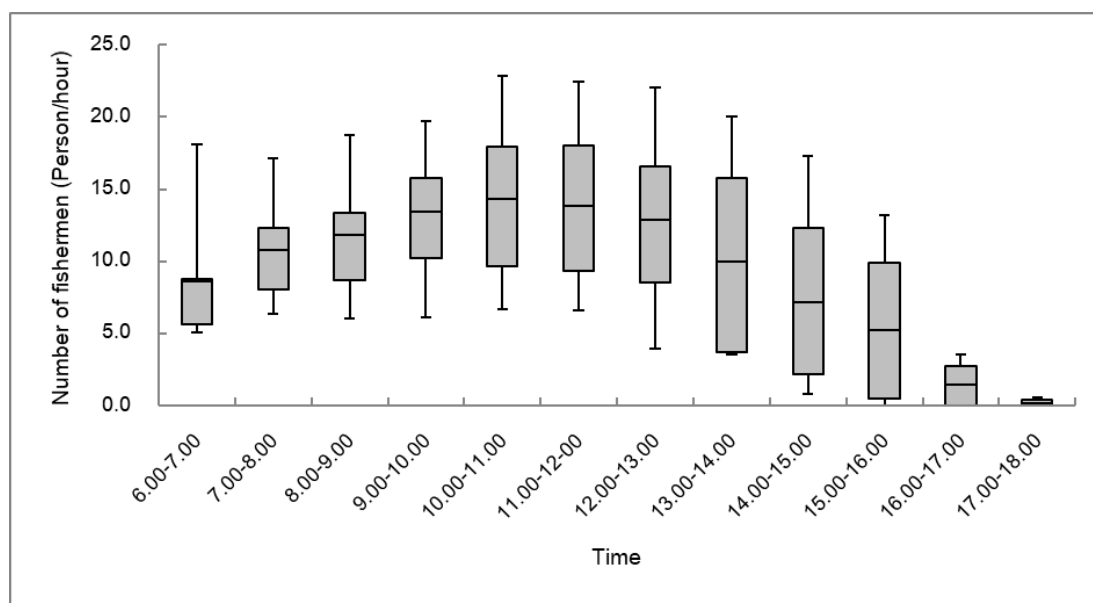


Figure 3 The number of fishermen ($\pm$ S.D.) around multipurpose port of Donsak area.

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การพบเห็นโลมาหลังโหนกบริเวณท่าเรือเนกประสงค์ดอนสักในรอบปี คิดเป็นร้อยละ 88 (Figure 4) ค่าเฉลี่ยของจำนวนโลมาหลังโหนกแต่ละเดือนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยค่าเฉลี่ยของจำนวนโลมาหลังโหนกสูงที่สุดในเดือนพฤษภาคม เท่ากับ 4 ± 2.27 ตัว/ชั่วโมง และต่ำที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ เท่ากับ 0.7 ± 0.44 ตัว/ชั่วโมง (Figure 5) และพบว่าค่าเฉลี่ยโลมาในแต่ละช่วงเวลามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยค่าเฉลี่ยโลมาหลังโหนกสูงที่สุดในช่วงเวลา 7.00-8.00 น. เท่ากับ 2.49 ± 1.51 ตัว/ชั่วโมง และต่ำที่สุดในช่วงเวลา 17.00-18.00 น. เท่ากับ 0.89 ± 0.39 ตัว/ชั่วโมง (Figure 6)

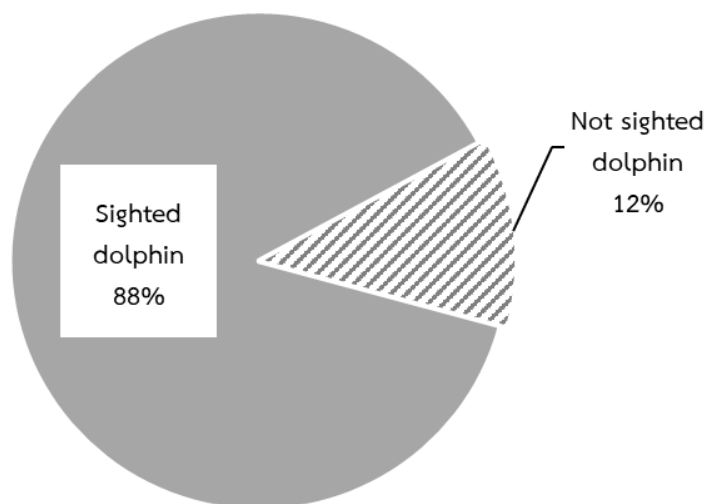


Figure 4 The percentage of dolphin number around multipurpose port of Donsak area.

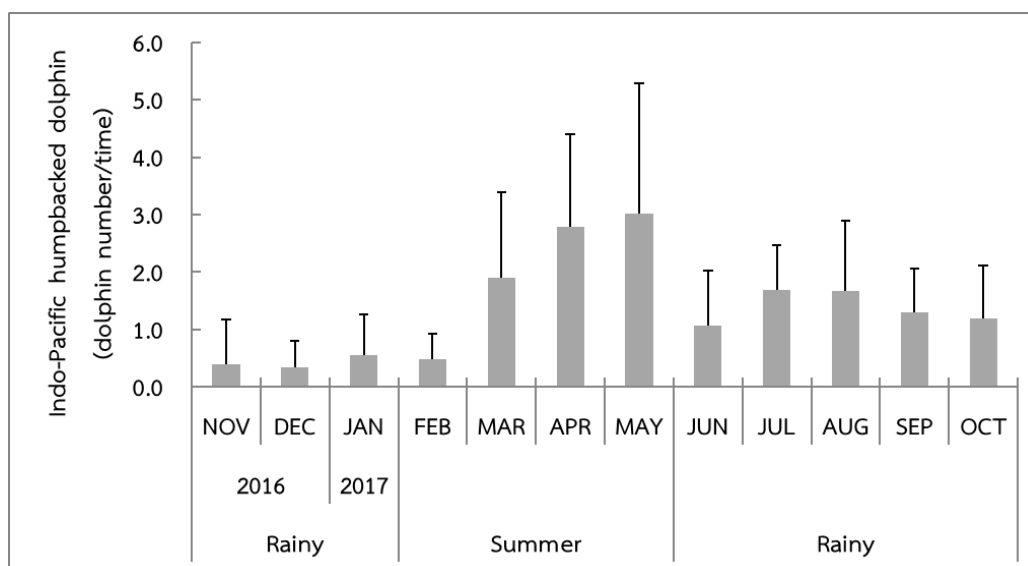


Figure 5 The average of dolphin number ($\pm$ S.D.) each month around multipurpose port of Donsak area ($P < 0.05$).

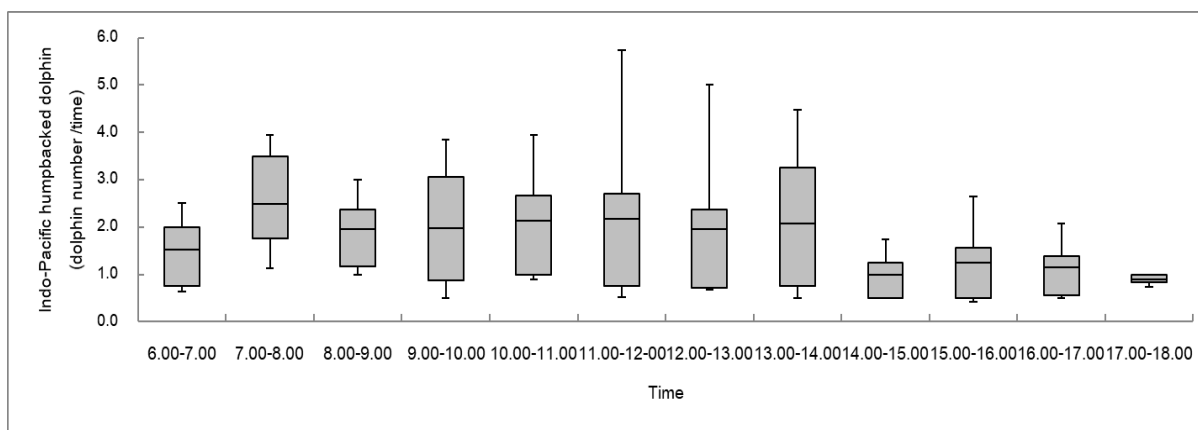


Figure 6 The average of dolphin number ($\pm$ S.D.) around multipurpose port of Donsak area ($P < 0.05$) during 6.00-18.00.

ส่วนการทำประมง ค่าเฉลี่ยจำนวนชาวประมงสูงที่สุดในเดือนมีนาคม เท่ากับ 18.6 คน และต่ำที่สุดในเดือนสิงหาคม เฉลี่ย 3 คน ระยะเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดการทำประมงตั้งแต่ 7.00-15.00 น. (Figure 7) ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักปลากระบอก แต่ละเดือนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยค่าเฉลี่ยของน้ำหนักปลากระบอกสูงที่สุดในเดือน พฤษภาคม เท่ากับ 5.3 ± 3.3 กิโลกรัม/ชั่วโมง และค่าเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนเมษายน เท่ากับ 0.6 ± 0.6 กิโลกรัม/ชั่วโมง (Figure 8) และพบว่าค่าเฉลี่ยน้ำหนักปลากระบอกในแต่ละช่วงเวลามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยค่าเฉลี่ย สูงที่สุดในช่วงเวลา 7.00-8.00 น. เท่ากับ 3.13 ± 2.82 กิโลกรัม/ชั่วโมง และต่ำที่สุดในช่วงเวลา 16.00-17.00 น. เท่ากับ 0.69 ± 0.52 กิโลกรัม/ชั่วโมง (Figure 9)

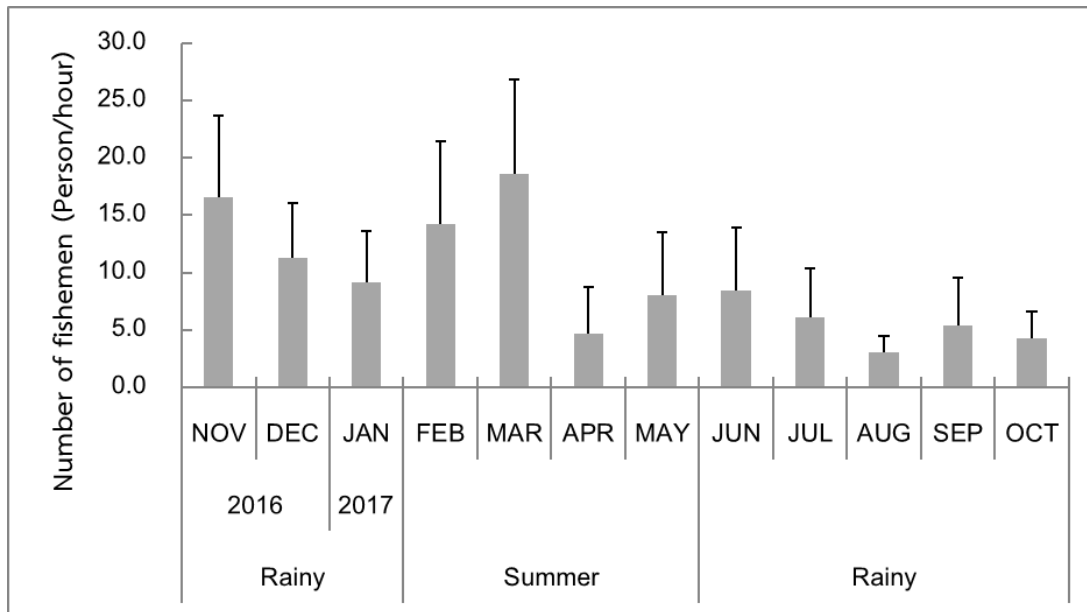


Figure 7 The average of fisher number ($\pm$ S.D.) each month around multipurpose port of Donsak area.

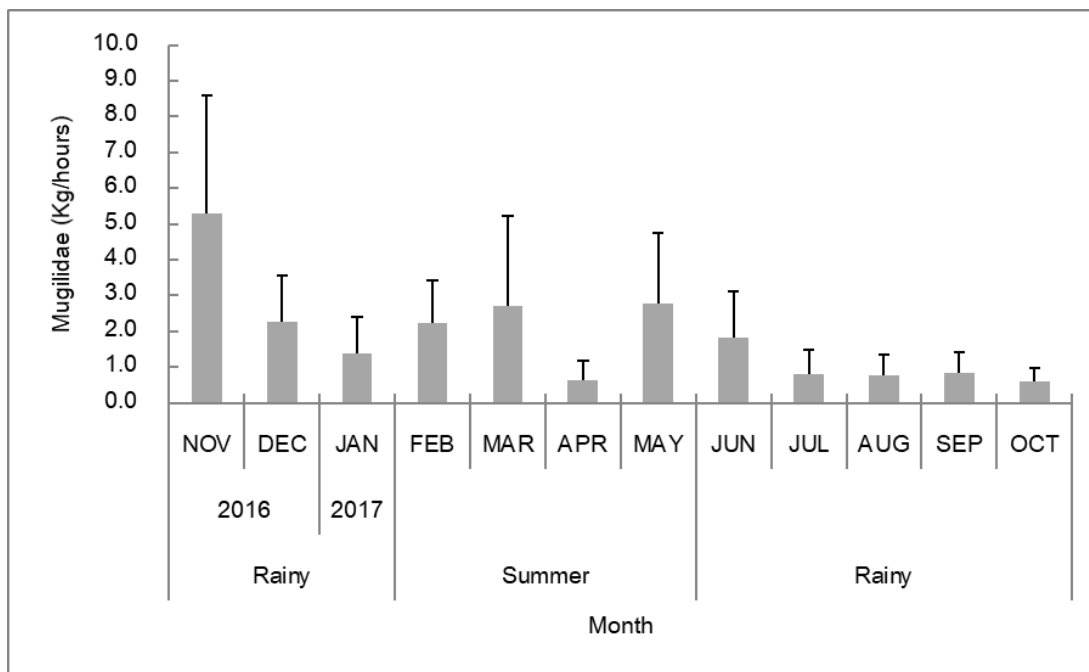


Figure 8 The average of total Mugilidae ($\pm$ S.D.) yields each month around multipurpose port of Donsak area ($P<0.05$).

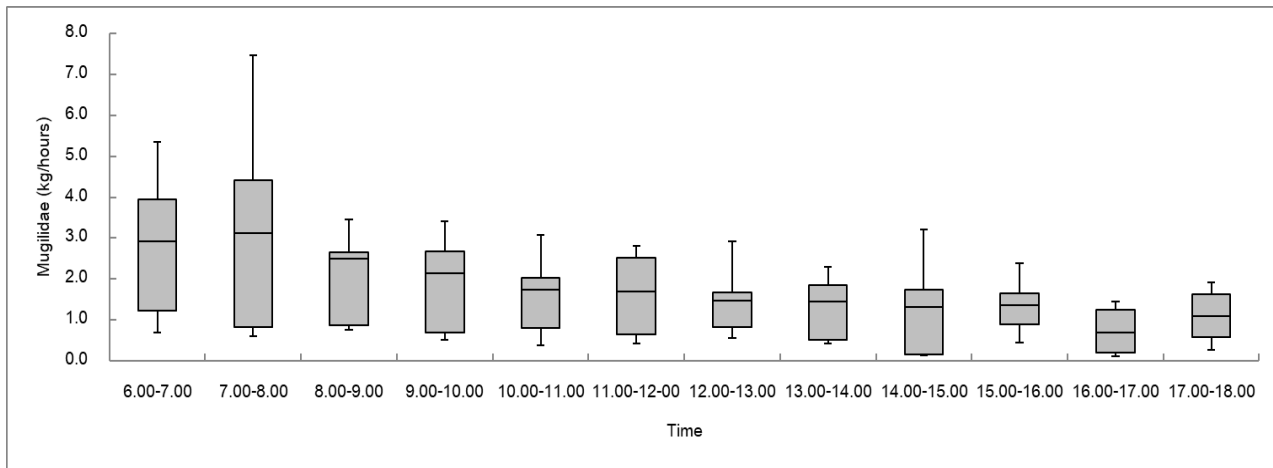


Figure 9 The average of total Mugilidae ($\pm$ S.D.) yields around multipurpose port of Donsak area ($P < 0.05$).

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโลมาต่อน้ำหนักปลาทะเลน้ำจืดได้ร้อยละ $r^2 = 0.0039$ แสดงว่าจำนวนโลมาสามารถพยากรณ์น้ำหนักปลาทะเลน้ำจืดได้ร้อยละ 0.39 (Figure 10) และความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนชาวประมงต่อน้ำหนักปลาทะเลน้ำจืดได้ร้อยละ $r^2 = 0.3825$ แสดงว่าจำนวนชาวประมงสามารถพยากรณ์น้ำหนักปลาทะเลน้ำจืดได้ร้อยละ 38.25 (Figure 11) แต่เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของน้ำหนักปลาทะเลน้ำจืดในการทำประมงที่มีและไม่มีโลมาในรอบปี พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยน้ำหนักปลาทะเลน้ำจืดมากที่สุดในช่วงที่มีโลมาคือ พฤศจิกายน มีนาคม และกุมภาพันธ์ ตามลำดับ และระหว่างเดือนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) คือ กุมภาพันธ์ และพฤษภาคม (Table 1)

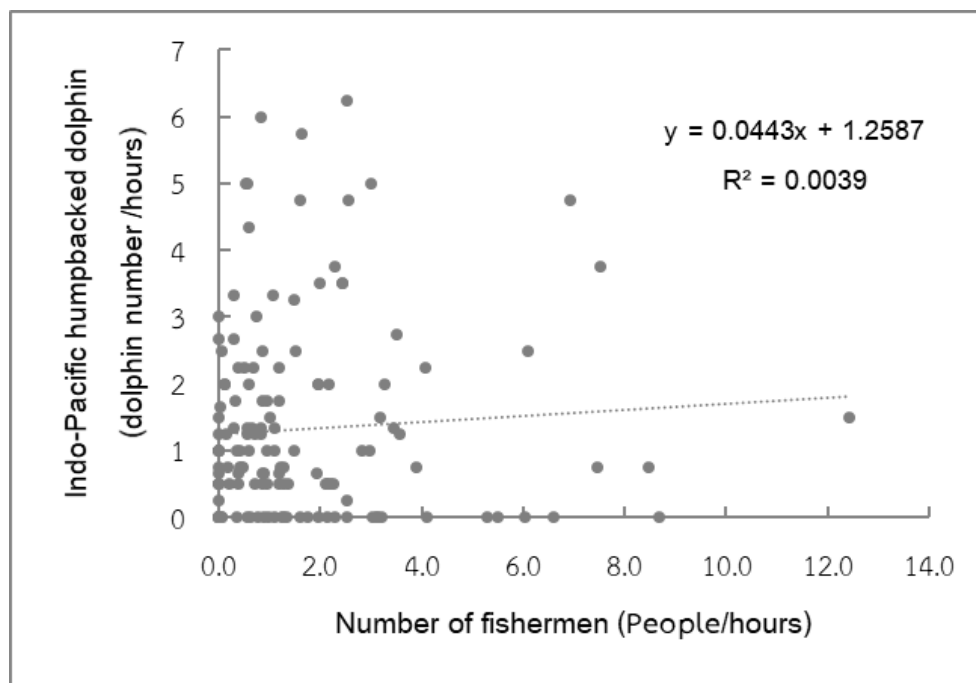


Figure 10 The relationship between the number of dolphins per number of fishermen (people/hours).

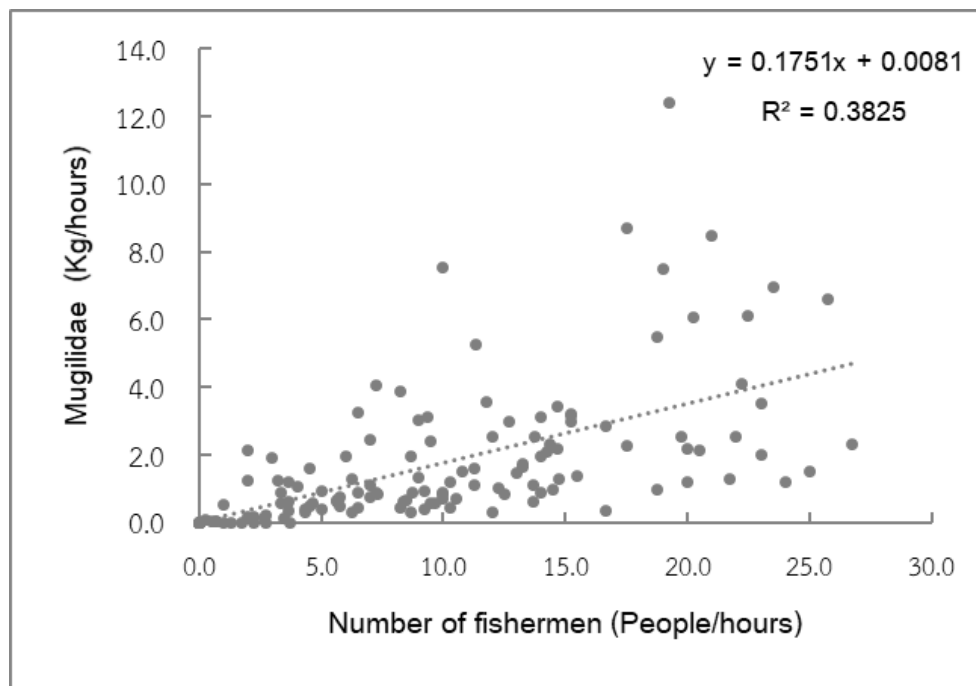


Figure 11 The relationship between the Mugilidae yields (kg) per number of fishermen (people/hours).

Table 1 Mullet yields (kg) in cast net fisheries with and without the involvement of dolphins.

Month	The average of total Mugilidae yields (kg)		P-value
	With	Without	
November 2016	7.53±6.46	5.13±2.82	0.208
December 2016	2.41±2.89	1.75±2.72	0.467
January 2017	1.30±0.86	0.89±0.74	0.480
February 2017	3.84±3.20	1.73±1.42	0.050*
March 2017	3.95±1.64	1.65±1.18	0.061
April 2017	0.67±0.15	0.06±0.27	0.317
May 2017	2.92±2.07	0.60±0.48	0.013*
June 2017	2.04±1.09	0.94±0.62	0.248
July 2017	1.41±0.69	0.44±0.15	0.157
August 2017	0.54±0.62	0.57±0.90	1.000
September 2017	1.00±0.54	0.31±0.21	0.180
October 2017	0.24±0.76	0.24±0.19	1.000

*P<0.05.

บริเวณท่าเรือเนกประสงค์ดอนสักสามารถพบโลมาหลังโหนกได้ตลอดทั้งปี จากการสังเกตจะพบมากที่สุดในเดือน พฤษภาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อน โดยจากภูมิอากาศของจังหวัดสุราษฎร์ธานีนั้น ฤดูร้อนจะเริ่มประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึง กลางเดือนพฤษภาคม (ศูนย์ภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา, 2560) สอดคล้องกับรายงานของ Kumar et al. (2012) พบว่าโลมาหลังโหนกบริเวณแม่น้ำ Ashtamudi ทางตะวันตกเฉียงใต้ของอินเดีย จะสามารถพบได้ตลอดทั้งปีและจะมากขึ้น ในช่วงฤดูร้อนคือเดือนเมษายนและพฤษภาคม และจากรายงานการสำรวจโลมาโดยศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเล และชายฝั่งอ่าวไทยตอนกลาง จังหวัดชุมพร ใช้วิธีการสำรวจทางเรือ พบว่ามีโอกาสพบเห็นโลมาสูงที่สุดจากชายฝั่งบริเวณ ท่าเรือเนกประสงค์ดอนสัก อำเภอดอนสัก จังหวัดสุราษฎร์ธานี (พงษ์ธร วงทอง, 2559) และพบโลมาหลังโหนกมากที่สุด ในช่วงเวลา 7.00-8.00 น. สอดคล้องกับรายงานของ อดิชาติ อินทองคำ และพีรศักดิ์ พิทักษ์วาทิ (2555) ที่ทำการศึกษา

การแพร่กระจายของโลมาหลังโหนดบริเวณอ่าวดอนสัก จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยใช้วิธีการสำรวจทางเรือและชายฝั่ง ระยะเวลาสำรวจ 7.00-17.00 น. ออกสำรวจเดือนละ 1 ครั้ง พบโลมาบ่อยที่สุดในช่วงเวลา 8.00-10.00 น. เนื่องจากโลมาออกหากินในตอนเช้า (Gregory et al., 2001; Kumar et al., 2012) ส่วนปลากะบอกมีน้ำหนักรวมมากที่สุดในเดือนพฤศจิกายน ช่วงเวลา 7.00-8.00 น. ทั้งนี้ น้ำหนักตัวอาจจะมีผลมาจากกระแสน้ำ สภาพภูมิอากาศ และปริมาณอาหารในธรรมชาติของแต่ละปี อีกทั้งยังพบว่าปลากะบอกสามารถวางไข่ได้ตลอดทั้งปี ปัจจัยความเค็มและความเป็นกรด-ด่างมีผลอย่างมากต่อการเดินทางเพื่อสืบพันธุ์และวางไข่ (ธนศ ศรีถกล และธิดารัตน์ คงชัย, 2554) จะเห็นได้ว่าช่วงเวลาที่พบโลมาและน้ำหนักรวมของปลากะบอกจะเป็นช่วงเวลาเดียวกัน คือ 7.00-8.00 น. สาเหตุอาจจะมาจากหลายปัจจัยที่กล่าวมาข้างต้น

การหาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรวมของปลากะบอกในช่วงที่มีและไม่มีโลมา พบว่าน้ำหนักรวมของปลากะบอกมีค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันในรอบปี โดยการจับปลากะบอกในช่วงที่มีโลมาอยู่สามารถจับได้มากกว่าทุกเดือน ซึ่งการทอดแหของชาวประมงในงานวิจัยครั้งนี้ คิดจากน้ำหนักปลากะบอกเป็นรายชั่วโมง โดยอาศัยประสบการณ์ในการสังเกตพฤติกรรมการล่าเหยื่อของโลมาเพื่อที่จะทอดแหจับปลา สอดคล้องกับการศึกษาของ Smith et al. (2009) บริเวณแม่น้ำอิรวดี ประเทศพม่า ชาวประมงจับได้จากความร่วมมือของโลมาจะได้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเท่ากับ 93.9 กรัมต่อการจับหนึ่งครั้ง จากการทอดแห 83 ครั้งบนเรือแคนู ส่วนการจับปลาในช่วงที่ไม่มีโลมาได้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักปลากับ 21.1 กรัมต่อการจับหนึ่งครั้ง และสอดคล้องกับรายงานของ Kumar et al. (2012) ที่ทำการทอดแหบริเวณชายฝั่งทางตะวันตกเฉียงใต้ของปากแม่น้ำ Ashtamudi ประเทศอินเดีย พบว่าการทำประมงระหว่างที่มีโลมาและไม่มีโลมามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการทำประมงในช่วงที่มีโลมาจะสามารถจับปลากะบอกได้น้ำหนักมากกว่า ซึ่งมากที่สุดในเดือนมกราคม ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโลมาต่อน้ำหนักปลากะบอกพบว่าไม่มีความสัมพันธ์กัน และความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนชาวประมงต่อน้ำหนักปลากะบอกพบว่ามีความสัมพันธ์กัน อย่างไรก็ตามฤดูมรสุมมีผลในการจับปลา (Smith et al., 2009) และช่วงที่ไม่มีโลมาชาวประมงยังคงทอดแหตามปกติ (Kumar et al., 2012)

การศึกษาครั้งนี้ทำให้ทราบข้อมูลการพบเห็นโลมาหลังโหนด ความสัมพันธ์ระหว่างการจับปลากะบอกในช่วงที่มีและไม่มีโลมา ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโลมาสามารถเป็นเครื่องมือหรือตัวชี้วัดจำนวนสัตว์น้ำในช่วงเวลานั้น เพื่อประกอบการตัดสินใจทำประมงบริเวณท่าเรืออเนกประสงค์ดอนสัก อีกทั้งยังแสดงถึงศักยภาพในการเป็นพื้นที่ท่องเที่ยวในการชมโลมาจากชายฝั่ง และสามารถช่วยลดภัยคุกคามจากการโดนใบพัดเรือของเรือประมงหรือการท่องเที่ยวชมโลมาจากทางเรือได้อีกด้วย (Xianyan et al., 2018) ดังนั้นงานวิจัยที่ควรดำเนินการต่อไป คือ การศึกษาพฤติกรรมของโลมา ปัจจัยทางกายภาพที่มีผลต่อการพบเห็นโลมาและปลากะบอก การเคลื่อนที่ของกระแสน้ำชายฝั่งอาจจะเกี่ยวข้องกับการแทนที่ (recruitment) และการย้ายถิ่น (migration) ของโลมาและปลากะบอก และในอนาคตภาครัฐ เอกชน และชาวประมงสามารถรวมกลุ่มเพื่อหาแนวทางร่วมกันในการกำหนดขอบเขตการใช้ประโยชน์พื้นที่ร่วมกัน อีกทั้งภาครัฐ เอกชน และชาวประมงควรช่วยกันส่งเสริมการท่องเที่ยวชมโลมาในชุมชน เพื่อหารายได้เพิ่มอีกทางหนึ่งให้แก่ชาวประมงและชุมชน ซึ่งจะทำให้ชุมชนมองเห็นคุณค่าและตระหนักเห็นถึงความสำคัญในการรักษาทรัพยากรทางทะเลต่อไปในอนาคต

สรุปผลการศึกษา

บริเวณท่าเรืออเนกประสงค์ดอนสักสามารถพบโลมาหลังโหนดได้ตลอดทั้งปี โดยพบโลมาหลังโหนดมากที่สุดในเดือนพฤษภาคม 2560 ช่วงเวลา 7.00-8.00 น. ส่วนการทำประมงพบการทำประมงมากที่สุดในเดือนมีนาคม เริ่มต้นและสิ้นสุดการทำประมงตั้งแต่ 7.00-15.00 น. โดยชาวประมงสามารถจับปลากะบอกได้สูงสุดในเดือนพฤศจิกายน 2559 ช่วงเวลา 7.00-8.00 น. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของน้ำหนักรวมของปลากะบอกที่จับได้กับช่วงเวลาที่พบเห็นโลมาและความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโลมาต่อน้ำหนักปลากะบอก แสดงให้เห็นว่าชาวประมงสามารถจับปลากะบอกได้มากขึ้นเมื่อพบโลมา ซึ่งจำนวนโลมาไม่ใช่ปัจจัยที่มีผลต่อน้ำหนักปลากะบอกที่จับได้ของชาวประมง ทั้งนี้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีมาตรการในการจัดการหรือวางแผนการจับสัตว์น้ำบริเวณปากแม่น้ำดอนสัก

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณชาวประมงบริเวณท่าเรืออเนกประสงค์ดอนสักที่ช่วยอำนวยความสะดวกและให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลในงานวิจัย ขอขอบคุณเทศบาลอำเภอเมืองดอนสักที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเข้าพื้นที่ศึกษา จนสามารถทำงานวิจัยสำเร็จลงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. 2559. สร้างบ้านปลาเพิ่มความสมบูรณ์สู่ทะเลดอนสัก. <http://dmcr.go.th/home.php/dmcr2014> (15 กรกฎาคม 2559).
- ธนศ ศรีถกกล และธิดารัตน์ คงชัย. 2554. ชีววิทยาการสืบพันธุ์ของปลากระบอกดำ (*Liza subviridis*) บริเวณอ่าวนครศรีธรรมราช. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีประมงทะเล สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล กรมประมง.
- พงษ์ศธร วงทอง. 2559. การแพร่กระจายของโลมาหลังโหนกในบริเวณชายฝั่งอ่าวดอนสัก จังหวัดสุราษฎร์ธานี และพื้นที่ใกล้เคียง ในปี พ.ศ. 2555 ถึง พ.ศ. 2558. หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี.
- ศูนย์ภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา. 2560. ภูมิอากาศจังหวัดสุราษฎร์ธานี. กรุงเทพฯ: กรมอุตุนิยมวิทยา.
- อดิชาติ อินทองคำ และพีรศักดิ์ พิทักษ์วาทิ. 2555. พื้นที่การแพร่กระจาย และประชากรโลมาหลังโหนก (*Sousa chinensis*) บริเวณอ่าวดอนสัก จ. สุราษฎร์ธานี และพื้นที่ใกล้เคียง. ชุมพร: ศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยตอนกลาง.
- อุราภรณ์ เรืองวัชรินทร์, สุภัฏญา ไหมเครือแก้ว, ชลิดา เลื่อมใสสุข และสุพรรณิการ์ ศรีบัวทอง. 2552. การส่งเสริมอุตสาหกรรมอาหารจากทะเล ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ 2(1): 88-102.
- Barros, N. B., Jefferson, T. A., and Parsons, E. C. M. 2004. Feeding habits of Indo-Pacific humpback dolphins (*Sousa chinensis*) stranded in Hong Kong. *Aquatic Mammals* 30(1): 179-188.
- Biju, K. A., Raj, S., and Sathasivam, K. 2012. Dolphin-assisted cast net fishery in the Ashtamudi Estuary, south-west coast of India. *Indian Fish* 59(3): 143-148.
- Daura-Jorge, F. G., Cantor, M., Ingram, S. N., Lusseau, D., and Simões-Lopes, P. C. 2012. The structure of a bottlenose dolphin society is coupled to a unique foraging cooperation with artisanal fishermen. *Biology Letters* 8: 702-705.
- Gregory, P. R., and Roden, A. A. 2001. Behaviour patterns of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) relative to tidal state, time-of-day, and boat traffic in Cardigan Bay, West Wales. *Aquatic Mammals* 27(2): 105-113.
- Jutapruet, S., Huang, S. L., Li, S., Lin, M., Kittiwattanawong, K., and Pradit, S. 2015. Population size and habitat characteristics of the Indo-Pacific humpback dolphin (*Sousa chinensis*) off Donsak, Surat Thani, Thailand. *Aquatic Mammals* 41(2): 129-142.
- Jutapruet, S., Intongcome, A., Wang, X., Kittiwattanawong, K., and Huang, S. L. 2017. Distribution of three sympatric cetacean species off the coast of the central-western Gulf of Thailand. *Aquatic Mammals* 43(5): 465-473.
- Karczmarski, L., Huang, S. L., Wong, W. H., Chang, W. L., Chan, S. C., and Keith, M. 2017. Distribution of a coastal delphinid under the impact of long-term habitat loss: Indo-Pacific humpback dolphins off Taiwan's west coast. *Estuaries and Coasts* 40(2): 594-603.
- Kumar, A. B., Raj, S., and Sathasivam, K. 2012. Dolphin-assisted cast net fishery in the Ashtamudi Estuary, south-west coast of India. *Indian Journal of Fisheries* 59(3): 143-148.
- Smith, B. D., Tun, M. T., Chit, A. M., Win, H., and Moe, T. 2009. Catch composition and conservation management of a human-dolphin cooperative cast-net fishery in the Ayeyarwady River, Myanmar. *Biological Conservation* 142: 1042-1049.
- Wu, H., Xu, Y., Peng, C., Liao, Y., Wang, X., Jefferson, T. A., Huang, H., and Huang, S. L. 2017. Long-term habitat loss in a lightly-disturbed population of the Indo-Pacific humpback dolphin (*Sousa chinensis*). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 27(6): 1198-1208.
- Xianyan, W., Jutapruet, S., Huang, S. L., Turvrey, S., Fuxing, W., and Qian, Z. 2018. External injuries of Indo-Pacific humpback dolphins (*Sousa chinensis*) in Xiamen, China, and its adjacent waters as an indicator of potential fishery interactions. *Aquatic Mammals* 44(3): 285-292.

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

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 14 ต.ค. 62

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 12 พ.ย. 62

การประเมินลำดับชั้นอาหารของสัตว์น้ำด้วยแบบจำลองอีโคพาธจากการทำประมงชายฝั่งทะเลอันดามัน ประเทศไทย เพื่อการจัดการประมงอย่างเหมาะสม

Assessing the Trophic Level of Fishes from an Andaman Coastal Fishery, Thailand, Using the Ecopath Model for Proper Fisheries Management

นิชกานต์ ศรีทอง¹ และอนัญญา เจริญพรนิพัทธ์^{1*}
Nichakan Srithong¹ and Ananya Jarempornnipat^{1*}

บทคัดย่อ

ความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรประมงบริเวณชายฝั่งทะเลอันดามัน ส่งผลให้มีการทำประมงอย่างหนาแน่นและมีการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรประมงมากเกินไปจนกำลังผลิต โดยไม่ตระหนักถึงความสมดุลของระบบนิเวศซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสายใยอาหาร ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าวิจัยเพื่อจำลองโครงสร้างสายใยอาหาร ประเมินลำดับชั้นอาหาร (trophic level) และสัมประสิทธิ์ลำดับชั้นอาหารเชิงนิเวศ (ecotrophic efficiency) ภายในสายใยอาหารของสัตว์น้ำจากการทำประมงชายฝั่งทะเลอันดามันด้วยแบบจำลองอีโคพาธ โดยรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการทำประมงชายฝั่งทั้งประมงพื้นบ้านและประมงพาณิชย์ในจังหวัดกระบี่ พังงา และภูเก็ต ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2560 ถึง พฤศจิกายน 2561 จำนวน 43 กลุ่มชนิดสัตว์น้ำ ผลจากการจำลองโครงสร้างพบว่า ลำดับชั้นอาหารมีค่าระหว่าง 1-3.827 โดยปลากระโทงธรณ์ (*Istiophorus platypterus*) เป็นผู้ล่าในลำดับชั้นอาหารสูงสุด สัตว์น้ำในลำดับชั้นอาหารที่สองทำหน้าที่เชื่อมโยงระหว่างผู้ผลิตและผู้บริโภคที่ลำดับชั้นอาหารสูง และเป็นกลุ่มสัตว์น้ำที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์จากการทำประมงมาก จากการที่มีค่า EE>0.6 และค่าผลจับเฉลี่ยของการทำประมง 2.532 แบบจำลองนี้ยังสามารถประเมินสถานะโครงสร้างองค์ประกอบสัตว์น้ำที่ถูกใช้ประโยชน์จากการทำประมง เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจจัดทำนโยบายด้านการประมงและแนวทางจัดการประมงที่สอดคล้องกับระบบนิเวศชายฝั่งทะเลอันดามัน

คำสำคัญ: สายใยอาหาร แบบจำลองสมดุลมวลสาร ประมงชายฝั่ง ทะเลอันดามัน

Abstract

The high levels of abundance and diversity of aquatic resources in various Andaman Sea ecosystems have led to overfishing and overexploitation, which has often taken place with little or no awareness of, and regard for, the damage to ecosystem food web. The aim of this study was to simulate the food web structure and investigate the ecotrophic efficiency (EE) of the trophic levels (TL) of an Andaman Sea coastal fishery using the Ecopath model. The sample collection took place in Krabi, Phang-nga and Phuket provinces in both artisanal and commercial fisheries, over the period of October 2017 to November 2018. A total of 43 aquatic species were studied. This model analysis showed that the mean trophic level of fishery yield was 2.532 and the average values of Ecotrophic Efficiency (EE) were high (0.702-0.990), except for detritus, producers, and immature organisms in groups of species such as *Rhinobatos schlegelii* and *Chiloscyllium griseum*. These results indicated that the fish resources of the Andaman Sea ecosystem had been excessively utilized. However, the fishery is still impressive in many ways, and this can be seen from the spread of trophic levels that ranged from 1-3.827. The top predator was *Istiophorus platypterus*. The second trophic level played an important role in energy transfer between producers and high-level consumers. There was a high fishery yield in the area. Furthermore, the model can be used to evaluate the state of the ecosystem structure in order to support fishery decision making policy and proper fishery management in the Andaman Sea ecosystem.

Keywords: food web, mass balance model, coastal fishery, Andaman Sea

¹ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

¹ Department of Fisheries Science, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Ladkrabang, Bangkok 10520

*Corresponding author, Email: ananya.ja@kmitl.ac.th

คำนำ

ชายฝั่งทะเลอันดามันเป็นระบบนิเวศทางทะเลเขตร้อนซึ่งมีความสำคัญมากต่อการทำประมงชายฝั่งของประเทศไทย จากสถิติปริมาณการจับสัตว์น้ำต่อหน่วยลงแรงประมงโดยเครื่องมือประมงพาณิชย์ (catch per unit of effort หรือ CPUE) (Department of Fisheries, 2019) พบว่า ระหว่างปี 2551-2555 มีค่า CPUE เฉลี่ยเท่ากับ 42.19 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และเพิ่มขึ้นเป็น 59.36 กิโลกรัมต่อชั่วโมงในระหว่างปี 2556-2560 อย่างไรก็ตามการเพิ่มขึ้นของค่า CPUE สวนทางกับการลดลงของสัตว์น้ำจากการทำประมงชายฝั่งทะเลอันดามันในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา จากที่จับได้ 631,493 ตันในปี 2550 ลดลงเหลือ 308,144 ตันในปี 2560 และสัตว์น้ำที่จับได้มีขนาดเล็กลงและยังไม่เข้าสู่ระยะเจริญพันธุ์ (Sawusdee, 2007) แสดงให้เห็นว่าทรัพยากรประมงบริเวณชายฝั่งทะเลอันดามันมีความเสี่ยงที่เสื่อมโทรมมาก และกำลังเข้าสู่ภาวะการจับสัตว์น้ำมากเกินไปจนก่อให้เกิดการล้นเกิน (overfishing) เมื่อวันที่ 21 เมษายน 2558 ประเทศไทยได้รับการแจ้งเตือนจากสหภาพยุโรปว่าด้วยการทำประมงผิดกฎหมาย ขาดการรายงาน และไร้การควบคุม (illegal, unreported and unregulated fishing หรือ IUU) โดยได้รับสถานะใบเหลือง ส่งผลให้อุตสาหกรรมประมงของประเทศไทยได้รับผลกระทบอย่างหนัก ทั้งนี้รัฐบาลพยายามแก้ไขปัญหาการประมงทุกด้าน เพื่อให้บรรลุตามข้อกำหนด IUU ของสหภาพยุโรป จนกระทั่งวันที่ 8 มกราคม 2562 สหภาพยุโรปได้ประกาศปลดสถานะใบเหลืองของประเทศไทย อย่างไรก็ตามการแก้ไขปัญหาการประมงยังคงใช้มาตรการควบคุม แก้ไข และปรับปรุงการทำประมง โดยยังคงความเข้าใจโครงสร้างของระบบนิเวศ โดยเฉพาะโครงสร้างลำดับขั้นอาหาร (trophic level) ซึ่งเป็นกระบวนการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศจากการกินอาหารอย่างเป็นลำดับขั้น บ่งบอกถึงบทบาทในระบบนิเวศของสัตว์น้ำแต่ละชนิด ความหลากหลายของชนิดพันธุ์สัตว์น้ำ และความซับซ้อนของความสัมพันธ์ในสายใยอาหาร นับว่าเป็นตัวชี้วัดถึงความสมบูรณ์และความสมดุลของระบบนิเวศ (Palomares and Pauly, 1989) โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบนิเวศทางทะเลเขตร้อน

การศึกษานี้ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองอโคพาร์ซึ่งเป็นเครื่องมือประเมินโครงสร้างของระบบนิเวศ (Christensen et al., 2008; Christensen et al., 2009) ที่สามารถประเมินคุณลักษณะของระบบนิเวศทางทะเลเขตร้อนที่มีความหลากหลายของชนิดสัตว์น้ำสูง (multi-species) เช่น การนำไปใช้สร้างฐานข้อมูลของแบบจำลองบริเวณอ่าวไทย (Christensen, 1998) และการประเมินระบบนิเวศอ่าวเบงกอล (Ullah et al., 2012) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินลำดับขั้นอาหารและความสัมพันธ์ของสัตว์น้ำที่ได้จากการทำประมงชายฝั่งทะเลอันดามันด้วยแบบจำลองอโคพาร์ ซึ่งข้อมูลที่ได้รับจะนำไปใช้ประกอบสำหรับการกำหนดแนวทางการบริหารทรัพยากร และสนับสนุนการจัดการประมงชายฝั่งทะเลอันดามันอย่างเหมาะสมสอดคล้องกับลักษณะเฉพาะของระบบนิเวศในบริเวณพื้นที่ดังกล่าว

วิธีการศึกษา

พื้นที่ศึกษา

ชายฝั่งทะเลอันดามันตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกของมหาสมุทรอินเดีย เชื่อมต่อระหว่างมหาสมุทรอินเดียตะวันออกและมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตก พื้นที่ที่ทำการศึกษานี้ตั้งอยู่ระหว่างละติจูดที่ 7°29'22" ถึง 8°21'39" ละติจูดที่ 98°16'57" ถึง 99°03'18" ครอบคลุมเขตการทำประมงในจังหวัดพังงา ภูเก็ต และกระบี่ พื้นที่ประมาณ 225 ตารางกิโลเมตร มีระบบน้ำขึ้นน้ำลงแบบน้ำครึ่ง (semidiurnal tide) ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมสองช่วงเวลา คือ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงต้นเดือนตุลาคม และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ระหว่างกลางเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ (Panjarat, 2008) ด้วยภูมิประเทศที่ตั้งอยู่บริเวณเขตร้อน ทำให้ชายฝั่งทะเลอันดามันมีความหลากหลายของระบบนิเวศทางน้ำค่อนข้างสูง โดยเฉพาะระบบนิเวศแนวปะการัง ซึ่งเป็นที่อยู่อาศัยของปลาเศรษฐกิจ และเป็นแหล่งทำประมงที่สำคัญของประเทศไทย (Figure 1)

การเก็บรวบรวมตัวอย่าง

รวบรวมตัวอย่างสัตว์น้ำจากการทำประมงชายฝั่งในบริเวณทะเลอันดามัน ทั้งจากแพปลาจากเรือประมงพาณิชย์และแพปลาจากเรือประมงพื้นบ้าน โดยแบ่งเป็น แพปลาประมงพาณิชย์ในจังหวัดกระบี่ จำนวน 2 แพ จังหวัดภูเก็ต จำนวน 2 แพ และแพปลาประมงพื้นบ้าน ในจังหวัดกระบี่ จำนวน 3 แพ จังหวัดพังงา จำนวน 1 แพ และจังหวัดภูเก็ตจำนวน 2 แพ ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2560 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2561 จำนวน 6 ครั้ง โดยเก็บตัวอย่างเดือนเว้นเดือนจากเรือประมงพาณิชย์ที่ทำประมงด้วยเครื่องมือประมงชนิดอวนล้อมจับ อวนลาก และอวนลอย อย่างน้อย 3 ลำต่อแพ จากเรือประมงพื้นบ้านที่ทำประมงด้วยเครื่องมือประมงชนิดอวนลอย ลอบปลา และเบ็ดมือ เก็บข้อมูลปริมาณและองค์ประกอบชนิดของสัตว์น้ำ (catch composition) ที่เรือประมงแต่ละลำจับได้ สุ่มตัวอย่างสัตว์น้ำจากชนิดสัตว์น้ำที่จับได้สูงที่สุด 5 อันดับแรกของเรือแต่ละลำ จำนวน 10 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณสัตว์น้ำที่จับได้ จากนั้นจำแนกชนิดสัตว์น้ำภาคสนามตามการจำแนกบนฐานข้อมูลจากเว็บไซต์ www.fishbase.org

(Fröese and Pauly, 2018) และหนังสือ Fishes of Andaman Sea : west coast of southern Thailand (Kimura et al., 2009) สำหรับชนิดสัตว์น้ำที่ไม่สามารถจำแนกชนิดเบื้องต้นได้ ทำการบันทึกภาพสัตว์น้ำและจำแนกชนิดในภายหลังตามคู่มือการจำแนกชนิดสัตว์น้ำของ Carpenter and Niem (1999) วัดความยาวหน่วยเป็นเซนติเมตร ซึ่งน้ำหนักหน่วยเป็นกรัม และวัดสัดส่วนความยาวและความกว้างของครีบกหาง

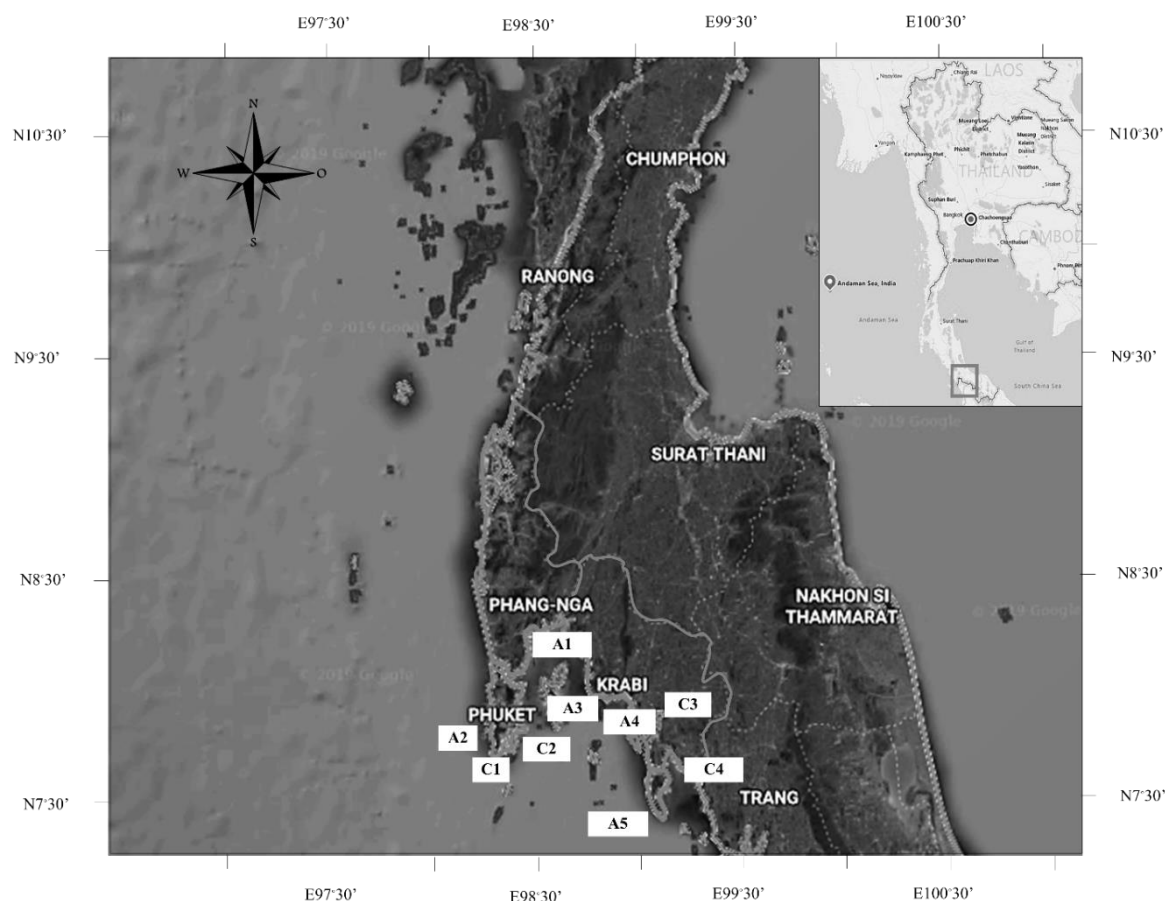


Figure 1 Study sites in the Andaman Sea fishing pier southwestern part of Thailand.

Legend: A1 - "Bangpat" artisanal pier in Phang Nga province (8°21'38N, 98°34'24E);

A2 - "Patong" artisanal pier in Phuket province (7°53'9N, 98°17'14E);

A3 - "Ko Sire" artisanal pier in Phuket province (7°53'8N, 98°25'52E);

A4 - "Ko Klang" artisanal pier in Krabi province (8°2'49N, 98°54'7E);

A5 - "Sang Kha Ou" artisanal pier in Krabi province (7°28'38N, 99°4'10E);

C1 - "P. Pichai" commercial pier in Phuket province (7°53'20N, 98°23'47E);

C2 - "Fish marketing organization" commercial pier in Phuket province (7°52'35N, 98°25'36E);

C3 - "Klong Jilad" commercial pier in Krabi province (8°2'44N, 98°56'21E);

C4 - "421 Bo Muang" commercial pier in Krabi province (7°40'57N, 99°11'56E).

Source: Google Earth Maps (2019).

การวิเคราะห์องค์ประกอบชนิดอาหารในกระเพาะอาหาร

นำตัวอย่างสัตว์น้ำมาผ่าท้องเพื่อเก็บตัวอย่างกระเพาะอาหาร เก็บรักษาในน้ำยาฟอมาลิน 10 เปอร์เซ็นต์ นำตัวอย่างกระเพาะที่ได้มาวิเคราะห์องค์ประกอบชนิดอาหารในกระเพาะอาหาร (stomach content analysis) โดยนำอาหารภายในกระเพาะอาหารออกมาจำแนกชนิดอาหารภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ นับจำนวนและชั่งน้ำหนักอาหารแต่ละชนิด (กรัม) และน้ำหนักของกระเพาะที่เหลือ (กรัม) คำนวณองค์ประกอบอาหารในรูปน้ำหนัก (weight composition: %W) ตามวิธีการของ Hyslop (1980) เพื่อนำเข้าข้อมูลสู่แบบจำลองอีโคพาท (Ecopath)

หลักการของแบบจำลองอีโคพาธ

อีโคพาธ (Ecopath) เป็นแบบจำลองที่สามารถจำลองโครงสร้างของระบบนิเวศ โดยใช้หลักการของสมการสมดุลมวลสาร (mass balance) นั่นคือ พลังงานที่นำเข้าสู่ระบบเท่ากับพลังงานที่ออกจากระบบ (Christensen et al., 2008) ดังสมการ

$$B_i (P/B)_i (EE_i) = Y_i + \sum (B_j) (Q/B)_j DC_{ji} \quad (1)$$

เมื่อ	B_i	หมายถึง	มวลชีวภาพของเหยื่อ
	P/B_i	หมายถึง	สัดส่วนการผลิตต่อมวลชีวภาพของเหยื่อ
	EE_i	หมายถึง	ประสิทธิภาพของลำดับขั้นอาหาร
	Y_i	หมายถึง	อัตราการจับ
	B_j	หมายถึง	มวลชีวภาพของผู้ล่า
	Q/B_j	หมายถึง	สัดส่วนการบริโภคต่อมวลชีวภาพของผู้ล่า
	DC_{ji}	หมายถึง	การถูกบริโภคของเหยื่อ i โดยผู้ล่า j

การนำเข้าข้อมูลของแบบจำลองอีโคพาธ

การนำเข้าข้อมูลของแบบจำลองต้องอาศัยการคำนวณข้อมูลของสัตว์น้ำที่ทำการศึกษา โดยการศึกษาครั้งนี้ใช้การคำนวณค่าพารามิเตอร์ตามสมการของเว็บไซต์ www.fishbase.org (Fröese and Pauly, 2018) ดังนี้

ผลผลิตต่อมวลชีวภาพของสัตว์น้ำ (production/biomass), P/B ซึ่งเท่ากับ อัตราการตายรวมของสัตว์น้ำ (Z)

$$Z = F + M \quad (2)$$

เมื่อ	F	หมายถึง	การตายจากการทำประมง (fishing mortality)
	M	หมายถึง	การตายจากธรรมชาติ (natural mortality)

สัมประสิทธิ์การตายจากธรรมชาติ (natural mortality) โดยใช้ค่าความยาวอนันต์ของสัตว์น้ำ (L_∞) คือ ความยาวสูงสุดของสัตว์น้ำที่จับได้จากการศึกษา เพื่อนำมาคำนวณหาสัมประสิทธิ์การตายจากธรรมชาติ

$$M = 10^{(0.566 - 0.718 \cdot \log(L_\infty) + 0.02 \cdot T)} \quad (3)$$

เมื่อ	L_∞	หมายถึง	ค่าความยาวอนันต์
	T	หมายถึง	อุณหภูมิของน้ำทะเล ขณะทำการศึกษาที่ 29.5 องศาเซลเซียส

มวลชีวภาพของสัตว์น้ำ (ตัน/ตารางกิโลเมตร)

$$B = Y / F \quad (4)$$

เมื่อ	F	หมายถึง	อัตราการตายจากการทำประมง
	Y	หมายถึง	ปริมาณการจับสัตว์น้ำ

ปริมาณการบริโภคต่อหน่วยชีวมวลต่อปี (consumption/biomass), Q/B โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ตามฐานข้อมูลกลุ่มชนิดสัตว์น้ำจากการศึกษาของ Pauly et al. (1998) และ Xu et al. (2011)

$$Q/B = 3 \cdot W_\infty^{-0.2} \cdot T^{0.6} \cdot A_R^{0.5} \cdot 3 e^{Ft} \quad (5)$$

เมื่อ	W_∞	หมายถึง	ค่าน้ำหนักอนันต์
	T	หมายถึง	อุณหภูมิของผิวน้ำทะเลขณะทำการศึกษา

Ft หมายถึง ชนิดของอาหารที่กลุ่มตัวอย่างบริโภค แทนค่าตามการทำนายการกินอาหาร (แทนค่า 0 ในกลุ่มสัตว์กินสัตว์ เป็นอาหาร และแทนค่า 1 กลุ่มสัตว์ที่กินพืช และเศษซากเป็นอาหาร)

A_R หมายถึง ค่า aspect ratio โดยค่า A_R คำนวณได้ตามสมการที่ 6

$$A_R = H^2 / S \quad (6)$$

เมื่อ H หมายถึง ความสูงของครีบน้ำ
S หมายถึง พื้นที่ที่ครีบน้ำสัมผัสน้ำ

ความสมดุลของแบบจำลอง

ตรวจสอบความสมดุลในการประเมินผลจากแบบจำลองโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ลำดับชั้นอาหารเชิงนิเวศ (ecotrophic efficiencies, EE) ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองตามทฤษฎีของ Pauly et al. (2000) สิ่งมีชีวิตที่แสดงในแบบจำลองควรมีค่า EE เข้าใกล้ 1 หรืออยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 เนื่องจากผลผลิตทั้งหมดของประชากรสัตว์น้ำไม่ควรถูกนำไปใช้ประโยชน์มากเกินไป การผลิตภายในกลุ่ม ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลงอาหารขั้นต้น (gross food conversion efficiency, GE) หรือ P/Q (production/consumption) ควรมีค่า 0.1 ถึง 0.3 ยกเว้นผู้ล่าสูงสุดที่อาจมีค่าต่ำได้ (Christensen et al., 2005)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การจำลองโครงสร้างสายใยอาหาร

การจำลองสายใยอาหารด้วยแบบจำลองอีโคพาร์เพื่อแสดงโครงสร้างลำดับชั้นอาหาร (trophic levels, TL) และสายใยอาหาร (Figure 2) โดยที่กล่องสี่เหลี่ยมแสดงถึงกลุ่มโครงสร้างตามหน้าที่ ขนาดของกล่องสี่เหลี่ยมแสดงถึงปริมาณมวลชีวภาพ ซึ่งพบว่าโครงสร้างลำดับชั้นทางอาหารในระบบนิเวศนี้ แบ่งออกเป็น 3 ลำดับด้วยกัน โดยมีค่า TL 1-3.872 โครงสร้างที่จำลองได้ในที่นี้แตกต่างจากลำดับชั้นอาหารจากงานวิจัยของ Ullah et al. (2012) ที่ศึกษาสายใยอาหารบริเวณอ่าวเบงกอล ประเทศบังกลาเทศ ที่พบว่ามีลำดับชั้นอาหาร 4 ลำดับ มีฉลามและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมในทะเลเป็นผู้บริโภคชั้นสูงสุด ซึ่งไม่ปรากฏในสายใยอาหารของการศึกษานี้ ทั้งนี้อาจสืบเนื่องมาจากข้อกำหนดในพระราชกำหนดการทำประมง พ.ศ. 2558 ว่าด้วยชนิดสัตว์น้ำที่ห้ามนำขึ้นเรือและห้ามทำประมง ทำให้ไม่มีตัวอย่างฉลามหรือสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมในทะเลจากการทำประมงในพื้นที่ชายฝั่งทะเลอันดามันได้

ในการจำลองสายใยอาหารพบว่าสามารถจำแนกออกได้เป็นห่วงโซ่อาหารปลาพื้นท้องน้ำและห่วงโซ่อาหารปลาผิวน้ำ โดยที่ชนิดสัตว์น้ำในห่วงโซ่อาหารพื้นท้องน้ำที่ได้จากการประมงพาณิชย์แตกต่างกับประมงพื้นบ้าน ทั้งนี้อาจสืบเนื่องจากการที่ลักษณะพื้นที่และบริเวณเขตทำประมงแตกต่างกัน โดยปกติแล้วการทำประมงพื้นบ้านส่วนใหญ่นิยมทำประมงในเขตป่าชายเลนและบริเวณปากแม่น้ำ โดยเฉพาะบริเวณแพของเรือประมงพื้นบ้านจังหวัดกระบี่และพังงา สัตว์น้ำที่พบส่วนใหญ่จึงเป็นสัตว์น้ำที่ทนต่อความเค็มในช่วงกว้าง อาศัยบริเวณพื้นดินโคลนปนทราย ห่วงโซ่อาหารของปลาพื้นท้องน้ำจากการทำประมงพื้นบ้านประกอบด้วย ผู้ผลิตบริเวณพื้นท้องน้ำ และผู้ย่อยสลาย โดยผู้บริโภคชั้นที่หนึ่ง คือ แพลงก์ตอนสัตว์ สัตว์ในกลุ่มครัสเตเชียน (crustacean) ปลากระบอก (*Liza* sp.) และปลาทราย (*Sillago argentifasciata*) ซึ่งถูกบริโภคโดยปลาจวด (*Otolithes ruber*) ปลากระทะเต (*Arius arius*) ปลากระบาง (*Himantura walga*) และผู้บริโภคชั้นสุดท้ายในห่วงโซ่อาหารนี้ คือ ปลาตุ๊กทะเล (*Plotosus canius*) และปลากะพงข้างปาด (*Lutjanus russellii*)

การทำประมงพาณิชย์มีเขตพื้นที่ทำประมงกว้าง ที่ระดับความลึก 15-60 เมตร ห่วงโซ่อาหารสัตว์น้ำพื้นท้องน้ำจากการทำประมงพาณิชย์ ประกอบด้วย ผู้ผลิต คือ ผู้ผลิตบริเวณพื้นท้องน้ำและผู้ย่อยสลาย ผู้บริโภคชั้นที่หนึ่ง คือ ครัสเตเชียน สัตว์กลุ่มหมึก (cephalopod) ปลาแพะ (*Upeneus vittatus*) ปลาลิ้นหมา (*Cynoglossus macrolepidotus*) ปลากระวังหางตัด (*Epinephelus areolatus*) และผู้บริโภคชั้นสูง ประกอบด้วย ปลากระวังลายจุด (*Epinephelus malabaricus*) ปลาโรนัน (*Rhinobatos schlegelii*) ปลาจักรผาน (*Psettodes belcheri*) และฉลามกบ (*Chiloscyllium griseum*) ห่วงโซ่อาหารของปลาผิวน้ำ ประกอบด้วย ผู้ผลิต คือ แพลงก์ตอนพืช ผู้บริโภคชั้นที่หนึ่ง คือ แพลงก์ตอนสัตว์ และสัตว์ในกลุ่มครัสเตเชียน ซึ่งถูกกินต่อโดยผู้บริโภคในลำดับขั้นที่สูงกว่า ได้แก่ ปลาผิวน้ำขนาดเล็กหลายชนิด เช่น ปลาแป้น (*Leiognathus equulus*) ปลาตาโต (*Selar crumenophthalmus*) ปลากะตัก (*Stolephorus* sp.) ปลาหลังเขียว (*Sardinella* sp.) ปลาสิ่กุน (*Selaroides* sp.) ปลาลัง (*Rastrelliger kanagurta*) และปลาหางแข็ง (*Megalaspis cordyla*) และผู้บริโภคชั้นสุดท้าย คือ ปลาผิวน้ำขนาดใหญ่

ได้แก่ ปลาสากร (Sphyraena quenie) ปลากระโทงดาบ (Xiphias gladius) ปลาโอดำ (Thunnus tonggol) ปลาอินทรี (Scomberomorus commerson) และปลากระโทงร่ม (Istiophorus platypterus) เป็นที่สังเกตว่าห่วงโซ่อาหารสัตว์พื้นท้องน้ำมีความเชื่อมโยงกับห่วงโซ่อาหารปลาผิวน้ำ เนื่องจากสัตว์ในกลุ่มครัสเตเชียนและกลุ่มหมึกเป็นอาหารหลักของสัตว์น้ำที่หากินบริเวณพื้นท้องน้ำและของปลาผิวน้ำในช่วงฤดูมรสุม ผลจากการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้สอดคล้องกับหลักการที่ Pauly et al. (1998) ได้กล่าวไว้ว่า ระบบนิเวศทางทะเลที่มีความหลากหลายชนิดของสัตว์น้ำที่พบปะกันในระบบนิเวศ ในลำดับขั้นอาหารเดียวกันแสดงถึงการเป็นเหยื่อของกลุ่มสัตว์น้ำนั้น ๆ ทดแทนกัน นับว่าเป็นคุณลักษณะของระบบนิเวศทางทะเลที่ประกอบด้วยสัตว์น้ำหลากหลายชนิด (multi-species) เมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนมวลชีวภาพในสายใยอาหารพบว่า กลุ่มปลาผิวน้ำที่กินแพลงก์ตอนมีมวลชีวภาพมากที่สุด และพบว่าผู้บริโภคในลำดับขั้นอาหารต่ำมีมวลชีวภาพสูงกว่าผู้บริโภคในลำดับขั้นสูง โดยมีรูปแบบการแพร่กระจายของมวลชีวภาพที่แสดงในรูปพีระมิด (Roberts, 1995) แสดงให้เห็นถึงกลไกการรักษาสถิตของระบบนิเวศที่ถูกควบคุมโดยสิ่งมีชีวิตในลำดับขั้นการกินสูงสู่ล่าง (top down control)

การประเมินลำดับขั้นอาหารและสัมประสิทธิ์ลำดับขั้นอาหารเชิงนิเวศ

จากการศึกษาพบว่าโครงสร้างลำดับขั้นอาหารของสัตว์น้ำจากการทำประมงบริเวณชายฝั่งทะเลอันดามัน ประกอบด้วยลำดับขั้นอาหารที่หนึ่ง (TL; 1.00) เป็นผู้ผลิตขั้นต้น คือ แพลงก์ตอนพืช (phytoplankton) และผู้ย่อยสลาย (detritus) สิ่งมีชีวิตในลำดับขั้นนี้เป็นแหล่งพลังงานสำคัญหมุนเวียนเข้าสู่ระบบนิเวศ และถ่ายทอดไปยังสิ่งมีชีวิตในลำดับขั้นอาหารถัดไป ลำดับขั้นอาหารที่สอง (TL; 2.00-2.863) คือ สัตว์น้ำที่กินแพลงก์ตอนเป็นอาหาร ประกอบด้วยสัตว์น้ำที่มีบทบาทในระบบนิเวศแตกต่างกัน เช่น สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง (crustacean, cephalopod) ปลาผิวน้ำขนาดเล็ก (Sardinella sp., Stolephorus sp., Rastrelliger kanagurta) ปลาในแนวปะการังที่ทะเลลึกหรือเศษซากตามโขดหิน (Siganus javus) ปลาที่หากินบริเวณพื้นท้องน้ำ (Liza sp., Himantura walga) แสดงว่าสัตว์น้ำในลำดับขั้นนี้มีบทบาทสำคัญในการถ่ายทอดพลังงานไปสู่ผู้บริโภคขั้นสูง โดยทำหน้าที่กินผู้ผลิตขั้นต้นและผู้ย่อยสลาย และเป็นอาหารของผู้บริโภคในลำดับขั้นถัดไป ลำดับขั้นอาหารที่สาม (TL; 3.076-3.872) คือ ผู้บริโภคขั้นสูง ส่วนใหญ่เป็นปลาผิวน้ำขนาดใหญ่ โดยผู้บริโภคลำดับสูงสุด (top predator) ของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ได้แก่ ปลากระโทงร่ม Istiophorus platypterus (TL; 3.872)

สัมประสิทธิ์ของลำดับขั้นอาหารเชิงนิเวศ (EE) ในการศึกษาครั้งนี้ มีค่า 0.059 ถึง 0.995 (Table 1) และค่า EE ของสัตว์น้ำส่วนใหญ่มีค่าเข้าใกล้ 1 (Christensen et al., 2005) แสดงถึงสัดส่วนของผลผลิตของสัตว์น้ำแต่ละกลุ่มที่ถูกกินโดยผู้ล่าและถูกใช้ประโยชน์จากการทำประมง ดังนั้นสัตว์น้ำที่ถูกจับได้โดยชาวประมงในที่ส่วนใหญ่เป็นอาหารที่สำคัญของผู้ล่าในสายใยอาหาร โดยเฉพาะในกลุ่มปลาผิวน้ำขนาดเล็ก ที่มีค่า EE ค่อนข้างสูง เช่น Sardinella sp. (0.99) Leiognathus equulus (0.985) Selaroides sp. (0.968) และ Rastrelliger kanagurta (0.961) หรืออาจบ่งบอกถึงการให้ประโยชน์จากสัตว์น้ำบางชนิดมากเกินไป ดังกรณีของปลาผิวน้ำขนาดใหญ่ที่เป็นผู้ล่าขั้นสูง เช่น Thunnus tonggol (0.987) Sphyraena flavicauda (0.995) Trichiurus lepturus (0.986) และ Euthynnus affinis (0.952) ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดการทำประมงเกินกำลังการผลิต นอกจากนั้นยังพบว่า EE ของแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์มีค่า 0.660 และ 0.728 ตามลำดับ เนื่องจากเป็นองค์ประกอบหลักที่พบในกระเพาะอาหารของกลุ่มปลาผิวน้ำ กลุ่มครัสเตเชียน และหมึก ค่า EE ของเศษซาก เท่ากับ 0.059 ซึ่ง Christensen and Pauly (1993) อธิบายว่า หมายถึงมีการใช้ประโยชน์จากเศษซากสำหรับถ่ายทอดพลังงานภายในสายใยอาหารค่อนข้างน้อย ทั้งนี้อาจเนื่องจากการทำประมงบริเวณฝั่งทะเลอันดามันใช้เครื่องมืออวนล้อมจับ อวนครอบ และอวนติดตาจำนวนมาก สัตว์น้ำที่จับได้จึงเป็นกลุ่มปลาผิวน้ำเป็นหลัก ซึ่งเป็นสัตว์น้ำที่ไม่ค่อยว่ายลงไปยังบริเวณพื้นที่ท้องน้ำเพื่อกินเศษซาก ทำให้การแลกเปลี่ยนพลังงานจากเศษซากจึงมีน้อย

ประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลงอาหารขั้นต้น (gross food conversion efficiency, GE) เป็นพารามิเตอร์สำคัญที่สร้างความสมดุลในระบบนิเวศ โดยมักมีค่า 0.1-0.3 จากการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้พบว่าค่า GE ของสัตว์น้ำทุกชนิดอยู่ในระดับที่สมดุล อย่างไรก็ตาม Christensen et al. (2005) อธิบายว่า ค่า GE อาจมีค่าต่ำกว่า 0.1 ในผู้ล่าสูงสุด เนื่องจากผู้ล่ากลุ่มนี้จะต้องกินผลผลิตในระบบจำนวนมากสำหรับดำรงชีวิต แต่ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้พบว่า GE ของผู้ล่าสูงสุด คือ ปลากระโทงร่มมีค่า 0.188 และค่า GE ของผู้บริโภคขั้นสูง คือ ปลาสากร (0.269) ปลากระโทงดาบ (0.273) ปลากระังลายจุด (0.235) ปลาโอดำ (0.264) ปลาอินทรี (0.275) มีค่าใกล้เคียงกับกลุ่มปลาที่กินแพลงก์ตอนและสัตว์น้ำอื่น ๆ เช่น ปลากระมัง (0.252) ปลาหางแข็ง (0.246) ปลาแบน (0.292) และปลาลัง (0.295) ซึ่งอาจแสดงให้เห็นว่า ทรัพยากรสัตว์น้ำในลำดับขั้นอาหารสูงถูกจับจากการทำประมง ในขณะที่สัตว์น้ำยังเติบโตไม่เต็มที่ เนื่องจากมีอัตราการบริโภคสัตว์น้ำอื่น ๆ ในระบบนิเวศค่อนข้างน้อยและยังสามารถเจริญเติบโตได้อีกมาก

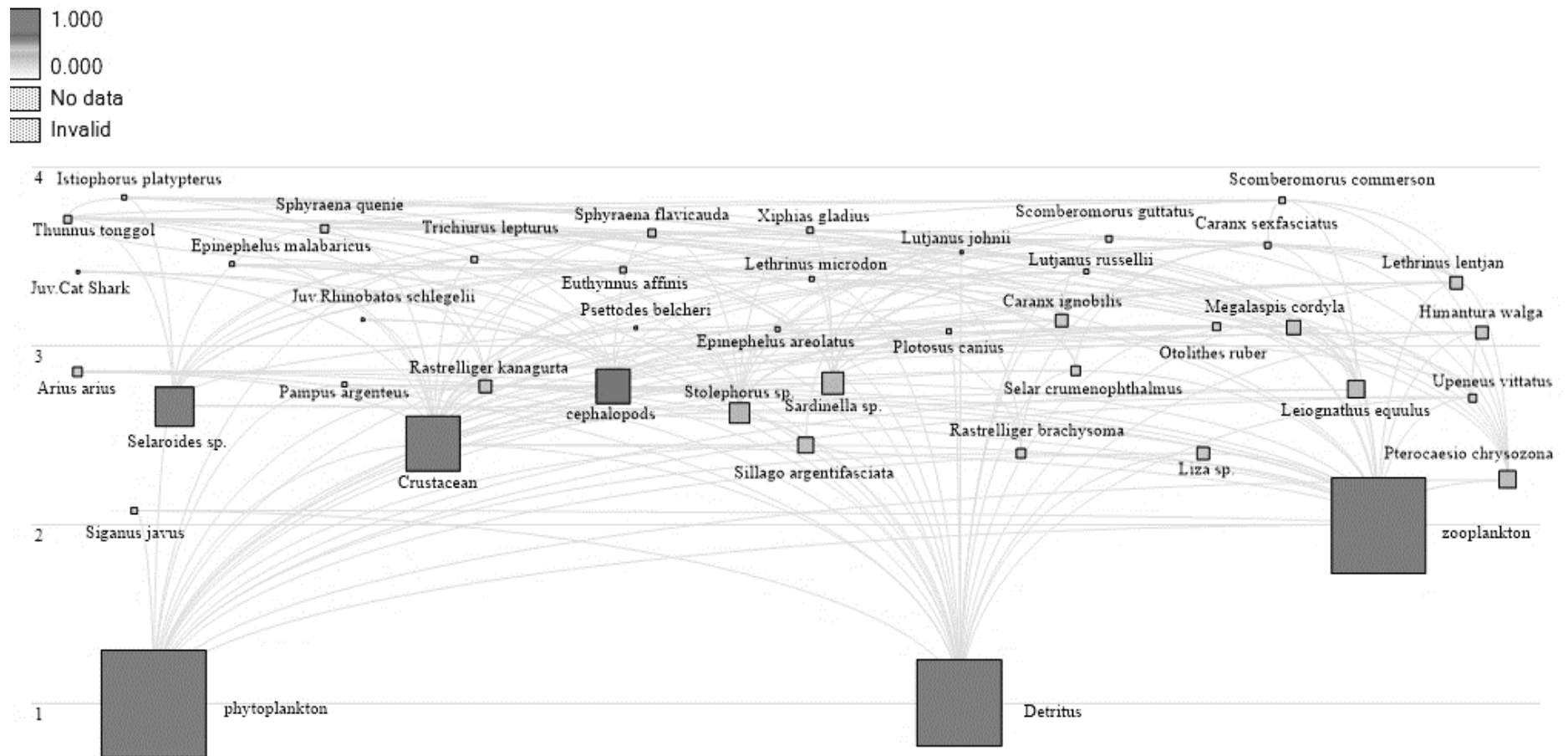


Figure 2 Trophic relationships of functional groups in coastal fisheries area of Andaman Sea.

Table 1 Basic parameters for the biological groups in the Ecopath model of Andaman Sea ecosystem.

Group name	TL	Biomass (t/km ²)	P/B (/year)	Q/B (/year)	EE	GE
<i>Istiophorus platypterus</i>	3.827	0.00446	3.138	10.9	0.757	0.188
<i>Scomberomorus commerson</i>	3.816	0.0226	3.494	12.7	0.810	0.275
<i>Thunnus tonggol</i>	3.713	0.0328	5.06	19.2	0.987	0.264
<i>Sphyraena quenie</i>	3.662	0.028	3.87	14.4	0.908	0.269
<i>Xiphias gladius</i>	3.647	0.0165	3.654	13.4	0.815	0.273
<i>Sphyraena flavicauda</i>	3.638	0.0349	3.8	14.22	0.995	0.267
<i>Scomberomorus guttatus</i>	3.600	0.01508	3.75	14.1	0.893	0.266
<i>Caranx sexfasciatus</i>	3.565	0.0153	4.5	15.7	0.942	0.287
<i>Chiloscyllium griseum</i> (juvenile)	3.525	0.00146	5.65	21.2	0.333	0.167
<i>Trichiurus lepturus</i>	3.485	0.0182	4.77	18.84	0.986	0.253
<i>Epinephelus malabaricus</i>	3.454	0.0062	3.95	16.8	0.819	0.235
<i>Euthynnus affinis</i>	3.426	0.0147	4.985	18.72	0.952	0.266
<i>Lutjanus johnii</i>	3.416	0.0006	2.12	11.21	0.952	0.289
<i>Lutjanus russellii</i>	3.413	0.00696	4.81	16.4	0.762	0.293
<i>Rhinobatos schlegelii</i> (juvenile)	3.372	0.0071	6.76	15.7	0.450	0.131
<i>Lethrinus microdon</i>	3.355	0.0754	4.391	17.9	0.940	0.245
<i>Lethrinus lentjan</i>	3.148	0.000591	2.025	8.47	0.843	0.239
<i>Caranx ignobilis</i>	3.143	0.0678	4.67	18.508	0.906	0.252
<i>Plotosus canius</i>	3.113	0.0298	4.98	19.6	0.977	0.254
<i>Psettodes belcheri</i>	3.109	0.0976	7.79	29.3	0.900	0.266
<i>Epinephelus areolatus</i>	3.102	0.00142	2.85	11.8	0.892	0.242
<i>Arius arius</i>	3.092	0.00365	3.9	14.8	0.900	0.264
<i>Otolithes ruber</i>	3.079	0.00404	5.27	16.5	0.751	0.219
<i>Megalaspis cordyla</i>	3.076	0.082	4.67	18.98	0.702	0.246
<i>Himantura walga</i>	2.863	0.0518	11.09	39.97	0.903	0.277
<i>Selar crumenophthalmus</i>	2.857	0.049	3.89	15.6	0.965	0.249
<i>Selaroides</i> sp.	2.793	0.194	9.68	30.98	0.968	0.283
<i>Pampus argenteus</i>	2.782	0.0087	4.55	18.8	0.879	0.242
<i>Rastrelliger kanagurta</i>	2.775	0.0823	8.71	29.5	0.961	0.295
Cephalopods	2.775	0.498	9.5	17.2	0.685	0.252
<i>Leiognathus equulus</i>	2.756	0.134	15.24	48.85	0.958	0.292
<i>Upeneus vittatus</i>	2.714	0.0347	4.78	16.54	0.763	0.289
<i>Sardinella</i> sp.	2.666	0.661	10.91	36.45	0.990	0.299
<i>Stolephorus</i> sp	2.630	0.188	12.28	41.2	0.906	0.298
Crustacean	2.450	1.78	5.36	18	0.921	0.298
<i>Sillago argentifasciata</i>	2.446	0.113	11.08	32.03	0.860	0.246
<i>Liza</i> sp.	2.400	0.082	6.1	21.39	0.930	0.285
<i>Rastrelliger brachysoma</i>	2.400	0.0395	8.113	27.12	0.849	0.299
<i>Pterocaesio chrysozona</i>	2.250	0.13	8.51	29.4	0.899	0.289
<i>Siganus javus</i>	2.180	0.0202	7.09	25.3	0.850	0.280
Zooplankton	2.000	15.5	72.5	152.7	0.428	0.175
Phytoplankton	1.000	30	120	0	0.666	
Detritus	1.000	10			0.059	

การวิเคราะห์สถานะของระบบนิเวศชายฝั่งทะเลอันดามัน

ผลการจำลองระบบนิเวศด้วยแบบจำลองอีโคพาธสามารถวิเคราะห์ค่าสถิติเพื่อประเมินสถานะของระบบนิเวศชายฝั่งทะเลอันดามัน (Table 2) โดยพลังงานไหลเวียนทั้งหมดในระบบนิเวศ มีค่า 19,275.29 ตันต่อตารางกิโลเมตรต่อปี ประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนพลังงาน (catch/net primary production) มีค่า 0.00247 และผลการจับรวม มีค่า 14.597 ตันต่อตารางกิโลเมตรต่อปี ซึ่งมีค่าสูงเมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาในอ่าวเบงกอล ประเทศบังกลาเทศ ซึ่งมีค่าพลังงานไหลเวียนทั้งหมด 13,753 ตันต่อตารางกิโลเมตรต่อปี ค่าประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนพลังงาน 0.001547 และค่าผลการจับรวม 1.574 ตันต่อตารางกิโลเมตรต่อปี (Ullah et al., 2012) ซึ่งให้เห็นว่าระบบนิเวศชายฝั่งทะเลอันดามันถูกใช้ประโยชน์จากการทำประมงสูงกว่าอ่าวเบงกอลมาก แต่ผลผลิตรวมของระบบนิเวศชายฝั่งทะเลอันดามันมีค่าที่ค่อนข้างสูงเช่นกัน

อัตราส่วนของการผลิตขั้นต้นทั้งหมดต่อการหายใจทั้งหมด (PP/R) แสดงถึงสถานะของระบบนิเวศ ในระบบนิเวศที่กำลังมีการพัฒนา โดยที่อัตราการผลิตขั้นต้นสูงกว่าพลังงานที่ใช้ในระบบจะแสดงอัตราส่วน PP/R มากกว่า 1 ระบบนิเวศที่ถูกใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่อัตราส่วน PP/R ควรเข้าใกล้ 1 เมื่อระบบนิเวศสูญเสียสมดุลอย่างรุนแรง PP/R จะมีค่าต่ำกว่า 1 (Odum, 1974) โดยอัตราส่วน PP/R ของการศึกษานี้คือ 2.037 ซึ่งมีค่าสูงกว่า 1 และสูงกว่าระบบนิเวศอ่าวเบงกอล (1.351) (Ullah et al., 2012) แต่ยังมีค่าต่ำกว่าระบบนิเวศปากแม่น้ำเพิร์ล ประเทศจีน (2.867) (Wang et al., 2012) ประกอบกับค่าความหลากหลายทางชีวภาพของ Shannon's index เท่ากับ 1.206 ซึ่งแสดงว่าระบบนิเวศทะเลอันดามันมีผลผลิตสัตว์น้ำที่ค่อนข้างหลากหลายและอุดมสมบูรณ์ แต่ลำดับชั้นอาหารเฉลี่ยของสัตว์น้ำทุกชนิดที่ได้จากการทำประมงมีค่า 2.532 ซึ่งถือว่าค่อนข้างต่ำ แสดงให้เห็นว่าผลผลิตสัตว์น้ำที่ได้จากการทำประมงส่วนใหญ่เป็นสัตว์น้ำขนาดเล็ก รวมถึงลูกสัตว์น้ำวัยอ่อนจำนวนมาก สะท้อนไปถึงเครื่องมือประมงที่มีปริมาณการจับสัตว์น้ำสูงที่สุดในการทำประมงชายฝั่งทะเลอันดามัน คือ อวนลากและอวนล้อมจับ ซึ่งอาจเป็นต้นเหตุของการทำประมงเกินกำลังผลิตของระบบนิเวศ (overfishing) ข้อมูลพื้นฐานนี้จึงสามารถใช้สนับสนุนสำหรับการจัดการประมง และรักษาความสมดุลระหว่างสายใยอาหารในระบบนิเวศและการทำประมงของชายฝั่งทะเลอันดามัน

Table 2 Statistics of Andaman Sea ecosystem estimated by Ecopath model.

Parameter	Value	Units
Sum of all consumption	6473.927	t/km ² /year
Sum of all exports	4030.758	t/km ² /year
Sum of all respiratory flows	4140.063	t/km ² /year
Sum of all flows into detritus	4630.537	t/km ² /year
Total system throughput	19275.29	t/km ² /year
Sum of all production	9441.506	t/km ² /year
Mean trophic level of the catch	2.532413	
Gross efficiency (catch/net p.p.)	0.00247717	
Calculated total net primary production	8436.502	t/km ² /year
Total primary production/total respiration	2.037771	
Net system production	4296.438	t/km ² /year
Total primary production/total biomass	38.3411	
Total biomass/total throughput	0.01141555	/year
Total biomass (excluding detritus)	220.0381	t/km ²
Total catch	14.597	t/km ² /year
Shannon diversity index	1.206	

แนวทางการจัดการประมงที่เหมาะสมกับระบบนิเวศชายฝั่งทะเลอันดามัน

เดิมที่ประเทศไทยใช้หลักการการทำประมงแบบเสรี (open access) มีการจับสัตว์น้ำที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ โดยเฉพาะกลุ่มปลาขนาดใหญ่หรือสัตว์น้ำที่มีบทบาทเป็นผู้ล่าในลำดับขั้นทางอาหารสูง (Panayotou, 1980) ไม่มีการควบคุมการทำประมงอย่างเคร่งครัด และไม่มีการศึกษาผลกระทบของการทำประมงต่อโครงสร้างของระบบนิเวศ การศึกษาครั้งนี้พบว่า EE ค่อนข้างสูง (>0.6) แสดงว่า ผู้ล่าชั้นสูง เช่น *Istiophorus platypterus*, *Scomberomorus commerson*, *Thunnus tonggol* ถูกนำไปใช้ประโยชน์ด้านการประมงมากเกินไป ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของสัตว์น้ำที่ถูกจับจากการทำประมงต่ำ (2.532) แสดงถึงระบบนิเวศที่กำลังเข้าสู่ภาวะการทำประมงในกลุ่มปลาที่อยู่ในลำดับขั้นอาหารต่ำ เนื่องจากสัตว์น้ำที่มีลำดับขั้นอาหารสูงถูกจับโดยการทำประมงอย่างหนัก สัตว์น้ำที่เข้าสู่วัฏจักรเจริญพันธุ์ที่พร้อมจะเติบโตเป็นปลาขนาดใหญ่มีจำนวนลดลง ทำให้ปลาที่อยู่ในลำดับขั้นทางอาหารต่ำกว่ามีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ประกอบกับ Department of Fisheries (2019) รายงานว่า เรือที่ทำประมงในฝั่งทะเลอันดามันเป็นเรือประมงพื้นบ้าน 78% และเรือประมงพาณิชย์ 22% แต่ปริมาณสัตว์น้ำที่จับได้โดยเรือประมงพาณิชย์มีมากกว่า 80% โดยเครื่องมือประมงหลัก ได้แก่ อวนลากหน้าดิน อวนล้อมจับ และอวนครอบ ซึ่งเป็นเครื่องมือประมงที่ไม่คัดเลือกสัตว์น้ำเป้าหมาย (non selective gear) และมีศักยภาพการจับสัตว์น้ำสูงมาก

จากผลการจำลองระบบนิเวศด้วยแบบจำลองอีโคพาธแสดงให้เห็นว่าระบบนิเวศแห่งนี้ยังสามารถรองรับการทำประมงได้ในปริมาณการลงแรงทำประมงที่เหมาะสม จากอัตราส่วน PP/R ที่มากกว่า 1 (2.037) ดังนั้นการจัดการทรัพยากรประมงเชิงระบบนิเวศ (ecosystem-based fisheries management) ที่มีหลักการพื้นฐาน คือ สร้างความรู้และความเข้าใจถึงลักษณะพื้นฐาน โครงสร้างความสัมพันธ์ภายในระบบนิเวศ และผลกระทบที่เกิดจากการทำประมง (FAO, 2003; Pikitch et al., 2004) เพื่อลดความเสี่ยงต่อการเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศและสมดุลโครงสร้างของสัตว์น้ำที่ค้ำเนิงถึงประโยชน์ทางเศรษฐกิจและสังคมของชาวประมงในระยะยาว ที่น่าจะเหมาะสมต่อการทำประมงชายฝั่งทะเลอันดามัน รัฐและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องต้องเคร่งครัดในการลดจำนวนหรือยกเลิกเครื่องมือประมงที่จับสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่ขนาดเล็กมากเกินไป จำกัดขนาดตาอวน และห้ามทำประมงในบางฤดูกาลและบางพื้นที่ มีบทลงโทษอย่างจริงจังต่อผู้ที่ฝ่าฝืน ส่งเสริมแนวทางเพิ่มมูลค่าให้สินค้าประมงจากสัตว์น้ำขนาดเล็กเพื่อลดปริมาณการจับสัตว์น้ำในลำดับขั้นอาหารต่ำโดยไม่กระทบต่อรายได้ของชาวประมง และเพิ่มประสิทธิภาพด้วยการจัดการประมงอย่างมีส่วนร่วม สนับสนุนการจัดตั้งกลุ่มชาวประมงเพื่อให้ชาวประมงมีส่วนร่วมวางแผนการจัดการทรัพยากรประมง สะดวกต่อการให้ความรู้ และสามารถสร้างต้นแบบที่ดีในการทำประมงอย่างถูกต้อง

สรุปผลการศึกษา

การประเมินลำดับขั้นอาหารของสัตว์น้ำจากการทำประมงชายฝั่งทะเลอันดามันด้วยแบบจำลองอีโคพาธ เพื่อแสดงลำดับขั้นอาหาร สายใยอาหาร และสถานะของระบบนิเวศจากการทำประมง พบว่า ระบบนิเวศนี้ประกอบด้วยลำดับขั้นอาหาร 3 ลำดับด้วยกัน (TL; 1-3.872) โดยมีปลากระโทงแทง (*Istiophorus platypterus*) เป็นผู้ล่าในลำดับขั้นอาหารสูงสุด (TL; 3.872) สายใยอาหารมีความสัมพันธ์ซับซ้อน มีการทดแทนกันของสัตว์น้ำในลำดับขั้นอาหารเดียวกัน ซึ่งแสดงถึงคุณลักษณะของระบบนิเวศทางทะเลเขตร้อนที่มีความหลากหลายของชนิดสัตว์น้ำ มีการควบคุมลำดับขั้นอาหารจากผู้ล่าลำดับสูงแบบบนสู่ล่าง (top down control) ลำดับขั้นการกินเฉลี่ยของสัตว์น้ำทุกชนิดที่ได้จากการทำประมงในช่วงเวลาที่ศึกษามีค่าค่อนข้างต่ำ (2.532) ในขณะที่ค่า EE ของสัตว์น้ำส่วนใหญ่มีค่าค่อนข้างสูง (>0.6) แสดงว่าสัตว์น้ำกลุ่มลำดับขั้นอาหารต่ำซึ่งมีบทบาทสำคัญในการถ่ายทอดพลังงานภายในสายใยอาหารถูกนำไปใช้ประโยชน์จากการทำประมงมาก ผลการจำลองระบบนิเวศแสดงให้เห็นว่าระบบนิเวศชายฝั่งทะเลอันดามันยังสามารถรองรับปริมาณการทำประมงได้ แนวทางการจัดการประมงที่เหมาะสมและสอดคล้องกับคุณลักษณะของระบบนิเวศ คือ การจัดการทรัพยากรประมงเชิงระบบนิเวศ ร่วมกับการจัดการประมงอย่างมีส่วนร่วม มีมาตรการและบทลงโทษอย่างจริงจังในการลดจำนวนหรือยกเลิกอุปกรณ์ประมงที่มีสัดส่วนการจับสัตว์น้ำเศรษฐกิจวัยอ่อนในปริมาณมาก จำกัดขนาดตาอวน ห้ามทำประมงในบางพื้นที่ และเพิ่มมูลค่าสินค้าประมงเพื่อไม่ให้กระทบต่อรายได้ของชาวประมงในพื้นที่

เอกสารอ้างอิง

- Carpenter, K., and Niem, V. 1999. *FAO species identification guide for fishery purposes: the living marine resources of the western central Pacific. Volume 4. Bony fishes part 2 (Mugilidae to Carangidae)*. Rome: FAO.
- Christensen, V. 1998. Fishery-induced changes in a marine ecosystem: insight from models of the Gulf of Thailand. *Journal of Fish Biology* 53: 128-142.
- Christensen, V., and Pauly, D. 1993. Trophic models of aquatic ecosystems. In *ICLARM conference proceedings* 26: 1-390.

- Christensen, V., Walters, C., Ahrens, J., Alder, R., Buszowski, J., Christensen L. B., and Karpouzi, V. 2009. Database-driven models of the world's large marine ecosystems. *Ecological Modelling* 220(17): 1984-1996.
- Christensen, V., Walters, C., and Pauly, D. 2005. *Ecopath with Ecosim: a user's guide*. Vancouver: Fisheries Centre, University of British Columbia.
- Christensen, V., Walters, C., Pauly, D., and Forrest, R. 2008. *Ecopath with Ecosim version 6: user's guide*. Vancouver: Fisheries Centre, University of British Columbia.
- Department of Fisheries. 2019. *Fisheries statistics of Thailand 2017, No. 9/2019*. Bangkok: Ministry of Agriculture and Cooperatives.
- FAO. 2003. *FAO technical guidelines for responsible fisheries No 4, Supplement 2*. Rome: FAO.
- Froese, R., and Pauly, D. 2018. Ecopath parameter. FishBase. <http://www.FishBase.org> (8 October 2018).
- Google Earth Maps. 2019. Overview. <http://www.google.com/earth/>. (20 November 2019).
- Hyslop, E. J. 1980. Stomach contents analysis-a review of methods and their application. *Journal of Fishery Biology* 17: 411-429.
- Kimura, S., Satapoomin, U., and Matsuura, K. 2009. *Fishes of Andaman Sea: west coast of southern Thailand*. Tokyo: National Museum of Nature and Science.
- Odum, E. P. 1974. *Ecologia*. México: Interamericana.
- Palomares, M. L. D., and Pauly, D. 1989. Predicting food consumption of fish populations as functions of mortality, food type, morphometrics, temperature and salinity. *Marine and Freshwater Research* 49(5): 447-453.
- Panayotou, T. 1980. Economic conditions and prospects of small-scale fishermen in Thailand. *Marine Policy* 4(2): 142-146.
- Panjarat, S. 2008. Sustainable fisheries in the Andaman Sea coast of Thailand. In *The United Nations-Nippon Foundation Fellowship program 2007-2008 conference*. pp. 107. New York.
- Pauly, D., Christensen, V., and Walters, C. 2000. Ecopath, Ecosim, and Ecospace as tools for evaluating ecosystem impact of fisheries. *Journal of Marine Science* 57: 697-706.
- Pauly, D., Christensen, V., Dalsgaard, J., Froese, R., and Torres, F. 1998. Fishing down marine food webs. *Science* 279(5352): 860-863.
- Pikitch E. K., Santora, C., Babcock, E. A., Bakun, A., Bonfil, R., Conover, D. O., Dayton, P. et al. 2004. Ecosystem-based fishery management. *Science* 305: 346-347.
- Roberts, C. M. 1995. Effects of fishing on the ecosystem structure of coral reefs. *Conservation Biology* 9: 988-995.
- Sawusdee, A. 2007. Bandon Bay and its offshore islands management planning project: analysis and diagnosis of the coastal production systems (Fisheries sector). Coastal habitats and resources management project. pp.1-119.
- Ullah, M. H., Rashed-Un-Nabi, M., and Al-Mamun, M. A. 2012. Trophic model of the coastal ecosystem of the Bay of Bengal using mass balance Ecopath model. *Ecological Modelling* 225: 82-94.
- Wang, Y., Li, S., Duan, L., and Liu, Y. 2012. Fishery policy exploration in the Pearl River Estuary based on an Ecosim model. *Ecological Modelling* 230: 34-43.
- Xu, S., Chen, Z., Li, S., and He, P. 2011. Modeling trophic structure and energy flows in a coastal artificial ecosystem using mass-balance Ecopath model. *Estuaries and Coasts* 34: 351-363.

วันรับบทความ (Received date) : 14 พ.ย. 62

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 30 ม.ค. 63

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 16 มี.ค. 63

**การถ่ายทอดความรู้แบบมีส่วนร่วมผ่านบทเรียน:
การเสริมสร้างความมั่นคงทางเศรษฐกิจแก่ครัวเรือนชาวประมงในจังหวัดพัทลุง**
**Participatory Knowledge Transfer with Lessons:
Enhancing Economic Security for Fishing Households in Phatthalung Province**

ปฐวิชัย พิทยาภินันท์^{1*}
Purawich Phitthayaphinant^{1*}

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความต้องการความรู้ของครัวเรือนชาวประมง รวมทั้งเพื่อจัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการให้แก่ชาวประมง และเพื่อประเมินผลลัพธ์จากการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการให้แก่ชาวประมง โดยเลือกหมู่บ้านชายคลอง ตำบลพนางตุง อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง เป็นพื้นที่วิจัย กลุ่มตัวอย่าง คือ ชาวประมง ซึ่งใช้การเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง การรวบรวมข้อมูลใช้การสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง การสนทนาตามธรรมชาติ การจดบันทึก เทปบันทึกเสียง แบบสอบถามเชิงโครงสร้าง และการสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วม การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนาและการวิเคราะห์เนื้อหาที่ปรากฏ ผลการวิจัยพบว่า ชาวประมงมีความต้องการความรู้ในเรื่องการทำลูกชิ้นไก่และขนมเปียกปูนกะทิสด ฐานการเรียนรู้แบ่งเป็น 2 ฐาน โดยใช้การสาธิตและการบรรยายโดยวิทยากร ตลอดจนการให้ปฏิบัติจริง ชาวประมงมีความพึงพอใจจากการเข้ารับการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการโดยภาพรวมในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.48 \pm 0.45$) ความพึงพอใจด้านประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{x} = 4.60 \pm 0.54$) รองลงมาคือด้านระยะเวลา สถานที่ และสิ่งอำนวยความสะดวก ($\bar{x} = 4.52 \pm 0.49$) และด้านวิทยากร ($\bar{x} = 4.40 \pm 0.44$) ตามลำดับ ประเด็นความเหมาะสมของระยะเวลาในการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ และการนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ในการประกอบอาชีพเสริมมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดและเท่ากัน ($\bar{x} = 4.67 \pm 0.49$) หลังจากนั้น 6 เดือนได้มีการประเมินผลโครงการ ซึ่งพบว่า ชาวประมงส่วนหนึ่งได้นำความรู้ที่ได้รับจากการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการไปใช้ทำอาหารเพื่อรับประทานภายในครัวเรือน รวมทั้งได้ถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์ให้แก่บุคคลอื่น แต่ชาวประมงทั้งหมดไม่ได้นำความรู้ไปใช้ประกอบอาชีพเสริม เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องเวลา หน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องสามารถนำผลการวิจัยไปใช้ประกอบการวางแผนพัฒนาอาชีพให้แก่ครัวเรือนชาวประมงต่อไป

คำสำคัญ: การถ่ายทอดความรู้ การฝึกอบรม การมีส่วนร่วม ชาวประมง รายได้

Abstract

The aims of this research were to study the information and knowledge needs of fishing households, to provide training workshops for the fishermen, and to evaluate the outcomes of the training workshops for the fishermen. The study area was in Chaiklong village, Phanangtung sub-district, Khuan Kanun district, Phatthalung province. The sample fishermen were selected using purposive selection. Primary data were collected using unstructured interviews, natural conversations, field notes, tape recordings, structured questionnaires, and non-participant observation. The data were analyzed using descriptive statistics and manifest content analyses. The results showed the fishermen needed knowledge concerned with making chicken balls and Pandanus pudding in coconut cream. The workshop featured demonstration and explanation given by the trainers and practical application of the new knowledge and skills by the fishermen. The fishermen were most satisfied with the overall training workshop ($\bar{x} = 4.48 \pm 0.45$). A breakdown of satisfaction of various aspects of the workshops revealed that benefits from the project received the highest average rating ($\bar{x} = 4.60 \pm 0.54$), and it was followed by satisfaction with period of time, place and facility ($\bar{x} = 4.52 \pm 0.49$), and satisfaction with the trainers ($\bar{x} = 4.40 \pm 0.44$). The issues of the appropriateness of the period of time of the training workshop and the practical application of knowledge for part-time self-employment received the highest average rating ($\bar{x} = 4.67 \pm 0.49$). After 6 months, the project was evaluated. It was found that some fishermen had applied the workshop experience to cooking in their households,

¹ คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง อ. ปาพะยอม จ. พัทลุง 93210

¹ Faculty of Technology and Community Development, Thaksin University, Phatthalung Campus, Pa Phayom, Phatthalung 93210

*Corresponding author, Email: p_paratsanant@yahoo.co.th

and they had transferred the knowledge and experience to the others. However, some of the fishermen had not been able to apply the workshop content to part-time self-employment due to time constraints. Finally, it was found that related government agencies can benefit from the application of these research findings. The findings can enable them to better design and implement occupational development for fishing households.

Keywords: knowledge transfer, training, participation, fisherman, income

คำนำ

ผลการสำรวจเบื้องต้น (reconnaissance survey) จากการสัมภาษณ์ชาวประมงพบว่า สภาพพื้นที่โดยทั่วไปของ หมู่ที่ 4 (บ้านชายคลอง) ตำบลพนางตุง อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง เป็นที่ราบลุ่ม ทำให้เกิดน้ำท่วมขังได้ง่ายและนาน ในช่วงฤดูฝน ประชากรส่วนใหญ่ในพื้นที่ทำประมงเป็นอาชีพหลัก เพราะมีอาณาเขตติดกับทะเลสาบสงขลา โดยใช้แรงงานชาย เป็นแรงงานหลัก และมีอาชีพเสริมคือ การทำผลิตภัณฑ์หัตถกรรมจากกระจูด ซึ่งเป็นการประยุกต์ภูมิปัญญาท้องถิ่นที่สั่งสมและ สืบทอดมาจากบรรพบุรุษ รวมทั้งภูมิปัญญาท้องถิ่นที่เกิดจากการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์การลองผิดลองถูกมาเป็นเวลานาน โดยใช้แรงงานหญิงเป็นแรงงานหลัก นอกจากนี้หลายครัวเรือนมีที่พักอาศัยอยู่บนพื้นน้ำและไม่มีพื้นที่ถือครองบนพื้นดิน ทำให้ ไม่สามารถปลูกพืชหรือเลี้ยงสัตว์ในเชิงพาณิชย์ได้ อีกทั้งยังไม่สามารถประกอบอาชีพอื่นได้อย่างอิสระ อันเนื่องมาจากข้อจำกัด ในเรื่องทุนการดำรงชีพ (ทุนทางธรรมชาติ ทุนทางกายภาพ ทุนทางการเงิน ทุนมนุษย์ และทุนทางสังคม) ได้แก่ ความแปรปรวน ของสภาพภูมิอากาศ ภัยธรรมชาติ ความร่อยหรอของทรัพยากรในท้องถิ่น ระบบคมนาคมขนส่งไม่เอื้ออำนวย ขาดแคลนเงินทุน ไม่มีความรู้ในการประกอบอาชีพอื่น แรงงานครัวเรือนส่วนใหญ่เป็นผู้สูงอายุซึ่งมีสุขภาพไม่แข็งแรงหรือมีโรคประจำตัว โดยเฉพาะ อย่างยิ่งโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ไม่ได้มีการสร้างเครือข่ายกับกลุ่มอื่น ๆ นอกพื้นที่ และไม่มีหน่วยงาน/สถาบัน/องค์กรเข้ามาส่งเสริม ความรู้แก่ชุมชนอย่างเป็นรูปธรรม

ปัจจุบันครัวเรือนชาวประมงในพื้นที่กำลังประสบกับปัญหาความเสื่อมโทรมของทรัพยากรประมง อันเนื่องมาจากการจับสัตว์น้ำด้วยวิธีการที่ไม่เหมาะสมและผิดกฎหมายด้านการประมงตามพระราชกำหนดการประมง พ.ศ. 2558 มาตรา 60 นั่นคือ การใช้กระแสไฟฟ้าทำการประมง (สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา, 2560) โดยปราศจากการจัดการจากหน่วยงาน ภาครัฐที่เกี่ยวข้องอย่างเป็นรูปธรรม ทำให้สัตว์น้ำตายเป็นจำนวนมาก รวมถึงไม่เจริญเติบโต เป็นหมัน และเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ อีกทั้งยังทำให้ระบบนิเวศของแหล่งน้ำเสียสมดุล นอกจากนี้ยังมีสาเหตุมาจากการจับสัตว์น้ำเกินขนาด เพราะทรัพยากรประมง เป็นทรัพยากรที่ฟื้นฟูได้ แต่อาจสูญสิ้นได้ถ้ามีการจับสัตว์น้ำมากกว่าอัตราการฟื้นฟูขึ้นมาใหม่ ตลอดจนทรัพยากรประมงยังมี ลักษณะเป็นทรัพยากรสิ้นรวมหรือทรัพยากรที่ส่วนรวมเป็นเจ้าของ ทำให้การใช้ทรัพยากรดังกล่าวเป็นไปตามหลักการที่ว่า “ใครมาก่อน จะได้รับประโยชน์ก่อน” จนเกิดปรากฏการณ์ “มือใครยาวสาวได้สาวเอา” ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบต่อชาวประมง ในรุ่นปัจจุบันและรุ่นหลังคือผลตอบแทนจากการทำประมงจะลดลง เนื่องจากประชากรสัตว์น้ำในแหล่งน้ำมีจำนวนลดลง ทำให้ สัตว์น้ำที่จับได้มีจำนวนลดลงและต้องใช้ต้นทุนการจับสัตว์น้ำสูงขึ้น อันนำมาซึ่งความไม่มั่นคงในอาชีพการทำประมง นอกจากนี้ การทำผลิตภัณฑ์หัตถกรรมจากกระจูดเป็นอาชีพเสริมยังประสบกับปัญหาการขาดแคลนกระจูด ทำให้ชาวประมงไม่สามารถ ผลิตผลิตภัณฑ์ดังกล่าวได้ตามที่ควรจะเป็น

ปัญหาการขาดแคลนกระจูดเป็นปัญหาที่สำคัญอีกประการหนึ่งของครัวเรือนชาวประมงในพื้นที่ ซึ่งใช้กระจูดเป็น วัตถุดิบหลักในการผลิตผลิตภัณฑ์หัตถกรรมจักสานจากกระจูด เช่น กระเป่า เสื่อ เสื่อสำหรับปูโต๊ะ แผ่นรองแก้ว/จาน เนื่องจาก กระจูดซึ่งหามาจากเขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อยถูกนกฟริกทำลาย และไม่สามารถป้องกันความเสียหายที่เกิดขึ้นได้ ทำให้ต้อง ซื้อกระจูดจากพ่อค้าที่เข้ามาขายในพื้นที่ และราคากระจูดมีการเปลี่ยนแปลงตามสถานการณ์ นอกจากนี้ในปัจจุบันมีการใช้ เครื่องรีดกระจูดแทนหินรีดกระจูดกันมากขึ้น เพราะมีความสะดวกและรวดเร็วกว่า ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์หัตถกรรม จักสานจากกระจูดสูงขึ้น ขณะที่ผลิตภัณฑ์หัตถกรรมจักสานจากกระจูดที่ขายได้มีจำนวนลดลงจากในอดีต อีกทั้งบางครัวเรือน ทำการผลิตตามคำสั่งซื้อของพ่อค้า/แม่ค้าที่ขายผลิตภัณฑ์หัตถกรรมจักสานจากกระจูดในร้านค้าบริเวณอุทยานนกน้ำทะเลน้อย เท่านั้น ทำให้เกิดการว่างงานชั่วคราวและการว่างงานแบบแฝง เพราะในปัจจุบันนักท่องเที่ยวที่เดินทางเข้ามาท่องเที่ยวในพื้นที่ ทะเลน้อยมีจำนวนไม่แน่นอน ซึ่งมีผลต่อจำนวนผลิตภัณฑ์หัตถกรรมจักสานจากกระจูดที่ขายได้ รวมถึงขอบเขตและขนาดของ ตลาดรองรับผลิตภัณฑ์หัตถกรรมจักสานจากกระจูดยังอยู่ในวงจำกัด จึงทำให้รายได้จากผลิตภัณฑ์เหล่านี้ของครัวเรือนชาวประมง มีความไม่แน่นอนตามไปด้วย

จากปัญหาดังที่กล่าวไปข้างต้น ทำให้ชาวประมงมีความเครียดและความวิตกกังวลเกี่ยวกับรายได้ที่ลดลงหลายพันบาท และไม่แน่นอน ขณะที่รายจ่ายยังคงที่หรือเพิ่มขึ้นในบางช่วง ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตของครัวเรือนชาวประมง

ให้ดีขึ้น การวิจัยครั้งนี้ได้ตระหนักดีว่า การประกอบอาชีพใด ๆ ก็ตาม จะต้องอาศัยความรู้เป็นพื้นฐาน และได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการส่งเสริมความรู้ในรูปแบบของการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ ซึ่งเป็นวิธีการเพิ่มพูนความรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเกิดการเรียนรู้ทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ รวมถึงสามารถนำสิ่งที่ได้รับการฝึกอบรมไปปฏิบัติงานในสถานการณ์จริงได้ อีกทั้งการถ่ายทอดความรู้ผ่านกิจกรรมการฝึกอบรมยังมีส่วนช่วยเสริมความรู้ในเรื่องนั้นที่อยู่ในรูปความรู้ชัดแจ้งด้วย เช่น ความรู้ในเอกสาร (ลั่นทม จอนจวบทรง และณรร ธรรมบุญวิธ, 2556) ลักษณะของการฝึกอบรมประเภทนี้แบ่งการดำเนินการได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นการให้ความรู้จากวิทยากรเพื่อเพิ่มพูนความรู้และความเข้าใจแก่ผู้เข้ารับการฝึกอบรม และส่วนที่ 2 เป็นการปฏิบัติการของผู้เข้ารับการฝึกอบรม โดยการนำความรู้ที่ได้รับไปปฏิบัติ (ฐิระ ประวาลพฤษ, 2538) นอกจากนี้ บุหลัน กุลวิจิตร (2560) ได้กล่าวว่า การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเป็นวิธีการที่น่าสนใจ ไม่น่าเบื่อ และช่วยฝึกทักษะให้กับผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้หากมีทีมงานในจำนวนที่เหมาะสม และช่วยกันดูแลให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมทุกคนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติให้มากที่สุดจะได้ผลดียิ่งขึ้น

การวิจัยครั้งนี้ได้ถ่ายทอดความรู้แบบมีส่วนร่วมผ่านบทเรียนด้วยการจัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการให้แก่ชาวประมง ซึ่งทำให้ชาวประมงได้ทั้งความรู้ ทักษะ และประสบการณ์จากการปฏิบัติจริงในเรื่องที่ต้องการ ตลอดจนสามารถนำสิ่งที่ได้รับนี้ไปใช้ประกอบอาชีพเสริม เพื่อเสริมสร้างความมั่นคงทางเศรษฐกิจของครัวเรือน โดยได้กำหนดวัตถุประสงค์ของการวิจัยไว้ 3 ประการ คือ (1) เพื่อศึกษาความต้องการความรู้ของครัวเรือนชาวประมง (2) เพื่อจัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการให้แก่ชาวประมง และ (3) เพื่อประเมินผลลัพธ์จากการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการให้แก่ชาวประมง การวิจัยครั้งนี้จะทำให้ชาวประมงที่เข้ารับการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการมีความรู้ ทักษะ และประสบการณ์จากการปฏิบัติจริง เพื่อนำไปใช้ประกอบอาชีพเสริม อันจะนำไปสู่การลดความเสี่ยงด้านรายได้ อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมให้ชาวประมงได้ใช้เวลาว่างให้เกิดประโยชน์อีกด้วย นอกจากนี้หน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง เช่น สำนักงานเกษตร สำนักงานพัฒนาชุมชน องค์การบริหารส่วนตำบล สถาบันการศึกษา สามารถนำไปใช้ในการประกอบการวางแผนพัฒนาอาชีพให้แก่ครัวเรือนชาวประมงในพื้นที่วิจัย และพื้นที่อื่นที่มีบริบทแวดล้อมใกล้เคียงกันหรือคล้ายคลึงกันได้

วิธีการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้ได้ดำเนินการในจังหวัดพัทลุง โดยเลือกหมู่ที่ 4 ตำบลพนางตุง อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง เป็นพื้นที่วิจัยตามเหตุผลที่ได้กล่าวไปแล้ว สำหรับวัตถุประสงค์ประการแรก ได้รวบรวมข้อมูลในช่วงเดือนมีนาคม โดยใช้การสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้างตามประเด็น/แนวคำถามที่กำหนดไว้ และการสนทนาลงตามธรรมชาติในกรณีที่ต้องการข้อมูลเพิ่มเติมหรือคำอธิบายเพิ่มเติมจากสิ่งที่สังเกตเห็นขณะรวบรวมข้อมูล (ศิริพร จิรวัฒนกุล, 2555) เกี่ยวกับความต้องการที่จะประกอบอาชีพเสริมและความรู้ที่ต้องการ โดยเฉพาะเจาะจงเฉพาะความรู้ด้านการทำอาหารเท่านั้น เนื่องจากชาวประมงมีความเห็นว่า การทำอาหารใช้เงินทุนไม่มาก รวมทั้งสามารถจัดหาวัตถุดิบและอุปกรณ์ในการทำอาหารได้ง่ายจากที่พักอาศัยหรือในตลาดชุมชน และมีขั้นตอนการทำไม่ยุ่งยาก กลุ่มตัวอย่าง คือ ครัวเรือนชาวประมงจำนวน 40 ครัวเรือน (1 ครัวเรือนต่อตัวแทนชาวประมง 1 ราย) ซึ่งใช้การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง โดยมีเกณฑ์ในการเลือก คือ เป็นครัวเรือนชาวประมงที่มีการทำประมงเป็นอาชีพหลัก และทำผลิตภัณฑ์หัตถกรรมจากกระจูดเป็นอาชีพเสริม รวมทั้งได้รับผลกระทบทางเศรษฐกิจและสังคมจากปัญหาความเสื่อมโทรมของทรัพยากรประมง และปัญหาเกี่ยวกับกระจูดดังที่ได้กล่าวไปแล้ว การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่และค่าร้อยละ รวมถึงใช้การจัดอันดับเพื่อเลือกบทเรียนสำหรับจัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการที่มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับความต้องการที่แท้จริงของครัวเรือนชาวประมง ตลอดจนการวิเคราะห์เนื้อหาที่ปรากฏ

สำหรับวัตถุประสงค์ประการที่ 2 ได้วางแผนเตรียมความพร้อมในการจัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการโดยประสานงานไปยังผู้ใหญ่บ้านของหมู่ที่ 4 ตำบลพนางตุง อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง เพื่อจัดเตรียมสถานที่ที่ใช้ในการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ นั่นคือ ศาลาหมู่บ้าน และนัดหมายตัวแทนครัวเรือนชาวประมงที่มีความสะดวกหรือความสมัครใจและพร้อมที่จะเป็นผู้เรียนรู้ซึ่งมีจำนวน 15 ราย นอกจากนี้ได้จัดหาวัตถุดิบและอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ รวมทั้งจัดเตรียมเนื้อหาและสื่อ ได้แก่ บอร์ดความรู้ แผ่นพับ ตลอดจนใบลงทะเบียนและแบบสอบถามเชิงโครงสร้างเกี่ยวกับความพึงพอใจจากการเข้ารับการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ เพื่อใช้ประเมินผลโครงการจัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ ซึ่งประกอบด้วย 3 ด้าน ได้แก่ (1) ความพึงพอใจด้านวิทยากร (2) ความพึงพอใจด้านระยะเวลา สถานที่ และสิ่งอำนวยความสะดวก และ (3) ความพึงพอใจด้านประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการ ในการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการได้ดำเนินการในวันที่ 11 เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2561 โดยใช้การสาธิตวิธีประกอบการบรรยาย และเปิดโอกาสให้ชาวประมงได้ปฏิบัติจริงหรือมีส่วนร่วมในทุกขั้นตอน ซึ่งนรินทร์ชัย พัฒนพงศา (2542 อ้างโดย นรินทร์ชัย พัฒนพงศา, 2547) ได้กล่าวว่า การสร้างทักษะที่เหมาะสมควรใช้การสาธิตวิธี ซึ่งเป็นการแสดงการปฏิบัติ

ในขั้นตอนต่าง ๆ ให้ชาวประมงได้เห็น ขณะที่นิรันดร์ จุลทรัพย์ (2544) ได้กล่าวในทำนองเดียวกันว่า การสาธิตเหมาะสำหรับการฝึกอบรมที่ต้องแสดงให้เห็นขั้นตอนตามลำดับ ซึ่งจะช่วยให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเข้าใจได้อย่างชัดเจนกว่าการฟังบรรยายเพียงอย่างเดียว และสมคิด บางโม (2549) ได้กล่าวว่า การสาธิตมีความน่าเชื่อถือสูง ช่วยให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเกิดความเข้าใจได้อย่างรวดเร็ว และเป็นวิธีที่ช่วยเพิ่มทักษะของผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้ดี ไม่น่าเบื่อ และสามารถปฏิบัติได้หลายครั้ง

ในวัตถุประสงค์ประการที่ 2 นี้ยังได้มีการรวบรวมข้อมูลโดยใช้การสนทนาตามธรรมชาติและการสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วมอีกด้วย การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน รวมถึงการวิเคราะห์เนื้อหาที่ปรากฏ ข้อคำถามความพึงพอใจจากการเข้ารับการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการมีลักษณะแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ คือ 5 แทนมากที่สุด 4, 3, 2 และ 1 แทน มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด ตามลำดับ โดยกำหนดเกณฑ์การประเมินระดับความพึงพอใจตามวิธีการหาอันตรภาคชั้นของธำนิษฐ์ ศิลปจารุ (2555) คือ มากที่สุด (4.21-5.00 คะแนน) มาก (3.41-4.20 คะแนน) ปานกลาง (2.61-3.40 คะแนน) น้อย (1.81-2.60 คะแนน) และน้อยที่สุด (1.00-1.80 คะแนน)

สำหรับวัตถุประสงค์ประการสุดท้าย หลังการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการผ่านไปแล้ว 6 เดือน คือ ในช่วงเดือนพฤศจิกายน ได้มีการรวบรวมข้อมูลโดยใช้การสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้างตามประเด็น/แนวคำถามที่กำหนดไว้ การสนทนาตามธรรมชาติ การจดบันทึก เทปบันทึกเสียง และการสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วม เพื่อติดตามผลลัพธ์หรือการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นต่อชาวประมงจำนวน 15 รายที่เข้ารับการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ และตอบคำถามที่ว่า ชาวประมงได้นำความรู้ที่ได้รับจากการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการไปใช้ประโยชน์หรือไม่ อย่างไร การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การวิเคราะห์เนื้อหาที่ปรากฏ

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ความต้องการความรู้ของครัวเรือนชาวประมงในพื้นที่วิจัย

ชาวประมงทั้งหมดมีความต้องการที่จะประกอบอาชีพเสริม เพื่อเพิ่มช่องทางในการสร้างรายได้และรายได้ให้แก่ครัวเรือน อันนำไปสู่คุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น แสดงให้เห็นว่า ชาวประมงมีความต้องการความมั่นคงในอาชีพตามทฤษฎีความต้องการตามลำดับขั้นของมาสโลว์ในขั้นที่ 2 คือ ความต้องการความปลอดภัย (ชูชัย สมितिไกร, 2554) และความต้องการขั้นพื้นฐานของเกษตรกรในขั้นต่ำสุด นั่นคือ ความต้องการด้านความมั่นคงและความปลอดภัยตามที่พนิต เข้มทอง (2528) ได้กล่าวไว้ ทั้งนี้เนื่องจากความเสี่ยงและความไม่แน่นอนที่ชาวประมงเผชิญอยู่ ตัวอย่างเช่น ราคาสินค้าอาหารและสินค้าอุปโภคบริโภคที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าครองชีพและค่าใช้จ่ายภายในครัวเรือนเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ประกอบกับภัยธรรมชาติ ซึ่งอยู่นอกเหนือการควบคุมของชาวประมง ทำให้สภาวะในความเป็นจริง หรือสภาวะที่เกิดขึ้นและดำรงอยู่ ณ ปัจจุบัน ชาวประมงมีรายได้ไม่แน่นอนและไม่เพียงพอกับรายจ่ายในครัวเรือน มีความแตกต่างจากสภาวะในอุดมคติ หรือสภาวะที่ชาวประมงมีความปรารถนา การมีรายได้ที่แน่นอนและเพียงพอกับรายจ่ายในครัวเรือน อีกทั้งชาวประมงบางรายยังประสบกับปัญหานี้สิน ซึ่งเป็นอุปสรรคในการก้าวสู่เศรษฐกิจฐานที่ดีขึ้น ส่งผลให้ชาวประมงเล็งเห็นถึงความจำเป็นของการประกอบอาชีพเสริมที่เหมาะสม กล่าวคือ อาชีพเสริมนั้นจะต้องไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานหลัก หรือสามารถทำควบคู่กับอาชีพหลักได้ เพราะเป็นการพัฒนาศักยภาพในการพึ่งพาตนเองทางเศรษฐกิจของชาวประมง ซึ่งภานุภา แฉ่มดอน (2551) ได้รายงานว่าการเข้าสู่อาชีพเสริมของบุคคลเป็นผลมาจากการที่บุคคลนั้นมีฐานะยากจน รวมถึงการได้รับคำแนะนำจากญาติพี่น้องและคนรู้จัก

ความรู้ด้านการทำอาหารที่ชาวประมงต้องการมีทั้งหมด 5 เรื่อง เรียงลำดับจากมากไปน้อย ได้แก่ การทำลูกชิ้นไก่ (15 คน (37.50%)) ขนมเปียกปูนกะทิสด (13 คน (32.50%)) การทำวุ้นมะพร้าว (6 คน (15.00%)) น้ำสมุนไพรร (3 คน (7.50%)) และมะละกอแก้ว (3 คน (7.50 %)) ตามลำดับ เนื่องจากเป็นอาหารที่สามารถทำเองได้ที่บ้าน มีขั้นตอนการทำไม่ยุ่งยาก และใช้ระยะเวลาในการทำไม่นาน โดยได้เลือกเรื่องที่มีความถี่และค่าร้อยละสูงสุด 2 อันดับแรก คือ การทำลูกชิ้นไก่ และขนมเปียกปูนกะทิสด เป็นบทเรียนสำหรับจัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการในครั้งนี้ ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับงานวิจัยของ จุฑา พิรพัทธะ (2550) ที่รายงานว่าการเปิดร้านเบเกอรี่เป็นเรื่องที่ประชาชนในพื้นที่วิจัยต้องการรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีมากที่สุด รวมถึงมีความต้องการความรู้ในเรื่องการทำขนมไทย และงานวิจัยของ จักรพงษ์ จิระแพทย์ และคณะ (2556) ที่รายงานว่าการทำขนมเป็นเรื่องหนึ่งที่ประชาชนในพื้นที่วิจัยให้ความสนใจและต้องการให้มีการจัดฝึกอบรม โดยพรสุลย์ นิลวิเศษ และพจน์ พรหมบุตร (2546) ได้ให้แนวคิดว่าการจัดฝึกอบรมให้แก่เกษตรกรต้องสามารถตอบสนองความต้องการของเกษตรกรได้ และเกษตรกรมีความสนใจที่จะเรียนรู้ในเรื่องนั้น ขณะที่กานดา จันทรย์แย้ม (2556) และชูชัย สมितिไกร (2556) ได้กล่าวว่า การวิเคราะห์ความต้องการในการฝึกอบรมเป็นขั้นตอนแรกที่มีความสำคัญมาก เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นสำหรับการออกแบบและพัฒนาโครงการฝึกอบรมให้สอดคล้องกับความต้องการที่แท้จริงของกลุ่มเป้าหมาย และเกิดประโยชน์สูงสุด

การจัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการให้แก่ชาวประมงในพื้นที่วิจัย

ชาวประมงที่เข้ารับการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเป็นเพศหญิงที่มีอายุอยู่ในวัยกลางคนทั้งหมด นอกจากนี้ยังมีคนรุ่นใหม่ (บุตรของชาวประมง) ที่อยู่ในวัยเรียนได้เข้าไปสังเกตการณ์อีกด้วย ซึ่งการจัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการให้แก่ชาวประมงมีการดำเนินการตามลำดับ โดยเริ่มจากการให้ชาวประมงที่เข้ารับการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการลงทะเบียน (Figure 1) ต่อมาพิธีกรชี้แจงรายละเอียดและวัตถุประสงค์ของโครงการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการในครั้งนี้ คือ เพื่อให้ชาวประมงมีความรู้และทักษะในการทำลูกชิ้นไก่และขนมเปียกปูนกะทิสด รวมทั้งสามารถนำความรู้และทักษะดังกล่าวไปใช้ประกอบอาชีพเสริมได้ จากนั้นทำการแบ่งชาวประมงออกเป็น 2 กลุ่มตามความสมัครใจโดยให้เลือกกันเอง (กลุ่มที่ 1 จำนวน 8 คน และกลุ่มที่ 2 จำนวน 7 คน) เพื่อเตรียมเข้าฐานการเรียนรู้ 2 ฐาน ประกอบด้วย ฐานการเรียนรู้ที่ 1 การทำลูกชิ้นไก่ และฐานการเรียนรู้ที่ 2 การทำขนมเปียกปูนกะทิสด โดยมีผู้ขายลูกชิ้นไก่และผู้ขายขนมเปียกปูนกะทิสดเป็นวิทยากรหลัก และนิสิตจำนวน 5 คน เป็นวิทยากรรอง (Figure 2) ซึ่งนิรันดร์ จุลทรัพย์ (2544) สมคิด บางโม (2549) และชูชัย สมิทธิไกร (2556) ได้กล่าวว่า การสาธิตเหมาะกับกลุ่มผู้เข้ารับการฝึกอบรมขนาดเล็กหรือจำนวนน้อย เพราะจะทำให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมองเห็นวิทยากรและสิ่งที่กำลังสาธิตได้อย่างชัดเจน ในทำนองเดียวกันวิบูลย์ บุญยธโรกุล (2545) ได้กล่าวว่า การฝึกอบรมกลุ่มขนาดเล็ก คือ จำนวนไม่เกิน 15 คน สามารถรักษาระดับปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิทยากรและผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้ดี เนื่องจากจำนวนผู้เข้ารับการอบรมมีไม่มาก ทำให้วิทยากรสามารถดูแลผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้อย่างทั่วถึง

หลังจากนั้นชาวประมงกลุ่มแรกเข้าฐานการเรียนรู้ที่ 1 การทำลูกชิ้นไก่ ส่วนชาวประมงกลุ่มที่ 2 เข้าฐานการเรียนรู้ที่ 2 การทำขนมเปียกปูนกะทิสด ทั้งนี้ในแต่ละฐานจะใช้ระยะเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง 30 นาที เมื่อครบตามระยะเวลาที่กำหนด จะให้ชาวประมงทั้ง 2 ฐานเปลี่ยนไปเรียนรู้อีกฐานหนึ่ง และในช่วงสุดท้ายพิธีกรกล่าวสรุปและปิดโครงการจัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ



Figure 1 Registration of the fishermen in the study area.



Figure 2 The training workshop for the fishermen in the study area.

บทเรียนแรกเป็นการทำลูกชิ้นไก่ วัตถุดิบที่ใช้ คือ เนื้อไก่ เกลือ น้ำตาลทราย พริกไทยป่น ผงฟู แป้งข้าวโพด น้ำเปล่า และน้ำจิ้มไก่ ส่วนอุปกรณ์ที่ใช้ คือ เตาแก๊ส เครื่องปั่น กะละมัง และช้อนตัก สำหรับขั้นตอนการทำลูกชิ้นไก่นี้มีดังนี้

ขั้นที่ 1 ล้างเนื้อไก่ให้สะอาดแล้วหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ

ขั้นที่ 2 นำเนื้อไก่มาปั่นจนละเอียด

ขั้นที่ 3 ผสมเครื่องหมักลูกชิ้นโดยใช้เกลือ น้ำตาลทราย พริกไทยป่น ผงฟู แป้งข้าวโพด และน้ำเปล่ามาผสมให้เข้ากัน

ขั้นที่ 4 นำเนื้อไก่ที่ได้จากขั้นที่ 2 ผสมกับเครื่องหมักลูกชิ้น แล้วนวดให้เข้ากัน หรือนวดไปเรื่อย ๆ จนเนื้อไก่เริ่มเหนียว

ขั้นที่ 5 ต้มน้ำให้ร้อนระดับปานกลาง จากนั้นขยี้เนื้อไก่ให้เต็มมือแล้วบีบลงไปในหม้อ และรอให้สุกประมาณ 2-3 นาที

ขั้นสุดท้าย ใช้ตะแกรงตักลูกชิ้นขึ้นจากหม้อ แล้วนำไปใส่ในภาชนะที่เตรียมไว้

บทเรียนที่ 2 เป็นการทำขนมเปียกปูนกะทิสด วัตถุดิบที่ใช้ คือ แป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง น้ำปูนใส น้ำใบเตย เกลือ น้ำตาลทรายแดง น้ำตาลปีบ หัวกะทิ และงาขาวคั่ว ส่วนอุปกรณ์ที่ใช้ คือ กระทะเทพลอน ไม้พาย ช้อนตัก ถ้วยตวง เครื่องปั่น ผ่าขาวบาง ช้อนพลาสติก เตาแก๊ส ตาขังกริม ถ้วย และถ้วยพลาสติก สำหรับขั้นตอนการทำขนมเปียกปูนกะทิสดมีดังนี้

ขั้นที่ 1 นำแป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง น้ำปูนใส และน้ำใบเตย มาผสมกันในถ้วย แล้วนวดให้เข้ากันหรือเป็นเนื้อเดียวกัน

ขั้นที่ 2 ใส่เกลือ น้ำตาลทรายแดง และน้ำตาลปีบลงไปผสมแล้วนวดต่อจนเป็นเนื้อเดียวกัน

ขั้นที่ 3 กรองส่วนผสมที่ได้ด้วยตะแกรง 1 รอบ

ขั้นที่ 4 นำส่วนที่กรองได้ไปกวนในกระทะโดยใช้ไฟระดับปานกลาง เมื่อแป้งเริ่มจับตัวเป็นก้อน ให้ลดไฟลงเป็นไฟอ่อน แล้วค่อย ๆ กวนต่อจนส่วนผสมทั้งหมดเป็นเนื้อเดียวกัน และทดลองใช้ไม้พายตักแป้งขึ้นมา หากแป้งเหนียวติดไม้พายแสดงว่าใช้ได้แล้ว จากนั้นให้ตักใส่ภาชนะที่เตรียมไว้

ขั้นที่ 5 ทำกะทิสาดหน้าขนมเปียกปูนโดยนำหัวกะทิใส่ลงในหม้อ แล้วจึงเติมเกลือ จากนั้นใส่แป้งข้าวเจ้าตามลงไป คนส่วนผสมจนเดือด

ขั้นสุดท้าย ตักน้ำกะทิสาดลงบนขนมเปียกปูน พร้อมโรยงาขาวคั่ว

เมื่อมีการประเมินผลการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการในครั้งนี้พบว่า ชาวประมงมีความพึงพอใจโดยภาพรวมในระดับมากที่สุด มีคะแนนเฉลี่ย 4.48 ± 0.45 คะแนน (Table 1) เมื่อพิจารณาความพึงพอใจเป็นรายด้านพบว่า ความพึงพอใจด้านประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดที่สุด คือ 4.60 ± 0.54 คะแนน แสดงว่า ชาวประมงมีความพึงพอใจมากที่สุดในด้านนี้ โดยประเด็นการนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ในการประกอบอาชีพเสริม และความรู้ที่ได้รับหลังการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการมีคะแนนเฉลี่ย 4.67 ± 0.49 และ 4.53 ± 0.64 คะแนน ตามลำดับ แสดงว่า ชาวประมงมีความพึงพอใจมากที่สุดใน 2 ประเด็นนี้ ความพึงพอใจด้านสถานที่/อุปกรณ์/ระยะเวลา/อาหารว่าง มีคะแนนเฉลี่ยในอันดับรองลงมา คือ 4.52 ± 0.49 คะแนน แสดงว่า ชาวประมงมีความพึงพอใจมากที่สุดในด้านนี้ โดยประเด็นความเหมาะสมของระยะเวลาในการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด คือ 4.67 ± 0.49 คะแนน รองลงมาคือความพร้อมของอุปกรณ์ ความเหมาะสมของสถานที่ และความเหมาะสมของอาหารว่าง มีคะแนนเฉลี่ย 4.53 ± 0.52 , 4.47 ± 0.64 และ 4.40 ± 0.51 คะแนน ตามลำดับ แสดงว่า ชาวประมงมีความพึงพอใจมากที่สุดในทุกประเด็นของด้านนี้ สำหรับความพึงพอใจด้านวิทยากรมีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 4.40 ± 0.44 คะแนน แต่ถือว่า ชาวประมงมีความพึงพอใจมากที่สุดในด้านนี้ โดยประเด็นการตอบคำถามมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด คือ 4.53 ± 0.52 คะแนน ส่วนประเด็นความรู้ในเรื่องที่บรรยาย และความสามารถในการอธิบายเนื้อหา มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากัน คือ 4.47 ± 0.52 คะแนน สำหรับประเด็นความครบถ้วนของเนื้อหา และการใช้เวลาตามที่กำหนดมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากัน คือ 4.27 ± 0.46 คะแนน แสดงว่า ชาวประมงมีความพึงพอใจมากที่สุดในทุกประเด็นของด้านนี้

เห็นได้ว่า ชาวประมงมีความพึงพอใจมากที่สุดในทุกด้านและทุกประเด็น ซึ่งความพึงพอใจจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อความต้องการได้รับการตอบสนอง เนื่องจากก่อนการจัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการได้ทำการสำรวจความรู้ด้านการทำอาหารที่ชาวประมงต้องการเพื่อนำไปใช้ประกอบอาชีพเสริม ตลอดจนระยะเวลาและสถานที่ที่เหมาะสมสำหรับใช้ฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ ซึ่งเป็นการเปิดโอกาสให้ชาวประมงได้มีส่วนร่วมหรือร่วมคิดและร่วมวางแผนในการจัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ ดังนั้นหัวข้อสำหรับการจัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ ระยะเวลา และสถานที่ที่ใช้ในการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการจึงสอดคล้องหรือเป็นไปตามความต้องการที่แท้จริงของชาวประมง ทั้งนี้ได้ตระหนักดีว่า หากความต้องการไม่ถูกตอบสนองตามที่ควรจะเป็น จะเป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้และการพัฒนา อีกทั้งชาวประมงยังมีแรงจูงใจในการเรียนรู้ เพื่อนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ประกอบอาชีพเสริมตามที่คาดหวังไว้ในเบื้องต้น ซึ่งวิจิตร อวระกุล (2535) ได้กล่าวว่า ผู้ใหญ่จะเรียนได้ดีเมื่อมีความปรารถนาอย่างแรงกล้าที่จะเรียน รวมทั้งจะเรียนเมื่อเผชิญกับปัญหาที่ตนเองไม่สามารถแก้ได้ รวมทั้งสิ่งที่เรียนเป็นประโยชน์ มีสาระ และสามารถนำไปปฏิบัติในชีวิตจริงได้ ขณะที่บุญธรรม จิตตอนันต์ (2536) ได้ให้หลักการเรียนรู้ประการหนึ่งว่า มีความต้องการที่จะเรียน กล่าวคือ หากผู้เรียนมีความต้องการรู้หรือสนใจในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง จะเป็นสิ่งจูงใจให้ผู้เรียนเกิดความต้องการที่จะเรียน และทำให้การเรียนเกิดประสิทธิผลและวิบุลย์ บุญยโรกุล (2545) ได้กล่าวว่า ผู้ใหญ่ส่วนใหญ่ไม่ต้องการเรียนเพื่อหาความรู้โดยไม่มีจุดหมาย แต่จะเรียนเมื่อเห็นว่าสิ่งนั้นมีคุณค่าต่อตนเองที่จะรู้ นอกจากนี้ Wathne et al. (1996) ได้กล่าวว่า บุคคลจะสนใจรับความรู้ก็ต่อเมื่อความรู้นั้นเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินชีวิตประจำวันของบุคคลนั้นเป็นหลัก

ผลการวิจัยดังที่กล่าวไปแล้วมีความคล้ายคลึงกับงานวิจัยของ จุฑา พิศุทธิ์ (2550) ที่รายงานว่า ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความพึงพอใจมากที่สุดในด้านกระบวนการฝึกอบรม ประเด็นหลักสูตรและเนื้อหาตรงตามความต้องการ เอกสารและสื่อประกอบการฝึกอบรม วัสดุอุปกรณ์ภายในห้องปฏิบัติการ ความเชี่ยวชาญของวิทยากร การเตรียมงานของวิทยากร และ

ความสามารถในการถ่ายทอดความรู้และทักษะของวิทยากร และในด้านสิ่งอำนวยความสะดวกในการฝึกอบรม ประเด็นการบริการอาหาร ในทำนองเดียวกันงานวิจัยของ วัฒนภรณ์ ไชศรีตนชัย และคณะ (2560) ได้รายงานว่า ครูที่เข้ารับการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการมีความพึงพอใจมากที่สุดต่อการจัดกิจกรรมต่าง ๆ ตามหลักสูตรการทำเบเกอรี่เพื่อสุขภาพ

Table 1 Fishermen' satisfaction on the training workshop.

							(n = 15)
Aspect	Most	High	Moderate	Less	Least	$\bar{x}$	S.D.
1. Trainers						4.40	0.44
						(Most)	
1.1 Ability to answer questions	8 (53.33%)	7 (46.67%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	4.53 (Most)	0.52
1.2 Content knowledge	7 (46.67%)	8 (53.33%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	4.47 (Most)	0.52
1.3 Ability to explain	7 (46.67%)	8 (53.33%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	4.47 (Most)	0.52
1.4 Content completeness	4 (26.67%)	11 (73.33%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	4.27 (Most)	0.46
1.5 Spending time on the schedule	4 (26.67%)	11 (73.33%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	4.27 (Most)	0.46
2. Period of time, place, and facility						4.52	0.49
						(Most)	
2.1 Appropriateness of the period of time of the training workshop	10 (66.67%)	5 (33.33%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	4.67 (Most)	0.49
2.2 Equipment availability	8 (53.33%)	7 (46.67%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	4.53 (Most)	0.52
2.3 Suitability of the place	8 (53.33%)	6 (40.00%)	1 (6.67%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	4.47 (Most)	0.64
2.4 Suitability of light meal	6 (40.00%)	9 (60.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	4.40 (Most)	0.51
3. Gaining benefits from the project						4.60	0.54
						(Most)	
3.1 Applying knowledge for part-time self-employment	10 (66.67%)	5 (33.33%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	4.67 (Most)	0.49
3.2 Gaining knowledge after the training workshop	9 (60.00%)	5 (33.33%)	1 (6.67%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	4.53 (Most)	0.64
Overall						4.48 (Most)	0.45

การเตรียมความพร้อมในการจัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการครั้งนี้ได้ใช้ระยะเวลามากกว่า 1 เดือน ไม่ว่าจะเป็นการเตรียมเนื้อหาสำหรับบทเรียนที่ฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ รวมถึงการเตรียมสื่อ อุปกรณ์ และสถานที่ ตลอดจนมีการจัดตารางเวลาในการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติที่แน่นอน ซึ่งเป็นไปตามที่นิรันดร์ จุลทรัพย์ (2544) และสมคิด บางโม (2549) ได้กล่าวว่า การสาธิตต้องใช้เวลามากมาย รวมถึงวิบูลย์ บุญยธโรกุล (2545) ได้กล่าวว่า การฝึกอบรมให้ได้ผลเป็นกระบวนการที่ต้องใช้เวลาในการเตรียมการ ตั้งแต่การหาความจำเป็นในการฝึกอบรมไปจนถึงการจัดทำบทเรียนและสื่อ ขณะที่บุหลัน กุลวิจิตร (2560) ได้กล่าวไว้ว่า การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเป็นวิธีการถ่ายทอดความรู้ที่ต้องเตรียมการค่อนข้างมาก โดยเฉพาะการจัดเตรียมวัสดุ

อุปกรณ์ รวมถึงระยะเวลาต้องมีความเหมาะสมกับเนื้อหา นอกจากนี้สมิต สัจฉกร (2547) และมนัส ชูผกา และคณะ (2559) ได้กล่าวในทำนองเดียวกันว่า สื่อ อุปกรณ์ และสถานที่ถือเป็นองค์ประกอบหลักในการถ่ายทอดความรู้ที่ต้องมีการจัดเตรียม เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเกิดความสนใจที่จะเรียนรู้ ตลอดจนนิพนธ์ชัย พัฒนพงศา (2547) ได้กล่าวว่า การเตรียมกิจกรรม สื่อ และวัสดุอุปกรณ์ รวมถึงการซักซ้อมและการวางแผนเตรียมการล่วงหน้าของวิทยากรมีความจำเป็นมาก นอกจากนี้วิทยากรยังเป็นผู้ที่ใช้ภาษาถิ่นได้เป็นอย่างดี จึงสามารถสื่อสารหรืออธิบายบทเรียนให้ชาวประมงที่เข้ารับการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเข้าใจได้ง่าย รวมทั้งวิทยากรมีความเต็มใจที่จะถ่ายทอดความรู้ให้แก่ชาวประมง ซึ่งถือเป็นแรงจูงใจภายใน (สิทธิโชค วรรณสันติกุล, 2546)

ระหว่างการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการได้มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ผ่านกระบวนการกลุ่ม โดยให้ชาวประมงมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ หรือได้เห็น ได้ยิน และได้ฝึกปฏิบัติในทุกขั้นตอน ประกอบกับการใช้สื่อที่ช่วยให้ชาวประมงเข้าใจเนื้อหามากขึ้น จึงกระตุ้นให้ชาวประมงเกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้ อีกทั้งจากการสังเกตยังพบว่า ชาวประมงทุกรายมีความตั้งใจในการเรียนรู้ แต่ละฐานการเรียนรู้ และให้ความร่วมมือในการปฏิบัติร่วมกับวิทยากรเป็นอย่างดี โดยมีชาวประมงรายหนึ่งได้ให้ความเห็นว่า "...การให้พวกเราได้ลงทำจริง ๆ มันดีนะ เพราะมันทำให้พวกเราได้เข้าใจตรงกันว่าทำแบบนี้ เวลากลับไปลงทำที่บ้านจะได้ทำถูก..." ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ มนัส ชูผกา และคณะ (2559) ที่รายงานว่า การสาธิตและการฝึกปฏิบัติเป็นวิธีการถ่ายทอดความรู้ที่ได้ผล อีกทั้งจิตร อาวะกุล (2535) ได้กล่าวว่า ผู้ใหญ่ต้องการการเรียนรู้ที่ลงมือปฏิบัติมากกว่าการฟังบรรยายนาน ๆ หรือการท่องจำ ขณะทีวบุญ บุญธรโรกุล (2545) ได้กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ของการเรียนรู้จะมีมากขึ้น ถ้าผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้ปฏิบัติจริง หรือมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ ดังนั้นจึงควรเปิดโอกาสให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีส่วนร่วมมากที่สุด ตลอดจนพรสุลย์ นิลวิเศษ และพจน์ พรหมบุตร (2546) ได้กล่าวว่า ในการจัดฝึกอบรมให้แก่เกษตรกรควรเป็นภาคปฏิบัติมากกว่าทฤษฎี เพื่อให้เกษตรกรเกิดทักษะ ส่วนสมคิด บางโม (2549) ได้กล่าวว่า ประสบการณ์ตรงและการสาธิตเป็นวิธีการที่ทำให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเกิดการรับรู้ได้ในระดับมาก อีกทั้ง Zeus and Skiffington (2002) ได้กล่าวว่า การให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้ลงมือปฏิบัติจริง ถือเป็นวิธีการฝึกทักษะให้แก่ผู้เข้ารับการฝึกอบรม และทำให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเกิดการเรียนรู้ ตลอดจนสร้าง ความมั่นใจในการปฏิบัติอีกด้วย (สมิต สัจฉกร, 2547) นอกจากนี้งานวิจัยของ ล้นทม จอนจบทรง และณธกร ธรรมบุญวิศ (2556) ได้รายงานว่า การฟังเพียงอย่างเดียวจะทำให้ทำหรือปฏิบัติไม่เป็น เพราะสภาพแวดล้อมมีความแตกต่างกัน จึงต้องมีการดูการทำและได้ฝึกปฏิบัติ จึงจะทำได้ นอกจากนี้มีข้อเสนอแนะจากชาวประมงส่วนใหญ่ว่า ควรจัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการอีก เพราะเป็นโครงการที่ทำให้คนในชุมชนได้รับประโยชน์ แสดงให้เห็นว่า ชาวประมงเล็งเห็นถึงความสำคัญของการจัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ และความรู้ที่ชาวประมงได้รับการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งจำนงค์ จุลเอียด (2552) ได้รายงานว่า การฝึกอบรมมีผลต่อการเรียนรู้เพื่อสร้างงาน สร้างอาชีพ และสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกร

ผลลัพธ์จากการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการให้แก่ชาวประมงในพื้นที่วิจัย

หลังจากการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการผ่านไป 6 เดือน มีการศึกษาพบว่า มีชาวประมงเพียง 7 รายเท่านั้นที่นำความรู้ที่ได้รับไปใช้ประโยชน์ คือ นำไปใช้ทำอาหารเพื่อรับประทานภายในครัวเรือน เพราะอาหารทั้ง 2 รายการนั้นสามารถทำได้ด้วยตนเองที่บ้าน รวมทั้งระหว่างการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ ชาวประมงได้มีการจดบันทึกเกี่ยวกับวัตถุดิบที่ใช้และขั้นตอนการทำอย่างละเอียด ส่งผลให้ครัวเรือนมีอาหารให้บริโภคอย่างหลากหลายขึ้น และแสดงให้เห็นว่า การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการในครั้งนี้ช่วยเพิ่มพูนความรู้และทักษะที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ตามจุดมุ่งหมายโดยทั่วไปของการฝึกอบรม (นิรันดร์ จุลทรัพย์, 2544; สมคิด บางโม, 2549) นอกจากนี้ชาวประมงในจำนวนนี้ได้มีการถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์การทำอาหารทั้ง 2 รายการให้แก่สมาชิกในครัวเรือนที่อยู่ในที่พักอาศัยเดียวกัน รวมถึงญาติพี่น้อง เพื่อนบ้าน และคนรู้จัก ซึ่งมีการปฏิสัมพันธ์โดยตรงหรือแบบเผชิญหน้าโดยการไปมาหาสู่กันถึงที่พักอาศัยบ่อยครั้งและสม่ำเสมอ

ชาวประมงส่วนที่เหลือไม่ได้นำความรู้ที่ได้รับจากการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการไปต่อยอดหรือใช้ประโยชน์ใด ๆ เนื่องจากก่อนการจัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ ครัวเรือนชาวประมงมีรายได้จากผลิตภัณฑ์หัตถกรรมจักสานจากกระจูดที่ไม่แน่นอน ทำให้ชาวประมงมีความต้องการที่จะประกอบอาชีพเสริมอื่น แต่ภายหลังการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ ชาวประมงได้กลับมาทำผลิตภัณฑ์หัตถกรรมจักสานจากกระจูดเหมือนเดิม เนื่องจากนักท่องเที่ยวที่เดินทางเข้ามาท่องเที่ยวในพื้นที่ทะเลน้อยมีจำนวนมากขึ้น ทำให้พ่อค้า/แม่ค้าที่ขายผลิตภัณฑ์หัตถกรรมจักสานจากกระจูดในร้านค้าบริเวณอุทยานนกน้ำทะเลน้อย สั่งซื้อผลิตภัณฑ์หัตถกรรมจักสานจากกระจูดของชาวประมงมากขึ้น และการทำผลิตภัณฑ์ดังกล่าวใช้เวลาค่อนข้างนาน ทำให้ชาวประมงมีเวลาว่างน้อยลง จึงไม่ได้นำความรู้ที่ได้รับจากการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการไปใช้ประโยชน์

นอกจากนี้ยังพบว่าชาวประมงไม่มีความมั่นใจในเรื่องการขายลูกชิ้นไก่และขนมเปียกปูนกะทิสด เพราะไม่มีประสบการณ์การทำอาหารขายมาก่อน จึงเกิดความวิตกกังวลเกี่ยวกับรสชาติและปริมาณที่ขายได้ ทั้งนี้แม้ว่าการลงทุนทำลูกชิ้นไก่และ

ขนมเปียกปูนกะทิสดจะใช้เงินทุนไม่มาก แต่อาหารเหล่านี้ไม่สามารถเก็บไว้ได้นาน หากชาวประมงขายได้น้อย หรือมีอาหารที่ขายไม่หมดเป็นจำนวนมาก อันเนื่องมาจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น ในช่วงที่เพิ่งเริ่มขายยังไม่เป็นที่รู้จักของคนในชุมชน/ท้องถิ่น คนในชุมชน/ท้องถิ่นไม่มั่นใจว่าอาหารจะอร่อยหรือไม่จึงไม่กล้าซื้อ อาจเป็นเหตุทำให้ชาวประมงประสบกับภาวะขาดทุนได้อีกทั้งเงินทุนของชาวประมงนั้นมีจำกัด ดังนั้นการตัดสินใจนำเงินทุนมาลงทุนทำลูกชิ้นไก่และขนมเปียกปูนกะทิสด จึงก่อให้เกิดค่าเสียโอกาส เพราะชาวประมงสามารถนำเงินทุนไปใช้จ่ายในส่วนอื่นได้

สรุปผลการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้ได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการความรู้ด้านการทำอาหารที่ครัวเรือนชาวประมงต้องการ รวมทั้งจัดอบรมเชิงปฏิบัติการในเรื่องที่ครัวเรือนชาวประมงมีความต้องการมากที่สุด 2 อันดับแรก และประเมินความพึงพอใจของชาวประมงจากการเข้ารับการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ หลังจากนั้น 6 เดือนได้ติดตามว่า ชาวประมงได้นำความรู้ที่ได้รับจากการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการไปใช้ประโยชน์อย่างไรบ้าง ผลการวิจัยสรุปได้ว่า ครัวเรือนชาวประมงมีความต้องการความรู้ในเรื่องการทำลูกชิ้นไก่มากที่สุด และการทำขนมเปียกปูนกะทิสดในอันดับรองลงมา โดยคาดว่าจะนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ประกอบอาชีพเสริม จึงได้จัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการในเรื่องดังกล่าว ซึ่งชาวประมงมีความพึงพอใจจากการเข้ารับการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการโดยภาพรวมในระดับมากที่สุด รวมถึงในทุกด้านและทุกประเด็น อย่างไรก็ตามชาวประมงทั้งหมดไม่ได้นำความรู้ที่ได้รับจากการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการไปใช้ในการประกอบอาชีพเสริมตามที่คาดหวังไว้ในเบื้องต้น แต่มีชาวประมงเกือบครึ่งที่นำความรู้ที่ได้รับไปใช้ทำอาหารเพื่อรับประทานภายในครัวเรือน ทั้งนี้เนื่องจากมีปริมาณการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์หัตถกรรมจักสานจากกระจุตมากขึ้น แต่มีชาวประมงส่วนหนึ่งได้นำความรู้ไปใช้ทำอาหารเพื่อรับประทานภายในครัวเรือน อีกทั้งยังได้ถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์ที่ได้รับให้แก่บุคคลแวดล้อม

จากผลการวิจัยสามารถเสนอแนะแนวทางที่เหมาะสมได้ดังนี้

1. การดำเนินโครงการให้ความรู้ในลักษณะนี้ควรดำเนินการต่อไปอย่างต่อเนื่อง เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชุมชน/ท้องถิ่น และขับเคลื่อนการพัฒนาเศรษฐกิจฐานรากให้มีความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืนตามยุทธศาสตร์ชาติ เช่น การสอน (coaching) โดยการสาธิตวิธีประกอบอาหารและให้ปฏิบัติจริงในเรื่องการเพิ่มมูลค่าปลาหรือสัตว์น้ำที่จับได้โดยการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น ข้าวเกรียบ ขนมปังขลิบ เป็นต้น การพัฒนาผลิตภัณฑ์หัตถกรรมจักสานจากกระจุต การออกแบบตราสินค้าและบรรจุภัณฑ์ตามแนวคิดด้วยเศรษฐกิจสร้างสรรค์ การตลาดสินค้าอาหาร
2. ก่อนการดำเนินโครงการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการควรทำการสำรวจความต้องการของกลุ่มเป้าหมายก่อนทุกครั้ง เพื่อให้เกิดประโยชน์อย่างแท้จริง รวมทั้งควรมีข้อมูลทั่วไปของกลุ่มเป้าหมาย เช่น อายุ ประสบการณ์ ความรู้ เพื่อนำไปใช้ประกอบการออกแบบการจัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผล นั่นคือ ผลประโยชน์ที่ได้รับมากกว่าต้นทุนที่สูญเสียไป และบรรลุวัตถุประสงค์ของการจัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการที่กำหนดไว้
3. หน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องควรเข้ามาส่งเสริมและสนับสนุนด้านเงินทุนและนักวิชาการ เพื่อจัดโครงการบริการวิชาการหรือโครงการฝึกทักษะอาชีพที่สอดคล้องกับปัญหาของชุมชน/ท้องถิ่นบนพื้นฐานของทุนการดำรงชีพที่มีอยู่ รวมถึงคำกล่าวที่ว่า “ช่วยเขาเพื่อให้เขาช่วยตนเองได้” และภายใต้ความเชื่อที่ว่า “แต่ละบุคคลสามารถพัฒนาศักยภาพของตนเองจนสามารถพึ่งพาตนเองได้” ซึ่งจะช่วยให้ชาวประมงได้มีความรู้และทักษะติดตัว สำหรับนำไปใช้ประโยชน์ในอนาคตหรือในยามจำเป็น และควรมีการติดตามผลเป็นระยะ ๆ อย่างต่อเนื่อง เพื่อเป็นการกระตุ้นให้เกิดการนำความรู้ไปใช้อย่างแท้จริง และช่วยแนะนำชาวประมงที่ยังประสบกับปัญหาหรือข้อจำกัดต่าง ๆ นอกจากนี้ควรส่งเสริมให้มีการรวมกลุ่มเพื่อประกอบอาชีพ และส่งเสริมให้มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับบุคคล/กลุ่มที่มีอาชีพประเภทเดียวกันทั้งในและนอกชุมชน/ท้องถิ่น
4. หากชาวประมงต้องการทำลูกชิ้นไก่และขนมเปียกปูนกะทิสดเป็นอาชีพเสริมหรือทำในเชิงพาณิชย์ เพื่อเสริมสร้าง ความมั่นคงทางเศรษฐกิจของครัวเรือน ควรมีการสอบถามหรือพูดคุยกับลูกค้าเกี่ยวกับความพึงพอใจในคุณลักษณะที่สำคัญ เช่น รสชาติ กลิ่น เพื่อนำข้อมูลไปใช้ประกอบการพัฒนาสูตรหรือปรับปรุงรสชาติให้เป็นสิ่งที่พึงพอใจของลูกค้าโดยส่วนใหญ่ รวมทั้งมีสุขลักษณะที่ดีในการผลิตอาหาร

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้ใหญ่บ้านหมู่ที่ 4 ตำบลนางตุง อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง ที่อำนวยความสะดวกในการจัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการในครั้งนี้ รวมถึงชาวประมงที่ให้ความร่วมมือในการรวบรวมข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

- กานดา จันทร์แย้ม. 2556. *จิตวิทยาอุตสาหกรรมและองค์การ*. กรุงเทพฯ: โอ.เอส. พรีนติ้ง เฮาส์.
- จักรพงษ์ จิระแพทย์, ทวี บุญภิรมย์, ทศนีย์ รัตไว้ และไชเคน อาแวเต๊ะ. 2556. ความต้องการฝึกอบรมวิชาชีพด้านการเกษตรของประชาชน ตำบลตันหยงลิมอ อำเภอระแงะ จังหวัดนราธิวาส. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์* 5(2): 57-66.
- จำนงค์ จุลเอียด. 2552. การฝึกอบรมเกษตรกรหลักสูตรวิชาชีพเกษตรกรรมระยะสั้นต่อสัมฤทธิ์ผลในการปฏิบัติตามหลักเกษตรอินทรีย์. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์* 1(2): 114-125.
- จุฬา พิรพัชระ. 2550. การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนเพื่อพัฒนาอาชีพเดิมและสร้างอาชีพใหม่. *วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร* 1(2): 233-242.
- ชูชัย สมितिไกร. 2554. *จิตวิทยาอุตสาหกรรมและองค์การ*. กรุงเทพฯ: วี.พรีนซ์ (1991).
- ชูชัย สมितिไกร. 2556. *การฝึกอบรมบุคลากรในองค์การ*. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ: วี.พรีนซ์ (1991).
- ฐิระ ประवालพฤษ. 2538. *การพัฒนาบุคคลและการฝึกอบรม*. กรุงเทพฯ: หน่วยศึกษานิเทศก์ สำนักงานสภาสถาบันราชภัฏ.
- ธานินทร์ ศิลปจารุ. 2555. การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS และ AMOS. พิมพ์ครั้งที่ 13. นนทบุรี: เอส. อาร์. พรีนติ้ง แมสโปรดักส์.
- นรินทร์ชัย พัฒนพงศา. 2547. *การมีส่วนร่วม หลักการพื้นฐาน เทคนิค และกรณีตัวอย่าง*. พิมพ์ครั้งที่ 2. เชียงใหม่: สิริลักษณ์การพิมพ์.
- นรินทร์ จุลทรัพย์. 2544. *กลุ่มสัมพันธ์สำหรับการฝึกอบรม*. พิมพ์ครั้งที่ 4. สงขลา: ภาควิชาจิตวิทยาและการแนะแนว คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- บุญธรรม จิตต์อนันต์. 2536. *ส่งเสริมการเกษตร*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- บุญหลั่น กุลวิจิตร. 2560. สื่อบุคคลกับการส่งเสริมการเกษตร 4.0. *วารสารมหาวิทยาลัยศิลปากร* 10(3): 24-47.
- พนิต เข้มทอง. 2528. *การศึกษาสำหรับเกษตรกร*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาอาชีวศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พรสุลย์ นิลวิเศษ และพจน์ พรหมบุตร. 2546. กลยุทธ์การส่งเสริมอาชีพเกษตรกร. ใน *การศึกษาเกษตรและการส่งเสริมอาชีพเกษตรกร หน่วยที่ 9-15*. พิมพ์ครั้งที่ 8. น. 103-148. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชวนพิมพ์.
- ภาณุภา แจ่มดอน. 2551. กระบวนการเข้าสู่อาชีพและสภาพการทำงานของผู้รับงานไปทำที่บ้าน: กรณีศึกษาผู้รับงานไปทำที่บ้านในกิจการตัดเย็บเสื้อผ้าชุมชนจิตถาวรณ เขตสายไหม กรุงเทพมหานคร. *ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาเมือง บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม*.
- มนัส ชูผกา, อีรุดมิ บุญยโสภณ, คณิต เฉลยจรรยา และสุภัททา ปิณฑะแพทย์. 2559. การพัฒนารูปแบบการถ่ายทอดความรู้ในอุตสาหกรรมโรงสีข้าว. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ* 26(3): 499-505.
- ล้นทม จอนจวบทรง และณธกร ธรรมบุญวิศ. 2556. การถ่ายทอดความรู้ท้องถิ่น: กรณีศึกษาการถ่ายทอดความรู้ฝึกบ้านของภาคตะวันออก. *วารสาร มจร.วิชาการ* 17(33): 117-128.
- วัฒนาภรณ์ ไชครัตนชัย, พรพล รมย์บุญกุล, หงส์วรินทร์ ไชยวงศ์ และเมตตา อภัยรัตน์. 2560. การถ่ายทอดเทคโนโลยีเบเกอร์เพื่อสุขภาพโดยการมีส่วนร่วมของโรงเรียนในสังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดนครราชสีมา. *วารสารวิจัยเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่* 9(4): 257-273.
- วิจิตร อาวะกุล. 2535. *หลักการส่งเสริมการเกษตร*. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- วิบูลย์ บุญยธโรกุล. 2545. *คู่มือวิทยากรและผู้จัดการฝึกอบรม*. กรุงเทพฯ: ด้านสุทธาการพิมพ์.
- ศิริพร จิรวัฒน์กุล. 2555. *การวิจัยเชิงคุณภาพทางการพยาบาล: ระเบียบวิธีวิจัยและกรณีศึกษา*. กรุงเทพฯ: วิทยพัฒน์.
- สมคิด บางโม. 2549. *เทคนิคการฝึกอบรมและการประชุม*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: วิทยพัฒน์.
- สมิต สัชฌุกร. 2547. *เทคนิคการสอนงาน*. กรุงเทพฯ: สายธาร.
- สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา. 2560. พระราชกำหนดการประมง พ.ศ. 2558. กรมประมง. https://www.fisheries.go.th/law/web2/images/PR_2558/1-25-20-9998-update.pdf (1 มกราคม 2562).
- สิทธิโชค วรรณสันติกุล. 2546. *จิตวิทยาสังคม: ทฤษฎีและการประยุกต์*. กรุงเทพฯ: เม็ดทรายพรีนติ้ง.
- อังคณา เรืองชัย. 2555. การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมระยะสั้น เรื่อง การทำน้ำส้มไพรเพื่อเป็นอาชีพเสริมในครอบครัว. *ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี*.
- Silverman, R. E. 1975. *Psychology*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Wathne, K., Roos, J., and Von Krogh, G. 1996. Toward a theory of knowledge transfer in a cooperative context. In *Managing Knowledge Perspective on Cooperation and Competition*, G. Von Krogh, and J. Roos, ed. pp. 55-81. London: SAGE Publications.
- Zeus, P., and Skiffington, S. 2002. *The coaching at work toolkit: a complete guide to techniques and practices*. New York: McGraw-Hill.

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

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 20 มี.ค. 62

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 17 มิ.ย. 62

ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยต่อการควบคุมโรคคราดำที่มีสาเหตุจากเชื้อรา *Aspergillus niger* ของเห็ดนางฟ้าภูฐาน (*Pleurotus pulmonarius*)

Efficacy of Essential Oils to Control Black Mold Disease Caused by *Aspergillus niger* in Grey Oyster Mushrooms (*Pleurotus pulmonarius*)

วัชรวิทย์ รัชมี¹ ปณณวิชญ์ เย็นจิตต์² ศรีณยา เพ่งผล² และวาริน อินทนา³
Watcharawit Rassami¹, Punnavich Yenjit², Sarunya Pengphol² and Warin Intana³

บทคัดย่อ

เชื้อรา *Aspergillus niger* เป็นสาเหตุของโรคคราดำที่สร้างความเสียหายต่อผลผลิตเห็ดนางฟ้า (*Pleurotus pulmonarius*) และสามารถสร้างสารก่อมะเร็งอะฟลาทอกซิน การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยในการควบคุมโรคคราดำของเห็ดนางฟ้าภูฐาน ผลการทดลองพบว่า น้ำมันหอมระเหยสะระแหน่ กานพลู อบเชย และมะนาว ความเข้มข้น 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพสูงต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *A. niger* ที่ 89.18, 87.12, 85.64 และ 82.52 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม การทดสอบผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าภูฐานพบว่าน้ำมันหอมระเหยสะระแหน่และอบเชย ความเข้มข้น 5.0 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งสารกำจัดเชื้อราคาร์เบนดาซิม (50% WP) ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ (2.0 กรัม/ลิตร ตามคำแนะนำบนฉลาก) มีผลกระทบต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าภูฐานสูงที่ 32.14, 29.51 และ 27.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนน้ำมันหอมระเหยกานพลู มะนาว และกระเทียม มีผลกระทบต่ำที่ 17.56, 14.30 และ 11.14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การทดลองในระยะบ่มก้อนเชื้อและเปิดดอกเห็ดนางฟ้าภูฐานพบว่าน้ำมันหอมระเหยสะระแหน่ กานพลู อบเชย และมะนาว ความเข้มข้น 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคคราดำ *A. niger* สูงกว่าการใช้สารคาร์เบนดาซิม ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ การตรวจวัดผลผลิตเห็ดในช่วง 30 วัน พบว่าน้ำมันหอมระเหยมะนาวและกานพลูให้ผลผลิตเห็ดเท่ากับ 155.11 และ 150.96 กรัม/ถุง ซึ่งสูงกว่าการใช้สารคาร์เบนดาซิม (140.25 กรัมต่อถุง) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

คำสำคัญ: เห็ดนางฟ้า น้ำมันหอมระเหย โรคคราดำ ฉีดพ่นโดยตรง ผลผลิตเห็ด

Abstract

Aspergillus niger is the cause of black mold disease, which leads to yield loss in oyster mushroom (*Pleurotus pulmonarius*) production and produces an aflatoxin carcinogen. This study aimed to investigate the efficiency of essential oils in controlling black mold disease in grey oyster mushrooms. The results revealed that kitchen mint, cloves, cinnamon, and lemon essential oils at 5.0% concentration had a high efficacy to inhibit the mycelial growth of *A. niger* by 89.18, 87.12, 85.64 and 82.52%, when compared to controls. Testing of the effects of the essential oils on the growth of grey oyster mushrooms themselves indicated that kitchen mint and cinnamon essential oils at 5.0% concentration and carbendazim fungicide (50% WP) at 0.1% concentration (2.0 g/l of label-recommended rate) had high inhibitory effects on the growth of grey oyster mushrooms (32.14%, 29.51% and 27.78% respectively). However, the cloves, lemon and garlic essential oils showed lower tendencies to inhibit mushroom growth (17.56%, 14.30% and 11.14% respectively). Experiments done at the spawning and cropping stages of grey oyster mushroom growth found that kitchen mint, cloves, cinnamon and lemon essential oils at 5.0% concentration provided efficacies to control the black mold disease of *A. niger* that were higher than those found for 0.1% carbendazim. Mushroom yield for the 30-day period was determined and a key result was that cloves and lemon essential oils provided the yields of 155.11 and 150.96 g per bag, which were significantly higher than the yield recorded for carbendazim treatment, which was 140.25 g per bag.

Keywords: oyster mushroom, essential oil, black mold disease, direct spray, mushroom yield

¹ สาขาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี อ. เมือง จ. จันทบุรี 22000

² ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ อ. เมือง จ. นครสวรรค์ 60000

³ หน่วยวิจัยไม้ผลเขตร้อน สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ อ. ท่าศาลา จ. นครศรีธรรมราช 80161

¹ Department of Agricultural Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rambhai Bami Rajabhat University, Muang, Chantaburi 22000

² Department of Agricultural Technology, Faculty of Agricultural Technology and Industrial Technology, Nakhon Sawan Rajabhat University, Muang, Nakhon Sawan 60000

³ The Tropical Fruit Research Unit, School of Agricultural Technology, Walailak University, Thasala, Nakhon Si Thammarat 80161

*Corresponding author, Email: punnavich.yenjit@gmail.com

คำนำ

เห็ดนางฟ้าภูฐาน (grey oyster mushroom) เป็นเห็ดที่มีคุณค่าทางโภชนาการโดยมีโปรตีนและวิตามินสูง สามารถเพาะได้ทุกภาคของประเทศไทยและสามารถเป็นอาชีพที่สร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงได้อย่างดี แต่การเพาะเห็ดในประเทศไทยมักประสบปัญหาการเข้าทำลายจากเชื้อราดำ *Aspergillus niger* ทั้งในระยะบ่มก้อนเชื้อเห็ด และระยะเปิดดอกสร้างความเสียหายต่อผลผลิตเห็ดเป็นจำนวนมาก อีกทั้งเชื้อรา *A. niger* สามารถสร้างสารพิษ (mycotoxins) หลายชนิดที่ก่อมะเร็งในมนุษย์ ได้แก่ อะฟลาทอกซิน (aflatoxin) โอคราตอกซิน (ochratoxin) และฟูโมนิซิน (fumonisins) (Soares et al., 2013) ซึ่ง Fadahunsi et al. (2013) รายงานการตรวจพบเชื้อรา *A. niger* บนดอกเห็ดถึง 20 เปอร์เซ็นต์ ของเชื้อราทั้งหมด และมักพบในวัสดุเพาะปลูกจึงยากต่อการป้องกันกำจัด (Metzger, 2008) สำหรับการป้องกันกำจัดเชื้อรา *A. niger* ที่ปฏิบัติกันทั่วไปคือการเลือกก้อนเชื้อเห็ดที่มีความแข็งแรง ไม่มีการปนเปื้อนจากเชื้อสาเหตุโรคราดำและการทำความสะอาดโรงเรือน (Fan et al., 2005) แต่ยังคงพบความเสียหายจากเชื้อรา *A. niger* ภายหลังการเปิดดอกอยู่เสมอ จำเป็นต้องเก็บก้อนเชื้อเห็ดที่เป็นโรคราดำทิ้งสำหรับสารเคมีสังเคราะห์ที่สามารถควบคุมโรคราดำและส่งผลกระทบต่อก้อนเชื้อเห็ดคือ เบนโนมิล (benomyl) และคาร์เบนดาซิม (carbendazim) แต่สารเคมีเหล่านี้เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคและเป็นสารก่อมะเร็งที่สลายตัวยาก สามารถตกค้างในดอกเห็ดได้นาน (Santa Cruz Biotechnology Inc., 2010) การผลิตเห็ดปลอดสารพิษสามารถทำได้โดยการใช้วัสดุสดสมุนไพร เช่น น้ำคั้นกระเทียม ความเข้มข้น 5.0 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* (บุญญาคู จิระวุฒิ และคณะ, 2558) สำหรับน้ำมันหอมระเหยที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราสาเหตุโรคของเห็ดได้คือน้ำมันหอมระเหยอบเชย ส้มข้ม สเปียร์มินต์ และไทม์ (Geösel et al., 2014) นอกจากนี้ Vorapunthu et al. (2016) พบว่ามีน้ำมันหอมระเหยจากอบเชย และสะระแหน่ สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus* sp. ได้ดี และ Santos et al. (2017) แสดงให้เห็นว่าน้ำมันหอมระเหยอบเชย กานพลู และไทม์ มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคหลังการติดเชื้อรา *Lecanicillium fungicola* ของเห็ดแชมปิญอง จึงมีความเป็นไปได้สูงที่น้ำมันหอมระเหยเหล่านี้จะสามารถควบคุมโรคราดำของเห็ดนางฟ้าภูฐาน เพื่อลดการสูญเสียผลผลิตเห็ดและความปลอดภัยของผู้บริโภค

วิธีการศึกษา

การเตรียมเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐาน เชื้อสาเหตุโรค และน้ำมันหอมระเหย

เชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐาน: แยกเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานจากดอกเห็ดนางฟ้าภูฐานที่มีขนาดใหญ่ โดยการตัดเนื้อเยื่อดอกเห็ดและนำมาวางบนอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการแยกเชื้อเห็ดให้บริสุทธิ์อีกครั้ง โดยตัดบริเวณปลายเส้นใยที่ไม่มีเชื้อจุลินทรีย์อื่นปนเปื้อน จากนั้นย้ายไปเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน ก่อนเก็บเชื้อไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

เชื้อสาเหตุโรคราดำ: แยกเชื้อรา *Aspergillus niger* จากก้อนเชื้อเห็ดที่เกิดโรคราดำโดยทำการเจือจางวัสดุเพาะจากก้อนเชื้อเห็ดติดโรคด้วยน้ำกลั่นหนึ่งฆ่าเชื้อเป็น 10^{-1} - 10^{-3} เท่า ดูดสารแขวนลอยเชื้อเห็ดปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร หยดและเกลี่ย (spread) ให้ทั่วบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ทำการแยกเชื้อให้บริสุทธิ์โดยเชื้อราที่เจริญจากหนึ่งสปอร์ (single spore isolation) มาวางบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน ทำการตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเส้นใยและสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (Diba et al., 2007) ก่อนเก็บเชื้อราไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

น้ำมันหอมระเหย 100 เปอร์เซ็นต์ จากสะระแหน่ (*Mentha cordifolia* Opiz.) กานพลู (*Syzygium aromaticum* L.) อบเชยไทย (*Cinnamomum bejolghota* Sweet) ตะไคร้ (*Cymbopogon citratus* Stapf.) มะนาว (*Citrus aurantifolia* Swing.) และกระเทียม (*Allium sativum* L.) จากบริษัท เคมีภัณฑ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด

ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราดำ

เจาะชั้นวุ้นเชื้อรา *A. niger* ที่มีอายุ 7 วันด้วย cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร แล้วย้ายชั้นวุ้นของเชื้อราวางตรงกลางจานอาหาร PDA บ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 วัน จากนั้นจึงนำชั้นกระดาษ (กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 ที่ถูกตัดด้วยที่เจาะกระดาษ) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว จุ่มในน้ำมันหอมระเหย ความเข้มข้น 5.0 และ 2.5 เปอร์เซ็นต์ (เจือจางน้ำมันหอมระเหยด้วยน้ำนึ่งฆ่าเชื้อและเติมสารลดแรงตึงผิวทวิน-20 อัตรา 1.0 เปอร์เซ็นต์) เปรียบเทียบกับการใช้สารเคมีคาร์เบนดาซิม (50% WP) ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ (2.0 กรัม/ลิตร ตามคำแนะนำบนฉลาก) แล้วนำมาวางบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อให้ห่างจากปลายเส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรค 2.0 เซนติเมตร จำนวน 4 จุด ในแนวกากบาท ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ (ซ้ำละ 3 จานแก้ว) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design

(CRD) บ่มจานแก้วทดสอบไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน จึงวัดรัศมีโคโลนีของเชื้อรา *A. niger* และคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (ทวิน-20 อัตรา 1.0 เปอร์เซ็นต์) โดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง (\%)} = \frac{A - B}{A} \times 100$$

เมื่อ A คือ รัศมีโคโลนีของราสาเหตุโรคในกรรมวิธีควบคุม และ B คือ รัศมีโคโลนีของราสาเหตุโรคในกรรมวิธีทดสอบ
ผลกระทบของน้ำมันหอมระเหยต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐาน

เจาะขึ้นวุ้นเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐาน *Pleurotus pulmonarius* ที่มีอายุ 7 วัน ด้วย cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร แล้วย้ายชิ้นวุ้นของเชื้อเห็ดวางตรงกลางจานอาหาร PDA บ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน จากนั้นจึงนำขึ้นกระดาษ (กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 ที่ถูกตัดด้วยที่เจาะกระดาษ) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว จุ่มในน้ำมันหอมระเหยความเข้มข้น 5.0 และ 2.5 เปอร์เซ็นต์ (เจือจางน้ำมันหอมระเหยด้วยน้ำและเติมสารลดแรงตึงผิวทวิน-20 อัตรา 1.0 เปอร์เซ็นต์) เปรียบเทียบกับการใช้สารเคมีคาร์เบนดาซิม (50% WP) ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ (2.0 กรัม/ลิตร ตามคำแนะนำบนฉลาก) แล้วนำมาวางบนจานเชื้อให้ห่างจากปลายเส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรค 2.0 เซนติเมตร จำนวน 4 จุด ในแนวกากบาท ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ (ซ้ำละ 3 จานแก้ว) วางแผนการทดลองแบบ CRD บ่มจานแก้วทดสอบไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน จึงวัดรัศมีเส้นใยของเชื้อเห็ด *P. pulmonarius* และคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (ทวิน-20 อัตรา 1.0 เปอร์เซ็นต์) โดยใช้สูตรข้างต้น

ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยในการควบคุมโรคราดำบนก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานในระยะบ่มก้อนเชื้อ

ปลูกเชื้อรา *A. niger* หลังการเติมเชื้อเมล็ดข้าวฟ่างเป็นเวลา 7 วัน โดยฉีดพ่นสารแขวนลอยสปอร์ความเข้มข้น 1×10^5 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ปริมาณ 3 มิลลิลิตรต่อก้อน ลงบนก้อนเชื้อบริเวณปากถุง บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 วัน จากนั้นนำน้ำมันหอมระเหย ความเข้มข้น 5.0 และ 2.5 เปอร์เซ็นต์ (เจือจางด้วยน้ำที่เติมสารลดแรงตึงผิวทวิน-20 อัตรา 1.0 เปอร์เซ็นต์) ฉีดพ่นลงบนก้อนเชื้อบริเวณปากถุง ปริมาณ 5 มิลลิลิตรต่อก้อน ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ (ซ้ำละ 5 ก้อนเชื้อเห็ด) วางแผนการทดลองแบบ CRD บ่มก้อนเชื้อเห็ดทดสอบต่ออีกเป็นเวลา 14 วัน จึงประเมินพื้นที่การเกิดโรคโดยให้คะแนน 0 ถึง 5 0 คือ ไม่เกิดโรคราดำ, 1 คือ พื้นที่เกิดโรคราดำ 1-20 เปอร์เซ็นต์, 2 คือ พื้นที่เกิดโรคราดำ 21-40 เปอร์เซ็นต์, 3 คือ พื้นที่เกิดโรคราดำ 41-60 เปอร์เซ็นต์, 4 คือ พื้นที่เกิดโรคราดำ 61-80 เปอร์เซ็นต์ และ 5 คือ พื้นที่เกิดโรคราดำ 81-100 เปอร์เซ็นต์ และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคในแต่ละกรรมวิธีโดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค (\%)} = \frac{\text{Sum (N x S)}}{(T \times M)} \times 100$$

เมื่อ N คือ จำนวนก้อนเห็ดที่ติดโรคในแต่ละระดับคะแนน, S คือ ระดับคะแนนต่าง ๆ (0, 1, 2, 3, 4, 5), T คือ จำนวนก้อนเชื้อทั้งหมดเท่ากับ 5 และ M คือ ระดับคะแนนสูงสุดเท่ากับ 5 (Shah et al., 2013) จากนั้นคำนวณเปอร์เซ็นต์การควบคุมโรคเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (ทวิน-20 อัตรา 1.0 เปอร์เซ็นต์) ตามสูตรดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การควบคุมโรค (\%)} = \frac{A - B}{A} \times 100$$

เมื่อ A คือ การเกิดโรคในกรรมวิธีควบคุม และ B คือ การเกิดโรคในกรรมวิธีทดสอบ

ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยในการควบคุมโรคราดำบนก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานในระยะเปิดดอก

เปิดก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานแล้วทำการปลูกเชื้อรา *A. niger* บริเวณปากถุงโดยฉีดพ่นสารแขวนลอยสปอร์ความเข้มข้น 1×10^5 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ปริมาณ 3 มิลลิลิตรต่อก้อน บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 วัน จากนั้นนำน้ำมันหอมระเหยความเข้มข้น 5.0 เปอร์เซ็นต์ (เจือจางด้วยน้ำที่เติมสารลดแรงตึงผิวทวิน-20 อัตรา 1.0 เปอร์เซ็นต์) ฉีดพ่นลงบนก้อนเชื้อบริเวณปากถุง ปริมาณ 6 มิลลิลิตรต่อก้อน ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ (ซ้ำละ 5 ก้อนเชื้อเห็ด) วางแผนการทดลองแบบ CRD บันทึกน้ำหนักสดของผลผลิตต่อก้อนเชื้อเห็ด ในช่วงเวลา 30 วัน ประเมินพื้นที่การเกิดโรคบนก้อนเชื้อเห็ดหลังการเปิดดอกเป็นเวลา 30 วัน คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคและคำนวณเปอร์เซ็นต์การควบคุมโรคเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (ทวิน-20 อัตรา 1.0 เปอร์เซ็นต์) ตามสูตรข้างต้น

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมสถิติ SPSS เวอร์ชัน 16

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ลักษณะเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐาน เชื้อสาเหตุโรค และน้ำมันหอมระเหย

เชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานที่แยกได้จากดอกเห็ดตัวอย่าง มีความแข็งแรงและเจริญเติบโตรวดเร็วบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ส่วนเชื้อราดำ *Aspergillus niger* ที่แยกได้จากก้อนเห็ดเกิดโรคมีลักษณะสัณฐานของเส้นใยและสปอร์ตรงตามรายงานของ Diba et al. (2007) น้ำมันหอมระเหยสะระแหน่ กานพลู อบเชยไทย มะนาว ตะไคร้ และกระเทียม จากบริษัท เคมีภัณฑ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด มีความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่มีสารสำคัญคือ menthol, limonene, neomenthol กานพลูมีสารสำคัญคือ eugenol, trans-caryophyllene, alpha-humulene, iso-eugenol และ caryophyllene oxide และอบเชยมีสารสำคัญคือ methyl cinnamate, trans-cinnamaldehyde, 1,8-cineole, limonene, pinene และ camphene ที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *A. niger* ได้ (ภัสชญนทร์ หิรัญ และคณะ, 2553) ส่วนน้ำมันหอมระเหย มะนาวประกอบด้วยสารต่าง ๆ ได้แก่ d-limonene, alpha-bergpineol, bergamotene, terpinen-4-ol, alpha-pinene, geraniol, linalool, terpineol, camphene และ bergapten มีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียโรคผิวหนัง น้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้มีสารสำคัญ ได้แก่ สาร citral และ myrcene มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อราสาเหตุของโรคผิวหนัง เช่น กลาก เกื้อน ได้ และสารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยกระเทียม ได้แก่ allicin, allyl sulfide และ allyl disulfide ซึ่งมีฤทธิ์ต้านเชื้อรา *A. niger* (มหาวิทยาลัยมหิดล, 2561)

ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราดำ

ผลการทดสอบการยับยั้งการเจริญเติบโตเส้นใยของเชื้อรา *A. niger* บนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ พบว่า น้ำมันหอมระเหย สะระแหน่ กานพลู อบเชย และมะนาว ความเข้มข้น 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการยับยั้งสูงที่ 89.18, 87.12, 85.64 และ 82.52 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าสารเคมีคาร์เบนดาซิม ความเข้มข้น 0.15 เปอร์เซ็นต์ ที่ยับยั้งได้ 80.30 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่ความเข้มข้น 2.5 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันหอมระเหยสะระแหน่ กานพลู อบเชย และมะนาว สามารถยับยั้งได้เท่ากับ 57.75, 48.59, 45.33 และ 41.20 ตามลำดับ ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยกระเทียม ความเข้มข้น 2.5 เปอร์เซ็นต์ มีการยับยั้งต่ำสุดที่ 30.96 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) สอดคล้องกับการทดลองของ Vorapunthu et al. (2016) ที่พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. tubingensis* เมื่อเทียบกับน้ำมันหอมระเหยกานพลูและอบเชย ส่วน ธัญญาวิน ชูวัฒนวิรุณ และคณะ (2560) พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยความเข้มข้นต่ำที่สุดคือ 25,000 ppm หรือ 2.5 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus* spp. ได้ และน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูและอบเชยสามารถยับยั้งเชื้อ *Aspergillus* spp. ได้สูงกว่าน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส (สายสมร ลำลอง และ พงษ์นรินทร์ ยอดสิงห์, 2559) ส่วนการทดลองนี้พบว่าน้ำมันหอมระเหยสะระแหน่ กานพลู อบเชย มะนาว และตะไคร้ ความเข้มข้น 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *A. niger* ได้สูงกว่าน้ำมันหอมระเหยกระเทียม (Table 1 และ Figure 1)

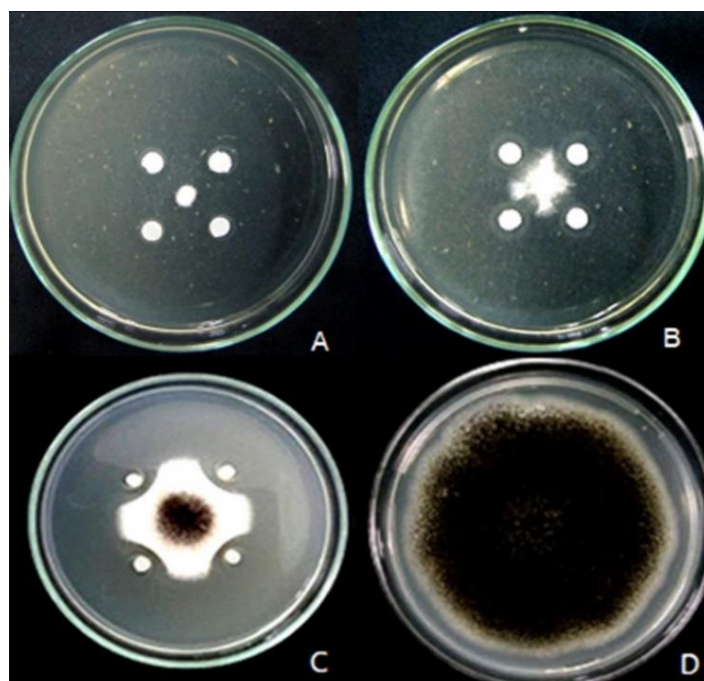
ผลกระทบของน้ำมันหอมระเหยต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐาน

ผลกระทบของน้ำมันหอมระเหยต่อการเจริญเติบโตของเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ พบว่าน้ำมันหอมระเหยสะระแหน่ ความเข้มข้น 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีผลกระทบต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานสูงสุดที่ 32.14 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ น้ำมันหอมระเหยอบเชย ความเข้มข้น 5.0 เปอร์เซ็นต์ และสารกำจัดเชื้อราคาร์เบนดาซิม ความเข้มข้น 0.15 เปอร์เซ็นต์ ที่มีผลต่อการยับยั้งเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานเท่ากับ 29.51 และ 27.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยกานพลู มะนาว และกระเทียม มีผลกระทบต่อการยับยั้งเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานต่ำที่ 17.56, 14.30 และ 11.14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) ส่วนที่ความเข้มข้น 2.5 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันหอมระเหยสะระแหน่ อบเชย ตะไคร้ กานพลู มะนาว และกระเทียม มีผลกระทบต่อการยับยั้งเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานเท่ากับ 15.97, 13.90, 9.54, 8.66, 7.14 และ 5.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 1 และ Figure 2) ซึ่ง Geösel et al. (2014) พบว่าน้ำมันหอมระเหยอบเชยมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อโรคสูงแต่ให้ผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของเชื้อเห็ดสูง สำหรับ จรงค์ศักดิ์ พุ่มนวน และคณะ (2557) รายงานว่า น้ำมันหอมระเหยจากกานพลู ความเข้มข้น 6.0 เปอร์เซ็นต์ มีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อเห็ดฟาง เห็ดหูหนู และเห็ดหอมในช่วง 20.8-33.8 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในการทดลองนี้ น้ำมันหอมระเหยกานพลู ความเข้มข้น 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานเท่ากับ 17.59 เปอร์เซ็นต์ และ Regnier and Combrinck (2010) พบว่าน้ำมันหอมระเหยตะไคร้มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคของเห็ดแชมปิยอง แต่มีผลกระทบต่อการเห็ดประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสาร citral ในตะไคร้เป็นพิษอย่างรุนแรงต่อเชื้อเห็ด

Table 1 Effects of essential oils to inhibit mycelial growth of *Aspergillus niger* black mold and *Pleurotus pulmonarius* mushroom.

Essential oils	Concentration (%)	Growth inhibition of <i>A. niger</i> (%) ^{1/}	Growth inhibition of <i>P. pulmonarius</i> (%) ^{1/}
Kitchen mint (<i>Mentha cordifolia</i>)	5.00	89.18a	32.14a
	2.50	57.75f	15.97f
Clove (<i>Syzygium aromaticum</i>)	5.00	87.12ab	17.56e
	2.50	48.59g	8.66ij
Cinnamon (<i>Cinnamomum bejolghota</i>)	5.00	85.64b	29.51b
	2.50	45.33h	13.90g
Lemon glass (<i>Cymbopogon citratus</i>)	5.00	78.66d	19.07d
	2.50	38.89j	9.54i
Lemon (<i>Citrus aurantifolia</i>)	5.00	82.52c	14.30fg
	2.50	41.20i	7.14j
Garlic (<i>Allium sativum</i>)	5.00	62.25e	11.14h
	2.50	30.96k	5.28k
Carbendazim 50% WP (2.0 g/l)	0.10	80.30cd	27.78c
Control (Tween-20)	1.00	0.00l	0.00l

^{1/} Mean values within the same columns followed by the same letter are not significantly different according to the Duncan's New Multiple Range Test ($P \leq 0.01$).

**Figure 1** Efficacy of essential oils at 5.0% concentration to inhibit mycelial growth of *Aspergillus niger*, (A) kitchen mint, (B) clove, (C) lemon and (D) control.

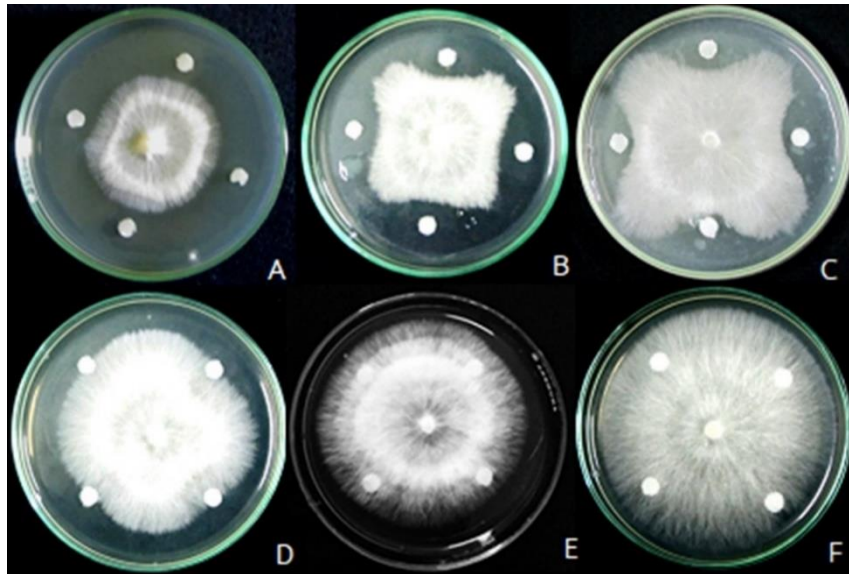


Figure 2 Effects of essential oils at 5% concentration to inhibit mycelial growth of *Pleurotus pulmonarius* mushroom, (A) kitchen mint, (B) cinnamon, (C) lemon grass, (D) lemon, (E) garlic and (F) control.

ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยในการควบคุมโรคคราดำบนก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานในระยะบ่มก้อนเชื้อ

ผลการควบคุมโรคคราดำ *A. niger* บนก้อนเชื้อเห็ดในระยะบ่มก้อนเชื้อเห็ด พบว่า น้ำมันหอมระเหยสะระแหน่ ความเข้มข้น 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพสูงสุดที่ 87.04 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ น้ำมันหอมระเหยกานพลู อบเชย และมะนาว ควบคุมโรคคราดำได้เท่ากับ 85.91, 82.56 และ 80.30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 2 และ Figure 3) ซึ่งสูงกว่าการใช้สารกำจัดเชื้อราคาร์เบนดาซิม (50% WP) ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ (2.0 กรัม/ลิตร ตามคำแนะนำบนฉลาก) ที่ควบคุมได้ 78.12 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่ความเข้มข้น 2.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่า น้ำมันหอมระเหยสะระแหน่ กานพลู อบเชย มะนาว ตะไคร้ และกระเทียม สามารถควบคุมโรคคราดำได้เพียง 48.25, 43.42, 37.45, 39.33, 36.85 และ 28.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 2) ซึ่ง Santos et al. (2017) แสดงให้เห็นว่า น้ำมันหอมระเหยอบเชย และกานพลู ความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคหลังการติดเชื้อราสาเหตุโรค dry bubble ของเห็ดเข็มปิของ

Table 2 Efficacy of essential oils to control black mold disease of grey oyster mushroom in spawning stage.

Essential oils	Concentration (%)	Black mold control (%) ^{1/}
Kitchen mint (<i>Mentha cordifolia</i>)	5.00	87.04a
	2.50	48.25f
Clove (<i>Syzygium aromaticum</i>)	5.00	85.91ab
	2.50	43.42g
Cinnamon (<i>Cinnamomum bejolghota</i>)	5.00	82.56b
	2.50	37.45i
Lemon glass (<i>Cymbopogon citratus</i>)	5.00	73.12d
	2.50	36.85i
Lemon (<i>Citrus aurantifolia</i>)	5.00	80.30bc
	2.50	39.33h
Garlic (<i>Allium sativum</i>)	5.00	57.48e
	2.50	28.50j
Carbendazim 50% WP (2.0 g/l)	0.10	78.12c
Control (Tween-20)	1.00	0.00k

^{1/} Mean values within the same columns followed by the same letter are not significantly different according to the Duncan's New Multiple Range Test ($P \leq 0.05$).



Figure 3 Effect of essential oils at 5.0% concentration on controlling black mold disease in cropping stage, (A) kitchen mint, (B) clove, (C) garlic, (D) lemon and (E) control.

ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยต่อการควบคุมโรคราดำในโรงเรือนเพาะเห็ด

น้ำมันหอมระเหยสะระแหน่ ความเข้มข้น 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคราดำที่เกิดจาก *A. niger* สูงสุดที่ 82.51 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ การใช้น้ำมันหอมระเหยกานพลู อบเชย และมะนาว ควบคุมโรคได้ที่ 80.74, 78.95 และ 80.88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 3) ซึ่งสูงกว่าการใช้สารเคมีคาร์เบนดาซิม (50% WP) ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ (2 กรัม/ลิตร ตามคำแนะนำบนฉลาก) สำหรับการให้ผลผลิตเห็ดนางฟ้าในช่วง 30 วัน พบว่า การใช้น้ำมันหอมระเหยมะนาว และกานพลูให้ผลผลิตเห็ดเท่ากับ 155.11 และ 150.96 กรัมต่อก่อน ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าการใช้สารเคมีคาร์เบนดาซิม ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ที่ให้ผลผลิตเท่ากับ 140.25 กรัมต่อก่อน ในขณะที่กรรมวิธีที่ควบคุม (ทวิน-20) ให้ผลผลิตเท่ากับ 104.00 กรัมต่อก่อน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3) ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยมะนาวและกานพลู มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *A. niger* สูง และส่งผลกระทบต่อเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐาน ต่ำกว่าน้ำมันหอมระเหยสะระแหน่ อบเชย ตะไคร้ และสารกำจัดเชื้อราคาร์เบนดาซิม ซึ่ง Regnier and Combrinck (2010) พบว่า น้ำมันหอมระเหยที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคของเห็ดสูง และมีผลกระทบต่อเชื้อเห็ดต่ำ มีแนวโน้มให้ผลผลิตเห็ดสูงกว่าการควบคุมโรคโดยใช้สารกำจัดเชื้อรา

Table 3 Effect of essential oils at 5.0% concentration on controlling black mold disease and the yield of grey oyster mushroom during 30 days in cropping stage.

Essential oils	Black mold control (%) ^{1/}	Yields (g per bag) ^{1/}
Kitchen mint (<i>Mentha cordifolia</i>)	82.51a	137.78d
Clove (<i>Syzygium aromaticum</i>)	80.74ab	150.96b
Cinnamon (<i>Cinnamomum bejolghota</i>)	78.95b	138.89d
Lemon glass (<i>Cymbopogon citratus</i>)	75.56c	120.67e
Lemon (<i>Citrus aurantifolia</i>)	77.88b	155.11a
Garlic (<i>Allium sativum</i>)	59.55d	116.22f
Carbendazim 50% WP (2.0 g/l with 0.1% c.)	74.48c	140.25c
Control (Tween-20 at 1.0% c.)	0.00e	104.00g

^{1/} Mean values within the same columns followed by the same letter are not significantly different according to the Duncan's New Multiple Range Test ($P \leq 0.05$).

สรุปผลการศึกษา

น้ำมันหอมระเหยจากานพลูและมะนาว ความเข้มข้น 5.0 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมโรคราดำของเห็ดนางฟ้าภูฐานที่เกิดจากเชื้อรา *Aspergillus niger* และเนื่องจากน้ำมันหอมระเหยจากานพลูและมะนาวส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานต่ำ จึงให้ผลผลิตเห็ดที่สูงกว่าการใช้สารกำจัดเชื้อราคาร์เบนดาซิม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาทดลองกับเชื้อสาเหตุโรคของเห็ดชนิดอื่น ๆ เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าในการนำไปใช้ควบคุมโรคเห็ดได้หลากหลายขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- จรงค์ศักดิ์ พุ่มนวน, กนิษฐา บุญนาค, ธนาภรณ์ ดวงภา, พรหมมาศ คุณกาญจน์ และอำมร อินทร์สังข์. 2557. ผลของน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้หอม กานพลู และโหระพาต่อการเจริญเติบโตของเชื้อเห็ดฟาง เห็ดหูหนู และเห็ดหอม. *แก่นเกษตร* 42(3) (พิเศษ): 876-881.
- ธัญญาวาริน ชูวัฒนวรกุล, พิษณุภรณ์ สุวรรณภูมิ, สมจินตนา ทวีพานิชย์ และสายสมร ล้าลอง. 2560.ฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อราของน้ำมันหอมระเหยอบเชยต่อเชื้อรา *Penicillium citrinum* และ *Aspergillus flavus* ที่แยกได้จากยางแผ่นในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี.
- วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 36(3): 392-398.
- บุญญวดี จิระวุฒิ, เนตรา สมบูรณ์แก้ว, สุพี วนศิริกุล, อัศวพร ศรีจุฑา และอมรา ชินภูติ. 2558. การยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus flavus* และลดปริมาณสารแอฟลาทอกซินโดยสารออกฤทธิ์จากกระเทียม. *วารสารวิชาการเกษตร* 33(1): 15-28.
- ภัสชนันท์ หิรัญ, อรพิน เกิดชูชื่น และณัฏฐา เลาหลุยจิตต์. 2553. การยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus* spp. โดยน้ำมันหอมระเหยจากานพลูและอบเชย. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร* 41(พิเศษ): 21-24.
- มหาวิทยาลัยมหิดล. 2561. ฟังสมุนไพโร. <http://www.medplant.mahidol.ac.th/pubhealth/allium.html> (10 เมษายน 2562).
- สายสมร ล้าลอง และพงษ์นรินทร์ ยอดสิงห์. 2559. การใช้ น้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพโรไทยในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราที่พบบนแผ่นยางพารา. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี* 18(1): 30-38.
- Diba, K., Kordbacheh, P., Mirhendi, S. H., Rezaie, S., and Mahmoudi, M. 2007. Identification of *Aspergillus* 227 species using morphological characteristics. *Pakistan Journal of Medical Sciences* 23(6): 867-872.
- Fadahunsi, I., Ayansina, D., and Okunrotifa, A. 2013. Biocontrol of mushroom spoilage fungi and aflatoxin evaluation during storage. *Nature and Science* 11(7): 7-13.
- Fan, L., Pan, H., Wu, Y., and Kwon, H. 2005. Pest and disease management in Shiitake bag cultivation. *Mushroom Growers Handbook 2-Shiitake cultivation*. <http://www.fungifun.org/mushworld/Shiitake-Mushroom-Cultivation> (5 January 2016).
- Geösel, A., Szabó, A., Akan, O., and Szarvas, J. 2014. Effect of essential oils on mycopathogens of *Agaricus bisporus*. In *Proceedings of the 8th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products (ICMBMP8)*, M. Singh, ed. Vol. I & II, pp.530-535. New Delhi: ICAR-Directorate of Mushroom Research.
- Metzger, B. 2008. *Aspergillus niger* Tiegh. In *Mushroom Observer*. http://mushroomobserver.org/name/show_name/15030?_js=on&_new=true (16 May 2016).
- Regnier, T., and Combrinck, S. 2010. *In vitro* and *in vivo* screening of essential oils for the control of wet bubble disease of *Agaricus bisporus*. *South African Journal of Botany* 76: 681-685.
- Santa Cruz Biotechnology, Inc. 2010. Carbendazim. Material safety data sheet. <http://datasheets.scbt.com/sc-211014.pdf> (4 January 2016).
- Santos, T. L., Belan, L. L., Zied, D. C., Dias, E. S., and Alves, E. 2017. Essential oils in the control of dry bubble disease in white button mushroom. *Crop Protection* 47(5): 1-7.
- Shah, S., Nasreen, S., and Kousar, S. 2013. Efficacy of fungicides against *Trichoderma* spp. causing green mold disease of oyster mushroom (*Pleurotus sajor-caju*). *Research Journal of Microbiology* 8(1): 13-24.
- Soares, C., Calado, T., and Venâncio, A. 2013. Mycotoxin production by *Aspergillus niger* aggregate strains isolated from harvested maize in three Portuguese regions. *Revista Iberoamericana de Micologia* 30(1): 9-13.
- Vorapunthu, S., Nuangmek, W., Suwannarach, N., and Pithakpol, W. 2016. Efficiency of fumigation with volatile from clove, cinnamon and pepper mint essential oil on fungi growth inhibition of water hyacinth handicraft product. *Khon Kaen Agriculture Journal* 44(Supplement): 205-211.

วันรับบทความ (Received date) : 14 เม.ย. 62

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 23 มิ.ย. 62

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 12 พ.ย. 62

การพัฒนาวิธีการตรวจเชื้อ *Zucchini Yellow Mosaic Virus* (ZYMV)

ด้วยเทคนิค Reverse Transcription-Loop Mediated Isothermal Amplification (RT-LAMP)

Development of Reverse Transcription-Loop Mediated Isothermal Amplification (RT-LAMP)

Technique for the Detection of *Zucchini Yellow Mosaic Virus* (ZYMV)

ธัญญาพร เหล่าคงถาวร^{1,2} สุพัฒน์ อรรถธรรม³ วิชัย โสสิตรัตน^{1,2,3} และสุจินต์ ภัทรภูวadol^{1,2,3*}
Tanyaporn Lhaokongthawon^{1,2}, Supat Attathom³, Wichai Kositratana^{1,2,3} and Sujin Patarapuwadol^{1,2,3*}

บทคัดย่อ

Zucchini yellow mosaic virus (ZYMV) เป็นเชื้อสาเหตุของโรคที่สำคัญของพืชวงศ์แตง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการตรวจเชื้อ ZYMV ด้วยเทคนิค reverse transcription-loop mediated isothermal amplification (RT-LAMP) เพื่อใช้ในการตรวจวินิจฉัยโรคไวรัสชนิดนี้ โดยใช้ไพรเมอร์ที่มีความจำเพาะเจาะจงต่อ coat protein (CP) gene ของ ZYMV พบว่าสามารถตรวจเชื้อได้ภายใน 1 ชั่วโมง โดยสังเกตผลผลิตกันท์ของ CP gene ที่เพิ่มปริมาณได้ด้วยตาเปล่าโดยการเติมสาร SYBR Green I และตรวจไม่พบในตัวอย่างที่เป็น *Papaya ringspot virus* (PRSV) และใบพืชทองปกติ จากการตรวจสอบ CP gene ที่เพิ่มปริมาณได้ด้วยวิธี agarose gel electrophoresis พบแถบดีเอ็นเอหลายขนาดมีลักษณะคล้ายขั้นบันไดและเมื่อวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ ยืนยันว่าเป็นลำดับนิวคลีโอไทด์ของ CP gene ของเชื้อ ZYMV ประสิทธิภาพของการตรวจเชื้อ ZYMV ด้วยเทคนิค RT-LAMP เมื่อเทียบกับเทคนิค reverse transcription-polymerase chain reaction (RT-PCR) พบว่าเทคนิค RT-LAMP มีประสิทธิภาพสูงกว่า โดยตรวจพบเชื้อ ZYMV ได้ในปริมาณที่น้อยกว่าเทคนิค RT-PCR ถึง 10 เท่า ดังนั้น เทคนิค RT-LAMP จึงเป็นเทคนิคที่สามารถนำมาใช้ในการตรวจวินิจฉัยเชื้อ ZYMV ได้สะดวกรวดเร็วและถูกต้อง

คำสำคัญ: เทคนิค reverse transcription-loop mediated isothermal amplification (RT-LAMP) เชื้อ *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV) พืชวงศ์แตง

Abstract

Zucchini yellow mosaic virus (ZYMV) is one of the major viruses that cause disease in cucurbits. The objective of this study was to develop a reverse transcription-loop mediated isothermal amplification (RT-LAMP) technique for the detection of ZYMV in infected cucurbits that uses primers that are specific to the nucleotide sequences of the ZYMV coat protein gene (CP) gene. The RT-LAMP assay took only an hour to detect ZYMV. The RT-LAMP product of the tested samples was able to be visualized by staining directly in the tube with SYBR Green I, and no reaction was detected from the tissues of healthy plants and the tissues of the plants that were infected with *Papaya ringspot virus* (PRSV). The RT-LAMP products were analyzed by agarose gel electrophoresis, and ladder-like DNA fragments were observed in various sizes. The specificity of the RT-LAMP assay was assessed by sequencing of the RT-LAMP products. The result showed that the nucleotide sequences of the RT-LAMP products were those of the CP gene of ZYMV. The sensitivity of the RT-LAMP assay was higher than that of the reverse transcription-polymerase chain reaction technique (RT-PCR) by 10 fold serial dilution. The results showed that the RT-LAMP technique is a simple and accurate diagnostic method for the detection of ZYMV in cucurbits.

Keywords: reverse transcription-loop mediated isothermal amplification (RT-LAMP), *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV), cucurbits

¹ ศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

² ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10900

³ ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน 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: agrsujp@ku.ac.th

คำนำ

ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์พืชวงศ์แตงที่ใช้ทั้งบริโภคภายในประเทศและส่งออก จากข้อมูลของสำนักควบคุมพืชและวัสดุเกษตร กรมวิชาการเกษตร และสมาคมการค้าเมล็ดพันธุ์ไทย พบการส่งออกเมล็ดพันธุ์พืชวงศ์แตงในปี พ.ศ. 2550 ถึงปี พ.ศ. 2559 จำนวน 6,913.50 ตัน คิดเป็นมูลค่ารวมทั้งสิ้น 8,061.64 ล้านบาท ขณะที่การนำเข้าเมล็ดพันธุ์พืชวงศ์แตง ในปี พ.ศ. 2550 ถึงปี พ.ศ. 2559 มีจำนวน 598.50 ตัน คิดเป็นมูลค่ารวมทั้งสิ้น 920.93 ล้านบาท (สมาคมการค้าเมล็ดพันธุ์ไทย, 2559) สาเหตุโรคพืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจของพืชวงศ์แตงคือ โรคไวรัสที่เกิดจากเชื้อ *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV) มีรายงานพบ ZYMV ในพืชวงศ์แตงครั้งแรกที่อิตาลีปี ค.ศ. 1973 (Lisa et al., 1981) และพบการเข้าทำลายพืชวงศ์แตงในอีกหลายประเทศทั่วโลก (Richard et al., 1993) สำหรับในประเทศไทย กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้ประกาศให้ ZYMV เป็นสิ่งต้องห้าม เนื่องจากเป็นศัตรูพืชกักกันตามพระราชบัญญัติกักพืช พ.ศ. 2507 (ฉบับที่ 7) พ.ศ. 2550 (สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร, 2550)

เชื้อ ZYMV จัดอยู่ในสกุล *Potyvirus* มีลักษณะเป็นท่อนยาวคดขนาด 750 นาโนเมตร สามารถถ่ายทอดโรคได้โดยวิธีกลและเพลี้ยอ่อน (Lisa and Lecoq, 1984) และ ZYMV ยังสามารถถ่ายทอดผ่านทางเมล็ดได้ (Coutts, 2006) Schrijnwerkers et al. (1991) ตรวจพบเชื้อ ZYMV ในเมล็ด (*Cucurbita pepo* cv. Black Beauty) 0.3% และพบที่บริเวณเปลือกหุ้มเมล็ดเท่านั้น นอกจากนี้ Davis and Mizuki (1986) และ Tobias et al. (2008) ยังตรวจพบเชื้อ ZYMV ที่ติดไปกับเมล็ดที่ 18.9% และ 1.4% ตามลำดับ เชื้อ ZYMV ที่เข้าทำลายพืชวงศ์แตงทำให้น้ำหนักและคุณภาพของผลผลิต รวมถึงอายุการเก็บรักษาลดลง ทำให้ผลผลิตเสียหาย 70-95% (Coutts, 2006) ซึ่งในพื้นที่เพาะปลูกตามสภาพธรรมชาติ พืชวงศ์แตงจะถูกเชื้อไวรัสเข้าทำลายมากกว่า 1 ชนิด ทำให้ไม่สามารถแยกเชื้อไวรัสจากอาการที่พบบนใบพืชได้

เทคนิคที่นำมาใช้ในการตรวจสอบเชื้อ ZYMV มีหลายเทคนิค เช่น เทคนิคด้านเซรุ่มวิทยาอย่างเทคนิค enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) โดย Noda et al. (1993) และ Plapung and Smitamana (2014) ได้นำเทคนิค ELISA มาใช้ในการตรวจเชื้อ ZYMV ในประเทศไทย แต่เทคนิคดังกล่าวยังมีข้อจำกัดอยู่ เช่น มีขั้นตอนที่ซับซ้อน ยุ่งยาก และใช้เวลานานในการตรวจสอบ (Almasi and Dehabadi, 2013) นอกจากนี้ยังมีเทคนิคด้านโมเลกุลอย่างเทคนิค reverse transcription polymerase chain reaction (RT-PCR) ที่มีความไวและความจำเพาะสูง ซึ่งต้องตรวจสอบภายในห้องปฏิบัติการและใช้เครื่องมือเฉพาะบางชนิด เช่น เครื่อง thermocycler เพื่อเป็นการลดปัญหาและเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจสอบเชื้อไวรัส จึงได้มีการนำเทคนิค loop mediated isothermal amplification (LAMP) มาใช้ โดยที่เทคนิค LAMP สามารถเพิ่มปริมาณยีนโดยใช้ไพรเมอร์ 2 คู่ ที่ออกแบบให้มีจำเพาะต่อยีนเป้าหมายถึง 6 ตำแหน่ง จึงมีความจำเพาะสูง การสังเคราะห์ดีเอ็นเออาศัยเอนไซม์ *Bst* DNA polymerase เทคนิคนี้ใช้อุณหภูมิคงที่ประมาณ 60-65°C ในการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ นอกจากนี้ยังสามารถตรวจสอบดีเอ็นเอที่สังเคราะห์ได้ในขั้นตอนเดียว โดยการสังเกตการตกตะกอนที่เกิดขึ้นหลังสิ้นสุดการทำปฏิกิริยาได้ด้วยตาเปล่า ทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้เทคนิค electrophoresis ในการตรวจสอบ (Mori et al., 2001) นอกจากนี้เทคนิค LAMP ยังสามารถพัฒนาเพื่อตรวจอาร์เอ็นเอไวรัสได้ด้วย Kuan et al. (2014) ใช้เทคนิค reverse transcription-loop mediated isothermal amplification (RT-LAMP) ตรวจสอบเชื้อ ZYMV ใน squash (*Cucurbita pepo* L.) และเมลอน (*Cucumis melo* L.) ที่พบในประเทศไทยได้หวั่น ซึ่งพบว่า เทคนิคนี้สามารถตรวจสอบเชื้อ ZYMV ได้อย่างจำเพาะเจาะจงและมีประสิทธิภาพดีกว่าเทคนิค RT-PCR การทดลองนี้จึงได้นำเทคนิค RT-LAMP มาพัฒนาและปรับใช้ในการตรวจวินิจฉัยเชื้อ ZYMV ที่เข้าทำลายพืชวงศ์แตงที่พบในประเทศไทย

วิธีการศึกษา

แหล่งที่มาของเชื้อไวรัสและการเตรียมตัวอย่างพืชที่มีเชื้อ *Zucchini yellow mosaic virus*

เชื้อ ZYMV ไอโซเลต Cu161 (GenBank accession MF124605) ที่แยกเชื้อได้จากตัวอย่างแตงโมที่มีอาการใบด่าง ใบด่างเหลือง เส้นใบเปลี่ยนสี ใบลดรูป ใบบิดเบี้ยวผิดรูปร่าง เส้นใบใส อาการด่างสีเขียวเข้มบริเวณเส้นใบ จากแหล่งปลูกในจังหวัดขอนแก่นที่ตรวจสอบไวรัสด้วยเทคนิค ELISA นำไปแยกเชื้อบริสุทธิ์ด้วยวิธี single lesion isolation จึงนำเพิ่มปริมาณเชื้อในพืชทอง และตรวจวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีนห่อหุ้มอนุภาคไวรัส ZYMV ตามวิธีการของ Tobias et al. (2008) จากนั้นนำมาเป็นตัวอย่างที่ให้ผลบวก นำมาใช้ในการพัฒนาเทคนิคการตรวจเชื้อ ZYMV ด้วยเทคนิค RT-LAMP โดยนำมาสกัดอาร์เอ็นเอ โดยใช้ RAeasy Plant Mini Kit (QIAGEN) วัดความเข้มข้นของอาร์เอ็นเอไวรัสด้วยเครื่อง Nanodrop 2000™ spectrophotometer (Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C

การพัฒนาการตรวจสอบเชื้อ ZYMV ด้วยเทคนิค RT-LAMP

ทำการออกแบบไพรเมอร์เพื่อใช้ในการตรวจเชื้อ ZYMV จากลำดับนิวคลีโอไทด์ของ CP gene ของเชื้อ ZYMV ไชเลต Taiwan ที่มีรายงานการในฐานข้อมูล NCBI (NC003224.1 และ AF127929.2) ซึ่งเป็นไอโซเลตเดียวกันที่ Kuan et al. (2014) ใช้ออกแบบไพรเมอร์ เพื่อตรวจด้วยเทคนิค RT-LAMP และลำดับนิวคลีโอไทด์ของเชื้อ ZYMV ไชเลต Cu161 (MF124605) ด้วยโปรแกรม Primer Explorer V3 (<http://primerexplorer.jp/elamp3.0.0/index.html>) โดยไพรเมอร์ที่ออกแบบได้จำนวน 4 ชุด มีลำดับนิวคลีโอไทด์ดัง Table 1

Table 1 RT-LAMP primer sets designed for the detection of ZYMV.

Set	Primer name	Sequence (5'-3')	Target gene	GenBank accession
1	ZYMV-FIP-Taiwan	CGCGGGCTCTTTCAGGAGTTGAGTTTGGCTCGATACGCT	CP	NC003224.1
	ZYMV-BIP-Taiwan	GTTGCGCAGATGAAAGCAGCATAGTGGTGGCAACATTCCA		
	ZYMV-F3-Taiwan	ACATGCCGAGGTATGGTTTG		
	ZYMV-B3-Taiwan	GTGTGCCGTTTCAGTGTCTT		
2	ZYMV-FIP-Taiwan	CGCGGGCTCTTTCAGGAGTTGAGTTTGGCTCGATACGCT	CP	NC003224.1
	ZYMV-BIP-Taiwan	GCTGTTGCGCAGATGAAAGCAAGTGGTGGCAACATTCCA		
	ZYMV-F3-Taiwan	ACATGCCGAGGTATGGTTTG		
	ZYMV-B3-Taiwan	GTGTGCCGTTTCAGTGTCTT		
3	ZYMV-FIP-Taiwan	CCAGCAAATGATCGATATCGAGTATAAGATCACAAAGAAGATGT CACT	CP	AF127929.2
	ZYMV-BIP-Taiwan	ATAAGCCGGATCAAATTGAGTTGTGTTCTAACTTGATTAAACCA GGA		
	ZYMV-F3-Taiwan	AAAATTGTGCCGCGTCTT		
	ZYMV-B3-Taiwan	CCCATCTGTTGCTCATTCA		
4	ZYMV-FIP-Thailand	CTGTGATACTCGATGTTGATCATCTCTTGTGTTATACAATTCTG ATCT	CP	MF124605
	ZYMV-BIP-Thailand	TGC CTC TGA CTC TAG GTA ACG ACC GTA AAT GCT GGT TCT CAT G		
	ZYMV-F3-Thailand	AAG CAA ATT GCT GGT GAG		
	ZYMV-B3-Thailand	ACC AGC TAA GAA AGA CAA AGA		

ตรวจสอบเชื้อไวรัส ZYMV ด้วยเทคนิค RT-LAMP และ Visual LAMP ตามวิธีการที่ดัดแปลงจาก Kuan et al. (2014) โดยนำ cDNA ของพืชที่มีเชื้อ ZYMV พืชที่มีเชื้อ *Papaya ringspot virus* (PRSV) และพืชปลอดโรคมาใช้ในการทดสอบ โดยมีน้ำกลั่นเป็นตัวควบคุมลบ มีองค์ประกอบสารที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา ดังนี้ 6.4 μ M Primer FIP-ZYMV, 6.4 μ M Primer BIP-ZYMV, 0.4 μ M Primer F3-ZYMV, 0.4 μ M Primer B3-ZYMV, 1x Thermopol Reaction Buffer (4.5 mM MgSO₄, 20 mM Tris-HCl pH 8.8, 10 mM KCl, 10 mM (NH₄)₂SO₄, 0.1% Triton X-100), 4 mM MgSO₄, 1.4 mM dNTPs, และ Bst DNA polymerase (8 unit/ μ l) จากนั้นนำหลอดตัวอย่างไปต้มใน heating box ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ได้แก่ ที่อุณหภูมิ 55°C, 60°C และ 65°C เป็นเวลา 60 นาที และหยุดปฏิกิริยาที่ 80°C เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นตรวจผลบน 1.5% agarose gel electrophoresis ใช้กระแสไฟฟ้าที่ความต่างศักย์ 100 โวลต์ นาน 40 นาที และสังเกตผลด้วยตาเปล่า โดยเติมสาร SYBR[®] Green I (Invitrogen, USA) (1:10) 1 μ l สังเกตการเปลี่ยนสีของสาร SYBR Green I จากสีส้มเป็นสีเขียวเรืองแสงได้ในหลอดที่เกิดปฏิกิริยา

คัดเลือกไพรเมอร์และอุณหภูมิที่เหมาะสม นำมาตรวจสอบความจำเพาะของปฏิกิริยา RT-LAMP โดยนำ cDNA ของพืชที่มีเชื้อ ZYMV พืชที่มีเชื้อ PRSV และพืชปลอดโรคมาใช้ในการทดสอบ โดยมีน้ำกลั่นหนึ่งข้วเชื้อซึ่งเป็นตัวอย่างควบคุมลบมาทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 65°C เป็นเวลา 60 นาที และหยุดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 10 นาที

ตรวจสอบผลด้วย 1.5% agarose gel electrophoresis ยืนยันความถูกต้องของสารพันธุกรรมที่ได้จาก RT-LAMP โดยส่งวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ (First Base Laboratories Sdn. Bhd., Selangor, Malaysia)

การทดสอบความไว (sensitivity) ของปฏิกิริยา LAMP เปรียบเทียบกับการตรวจเชื้อด้วยเทคนิค RT-PCR โดยนำ cDNA ของพริกทองที่มีเชื้อ ZYMV ที่ค่าความเข้มข้นดีเอ็นเอเริ่มต้น 1,065 ng/ μ l มาเจือจางเป็น 10 เท่า ตั้งแต่ 10^{-1} จนถึง 10^{-5} เพื่อใช้เป็นดีเอ็นเอต้นแบบในการทำปฏิกิริยา RT-LAMP และ RT-PCR โดยการตรวจเชื้อด้วย RT-PCR ตามวิธีการของ Tobias et al. (2008) จากนั้นวิเคราะห์ผลด้วย 1.5% agarose gel electrophoresis

ผลการศึกษาและวิจารณ์

แหล่งที่มาของเชื้อไวรัสและการเตรียมตัวอย่างพืชที่มีเชื้อ *Zucchini yellow mosaic virus*

การเก็บตัวอย่างใบพืชวงศ์แตงที่แสดงอาการของโรคจากจังหวัดขอนแก่น พบใบแตงโมที่แสดงอาการ (Figure 1A) เมื่อทำการตรวจเชื้อไวรัสด้วยเทคนิค indirect ELISA โดยใช้แอนติบอดีที่จำเพาะต่อเชื้อ ZYMV จำนวน 30 ตัวอย่าง พบเชื้อ ZYMV ในใบแตงโมจำนวน 2 ตัวอย่าง นำตัวอย่างที่ให้ผลบวกไปแยกเชื้อไวรัสให้บริสุทธิ์ด้วยวิธี single lesion isolation บนพืชทดสอบ *Chenopodium amaranticolor* ภายหลังเมื่อนำแผลจุดเฉพาะที่ในครั้งที่ 3 มาปลูกเพิ่มปริมาณเชื้อ ZYMV ในพริกทอง หลังการปลูกเชื้อประมาณ 1 สัปดาห์ พบพริกทองแสดงอาการต่างหลังการปลูกเชื้อ เมื่อตรวจสอบเชื้อไวรัสด้วยเทคนิค indirect ELISA พบว่าทั้ง 2 ตัวอย่างให้ผลบวก (Figure 1B) เมื่อนำ cDNA ที่สกัดได้จากตัวอย่างใบพริกทองที่เป็นโรคและเพิ่มปริมาณเชื้อ ZYMV ไว้ 2 ไโซเลต คือ Cu161 และ Cu162 มาเพิ่มปริมาณ *CP* gene ด้วยเทคนิค RT-PCR พบแถบดีเอ็นเอ ขนาดประมาณ 871 bp ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Tobias et al. (2008) ที่นำ *CP* gene ที่เพิ่มปริมาณได้ มาศึกษาความสัมพันธ์ของลำดับนิวคลีโอไทด์ พบว่า ทั้งไโซเลต Cu161 และ Cu162 มีความเหมือนกันของลำดับนิวคลีโอไทด์ 99% และเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อ ZYMV ที่มีรายงานในฐานข้อมูล NCBI พบว่า *CP* gene ของทั้ง 2 ไโซเลต มีความเหมือน *CP* gene ของ ZYMV ที่มีรายงานจากประเทศจีน (AY074808.1) มากที่สุด คือ 94% จากนั้นได้ส่งข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีนห่อหุ้มอนุภาคของเชื้อ ZYMV ไโซเลต Cu161 เก็บในฐานข้อมูล GenBank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/Genbank/index.html>) ได้รับ accession number คือ MF124605 ซึ่งเชื้อที่แยกและตรวจสอบได้ในครั้งนี้นำมาใช้ในการศึกษาพัฒนาเทคนิค RT-LAMP

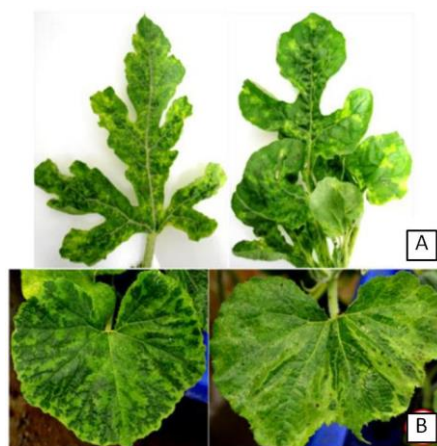


Figure1 Leaf symptoms of ZYMV. A) Symptoms of ZYMV on watermelon leaf collected from field in Khon Kaen province. B) Symptoms of ZYMV after inoculation in pumpkin.

การพัฒนาการตรวจสอบเชื้อ ZYMV ด้วยเทคนิค RT-LAMP

ในการตรวจสอบเชื้อ ZYMV โดยการออกแบบไพรเมอร์จำนวน 4 ชุด จากลำดับนิวคลีโอไทด์ของ *CP* gene ของเชื้อ ZYMV ไโซเลต Taiwan (NC003224.1 และ AF127929.2) จำนวน 3 ชุด (Table 1, set 1-3) และลำดับนิวคลีโอไทด์ *CP* gene ของเชื้อ ZYMV ไโซเลต Cu161 (MF124605) จำนวน 1 ชุด (Table 1, set 4) ถึงแม้ว่าบริเวณลำดับนิวคลีโอไทด์ *CP* gene ของเชื้อ ZYMV ทั้ง 2 ไโซเลต จะมีลำดับนิวคลีโอไทด์ที่คล้ายคลึงกัน แต่ไพรเมอร์ที่ออกแบบจากลำดับนิวคลีโอไทด์ของ *CP* gene ของเชื้อ ZYMV ไโซเลต Taiwan ทั้ง 3 ชุด ไม่สามารถตรวจสอบเชื้อ ZYMV ไโซเลต Cu161 และ Cu162 ได้ (Figure 2 A-C) มีเพียงไพรเมอร์ที่ออกแบบจากลำดับนิวคลีโอไทด์ *CP* gene ของเชื้อ ZYMV ไโซเลต Cu161 ที่สามารถตรวจสอบเชื้อ ZYMV

ไอโซเลต Cu161 และ Cu162 ได้ (Figure 2D) จากนั้นทำการตรวจสอบเชื้อ ZYMV โดยใช้ไพรเมอร์ชุดที่ 4 ที่อุณหภูมิต่างกัน คือ 55°C, 60°C และ 65°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาพบว่า ที่อุณหภูมิ 65°C เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการตรวจสอบเชื้อ ZYMV (Figure 3)

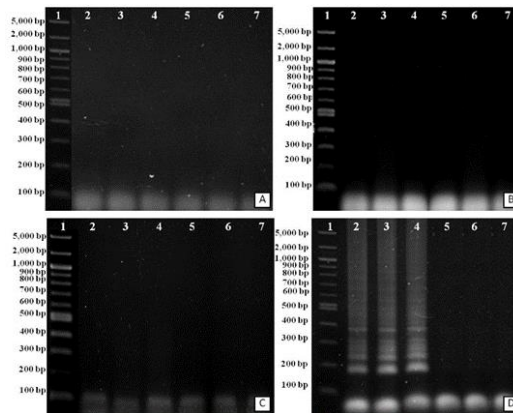


Figure 2 Validation of primer sets for RT-LAMP assay of ZYMV. Gel electrophoresis of RT-LAMP products. A)-C) Using 1st, 2nd and 3rd primer set (derived from CP gene Taiwan isolates), respectively. D) 4th Primer set (derived from CP gene ZYMV-Cu161 Thailand isolate). Lane 1: 100 bp DNA ladder (Fermentas, Ontario, Canada), lane 2: positive control (ZYMV), lane 3: ZYMV-Cu161, lane 4: ZYMV-Cu162 and lane 5-7: healthy plant, PRSV and water, respectively.

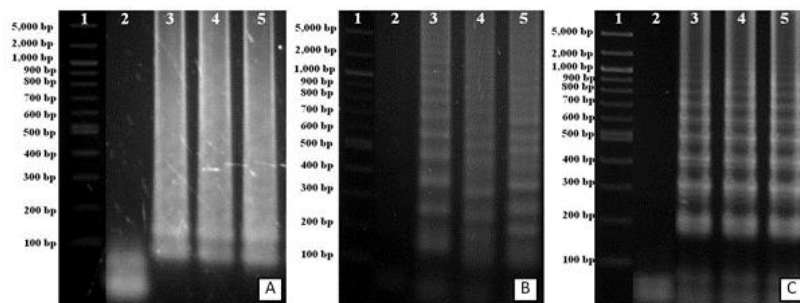


Figure 3 Optimization of RT-LAMP reaction conditions for the detection of ZYMV using CP gene-ZYMV-Cu161 primers. A) The RT-LAMP at 55°C. B) The RT-LAMP at 60°C. C) The RT-LAMP at 65°C. Lane 1: 100 bp DNA ladder (Fermentas, Ontario, Canada), lane 2: dH₂O, lane 3: ZYMV-Cu161, lane 4: ZYMV-Cu162 and lane 5: positive control (ZYMV).

ทำการทดสอบความจำเพาะของเทคนิค RT-LAMP โดยใช้ไพรเมอร์ที่จำเพาะต่อ CP gene ของเชื้อ ZYMV นำมาตรวจ cDNA จากตัวอย่างพืชที่ติดเชื้อ ZYMV พืชที่มีเชื้อ PRSV พืชปลอดโรคและน้ำกลั่น จากผลการทดสอบพบว่า ชุดไพรเมอร์ที่ออกแบบสามารถตรวจเชื้อ ZYMV ได้ในพืชที่เป็นตัวอย่างควบคุมบวก และไม่เกิดปฏิกิริยากับพืชที่ติดเชื้อ PRSV พืชปลอดโรคและน้ำกลั่นที่เป็นตัวอย่างควบคุมลบจากผลการวิเคราะห์ RT-LAMP product ด้วยเทคนิค gel electrophoresis พบดีเอ็นเอลักษณะคล้ายขึ้นบันไดในตัวอย่างที่พบเชื้อ ZYMV และพืชที่มีเชื้อ ZYMV (Figure 4A) และเมื่อเติมสาร SYBR Green I ในหลอดที่มี LAMP product จะพบการเรืองแสงสีเขียวที่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า (Figure 4B) โดยการตรวจสอบผลทั้ง 2 วิธีให้ผลที่สอดคล้องกัน จากการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ เพื่อยืนยันความถูกต้องของ RT-LAMP product ของเชื้อ ZYMV ไอโซเลต Cu161 พบว่า ดีเอ็นเอที่ได้จากเทคนิค RT-LAMP มีความคล้ายคลึงของลำดับนิวคลีโอไทด์ ที่ 91% และ 90% กับเชื้อ ZYMV สายพันธุ์ที่พบในประเทศไทย (AY074808.1 และ AF513552.1) ตามลำดับ โดยไม่พบความเหมือนกันกับเชื้อ PRSV ที่มีการรายงานในฐานข้อมูล NCBI ดังนั้นไพรเมอร์ชุดนี้จึงมีความจำเพาะกับเชื้อ ZYMV ที่ต้องการตรวจสอบ โดยสามารถตรวจสอบโรคที่เกิดจากเชื้อ ZYMV ที่พบในประเทศไทยได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพ

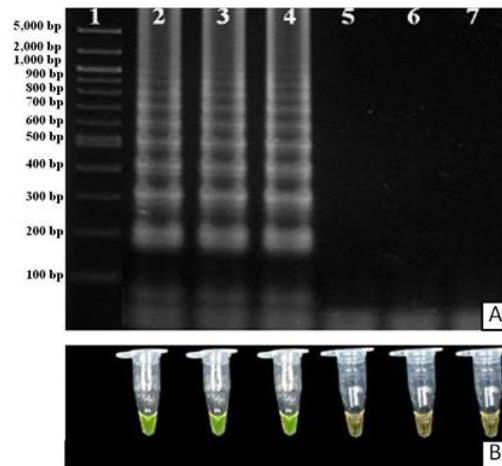


Figure 4 Specificity of RT-LAMP for ZYMV detection based on amplification of *CP* gene. A) RT-LAMP product analysis, using 1.5% agarose gel electrophoresis. B) Visual inspection by SYBR Green I. Lane 1: 100 bp DNA ladder (Fermentas, Ontario, Canada), lane 2: positive control (ZYMV), lane 3: ZYMV-12 Cu161, lane 4: ZYMV-Cu162, lane 5: water, lane 6: healthy plants and lane 7: PRSV.

การตรวจสอบความไวของปฏิกิริยา LAMP ในการตรวจเชื้อ ZYMV โดยใช้ดีเอ็นเอตั้งต้นที่มีความเข้มข้น $1,065 \text{ ng}/\mu\text{l}$ แล้วนำมาเจือจางเป็น 10 เท่า การทดลองครั้งนี้พบว่าเทคนิค RT-LAMP สามารถเกิดปฏิกิริยาได้ที่ค่าการเจือจาง 10^{-4} หรือที่ความเข้มข้นของดีเอ็นเอประมาณ $0.106 \text{ ng}/\mu\text{l}$ ในเวลา 1 ชั่วโมง และสามารถตรวจสอบผลด้วยเทคนิค agarose gel electrophoresis (Figure 5A) และตรวจสอบได้ด้วยตาเปล่า หลังจากเติมสารเรืองแสง SYBR Green I (Figure 5B) โดยการตรวจสอบผลทั้ง 2 วิธี ให้ผลที่สอดคล้องกัน ส่วนวิธี RT-PCR สามารถเกิดปฏิกิริยาได้ถึงค่าการเจือจางของดีเอ็นเอที่ 10^{-3} หรือที่ความเข้มข้นต่ำสุด $106 \text{ ng}/\mu\text{l}$ ที่เวลา 2 ชั่วโมง (Figure 5C) สอดคล้องกับการรายงานของ Kuan et al. (2014) ซึ่งรายงานว่าเทคนิค RT-LAMP มีความไวในการเกิดปฏิกิริยามากกว่าเทคนิค RT-PCR ถึง 10 เท่า

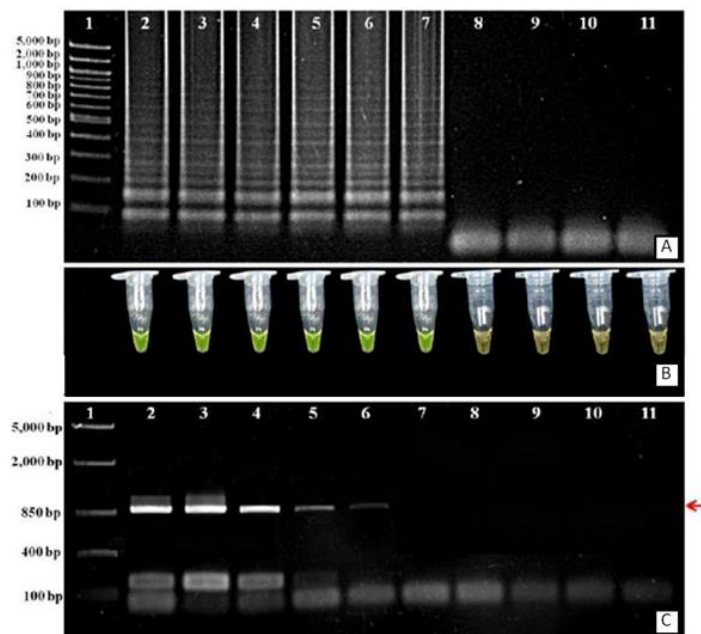


Figure 5 Sensitivity comparison of RT-LAMP and RT-PCR for the detection of ZYMV. A) RT-LAMP assay result by agarose gel electrophoresis. B) Visual inspection by SYBR Green I. C). RT-PCR assay result. Lane 1: 100 bp DNA ladder, lane 2: positive control (ZYMV), lane 3-8: 1.0 , 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} and $10^{-5} \mu\text{g}$, respectively and lane 9-11: negative control (healthy plant, PRSV and water, respectively).

สรุปผลการศึกษา

เทคนิค RT-LAMP สามารถตรวจสอบเชื้อ ZYMV ได้อย่างจำเพาะเจาะจง โดยใช้ไพรเมอร์ที่ออกแบบจากลำดับนิวคลีโอไทด์ CP gene เชื้อ ZYMV ไชโยเลต Cu161 (MF124605) ที่แยกได้จากแตงโมในจังหวัดขอนแก่น และไพรเมอร์นี้ไม่สามารถตรวจเชื้อไวรัส PRSV ได้ ซึ่งเป็น *Potyvirus* ที่เข้าทำลายแตงเหมือนกัน และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการตรวจเชื้อ ZYMV ระหว่างเทคนิค RT-PCR กับ RT-LAMP โดยพบว่าเทคนิค RT-LAMP มีประสิทธิภาพในการตรวจเชื้อ ZYMV ที่มีปริมาณเชื้อไวรัสได้น้อยกว่าเทคนิค RT-PCR ถึง 10 เท่า เทคนิค RT-LAMP เป็นเทคนิคที่สามารถนำมาใช้ในการตรวจวินิจฉัยเชื้อ ZYMV ได้อย่างจำเพาะและมีความไวสูง อย่างไรก็ตามเทคนิคนี้ยังจำเป็นต้องมีการพัฒนาให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในภาคสนาม หรือในแปลงปลูกของเกษตรกรเพื่อใช้ตรวจเชื้อ ZYMV ในประเทศไทยได้สะดวกและรวดเร็ว

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการการพัฒนาเทคนิคแลมป์ในการตรวจโรคในพืชวงศ์แตง ประจำปีงบประมาณ 2555 ที่ได้รับการสนับสนุนจากศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนานวัตกรรมและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

เอกสารอ้างอิง

- สมาคมการค้าเมล็ดพันธุ์ไทย. 2559. Statistics import-export control seeds. <http://www.thasta.com/statistics.asp> (22 กรกฎาคม 2559).
- สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. 2550. ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดศัตรูพืช เป็นสิ่งต้องห้ามตามพระราชบัญญัติกักพืช พ.ศ. 2507 (ฉบับที่ 7) พ.ศ. 2550. กรมวิชาการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. <http://www.doa.go.th/ard/wp-content/uploads/2019/.pdf> (19 กรกฎาคม 2559).
- Almasi, M. A., and Dehabadi, S. H. 2013. Colorimetric immunocapture reverse transcription loop-mediated isothermal amplification assay for rapid detection of the *Potato virus*. *Journal of Plant Pathology & Microbiology* 4: 1-6.
- Coutts, B. 2006. Virus diseases of cucurbit crops. <http://www.appsnet.org/publications/potm/Feb10%20POTM.pdf> (21 March 2013).
- Davis, R. F., and Mizuki, M. K. 1986. Seed transmission of *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV) in *Cucurbita pepo*. In *Proceedings of the Workshop on Epidemiology of Plant Virus Diseases*. pp. 6-7. Orlando: n.p.
- Kuan, C. P., Deng, T. C., Huang, H. C., Chi, H. H., and Lu, Y. L. 2014. Use of reverse transcription loop-mediated isothermal amplification for the detection of *Zucchini yellow mosaic virus*. *Journal of Phytopathology* 162: 238-244.
- Lisa, V., Boccardo, G., Agostino, G. D., Dellavalle, G., and Aquillo, M. D. 1981. Characterization of a *Potyvirus* that causes *Zucchini yellow mosaic virus*. *Phytopathology* 1: 667-672.
- Lisa, V., and Lecoq, H. 1984. *Zucchini yellow mosaic virus*. Description of Plant Viruses. Association of Applied Biologists. <http://www.dpvweb.net/dpv/showdpv.php?dpvno=282> (13 March 2016).
- Mori, Y., Nagamine, K., Tomita N., and Notomi, T. 2001. Detection of loop-mediated isothermal amplification reaction by turbidity derived from magnesium pyrophosphate formation. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 289: 150-154.
- Noda, C., Kittipakorn, K., Inchan, P., Wanapee, L., and Deema, N. 1993. Distribution of cucurbit viruses and reactions of some cucurbit species to certain viruses. In *Proceedings of the 31st Kasetsart University Annual Conference*. pp. 341-347. Bangkok: Ministry of University Affairs.
- Plapung, P., and Smitamana, P. 2014. Incidence of cucumber viruses in Northern Thailand. *International Journal of Agricultural Technology* 10: 167-176.
- Richard, W. R., Provvidenti, R., and Shail, J. W. 1993. Tests for seed-borne transmission of *Zucchini Yellow Mosaic Virus*. *Hort Science* 28(7): 694-696.
- Schrijnwerkers, C. C. F. M., Huijberts, N., and Bos, L. 1991. *Zucchini yellow mosaic virus*: Two outbreaks in the Netherlands and seed transmissibility. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 97: 1-7.
- Tobias, I., Szabo, K., Salanki, L., Sari, L., Kuhlmann, H. and Palkovics, L. 2008. Seedborne transmission of *Zucchini yellow mosaic virus* and *Cucumber mosaic virus* in Styrian Hulleless group of *Cucurbita pepo*. In *Cucurbitaceae 2008, Proceedings of the IXth EUCARPIA meeting on the genetics and breeding of Cucurbitaceae*. Pitrat, M., ed. pp. 189-197. Avignon: INRA.

วันรับบทความ (Received date) : 11 ก.ค. 60

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 24 เม.ย. 63

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 31 ก.ค. 60

ผลของ KNO_3 และ GA_3 ต่อการทำลายการพักตัวของเมล็ดกระชับ (*Xanthium strumarium* L.)Effects of KNO_3 and GA_3 on Breaking Dormancy of Cocklebur (*Xanthium strumarium* L.) Seedsกานต์ติมา ธีรางกูร¹ พิจิตรา แก้วสอน¹ และทัตไฉน จารุวัฒนพันธ์¹
Kantima Teerangkul¹, Pichitra Kaewsorn¹ and Tassanai Jaruwattanaphan¹

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาวิธีทำลายการพักตัวของเมล็ดพันธุ์กระชับด้วยสารละลาย KNO_3 และ GA_3 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เพื่อให้เมล็ดมีความงอกสูงขึ้น โดยทดสอบความงอกในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีการเพาะเมล็ดระหว่างกระดาษชื้นที่มีน้ำหรือสารละลายชนิดต่าง ๆ เป็นวัสดุที่ให้ความชื้น เป็นเวลา 21 วัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มี 5 ทรีตเมนต์ จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 25 เมล็ด ได้แก่ น้ำ reverse osmosis (RO) (ชุดควบคุม) สารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ และสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ และ 0.05 เปอร์เซ็นต์ บันทึกข้อมูลที่ 21 วัน หลังทดสอบ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ความงอก จำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก และเวลาเฉลี่ยในการงอก ผลการทดลองพบว่าเมล็ดที่เพาะระหว่างกระดาษชื้นด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.2 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ และสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.02 และ 0.05 เปอร์เซ็นต์ มีความงอกสูงที่สุดและไม่แตกต่างทางสถิติ (86.00-96.00 เปอร์เซ็นต์) ส่วนการเพาะเมล็ดบนกระดาษชื้นด้วยน้ำ RO (ชุดควบคุม) มีความงอกต่ำที่สุด (74.00 เปอร์เซ็นต์) นอกจากนี้ การเพาะเมล็ดระหว่างกระดาษชื้นด้วยสารละลายที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ไม่มีผลต่อจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอกและเวลาเฉลี่ยในการงอกเมื่อเปรียบเทียบกับผลการเพาะเมล็ดบนกระดาษชื้นด้วยน้ำ RO (ชุดควบคุม) ดังนั้น สารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.2 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ และสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.02 และ 0.05 เปอร์เซ็นต์ สามารถทำลายการพักตัวของเมล็ดกระชับได้

คำสำคัญ: ความงอก ความเร็วในการงอก จำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก เวลาเฉลี่ยในการงอก

Abstract

The objective of this research was to break the dormancy of cocklebur (*Xanthium strumarium* L.) seeds using KNO_3 and GA_3 at different concentrations. Germination was tested in the laboratory using the between paper method (BP), reverse osmosis (RO) water and various chemical solutions as the moistening agents over a period of 21 days. The experiment featured a Completely Randomized Design (CRD) that was composed of 5 treatments with 4 replications, and each replication included 25 seeds: RO water (control), 0.2% and 0.5% KNO_3 solution and 0.02% and 0.05% GA_3 solution. Germination percentage, days to emergence (DTE) and mean germination time (MGT) were recorded at 21 days after testing commenced. The results showed that seeds germinated by the BP method with 0.2% and 0.5% KNO_3 solution and with 0.02% and 0.05% GA_3 solution gave the highest percentages of germination and were not significantly different (86.00-96.00%), while seeds germinated by the BP method with RO water (control) gave the lowest percentage of germination (74.00%). Moreover, the germination test using the BP method with different concentrations of the test solutions had no effect on DTE and MGT when compared with results seen when RO water (control) was used. Thus, the solutions of 0.2% and 0.5% KNO_3 solution, and 0.02% and 0.05% GA_3 solution were well able to break the dormancy of cocklebur seeds.

Keywords: germination, speed of germination, days to emergence, mean germination time

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

กระชับ (cocklebur) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Xanthium strumarium* L. อยู่ในวงศ์ Asteraceae หรือ Compositae (สำนักงานหอพรรณไม้, 2561) ซึ่งเมล็ดกระชับมีสาร xanthostrumarin glycoside ที่เป็นพิษต่อสัตว์ สารนี้จะคงอยู่จนถึงระยะที่เมล็ดงอกเป็นต้นอ่อนที่มีใบเลี้ยงติดอยู่ เมื่อมีใบจริงสารไกลโคไซด์ (glycoside) จะลดลงอย่างรวดเร็ว และสารนี้จะไม่สลายตัว แม้ตากแดดให้แห้ง (ยิ่งยง ไผสุขสานติวัฒนา, 2547; Kingsbury, 1964) นอกจากสารไกลโคไซด์แล้วในเมล็ดยังมีกรดออกซาลิก (oxalic acid) วิตามินซี (ยิ่งยง ไผสุขสานติวัฒนา, 2547; Chopra et al., 1956) เรซิน (resin) และน้ำมันซึ่งประกอบด้วย oleic acid และ linoleic acid (ยิ่งยง ไผสุขสานติวัฒนา, 2547; Perry and Metzger, 1980) ต้นอ่อน (sprout) กระชับสามารถรับประทานได้โดยปรุงให้สุก มีรสชาติหวาน กรอบ มีกลิ่นหอมอ่อน ๆ จึงเป็นที่นิยมในการบริโภค ราคาในตลาด 120-150 บาท (เคลนิวิธ, 2561) ประกอบอาหารได้หลายชนิด เช่น ยำ แกงส้ม หรือรับประทานเป็นผักสดเครื่องเคียงกับน้ำพริก ในการผลิตต้นอ่อนกระชับทำได้เพียง 2 เดือนต่อปีเท่านั้น คือ เดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม จึงทำให้เกษตรกรต้องพัฒนาวิธีการปลูกผักกระชับเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ให้เพียงพอสำหรับเพาะเป็นต้นอ่อนให้สามารถจำหน่ายได้ทั้งปี (นพดล แสงวิสัย, 2556) การบริโภคต้นอ่อนกระชับที่มีใบจริงกำลังเป็นที่นิยมอย่างมากที่บ้านทะเลน้อย อำเภอเกล้ง จังหวัดระยอง ซึ่งกลุ่มเกษตรกรได้ศึกษาวิธีการปลูกจนทำให้สามารถจำหน่ายต้นอ่อนได้ตลอดทั้งปี (วิสูตร ช่างเหล็ก, 2556) โดยเกษตรกรผู้ปลูกต้นกระชับจะเตรียมดินในเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ จากนั้นเก็บเกี่ยวผลแก่นำมาตากแดดให้แห้ง นำผลกระชับไปแช่น้ำโดยเปลี่ยนน้ำวันเว้นวันจนกว่าสีน้ำจะใสขึ้น ซึ่งเกษตรกรต้องแช่ผลกระชับในน้ำสะอาดเป็นเวลานาน 70-80 วัน เพื่อกระตุ้นการงอกของเมล็ด จากนั้นนำผลกระชับไปเพาะในแปลงดินร่วนแล้วกลบด้วยทรายในที่ร่ม ต้นอ่อนเจริญเต็มที่โดยมีความสูงประมาณ 15 เซนติเมตรใช้เวลาประมาณ 8 วัน ต้นอ่อนกระชับคล้ายถั่วงอก โดยลำต้นมีสีขาวและใบจริงสีเขียว เมื่อต้นอ่อนกระชับอายุ 8 วัน จะเก็บเกี่ยวแล้วนำไปจำหน่าย (นพดล แสงวิสัย, 2556) ซึ่งเกษตรกรยังคงมีปัญหาการเพาะเมล็ดเนื่องจากใช้เวลานาน

เมล็ดกระชับมักพบปัญหาความงอกต่ำและใช้ระยะเวลาในการงอกนาน ซึ่งสาเหตุการพักตัวของเมล็ดกระชับเกิดจากการพักตัวทางสรีรวิทยาของเมล็ด (physiological dormancy) (Karimmojeni et al., 2010) และเอ็มบริโอไม่สามารถงอกผ่านเปลือกผลได้ (Esashi and Leopold, 1968) Esashi et al. (1976) รายงานการเพาะเมล็ดกระชับที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส ช่วยทำลายการพักตัวของเมล็ดได้และทำให้ใบเลี้ยงมีขนาดใหญ่ขึ้น Esashi and Katoh (1977) รายงานการทำลายการพักตัวของเมล็ดกระชับด้วยการนำเมล็ดมาตัดเอาเฉพาะเอ็มบริโอและใบเลี้ยงวางบนกระดาษกรองที่มีสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 30 และ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3 และ 10 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ไม่สามารถทำลายการพักตัวของเมล็ดได้ โดยมีความงอก 0 เปอร์เซ็นต์ Saric et al. (2012) รายงานการบ่มผลกระชับที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด คือ 65-80 เปอร์เซ็นต์ และใช้ระยะเวลาในการงอกประมาณ 5 วัน Foroughi et al. (2014) รายงานว่าต้นกระชับที่เจริญในสภาพที่มีร่มเงาส่งผลให้เมล็ดภายในผลมีการพักตัวมากขึ้น และผลของกระชับที่อยู่ตำแหน่งด้านบนจะมีความงอกสูงกว่าเมล็ดที่อยู่ในผลตำแหน่งด้านล่าง นอกจากนี้ในพืชวงศ์เดียวกับกระชับ เช่น ทานตะวัน มีรายงานการแช่เมล็ดทานตะวันในน้ำที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง ส่งผลให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด คือ 71 เปอร์เซ็นต์ และต้นอ่อนมีความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมากที่สุด (รณรงค์ อยู่เกตุ และคณะ, 2557) เมล็ดกระชับมีสาเหตุการพักตัวที่เกิดจากการพักตัวทางสรีรวิทยาของเมล็ด หรือมีสารยับยั้งการงอกภายในเมล็ด และยังไม่พบในรายงานของสมาคมทดสอบเมล็ดพันธุ์นานาชาติ หรือ International Seed Testing Association (ISTA) อย่างไรก็ตาม ISTA (2018) แนะนำวิธีการใช้สารเคมีเพื่อทำลายการพักตัวทางสรีรวิทยาของเมล็ด หรือมีสารยับยั้งการงอกภายในเมล็ด เช่น สารละลายโพแทสเซียมไนเตรด (KNO_3) ความเข้มข้น 0.2-0.5 เปอร์เซ็นต์ แทนการใช้น้ำในครั้งแรกของการเพาะเมล็ด ได้แก่ เมล็ดคะน้า พริก มะเขือ มะเขือเทศ หรือสารละลายกรดจิบเบอเรลลิน (GA_3) ความเข้มข้น 0.02-0.05 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ เมล็ดข้าวโอ๊ต ข้าวบาร์เลย์ มันฝรั่ง แทนการใช้น้ำในครั้งแรกของการเพาะเมล็ด อย่างไรก็ตาม มีรายงานการทำลายการพักตัวของเมล็ดพันธุ์กระชับด้วยวิธีกลแล้วแต่ยังไม่ประสบผลสำเร็จ ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีทำลายการพักตัวของเมล็ดพันธุ์กระชับด้วยสารละลาย KNO_3 และ GA_3 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เพื่อให้เมล็ดงอกได้สูงขึ้น

วิธีการศึกษา

นำผลกระชับจากเกษตรกรในชุมชนบ้านทะเลน้อย อำเภอเกล้ง จังหวัดระยอง ที่เก็บเกี่ยวเมื่อเดือนกุมภาพันธ์ 2561 มาแยกเมล็ดออกจากผล ซึ่ง 1 ผล มี 2 เมล็ด จากนั้นนำเมล็ดมาศึกษาวิธีทำลายการพักตัวด้วยการเพาะเมล็ดระหว่างกระดาษชื้นที่มีน้ำ reverse osmosis (RO) สารละลาย KNO_3 และ GA_3 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ปริมาตร 50 มิลลิลิตรต่อทรีตเมนต์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ (Completely Randomized Design, CRD) มี 5 ทรีตเมนต์ จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 25 เมล็ด

ได้แก่ 1) น้ำ RO (ชุดควบคุม) 2) สารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ 3) สารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ 4) สารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ และ 5) สารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์

การบันทึกข้อมูล

ความงอก (germination) นำเมล็ดกระชับมาทดสอบความงอกด้วยวิธีการเพาะเมล็ดระหว่างกระดาษขึ้น หรือวิธี between paper (BP) (ISTA, 2018) จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 25 เมล็ด วางไว้ในตู้เพาะเมล็ด (germinator) ที่อุณหภูมิสถับ $20 \leftrightarrow 30$ องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ในสภาพมืด เป็นเวลา 16 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในสภาพมีแสง เป็นเวลา 8 ชั่วโมง โดยนับต้นอ่อนปกติทุกวัน เป็นเวลา 21 วันหลังเพาะเมล็ด (เนื่องจากเมล็ดกระชับยังไม่มีรายงานใน ISTA จึงได้นับต้นอ่อนปกติทุกวันจนเมล็ดไม่สามารถงอกได้ คือ 21 วันหลังเพาะเมล็ด) ต้นอ่อนปกติมีลักษณะระบบรากแก้วสมบูรณ์ ลำต้นตั้งตรง มีใบเลี้ยง 2 ใบ มีสีเขียว การนับครั้งสุดท้าย (final count) ที่ 21 วันหลังเพาะเมล็ด จะนับต้นอ่อนปกติ ต้นอ่อนผิดปกติ เมล็ดสดไม่งอก และเมล็ดตาย จากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณความงอกของเมล็ดพันธุ์มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ จากสูตร ความงอกของเมล็ดพันธุ์ (เปอร์เซ็นต์) = (จำนวนต้นอ่อนปกติทั้งหมด / จำนวนเมล็ดทั้งหมด) $\times 100$

จำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก (days to emergence, DTE) เพาะเมล็ดกระชับตามวิธีการทดสอบความงอก นับจำนวนเมล็ดที่มีรากยาวประมาณ 2 มิลลิเมตร ทุกวัน เป็นเวลา 21 วัน จากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณหาจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก มีหน่วยเป็น วัน จากสูตร $DTE = \sum(n T) / \sum n$ โดย n คือ จำนวนเมล็ดที่มีรากงอก 2 มิลลิเมตร, T คือ จำนวนวันที่เมล็ดแทงราก (Dhillon, 1995)

เวลาเฉลี่ยในการงอก (mean germination time, MGT) เพาะเมล็ดกระชับตามวิธีการทดสอบความงอก นับต้นอ่อนปกติทุกวัน เป็นเวลา 21 วัน จากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณเวลาเฉลี่ยในการงอก มีหน่วยเป็น วัน จากสูตร $MGT = \sum(n T) / \sum n$ โดย n คือ จำนวนต้นอ่อนปกติ, T คือ จำนวนวันที่เมล็ดงอกเป็นต้นอ่อนปกติ (Ellis and Roberts, 1980)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนข้อมูลทางสถิติ (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยลักษณะต่าง ๆ ด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสถิติ R (ชูศักดิ์ จอมพุท, 2555)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ความงอก (germination)

วิธีทำลายการพักตัวของเมล็ดพันธุ์กระชับด้วยการเพาะเมล็ดระหว่างกระดาษขึ้นด้วยน้ำ reverse osmosis (RO) สารละลาย KNO_3 และ GA_3 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกแตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) โดยเมล็ดที่เพาะระหว่างกระดาษขึ้นด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ มีความงอกสูงที่สุด คือ 96.00 ± 1.62 เปอร์เซ็นต์ และไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่เพาะระหว่างกระดาษขึ้นด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ สารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.02 และ 0.05 เปอร์เซ็นต์ แต่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่เพาะด้วยน้ำ RO (ชุดควบคุม) มีความงอกต่ำที่สุด คือ 74.00 ± 2.52 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม การเพาะเมล็ดระหว่างกระดาษขึ้นด้วยสารละลาย KNO_3 และ GA_3 ทุกความเข้มข้น มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกสูงกว่าเมล็ดที่เพาะด้วยน้ำ RO (ชุดควบคุม) เพราะสารละลาย KNO_3 สามารถทำลายการพักตัวของเมล็ดได้ อาจเนื่องจากมีข้อสันนิษฐานว่าสารประกอบจำพวกไนเตรต ไนไตรต์ และเมทิลีน บลู เป็นตัวยับยั้งการหายใจแบบปกติ หรือ tricarboxylic acid (TCA) cycle ดังนั้นจึงทำให้ออกซิเจนเหลือเพียงพอในการขับเคลื่อนกระบวนการทางเลือกอื่น ๆ ซึ่งจากข้อสันนิษฐานกระบวนการเพนโตสฟอสเฟต (pentose phosphate pathway, PPP) เป็นกระบวนการทางเลือกที่สำคัญในการทำลายการพักตัวของเมล็ดโดยอาจใช้ออกซิเจนในการออกซิไดซ์ NADPH นอกจากนี้ สารประกอบจำพวกไนเตรต ไนไตรต์ และเมทิลีน บลู สามารถทำหน้าที่แทนออกซิเจนในการออกซิไดซ์ NADPH ได้เช่นเดียวกัน จึงช่วยกระตุ้นให้เมล็ดดูดซึ่มออกซิเจนและดูดซึมน้ำได้ดี เนื่องจากเมล็ดต้องการออกซิเจนในการหายใจในระหว่างกระบวนการงอกของเมล็ด (วันชัย จันทรประเสริฐ, 2553; Hilton and Thomas, 1986) นอกจากนี้สารละลาย KNO_3 สามารถแตกตัวเป็น 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) ซึ่งสอดคล้องกับ พิจิตรา แก้วสอน และคณะ (2556) รายงานการทำลายการพักตัวของเมล็ดพันธุ์มะตาด (*Dillenia indica* L.) ซึ่งมีสาเหตุการพักตัวทางสรีรวิทยาของเมล็ด หรือมีสารยับยั้งการงอกภายในเมล็ดเช่นเดียวกับเมล็ดกระชับ พบว่า

การแช่เมล็ดมะตาดในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ นาน 12 ชั่วโมง มีแนวโน้มทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด คือ 93.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ได้กระตุ้นความงอก (ชุดควบคุม) มีความงอก 86.00 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ สาร GA_3 มีผลในการกระตุ้นความงอก โดย GA_3 ช่วยเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ต่าง ๆ เช่น α - และ β -amylase เพื่อย่อยแป้งให้เปลี่ยนเป็นน้ำตาล ซึ่งใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึม หรือเอนไซม์ protease ช่วยย่อยโปรตีนให้เป็นกรดอะมิโน เพื่อใช้ในกระบวนการเจริญเติบโตของเอ็มบริโอ (วันชัย จันทน์ประเสริฐ, 2553) ทั้งนี้ GA_3 ยังช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของเซลล์ และเปลี่ยนระดับความสมดุลของฮอร์โมนภายในเมล็ด จึงทำให้เมล็ดงอกได้เร็วขึ้น (จวงจันทร ดวงพัตรา, 2529) สอดคล้องกับ วัชรพล ประทุมทอง และคณะ (2561) รายงานการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์สนดำญี่ปุ่น (*Pinus thunbergii* Parl.) ซึ่งมีสาเหตุการพักตัวจากสารยับยั้งการงอกภายในเมล็ดเช่นเดียวกับเมล็ดกระชับ โดยได้ทำลายการพักตัวด้วยวิธีการแช่เมล็ดในสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง มีแนวโน้มทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด คือ 88.00 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก มีความงอก 85.00 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับ อาริตา วจิสุนทร (2559) รายงานการกระตุ้นความงอกของเมล็ดมะเขือพวงพันธุ์พวงหยกด้วยการแช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.1, 0.3 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ และสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.01, 0.03 และ 0.05 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุดและไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก

Table 1 Effect of KNO_3 and GA_3 at different concentrations on germination, days to emergence and mean germination time.

Treatment	Germination (%)	Days to emergence (days)	Mean germination time (days)
RO water (control)	74.00±2.52 b	4.19±0.42	6.89±0.52 ab
0.2% KNO_3	96.00±1.62 a	4.01±0.62	6.38±0.49 b
0.5% KNO_3	89.00±1.87 a	4.76±0.47	7.48±0.30 a
0.02% GA_3	92.00±1.53 a	4.31±0.61	6.68±0.85 ab
0.05% GA_3	86.00±1.33 a	4.71±0.56	6.88±0.45 ab
F-test	*	ns	*
C.V. (%)	8.90	12.36	8.05

ns and * = not significantly different and significantly different at $P < 0.05$.

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

การเพาะเมล็ดกระชับระหว่างกระดาษขึ้นด้วยน้ำ RO และสารละลายที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มีผลทำให้มีต้นอ่อนผิปกติแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 1) โดยเมล็ดที่เพาะระหว่างกระดาษขึ้นด้วยน้ำ RO พบต้นอ่อนผิปกติมากที่สุด คือ 12.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่เพาะระหว่างกระดาษขึ้นด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ สารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.02 และ 0.05 เปอร์เซ็นต์ พบต้นอ่อนผิปกติ คือ 8.00, 5.00 และ 7.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ต้นอ่อนผิปกติมีหลายลักษณะ ได้แก่ ไม่มีรากแก้ว รากกุด รากแตก และใบเลี้ยงม้วนงอและมีขนาดเล็ก ส่วนเมล็ดที่เพาะระหว่างกระดาษขึ้นด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ พบต้นอ่อนผิปกติน้อยที่สุด คือ 1.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีต้นอ่อนผิปกติลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่เพาะระหว่างกระดาษขึ้นด้วยน้ำ RO ประมาณ 11 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ เนื่องจากสาร KNO_3 ที่ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมที่ทำให้เมล็ดพัฒนาเป็นต้นอ่อนสมบูรณ์มากขึ้น

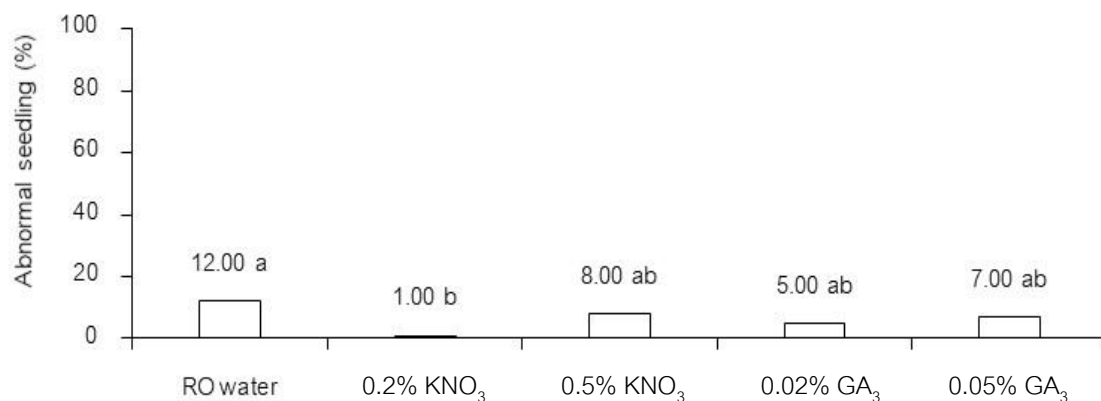


Figure 1 Abnormal seedling of cocklebur seed affected by KNO₃ and GA₃ solution at different concentrations.

การเพาะเมล็ดกระชับระหว่างกระดาดขึ้นด้วยน้ำ RO และสารละลายที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ มีผลทำให้มีเมล็ดที่ไม่ออกแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 2) โดยเมล็ดที่เพาะระหว่างกระดาดขึ้นด้วยน้ำ RO และ สารละลาย GA₃ ความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์ พบเมล็ดที่ไม่ออกมากที่สุด คือ 6.00 เปอร์เซ็นต์ เท่ากัน แสดงว่าสารละลาย GA₃ ความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลทำให้เมล็ดที่ยังไม่ออกลดลงหรือมีเมล็ดที่งอกได้ลดลง อาจเป็นเพราะความเข้มข้นของสารละลาย GA₃ ที่ความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์ สูงเกินไปจึงไม่มีผลกระตุ้นการงอกของเมล็ดกระชับ โดยเมล็ดที่ไม่ออกเป็นเมล็ดที่ดูดน้ำเข้าไปได้ เมล็ดมีขนาดใหญ่ขึ้นเล็กน้อย แต่ไม่มีการงอกของเมล็ด ส่วนเมล็ดที่เพาะระหว่างกระดาดขึ้นด้วยสารละลาย KNO₃ ความเข้มข้น 0.2 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ และสารละลาย GA₃ ความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ พบเมล็ดที่ไม่ออกน้อยที่สุด คือ 1.00 เปอร์เซ็นต์ เท่ากัน แสดงว่ามีผลในการลดปริมาณเมล็ดที่ไม่ออกลง สอดคล้องกับ Hayati et al. (2005) รายงานการทำลายการพักตัวของเมล็ดพันธุ์มะเขือพวงที่มีสาเหตุจากสารยับยั้งการงอกภายในเมล็ด ซึ่งมีความงอกเริ่มต้นเพียง 40 เปอร์เซ็นต์ และมีเมล็ดที่ไม่ออกสูงถึง 60 เปอร์เซ็นต์ โดยการเพาะเมล็ดบนกระดาดขึ้นที่มีสารละลาย KNO₃ ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าการเพาะเมล็ดบนกระดาดขึ้นที่มีสารละลาย KNO₃ ความเข้มข้น 0.2, 0.3 และ 0.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงว่าสาร KNO₃ ตอบสนองได้ดีกับเมล็ดมะเขือพวงที่มีความเข้มข้นต่ำ เช่นเดียวกับการเพาะเมล็ดมะเขือพวงบนกระดาดขึ้นที่มีสารละลาย GA₃ ความเข้มข้น 0.01 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าการเพาะเมล็ดบนกระดาดขึ้นที่มีสารละลาย GA₃ ความเข้มข้น 0.02, 0.03 และ 0.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เพราะสารละลาย KNO₃ และ GA₃ มีความเข้มข้นเหมาะสมในการทำลายการพักตัวของเมล็ด โดยสารละลาย KNO₃ ช่วยกระตุ้นให้เมล็ดมีการดูดซึมน้ำออกซิเจนและดูดซึมน้ำได้ดีขึ้น ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในกระบวนการงอกของเมล็ด เนื่องจากเมล็ดต้องการออกซิเจนในการหายใจในกระบวนการงอกของเมล็ด (Hilton and Thomas, 1986) นอกจากนี้สารละลาย KNO₃ สามารถแตกตัวเป็น K⁺ และ NO₃⁻ โดย NO₃⁻ ที่เมล็ดดูดน้ำไปใช้ช่วยให้เกิดการสังเคราะห์โปรตีนเพิ่มขึ้น (สรสิทธิ์ วัชรโรทยาน, 2518) อีกทั้ง NO₃⁻ ยังเป็นตัวรับอิเล็กตรอนในกระบวนการหายใจในวิถีเพนโดสฟอสเฟต หรือวิถีทางเลือกของไกลโคไลซิส จะทำหน้าที่แทนออกซิเจนในการออกซิไดส์ NADPH ในกระบวนการหายใจจึงสามารถทำลายการพักตัวของเมล็ดได้ นอกจากนี้สาร GA₃ ยังช่วยเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ต่าง ๆ เช่น α- และ β-amylase เพื่อย่อยแป้งให้เปลี่ยนเป็นน้ำตาล ซึ่งใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึม หรือเอนไซม์ protease จะช่วยย่อยโปรตีนให้เป็นกรดอะมิโนเพื่อใช้ในกระบวนการเจริญเติบโตของเอ็มบริโอ (วันชัย จันทน์ประเสริฐ, 2553) อีกทั้ง GA₃ ยังช่วยส่งเสริมการงอกของเมล็ด โดยกระตุ้นการเจริญเติบโตของเซลล์ และเปลี่ยนระดับความสมดุลของฮอร์โมนภายในเมล็ด จึงทำให้เมล็ดงอกได้เร็วขึ้น (จวงจันทร ดวงพัตรา, 2529)

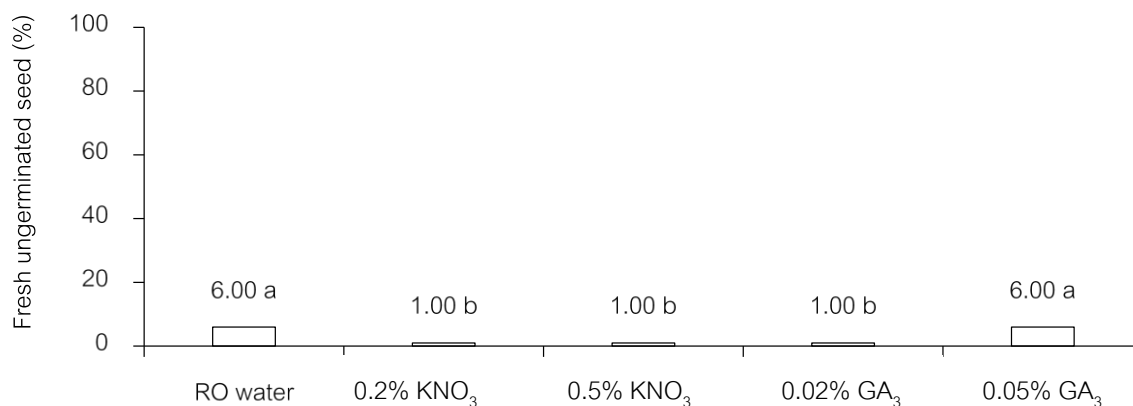


Figure 2 The fresh ungerminated seed of cocklebur seed affected by KNO₃ and GA₃ solution at different concentrations.

การเพาะเมล็ดกระชับระหว่างกระดาษขึ้นด้วยน้ำ RO และสารละลายที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ ไม่มีผลทำให้เมล็ดตายแตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 3) โดยมีเมล็ดตายเพียงเล็กน้อยประมาณ 1.00-8.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมล็ดตายมีการเข้าทำลายของเชื้อรา โดยมีเส้นใยสีขาวเจริญบนผิวของเมล็ด โดยเมล็ดที่เพาะระหว่างกระดาษขึ้นด้วยน้ำ RO พบเมล็ดตายมากที่สุด คือ 8.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่เพาะระหว่างกระดาษขึ้นด้วยสารละลาย KNO₃ ความเข้มข้น 0.2 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ และสารละลาย GA₃ ความเข้มข้น 0.02 และ 0.05 เปอร์เซ็นต์ โดยมีเมล็ดตายเพียง 1.00-2.00 เปอร์เซ็นต์

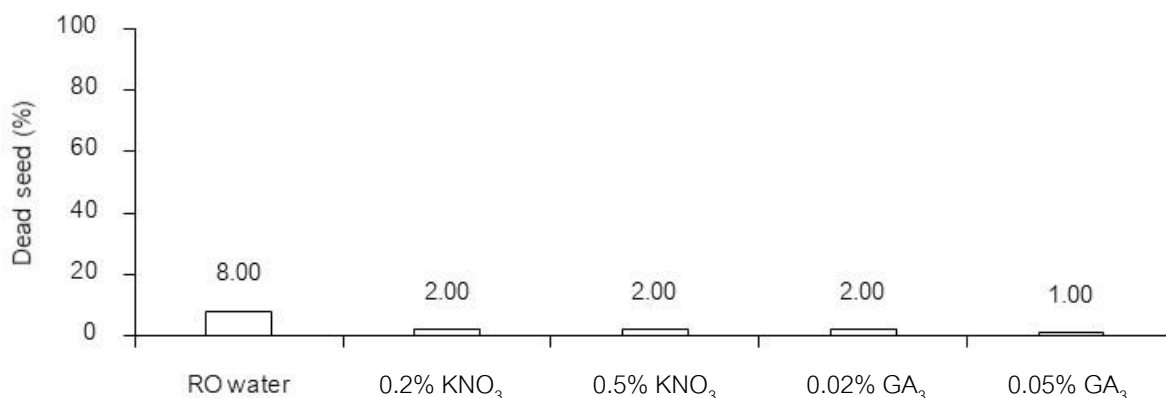


Figure 3 Dead seed of cocklebur seed affected by KNO₃ and GA₃ solution at different concentrations.

จำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก (days to emergence, DTE)

จำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอกเป็นค่าที่แสดงความเร็วในการงอกของเมล็ด หากเมล็ดมีค่าจำนวนวันที่มีรากงอกน้อย แสดงว่าเมล็ดมีความแข็งแรงและสามารถงอกได้เร็ว (Dhillon, 1995) วิธีทำลายการพักตัวของเมล็ดกระชับโดยเพาะเมล็ดระหว่างกระดาษขึ้นด้วยน้ำ RO หรือสารละลายที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ ไม่มีผลทำให้เมล็ดมีจำนวนวันที่มีรากงอกแตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) โดยเมล็ดมีจำนวนวันที่มีรากงอกประมาณ 4.01±0.62 ถึง 4.76±0.47 วัน แสดงว่าการเพาะเมล็ดระหว่างกระดาษขึ้นด้วยสารละลายที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ ไม่มีผลทำให้เมล็ดแทงรากได้เร็วขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการเพาะเมล็ดระหว่างกระดาษขึ้นด้วยน้ำ RO แต่เมล็ดสามารถพัฒนาเป็นต้นอ่อนปกติได้แตกต่างกัน โดยมีเวลาเฉลี่ยในการงอกแตกต่างกันทางสถิติ (Table 1) สอดคล้องกับ กาญจนา สวัสดิ์ (2559) รายงานการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพริกชี้ฟ้าพันธุ์สามเดือนด้วยการแช่เมล็ดในสารละลาย KNO₃ ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ และสารละลาย GA₃ ความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ไม่มีผลทำให้เมล็ดมีจำนวนวันที่แทงรากแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่แช่ในน้ำและเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก แต่การแช่เมล็ดพริกชี้ฟ้าในสารละลาย KNO₃ ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วกว่าการแช่เมล็ดในสารละลาย KNO₃ ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดที่แช่ในน้ำ RO และเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก ตามลำดับ

นอกจากนี้ อาริตา วจีสุนทร (2559) รายงานการกระตุ้นความงอกของเมล็ดมะเขือพวงพันธุ์พวงหยกด้วยการแช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.1, 0.3 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ และสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.01, 0.03 และ 0.05 เปอร์เซ็นต์เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ไม่มีผลทำให้เมล็ดมีจำนวนวันที่แทงรากแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับ การแช่เมล็ดในน้ำ RO แต่การแช่เมล็ดมะเขือพวงในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.3 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วกว่าการแช่เมล็ดในน้ำ RO

เวลาเฉลี่ยในการงอก (mean germination time, MGT)

เวลาเฉลี่ยในการงอกเป็นค่าแสดงความเร็วในการงอกของเมล็ด หากเมล็ดมีค่าเวลาเฉลี่ยในการงอกน้อยแสดงว่า เมล็ดนั้นแข็งแรง งอกได้เร็ว และพัฒนาเป็นต้นอ่อนปกติได้เร็ว (Ellis and Roberts, 1980) วิธีทำการเพาะเมล็ดของเมล็ดกระชับ โดยเฉพาะเมล็ดระหว่างกระดาษขึ้นด้วยน้ำ RO หรือสารละลายที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ มีผลทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกแตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) โดยเมล็ดที่เพาะระหว่างกระดาษขึ้นด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ มีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด คือ 6.38 ± 0.49 วัน และไม่แตกต่างทางสถิติกับทรีตเมนต์อื่น ๆ ยกเว้นเมล็ดที่เพาะระหว่างกระดาษขึ้นด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีเวลาเฉลี่ยในการงอกช้าที่สุด คือ 7.48 ± 0.30 วัน และไม่แตกต่างทางกับทรีตเมนต์อื่น ๆ ยกเว้นเมล็ดที่เพาะระหว่างกระดาษขึ้นด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าการเพาะเมล็ดระหว่างกระดาษขึ้นด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เมล็ดงอกได้เร็วกว่าการเพาะเมล็ดระหว่างกระดาษขึ้นด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ประมาณ 1 วัน อาจเป็นเพราะการใช้สารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมกว่าความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ สารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ มีค่าศักย์ (water potential) สูงกว่าสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้เมล็ดดูดน้ำได้เร็วขึ้น จึงทำให้น้ำภายในเมล็ดเพียงพอต่อกระบวนการงอกได้เร็ว เมล็ดสามารถงอกและพัฒนาเป็นต้นอ่อนปกติได้เร็วกว่าการใช้สารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม ทุกทรีตเมนต์ไม่มีผลทำให้เมล็ดงอกได้เร็วขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับ การเพาะเมล็ดระหว่างกระดาษขึ้นด้วยน้ำ RO แสดงว่าสารละลายดังกล่าวไม่มีผลในการกระตุ้นให้เมล็ดงอกได้เร็วขึ้น ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ กาญจนา สวัสดิ์ (2559) ที่รายงานการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพริกชี้ฟ้าด้วยการแช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วกว่าเมล็ดที่แช่ในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมล็ดพริกเมื่อถูกกระตุ้นด้วยสารละลาย KNO_3 ที่ความเข้มข้นสูงมักมีผลทำลายการพักตัวของเมล็ด นอกจากนี้ สุคนธ์ สุขแก้ว (2559) รายงานการแช่เมล็ดมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วกว่าการแช่ในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ แต่การแช่เมล็ดในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.02 และ 0.06 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลทำให้เวลาเฉลี่ยในการงอกแตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้การตอบสนองของชนิดสารเคมีและความเข้มข้นของสารละลายที่เหมาะสมในการทำลายการพักตัวของเมล็ดที่มีสาเหตุจากสภาวะยับยั้งการงอกภายในเมล็ดขึ้นอยู่กับชนิดของเมล็ดพันธุ์ ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกัน และปริมาณของสารยับยั้งการงอกภายในเมล็ดแตกต่างกัน (Copeland and McDonald, 1995)

สรุปผลการศึกษา

เมล็ดที่เพาะระหว่างกระดาษขึ้นด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.2 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ และสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.02 และ 0.05 เปอร์เซ็นต์ มีความงอกสูงที่สุดและไม่แตกต่างทางสถิติ (86.00-96.00 เปอร์เซ็นต์) แต่แตกต่างจากการเพาะเมล็ดบนกระดาษขึ้นด้วยน้ำ RO (ชุดควบคุม) มีความงอกต่ำที่สุด (74.00 เปอร์เซ็นต์) นอกจากนี้พบว่า การเพาะเมล็ดระหว่างกระดาษขึ้นด้วยสารละลายที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ ไม่มีผลต่อจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอกและเวลาเฉลี่ยในการงอกเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่เพาะระหว่างกระดาษขึ้นด้วยน้ำ RO (ชุดควบคุม)

เอกสารอ้างอิง

- กาญจนา สวัสดิ์. 2559. ผลของการกระตุ้นความงอกด้วยสารเคมีต่อคุณภาพของเมล็ดพริกชี้ฟ้าพันธุ์สามเดือน. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จวงจันทร์ ดวงพิตร. 2529. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชูศักดิ์ จอมพุท. 2555. สถิติ: การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยด้านพืชด้วย "R". กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เดลินิวส์. 2561. วิจัยและพัฒนา การปลูกกระชับ. <https://www.dailynews.co.th/agriculture/643928> (16 พฤษภาคม 2562).

- นพดล แสงวิสัย. 2556. ผักกระชับเมืองแก่ง กิโละสองร้อย. ไทยรัฐ. <https://www.thairath.co.th/content/344699> (16 พฤษภาคม 2562).
- พิจิตรา แก้วสอน, สุรศักดิ์ เกษมสิริสวัสดิ์, ปริญญช จุลกะ และจำนอง โสมกุล. 2556. การกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์มะตาด (*Dillenia indica* L.) ด้วยน้ำ, GA_3 และ KNO_3 . วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 44(2): 85-88.
- ยิ่งยง ไพบูลย์สถานดิวัฒนา. 2547. กระชับ. ใน *ราชบัณฑิตยสถาน, หนังสืออนุกรมวิธานพืช อักษร ก*. พิมพ์ครั้งที่ 2. น. 26-27.
- กรุงเทพฯ: หจก. อรุณการพิมพ์.
- รณรงค์ อยู่เกตุ, ภัทรพล บุตรฉิว และวิไลลักษณ์ ชินะจิตร. 2557. ผลของวัสดุเพาะกล้าและการแช่เมล็ดพันธุ์ที่มีต่อการผลิตทานตะวันอก. *แก่นเกษตร* 42(3): 926-930.
- วัชรพล ประทุมทอง, พิจิตรา แก้วสอน และทิศไย จารุวัฒนพันธ์. 2561. การกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์สนดำญี่ปุ่น (*Pinus thunbergii* Parl.) ด้วยสารละลายกรดจิบเบอเรลลิก. ใน *รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 56 (สาขาพืช)*. น. 9-16.
- มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วันชัย จันทร์ประเสริฐ. 2553. *สรรพวิทย์เมล็ดพันธุ์*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิสูตร ช่างเหล็ก. 2556. ผักกระชับจากผักพื้นบ้านสู่ธุรกิจชุมชน. วารสาร "เพื่อน" SCG Chemicals 3(15): 4-4.
- สรสิทธิ์ วัชรโยธาน. 2518. *ความอุดมสมบูรณ์ของดิน*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาปฐพีวิทยา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สำนักงานหอพรรณไม้. 2561. กระชับ. กลุ่มงานพฤกษศาสตร์ป่าไม้. www.dnp.go.th/botany (10 พฤษภาคม 2562).
- สุคุณวัต สุขแก้ว. 2559. ผลของการกระตุ้นความงอกด้วยสารเคมีต่อคุณภาพของเมล็ดมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อารिता วิจิณทร. 2559. ผลของการกระตุ้นความงอกด้วยสารเคมีต่อคุณภาพของเมล็ดมะเขือพวงพันธุ์พวงหยก. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Chopra, R. N., Nayar, S. L., and Chopra, I. C. 1956. *Glossary of Indian medicinal plants*. New Delhi: CSIR.
- Copeland, L. O., and McDonald, M. B. 1995. *Principles of seed science and technology*. New York: Springer Science & Business Media.
- Dhillon, N. P. S. 1995. Seed priming of male sterile muskmelon (*Cucumis melo* L.) for low temperature germination. *Seed Science and Technology* 23: 881-884.
- Ellis, R. H., and Roberts, E. H. 1980. Improved equation for the prediction of seed longevity. *Annals of Botany* 45(1): 13-30.
- Esashi, Y., and Leopold, A. C. 1968. Physical forces in dormancy and germination of *Xanthium* seeds. *Plant Physiology* 43: 871-876.
- Esashi, Y., and Katoh, H. 1977. Dormancy and impotency of cocklebur seeds IV. effects of gibberellic acid, benzyladenine, thiourea and potassium nitrate on growth of embryonic axis and cotyledon segments. *Plant Physiology* 59: 117-121.
- Esashi, Y., Katoh, H., Hata, Y., and Goto, N. 1976. Dormancy and impotency of cocklebur seeds: VII. inability of dormant cotyledons to form chlorophyll. *Plant Physiology* 59: 122-125.
- Foroughi, A., Gharekhloo, J., and Ghaderi-Far, F. 2014. Effect of plant density and seed position on mother plant on physiological characteristic of cocklebur (*Xanthium strumarium*) seeds. *Planta Daninha* 32(1): 61-68.
- Hayati, N. E., Sukprakarn, S., and Juntakool, S. 2005. Seed germination enhancement in *Solanum stramonifolium* and *Solanum torvum*. *Kasetsart Journal (Natural Science)* 39: 368-376.
- Hilton, J. R., and Thomas, J. A. 1986. Regulation of pregerminative rates of respiration in seeds of various weed species by potassium nitrate. *Journal of Experimental Botany* 37: 1516-1524.
- ISTA. 2018. *International rules for seed testing*. International Seed Testing Association (ISTA). Switzerland: Basserdorf.
- Karimmojeni, H., Zareh, A., Keshtkar, E., Mashhadi, H. R., and Alizadeh, H. M. 2010. Dormancy breaking of cocklebur (*Xanthium strumarium* L.) seeds. *Iranian Journal of Field Crop Science* 41(3): 503-511.
- Kingsbury, J. M. 1964. *Poisonous plants of the United States and Canada*. USA: Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N. J.
- Perry, L. M., and Metzger, J. 1980. *Medicinal plants of east and southeast Asia*. England: The MIT Press, Cambridge (Mass.).
- Saric, M., Bozic, D., Pavlovic, D., Elezovic, I., and Vrbicanin, S. 2012. Temperature effects on common cocklebur (*Xanthium strumarium* L.) seed germination. *Romanian Agricultural Research* 29: 389-393.

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

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

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

**การประเมินการไหลบ่าของน้ำผิวดินและการสูญเสียดินในการผลิตข้าวไร่บนพื้นที่สูง
โดยใช้แบบจำลองโครงการคาดการณ์การพังทลายของดินโดยน้ำ อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย**
**Assessment of Surface Runoff and Soil Loss During Highland Rice Growing
in Mae Fah Luang District, Chiang Rai, Using the Water Erosion Prediction Project Model**

วันรัก ฤทธิเกษร¹ และชาญชัย แสงชโยสวัสดิ์¹
Wanrak Rittikesorn¹ and Chanchai Sangchysawat¹

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการไหลบ่าของน้ำผิวดินและการสูญเสียดินในแปลง ศึกษาการชะล้างพังทลายดิน โดยใช้แบบจำลองโครงการคาดการณ์การพังทลายของดินโดยน้ำ (Water Erosion Prediction Project, WEPP) ในการประเมิน การเกิดการไหลบ่าของน้ำผิวดินและการสูญเสียดินกับข้อมูลที่ได้จริงในแปลง ศึกษาที่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำต่างกัน โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design มีจำนวน 7 วิธีการ 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 1) ปลูกข้าวไร่ ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ 2) ปลูกข้าวไร่ มีคูรับน้ำขอบเขาที่มีระยะห่างระหว่างคูรับน้ำขอบเขาในแนวตั้ง (V.I.) 4 เมตร 3) ปลูกข้าวไร่ มีคูรับน้ำขอบเขาที่มีระยะห่างระหว่างคูรับน้ำขอบเขาในแนวตั้ง 8 เมตร 4) ปลูกข้าวไร่ มีคูรับน้ำขอบเขา (ใช้ค่า V.I. 4 เมตร) ร่วมกับแถบหญ้าแฝกด้านนอกคูรับน้ำขอบเขา 5) ปลูกข้าวไร่ มีคูรับน้ำขอบเขา (ใช้ค่า V.I. 8 เมตร) ร่วมกับ แถบหญ้าแฝกด้านนอกคูรับน้ำขอบเขา 6) ปลูกข้าวไร่ มีคูรับน้ำขอบเขา (ใช้ค่า V.I. 4 เมตร) ร่วมกับแถบพืชอนุรักษ์ (ชาอัสสัม) และ 7) ปลูกข้าวไร่ มีคูรับน้ำขอบเขา (ใช้ค่า V.I. 8 เมตร) ร่วมกับแถบพืชอนุรักษ์ (ชาอัสสัม) ผลการทดลองพบว่า ในการ เปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างค่าที่ได้จากการประเมินปริมาณน้ำไหลบ่าผิวดิน และการสูญเสียดินจากการใช้แบบจำลอง และค่าที่ได้จริงโดยวิธี Root Mean Square Error (RMSE) ในปี 2557 พบว่า ค่าที่ได้จากการประเมินใกล้เคียงกับค่าที่ วัดได้จริงและมีแนวโน้มที่เกิดขึ้นเหมือนกัน โดยปริมาณน้ำไหลบ่ามีค่ามากกว่าประมาณ 0.11-0.45 เท่า ส่วนปริมาณการ สูญเสียดินมีค่ามากกว่าประมาณ 0.03-0.3 เท่า

คำสำคัญ: พื้นที่สูง การอนุรักษ์ดินและน้ำ น้ำไหลบ่าและการสูญเสียดิน แบบจำลอง WEPP ข้าวไร่

Abstract

The objective of this research was to study surface runoff and soil loss as predicted by the Water Erosion Prediction Project Model (WEPP) and compare with results for surface runoff and soil loss based on actual measured data for different soils and with consideration of water conservation measures. The field research was conducted on terraced rice fields in the Mae Fah Luang district of Chiang Rai. The experiment used Randomized Complete Block Design (RCBD) with 7 treatments and 3 replications, which were: 1) highland rice planted no soil and water conservation measures (WOSC), 2) highland rice planted with ditches with a vertical interval of 4 meters between ditches (WH4M), 3) highland rice planted with ditches with a vertical interval of 8 meters between ditches (WH8M), 4) highland rice planted with ditches with a vertical interval 4 meters between ditches and with strips of vetiver grass planted outside the ditch (WHV4M), 5) highland rice planted with ditches with a vertical interval of 8 meters between ditches and with strips of vetiver grass planted outside the ditches (WHV8M), 6) highland rice planted with ditches and a vertical interval of 4 meters between the ditches and with strips of Assam tea planted outside the ditches (WHT4M), and 7) highland rice planted with ditches and a vertical interval of 8 meters between the ditches and with strips of Assam tea planted outside the ditches (WHT8M). The results showed that the values for runoff and soil loss as predicted by the model and those obtained from field measurement, when analyzed for difference by Root Mean Square Error (RMSE), were nearly the same. The amount of runoff as predicted by the model was 0.11-0.45 times higher than that actually measured, and the amount of soil loss predicted by the model was about 0.03-0.3 times higher than soil loss measured in the field.

Keywords: highland, soil and water conservation, runoff and soil loss, WEPP model, upland rice

¹ สาขาปฐพีศาสตร์และการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ. เมือง จ. เชียงใหม่ 50200

¹ Program in Soil Science and Natural Resource Management, Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Muang, Chiang Mai 50200

*Corresponding author, Email: valentinedaylove14@hotmail.com

คำนำ

ในปัจจุบันทรัพยากรดินในประเทศไทยได้เสื่อมโทรมลงไปอย่างมาก เนื่องมาจากการใช้ประโยชน์ที่ดินและการจัดการดินที่ไม่เหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ประโยชน์ที่ดินบนพื้นที่สูง ซึ่งส่วนใหญ่พบอยู่บนพื้นที่ทางภาคเหนือของประเทศไทย ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 67.22 ล้านไร่ (สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง, 2555) พื้นที่ทำการเกษตร ร้อยละ 96.48 ของพื้นที่สูงใน 12 จังหวัดของภาคเหนือ เป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันและเสี่ยงต่อการชะล้างพังทลายของดิน โดยเฉพาะในระบบการทำเกษตรแบบตัดและเผา (slash and burn agriculture) ที่เปิดหน้าดินโล่ง รับแรงปะทะกับเม็ดฝนโดยตรง และไม่มีระบบชะลอการไหลของน้ำฝนที่ไหลบ่าไปตามความลาดชัน หน้าดินที่ถูกชะล้างไปทุกปี ส่งผลให้พื้นที่เกษตรเหลือแต่ดินชั้นล่างที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและเป็นดินปนหิน (พิทยา สรวมศิริ, 2551) ปัญหาการชะล้างและการสูญเสียดินในประเทศไทยนั้น พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่มีการสูญเสียดินระหว่าง 0-50 ตันต่อไร่ต่อปี โดยภาคใต้มีการสูญเสียดินสูงกว่าภาคอื่น ๆ ขณะที่ภาคเหนือนั้นมีการสูญเสียดินอยู่ระหว่าง 0-38 ตันต่อไร่ต่อปี การสูญเสียดินสูงสุดเกิดขึ้นในพื้นที่ลาดชันสูงที่มีการปลูกพืชไร่ มีชั้นความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินรุนแรงมาก ครอบคลุมเนื้อที่ 7.16 ล้านไร่ คิดเป็นร้อยละ 6.69 ของพื้นที่สูง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545)

ระบบอนุรักษ์ดินและน้ำบนพื้นที่สูงที่กรมพัฒนาที่ดินได้พัฒนาและใช้ดำเนินการอยู่ในปัจจุบัน ได้มีการนำมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำทั้งวิธีกลและวิธีพืชมาใช้ โดยมาตรการและวิธีการที่ใช้แตกต่างกันไปตามสภาพปัญหาของพื้นที่ เช่น พื้นที่สูงที่มีความลาดชันระดับต่าง ๆ เกิดปัญหาน้ำดินถูกชะล้างพังทลาย สูญเสียธาตุอาหารพืช และไม่สามารถกักเก็บน้ำไว้ได้ จึงได้นำมาตรการทั้งวิธีกล เช่น คุ้มน้ำขอบเขา การทำขั้นบันไดดิน คันดิน และวิธีพืช เช่น การปลูกพืชคลุมดิน ปลูกพืชหมุนเวียน ปลูกพืชสลับส่งเสริมการปลูกพืชเชิงอนุรักษ์แบบผสมผสาน รวมถึงการเขตกรรม เช่น การไถพรวนน้อยครั้ง หรือไม่ไถพรวนสามารถลดการสูญเสียหน้าดิน ลดการสูญเสียธาตุอาหารพืช และเก็บกักน้ำได้ดีขึ้น มีการจัดการน้ำที่เหมาะสม และนำหญ้าแฝกมาใช้ประโยชน์ในการอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยปลูกร่วมกับมาตรการวิธีกล

คุ้มน้ำขอบเขา (hillside ditch) เป็นมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำบนพื้นที่ลาดชัน ที่นับว่ามีประสิทธิภาพในด้านการป้องกันตะกอนดินไม่ให้ลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ เป็นการทำคุ้มน้ำตามแนวระดับขวางความลาดเท เว้นช่วงเป็นระยะ ๆ ประมาณ 10-12 เมตร และมีความกว้างคุ้มน้ำแบบผนังด้านนอกเอียงเข้า 2 เมตร โดยระยะห่างคุ้มน้ำขอบเขาผันแปรไปตามความลาดชันของพื้นที่หรือระยะห่างในแนวตั้ง (vertical interval) ซึ่งสามารถคำนวณค่าระยะตามแนวตั้ง (vertical interval, V.I.) ได้จากสูตร $V.I. = (S+6)/10$ เมื่อ S เป็นค่าเปอร์เซ็นต์ของความลาดชัน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2534) นอกจากนี้ เมื่อมีการนำหญ้าแฝกซึ่งเป็นพืชที่มีระบบรากลึก เข้ามาร่วมในระบบการอนุรักษ์ดินและน้ำ ทำให้สามารถยึดและกักตะกอนดินไม่ให้ลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้ และจากผลการศึกษาเกี่ยวกับมาตรการปลูกแถบหญ้าที่มีระยะห่างต่าง ๆ กันในการอนุรักษ์ดินและน้ำบนพื้นที่สูงของ วาสุเทพ กาญจนกุล และคณะ (2543) พบว่า การปลูกข้าวไร่ระหว่างแถบหญ้าแฝกโดยมีค่า $V.I. = 3$ เมตร และวิธีการปลูกข้าวไร่ระหว่างแถบหญ้าที่ตามค่า $V.I. = 3$ เป็นวิธีการที่ดีที่สุดในการอนุรักษ์ดินและน้ำ เพราะวิธีการทั้งสองสามารถชะลอปริมาณน้ำไหลบ่าให้ลงดินได้มากขึ้น ช่วยกรองตะกอน และไม่เสียพื้นที่เพาะปลูกไปมากนัก

ในการประเมินการไหลบ่าของน้ำผิวดินและการสูญเสียดินในภาคสนามต้องใช้ระยะเวลานานและมีต้นทุนสูง โดยเฉพาะต้นทุนเรื่องแรงงานและเครื่องมือที่ใช้ในการวัดปริมาณดินและน้ำที่สูญเสียจากการกร่อนของผิวดิน การสร้างแปลงศึกษาปริมาณน้ำไหลบ่าผิวดิน (runoff plot) การทำบ่อดักตะกอนดินและน้ำไหลบ่าผิวดิน (runoff tank) และเพื่อเป็นการลดต้นทุนดังกล่าวจึงมีแนวคิดที่นำแบบจำลองมาประยุกต์ใช้ในการประเมินปริมาณน้ำไหลบ่าผิวดินและการสูญเสียดิน ซึ่งแบบจำลองโครงการคาดการณ์การพังทลายของดินโดยน้ำ (Water Erosion Prediction Project, WEPP) เป็นแบบจำลองที่กระทรวงเกษตรแห่งสหรัฐอเมริกา (USDA) พัฒนาขึ้นเพื่อใช้แทนสมการสูญเสียดินสากล (Universal Soil Loss Equation, USLE) ในปี ค.ศ. 1995 ซึ่งการพัฒนาแบบจำลอง WEPP นี้ ได้แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 3 แบบ คือ 1) แบบที่ใช้กับพื้นที่ลาดเทบริเวณใดบริเวณหนึ่ง ซึ่งเป็นพื้นที่ขนาดเล็ก 2) แบบที่ใช้กับพื้นที่ลุ่มน้ำ (watershed version) ซึ่งเป็นพื้นที่ขนาดกลาง 3) แบบที่ใช้กับระบบตารางพื้นที่ (grid version) ซึ่งเป็นพื้นที่ขนาดใหญ่ โดยแบบที่ใช้กับพื้นที่ลาดเทบริเวณใดบริเวณหนึ่งจะใช้แทน USLE เดิมโดยตรง ส่วนแบบอื่น ๆ ตั้งใจจะประยุกต์ใช้กับระบบ GIS ซึ่งเป็นประโยชน์ในการแบบจำลองคณิตศาสตร์ทางอุทกวิทยาเป็นจำนวนมาก (นิพนธ์ ตั้งธรรม, 2545) และ อาวุธ ศิริรัตน์ (2552) ได้ศึกษาถึงผลการปลูกพืชเชิงอนุรักษ์ต่อสมบัติบางประการของดินและประเมินการไหลบ่าของน้ำผิวดินและการสูญเสียดินโดยใช้แบบจำลองโครงการคาดการณ์การพังทลายของดินโดยน้ำ (Water Erosion Prediction Project, WEPP) ภายใต้วิธีการปลูกพืชเชิงอนุรักษ์ 3 วิธีเพื่อทดสอบแบบจำลอง WEPP เพื่อประเมินปริมาณน้ำไหลบ่าผิวดิน พบว่า ค่าที่ได้จากการประเมินใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จริง โดยมีค่ามากกว่าค่าที่วัดได้จริงประมาณ 0.7-1.4 เท่า ค่าทดสอบ Root Mean Square Error (RMSE) เท่ากับ 26.24% และมีค่า Correlation Coefficient (R^2) = 0.745

ส่วนในการประเมินปริมาณการสูญเสียดิน ค่าที่ได้จากการประเมินใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จริง โดยมีค่ามากกว่าค่าที่วัดได้จริง ประมาณ 0.9-3 เท่า ซึ่งมีค่า $R^2 = 0.4734$ และค่า Root Mean Square Error (RMSE) เท่ากับ 40.43%

ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบการใช้แบบจำลองโครงการคาดการณ์การพังทลายของดินโดยน้ำ (Water Erosion Prediction Project, WEPP) ในการประเมินการไหลบ่าของน้ำผิวดิน (surface runoff) และการสูญเสียดิน (soil loss) กับข้อมูลที่ได้จริงในแปลงศึกษาการชะล้างพังทลายดิน (soil erosion plot) ที่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำต่างกัน และศึกษาผลของระยะห่างที่เหมาะสมของคูรับน้ำขอบเขาและแถบพืชที่มีต่อปริมาณน้ำไหลบ่าและการสูญเสียดิน การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไร่ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการจัดการที่เหมาะสมในการลดการสูญเสียดินและน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ และเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ประโยชน์ที่ดินบนพื้นที่สูงได้อย่างยั่งยืน

วิธีการศึกษา

พื้นที่ศึกษาและการวางแผนการทดลอง

แปลงที่ใช้สำหรับศึกษาและเก็บข้อมูลเป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยการศึกษามาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสมในเขตพัฒนาที่ดินลุ่มน้ำแม่จัน ลุ่มน้ำย่อยน้ำแม่จัน ลุ่มน้ำหลักแม่น้ำโขง ภายใต้การสนับสนุนของสำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โดยคัดเลือกพื้นที่ของเกษตรกรที่ปลูกข้าวไร่ บ้านตงจาไผ หมู่ที่ 13 ต. แม่สลองนอก อ. แม่ฟ้าหลวง จ. เชียงราย จุดพิกัด (ระบบ UTM) N 2,227,473 E 565,796 พื้นที่มีความลาดชัน 27-35% พื้นที่รวม 8 ไร่ อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 30 ชุดดินดอยปุย (Doi Pui series: Dp) แบ่งเป็นแปลงย่อย จำนวน 21 แปลง วางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) 7 วิธีการ จำนวน 3 ซ้ำ ดังนี้ วิธีการที่ 1 ปลูกข้าวไร่ ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ วิธีการที่ 2 ปลูกข้าวไร่ มีคูรับน้ำขอบเขาที่มีระยะห่างระหว่างคูรับน้ำขอบเขาในแนวตั้ง (V.I.) 4 เมตร วิธีการที่ 3 ปลูกข้าวไร่ มีคูรับน้ำขอบเขาที่มีระยะห่างระหว่างคูรับน้ำขอบเขาในแนวตั้ง (V.I.) 8 เมตร วิธีการที่ 4 ปลูกข้าวไร่ มีคูรับน้ำขอบเขา (ใช้ค่า V.I. 4 เมตร) ร่วมกับแถบหญ้าแฝกด้านนอกคูรับน้ำขอบเขา วิธีการที่ 5 ปลูกข้าวไร่ มีคูรับน้ำขอบเขา (ใช้ค่า V.I. 8 เมตร) ร่วมกับแถบหญ้าแฝกด้านนอกคูรับน้ำขอบเขา วิธีการที่ 6 ปลูกข้าวไร่ มีคูรับน้ำขอบเขา (ใช้ค่า V.I. 4 เมตร) ร่วมกับแถบพืชอนุรักษ์ (ชาอัสสัม) และวิธีการที่ 7 ปลูกข้าวไร่ มีคูรับน้ำขอบเขา (ใช้ค่า V.I. 8 เมตร) ร่วมกับแถบพืชอนุรักษ์ (ชาอัสสัม)

การเตรียมแปลงทดลอง โดยการสอยกลิ้งวางแนวระดับ แบ่งแปลงย่อยขนาดกว้าง 5 เมตร ยาว 20 เมตร ระยะห่างระหว่างแปลง 2 เมตร แต่ละแปลงใช้สังกะสีแผ่นเรียบล้อมรอบ 3 ด้าน คือ ด้านบน ด้านข้างทั้ง 2 ด้าน โดยฝังสังกะสีลงไปในดินลึก 20 เซนติเมตร และอยู่เหนือดิน 25 เซนติเมตร ด้านล่างของแปลงเปิดไว้ให้น้ำไหลบ่า และตะกอนดินลงสู่บ่อกักเก็บตะกอน ซึ่งชุดไว้บริเวณท้ายแปลงห่างจากคูรับน้ำขอบเขา 1 เมตร

การสร้างคูรับน้ำขอบเขาในวิธีการที่ 2 ,4 และ 6 ใช้ค่า V.I. 4 เมตร ระยะห่างในแนวลาดเท่ากับ 8 เมตร จะได้คูรับน้ำขอบเขา 2 แถว และวิธีการที่ 3, 5 และ 7 ใช้ค่า V.I. 8 เมตร ระยะห่างในแนวลาดเท่ากับ 16 เมตร จะได้คูรับน้ำขอบเขา 1 แถว ชุดคูรับน้ำขอบเขาให้ลาดเทไปทั้งสองด้าน เพื่อระบายน้ำออกและป้องกันไม่ให้น้ำไหลบ่าจากนอกแปลงไหลเข้าในแปลง การปลูกหญ้าแฝกในวิธีการที่ 4 และ 5 ใช้หญ้าแฝกสายพันธุ์ศรีลังกา โดยปลูกเป็นแถวขวางความลาดชัน 1 แถว บริเวณสันคันคูรับน้ำขอบเขาด้านนอก ระยะระหว่างคัน 5 เซนติเมตร

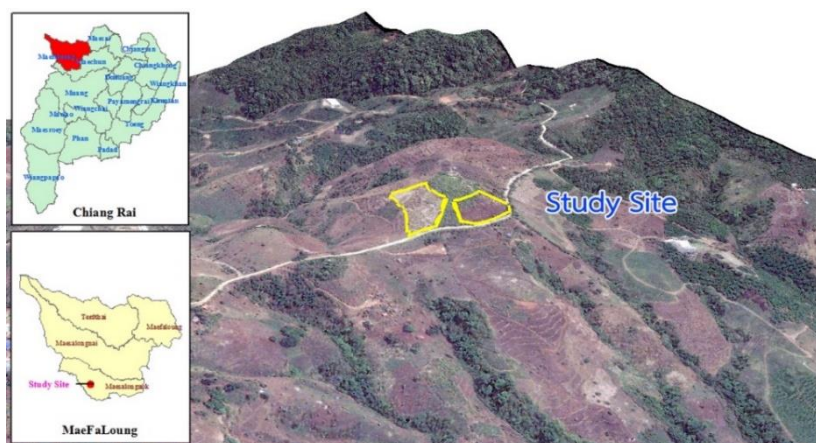


Figure 1 Location of the study site in Mae Fah Luang district, Chiang Rai province.

การรวบรวมข้อมูลภาคสนามและข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองโครงการคาดการณ์การพังทลายของดินโดยน้ำ (Water Erosion Prediction Project, WEPP) Version 2012.8

ข้อมูลดิน เก็บข้อมูลดินก่อนและหลังการทดลอง เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดิน โดยเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร แยกตามวิธีการ สุ่มดินแปลงย่อยละ 1 กิโลกรัม เพื่อวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง โดยใช้เครื่อง pH meter ใช้ ดิน:น้ำ อัตราส่วน 1:1 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (OM) วิเคราะห์โดยใช้วิธีของ Walkley and Black (สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน, 2547) และทำการเก็บตัวอย่างดินแบบไม่ทำลายโครงสร้างดิน (soil sampling undisturbed) ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร เพื่อวิเคราะห์หาสมบัติทางกายภาพของดิน ประกอบด้วย ความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density, BD) โดยใช้กระบอกเก็บตัวอย่างดิน (core method) และเนื้อดิน (texture) ด้วยวิธี Sieve/hydrometer analysis ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานของ ASTM (ASTM D422-63, 2007) ทุกแปลงย่อย ๆ ละ 3 ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 63 ตัวอย่าง

ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ประกอบด้วย ปริมาณน้ำฝนรายวัน ปริมาณน้ำฝนรายเดือนและรายปี จากเครื่องวัดฝนแบบ non-recording rain gage แบบ cylinder type และข้อมูลอุตุนิยมวิทยา อุณหภูมิสูงสุด ต่ำสุด ในแต่ละวัน จากสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) ในปี 2557-2559

ข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลบ่าบนผิวดินและปริมาณการสูญเสียดินจากการกร่อน ทำการวัดปริมาณน้ำในบ่อตกตะกอนดินที่ไหลบ่าจากผิวดินในแต่ละแปลงย่อย หลังจากที่ดินตกจนน้ำไหลลงสู่บ่อตกตะกอน โดยทำการวัดความสูงของน้ำในบ่อตกตะกอนดิน แล้วคำนวณปริมาณน้ำที่ไหลบ่าบนผิวดินจากสูตรคำนวณหาปริมาตรลูกบาศก์เมตร ในการหาปริมาณการสูญเสียดิน ทำการเก็บข้อมูลปริมาณตะกอนดินในบ่อตกตะกอนแบบสะสม โดยเก็บตัวอย่างตะกอนดินแบบสะสมรายปี โดยเก็บปีละ 3 ครั้ง ในช่วงต้นฤดูฝน กลางฤดูฝน และปลายฤดูฝน จำนวน 3 จุดต่อบ่อตกตะกอน รวมเป็น 1 ตัวอย่าง จำนวน 21 บ่อ

ข้อมูลที่ใช้บันทึกในแบบจำลอง ในการทดสอบแบบจำลองเพื่อประเมินการไหลบ่าของน้ำผิวดินและการสูญเสียดินภายใต้วิธีการทดลองทั้ง 7 วิธีการ ซึ่งข้อมูลหลักที่ใช้ในการบันทึกในแบบจำลองมีที่มาแตกต่างกัน (Table 1) ดังนี้

Table 1 Input data files in WEPP Model and source of data.

Input data files in WEPP model	Source of data
1. Climate file includes monthly and year values for precipitation, maximum temperature and minimum temperature	Using data from field and Highland Research and Development Institute (Public Organization) (HRDI) data in year 2014-2016
2. Slope file includes length and slope orientation, slope length, and slope steepness at points down the profile	Using data from field
3. Soil input file includes soil albedo, interrill erodibility and rill erodibility	The values are calculated from the equations created by the database of soil data collected from field includes soil organic matter and amount of clay particles contained in the soil
4. Plant / management input file	The values obtained from experimental plots in the United States that have already in the model

ในส่วนข้อมูลปัจจัยทางด้านดิน สามารถหาค่าได้จากสมการที่แนะนำของ Flanagan and Nearing (1995) โดยการหาค่าความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายในร่องร่วน (K_r) สามารถหาได้จากการประเมินในสมการ $K_r = 0.0069 + 0.134 \cdot \text{EXP} (-0.20 \cdot \text{CLAY})$ ค่าความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายระหว่างร่องร่วน (K_r) หาได้จากสมการ $K_r = 6,054,000 - 55,130 \cdot \text{clay}$ ค่าการสะท้อนแสงของผิวดิน (SALB) หาได้จากสมการ $\text{SALB} = 0.6 / \exp (0.4 \cdot \text{ORGMAT})$ โดยที่ ORGMAT คือ ปริมาณอินทรีย์วัตถุบริเวณผิวดิน (%) และ Clay คือ อนุภาคดินเหนียว ส่วนข้อมูลปัจจัยทางด้านพืชและการจัดการ เช่น ชนิดของพืช ความสูงของพืช สัมประสิทธิ์การปกคลุมทรงพุ่ม จะใช้ค่าที่มีอยู่ในแบบจำลองของข้อมูลพืชชนิดนั้น ๆ เช่น ค่าปัจจัยที่มีผลต่อน้ำเอ่อผิวดิน (FLVMX) ซึ่งขึ้นอยู่กับระยะห่างของแถวปลูก โดยค่าที่กำหนดมาในแต่ละพืช เช่น ข้าวโพด ที่มีลักษณะการปลูกเป็นแบบเป็นแถว มีระยะห่างระหว่างแถวและในแถวสม่ำเสมอ ในแบบจำลองจะกำหนดว่ามีค่าตั้งไว้ 0.0 ส่วนในพืช เช่น ข้าว จะตั้งไว้ที่ 2-3 และในแปลงหญ้าจะตั้งไว้ที่ 12.0 ส่วนในแปลงพื้นที่ว่างเปล่า หรือที่ที่มีการชะกร่อนของดิน มีการชะกร่อนในร่องมากกว่า 50% จะตั้งไว้ที่ 3.0 เป็นต้น

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ

1) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ โดยวิธีทางสถิติ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) จากโปรแกรม Statistix 8

2) เปรียบเทียบข้อมูลและประสิทธิภาพของแบบจำลอง Water Erosion Prediction Project และการสูญเสียดินที่วัดได้จริงจากแปลงทดลองโดยวิธี Root Mean Square Error (RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2} \times \frac{100}{\bar{O}}$$

เมื่อ	n	=	จำนวนของข้อมูล	P _i	=	ข้อมูลที่ได้จากการประมาณ
	O	=	ข้อมูลที่วัดได้จริง	$\bar{O}$	=	ค่าที่วัดได้จริงเฉลี่ย

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ความหนาแน่นรวมของดินก่อนการทดลอง มีค่าอยู่ระหว่าง 1.49 - 1.55 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ หลังการทดลองปี พ.ศ. 2557 และปี พ.ศ. 2558 ทุกวิธีการมีค่าลดลง มีค่าอยู่ระหว่าง 1.13 - 1.28 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 2) ความหนาแน่นรวมของดินก่อนการทดลอง มีค่าเฉลี่ยรวม 1.52 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หลังการทดลองความหนาแน่นรวมของดินลดลงเหลือเฉลี่ย 1.17 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เป็นผลเนื่องมาจากไม่มีการเผดอซึ่งข้าวไร่และปล่อยให้คลุมดินจนถึงฤดูปลูกข้าวไร่ต่อไป บางส่วนจะย่อยสลายลงไปในดิน ช่วยเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้แก่ดิน ทำให้ความหนาแน่นของดินลดลง (Alexander, 2001) และดินในแปลงทดลองซึ่งอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 30 ชุดดินคอยปุย ดินบนเป็นดินร่วนปนดินเหนียว ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของกองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน ในเรื่องค่าความหนาแน่นรวมของดินจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน เนื้อดิน โครงสร้างของดิน และการเซตกรรมดินบนที่เป็นดินร่วนปนดินเหนียว มีค่าความหนาแน่นรวมของดินอยู่ในช่วง 1.20-1.80 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร นอกจากนี้การใช้แถบหญ้าแฝกและการใช้คูรับน้ำขอบเขตร่วมกับแถบหญ้าแฝกจะช่วยลดการกร่อนของดิน

Table 2 Bulk density of soil (Mg/m³) before (2014) and after experiment (2015 and 2016).

Treatment	Bulk density of soil (Mg/m ³)				
	Before (2014)	After (2015)	Percentage change	After (2016)	Percentage change
1. Upland rice without soil conservation measures (WOSC)	1.55a ^{1/}	1.47a ^{1/}	-5.16	1.28a ^{1/}	-17.42
2. Upland rice with hillside ditch vertical interval 4 meters (WH4M)	1.50ab	1.29b	-14.00	1.15ab	-23.33
3. Upland rice with hillside ditch vertical interval 8 meters (WH8M)	1.49b	1.21b	-18.79	1.13b	-24.16
4. Upland rice with hillside ditch vertical interval 4 meters with vetiver grass (WHV4M)	1.50ab	1.27b	-15.33	1.15b	-23.33
5. Upland rice with hillside ditch vertical interval 8 meters with vetiver grass (WHV8M)	1.54ab	1.26b	-18.18	1.14ab	-25.97
6. Upland rice with hillside ditch vertical interval 4 meters with tea (WHT4M)	1.52ab	1.28b	-15.79	1.16ab	-23.68
7. Upland rice with hillside ditch vertical interval 8 meters with tea (WHT8M)	1.54ab	1.29b	-16.23	1.16ab	-24.68
F-test	*	**	-	**	-
C.V. (%)	2.04	4.75	-	4.69	-

* = Significant difference at 95% (P<0.05), ** = significantly different at 99% (P<0.01).

^{1/} The different letters (a and b) within the same column indicate significant differences.

ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (OM) ก่อนการทดลอง อยู่ในระดับปานกลาง (medium) ถึงระดับค่อนข้างสูง (moderately high) มีค่าอยู่ระหว่าง 2.26-2.53 เปอร์เซ็นต์ หลังการทดลองปี พ.ศ. 2557 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินอยู่ในระดับปานกลาง (medium) ถึงระดับค่อนข้างสูง (moderately high) มีค่าอยู่ระหว่าง 2.06-2.86 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยวิธีการที่ 4 ปลูกข้าวไร่ มีคูรับน้ำขอบเขาและแถบหญ้าแฝกด้านนอกคูรับน้ำขอบเขา (ใช้ค่า V.I. 4 เมตร) และวิธีการที่ 2 ปลูกข้าวไร่ มีคูรับน้ำขอบเขา (ใช้ค่า V.I. 4 เมตร) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน มีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุดจาก 2.26 และ 2.53 เป็น 2.86 และ 2.80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสูงกว่าวิธีการที่ 1 ปลูกข้าวไร่ ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (2.06 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 3) หลังการทดลองปี พ.ศ. 2558 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินอยู่ในระดับปานกลาง (medium) ถึงระดับค่อนข้างสูง (moderately high) มีค่าอยู่ระหว่าง 1.86-2.73 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยวิธีการที่ 4 และวิธีการที่ 3 ปลูกข้าวไร่ มีคูรับน้ำขอบเขา (ใช้ค่า V.I. 8 เมตร) เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลองมีค่าเพิ่มสูงสุดขึ้นจาก 2.26 และ 2.43 เป็น 2.73 และ 2.66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สูงกว่าวิธีการที่ 1 ปลูกข้าวไร่ ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (1.86 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เป็นผลเนื่องจากไม่มีการเผาเศษพืช เมื่อทำการกำจัดวัชพืชจะคลุมแปลงด้วยเศษพืชและย่อยสลายเป็นอินทรีย์วัตถุส่งผลให้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ บังอร อุบล และคณะ (2559) พบว่า สมบัติของดินหลังการเก็บเกี่ยวจากการไถกลบตอซัง ส่งผลให้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุและอินทรีย์คาร์บอนสูงกว่าการเผาตอซังอย่างมีนัยสำคัญ (Table 3)

Table 3 Organic matter of soil (%) before (2014) and after experiment (2015 and 2016).

Treatment	Organic matter of soil (%)				
	Before (2014)	After (2015)	Percentage Change	After (2016)	Percentage change
1. Upland rice without soil conservation measures (WOSC)	2.30	2.06c	-10.43	1.86b	-19.13
2. Upland rice with hillside ditch vertical interval 4 meters (WH4M)	2.53	2.80a	10.67	2.56ab	1.19
3. Upland rice with hillside ditch vertical interval 8 meters (WH8M)	2.43	2.61bc	7.41	2.66a	9.47
4. Upland rice with hillside ditch vertical interval 4 meters with vetiver grass (WHV4M)	2.26	2.86a	26.55	2.73a	20.80
5. Upland rice with hillside ditch vertical interval 8 meters with vetiver grass (WHV8M)	2.33	2.60ab	11.59	2.23ab	-4.29
6. Upland rice with hillside ditch vertical interval 4 meters with tea (WHT4M)	2.33	2.41ab	3.43	2.56ab	9.87
7. Upland rice with hillside ditch vertical interval 8 meters with tea (WHT8M)	2.35	2.46ab	4.68	2.53ab	7.66
F-test	ns	**	-	**	-
C.V. (%)	10.55	8.94	-	12.49	-

ns = non-significant, *significant difference at 95% ($P \leq 0.05$), ** = significantly different at 99% ($P < 0.01$).

ปริมาณการสูญเสียดินในปี พ.ศ. 2557 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยวิธีการที่ 1 ปลูกข้าวไร่ ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีปริมาณการสูญเสียดินสูงสุด 3.86 เมกะกรัมต่อเฮกแตร์ ส่วนวิธีการที่ 4 ปลูกข้าวไร่ มีคูรับน้ำขอบเขาและแถบหญ้าแฝกด้านนอกคูรับน้ำขอบเขา (ใช้ค่า V.I. 4 เมตร) มีปริมาณการสูญเสียดินต่ำสุด 2.36 เมกะกรัมต่อเฮกแตร์ ปริมาณการสูญเสียดิน ปี พ.ศ. 2558 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยวิธีการที่ 1 ยังคงมีปริมาณการสูญเสียดินสูงสุด 3.35 เมกะกรัมต่อเฮกแตร์ และวิธีการที่ 4 มีปริมาณการสูญเสียดินต่ำสุด 0.89 เมกะกรัมต่อเฮกแตร์ (Table 4) ในปี พ.ศ. 2557 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,565 มิลลิเมตรต่อปี และเป็นปีที่แรกที่ดำเนินการสร้างระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ในการขุดคันคูรับน้ำขอบเขานั้น ดินชุดและดินถมยังยึดตัวกันไม่หนาแน่น รวมทั้งมีปริมาณน้ำฝนในปริมาณมาก จึงทำให้เกิดการกร่อนของหน้าดินอยู่ แต่มีการสูญเสียดินต่ำกว่าวิธีการที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนในปี พ.ศ. 2558 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,170 มิลลิเมตรต่อปี และเป็นปีที่ 2 ของการทดลอง โครงสร้างระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ทั้งคูรับน้ำขอบเขาและหญ้าแฝกมีการเจริญเติบโตเต็มที่ ดินชุดและดินถมมีการยึดตัวกันหนาแน่นมากขึ้น ประกอบกับมีปริมาณน้ำฝนที่ลดลงมากกว่า ปี พ.ศ. 2557 ส่งผลให้การกร่อนของหน้าดินลดลง ปริมาณตะกอนดินลดลงและต่ำกว่าวิธีการที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง แสดงให้เห็นว่า ปริมาณการสูญเสียดินมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝน ชนิดของเนื้อดิน และพืชที่ปกคลุมบนผิวดิน โดยปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียไปจากพื้นที่ที่มีปริมาณต่ำกว่าวิธีที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และเป็นระดับที่ยอมรับได้ตามเกณฑ์ของกรมพัฒนาที่ดิน ที่ได้มีการกำหนดปริมาณการสูญเสียดินสูงสุดที่ยอมรับได้เป็น 2 ตัน/ไร่/ปี หรือเทียบเท่ากับ 0.96 มิลลิเมตรต่อปี ค่าการสูญเสียดินที่สูงกว่าระดับนี้จะมีผลเสียต่อคุณภาพดินและผลผลิตพืชในระยะยาว (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553) กล่าวได้ว่าวิธีการที่มีคูรับน้ำขอบเขาใช้ค่า V.I. 4 เมตร ร่วมกับการใช้แถบหญ้าแฝกด้านนอกคูรับน้ำขอบเขา มีประสิทธิภาพในการลดการกร่อนของดินได้ดีที่สุด เนื่องจากแถวของหญ้าแฝกช่วยกักตะกอนดิน ชะลอความแรงของน้ำที่ไหลบ่า ช่วยลดการสูญเสียธาตุอาหารพืชจากพื้นที่ และรากช่วยกักเก็บน้ำไว้ในดิน

Table 4 The amount of soil loss in the year 2015 and 2016.

Treatment	Soil loss (Mg ha ⁻¹)		
	Year 2015	Year 2016	Percentage change
1. Upland rice without soil conservation measures (WOSC)	3.86a	3.35a	13.27
2. Upland rice with hillside ditch vertical interval 4 meters (WH4M)	2.63b	1.84b	29.76
3. Upland rice with hillside ditch vertical interval 8 meters (WH8M)	2.46b	1.68c	31.98
4. Upland rice with hillside ditch vertical interval 4 meters with vetiver grass (WHV4M)	2.36c	0.89d	62.33
5. Upland rice with hillside ditch vertical interval 8 meters with vetiver grass (WHV8M)	2.39c	1.03d	56.81
6. Upland rice with hillside ditch vertical interval 4 meters with tea (WHT4M)	2.52b	1.51c	39.95
7. Upland rice with hillside ditch vertical interval 8 meters with tea (WHT8M)	2.73b	1.59c	41.88
F-test	**	**	-
C.V. (%)	11.39	15.18	-

** = Significantly different at 99% (P<0.01).

การประเมินปริมาณน้ำไหลบ่าและการสูญเสียดินโดยใช้แบบจำลอง WEPP ปริมาณน้ำไหลบ่าที่ได้จากการประเมินโดยใช้แบบจำลองในปี พ.ศ. 2557 วิธีการที่ 1 ปลูกข้าวไร่ ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีปริมาณน้ำไหลบ่าเฉลี่ยสูงสุด 370.67 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกแตร์ ส่วนวิธีการที่ 4 ปลูกข้าวไร่ มีคูรับน้ำขอบเขาและแถบหญ้าแฝกด้านนอกคูรับน้ำขอบเขา (ใช้ค่า V.I. 4 เมตร) มีปริมาณน้ำไหลบ่าต่ำสุด 278.33 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกแตร์ ในส่วนของปริมาณการสูญเสียดินที่ได้จากการประเมิน

ในปี พ.ศ. 2557 วิธีการที่ 1 มีปริมาณการสูญเสียดินเฉลี่ยสูงสุด 3.86 เมกะกรัมต่อเฮกแตร์ ส่วนวิธีการที่ 4 มีปริมาณการสูญเสียดินต่ำสุด 1.71 เมกะกรัมต่อเฮกแตร์ และในปี พ.ศ. 2558 วิธีการที่ 1 ยังคงมีปริมาณการสูญเสียดินเฉลี่ยสูงสุด 3.45 เมกะกรัมต่อเฮกแตร์ และในวิธีการที่ 4 มีปริมาณการสูญเสียดินต่ำสุด 1.06 เมกะกรัมต่อเฮกแตร์ จะเห็นได้ว่าวิธีการที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีปริมาณน้ำไหลบ่าลดลงและต่ำกว่าวิธีการที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ซึ่งการใช้น้ำขอบเขาช่วยควบคู่กับการใช้แถบหญ้าแฝกด้านนอกคูรับน้ำขอบเขาจะช่วยลดการกร่อนและการสูญเสียดินได้ดีที่สุด ในส่วนของค่าความแตกต่างระหว่างค่าที่ได้จากการประเมินและค่าที่วัดได้จริงโดยวิธี Root Mean Square Error (RMSE) ในปี พ.ศ. 2557 พบว่า ค่าที่ได้จากการประเมินมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จริงและมีแนวโน้มที่เกิดขึ้นใกล้เคียงกัน โดยค่าความแตกต่างของปริมาณการไหลบ่าของน้ำผิวดินมีค่ามากกว่าประมาณ 0.11-0.45 เท่า โดยให้ค่า Root Mean Square Error (RMSE) เท่ากับ 20.55% และปริมาณการสูญเสียดินมีค่าน้อยกว่าประมาณ 0.03-0.3 เท่า โดยให้ค่า Root Mean Square Error (RMSE) เท่ากับ 12.08% (Table 5)

Table 5 The difference between the values obtained from the surface runoff and soil loss evaluation by the WEPP model and the actual measured values by Root Mean Square Error (RMSE) in year 2015.

Treatment	RMSE = 20.55			RMSE = 12.08		
	Surface runoff ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$)			Soil loss (mg ha^{-1})		
	Evaluation by WEPP	Actual measured values	The difference values	Evaluation by WEPP	Actual measured values	The difference values
1. Upland rice without soil conservation measures (WOSC)	370.67	318	0.16	3.89	3.86	0.05
2. Upland rice with hillside ditch vertical interval 4 meters (WH4M)	278.33	249.67	0.11	2.71	2.63	0.03
3. Upland rice with hillside ditch vertical interval 8 meters (WH8M)	346.33	270	0.28	2.82	2.46	0.15
4. Upland rice with hillside ditch vertical interval 4 meters with vetiver grass (WHV4M)	370.67	191	0.45	1.71	2.36	0.27
5. Upland rice with hillside ditch vertical interval 8 meters with vetiver grass (WHV8M)	278.33	228.33	0.30	2.04	2.39	0.14
6. Upland rice with hillside ditch vertical interval 4 meters with tea (WHT4M)	346.33	248	0.28	1.82	2.52	0.28
7. Upland rice with hillside ditch vertical interval 8 meters with tea (WHT8M)	318.33	243.67	0.30	1.92	2.73	0.30

สรุปผลการศึกษา

การปลูกข้าวไร่บนพื้นที่สูงที่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่มีระยะห่างในแนวตั้ง 4 เมตร และระยะห่างในแนวตั้ง 8 เมตร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ วิธีการที่เหมาะสมที่สุด คือ วิธีการที่มีคูรับน้ำขอบเขาใช้ระยะห่างในแนวตั้ง 4 เมตร และปลูกหญ้าแฝกบริเวณสันคันดินด้านนอก ซึ่งการใช้แถบหญ้าแฝกปลูกขวางความลาดชันมีประสิทธิภาพในการลดการกร่อนของดินได้ดีที่สุด และการเปลี่ยนแปลงระยะห่างในแนวตั้งของคูรับน้ำขอบเขาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของดิน เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ การทดสอบแบบจำลองในการประเมินปริมาณน้ำไหลบ่าและการสูญเสียดินนั้น ในส่วนของค่าความแตกต่างระหว่างค่าที่ได้จากการประเมินและค่าที่วัดได้จริงโดยวิธี Root Mean Square Error (RMSE) พบว่า ค่าที่ได้จากการประเมินมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จริงและมีแนวโน้มที่เกิดขึ้นใกล้เคียงกัน โดยค่าความแตกต่างของปริมาณการไหลบ่าของน้ำผิวดิน มีค่ามากกว่าประมาณ 0.11-0.45 เท่า และปริมาณการสูญเสียดิน มีค่าน้อยกว่าประมาณ 0.03-0.3 เท่า และจากการทดสอบการใช้แบบจำลอง WEPP บ่งชี้ให้เห็นว่าแบบจำลองจะมีความน่าเชื่อถือในการประเมินปริมาณน้ำไหลบ่าผิวดินและปริมาณการสูญเสียดินในแปลงปลูกพืชที่มีระบบการจัดการและอนุรักษ์ดินที่ได้ระบุไว้ในแบบจำลองเท่านั้น นอกจากนี้ ค่าที่ได้จากการประเมินอาจไม่ถูกต้องนัก เนื่องจากข้อมูลที่ได้นำเข้าไปบันทึกในโปรแกรมนี้ส่วนใหญ่ได้มาจากค่าที่ได้จากแปลงทดลองในประเทศสหรัฐอเมริกาที่ได้ทำไว้แล้วในแบบจำลอง และที่คำนวณได้จากสมการที่สร้างโดยฐานข้อมูลจากการทดลองในพื้นที่ ดังนั้น การใช้รูปแบบจำลองนี้จึงควรมีการวัดค่าตัวแปรต่าง ๆ โดยตรงในพื้นที่ศึกษา หรือใช้สมการจากฐานข้อมูลที่วัดได้ในพื้นที่ศึกษาโดยตรง จึงให้ค่าที่ถูกต้องใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด และในการวัดปริมาณน้ำไหลบ่า เนื่องจากอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้วัดปริมาณน้ำและการเก็บกักน้ำนั้นสร้างขึ้นและประยุกต์ใช้กับพื้นที่ อาจทำให้การเก็บข้อมูลมีความคลาดเคลื่อนได้ ซึ่งในแบบจำลองนั้นมีความละเอียดของการเก็บข้อมูลสูง ซึ่งอาจทำให้ผลการคาดการณ์ผิดพลาดได้

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2534. คู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐ เรื่อง การอนุรักษ์ดินและน้ำ. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2545. การประเมินการสูญเสียดินในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2553. คู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐ เรื่อง การอนุรักษ์ดินและน้ำในเขตพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- นิพนธ์ ตั้งธรรม. 2545. แบบจำลองคณิตศาสตร์การชะกร่อนของดินและมลพิษตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำ. กรุงเทพฯ: ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน.
- บังอร อุบล, ชัยสิทธิ์ ทองจุ, จุฑามาศ ร่มแก้ว และศุภชัย อ่ำคา. 2559. ผลของการจัดการตอซังข้าวร่วมกับการเตรียมดินและชนิดของปุ๋ยต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตข้าว และสมบัติของดินบางประการ. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ 3(2): 39-49.
- พิทยา สรวมศิริ. 2551. การใช้ประโยชน์ที่ดินและการพัฒนาชนบทบนพื้นที่สูงอย่างยั่งยืนประเด็นยุทธศาสตร์และแนวทางดำเนินการ. เชียงใหม่: วนิตการพิมพ์.
- वासुเทพ กาญจนกุล, นิพนธ์ อุดปวง, พัทธกษ อินทพันธุ์ และสวัสดิ์ บุญชี. 2543. เปรียบเทียบการสูญเสียดินและความชื้นในดินโดยการใช้แถบปลูกพืชรูปแบบต่าง ๆ เพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำบนพื้นที่สูงชัน. ใน รายงานงานบทคัดย่อผลงานวิจัย กองอนุรักษ์ดินและน้ำ พ.ศ. 2533-2542. น. 249. สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.
- สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน). 2555. ยุทธศาสตร์สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) ระยะที่ 2 ปี พ.ศ. 2555-2559. เชียงใหม่: สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน).
- สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. 2547. คู่มือวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้าเล่ม 1. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- อารุณ ศิริรัตน์. 2552. การประเมินการไหลบ่าของน้ำผิวดินและการสูญเสียดินโดยใช้แบบจำลองโครงการประเมินการชะกร่อนโดยน้ำ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- Alexander, R. 2001. Compost utilization in landscapes. In *Compost utilization in Agricultural Cropping Systems*. P. J. Stoffella and B. A. Kahn, eds. pp.151-176. New York: Lewis Publishers.
- ASTM D422-63. 2007. *Standard test method for particle-size analysis of soils (withdrawn 2016)*. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- Flanagan, D. C., and Nearing, M. A. 1995. USDA-Water Erosion Prediction Project (WEPP) hillslope profile and watershed model documentation. In *NSERL Report vol. 10*. West Lafayette: USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory.

วันรับบทความ (Received date) : 16 ต.ค. 61

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

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 25 มิ.ย. 62

ความสามารถของไดอะตอมไมต์ในการดูดซับแคตไอออนในสารละลายเกลือต่าง ๆ

Capacity of Diatomite to Sorb Cations in Various Salt Solutions

จุฬาลักษณ์ จงสุพรรณพงศ์¹ และแสงดาว แลนรอต (เขาแก้ว)^{1*}

Chulaluck Chongsuphanpong¹ and Saengdao Landrot (Khaokaew)^{1*}

บทคัดย่อ

ศึกษาสมบัติของไดอะตอมไมต์ และเกลือที่มีโอกาสพบในดิน รวมทั้งศึกษาความสามารถของไดอะตอมไมต์ในการดูดซับแคตไอออน (Ca, Na, Fe และ K) ในสารละลายเกลือ ได้แก่ NaCl, Na₂SO₄, CaCl₂, CaSO₄, KCl, K₂SO₄, FeCl₃ และ FeSO₄ โดยใช้ Batch Technique ทำการศึกษาโดยใช้ไดอะตอมไมต์จำนวน 2 ตัวอย่าง และสัดส่วนไดอะตอมไมต์ต่อสารละลายเกลือ 2 อัตรา (1:50 และ 1:100) ผลการทดลองพบว่าไดอะตอมไมต์สามารถดูดซับแคตไอออนได้แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของเกลือ โซเดียมเป็นธาตุที่ถูกดูดซับได้ดีที่สุดโดยไดอะตอมไมต์ รองลงมาคือแคลเซียม และเหล็ก ทั้งในสารละลาย NaCl และ Na₂SO₄ ไดอะตอมไมต์สามารถลดปริมาณโซเดียมได้มากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักของโซเดียมในสารละลาย ไดอะตอมไมต์ลดแคลเซียมในสารละลาย CaSO₄ ได้มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ แต่ลดได้เพียง 2-21 เปอร์เซ็นต์ ใน CaCl₂ ไดอะตอมไมต์สามารถลดปริมาณเหล็ก ได้ 13-25 เปอร์เซ็นต์ ในสารละลาย FeCl₃ และ FeSO₄ แต่ไดอะตอมไมต์ไม่สามารถลดปริมาณโพแทสเซียมทั้งในสารละลาย KCl และ K₂SO₄ ได้ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าไดอะตอมไมต์มีความสามารถที่ดีในการดูดซับแคตไอออนบางตัวในสารละลายเกลือโดยเฉพาะโซเดียม

คำสำคัญ: ไดอะตอมไมต์ เกลือที่ละลายน้ำได้ ดินที่ได้รับอิทธิพลจากเกลือ โซเดียม ระบบชลประทานเพื่อการเกษตร

Abstract

This investigation aimed to study the properties of diatomite and salt possibly found in soils. The sorption capacity of diatomite to sorb cations (Ca, Na, Fe, and K) in salt solutions i.e. NaCl, Na₂SO₄, CaCl₂, CaSO₄, KCl, K₂SO₄, FeCl₃, and FeSO₄ was also studied using a batch technique. Two diatomite samples, and two diatomite-to-salt-solution ratios (i.e. 1:50 and 1:100) were studied. Results showed that diatomites had different capacities to sorb cations depending on the type of salts. Sodium was the element sorbed the most by the diatomites, followed by calcium, and iron. In both NaCl and Na₂SO₄ solutions, diatomites could reduce more than 60 weight percent of sodium in solution. They reduced more than 80 percent of calcium in CaSO₄ solution, but only 2-21 percent in CaCl₂. Diatomites could reduce 13-15 percent of iron in FeCl₃ or FeSO₄ solution. However, they were not able to remove potassium in KCl or K₂SO₄ solutions. This demonstrated that diatomite could efficiently sorb some cations in salt solutions, especially sodium.

Keywords: diatomite, soluble salt, salt-affected soil, sodium, agricultural irrigation system

คำนำ

เกลือ (salt) โดยทั่วไปหมายถึง สารประกอบไอออนิก ประกอบด้วยไอออนบวก (แคตไอออน) และไอออนลบ (แอนไอออน ยกเว้น OH⁻) ตัวอย่าง เช่น เกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ประกอบด้วยโซเดียมไอออน (Na⁺) และคลอไรด์ไอออน (Cl⁻) เกลือแบเรียมซัลเฟต (BaSO₄) ประกอบด้วยแบเรียมไอออน (Ba²⁺) และซัลเฟตไอออน (SO₄²⁻) เกลือทั้งสองชนิดนี้มีความสามารถในการละลายและการนำไฟฟ้าแตกต่างกัน โดยที่เกลือ NaCl ละลายในน้ำได้ดีและสามารถแตกตัวให้ Na⁺ และ Cl⁻ ทำให้สารละลายของเกลือ NaCl ละลายน้ำได้ดี แต่เกลือ BaSO₄ เป็นเกลือที่ไม่ละลายน้ำ ส่งผลให้สารละลายของเกลือ BaSO₄ ไม่นำไฟฟ้า สำหรับในดินนั้นพบเกลือได้หลายประเภท ปริมาณที่พบแตกต่างกันไป เกลือที่พบในดินเกิดจากการรวมตัวของธาตุที่มีประจุบวก พวกโซเดียม แมกนีเซียม รวมกับธาตุที่มีประจุลบ เช่น คลอไรด์ ซัลเฟต คาร์บอเนต และไนเตรต สำหรับเกลือที่พบในพื้นที่ดินเค็มส่วนใหญ่ คือ เกลือคลอไรด์และซัลเฟต ของ โซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียม เช่น ดินเค็มหรือดินที่ได้รับผลกระทบจากเกลือที่เกิดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีเกลือส่วนใหญ่อยู่ในรูป NaCl ดินที่ได้รับผลกระทบจากเกลือ

¹ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

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

*Corresponding author, Email: agrsdk2@yahoo.com or agrsdk@yahoo.co.th

มีแหล่งกำเนิดมาจาก 3 แหล่งหลัก คือ 1) แหล่งเกลือทะเล เป็นเกลือที่มาจากน้ำทะเลหรือมหาสมุทรทำให้เกิดดินเค็มชายทะเล 2) แหล่งเกลือทางธรณี เป็นเกลือที่มาจากการสลายตัวของหินและแร่ทางธรณีซึ่งมักก่อให้เกิดดินเค็มบก และ 3) เกลือที่มาจากแหล่งกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การทำนาเกลือ (สมศรี อรุณินท์, 2539) นอกจากนี้ดินเค็มที่เกิดขึ้นเป็นพื้นที่ใหญ่ ๆ อาจมีสาเหตุมาจากการใช้น้ำชลประทานที่คุณภาพไม่ดี หรือมีน้ำใต้ดินเค็มอยู่ใกล้ผิวดิน การนำน้ำที่คุณภาพไม่ดีมาใช้ในการเกษตรแม้ว่าน้ำนั้นจะเค็มไม่มาก แต่เมื่อใช้ไปนาน ๆ ก็ทำให้เกลือสะสมในดินเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีปริมาณฝนน้อย ไม่เพียงพอต่อการชะล้างเกลือออกไปจากชั้นดิน (Sumner, 1995; Rietz and Haynes, 2003) น้ำจากแหล่งต่าง ๆ มีคุณภาพแตกต่างกันไป เกลือที่ทำให้เกิดปัญหาดินเค็มคือเกลือที่ละลายน้ำได้และเคลื่อนย้ายไปกับน้ำ คุณภาพน้ำที่จะนำมาใช้เพื่อการเกษตรขึ้นอยู่กับปริมาณและชนิดของเกลือในน้ำ โดยหากน้ำมีค่าอัตราโซเดียมที่ถูกดูดซับ (Sodium Absorption Ratio: SAR) เท่ากับ 18-26 ถือว่าเป็นน้ำที่มีคุณภาพต่ำ และหากสูงกว่า 26 จัดว่าเป็นน้ำที่มีคุณภาพต่ำมาก ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้เพื่อการชลประทานสำหรับการเกษตร (กรมพัฒนาที่ดิน, ม.ป.ป.; Fipps, 2017) การหว่าสดูราคาถูกภายในประเทศที่มีศักยภาพในการดูดซับ (sorption) เกลือ มาใส่ลงในน้ำเพื่อลดปริมาณเกลือก่อนนำไปใช้ทางการเกษตรอาจเป็นแนวทางเลือกหนึ่งในการแก้ไขปัญหาแหล่งน้ำที่มีเกลือเกินมาตรฐานและไม่เหมาะกับการเกษตร โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง เช่น ในกรณีปัญหาที่พบในการผลิตข้าวของเกษตรกรในจังหวัดสระบุรี (Khaoakew et al., 2017) อย่างไรก็ตามข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุต่าง ๆ ที่มีศักยภาพในการนำมาใช้แก้ปัญหาดังกล่าวข้างจำกัด ไดอะตอมไมต์หรือไดอะตอมมาเซียสเอิร์ธ (diatomite or diatomaceous earth) หรือดินเบา ในประเทศไทยมีแหล่งใหญ่อยู่ที่จังหวัดลำปาง เป็นวัสดุธรรมชาติที่นำสนใจทดลอง เนื่องจากมีความสามารถในการดูดซับและพื้นที่ผิวสูง โดยในปัจจุบันมีการนำมาใช้เพื่อเป็นตัวดูดซับโลหะหนักในสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะแคดไมออน เช่น ตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี ทองแดง ไทเทเนียม นิกเกิล และแมงกานีส (Al-Degs et al., 2001; Khraisheh et al., 2004; Sheng et al., 2008; Guru et al., 2008; Bakr, 2010; Sheng et al., 2011; Yuan et al., 2013)

ไดอะตอมไมต์เกิดจากไดอะตอมฟอสซิลหรือสาหร่ายเซลล์เดียวที่ส่วนใหญ่เกิดในระบบนิเวศทางน้ำแต่ก็สามารถเกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมภาคพื้นดินได้ เมื่อประมาณ 20 ถึง 80 ล้านปี ในยุค Eocene และ Miocene มีมากกว่าสองหมื่นสายพันธุ์และมีลักษณะแตกต่างกันไป (Round et al., 1992) ไดอะตอมสเก็คซิลิคอนจากน้ำเกิดโครงสร้างซิลิกาอสัณฐาน เมื่อไดอะตอมตายซากของไดอะตอมไมต์จมลงก้นทะเล และเมื่อเวลาผ่านไปหลายศตวรรษซากเหล่านี้ก่อตัวเป็นชั้นหนาตั้งแต่ไม่กี่เซนติเมตรไปจนหนาหลายร้อยเมตรเป็นตะกอนชีวภาพ (biogenic sediment) ไดอะตอมมีรูปร่างและขนาดต่างกัน มีสีแตกต่างกันไปตามองค์ประกอบจากสีขาว สีเทา สีเหลืองจนถึงออกแดงส้ม แต่มีองค์ประกอบพื้นฐานหลักเหมือนกันคือซิลิคอนอสัณฐาน ไดออกไซด์โดยมีซิลิกาอสัณฐาน ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) เป็นองค์ประกอบหลักประมาณ 60 ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ ประกอบกับส่วนผสมอื่น ๆ เช่น แคลเซียม อลูมิเนียม เหล็ก แมกนีเซียม โซเดียม ฟอสฟอรัส กำมะถัน นิกเกิล สังกะสี และแมงกานีส ขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิด ไดอะตอมไมต์ไม่มีกลิ่น ไม่ละลายน้ำ ค่า pH ตั้งแต่ 4.4 ถึง 9.2 มีมวลที่เฉพาะเจาะจงแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดและแหล่งกำเนิดตั้งแต่ประมาณ 220-230 กรัม/ลิตร ถึงประมาณ 670 กรัม/ลิตร (Korunic, 1997; Kuronic, 2013) ไดอะตอมไมต์ไม่ติดไฟ ไม่มีความเสี่ยงจากการระเบิดของฝุ่น มีความเสถียร ไม่ก่อให้เกิดสารเคมีตกค้างหรือทำปฏิกิริยากับสารอื่น ๆ ในสิ่งแวดล้อม โดยตามที่สำนักงานคุ้มครองสิ่งแวดล้อม (EPA) ในสหรัฐอเมริกา ไดอะตอมไมต์ธรรมชาติเรียกว่าเป็นอะมอร์ฟัสซิลิคอนไดออกไซด์ซึ่งจัดอยู่ในประเภทที่ได้รับการยอมรับโดยทั่วไปว่าปลอดภัยในการใช้ประโยชน์ (Anon, 1991) หลังจากผ่านการกระบวนการทางเหมือง (การขุด การทำให้แห้ง และการทำให้ละเอียด) ไดอะตอมไมต์จะมีขนาดเล็ก ละเอียดอนุภาคมีขนาด 1 ถึง 150 ไมครอน โดยมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2.5 ถึง 30 ไมครอน อนุภาคทั้งหมดมีความพรุนสูงมากถึง 35-65 เปอร์เซ็นต์ (Murer and Mobil, 2000) ความพรุนรวมของไดอะตอมไมต์เป็นผลรวมของความพรุนของช่องหลายขนาด ตั้งแต่ช่องขนาดเล็กกว่า 2 นาโนเมตร ไปจนถึงช่องขนาดใหญ่ 450 นาโนเมตร (Osmanlioglu, 2007) ไดอะตอมไมต์มีความหนาแน่นต่ำ มีพื้นที่ผิวสูง และมีความสามารถทางกายภาพในการดูดซับ (Gao et al., 2005; Bakr, 2010)

ดังนั้นการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบศักยภาพเบื้องต้นของไดอะตอมไมต์จากจังหวัดลำปาง ในการดูดซับแคดไมออนในสารละลายเกลือต่าง ๆ ที่เป็นเกลือที่มีโอกาสพบในดิน ได้แก่ เกลือของโซเดียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียม (สมศรี อรุณินท์, 2539; Khaoakew et al., 2017; Fipps, 2017) รวมทั้งทำการศึกษาสมบัติของเกลือและไดอะตอมไมต์เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาหาแนวทางลดปริมาณเกลือในแหล่งน้ำสำหรับการเกษตรที่มีเกลือเกินมาตรฐานและเป็นอันตรายต่อพืช

วิธีการศึกษา

การเตรียมสารละลายเกลือ และการศึกษาค่าพีเอช (pH) และการนำไฟฟ้า (EC) ของเกลือประเภทต่าง ๆ

ทำการเตรียมสารละลายเกลือของเหล็ก แมกนีเซียม แคลเซียม โซเดียม และโพแทสเซียม โดยใช้สารเคมีเกรดสำหรับการวิเคราะห์ (analytical grade) รายละเอียดเกี่ยวกับสูตรทางเคมีและน้ำหนักโมเลกุลของสารแสดงใน Table 1 เนื่องจากเป็นความเข้มข้นที่ไม่สูงและต่ำมาก และสำหรับเกลือบางตัวเป็นความเข้มข้นที่มีโอกาสพบได้จริง โดยเฉพาะในดินที่ได้รับผลกระทบจากเกลือ (Khaoaew et al., 2017) ทำการเตรียมสารละลายเกลือต่าง ๆ ที่ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ (M) แล้วทำการวิเคราะห์ค่า pH และ EC โดยใช้เครื่อง pH และ EC มิเตอร์ ตามลำดับ รวมทั้งสังเกตสีของสารละลาย และสภาพการละลายได้ที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าของเกลือแต่ละประเภทที่ความเข้มข้น 0.1 M ซึ่งสมบัติเหล่านี้ผู้วิจัยเห็นว่าเป็นข้อมูลพื้นฐานที่ทำให้ทราบว่าเกลือชนิดใดมีค่า pH และ EC สูงต่ำกว่ากันอย่างไร ซึ่งคาดว่าจะมีประโยชน์สำหรับผู้สนใจศึกษาเกี่ยวกับดินที่ได้รับผลกระทบจากเกลือ

การเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์สมบัติพื้นฐานบางประการของไดอะตอมไมต์

ตัวอย่างไดอะตอมไมต์ที่ใช้ในการศึกษานี้ได้รับความอนุเคราะห์ตัวอย่างจากบริษัท SEAR จังหวัดลำปาง จำนวน 2 ตัวอย่าง ซึ่งเป็นตัวอย่างที่ขุดมาจากความลึกที่แตกต่างกัน โดยตัวอย่างที่ 1 (Pit 1-3: P1) เป็นตัวอย่างไดอะตอมไมต์ชั้นบนสุด ใกล้เปลือกโลก มีสีขาว ส่วนตัวอย่างที่ 2 (Pit 1-9: P5) เป็นตัวอย่างไดอะตอมไมต์ชั้นล่างสุด มีสีส้ม (Figure 1) สำหรับข้อมูลตัวอย่างไม่สามารถลงรายละเอียดได้ เนื่องจากบริษัทยังไม่ได้เปิดเหมืองอย่างเป็นทางการในขณะนี้ เมื่อได้ตัวอย่างมาแล้ว นำตัวอย่างที่ได้ซึ่งมีลักษณะเป็นก้อนเบาและพรุนมาทำการบด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 และ 2 มม. วิเคราะห์สมบัติต่าง ๆ ได้แก่ ค่า pH และ EC โดยใช้สัดส่วนตัวอย่างต่อน้ำ เท่ากับ 1:5 แล้ววัดด้วยเครื่อง pH และ EC มิเตอร์ ตามลำดับ ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนโดยวิธีการชะละลาย (leaching) ด้วยสารละลาย 1 โมลาร์ NH_4OAc pH 7.0 (จงรักษ์ จันทน์เจริญสุข, 2550; National Soil Survey, 1996) วิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นทั้งหมดของธาตุ Na, Ca, Mg, K และ Fe โดยการย่อยด้วยกรด aqua regia (Conc. HNO_3 :HCl อัตราส่วน 1:3, Chen and Ma, 2001) แล้วย่อยด้วยบิลิกโคเจส จากนั้นนำสารละลายไปวัดปริมาณความเข้มข้นของธาตุต่าง ๆ โดยใช้เครื่อง atomic absorption spectrophotometer (AAS)

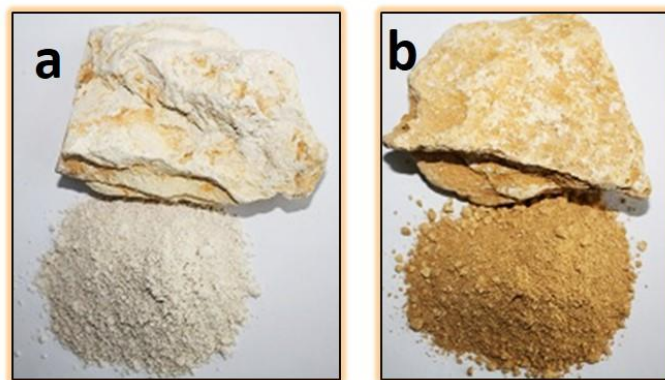


Figure 1 Diatomite samples (a) sample P1 and (b) sample P5.

การศึกษามลของไดอะตอมไมต์ต่อการลดปริมาณเกลือต่าง ๆ ในสารละลาย

ทำการศึกษา sorption experiment ของไดอะตอมไมต์กับ Na, Ca, K หรือ Fe ในสารละลาย 0.1 M NaCl , Na_2SO_4 , CaCl_2 , CaSO_4 , KCl , K_2SO_4 , FeCl_3 และ FeSO_4 ด้วย batch technique เพื่อให้ทราบถึงศักยภาพของไดอะตอมไมต์ในการดูดซับแคตไอออนในสารละลายเกลือที่มีโอกาสพบในดิน ใช้ตัวอย่างไดอะตอมไมต์ P1 และ P5 โดยใช้ในอัตราส่วนไดอะตอมไมต์ต่อสารละลายเกลือที่ 2 อัตรา คือ 1:100 และ 1:50 และตัวควบคุม (control) คือสารละลายเกลือที่ไม่ใส่ไดอะตอมไมต์ ซึ่งอัตราและเวลาที่ใช้ในการทดลองเปรียบเทียบจากการศึกษาสำหรับธาตุอื่น ๆ (Al-Degs et al., 2001; Sheng et al., 2008; Guru et al., 2008; Nenadovic et al., 2009; Sheng et al., 2011; Yuan et al., 2013) ทำการเขย่าสารละลายด้วยความเร็วรอบ 180 รอบต่อนาที เวลา 45 นาที แล้วกรองเพื่อนำมาวัดความเข้มข้นของธาตุต่าง ๆ โดยใช้เครื่อง AAS ทำการทดลองอย่างละ 3 ซ้ำ แผนภาพสรุปการทดลองแสดงใน Figure 2

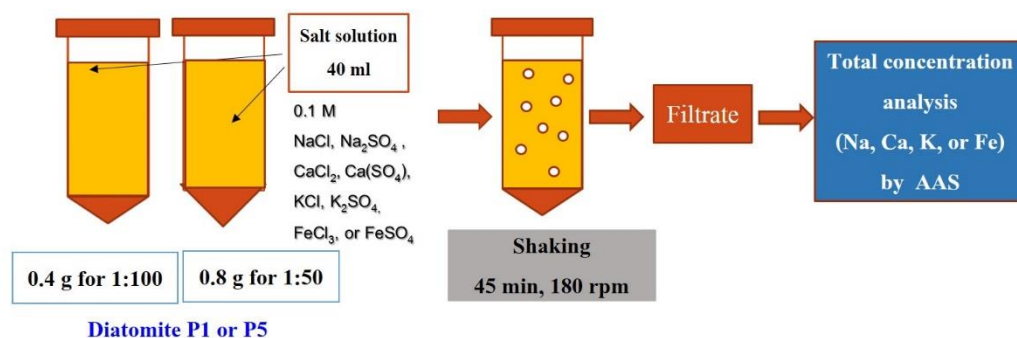


Figure 2 Sorption of cations by diatomite using a batch technique.

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ค่าพีเอชและค่าการนำไฟฟ้าของเกลือประเภทต่าง ๆ

จากผลศึกษาค่าพีเอชและการนำไฟฟ้าของเกลือประเภทต่าง ๆ ที่ความเข้มข้นเดียวกัน พบว่ามีค่าแตกต่างกันไป ดังแสดงใน Table 1 โดยสำหรับไอออนบวกของเกลือคลอไรด์นั้น พบว่าธาตุที่มีค่าการนำไฟฟ้าสูงเรียงจากมากไปน้อย ได้แก่ Fe > Mg~Ca > K > Na และ K > Na > Fe~Mg > Ca สำหรับเกลือซัลเฟต ในส่วนเกลือไนเตรตนั้น พบว่าค่าการนำไฟฟ้าของ แคตไอออน Fe > K > Ca~Mg > Na นอกจากนี้สีและการละลายได้ของเกลือแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน (Figure 3) โดยเกลือ NaCl, Na₂SO₄, NaNO₃, KCl, K₂SO₄, KNO₃, MgCl₂, MgSO₄, Mg(NO₃)₂, CaCl₂ และ Ca(NO₃)₂ เมื่อละลายแล้ว จะมีสีใส และละลายได้ดี 100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อมองด้วยตาเปล่า ในขณะที่เกลือ CaSO₄ ละลายแล้วได้สารละลายสีขาวขุ่น ส่วนเกลือ FeCl₃, FeSO₄ และ Fe(NO₃)₃ ละลายแล้วจะได้สีเหลืองถึงเหลืองส้ม โดยเกลือ FeCl₃ และ FeSO₄ เป็นตะกอนขุ่น สำหรับค่าพีเอชนั้น พบว่าสารละลายเกลือทุกชนิดที่ศึกษามีค่าพีเอชต่ำกว่า 6.5 และพบค่าพีเอชต่ำที่สุดในกลุ่มสารละลายเกลือของเหล็ก

Table 1 Salt name, concentration, chemical formula, molar mass, pH and EC of salt solutions.

No.	Salt name	Concentration (M)	Chemical formula	Molar mass (g/mol)	pH	EC (mS/cm)
1	NaCl	0.1	NaCl	58.44	5.11	12.89
2	Na ₂ SO ₄	0.1	Na ₂ SO ₄	142.04	5.24	17.64
3	NaNO ₃	0.1	NaNO ₃	84.99	5.57	11.19
4	CaCl ₂	0.1	CaCl ₂ ·2H ₂ O	147.02	6.15	18.06
5	CaSO ₄	0.1	CaSO ₄ ·2H ₂ O	172.17	5.28	2.42
6	Ca(NO ₃) ₂	0.1	Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	236.15	5.18	19.19
7	MgCl	0.1	MgCl ₂ ·6H ₂ O	203.00	5.55	19.13
8	MgSO ₄	0.1	MgSO ₄ ·7H ₂ O	246.47	5.19	10.90
9	Mg(NO ₃) ₂	0.1	Mg(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O	256.41	4.70	19.13
10	KCl	0.1	KCl	74.55	5.77	14.26
11	K ₂ SO ₄	0.1	K ₂ SO ₄	174.26	5.83	21.21
12	KNO ₃	0.1	KNO ₃	101.10	5.05	13.19
13	FeCl ₃	0.1	FeCl ₃ ·6H ₂ O	270.30	1.59	36.35
14	FeSO ₄	0.1	FeSO ₄ ·7H ₂ O	278.01	2.53	11.63
15	Fe(NO ₃) ₃	0.1	Fe(NO ₃) ₃ ·9H ₂ O	404.00	1.78	31.63

สมบัติของไดอะตอมไมต์

ผลการศึกษาสมบัติของไดอะตอมไมต์แสดงดัง Table 2 โดยจากผลการศึกษาพบว่า ตัวอย่างไดอะตอมไมต์ที่ศึกษา มีค่าพีเอชต่ำกว่า 4.5 ซึ่งถือว่าเป็นกรดจัด มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำมากซึ่งถือว่าเป็นสมบัติที่ดี มีธาตุซิลิกอนเป็นองค์ประกอบสูงมากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับการศึกษาอื่น ๆ (Korunic, 1997; Karonic, 2013) สำหรับธาตุอื่น ๆ เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียม ทั้งสองตัวอย่างมีค่าใกล้เคียงกัน แต่สำหรับธาตุโพแทสเซียมและเหล็กนั้น พบว่าตัวอย่างไดอะตอมไมต์ที่อยู่ชั้นล่าง (P5) มีค่าสูงกว่าตัวอย่างที่อยู่ใกล้ผิวโลก (P1) ซึ่งเห็นได้ชัดเจนมากในกรณีของธาตุเหล็ก ซึ่งพบสูงมากในตัวอย่าง P5 สอดคล้องกับสีของไดอะตอมไมต์ที่มีสีออกเหลืองส้ม ในขณะที่ตัวอย่าง P1 มีสีออกขาวกว่ามาก โดย Tsai et al. (2006) รายงานว่า นอกจากไดอะตอมไมต์มีซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) เป็นองค์ประกอบสูงแล้ว โดยทั่วไปยังมีเหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) เป็นองค์ประกอบจำนวนมากด้วย สำหรับค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนนั้นพบอยู่ในช่วงใกล้เคียงกันทั้ง 2 ตัวอย่าง



Figure 3 Appearance of the various salt solutions used in this study.

Table 2 Chemical properties of diatomite samples.

Diatomite sample	pH	EC (mS/cm)	CEC (cmol (+) /kg)	SiO_2^* (%)	Total concentration				
					Ca (%)	Mg (%)	Na (mg/kg)	K (%)	Fe (%)
P1	4.38	0.03	8.2	65.88	0.35	0.08	5.41	0.15	1.08
P5	4.35	0.03	12.4	73.80	0.21	0.15	1.34	0.33	6.90

Remark: *Samples analyzed by Central Laboratory (Thailand) Company Limited.

ผลไดอะตอมไมต์ต่อการดูดซับแคตไอออนในสารละลายเกลือต่าง ๆ

ผลของการศึกษาความสามารถของไดอะตอมไมต์ต่อการดูดซับแคตไอออนในสารละลายเกลือต่าง ๆ ที่สัดส่วนระหว่างไดอะตอมไมต์ต่อสารละลายเกลือ 1:50 และ 1:100 นั้น พบว่าความสามารถในการดูดซับในไดอะตอมไมต์ทั้ง 2 ตัวอย่าง และ 2 อัตราส่วนไดอะตอมไมต์และสารละลายเกลือ ให้ผลสอดคล้องกันและใกล้เคียงกัน โดยพบว่าความสามารถในการดูดซับแคตไอออนของไดอะตอมไมต์จะขึ้นอยู่กับชนิดของแคตไอออนและสารละลายเกลืออย่างชัดเจน (Table 3) รายละเอียดแยกพิจารณาแต่ละธาตุดังนี้

การดูดซับธาตุแคลเซียมจากเกลือ CaCl_2 และ CaSO_4 พบว่าการใช้ไดอะตอมไมต์ทั้งสองตัวอย่างและที่ทั้งสองอัตราสามารถลดปริมาณแคลเซียมได้ใกล้เคียงกัน แต่สามารถลดแคลเซียมในเกลือซัลเฟตได้ดีกว่าในเกลือคลอไรด์ โดยพบว่าปริมาณแคลเซียมในสารละลายซัลเฟตลดลงมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม ในขณะที่ในสารละลาย CaCl_2 นั้นลดได้เพียง 2-21 เปอร์เซ็นต์ (Figure 4) แม้ว่าค่าพีเอชของสารละลายทั้งสองจะต่างกันเพียงประมาณ 1 หน่วยเท่านั้น (Table 1) ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากการที่สารละลายเกลือทั้งสองมีแอนไอออนต่างชนิดกัน และอาจมีผลต่อพฤติกรรมในการดูดซับแคลเซียมกับพื้นผิวของไดอะตอมไมต์ ซึ่งไม่สามารถอธิบายได้จากการทดลองนี้ จำเป็นต้องอาศัยการศึกษาเชิงลึกในระดับโมเลกุล

การดูดซับธาตุโซเดียมจากเกลือ NaCl และ Na_2SO_4 พบว่าการใช้ไดอะตอมไมต์ทั้งสองชนิดและสองอัตราสามารถลดปริมาณโซเดียมได้ใกล้เคียงกัน และลดได้ในปริมาณมาก คิดเป็นค่ามากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ (Figure 5) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวควบคุม มีแนวโน้มชัดเจนว่าการเพิ่มอัตราส่วนระหว่างไดอะตอมไมต์และสารละลายจะลดการดูดซับธาตุโซเดียม นอกจากนี้ยังพบว่าการดูดซับโซเดียมโดยไดอะตอมไมต์ในสารละลายคลอไรด์จะดีกว่าซัลเฟต

การดูดซับธาตุเหล็กจากเกลือ FeCl_3 และ FeSO_4 พบว่าการใช้ไดอะตอมไมต์ทั้งสองชนิดและสองอัตราสามารถลดปริมาณเหล็กได้ใกล้เคียงกัน แต่มีแนวโน้มว่าการเพิ่มอัตราส่วนระหว่างไดอะตอมไมต์และสารละลายจะลดการดูดซับธาตุเหล็ก ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการที่มีเกลือเพิ่มขึ้น (1:100) เมื่อมีการเพิ่มสัดส่วนของสารละลายทำให้ค่าการดูดซับเหล็กที่ใช้ไดอะตอมไมต์น้ำหนักเท่าเดิมต่ำกว่าที่สัดส่วน 1:50 นอกจากนี้ยังพบว่าการดูดซับของเหล็กโดยไดอะตอมไมต์ในสารละลายคลอไรด์จะดีกว่าซัลเฟต

Table 3 Total concentration of iron, sodium, calcium, and potassium in salt solutions from each sorption treatment.

Treat	Total [Ca] mg/L		Total [Na] mg/L		Total [Fe] mg/L		Total [K] mg/L	
	CaSO_4	CaCl_2	Na_2SO_4	NaCl	FeSO_4	FeCl_3	K_2SO_4	KCl
Control	4119±25	3262±271	4881±36	2393±18	5960±120	4810±29	5916±178	2226±120
P1R _{1:100}	669±37	2570±181	1162±31	689±134	4454±298	3943±58	9816±15	2222±572
P1R _{1:50}	692±19	3187±55	1818±75	484±58	4576±309	3636±178	8833±262	2743±62
P5R _{1:100}	671±28	3092±269	1361±68	683±216	4614±511	4204±204	9236±971	2936±178
P5R _{1:50}	702±17	2955±39	1788±150	383±21	4010±560	3589±84	8051±332	3135±291

Remark: ± Standard error of the mean.

สำหรับการดูดซับธาตุโพแทสเซียมจากเกลือ KCl และ K_2SO_4 โดยไดอะตอมไมต์ทั้งสองตัวอย่างและสองอัตรา นั้นพบว่าแตกต่างจากธาตุอื่น ๆ มาก เนื่องจากปริมาณโพแทสเซียมในสารละลายเพิ่มขึ้น ซึ่งปริมาณโพแทสเซียมที่เพิ่มมานี้ อาจมาจากไดอะตอมไมต์ เนื่องจากไดอะตอมไมต์มีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบอยู่ และเมื่อเปรียบเทียบกับไอออน (ionic radii) ของโพแทสเซียมไอออน ($\text{K}^+ = 138 \text{ pm}$) พบว่ามีขนาดใหญ่มากกว่าธาตุอื่น ๆ ซึ่งอาจจับยึดอยู่ด้วยแรงที่ไม่เหนียวแน่นหรืออยู่ในโพรงขนาดใหญ่ของไดอะตอมไมต์ จึงอาจเป็นเหตุให้โพแทสเซียมหลุดออกมาจากไดอะตอมไมต์ได้ง่ายกว่าธาตุอื่น ๆ ที่มีขนาดเล็กกว่า เช่น Na ($\text{Na}^+ = 102 \text{ pm}$) Fe ($\text{Fe}^{2+} = 70$ ใน FeSO_4 , $\text{Fe}^{3+} = 60 \text{ pm}$ ใน FeCl_3) และ Ca ($\text{Ca}^{2+} = 100 \text{ pm}$) (Wells, 1984) การที่ไดอะตอมไมต์ดูดซับธาตุโซเดียมและแคลเซียมได้ดีกว่าเหล็กและโพแทสเซียม ส่วนหนึ่งน่าจะเกิดจากลักษณะโครงสร้างของไดอะตอมไมต์ซึ่งมีลักษณะเป็นรูพรุนหลายขนาด โดยเมื่อพิจารณาจากคาร์มีไอออนจะพบว่าโซเดียมและแคลเซียมไอออนนั้นมีขนาดใกล้เคียงกันมาก ($\text{Na}^+ = 102 \text{ pm}$ และ $\text{Ca}^{2+} = 100 \text{ pm}$; Wells, 1984) ซึ่งพื้นผิวหรือขนาดของรูพรุนไดอะตอมไมต์อาจมีความพอดีหรือความชอบ (affinity) กับไอออนทั้งสองนี้ Lemonas (1997) รายงานว่า โครงสร้างของไดอะตอมไมต์มีช่องว่างสูงถึง 80-90% และพื้นที่ผิวสูง แต่การที่มีความสามารถในการดูดซับโซเดียมได้ดีในเกลือคลอไรด์ ในขณะที่แคลเซียมดูดซับได้ดีในเกลือซัลเฟตนั้น อาจเป็นผลมาจากค่าพีเอช เนื่องจากสารละลาย CaCl_2 มีพีเอช 6.15 ในขณะที่ NaCl , Na_2SO_4 และ CaSO_4 มีค่าพีเอชใกล้เคียงกันคือ 5.11, 5.24 และ 5.28 ซึ่งพฤติกรรมการดูดซับโซเดียมและแคลเซียมกับพีเอชนี้ต่างจากการรายงานในกรณีศึกษาในธาตุอื่น เช่น ตะกั่ว ซึ่งพบว่าการดูดซับของตะกั่วโดยไดอะตอมไมต์ สูงสุดในช่วงกลาง ๆ คือ 7-8 (Sijovic et al., 2009) ซึ่งเคมีเชิงลึกและธรรมชาติการดูดซับแคตไอออนบนพื้นผิวไดอะตอมไมต์เป็นประเด็นที่น่าสนใจศึกษาเพิ่มเติมเชิงลึกในอนาคตเพื่อให้ได้คำตอบที่ชัดเจนขึ้น

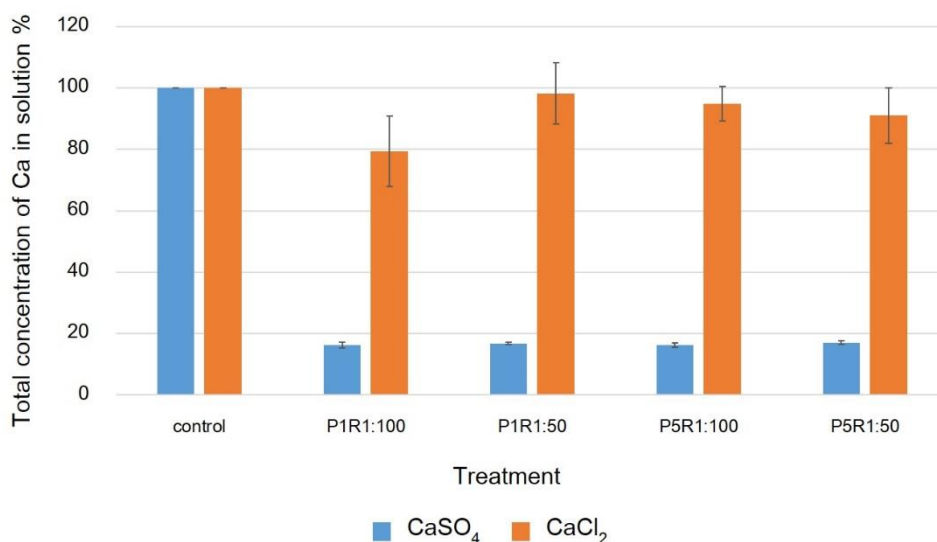


Figure 4 Relative concentration percentage of calcium in CaCl₂ or CaSO₄ in each sorption experiment.

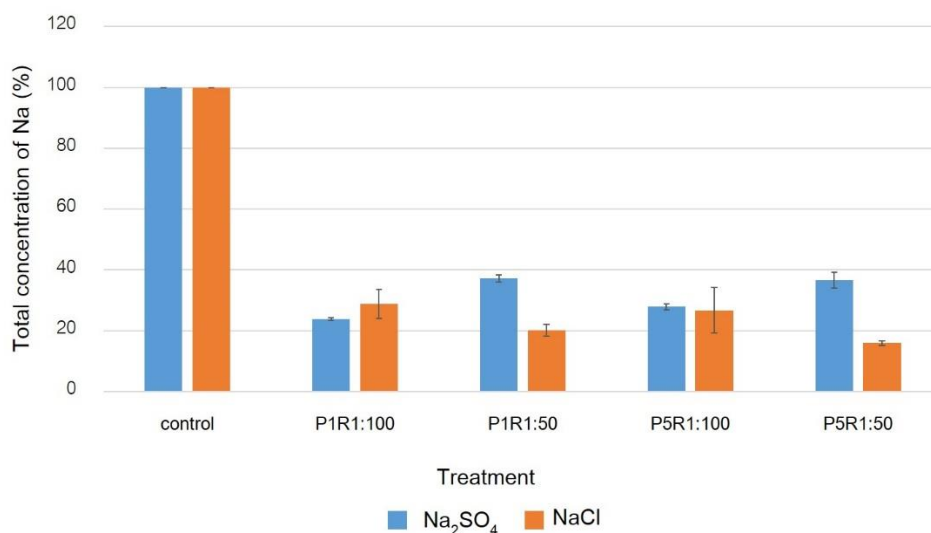


Figure 5 Relative concentration percentage of sodium in NaCl or Na₂SO₄ in each sorption experiment.

สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษาค่าพีเอชและการนำไฟฟ้าของสารละลาย NaCl, Na₂SO₄, NaNO₃, KCl, K₂SO₄, KNO₃, MgCl₂, MgSO₄, Mg(NO₃)₂, CaCl₂, CaSO₄, Ca(NO₃)₂, FeCl₃, FeSO₄ และ Fe(NO₃)₃ ที่ความเข้มข้นเดียวกัน (0.1 M) พบว่าสำหรับเกลือคลอไรด์ สารละลายของธาตุที่มีค่าการนำไฟฟ้าสูงเรียงจากมากไปน้อยคือ Fe > Mg~Ca > K > Na สำหรับเกลือซัลเฟต K > Na > Fe~Mg > Ca และสำหรับเกลือไนเตรต Fe > K > Ca~Mg > Na สำหรับค่าพีเอชนั้น พบว่าสารละลายเกลือทุกชนิดที่ศึกษามีค่าพีเอชต่ำกว่า 6.5 ตัวอย่างไดอะตอมไมต์ที่ใช้ในการศึกษานี้มีค่าพีเอชเท่ากับ 4.3 มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำกว่า 0.1 mS/cm และมี SiO₂ เป็นองค์ประกอบหลักมากกว่า 65 เปอร์เซ็นต์ ไดอะตอมไมต์มีผลต่อการลดปริมาณธาตุเหล็ก โซเดียม แคลเซียม และโพแทสเซียม ในสารละลายเกลือแต่ละชนิดแตกต่างกัน แต่ไดอะตอมไมต์ทั้งสองตัวอย่างและทั้งสองอัตราที่ใช้มีผลสอดคล้องและได้ค่าในการดูดซับใกล้เคียงกัน โดยไดอะตอมไมต์สามารถดูดซับแคตไอออนได้แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของเกลือ โซเดียมเป็นธาตุที่ถูกดูดซับได้ดีที่สุดโดยไดอะตอมไมต์ รองลงมาคือแคลเซียม และเหล็ก ทั้งในสารละลาย NaCl และ Na₂SO₄ ไดอะตอมไมต์สามารถลดปริมาณ Na ได้มากกว่า 60% โดยน้ำหนักของโซเดียมในสารละลาย ไดอะตอมไมต์ลดแคลเซียมในสารละลาย CaSO₄ ได้มากกว่า 80% และลดได้เพียง 2-21% ใน CaCl₂ ไดอะตอมไมต์สามารถลดปริมาณ Fe ได้

13-25% ในสารละลาย FeCl_3 และ FeSO_4 แต่ไดอะตอมไมต์ไม่สามารถลดปริมาณ K ทั้งในสารละลาย KCl และ K_2SO_4 ได้ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ไดอะตอมไมต์มีความสามารถในการดูดซับแคตไอออนบางตัวในสารละลายเกลือ โดยเฉพาะโซเดียม อย่างไรก็ตามการศึกษานี้เป็นเพียงการทดลองศึกษาศักยภาพของไดอะตอมไมต์เบื้องต้นเท่านั้น ผู้สนใจจึงไม่ควรนำไดอะตอมไมต์ไปใช้กับน้ำในพื้นที่จริงทันที จำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม เช่น ทดลองกับน้ำชลประทานที่มีเกลือเกินค่ามาตรฐานก่อนมีการนำไปทดลองใช้ลดปริมาณแคตไอออนในแหล่งน้ำเพื่อการเกษตรที่มีปัญหาในพื้นที่จริง เนื่องจากน้ำชลประทานจะมีเกลืออยู่หลายประเภทผสมกันและความเข้มข้นแตกต่างกันไป พฤติกรรมการดูดซับของไอออนต่าง ๆ อาจเหมือนหรือแตกต่างจากการทดลองนี้ได้ รวมทั้งควรมีการศึกษาสมบัติอื่น ๆ ของไดอะตอมไมต์ด้วย เช่น ปริมาณอาร์เซนิก ซึ่งจากการศึกษาเบื้องต้นโดยการสกัดด้วยวิธี EPA3050 และ EPA3052B พบว่าไดอะตอมไมต์สีขาวหรือเทา (P1) มีอาร์เซนิกต่ำกว่า 15 มก./กก. ในขณะที่ไดอะตอมไมต์ที่มีสีส้ม (P5) มีอาร์เซนิกสูงกว่า 100 มก./กก. ดังนั้นหากสนใจนำไดอะตอมไมต์มาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรในอนาคตควรมีการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาร์เซนิกหรือธาตุไม่พึงประสงค์อื่น ๆ ก่อน และควรเลือกใช้ไดอะตอมไมต์ที่มีธาตุที่ไม่พึงประสงค์ต่ำ เช่น ตัวอย่างไดอะตอมไมต์ P1

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. ม.ป.ป. *คุณภาพน้ำเพื่อการเกษตร*. http://www.odd.go.th/Lddwebsite/web_ord/Technical/pdf/P_Technical03001_2.pdf (1 มกราคม 2562).
- จรัญชัย จันทรเจริญสุข. 2550. *การวิเคราะห์ดินและพืชทางเคมี*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สมศรี อรุณินท์. 2539. *เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการกรมพัฒนาที่ดินเรื่องดินเค็มในประเทศไทย*. http://www.odd.go.th/Lddwebsite/web_ord/Technical/pdf/P_Technical03035_1.pdf (1 มกราคม 2562).
- Al-Degs, Y., Khraisheh, M. A. M., and Tutunji, M. F. 2001. Sorption of lead ions on diatomite and manganese oxides modified diatomite. *Water Research* 35: 3724-3728.
- Anon. 1991. Silicon dioxide and silica gel: Reregistration Eligibility Decision (RED) fact. Environmental Protection Agency (EPA). <https://archive.epa.gov/pesticides/reregistration/web/pdf/4081fact.pdf> (20 December 2018).
- Bakr, H. E. G. M. M. 2010. Diatomite: its characterization, modifications, and applications. *Asian Journal of Materials Science* 2: 121-136.
- Chen, M., and Ma, L. Q. 2001. Comparison of three aqua regia digestion methods for twenty Florida soils. *Soil Science Society American Journal* 65: 491-499.
- Fipps, G. 2017. Irrigation water quality standards and salinity management strategies. Texas A&M AgriLife Extension Service, Texas A&M University. <https://aglifesciences.tamu.edu/baen/wp-content/uploads/sites/24/2017/01/B-1667> (1 April 2019).
- Gao, B., Jiang, P., An, F., Zhao, S., and Ge, Z. 2005. Studies on the surface modification of diatomite with polyethyleneimine and trapping effect of the modified diatomite for phenol. *Applied Surface Science* 250: 273-279.
- Guru, M., Venedik, D., and Murathan, A. 2008. Removal of trivalent chromium from water using low-cost natural diatomite. *Journal of Hazardous Materials* 160: 318-323.
- Khaokaew, S., Takrattanasaran, N., Lachitavong, K., and Landrot, G. 2017. Decrease in rice production during the dry season in a Central Region of Thailand: linking water, paddy soil, and rice properties. In *Goldschmidt 2017 Conference*. Paris, France.
- Khraisheh, M. A. M., Al-degs, Y. S., and McMinn, W. A. M. 2004. Remediation of wastewater containing heavy metals using raw and modified diatomite. *Chemical Engineering Journal* 99: 177-184.
- Korunic, Z. 1998. Diatomaceous earths, a group of natural insecticides. *Journal of Stored Products Research* 34(2/3): 87-97.
- Korunic, Z. 2013. Diatomaceous earths - natural insecticides. *Pesticides & Phytomedicine* 28(2): 77-95.
- Lemonas, J. F. 1997. Diatomite. *American Ceramic Society Bulletin* 76: 92-95.
- Murer, A. S., Mobil, E., Mc-Clennen, K. L., Ellison, T. K., and Mobil, E. 2000. Steam injection project in heavy-oil diatomite. *SPE Reservoir Evaluation & Engineering* 3: 2-12.
- National Soil Survey Center. 1996. *Soil survey laboratory methods manual (soil survey investigations report No. 42, version 3.0)*. Lincoln: Natural Resource Conservation Service, United States Department of Agriculture.
- Nenadovic, S., Nenadovic, M., Kovacevic, R., Matovic, L., Matovic, B., Jovanovic, Z., and Novakovic, J. G. 2009. Influence of diatomite microstructure on its adsorption capacity for Pb(II). *Science of Sintering* 41: 309-317.
- Osmanlioglu. 2007. Natural diatomite process for removal of radioactivity from liquid waste. *Applied Radiation and Isotopes* 65: 17-20.
- Rietz, D. N., and Haynes, R. J. 2003. Effects of irrigation-induced salinity and sodicity on soil microbial activity. *Soil Biology and Biochemistry* 35: 845-854.
- Round, F. E., Crawford, R. M., and Mann, D. G. 1992. *The diatoms. biology & morphology of the genera*. New York: Cambridge University Press.

- Sheng, G., Yang, S., Sheng, J., Hu, J., Tan, X., and Wang, X. 2011. Macroscopic and microscopic investigation of Ni(II) sequestration on diatomite by Batch, XPS, and EXAFS techniques. *Environmental Science and Technology* 45: 7718-7726.
- Sheng, G. D., Hu, J., and Wang, X. K. 2008. Sorption properties of Th(IV) on the raw diatomite - effects of contact time pH, ionic strength and temperature. *Applied Radiation and Isotopes* 66: 1313-1320.
- Sljivic, M., Smiciklas, I., Pejanovic, S., and Pleca, I. 2009. Comparative study of Cu²⁺ adsorption on a zeolite, a clay and a diatomite from Serbia. *Applied Clay Science* 43: 33-40.
- Sumner, M. E. 1995. Sodic soils: new perspectives. In *Australian sodic soils: distribution, properties and management*, Naidu, R., Sumner, M. E., Rengasamy, P. eds. pp. 1-34. Melbourne: CSIRO.
- Tsai, W. T., Lai, C. W., and Hsien, K. J. 2006. Characterization and adsorption properties of diatomaceous earth modified by hydrofluoric acid etching. *Journal of Colloid and Interface Science* 297: 749-754.
- Wells, A. F. 1984. *Structural inorganic chemistry*. 5th Edition. Oxford: Oxford University Press.
- Yuan, P., Liu, D., Tan, D. Y., Liu, K. K., Yu, H. G., Zhong, Y. H., Yuan, A. H., Yu, W. B., and He, H. P. 2013. Surface silylation of mesoporous/macroporous diatomite (diatomaceous earth) and its function in Cu(II) adsorption: the effects of heating pretreatment. *Microporous and Mesoporous Materials* 170: 9-19.

วันรับบทความ (Received date) : 4 ก.พ. 62

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 4 เม.ย. 62

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 7 ส.ค. 62

การตัดสินใจปลูกยางพาราของเกษตรกรในตำบลคลองไทร อำเภอท่าฉาง จังหวัดสุราษฎร์ธานี

Factors Affecting the Decision Making of Para Rubber Tree Plantation Farmers

in Khlong Sai Sub-district, Tha Chang District, Surat Thani Province

จุฑามาศ คมประมูล¹ และพัชราวดี ศรีบุญเรือง^{1*}

Chuthamat Khompramun¹ and Patcharavadee Sriboonruang^{1*}

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคลและเศรษฐกิจ 2) การเปิดรับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับยางพารา 3) การตัดสินใจปลูกยางพาราของเกษตรกร และ 4) ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจปลูกยางพาราของเกษตรกร ใน ต. คลองไทร อ. ท่าฉาง จ. สุราษฎร์ธานี กลุ่มตัวอย่างคือ เกษตรกรผู้ปลูกยางพารา จำนวน 322 ราย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบสัมภาษณ์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าไคสแควร์ ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุเฉลี่ย 53.89 ปี ระดับการศึกษาชั้นประถมศึกษา จำนวนสมาชิกในครัวเรือน 4-6 คน ประสบการณ์ปลูกยางพาราเฉลี่ย 20.66 ปี ส่วนมากไม่เป็นสมาชิกกลุ่ม รายได้จากการปลูกยางพาราเฉลี่ย 167,437.89 บาท/ปี รายจ่ายจากการปลูกยางพาราเฉลี่ย 12,326.09 บาท/ปี โดยส่วนมากใช้แหล่งเงินทุนจากทุนส่วนตัว อาชีพหลักคือ ทำสวนยางพารา จำนวนแรงงานทำสวนยางพารา 2 คน ส่วนมากกรีดยางพาราด้วยตนเอง พื้นที่ปลูกยางพาราเฉลี่ย 19.00 ไร่ พื้นที่กรีดยางพาราเฉลี่ย 18.02 ไร่ ได้รับข่าวสารเกี่ยวกับยางพาราผ่านทางสื่อบุคคลจากเจ้าหน้าที่ของรัฐ (ร้อยละ 33.5) สื่อมวลชนจากโทรทัศน์ (ร้อยละ 89.1) สื่อกิจกรรมจากการจัดประชุม (ร้อยละ 57.5) และสื่อออนไลน์จาก website (ร้อยละ 40.1) การตัดสินใจปลูกยางพาราโดยรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า รายได้ การเปิดรับข่าวสารเกี่ยวกับยางพาราจากสื่อมวลชน สื่อกิจกรรม และสื่อออนไลน์ มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจปลูกยางพาราของเกษตรกรที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และ 0.01

คำสำคัญ: เกษตรกร การตัดสินใจ ยางพารา สุราษฎร์ธานี การเปิดรับข่าวสาร

Abstract

The objectives of this research were to study: 1) the demographic and economic conditions of the farmers, 2) media coverage and farmer exposure to media coverage concerned with para rubber tree planting, 3) the decision making of para rubber tree farmers, and 4) the relationship between demographic factors, economic factors, media coverage and the decision making of para rubber plantation farmers. The sample set consisted of 322 farmers. Data were collected by interview. Statistics used to analyze the data included frequency, percentage, arithmetic mean, standard deviation, maximum, minimum, and Chi-square test. The results indicated that most farmers were females and had an average age of 53.89 years. Most had been educated to the elementary school level, had 4-6 people in their family, and had been working as farmers for an average of 20.66 years. Most farmers had never been members of any group and their average income was 167,437.89 Baht/year. Farmers faced an average expense as rubber tree farmers of 12,326.09 Baht/year, and they generally paid this with their own capital. For most of the farmers, their main occupation was para rubber plantation farmer. Two people generally worked on a farm and the average area under plantation was 19.00 rais. The average area of a plantation was 18.02 rais. Farmers received information about their industry from various sources. 33.5% of farmers got their data from government officers, 88.9% of respondents said they got information from the medium of television, 33.2% said they acquired information via seminars and conferences, and for 40.1% of respondents, the internet was an important source of information. The farmer's activities as para rubber planters were strongly influenced by various factors mentioned above. Testing of the hypothesis revealed that annual income, exposure to mass media, and training and seminars related to the decision making of para rubber planters at the 0.05 and 0.01 levels of significance.

Keywords: farmers, decision making, para rubber, Surat Thani province, media exposure

¹ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

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

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

คำนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีพื้นฐานทางด้านเกษตรกรรม รายได้ของประเทศส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับผลผลิตทางการเกษตรของพืชเศรษฐกิจต่าง ๆ ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย สร้างรายได้เข้าประเทศไทยสูงถึงปีละ 5-6 แสนล้านบาท (สถาบันวิจัยยาง, 2561)

ปัจจุบันประเทศไทยเป็นผู้นำในด้านการผลิตและส่งออกยางธรรมชาติมากที่สุดของโลก มีพื้นที่ปลูกยางพาราจำนวน 22,176,714 ไร่ ภาคใต้มีพื้นที่ปลูกยางพารามากที่สุด 13,937,479 ไร่ รองลงมาคือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 4,395,849 ไร่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 2,613,771 ไร่ และภาคเหนือ 1,229,615 ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561) การส่งออกยางธรรมชาติของไทยส่วนใหญ่ส่งออกไปรูปของยางแท่ง ยางแผ่นรมควัน และน้ำยางข้น

การทำสวนยางพาราเป็นอาชีพหลักที่สำคัญของประชากรภาคใต้ และรายได้จากยางพาราเป็นรายได้หลักที่หล่อเลี้ยงเศรษฐกิจเกือบทั้งหมดของภาคใต้ (กรมวิชาการเกษตร, 2561) ปัจจุบันเศรษฐกิจโลกชะลอตัวมีผลต่อราคาสินค้าโภคภัณฑ์หลายประเภท ทำให้ราคายางมีความผันผวนและไม่มีแนวโน้มในการขยายพื้นที่ปลูก โดยราคายาง ปี พ.ศ. 2557 ยางแผ่นดิบ 57.88 บาท/กิโลกรัม น้ำยางสด 55.31 บาท/กิโลกรัม ยางก้อนถ้วย 48.68 บาท/กิโลกรัม ปี พ.ศ. 2558 ยางแผ่นดิบ 49.01 บาท/กิโลกรัม น้ำยางสด 45.12 บาท/กิโลกรัม ยางก้อนถ้วย 40.56 บาท/กิโลกรัม ปี พ.ศ. 2559 ยางแผ่นดิบ 52.78 บาท/กิโลกรัม น้ำยางสด 49.98 บาท/กิโลกรัม ยางก้อนถ้วย 42.49 บาท/กิโลกรัม ปี พ.ศ. 2560 ยางแผ่นดิบ 60.66 บาท/กิโลกรัม น้ำยางสด 57.13 บาท/กิโลกรัม ยางก้อนถ้วย 48.66 บาท/กิโลกรัม (สมาคมยางพาราไทย, 2561)

ผลกระทบจากราคายางพาราผันผวนลงส่งผลกระทบต่อเกษตรกรชาวสวนยางพาราทั่วทั้งประเทศ โดยเฉพาะพื้นที่ทางภาคใต้เพราะเกษตรกรส่วนใหญ่มีอาชีพทำสวนยางพาราเพียงอย่างเดียว ทางออกทางหนึ่งของชาวสวนยางพาราคือการพึ่งพารัฐบาล เกษตรกรบางรายต้องโค่นยางพาราเพื่อขายเนื้อไม้และนำเงินไปลงทุนปลูกพืชชนิดอื่น บางรายก็หันไปประกอบอาชีพอื่นเสริมเพื่อเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับครอบครัว อาชีพเสริมส่วนใหญ่ยังคงเน้นแต่อาชีพทางการเกษตรอยู่ (ปรารภนาพรหมพิทักษ์, 2559)

ภาคใต้มีศักยภาพสูงในการปลูกยางพารา เนื่องจากมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม โดยพื้นที่ปลูกยางพาราส่วนใหญ่เป็นเนินเขา มีฝนตกหนาแน่นเหมาะกับการปลูกยางพารามากกว่าพืชอื่น ยางพาราจะเจริญเติบโตได้ดี ให้น้ำยางมาก และมีการคมนาคมสะดวกรวดเร็ว โดยจังหวัดสำคัญที่เป็นแหล่งปลูกยางพาราคือ สุราษฎร์ธานี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561) และอำเภอท่าฉาง จังหวัดสุราษฎร์ธานี มียางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจหลัก มีพื้นที่ปลูกยางพารา 278,273 ไร่ พื้นที่เก็บเกี่ยว 259,073 ไร่ มีลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบสูงเชิงเขา พื้นที่ตอนกลางของอำเภอจะเป็นพื้นที่ราบลุ่มซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นพื้นที่นาและสวนยางพารา ได้แก่ ตำบลเสวีียด ตำบลท่าเคย และตำบลคลองไทร (สำนักงานเกษตรอำเภอท่าฉาง, 2560)

การปลูกยางพาราในตำบลคลองไทรเป็นผลมาจากการตัดสินใจปลูกยางพาราของเกษตรกร ผู้วิจัยจึงเห็นว่าจำเป็นต้องมีความเข้าใจและมีการศึกษาว่าปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อการตัดสินใจในการปลูกยางพาราของเกษตรกร เพื่อเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานราชการและเกษตรกรในเรื่องต่าง ๆ และได้ข้อมูลไปช่วยในการพัฒนาการผลิตเพื่อเพิ่มผลผลิต คุณภาพมาตรฐานของยางพารา และรายได้ของเกษตรกร ในตำบลคลองไทร อำเภอท่าฉาง จังหวัดสุราษฎร์ธานี และนำไปสู่การวางแผนงานในการพัฒนาการส่งเสริมการปลูกยางพาราในพื้นที่อื่น ๆ ต่อไป ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคลและเศรษฐกิจของเกษตรกร 2) ศึกษาการเปิดรับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับยางพาราของเกษตรกร 3) ศึกษาการตัดสินใจปลูกยางพาราของเกษตรกร และ 4) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจปลูกยางพาราของเกษตรกร ในตำบลคลองไทร อำเภอท่าฉาง จังหวัดสุราษฎร์ธานี

วิธีการศึกษา

การศึกษาค้นคว้านี้เก็บข้อมูลประชากรทั้งหมดจากเกษตรกรที่ลงทะเบียนผู้ปลูกยางพาราในตำบลคลองไทร อำเภอท่าฉาง จังหวัดสุราษฎร์ธานี จำนวน 1,644 คน โดยใช้สูตรของ Yamane ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 322 คน จากนั้นได้ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิชนิดสุ่มเป็นสัดส่วน (proportional stratified sampling) (สุรินทร์ นิยมางกูร, 2556ข) และใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (simple random sampling) คัดเลือกเกษตรกรโดยสอบถามข้อมูลจากผู้นำชุมชนรวมทั้งจากการรวมกลุ่มของเกษตรกรแต่ละหมู่บ้านในตำบลคลองไทร เพื่อเป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 322 คน กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง จากนั้นได้สร้างแบบสัมภาษณ์ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบความตรง (validity) ของเครื่องมือและปรับปรุงแก้ไข จากนั้นได้นำแบบสัมภาษณ์ไปทดลองใช้ (try out) กับเกษตรกรตำบลคลองไทร อำเภอท่าฉาง จังหวัดสุราษฎร์ธานี จำนวน 30 ชุด ทดสอบ

ความเชื่อมั่นของระดับการตัดสินใจปลูกยางพารา (reliability) โดยหาค่าสัมประสิทธิ์ตามวิธีของ Cronbach (Cronbach's Alpha Coefficient) ได้ค่า 0.834 จากนั้นจึงนำไปใช้เก็บข้อมูลจริง โดยงานวิจัยนี้เก็บข้อมูลในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2561

การแปลความหมายในส่วนของการตัดสินใจปลูกยางพาราของเกษตรกร กำหนดการวัดแบบอันตรภาคชั้น (interval scale) (สุรินทร์ นิยมางกูร, 2556ก) แบ่งเป็น 6 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการปลูก 2) ด้านผลผลิตยางพารา 3) ด้านราคายางพาราและปัจจัยการผลิต 4) ด้านความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกและสิ่งแวดล้อม 5) ด้านการสนับสนุนจากภาครัฐ และ 6) ด้านการรวมกลุ่มและบทบาทผู้นำท้องถิ่น

เกณฑ์การให้คะแนน

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

เกณฑ์การแปลผลการตัดสินใจ (สุรินทร์ นิยมางกูร, 2556ก) แบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ

คะแนนระหว่าง	2.34 - 3.00	ระดับการตัดสินใจมาก
คะแนนระหว่าง	1.67 - 2.33	ระดับการตัดสินใจปานกลาง
คะแนนระหว่าง	1.00 - 1.66	ระดับการตัดสินใจน้อย

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วย ค่าความถี่ (frequency) ค่าร้อยละ (percentage) ค่าเฉลี่ย (mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ค่าต่ำสุด (minimum) ค่าสูงสุด (maximum) และค่าไคสแควร์ (Chi-square) กำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติ 0.01 และ 0.05

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ตอนที่ 1 ข้อมูลปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคลและเศรษฐกิจของเกษตรกรผู้ปลูกยางพารา

จาก Table 1 พบว่า เกษตรกรผู้ปลูกยางพาราส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 72.0 อายุเฉลี่ยเท่ากับ 53.89 ปี มีระดับการศึกษาสูงสุดคือ ประถมศึกษามากที่สุด ร้อยละ 44.1 ส่วนใหญ่มีสถานภาพสมรส ร้อยละ 92.5 จำนวนสมาชิกในครัวเรือนส่วนใหญ่มีสมาชิก 4-6 คน ร้อยละ 67.4 มีประสบการณ์ปลูกยางพาราส่วนใหญ่ 16-26 ปี เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นสมาชิกกลุ่ม

เกษตรกรมีรายได้จากการปลูกยางพาราเฉลี่ย 167,437.89 บาท/ปี รายจ่ายจากการปลูกยางพาราเฉลี่ย 12,326.09 บาท/ปี โดยส่วนมากใช้แหล่งเงินทุนจากทุนส่วนตัว ร้อยละ 63.7 อาชีพหลักคือ ทำสวนยางพารา ร้อยละ 86.6 จำนวนแรงงานทำสวนยางพารา 2 คน ร้อยละ 84.8 พื้นที่ปลูกยางพาราเฉลี่ย 19.00 ไร่ พื้นที่กรีดยางพาราเฉลี่ย 18.02 ไร่ และขายให้แก่พ่อค้าท้องถิ่น ร้อยละ 92.9

Table 1 Number and percentage of demographic factors and economic factors.

Demographic factors and economic factors	Frequency	Percentage
Sex		
- Male	90	28.0
- Female	232	72.0
Age (years old)		
- 23-47	64	19.9
- 48-57	150	46.6
- 58-76	108	33.5
Mean = 53.89 years old, S.D. = 9.432 years old, Max. = 76 years old, Min. = 23 years old		

Table 1 (continued).

Demographic factors and economic factors	Frequency	Percentage
Education		
- Elementary school	142	44.1
- Secondary school	126	39.1
- Vocational	46	14.3
- Bachelor's degree	8	2.5
Marital status		
- Single	24	7.5
- Married	298	92.5
Number of household members (persons)		
- 1-3	84	26.1
- 4-6	217	67.4
- Higher than 7	21	6.5
Max. = 8 persons, Min. = 1 person		
Experience of para rubber planting (years)		
- 5-15	104	32.3
- 16-26	146	45.3
- 27-40	72	22.4
Mean = 20.66 years, S.D. = 7.557 years, Max. = 40 years, Min. = 5 years		
Group membership		
- Group membership	167	51.9
- No group membership	155	48.1
Income (Baht/year)		
- Lower than 130,000	124	38.5
- 130,000-170,000	85	26.4
- Higher than 170,000	113	35.1
Mean = 167,437.89 Baht/year, S.D. = 87,283.533 Baht/year, Max. = 850,000 Baht/year, Min. = 30,000 Baht/year		
Expense (Baht/year)		
- Lower than 10,000	75	22.3
- 10,000-14,000	149	46.3
- Higher than 14,000	98	30.4
Mean = 12,326.09 Baht/year, S.D. = 7,100.691 Baht/year, Max. = 100,000 Baht/year, Min. = 2,000 Baht/year		
Funding source		
- Own income	205	63.7
- Loan money	117	36.3
Main occupation		
- Para rubber plantation	279	86.6
- Merchant	22	6.8
- Private sector employees	11	3.4
- Civil servant	10	3.2

Table 1 (continued).

Demographic factors and economic factors	Frequency	Percentage
Number of labor (persons)		
- 1	23	7.1
- 2	273	84.8
- More than 3	26	8.1
Number of para rubber planting area (rais)		
- 3-12	108	33.6
- 13-20	125	38.8
- 21-105	89	27.6
Mean = 19.00 rais, S.D. = 11.771 rais, Max. = 105 rais, Min. = 3 rais		
Number of para rubber cutting area (rais)		
- 3-12	109	33.9
- 13-20	125	38.8
- 21-80	88	27.3
Mean = 18.02 rais, S.D. = 10.618 rais, Max. = 80 rais, Min. = 3 rais		
Selling para rubber		
- Local merchants	299	92.9
- Rubber market	12	3.7
- Company within the province	6	1.9
- Others (rubber fund cooperative)	5	1.6

ตอนที่ 2 การเปิดรับข่าวสารเกี่ยวกับยางพาราของเกษตรกรผู้ปลูกยางพารา

จาก Table 2 พบว่า การเปิดรับข่าวสารเกี่ยวกับยางพาราของเกษตรกรด้านสื่อบุคคล พบว่า เกษตรกรได้รับข่าวสารจากเจ้าหน้าที่ของรัฐ (ร้อยละ 33.5) รองลงมาคือ ผู้นำท้องถิ่น เพื่อนเกษตรกร และสมาชิกในครัวเรือน (ร้อยละ 30.7, 18.9 และ 11.5 ตามลำดับ) นอกนั้นได้รับข่าวสารจากญาติพี่น้อง (ร้อยละ 5.4) สอดคล้องกับ พัฒน์พงศ์ ดีปานา (2557) ที่กล่าวว่า เกษตรกรที่มีโอกาสพบปะพูดคุยกับเจ้าหน้าที่ทางการเกษตร ก็จะมีโอกาสซักถามเกี่ยวกับปัญหา ข้อเสนอแนะต่าง ๆ เกี่ยวกับยางพารากับเจ้าหน้าที่ทางการเกษตร ทำให้เกษตรกรเหล่านี้เกิดความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการปลูกยางพารามากขึ้น นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ นุหั่น กุลวิจิตร (2560) ที่กล่าวว่า สื่อบุคคลมีความสำคัญต่อเกษตรกร 4.0 ในการช่วยให้เกษตรกรสามารถเข้าถึงสารสนเทศทางการเกษตร และมีบทบาทหน้าที่เป็นผู้ถ่ายทอดความรู้ ทักษะ และทัศนคติ โดยผ่านกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อพัฒนาการเกษตรให้มีประสิทธิภาพ

การเปิดรับข่าวสารเกี่ยวกับยางพาราของเกษตรกรด้านสื่อมวลชน พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ได้รับข่าวสารจากโทรทัศน์ (ร้อยละ 89.1) รองลงมาคือ สื่อสิ่งพิมพ์ เช่น หนังสือพิมพ์ วารสาร แผ่นพับ/โปสเตอร์ และวิทยุ (ร้อยละ 8.1 และ 2.8 ตามลำดับ) สอดคล้องกับ เพ็ญประภา ราหุล (2556) ที่กล่าวว่า เกษตรกรส่วนใหญ่มีการเปิดรับข่าวสารเกี่ยวกับยางพาราผ่านโทรทัศน์ที่เป็นเช่นนั้นเพราะสื่อทางด้านโทรทัศน์เป็นสื่อที่เกษตรกรสามารถเข้าใจได้ง่ายและมีการเข้าถึงสื่อได้มากกว่าช่องทางอื่น

การเปิดรับข่าวสารเกี่ยวกับยางพาราของเกษตรกรด้านสื่อกิจกรรม พบว่า เกษตรกรได้รับข่าวสารจากการจัดประชุม (ร้อยละ 57.5) รองลงมาคือ การเข้ารับการอบรม การชมการสาธิต และการศึกษานอกสถานที่ (ร้อยละ 33.2, 6.2 และ 1.9 ตามลำดับ) นอกนั้นได้รับข่าวสารจากนิทรรศการที่จัดขึ้นในท้องถิ่น (ร้อยละ 1.4) สอดคล้องกับ พัฒน์พงศ์ ดีปานา (2557) ที่กล่าวว่า เกษตรกรที่เข้ารับการฝึกอบรมจะมีโอกาสพบปะพูดคุยกับเจ้าหน้าที่ทางการเกษตร วิทยากร หรือแม้กระทั่งเพื่อนเกษตรกรด้วยกันเอง ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ต่าง ๆ ในการปลูกยางพารา

การเปิดรับข่าวสารเกี่ยวกับยางพาราของเกษตรกรด้านสื่อออนไลน์ พบว่า เกษตรกรได้รับข่าวสารจาก website (ร้อยละ 40.1) รองลงมาคือ Facebook, YouTube และ Line (ร้อยละ 22.7, 19.3 และ 12.4 ตามลำดับ) และอื่น ๆ (ไม่ได้รับข่าวสารด้านนี้ ร้อยละ 5.5) ซึ่งแม้ว่าเกษตรกรบางรายจะไม่ได้รับข่าวสาร แต่จะเห็นว่าเกษตรกรมีแนวโน้มในการใช้สื่อสังคม

ออนไลน์เพิ่มมากขึ้น อาจเป็นเพราะเกษตรกรมีความตื่นตัวและเห็นความสำคัญของการใช้สื่อออนไลน์ในการดูราคา ตลาด แนวโน้ม และข่าวสารต่าง ๆ รวมถึงการสร้างเครือข่าย โดยส่วนใหญ่ให้ลูกหลานหรือบุคคลในครอบครัวช่วยเหลือในการใช้งาน

การเปิดรับข่าวสารเกี่ยวกับยางพารามีความสัมพันธ์ต่อการตัดสินใจปลูกยางพาราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยด้านสื่อบุคคลจากเจ้าหน้าที่ของรัฐ เนื่องจากเกษตรกรที่มีโอกาสพบปะพูดคุยกับเจ้าหน้าที่ ก็จะมีโอกาสซักถามเกี่ยวกับปัญหาข้อเสนอนะต่าง ๆ เกี่ยวกับยางพารากับเจ้าหน้าที่ ทำให้เกษตรกรเหล่านี้เกิดความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการปลูกยางพารามากขึ้น ด้านสื่อมวลชน เกษตรกรเปิดรับข่าวสารจากโทรทัศน์เป็นส่วนใหญ่เพราะสื่อทางด้านโทรทัศน์เป็นสื่อที่เกษตรกรสามารถเข้าใจได้ง่ายและมีการเข้าถึงสื่อได้มากกว่าช่องทางอื่น ด้านสื่อกิจกรรม เกษตรกรที่เข้ารับการฝึกอบรมจะมีโอกาสพบปะพูดคุยกับเจ้าหน้าที่ วิทยากร หรือแม้กระทั่งเพื่อนเกษตรกรด้วยกันเอง ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ต่าง ๆ ในการปลูก และเกษตรกรยังมีการเปิดรับข้อมูลข่าวสารจากสื่อที่ทันสมัยและรวดเร็วอย่างสื่อออนไลน์อีกด้วย เช่น website, Facebook, YouTube และ Line ทำให้เกษตรกรสามารถรับข้อมูลข่าวสารได้รวดเร็วมากยิ่งขึ้น และสามารถติดตามสถานการณ์ยางพาราได้อย่างทันที่

Table 2 Number and percentage of media exposure about para rubber planting.

Media exposure	Number	Percentage
Personal media		
- Government Officer	108	33.5
- Local Leader	99	30.7
- Friend	61	18.9
- Family	37	11.5
- Relatives	17	5.4
Mass media		
- Television	287	89.1
- Print media	26	8.1
- Radio	9	2.8
Activity media		
- Meeting	185	57.5
- Training	107	33.2
- Demonstration	20	6.2
- Site visit	6	1.9
- Exhibition	4	1.4
Online media		
- Website	129	40.1
- Facebook	73	22.7
- YouTube	62	19.3
- Line	40	12.4
- Never receive	18	5.5

ตอนที่ 3 ข้อมูลการตัดสินใจปลูกยางพาราของเกษตรกร

Table 3 สรุปได้ว่า ในภาพรวมการตัดสินใจปลูกยางพาราของเกษตรกร มีการตัดสินใจอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 2.49 โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ ด้านความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกและสิ่งแวดล้อม ค่าเฉลี่ย 2.75 ด้านการปลูก ค่าเฉลี่ย 2.68 ด้านการรวมกลุ่มและบทบาทผู้นำท้องถิ่น ค่าเฉลี่ย 2.51 ด้านการสนับสนุนจากภาครัฐ ค่าเฉลี่ย 2.36 มีการตัดสินใจอยู่ในระดับมาก สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุธีรา อาคม และคณะ (2558) ได้ศึกษาเรื่องความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่ออนาคตการปลูกยางพาราในอำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ พบว่าความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่ออนาคตการปลูกยางพาราเห็นด้วยอยู่ในระดับมาก โดยด้านที่มากที่สุดคือ ด้านการสนับสนุนจากภาครัฐ ด้านราคายางพาราและปัจจัยการผลิต ค่าเฉลี่ย 2.34 มีการตัดสินใจอยู่ในระดับมาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เกรียงศักดิ์ รอดเดช (2551) ที่ได้ศึกษาสิ่งจูงใจต่อการตัดสินใจปลูกยางพาราของเกษตรกร อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย พบว่า สิ่งจูงใจในการตัดสินใจปลูกยางพาราของเกษตรกรในระดับมาก คือ เกษตรกรเห็นว่ายางพารามีราคาสูง ด้านผลผลิตยางพารา ค่าเฉลี่ย 2.24 มีการตัดสินใจอยู่ในระดับปานกลาง สอดคล้องกับ ภาณุมาศ พุ่มแก้ว (2554) ที่กล่าวว่า เกษตรกรได้หันมาผลิตแปรรูปน้ำยางพาราในลักษณะเป็นแบบยางก้อนถ้วย เป็นส่วนมาก เพราะว่ามีขั้นตอนการผลิตแปรรูปง่าย ไม่ยุ่งยากซับซ้อน สามารถดูแลและเก็บรักษาได้ง่าย การขนส่งเคลื่อนย้ายทำได้ปริมาณมาก เป็นไปด้วยความสะดวกและคล่องตัวตรงกับความต้องการของตลาด

Table 3 The decision making on para rubber planting of farmers.

Decision making on para rubber planting	$\bar{x}$	S.D.	Level of opinion	Rank
1. Planting	2.68	0.275	High	2
2. Rubber product	2.24	0.489	Moderate	6
3. Price of rubber and inputs	2.34	0.284	High	5
4. Suitability of the area planting and the environment	2.75	0.247	High	1
5. Supporting from the private sector	2.36	0.349	High	4
6. Group and local leaders	2.51	0.318	High	3
Grand mean	2.49	0.145	High	

$\bar{x}$ = 1.00-1.66 low, $\bar{x}$ = 1.67-2.30 moderate, $\bar{x}$ = 2.34-3.00 high.

ตอนที่ 4 ผลการทดสอบสมมติฐาน

จาก Table 4 พบว่า ปัจจัยพื้นฐานทางเศรษฐกิจ ได้แก่ รายได้ มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจปลูกยางพาราของเกษตรกรในภาพรวม (P-value = 0.034) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ในส่วนของการเปิดรับข่าวสารเกี่ยวกับยางพารา ได้แก่ สื่อมวลชน สื่อกิจกรรม และสื่อออนไลน์ มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจปลูกยางพาราของเกษตรกรในภาพรวม (P-value = 0.000, 0.001 และ 0.003 ตามลำดับ) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 สอดคล้องกับงานวิจัยของ วันทนี เกษมพิณ และคณะ (2559) ที่พบว่าในส่วนของผลการทดสอบสมมติฐานนั้น ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล ปัจจัยพื้นฐานทางเศรษฐกิจ ความรู้เกี่ยวกับการปลูกยางพารา และการเปิดรับข่าวสารทางการเกษตร มีความสัมพันธ์กับความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่ออนาคตการปลูกยางพาราที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

Table 4 The relationships between demographic factors, economic factors, media exposure toward of para rubber planting and the overall decision making in para rubber planting.

Factors	Overall decision making on para rubber planting	
	χ^2	P-value
1. Demographic factors		
1.1 Sex	0.041	0.840
1.2 Age	0.099	0.952
1.3 Education	4.578	0.205
1.4 Marital status	0.361	0.548
1.5 Number of family members	0.103	0.950
1.6 Experience of para rubber planting	0.984	0.611
1.7 Group membership	1.563	0.211
2. Economic factors		
2.1 Income	6.759*	0.034
2.2 Expense	1.789	0.409
2.3 Funding source	1.835	0.175
2.4 Main occupation	1.669	0.796
2.5 Number of labors	3.419	0.181
2.6 Number of para rubber planting area	2.296	0.317
2.7 Number of para rubber cutting area	2.435	0.296
2.8 Selling para rubber	0.530	0.912
3. Media exposure toward of para rubber planting		
3.1 Personal media	5.527	0.237
3.2 Mass media	22.272**	0.000
3.3 Activity media	18.031**	0.001
3.4 Online media	15.911**	0.003

** = Significant level at 0.01, * = significant level at 0.05, ns = non significance.

สรุปผลการศึกษา

เกษตรกรมีการประกอบอาชีพทำสวนยางพาราเป็นหลัก เนื่องจากรายได้ส่วนใหญ่ของเกษตรกรมาจากการทำสวนยางพารา ถึงแม้ว่าสถานการณ์ราคายางพาราจะผันผวน แต่เกษตรกรส่วนใหญ่ก็ยังยึดอาชีพทำสวนยางพาราเป็นหลัก ทั้งนี้เพราะว่าเป็นอาชีพที่ทำมานานและมีความรู้ความชำนาญมากกว่าการปลูกพืชชนิดอื่น ๆ

ด้านการปลูกยางพารา เกษตรกรมีการตัดสินใจปลูกยางพาราโดยรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก เนื่องจากการปลูกยางพาราเป็นการอนุรักษ์ดินและน้ำ การดูแลรักษาสวนยางไม่ต้องใช้เวลามาก และยางพาราให้ผลตอบแทนดีกว่าพืชเศรษฐกิจในขนาดพื้นที่เท่ากัน แต่ด้วยราคาค่อนข้างผันผวน และมีแนวโน้มไม่ขยายพื้นที่ปลูก ประกอบกับจำนวนแรงงานไม่เพียงพอ อีกทั้งภาครัฐมีการส่งเสริมให้ปลูกพืชอื่นทดแทนยางพารา จึงทำให้ในอนาคตเกษตรกรอาจลดพื้นที่ปลูกยางพาราลง ด้านราคายางพาราและปัจจัยการผลิต เนื่องจากภาวะเศรษฐกิจทำให้ยางพารามีราคาต่ำ เกษตรกรจึงต้องการแหล่งรับซื้อผลผลิตที่มีมาตรฐานและมีความสะดวกรวดเร็วในการจำหน่ายผลผลิต มีความพึงพอใจในราคาที่ขายผลผลิต มีการรู้ราคาล่วงหน้าและข่าวสารเพื่อวางแผนการปลูกยางพาราในอนาคต ด้านการสนับสนุนจากภาครัฐ เกษตรกรต้องการให้รัฐบาลช่วยสนับสนุนวงเงินสินเชื่อในการปลูกยางพารา เงินอุดหนุน และปัจจัยการผลิตเพื่อช่วยลดต้นทุน อีกทั้งควรสนับสนุนอาชีพเสริมรายได้ให้แก่เกษตรกรเพื่อให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มมากขึ้น และเกษตรกรต้องการให้รัฐบาลมีการประกันราคาผลผลิตยางพาราที่แน่นอน

ข้อเสนอแนะ

1) ภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรส่งเสริมให้เกษตรกรเปิดรับข่าวสารจากหลายสื่อ โดยเฉพาะสื่อออนไลน์ เพราะจะได้รับข่าวสารที่รวดเร็ว และประหยัดเวลา รวมถึงยังช่วยสร้างเครือข่ายที่สามารถสื่อสารสองทางได้อย่างรวดเร็ว 2) ภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรส่งเสริมและให้ความรู้แก่เกษตรกร การปลูกพืชร่วมยาง พืชแซมยาง การตลาด และการแปรรูปยางพาราในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อให้เกษตรกรมีรายได้ตลอดทั้งปี และ 3) ภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรส่งเสริมเรื่องคุณภาพยางพารา การแปรรูปยางพารา เพื่อให้เป็นที่ต้องการของตลาด ซึ่งจะช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับยางพาราและเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2561. ข้อมูลยางพารา. <http://agkb.lib.ku.ac.th/> (5 กุมภาพันธ์ 2561).
- เกรียงศักดิ์ รองเดช. 2551. สิ่งจูงใจต่อการตัดสินใจปลูกยางพาราของเกษตรกร อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย. การค้นคว้าแบบอิสระ, วิทยาลัยเกษตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- บุหพันธ์ กุลวิจิตร. 2560. สื่อบุคคลกับการส่งเสริมการเกษตร 4.0. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์วาริเดียน มหาวิทยาลัยศิลปากร* 10(3): 2440-2454.
- ปรารภนา พรมพิทักษ์. 2559. ข้อมูลยางพารา. <https://www.pptvhd36.com/news/> (5 กุมภาพันธ์ 2561).
- พัฒนพงศ์ ดีปานา. 2557. ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจปลูกยางพาราของเกษตรกร อำเภอภูเพียง จังหวัดน่าน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เพ็ญประภา ราหุล. 2556. ศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจปลูกยางพาราของเกษตรกรในอำเภอสนาชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ภานุมาศ พุ่มแก้ว. 2554. การวิเคราะห์การบริหารการผลิตแปรรูปน้ำยาง. *วารสารวิชาการวิทยาลัยสันตพล* 1(1): 3-6.
- วันทนี เกษมพัฒน์, พัชรวดี ศรีบุญเรือง และสาวิตรี รังสิภัทร์. 2559. ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่ออนาคตการปลูกยางพาราในตำบลหนองบัว อำเภอบ้านค่าย จังหวัดระยอง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สถาบันวิจัยยาง. 2561. ข้อมูลทั่วไป. <https://www.thairath.co.th/> (5 มกราคม 2561).
- สมาคมยางพาราไทย. 2561. ราคายางพารา. <http://www.thainr.com/th/?detail=pr-local> (20 มกราคม 2561).
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2561. ข้อมูลยางพารา. <http://newweb.oae.go.th/view/1/> (5 มกราคม 2561).
- สำนักงานเกษตรอำเภอท่าช้าง. 2560. ข้อมูลพื้นฐานการเกษตร. กรมส่งเสริมการเกษตร. <http://thachang.suratthani.doe.go.th/> (10 มกราคม 2561).
- สุธีรา อาคม, พัชรวดี ศรีบุญเรือง และพิชัย ทองดีเลิศ. 2558. ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่ออนาคตการปลูกยางพาราในอำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุรินทร์ นิยมางกูร. 2556ก. *สถิติวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 2.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุรินทร์ นิยมางกูร. 2556ข. *การสุ่มตัวอย่าง (สถิติ).* พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วันรับบทความ (Received date) : 9 ก.ค. 61

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 17 ต.ค. 61

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 7 ส.ค. 62

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการวางแผนการปลูกพืชเศรษฐกิจ โดยใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ

A Decision Support System for Crop Planning by Use of Geoinformation Technology

พิเศษ เสนาวงษ์^{1*}
Pisase Senawongse^{1*}

บทคัดย่อ

ที่ผ่านมาประเทศไทยยังมีปัญหาการใช้ที่ดินที่ไม่เหมาะสม ไม่คุ้มค่า และเกิดปัญหาความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินอย่างกว้างขวาง การที่จะสร้างการใช้ที่ดินอย่างยั่งยืนจำเป็นต้องสร้างความรู้ ความเข้าใจ ในการใช้ที่ดินที่ถูกต้อง เหมาะสมกับสภาพของดินและที่ดิน รวมถึงมีการใช้ประโยชน์ในเชิงอนุรักษ์ที่สอดคล้องกับกฎหมาย ระเบียบ และหลักการวิชาการ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศที่ใช้สนับสนุนการตัดสินใจในการวางแผนการใช้ที่ดินที่ใช้งานได้ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยวิเคราะห์รายละเอียดที่สนใจ ประกอบด้วย 1) กรณีข้อจำกัดและเงื่อนไขในการใช้ที่ดิน 2) กรณีการใช้ที่ดินและอนุรักษ์ที่เหมาะสมเพื่อใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน และ 3) กรณีกำหนดทางเลือกสนับสนุนการตัดสินใจในการใช้ที่ดินที่เกิดประโยชน์สูงสุด โดยผู้วิจัยได้พัฒนาเครื่องมือโดยใช้ความสามารถของ Geo-processing service ของ ArcGIS for server ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงระบบงานได้ผ่าน web browser ระบบที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับปานกลาง (C) ได้ 79 คะแนน จาก 100 คะแนน ตามการแบ่งเกรดมาตรฐานจาก Google speed test โดยมีระยะเวลาที่ใช้เพื่อดาวน์โหลดสำหรับการแสดงผลหน้าเว็บไซต์บนเว็บเบราว์เซอร์หน่วยเป็นวินาที (load time) รวม 4.49 วินาที การแสดงผลด้วยรูปแผนที่อยู่ในเกณฑ์ดี นอกจากนี้ผู้เชี่ยวชาญ 12 ท่านที่ทดสอบระบบ เห็นว่าการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการวางแผนการใช้ที่ดินผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบข้อกำหนดในการใช้พื้นที่เข้าถึงข้อมูลได้ง่าย เกิดความสะดวกและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ การวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

Abstract

Thailand has had and continues to have problems with improper and worthless use of land, a situation that had led to widespread soil degradation and erosion in some parts of the country. Further research, education and policies are needed in order to avoid such poor outcomes and ensure that land practices are carried out in a sustainable fashion. Furthermore, land use needs to be conducted in accordance with laws, regulations, and academic principles. The objective of this research was to develop a geo-informatics database that could be used to support decision making in land use planning. The database needed to be an internet-accessible decision support system. It was noted that the database should ideally be able to provide critical information in the areas of 1) restrictions and conditions for land use, 2) smart utilization and conservation of resources as part of sustainable land use practices, and 3) guidelines for decision making support to ensure the maximum benefits of land use. Therefore, the researchers developed a tool that enabled interested parties to access the ArcGIS system Geo-processing service via a web browser. The efficiency level of the developed system was evaluated as moderate (C), scoring 79 out of 100 points on Google speed test. The total time taken to download and display the entire content of a web page in the browser window (load time) was 4.49 seconds and a good quality of map image was displayed. In addition, 12 experts who tested the system agreed that the researched and developed internet accessible decision support system for land use planning provides users with a simple, convenient, and fast way of accessing the information needed for checking land use requirements.

Keywords: geoinformation technology, land use planning, decision support system

¹ คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

¹ Faculty of Geoinformatics, Burapha University, Muang, Chon Buri 20131

*Corresponding author, Email: senawongse1500@hotmail.com

คำนำ

ยุทธศาสตร์ชาติ พ.ศ. 2561-2580 ได้ให้ความสำคัญกับการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน ด้วยหลักการเศรษฐกิจพอเพียง และเน้นแนวทางสร้างความมั่นคงของฐานทรัพยากรธรรมชาติ เพื่อให้เป็นปัจจัยการผลิตที่ยั่งยืน โดยเฉพาะอย่างยิ่งทรัพยากรดินและการใช้ที่ดินของประเทศ ซึ่งที่ผ่านมาประเทศไทยยังมีปัญหาในเรื่องการใช้ที่ดินที่ไม่เหมาะสม ไม่คุ้มค่า และเกิดปัญหาความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินอย่างกว้างขวาง การสร้างการวางแผนและการใช้ที่ดินอย่างยั่งยืน จำเป็นต้องสร้างความรู้และความเข้าใจในการใช้ที่ดินที่ถูกต้อง เหมาะสมกับสภาพของดินและที่ดิน รวมไปถึงมีการใช้ประโยชน์ในเชิงอนุรักษ์ที่สอดคล้องกับกฎหมาย ระเบียบ และหลักการวิชาการ ซึ่งหากข้อมูลเหล่านี้ มีการพัฒนาอย่างเป็นระบบ ครอบคลุมความต้องการในการใช้ประโยชน์ รวมถึงประยุกต์ให้สามารถช่วยสนับสนุนการวางแผนและการตัดสินใจในการใช้ที่ดินที่เหมาะสมได้ จะมีส่วนในการขับเคลื่อนแนวทางการพัฒนาตามยุทธศาสตร์ชาติที่มุ่งสร้างการใช้ที่ดินอย่างยั่งยืน งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการวางแผนการใช้ที่ดินอย่างยั่งยืน โดยการศึกษาวิจัยเพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่จำเป็นสำหรับการวางแผนการใช้ดิน นำมาจัดทำเป็นฐานข้อมูลในระบบภูมิสารสนเทศศาสตร์ และพัฒนา Web GIS ให้ผู้ใช้งานโดยทั่วไปสามารถใช้ประโยชน์ฐานข้อมูลได้บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในการวิเคราะห์ศักยภาพของที่ดิน โดยใช้ข้อมูลทั้งเชิงพื้นที่ เชิงกฎหมาย เชิงวิชาการ และเชิงบริหารจัดการมาสร้างรูปแบบการวิเคราะห์เพื่อนำเสนอทางเลือกในการใช้ประโยชน์ เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจของผู้ใช้งาน ซึ่งจะเป็นการพัฒนาเครื่องมือที่ประยุกต์ข้อมูลด้วยความสามารถของเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศไปสู่การวางแผนการใช้ที่ดินที่ยั่งยืน และมีส่วนในการแก้ไขปัญหาของการบริหารจัดการที่ดินให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

วิธีการศึกษา

การทบทวนเอกสาร

ยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ. 2561-2580) เป็นยุทธศาสตร์ชาติฉบับแรกของประเทศไทยตามรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย ซึ่งจะต้องนำไปสู่การปฏิบัติเพื่อให้ประเทศไทยบรรลุวิสัยทัศน์ “ประเทศไทยมีความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน” โดยได้กล่าวถึงแนวทางการจัดการที่ดินของประเทศไว้ในยุทธศาสตร์ชาติด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยกำหนดแนวทางให้พัฒนาพื้นที่เมือง ชนบท เกษตรกรรม และอุตสาหกรรมเชิงนิเวศที่มีการบริหารจัดการตามแผนผังภูมิวิเวศอย่างยั่งยืน และให้มีการพัฒนาความมั่นคงด้านการเกษตรและอาหารของประเทศและชุมชน ส่วนใน (ร่าง) แผนแม่บทภายใต้ยุทธศาสตร์ชาติ ประเด็นที่ 3 การพัฒนาการเกษตร (พ.ศ. 2561-2580) ซึ่งใช้เป็นแม่บทในการกำกับนโยบายและแผนต่าง ๆ ให้ขับเคลื่อนตามแนวทางของยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ. 2561-2580) ได้ระบุไว้ในแผนย่อยเกษตรอัจฉริยะ การพัฒนาศักยภาพการผลิต เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ โดยอาศัยเทคโนโลยีและนวัตกรรมการเกษตรรูปแบบต่าง ๆ รวมถึงการใช้และการเข้าถึงเทคโนโลยีการเกษตร เทคโนโลยีดิจิทัล และระบบข้อมูลสำหรับวางแผนการผลิตเพื่อพัฒนาเกษตรกรให้เป็นเกษตรกรอัจฉริยะ ซึ่งการพัฒนาฐานข้อมูลและระบบการวิเคราะห์ตามการวิจัยนี้ จึงมีความสอดคล้องกับแนวทางการขับเคลื่อนแผนแม่บทภายใต้ยุทธศาสตร์ชาติดังกล่าว

สถานการณ์ปัญหาการใช้ที่ดิน

กรมพัฒนาที่ดิน ได้สรุปปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการใช้ที่ดินของประเทศไทย ว่าประกอบด้วย การใช้ที่ดินไม่เหมาะสมตามคุณสมบัติของดินหรือตามศักยภาพของดิน การใช้ที่ดินโดยปราศจากการบำรุงรักษา จึงมีผลให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง และการเกษตรส่วนใหญ่ของประเทศไทยยังคงอาศัยน้ำฝนอยู่นอกเขตชลประทาน ทำให้การใช้ที่ดินจะถูกใช้ในฤดูฝนเท่านั้น ไม่เกิดประโยชน์สูงสุดต่อหน่วยพื้นที่ นอกจากนี้ เนื่องจากที่ดินแต่ละบริเวณมีศักยภาพในการใช้ที่ดินแตกต่างกัน และยังมีข้อจำกัดแตกต่างย่อยออกไปอีก ผู้ใช้ที่ดินในหลายท้องถิ่นใช้ประโยชน์ที่ดินไม่เหมาะสมกับศักยภาพในการใช้ประโยชน์ของที่ดินนั้น ๆ ทำให้ได้ผลผลิตไม่คุ้มกับการลงทุน พื้นที่เดิมที่เคยใช้ทำการเกษตรเสื่อมโทรมลง มีการกัดกร่อนพังทลายสูงจนไม่สามารถทำการเกษตรได้อีก ก่อให้เกิดปัญหาการละทิ้งถิ่นฐาน ไปบุกรุกทำลายป่าหาที่ทำกินใหม่ต่อไป ปัญหาการใช้ที่ดินดังกล่าว เกิดจากความกดดันในเรื่องพื้นที่ที่ทำกิน ที่ไม่สามารถเลือกใช้เฉพาะแต่บริเวณที่มีศักยภาพทางการเกษตร ขาดความรู้ความเข้าใจในการเลือกพื้นที่เพาะปลูกให้เหมาะสมกับชนิดของพืชที่ปลูก และไม่มีการกำหนดเขตของการวางแผนการใช้ที่ดินของรัฐ พร้อมทั้งมีกฎหมายหรือมาตรการควบคุมและป้องกันที่ได้ผล (กรมพัฒนาที่ดิน, 2562)

ในการดำเนินงานในโครงการปรับปรุงแนวเขตที่ดินของรัฐแบบบูรณาการ หรือ One Map ได้สรุปสภาพปัญหาที่ดินรัฐที่ผ่านมามาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2500 ภาครัฐกำหนดนโยบายเร่งรัดการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ มีการยกระดับการพัฒนาเศรษฐกิจควบคู่กับการแก้ไขปัญหาความยากจนให้มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น สร้างแรงกดดันให้เกิดขึ้นกับการเข้าใช้ประโยชน์จากที่ดินทั้งของรัฐและเอกชนสำหรับใช้เป็นพื้นฐานสำคัญในการพัฒนา ทำให้ทรัพยากรที่ดินมีการนำมาใช้ประโยชน์อย่างไม่มีความรับผิดชอบ การขยายตัว

อย่างรวดเร็วของภาคการเกษตรที่เร่งผลิตสินค้าเพื่อการส่งออกกระตุ้นให้เกิดการบุกเบิกพื้นที่ป่าไม้เพื่อทำการเกษตร รูปแบบการขยายพื้นที่การใช้ที่ดินของประเทศไทยเปลี่ยนไปจากภาพเดิม พื้นที่สูงจำนวนมากถูกบุกเบิกเพื่อทำการเกษตร การขยายตัวของภาคเมืองและภาคอุตสาหกรรมเข้าไปในพื้นที่ราบในภาคเกษตร นำไปสู่การสูญเสียระบบนิเวศและสร้างปัญหามลพิษจากรายงานการปฏิรูปที่ดินและการจัดการที่ดิน พบว่าปัญหาในการบริหารจัดการที่ดินเกิดจากปัญหาหลัก 7 ประการ ได้แก่ การบุกรุกพื้นที่สงวนหวงห้ามของรัฐ ความขัดแย้งเรื่องแนวเขตที่ดิน การกระจายการถือครองที่ดินทำกิน การไร้ที่ดินทำกิน การไม่ทำประโยชน์ในที่ดินหรือการใช้ที่ดินไม่เต็มศักยภาพ การถือครองที่ดินขนาดใหญ่ และปัญหาด้านการบริหารจัดการที่ดิน (มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2558)

การวางแผนการใช้ที่ดิน

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2557) อ้างถึงการให้ความหมายของการใช้ที่ดินจากหลายแหล่ง ดังเช่น FAO (1983) การวางแผนการใช้ที่ดิน คือ การประเมินศักยภาพของที่ดินอย่างมีระบบ ให้ทางเลือกในการใช้ที่ดินที่เหมาะสมต่อสภาวะเศรษฐกิจและสังคม เพื่อให้ได้รูปแบบการใช้ที่ดินที่ดีที่สุด และเป็นที่ยอมรับ โดยมีความมุ่งหมายให้การใช้ที่ดินที่กำหนดขึ้นนั้น ตอบสนองความต้องการของประชาชนมากที่สุด Stamp (1967) กล่าวว่า การวางแผนการใช้ที่ดินเป็นเครื่องมือสำคัญในการถ่วงดุลระหว่างการแบ่งปันการใช้ที่ดินตามความต้องการของคนหลายกลุ่มในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง เพื่อตอบสนองต่อความต้องการรวม 6 ประการ ได้แก่ แหล่งผลิตอาหาร ที่อยู่อาศัย โรงงานอุตสาหกรรม สถานที่พักผ่อนหย่อนใจ เส้นทางคมนาคม และพื้นที่เพื่อความมั่นคง ส่วน Harle (1994) ได้ให้วัตถุประสงค์หลัก ๆ ของแผนการใช้ที่ดิน รวม 5 ประการ คือ ก่อให้เกิดความอยู่และสภาพแวดล้อมในการทำงานที่ดีขึ้นทั้งในเมืองและชนบท อนุรักษ์ธรรมชาติและก่อให้เกิดมรดกแก่คนรุ่นต่อไป สร้างความมั่นคงในการใช้ที่ดินอย่างมีประสิทธิภาพในเชิงเศรษฐกิจ ประกันว่ามีการใช้ที่ดินอย่างเหมาะสมทั้งทรัพยากรทางธรรมชาติหรือที่มนุษย์สร้างขึ้น และลดความขัดแย้งระหว่างผู้ใช้ที่ดินกลุ่มต่าง ๆ ที่จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตามมา

ระบบสารสนเทศที่ดิน

ระบบงานที่ดินในปัจจุบันได้ถูกพัฒนาโดยผู้เชี่ยวชาญ และนักวิชาการจากหลาย ๆ ประเทศทั่วโลก เพื่อรองรับวัตถุประสงค์การพัฒนาระบบเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม มีเป้าหมายที่สำคัญคือ “การพัฒนาอย่างยั่งยืน” โดยอาศัยการบริหารจัดการระบบที่ดินที่ทันสมัย “sustainable development is not attainable without sound land administration” (Bathurst Declaration, UN-FIG, 1999) Enemark (2005) ได้กล่าวถึงการบริหารจัดการระบบที่ดินที่ทันสมัยว่าจะง่ายต่อการพัฒนาอย่างยั่งยืนบนพื้นฐาน 3 ด้านของเศรษฐกิจ สังคม และความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม โดยผ่านการมีส่วนร่วมสาธารณะ การให้ข้อมูลและความรับผิดชอบของรัฐในการตัดสินใจเกี่ยวกับการก่อสร้างและดูแลสิ่งแวดล้อม ธรรมชาติ หน้าที่ของการบริหารจัดการระบบที่ดินจะยึดถือหลักความง่ายและความสะดวกของข้อมูลพื้นฐานทางที่ดิน รวมทั้งการจัดทำทะเบียนรูปแปลงที่ดิน (ระวางแผนที่) การแสดงแนวเขตที่ดินแต่ละแปลง อ้างอิงกับข้อมูลภูมิสารสนเทศ เพื่อการออกหนังสือแสดงสิทธิในที่ดิน รวมทั้งการจัดหา การเข้าถึงข้อมูลที่ดินที่ถูกต้องสมบูรณ์และทันสมัยสถานการณ์ของข้อมูลที่ดินที่ได้สร้างขึ้น Rajabifard (2007) ได้กล่าวถึงการจัดการระบบการใช้ที่ดิน (land-use management system) ว่าเป็นความหลากหลายทางด้านผลประโยชน์ที่จะต้องมีความสมดุลในการพัฒนา ดังนั้น ลักษณะสำคัญในการควบคุมการใช้ที่ดินในอนาคตโดยผ่านการวางแผน การอนุญาต เช่น การอนุญาตการก่อสร้างอาคาร และการอนุญาตให้ใช้ที่ดินตามความแตกต่างของกฎหมายการใช้ที่ดิน การใช้ข้อมูลที่ดินจะช่วยให้สามารถตัดสินใจได้อย่างตรงประเด็น ซึ่งผลลัพธ์เชิงพื้นที่จะสะท้อนกลับไปยังที่ดิน เป็นผลดีกับประชาชน และในหลักการนี้สามารถประกันได้ว่า การทำให้เป็นผลสำเร็จจะสนับสนุนการพัฒนาอย่างยั่งยืนด้วยการบริหารจัดการระบบที่ดินที่ทันสมัย

แนวคิดและเทคนิคการพัฒนาระบบที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือและเทคนิคการพัฒนาระบบ

แนวคิดในการวิจัยและกระบวนการพัฒนาระบบ ดัง Figure 1

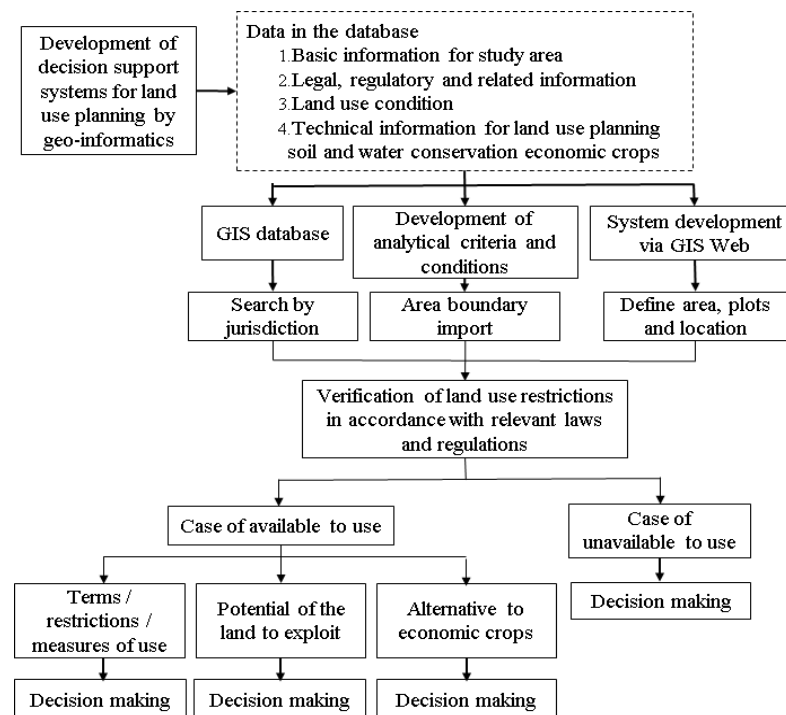


Figure 1 Conceptual framework for research and development.

จาก Figure 1 การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการวางแผนการใช้ที่ดินอย่างยั่งยืน เป็นการพัฒนาระบบฐานข้อมูลและชุดคำสั่งเพื่อทำงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตโดยได้จัดทำฐานข้อมูลจากชั้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ประกอบด้วยชั้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์ การจัดการ และการวางแผนที่ดิน ซึ่งเป็นข้อมูลทั้งในเชิงคุณลักษณะการใช้ประโยชน์ และกฎหมาย ระเบียบต่าง ๆ โดยเป็นการรวบรวมข้อมูลให้ครอบคลุมการใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์เพื่อวางแผนการใช้ที่ดินซึ่งมีพื้นที่จังหวัดชลบุรีเป็นกรณีศึกษา โดยผู้วิจัยได้พัฒนาเครื่องมือในการวิเคราะห์พื้นที่โดยใช้ความสามารถของ Geo-processing service ของ ArcGIS for server ติดตั้งบนเครื่องแม่ข่ายในส่วนฐานข้อมูล ซึ่งจัดเก็บ relation database รวมของระบบกลาง ซึ่งสามารถเข้าถึงได้โดยเครื่องแม่ข่ายที่ติดตั้ง application ที่พัฒนาขึ้น พร้อมทั้งให้บริการ web services และ RSS ทั้งหมดของระบบ ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงระบบงานได้ผ่าน web browser ผ่านลิงก์ URL <http://www.slup-chon.org/> ทั้งนี้ การประยุกต์ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ พัฒนาเงื่อนไขในการวิเคราะห์ออกเป็น 3 กรณี ได้แก่ 1) กรณีวิเคราะห์ข้อจำกัดและเงื่อนไขในการใช้ที่ดิน 2) กรณีแนวทางการใช้ที่ดินและอนุรักษ์ที่เหมาะสมเพื่อใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน และ 3) กรณีวิเคราะห์เพื่อกำหนดแนวทางเลือกสนับสนุนการตัดสินใจในการใช้ที่ดินที่เกิดประโยชน์สูงสุด จากนั้นนำข้อมูลที่รวบรวมและจัดทำเป็นฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์นี้มาออกแบบโดยใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ และพัฒนา Web GIS เพื่อให้ผู้ใช้งานทั่วไปสามารถใช้ประโยชน์ฐานข้อมูลได้บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

ชั้นข้อมูลภูมิสารสนเทศที่ใช้ในระบบ

ในการศึกษาวิจัยนี้ จะเป็นการวิจัยที่ใช้ทั้งข้อมูลในรูปแบบของฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ และข้อมูลเชิงคุณลักษณะที่จะได้จากรายงานและเอกสารวิชาการต่าง ๆ มาพัฒนาเป็นฐานข้อมูล และกำหนดเงื่อนไขในการวิเคราะห์ เพื่อนำไปสู่การเสนอแนวทางเลือกในการสนับสนุนการตัดสินใจในการวางแผนการใช้ที่ดินให้เป็นไปอย่างยั่งยืน สำหรับการจัดทำฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการวิจัยนี้มีชั้นข้อมูลดัง Table 1

Table 1 GIS data layers in the system development.

No.	Data layers	Source / source data	Year of data
1. Data group of basic information for reference			
1	Administrative regions	Royal Thai Survey Department; Department of Provincial Administration	2550
2	Office of provinces and districts	Royal Thai Survey Department; Department of Provincial Administration	2550
3	Transport routes	Royal Thai Survey Department	2560
4	Water sources and routes	Royal Thai Survey Department	2550
5	Location of villages and communities	Royal Thai Survey Department	2550
6	Key reference locations	Royal Thai Survey Department and related agencies' databases	2550
7	Altitude and elevation indicator	Royal Thai Survey Department	2550
2. Data group of basic information for analytical factors			
8	Soil group mapping information	Land Development Department	2550
9	Soil series mapping information	Land Development Department	2550
10	Land use survey mapping information	Land Development Department	2560
11	Forest conservation mapping information	Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation	2560
12	National reserved forest mapping information	Royal Forest Department	2550
13	Slope mapping information	Applied from Royal Thai Survey Department's elevation map	2550
14	Mapping information of land reform area for agriculture	Office of Land Reform for Agriculture	2555
3. Data group to define analytical conditions			
15	City planning	Department of Public Works and Town Planning	2560
16	Building control zone	Department of Public Works and Town Planning; Local administration	2560
17	Land use measures based on watershed classification	Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning	2555
18	Demand for crops in planting	Land Development Department	2550
19	Suitability of soil for cultivation of economic crops	Land Development Department	2550
20	Techniques and methods for soil and water conservation	Land Development Department	2550
21	Environmental protection area and measures	Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning	2560

เงื่อนไขการวิเคราะห์ข้อมูลสนับสนุนการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน

กรณีวิเคราะห์ข้อจำกัดและเงื่อนไขในการใช้ที่ดิน

ศึกษาและวิเคราะห์เพื่อกำหนดปัจจัยที่ต้องใช้ นำมาจัดทำเป็นชั้นข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยมีแนวทางการวิเคราะห์คือ นำพื้นที่ที่สนใจ (area of interest, AOI) ของผู้ใช้งานระบบ ที่สามารถนำเข้าทั้งโดยการกำหนดตำแหน่ง หรือการกำหนดพื้นที่ หรือการกำหนดเป็นเขตการปกครอง นำมาตรวจสอบกับชั้นข้อมูลพื้นที่อนุรักษ์หรือมีข้อกำหนดห้ามหรือควบคุมการใช้ประโยชน์ เพื่อให้ทราบข้อจำกัด โดยสามารถดึงข้อมูลเชิงคุณลักษณะของพื้นที่มาแสดงได้ ดังแสดงแนวคิดการวิเคราะห์ดัง Figure 2

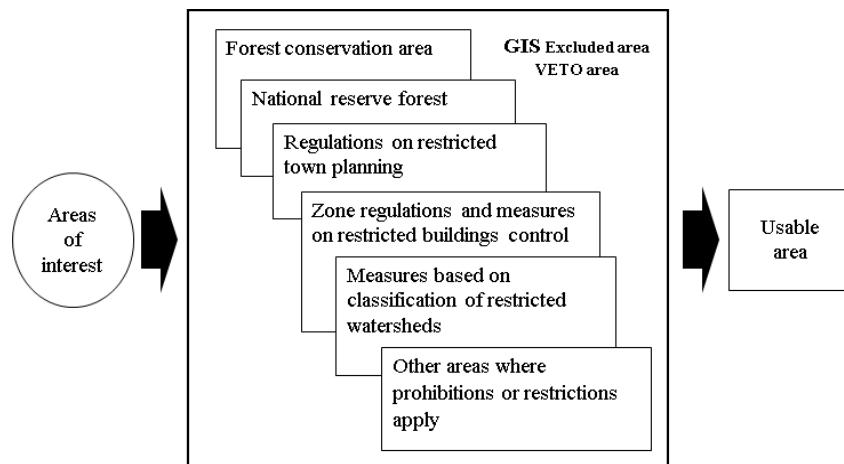


Figure 2 Concept of data management for the analysis of constraints and conditions of land use.

กรณีแนวทางการใช้ประโยชน์ที่ดินและอนุรักษ์ที่เหมาะสมเพื่อใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน

ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลที่ผู้ใช้งานสามารถนำไปประกอบการวางแผนและตัดสินใจในการใช้ที่ดินที่เหมาะสม และการอนุรักษ์ดินและที่ดินให้ใช้ประโยชน์ได้อย่างยั่งยืน ซึ่งจะเป็นพื้นที่ที่ไม่มีข้อห้ามการใช้ประโยชน์ แต่อาจมีการกำหนดเงื่อนไขทั้งประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินหรือกิจกรรม แสดงแนวคิดการวิเคราะห์ดัง Figure 3

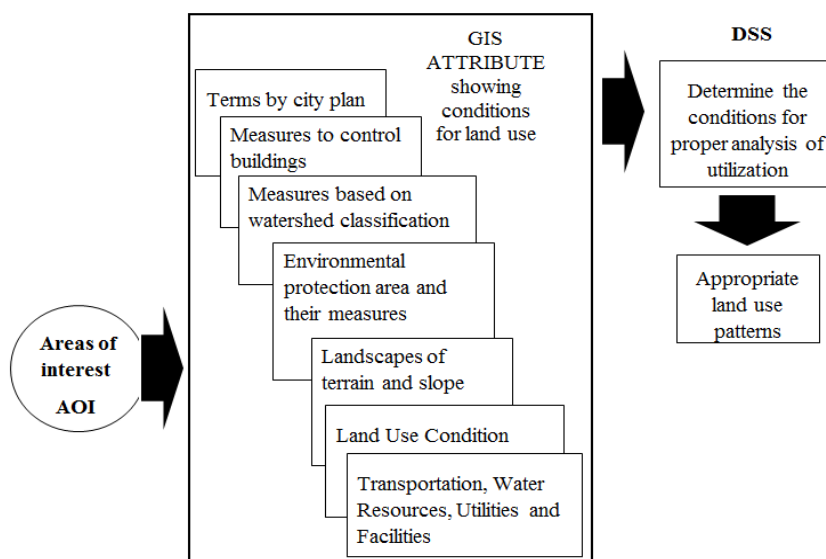


Figure 3 Concepts of data layer management of land use and appropriate conservation for sustainable utilization.

กรณีวิเคราะห์เพื่อกำหนดแนวทางเลือกสนับสนุนการตัดสินใจในการใช้ที่ดินที่เกิดประโยชน์สูงสุด

ศึกษาและวิเคราะห์เพื่อกำหนดแนวทางเลือกสนับสนุนการตัดสินใจในการใช้ที่ดินที่เกิดประโยชน์สูงสุด โดยพิจารณาถึงคุณลักษณะและคุณสมบัติของดิน ข้อมูลการเพาะปลูกและผลผลิตเฉลี่ยของพืชเศรษฐกิจหลัก ร่วมกับข้อมูลความต้องการของพืชในการเพาะปลูก ข้อมูลความเหมาะสมของดินในการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจ ข้อมูลเทคนิคและวิธีการในการอนุรักษ์ดินและน้ำดัง Figure 4

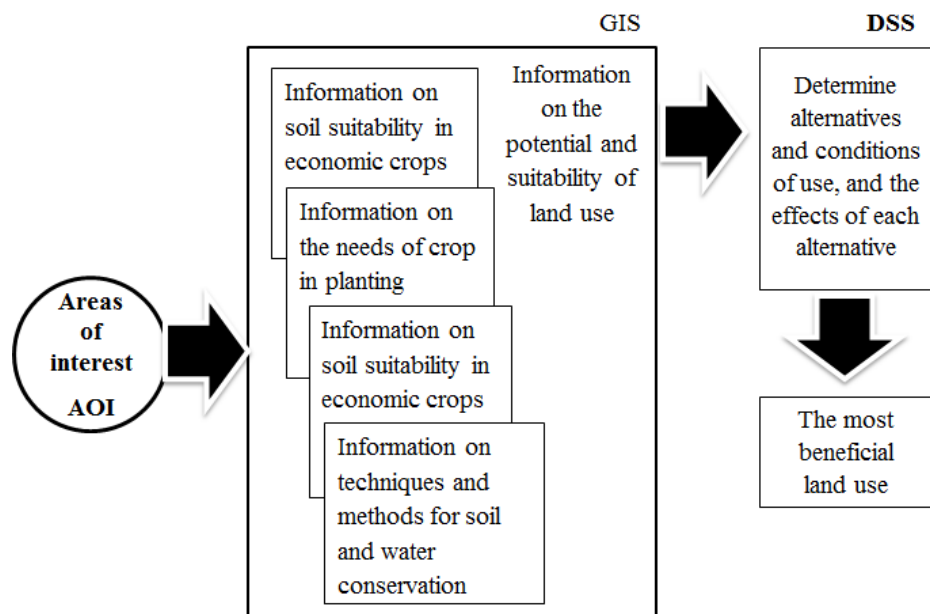


Figure 4 Concept for data layer management when analyzing to determine the decision support guideline for land use with maximum benefits.

ขั้นตอนการใช้งานระบบ

เมื่อเริ่มเปิดระบบการใช้งาน ให้เข้าไปที่ลิงก์ URL [http:// www.slup-chon.org/](http://www.slup-chon.org/) จะแสดงเป็นแผนที่ออนไลน์บริเวณพื้นที่จังหวัดชลบุรี พร้อมเครื่องมือค้นหาสถานที่ตามขอบเขตพื้นที่ เครื่องมือสอบถามข้อมูล เครื่องมือวัดระยะทางและคำนวณพื้นที่ และเครื่องมือประเมินหาความเหมาะสมในการเพาะปลูกพืชในพื้นที่ที่สนใจ

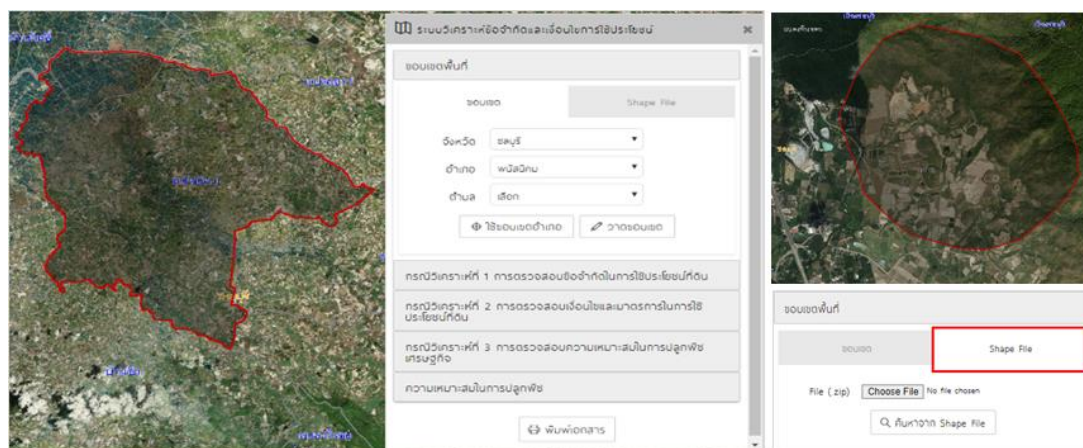


Figure 5 A function to set the area of interest. This can be done by either selecting the district, drawing on the screen or importing an .shp file.

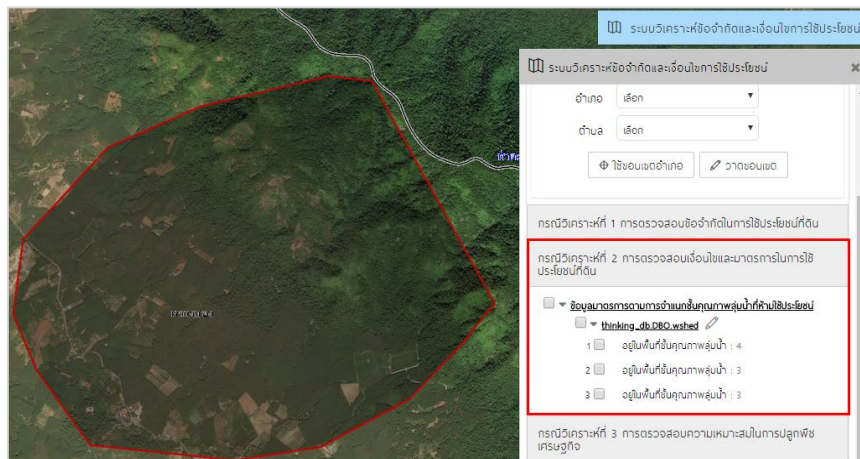


Figure 6 An analysis function of 3 cases after scoping down to the chosen area. Every data layer in the area of interest is shown

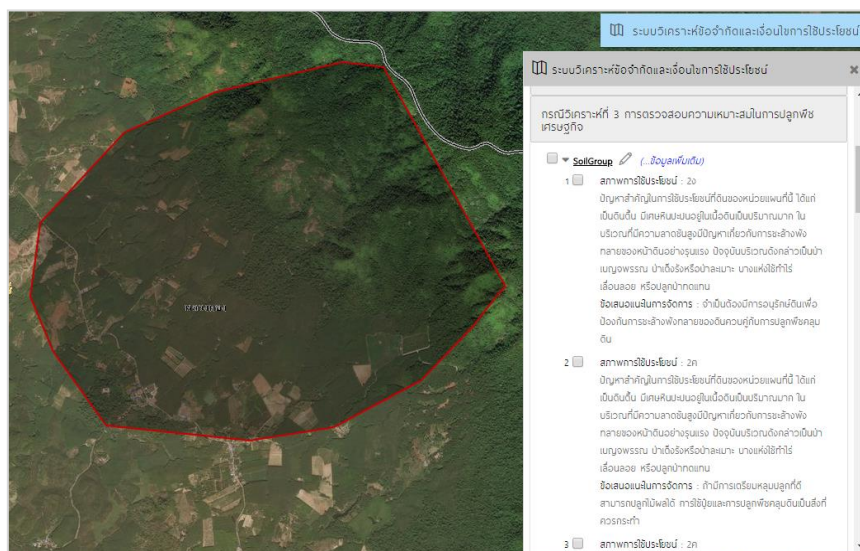


Figure 7 A display of analyzed constraints and conditions in land use.

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการพัฒนาระบบ

เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศสามารถนำมาพัฒนาใช้ในงานวางแผนการใช้ที่ดิน โดยการจัดระบบของชั้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งในเชิงแผนที่ ข้อมูลวิชาการ ข้อมูลด้านกฎหมายและระเบียบที่เกี่ยวข้อง ในระบบ Web GIS ข้อดีและประโยชน์จากการพัฒนา คือ 1) เป็นระบบฐานข้อมูลจากกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบข้อกำหนดของพื้นที่ที่สนใจว่ามีความเกี่ยวข้องกับกฎหมายหรือระเบียบใดบ้าง และมีการกำหนดมาตรการกำกับที่ใหปฏิบัติหรือห้ามปฏิบัติแต่ละฉบับอย่างไร 2) การออกแบบระบบให้มีการวิเคราะห์ข้อมูลได้ในรายแปลง และกำหนดพื้นที่ที่สนใจด้วยตัวผู้ใช้งานเอง ทำให้ใช้ประโยชน์ได้ง่าย ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและแม่นยำได้ในระดับรายแปลง 3) การพัฒนาเครื่องมือต่าง ๆ ทำให้ผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องมีทักษะในด้านภูมิสารสนเทศมาก ทำให้ระบบนี้จะเป็นประโยชน์ในการสืบค้นข้อมูลและสนับสนุนการวางแผนและตัดสินใจในการใช้ที่ดิน 4) การพัฒนาระบบในลักษณะของ Web GIS ทำให้ช่วยลดความต้องการในการเดินทางไปยังหน่วยงานเพื่อตรวจสอบข้อกำหนดของที่ดิน ซึ่งทำให้ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย 5) ระบบสามารถสนับสนุนการตัดสินใจในการวางแผนหรือใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสมทั้งตามข้อกำหนดและตามศักยภาพของที่ดินได้ ผู้วิจัยยังได้จัดทำระบบการรายงานผล (report) การส่งออกข้อมูลผ่านการวิเคราะห์ (export) ซึ่งจะเป็นประโยชน์ให้กับผู้ใช้งานระบบในการนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ต่อไป

การประเมินประสิทธิภาพการทำงานทางเทคนิคของระบบ

จากการตรวจสอบและประเมินประสิทธิภาพของระบบที่พัฒนาขึ้นทั้งทางเทคนิค และจากผู้ทดลองใช้งาน ในด้านเทคนิค ผู้วิจัยได้ดำเนินการตรวจสอบประสิทธิภาพด้านความเร็วในการโหลดเว็บแอปพลิเคชัน ผ่านเว็บไซต์ที่ใช้เป็นเครื่องมือ นั่นคือ <https://tools.pingdom.com> ของสหรัฐอเมริกา จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการเข้าถึงเว็บไซต์ พบว่า ระบบที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับปานกลาง (C) ได้ 79 คะแนนจาก 100 คะแนน ซึ่งเป็นการแบ่งเกรดมาตรฐานจาก Google speed test โดยมีระยะเวลาที่ใช้เพื่อดาวน์โหลดสำหรับการแสดงผลหน้าเว็บไซต์บนเว็บเบราว์เซอร์หน่วยเป็นวินาที (load time) รวม 4.49 วินาที มีขนาดของข้อมูลเว็บไซต์ในหน้าแรก 6.8 เมกะไบต์ (MB) และมีการเรียกข้อมูลประกอบเว็บไซต์ทั้งหมด 144 ชิ้นงาน นอกจากนี้ การเชื่อมโยงข้อมูลกับข้อมูลแผนที่ผ่านโปรแกรมประยุกต์ด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์ (ArcGIS for server) ซึ่งโดยทั่วไปการมีข้อมูลแผนที่และใช้การประมวลผลที่ซับซ้อน อาจส่งผลให้การเข้าถึงเว็บไซต์เกิดความล่าช้าได้ อย่างไรก็ตาม ผลการทดสอบประสิทธิภาพส่วนนี้ โดยสรุปการแสดงผลแผนที่อยู่ในเกณฑ์ดี ขนาดไฟล์การแสดงผลของแผนที่อยู่ที่ 25.8 กิโลไบต์ (KB) และเมื่อทำการบีบอัดไฟล์ข้อมูลแล้วมีขนาดที่ 22.8 กิโลไบต์ (KB) ซึ่งมีความแตกต่างน้อยมาก ไม่ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพของการเข้าถึง โดยสรุปแล้วประสิทธิภาพการเข้าถึงเว็บไซต์ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นอยู่ในเกณฑ์ดี สามารถนำไปใช้งานได้โดยมีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ข้อมูลจากความเร็วที่ยอมรับได้

การประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ

จากการประสานผู้เชี่ยวชาญในสาขาที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนการใช้ที่ดิน และด้านเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบ จำนวน 12 ท่าน ส่วนใหญ่เห็นว่าการพัฒนาระบบนี้ ทำให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบข้อกำหนดในการใช้พื้นที่ เข้าถึงข้อมูลได้ง่าย เกิดความสะดวกและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่าการคิดในการพัฒนาฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศและรูปแบบการวิเคราะห์ เป็นประโยชน์ในการวิเคราะห์ทางเลือกในการวางแผนการใช้ที่ดินที่เหมาะสมกับแต่ละพื้นที่ รวมทั้งกรณีที่ต้องมีการกำหนดรายละเอียดและกำหนดขอบเขตที่ต้องการด้วยตนเอง ซึ่งนับว่าเป็นโปรแกรมที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนหรือบริหารจัดการการใช้ที่ดินได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม รวมทั้งข้อมูลแปลงและขนาดของแปลงสามารถจัดทำเป็นข้อมูลเฉพาะของผู้ศึกษาได้ จึงเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้ เนื่องจากมีฟังก์ชันการวาดแปลงโดยอิสระและสามารถนำเข้าข้อมูลจากรูปแบบไฟล์ shapefile ที่เป็นมาตรฐานได้ รวมทั้งส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่าการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเป็นประโยชน์ โดยแนวคิดในการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการวางแผนการใช้ที่ดินผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ช่วยทำให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบข้อกำหนดในการใช้พื้นที่ ให้ข้อมูลทางเลือกในการใช้ประโยชน์ และยังทำให้เกิดการเข้าถึงข้อมูลในทุกพื้นที่ได้อีกด้วย นอกจากนี้ ยังทำให้ประหยัดเวลาในการตรวจสอบ โดยไม่ต้องสืบค้นข้อมูลจากแผนที่ของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาค้นหาข้อมูลกฎหมายต่าง ๆ อีกครั้ง ทั้งนี้ ควรพิจารณาเพิ่มเติมในประเด็นของข้อมูล ขอให้พิจารณาปรับข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถใช้ได้กับโปรแกรมมาตรฐานที่ใช้แพร่หลายในประเทศไทยหรือสามารถแปลงข้อมูลได้ ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการพัฒนาระบบขึ้น

สรุปผลการศึกษา

ระบบที่ได้พัฒนาขึ้นนี้ สามารถใช้ในการสืบค้นข้อมูลและประยุกต์ระบบสนับสนุนการตัดสินใจในทั้ง 3 กรณีที่ตั้งไว้ ประกอบด้วย 1) กรณีวิเคราะห์ข้อจำกัดและเงื่อนไขในการใช้ที่ดิน 2) กรณีแนวทางการใช้ที่ดินและอนุรักษ์ที่เหมาะสมเพื่อใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน และ 3) กรณีวิเคราะห์เพื่อกำหนดแนวทางเลือกสนับสนุนการตัดสินใจในการใช้ที่ดินที่เกิดประโยชน์สูงสุดสำหรับการพัฒนาโดยนำแนวคิดของระบบนี้ไปต่อยอด หากมีการพัฒนาปรับเปลี่ยนรูปแบบการให้ข้อมูลของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในลักษณะตามงานวิจัยนี้ ที่มีการบูรณาการข้อมูลจากทุกส่วนที่เกี่ยวข้อง มาจัดระบบและชั้นข้อมูลให้สามารถเข้าถึงผ่านระบบออนไลน์ให้ครอบคลุมทั้งประเทศ ก็จะเป็นการนำแนวคิดนี้ไปขยายผลซึ่งจะทำให้เกิดประโยชน์ในการวางแผนการใช้ที่ดินให้เกิดประโยชน์สูงสุด และเป็นการอนุรักษ์ที่ดินและทรัพยากรดินให้ใช้ประโยชน์ได้อย่างยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ รศ. ดร.แก้ว นวลฉวี อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ดร.สุพรรณ กาญจนสุธรรม และ ผศ. ดร.ณรงค์ พลรักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รศ. ดร.อภิสิทธิ์ เขี่ยมหล่อ และ ดร.ปิติ วัฒนวรรณสินธุ์ ที่ได้ให้เกียรติเป็นประธานกรรมการการสอบและกรรมการร่วม ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญหลายท่านที่ได้ให้ความกรุณาตรวจสอบและทดลองใช้งานระบบ เพื่อประเมินประสิทธิภาพ เพื่อให้การวิจัยในครั้งนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของคณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ได้ให้การสนับสนุน ช่วยเหลือ และให้กำลังใจมาตลอดการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2562. ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรดิน. <https://www.ddd.go.th/dfsweb/thaisoil/p7.htm> (25 มีนาคม 2562).
- มหาวิทยาลัยนเรศวร. 2558. การปรับปรุงแนวเขตที่ดินของรัฐแบบบูรณาการ. http://www.pacc.go.th/pacc_2015/oneimap/pages-about-us2.html (25 มีนาคม 2562).
- สภาพัฒนาการเศรษฐกิจ. 2558. *วาระปฏิรูปที่ 11 : ปฏิรูปที่ดินและการจัดการที่ดิน*. กรุงเทพฯ: สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร.
- สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2557. *นโยบายและแผนการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579*. กรุงเทพฯ: สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- สำนักงานเลขาธิการของคณะกรรมการยุทธศาสตร์ชาติ. *ยุทธศาสตร์ชาติ พ.ศ. 2561-2580 (ฉบับประกาศราชกิจจานุเบกษา)*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.
- Enemark, S. 2005. Supporting capacity development for sustainable land administration infrastructures. New York: United Nations Headquarters.
- FAO. 1983. *Guidelines: land evaluation for rainfed agriculture*. Rome: Food and Agricultural Organization of the United Nations.
- Harle, J. 1994. *Rural land use planning in Queensland: paper prepared for international training in tropical agriculture*. Queensland: Department of Primary Industries.
- Rajabifard, A. 2007. *Toward a spatially enabled society*. Australia: The University of Melbourne.
- Stamp, D. 1967. *Applied geography*. Middlesex: Penguin Books Ltd.
- UN-FIG. 1999. *The Bathurst declaration on land administration for sustainable development*. Copenhagen: FIG office.

วันรับบทความ (Received date) : 12 ก.ย. 61

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 19 พ.ย. 61

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 12 เม.ย. 62

การผลิตมันแกวผงโดยการทำแห้งแบบโฟมแมต: คุณสมบัติทางกายภาพและ การยอมรับทางประสาทสัมผัส

Production of Yam Bean Powder Using Foam-Mat Drying: Investigation of Physical Properties and Sensory Acceptance

พริยา โชติถนอม¹ มนัญญา นันทสาร² ศรินทร สุวรรณรงค์¹
เกษสุณีย์ เชื้อยกลาง¹ กันทริกา เหมทานนท์¹ วนิดา ชื่นตา¹ และศรินทร์ จันทไทย¹
Pheeraya Chottanom¹, Manunya Nuntasan², Srinthron Suwanarong¹,
Kedsunee Chuiyglang¹, Guntriga Hemthanoon¹, Wanida Chuenta¹ and Srinuan Jantathai¹

บทคัดย่อ

การศึกษาระบวนการผลิตมันแกวผงโดยวิธีการทำแห้งแบบโฟมแมต (foam-mat drying) เพื่อนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ผงชงดื่ม มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของชนิดและความเข้มข้นของสารทำให้เกิดโฟมที่มีต่อคุณสมบัติทางกายภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัส ใช้สารทำให้เกิดโฟม ได้แก่ มอลโทเดกซ์ทริน (Mal) ร้อยละ 10 และ 15 และโซเดียมเคซีเนต (NaCas) ร้อยละ 5 และ 10 ทำแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส พบว่าการใช้ Mal ได้โฟมมันแกวที่มีการขยายตัวที่น้อยกว่าแต่มีความคงตัวที่สูงกว่าการใช้ NaCas และมันแกวผงที่ได้มีคุณภาพด้านสีและการละลายที่ดีกว่า ปริมาณผลผลิตที่ได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \geq 0.05$) เมื่อใช้ที่ความเข้มข้นเท่ากัน ผลิตภัณฑ์ผงชงดื่มได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกัน แต่จุดเด่นของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ Mal คือ มีคะแนนรสชาติและการละลายสูงกว่าตัวอย่างที่ใช้ NaCas อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังนั้นการทำแห้งแบบโฟมแมตโดยใช้ Mal จึงมีความน่าสนใจในการผลิตเชิงพาณิชย์แบบต้นทุนต่ำสำหรับผลิตภัณฑ์ผงชงดื่ม

คำสำคัญ: การทำแห้งแบบโฟมแมต การยอมรับทางประสาทสัมผัส การละลาย ต้นทุนต่ำ มันแกวผง

Abstract

This research was a study of the production process of yam bean powder using foam-mat drying, which is done in order to produce drinking powder products. The objective of this research was to study the effect of foaming agent types and concentrations on the physical properties and consumer sensory acceptance. Maltodextrin (Mal) at the concentrations of 10 and 15% (w/w) and sodium caseinate (NaCas) at the concentrations of 5 and 10% were used as foaming agents. The samples were dried at 80°C. The use of Mal produced foam that expanded less but was more stable than NaCas-based foam. In addition, yam bean powder made using Mal had better color quality and solubility. The yield of powder was not significantly different ($P \geq 0.05$) when the foaming agents, used at the same concentration, were compared. Furthermore, the products using Mal and NaCas were not significantly different in overall sensory acceptance. However, the strong point of the product using Mal was that it achieved a higher taste and solubility score than did the product using NaCas ($P < 0.05$). Therefore, foam-mat drying of yam bean powder with addition of Mal is an attractive and low cost method for the commercial production of drinking powder products.

Keywords: foam-mat drying, sensory acceptance, solubility, low-cost, yam bean powder

¹ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อ. กันทรวิชัย จ. มหาสารคาม 44150

² คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อ. เมือง จ. มหาสารคาม 44000

¹ Faculty of Technology, Mahasarakham University, Kantarawichai, Mahasarakham 44150

² Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Mahasarakham University, Muang, Mahasarakham 44000

*Corresponding author, Email: pheechot@yahoo.com

คำนำ

มันแกว หรือ มันเพา (yam bean, Jicama, *Pachyrhizus erosus* (L.) Urb.) เป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของอำเภอบรบือ และอำเภอกุดรัง จังหวัดมหาสารคาม มีพื้นที่เพาะปลูก (ปี 2559/2560) ประมาณ 5,788 ไร่ (สำนักงานสถิติจังหวัดมหาสารคาม, 2562) องค์ประกอบส่วนใหญ่ของมันแกว ได้แก่ น้ำ คาร์โบไฮเดรต เส้นใย น้ำตาล และโปรตีน ซึ่งมีประมาณร้อยละ 90.07, 8.82, 4.90, 1.80 และ 0.72 ตามลำดับ และเป็นแหล่งของวิตามินซี (20 มิลลิกรัม/100 กรัม) และแร่ธาตุอีกหลายชนิด (USDA, 2019) คาร์โบไฮเดรตที่สำคัญด้านการเป็นอาหารเพื่อสุขภาพที่พบในมันแกว คือ อินนูลิน (Inulin) และฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ (Fructooligosaccharide, FOS) โครงสร้างทางเคมีของอินนูลิน ประกอบด้วย น้ำตาลฟรุกโตสที่เชื่อมต่อกันเป็นสายยาว จำนวน 2 ถึง 60 หน่วย บางโครงสร้างอาจมีน้ำตาลกลูโคสเชื่อมต่อที่ปลายสายด้วย พืชที่มีปริมาณอินนูลินมาก ได้แก่ แคนตาลูป สามสิบ ฝรั่ง หอมหัวใหญ่ และหอมแดง (วีณา นกุลการ, 2552) ปัจจุบันอินนูลินและฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ได้รับความสนใจและนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพมากขึ้น เนื่องจากสามารถให้ความหวานแล้วยังมีคุณสมบัติเป็นใยอาหารและสารพรีไบโอติกที่ร่างกายไม่สามารถเผาผลาญได้ มันแกวจึงเป็นอาหารที่เหมาะสมสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนักและผู้ที่เป็โรคเบาหวาน นอกจากนี้ยังมีส่วนช่วยในเรื่องการขับถ่าย แนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากมันแกวที่น่าสนใจ คือ การผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อบแห้งในลักษณะแผ่นและผงขงดื่ม ซึ่งเป็นประภพผลิตภัณฑ์จากผักและผลไม้ที่ผู้บริโภคมีความคุ้นเคย กระบวนการทำแห้งแบบโฟมแมต (foam-mat drying) เป็นกระบวนการทำผลิตภัณฑ์ผงที่นิยมนำมาใช้กับวัตถุดิบประเภทผักและผลไม้ เนื่องจากมีขั้นตอนที่ไม่ซับซ้อน ใช้เวลาสั้น และมีต้นทุนต่ำ (Chandrasekar et al., 2015; Sangamithra et al., 2015) ดังนั้นจึงเป็นกระบวนการที่น่าสนใจในการนำมาใช้ในการผลิตเครื่องดื่มมันแกวผง การทำแห้งแบบโฟมแมตเป็นกระบวนการที่ทำให้อาหารเหลว หรืออาหารที่มีลักษณะข้น เกิดเป็นโฟมที่มีความคงตัวโดยผสมกับสารที่ช่วยให้เกิดโฟม (foaming agents) เช่น กลีเซอรอลโมโนสเตียเรต (glycerol monostearate, GMS) ซอยโปรตีนไอโซเลต (soy protein isolate, SP) โปรตีนไข่ขาว (egg albumin) โซเดียมเคซีนเต (sodium caseinate) มอลโทเดกซ์ทริน (maltodextrin) และเมทิลเซลลูโลส (methylcellulose) แล้วนำไปทำแห้งด้วยลมร้อน ซึ่งการเกิดโฟมจะช่วยให้มีการทำแห้งได้รวดเร็วขึ้นและส่งผลดีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ กระบวนการดังกล่าวมีความเหมาะสมกับอาหารที่มีองค์ประกอบที่ไม่ทนต่อความร้อน (heat-labile compounds) หรือมีปริมาณน้ำตาลสูง เช่น น้ำผลไม้ หรือเนื้อผลไม้ชิ้น ปัจจุบันที่ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับทั้งสภาวะการทำแห้งและความคงตัวของโฟมในระหว่างการทำแห้ง หากเกิดการยุบตัวในระหว่างการทำแห้งจะทำให้อัตราการทำแห้งลดลง และส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ปัจจุบันที่ส่งผลต่อการทำแห้งแบบโฟมแมต คือ ชนิดและปริมาณของสารทำให้เกิดโฟม ความเข้มข้นของอาหารเหลว วิธีการตีโฟมและระยะเวลา ความหนาของชั้นโฟมก่อนการทำแห้ง และสภาวะในการอบแห้งโฟม (Hart et al., 1963; Franco et al., 2015) Rajkumar et al. (2007) ได้ศึกษาการทำแห้งมะม่วงด้วยกระบวนการโฟมแมต โดยมีการนำมะม่วงไปบดให้เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วจึงทำการผสมสารช่วยให้เกิดโฟม ได้แก่ โปรตีนไข่ขาว (ร้อยละ 10) ร่วมกับเมทิลเซลลูโลส (ร้อยละ 0.5) ลงไป จากนั้นนำส่วนผสมที่ได้ไปเกลี่ยบนถาดหนาประมาณ 1 มิลลิเมตร แล้วนำไปอบแห้งที่ 60 องศาเซลเซียส พบว่าการเติมสารช่วยให้เกิดโฟมทำให้ระยะเวลาที่ใช้ในการทำแห้งผลิตภัณฑ์มีค่าลดลงกว่าร้อยละ 50 เมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ผ่านการทำให้เป็นโฟม นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพที่ดีกว่า เนื่องจากมีการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลลดลง สอดคล้องกับรายงานของ Sankat and Castaigne (2004) ซึ่งพบว่าการทำแห้งแบบโฟมแมตสามารถลดการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลลงได้ และยังสามารถลดการเกิดขอบแข็ง (case hardening) ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้อัตราการอบแห้งลดลง โดยเฉพาะการทำแห้งผลไม้ที่มีน้ำตาลสูงและใช้อุณหภูมิสูง จากข้อดีของการทำแห้งแบบโฟมแมตด้านระยะเวลาการแห้งดังที่กล่าวมาแล้ว ปัจจุบันจึงมีการพัฒนากระบวนการทำแห้งแบบโฟมแมตเพื่อใช้ผลิตอาหารที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ โดยมีการศึกษาสภาวะที่ทำให้ได้โฟมที่มีความคงตัวสูงในขณะทำแห้ง เพื่อลดระยะเวลาการแห้งและการสลายตัวขององค์ประกอบสำคัญ โดยทั่วไปสารช่วยให้เกิดโฟมประเภทโปรตีนมีคุณสมบัติในการเกิดโฟมได้ง่าย มีปริมาตรโฟมสูงเมื่อเปรียบเทียบกับสารประเภทคาร์โบไฮเดรต แต่อย่างไรก็ตาม มีข้อจำกัดด้านราคา จึงพบการใช้ร่วมกันเพื่อให้เกิดประโยชน์มากที่สุด มีรายงานการใช้คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (carboxymethyl cellulose, CMC) ร่วมกับเลซิติน พบว่าสามารถรักษาคงสมบัติต้านอนุมูลอิสระของผงมะม่วงได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถอบแห้งที่อุณหภูมิสูงขึ้นได้ เพื่อลดระยะเวลาการแห้ง จึงเหมาะสมสำหรับการใช้ในการผลิตระดับอุตสาหกรรม โดย CMC มีผลต่อการรักษาสารประกอบฟีนอลิกและกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่เลซิตินมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมความคงตัวของโฟมในขณะทำแห้ง (Lobo et al., 2017) สำหรับการผลิตมันแกวผง จำเป็นต้องใช้สารทำให้เกิดโฟมที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากมันแกวมีปริมาณของแข็งต่ำและมีองค์ประกอบประเภทอินนูลิน ฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์และน้ำตาลดังที่กล่าวมาข้างต้น จึงอาจต้องใช้เวลาในการทำแห้งนาน ดังนั้นการใช้สารทำให้เกิดโฟมที่เหมาะสมนอกจากช่วยให้อัตราการแห้งสูงแล้ว ยังส่งผลในการรักษาคงสมบัติทางเคมีและกายภาพ และส่งเสริมปริมาณผลผลิตที่ได้

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาการใช้สารที่ทำให้เกิดโฟมที่มีความคงตัวสูงและราคาไม่แพงในการทำแห้งแบบโฟมเม็ด สำหรับการผลิตมันแกวมัง และก็นำไปประยุกต์เป็นผลิตภัณฑ์ผงขงดื่ม โดยเลือกใช้มอลโทเดกซ์ทรินและโซเดียมเคซีเนต เนื่องจากมีคุณสมบัติเป็นสารให้ความคงตัว ให้ความข้นหนืด และสามารถสร้างชั้นฟิล์มที่แข็งแรง จึงช่วยให้การเก็บกักอากาศได้ดีขณะตีโฟมและช่วยห่อหุ้มอนุภาคของแข็งได้ดี ซึ่งนิยมใช้ในกระบวนการสร้างไมโครแคปซูล และใช้เป็นตัวพาในการทำแห้งแบบพ่นฝอย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของการใช้มอลโทเดกซ์ทรินและโซเดียมเคซีเนต และหาปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการผลิตมันแกวมังด้วยวิธีโฟมเม็ด ประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางกายภาพ และเปรียบเทียบผลทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขงดื่ม

วิธีการศึกษา

การเตรียมวัตถุดิบ

เลือกมันแกวมังที่ปลูกในพื้นที่ของอำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม ที่เจริญเติบโตเต็มที่แล้ว โดยมีระยะการเก็บเกี่ยวอยู่ในช่วง 4-6 เดือน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10-13 ซม. น้ำหนักเฉลี่ย 0.5-0.7 กิโลกรัม/หัว ล้างทำความสะอาด ปอกเปลือกแล้วหั่นเป็นชิ้น จากนั้นนำชิ้นมันแกวมังไปปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นแบบเบี่ยง (IMARFLEX IF-329) ในอัตราส่วนมันแกวมังต่อน้ำเท่ากับ 1:1 ด้วยความเร็วระดับ 3 เป็นเวลา 15 นาที แล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง จากนั้นนำน้ำมันแกวมังที่กรองได้ไปทำการทดลองต่อไป

การทำให้เกิดโฟม

เตรียมสารละลายสารทำให้เกิดโฟม โดยค่อย ๆ ละลายมอลโทเดกซ์ทริน DE10 (Mal) และโซเดียมเคซีเนต (NaCas) ในน้ำดื่มรีเวอร์สออสโมซิส นำน้ำมันแกวมังที่สกัดได้มาผสมกับสารละลาย Mal ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 และ 15 และสารละลาย NaCas ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 และ 10 (โดยน้ำหนักของน้ำมันแกวมัง) คนนาน 5 นาที เพื่อให้ส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำมันแกวมัง ปั่นผสมด้วยเครื่องปั่นแบบเบี่ยงความเร็วระดับ 3 นาน 10 นาที จากนั้นนำไปตีให้เกิดโฟมโดยเครื่องผสมอาหาร (หัวตะกร้อ) ความเร็วระดับ 10 เป็นเวลา 10 นาที

การทำแห้งด้วยลมร้อน

ซึ่งน้ำหนักโฟมมันแกวมัง เทลงบนถาดอลูมิเนียมแล้วเกลี่ยให้ได้ความหนา 2 มิลลิเมตร นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด (BWS5, B.W.S. Trading Limited, Thailand) ความเร็วลมร้อน 1 เมตร/วินาที จนตัวอย่างมีค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (a_w) 0.3-0.5 โดยสุ่มตัวอย่างมาวัดค่า a_w ด้วยเครื่องวัดค่า a_w (AQUA LAB series 3 TE) ทุก ๆ 30 นาที ทำการอบให้เป็นผง อบไล่ความชื้นที่ผิว ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที บรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรไพลีนแล้วปิดผนึกให้สนิท เก็บที่อุณหภูมิห้อง เพื่อรอการวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ต่อไป

การวิเคราะห์คุณสมบัติของโฟมและมันแกวมัง

การขยายตัวของโฟม

การขยายตัวของโฟมของมันเป็นให้ให้เห็นถึงความสามารถในการเกิดโฟมที่เกิดจากอากาศผสมในโครงสร้างของโฟม วิเคราะห์ตามวิธีของ Durian (1995) คำนวณการขยายตัวของโฟม จากสมการดังต่อไปนี้

$$\text{การขยายตัวของโฟม} = 100 \times (V_f - V_0) / V_0$$

เมื่อ V_0 คือ ปริมาตร (ลบ.ซม.) เริ่มต้นของส่วนผสมก่อนเกิดโฟม และ V_f คือ ปริมาตร (ลบ.ซม.) ของส่วนผสมหลังเกิดโฟม

ความหนาแน่นของโฟม

ตรวจสอบความหนาแน่นของโฟมมันแกวมัง ด้วยวิธีของ Bag et al. (2011) โดยเทโฟมมันแกวมังลงในเหยือกวัดปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิลิตร จากนั้นนำมาวัดปริมาตรและชั่งน้ำหนักของโฟม คำนวณความหนาแน่นของโฟม จากสมการดังต่อไปนี้

$$\text{ความหนาแน่นของโฟม} = 100 \times (\text{น้ำหนักของโฟม (กรัม)}) / (\text{ปริมาตรของโฟม (มิลลิลิตร)})$$

ความคงตัวของโฟม

วิเคราะห์ความคงตัวของโฟม ด้วยวิธีซึ่งดัดแปลงบางส่วนจากวิธีของ Marinova et al. (2009) โดยเทโฟมมันแกวลงใน ปีกเกอร์ขนาด 200 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 3 ชั่วโมง ทำการวัดปริมาตรที่เปลี่ยนไปของโฟม ทุก ๆ 30 นาที คำนวณความคงตัวของโฟม จากสมการดังต่อไปนี้

$$\text{ความคงตัวของโฟม} = 100 \times (V_{\text{foam}} / V_0)$$

เมื่อ V_0 คือ ปริมาตรของโฟมเริ่มต้น และ V_{foam} คือ ปริมาตรของโฟมเมื่อตั้งทิ้งไว้ตามระยะเวลาที่กำหนด

วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของมันแกวผง

วัดค่า a_w โดยใช้เครื่องวัดค่า a_w วัดปริมาณความชื้นโดยวิธีมาตรฐาน AOAC (1999) วิเคราะห์ค่าการละลาย (solubility) ตามวิธีของ Cano-Chauca (2005) วิเคราะห์ค่าการดูดความชื้น (hygroscopicity) ตามวิธีของ Jaya and Das (2004) และ Sabhadinde (2014) โดยควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ของการทดสอบที่ร้อยละ 75 ด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์อิ่มตัว ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และวิเคราะห์ค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี (Chroma meter, CR-400) รายงานค่าความสว่าง (L^*) สีแดง (a^*) และ สีเหลือง (b^*) ของตัวอย่างมันแกวผง คำนวณค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวม (ΔE^*) และดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (browning index, BI) (Lopez-Malo et al., 1998) ดังสมการต่อไปนี้

$$\Delta E^* = [(L_o^* - L_t^*)^2 + (a_o^* - a_t^*)^2 + (b_o^* - b_t^*)^2]^{1/2}$$

$$BI = \frac{[100(x - 0.31)]}{0.17}$$

$$x = \frac{(a + 1.75L^*)}{5.645L^* + a^* - 3.012b^*}$$

การประเมินทางประสาทสัมผัส

นำมันแกวผงที่ได้มาทำเป็นเครื่องดื่ม โดยผสมมันแกวผง ครีมเทียม และน้ำตาล ปริมาณ 7, 7 และ 4 กรัม ตามลำดับ ละลายในน้ำร้อน 120 มิลลิลิตร และมีการแต่งกลิ่นสังเคราะห์ จากนั้นนำเครื่องดื่มไปทดสอบความชอบด้วยวิธี 9 point hedonic scaling โดยที่ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด 5 หมายถึง เฉย ๆ และ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด ซึ่งผู้ทดสอบประเมินและ ให้คะแนนความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์ในคุณลักษณะด้านสี กลิ่น รสชาติ การละลาย และการยอมรับโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสจำนวน 30 ราย

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ CRD และ RCBD (การทดสอบทางประสาทสัมผัส) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Tests ($P < 0.05$) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ผลการศึกษาและวิจารณ์

มีรายงานการวิจัยจำนวนมากที่กล่าวถึงความสำคัญของการขยายตัวของโฟมต่อการลดระยะเวลาการทำแห้งและ คุณภาพของผลิตภัณฑ์ การขยายตัวของโฟมช่วยส่งเสริมการเพิ่มอัตราการทำแห้งของอาหารให้เร็วขึ้น เพราะโครงสร้างของโฟม ซึ่งมีรูพรุนทำให้มีพื้นที่ผิวเพิ่มขึ้น ส่งผลให้น้ำระเหยได้ง่ายและเร็วขึ้น ในการทดลองนี้ใช้น้ำมันแกวที่มีค่าเฉลี่ยของความชื้นร้อยละ 94.19 ± 2.69 และของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ 4.17 ± 0.79 องศาบริกซ์ ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของโฟมจากน้ำมันแกว ที่ผสมสารช่วยให้เกิดโฟม แสดงใน Table 1 พบค่าการขยายตัวของโฟมในช่วงร้อยละ 492-797 โดยการใช้ NaCas ช่วยให้มีการขยายตัวของโฟมสูงกว่าการใช้ Mal แม้ว่าใช้ในปริมาณที่ต่ำกว่า เนื่องจาก NaCas เป็นโปรตีน เมื่อได้รับแรงเชิงกลจะทำให้ โครงสร้างโปรตีนคลายตัวออก และสามารถจับกับน้ำโดยหันโครงสร้างด้านที่ไม่ชอบน้ำออกด้านนอก และแผ่เป็นฟิล์มบาง ๆ จึงสามารถเก็บกักอากาศไว้ได้ดีหรือทำให้เกิดโครงสร้างของโฟมได้ง่าย อย่างไรก็ตามการใช้ Mal ร้อยละ 10 ให้ค่าการขยายตัวของโฟมใกล้เคียงกับการใช้ NaCas ขณะที่สารที่ทำให้เกิดโฟมทั้ง 2 ชนิด ให้โฟมที่มีความหนาแน่นใกล้เคียงกัน แม้ว่าการใช้ NaCas ให้การขยายตัวของโฟมสูงแต่มีการยุบตัวค่อนข้างเร็ว จึงทำให้ค่าความหนาแน่นแตกต่างจากการใช้ Mal ไม่มากนัก

โดยทั่วไปการใช้สารทำให้เกิดโฟมปริมาณมากมักส่งผลให้มีปริมาณการเกิดโฟม (% overrun) หรือมีการขยายตัว (foam expansion) ของโฟมมาก ซึ่งส่งผลให้ความหนาแน่นของโฟมต่ำ แต่ผลจากการทดลองพบว่า การเพิ่มปริมาณ NaCas เป็นร้อยละ 10 ไม่มีผลต่อการขยายตัวและความหนาแน่นของโฟม ส่วนการเพิ่มความเข้มข้นของ Mal มีผลให้ค่าการขยายตัวลดลง และส่งผลให้ค่าความหนาแน่นของโฟมสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) เนื่องจากสารละลาย Mal มีคุณสมบัติเป็นสารให้ความคงตัวที่มีความหนืดสูงเมื่อเปรียบเทียบกับสารละลาย NaCas มีรายงานว่า การใช้สารทำให้เกิดโฟมที่มีคุณสมบัติลดแรงตึงผิว เช่น กลีเซอรอลโมโนสเตียเรต และ Methocel 65 HG (สารประเภท methylcellulose) หรือสารประเภทโปรตีน เช่น ไข่ขาวผง (Greminger and Krumel, 1980) ในปริมาณที่ไม่เหมาะสมจะทำให้ได้โฟมที่มีความหนาแน่นต่ำ แต่หากเพิ่มความเข้มข้นจนมีความหนืดมากเกินไปอาจให้ผลในทางตรงกันข้าม เช่น การใช้ความเข้มข้นสูงกว่าร้อยละ 0.4 ส่งผลเสียต่อการเกิดโฟม เนื่องจากทำให้อาหารเหลวมีความหนืดสูง เกิดฟองอากาศได้ยาก (Karim and Wai, 1999) โดยทั่วไปความหนาแน่นของโฟมน้ำคั้นผักและผลไม้สำหรับการทำแห้งแบบโฟมแช่เยือกอยู่ในช่วง 0.1-0.8 กรัม/ลบ.ซม. โดยโฟมที่มีความหนาแน่นต่ำมีผลให้อัตราการทำแห้งสูงขึ้น แต่ทั้งนี้ต้องมีความคงตัวของโฟมในระหว่างการทำแห้งด้วยลมร้อน (Karim and Wai, 1999; Ng and Sulaiman, 2018) ความคงตัวของโฟมมันแกวมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยขึ้นอยู่กับชนิดของสารทำให้เกิดโฟม (Figure 1) การเปรียบเทียบความคงตัวของโฟมสามารถพิจารณาจากค่าคงที่ของสมการเอกซ์โพเนนเชียล จากการวิเคราะห์สมการถดถอยพบว่าสามารถใช้อธิบายความคงตัวของโฟมได้ดี (R^2 0.93-0.99) การใช้ Mal ให้ความคงตัวของโฟมสูงกว่าการใช้ NaCas อย่างชัดเจน โดยมีค่าคงที่ที่แสดงการลดความคงตัวที่ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ NaCas หรือมีความคงตัวสูงกว่าประมาณ 5 เท่า โดยมีค่าคงที่ในช่วง 0.003-0.004 ขณะที่การใช้ NaCas มีค่าคงที่ในช่วง 0.014-0.016 ทั้งนี้เป็นผลมาจากการขยายตัวของโฟมที่ค่อนข้างสูงเมื่อใช้ NaCas ซึ่งสูงกว่าโฟม จาก Mal ประมาณ 1.5 เท่า หากกล่าวถึงข้อดีของการใช้ Mal พบว่ามีราคาถูกกว่า NaCas สามารถละลายได้ง่ายกว่า ใช้เวลาในการเตรียมสารละลายสั้นกว่า โดยทั่วไปโปรตีนเคซีนสามารถละลายได้สูงถึงร้อยละ 20 แต่ต้องใช้ความร้อนร่วมด้วย (Chen, 2002)

Table 1 Foam properties of yam bean extract.

Foaming agent	Concentration (% w/w)	Foam expansion (%)	Foam density (g/ cm ³)
Mal	10	682.10±20.23 ^b	0.11±0.01 ^a
	15	497.91±35.42 ^a	0.16±0.01 ^{bc}
NaCas	5	797.56±54.92 ^c	0.11±0.00 ^a
	10	737.50±33.07 ^c	0.12±0.01 ^b

a, b, c = Different superscript letters indicate significant difference ($P < 0.05$).

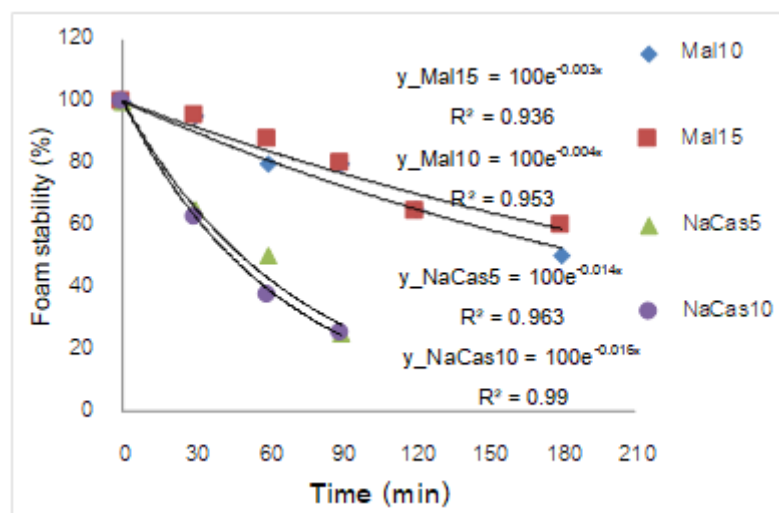


Figure 1 Effect of foaming agents on foam stability.

Table 2 Yam bean powder properties.

Foaming agent	Concentration (% w/w)	Product yield (%)	a_w	MC (%)	Density (g/cm ³)
Mal	10	27.60±2.22 ^b	0.41 ±0.00 ^a	5.83±0.13 ^a	0.92±0.01 ^d
	15	35.96±4.01 ^c	0.47±0.01 ^c	6.36±0.01 ^b	0.88±0.02 ^c
NaCas	5	18.36±2.12 ^a	0.44±0.02 ^b	7.91±0.36 ^c	0.76±0.02 ^a
	10	28.80±3.01 ^b	0.46±0.00 ^{bc}	8.91±0.18 ^d	0.84±0.03 ^b

a, b, c = Different superscript letters in the same column indicate significant difference (P<0.05).

Table 2 แสดงร้อยละผลิตภัณฑ์ที่ได้ พบว่าปริมาณที่ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณสารทำให้เกิดโฟม การใช้ Mal ได้ปริมาณไม่แตกต่างจากการใช้ NaCas เมื่อเปรียบเทียบที่ความเข้มข้นเดียวกัน มันแกวมังที่ได้อัตรา a_w อยู่ในช่วง 0.41-0.46 ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง อาหารแห้งควรค่า a_w ต่ำกว่า 0.6 (Lewick, 2004) เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ การผลิตอาหารผงควรควบคุมให้มีค่า a_w ค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับผักและผลไม้อบแห้งทั่วไป เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัวในระหว่างการเก็บรักษา (Ng and Sulaiman, 2018) มันแกวมังที่ผลิตได้มีความชื้นในช่วงร้อยละ 5.83-8.91 ซึ่งการใช้ NaCas ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นสูงกว่าการใช้ Mal เมื่อเปรียบเทียบที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 เท่ากัน แต่มีค่า a_w แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) เนื่องจาก NaCas มีส่วนของโครงสร้างที่เป็นกรดอะมิโนสูงถึง 35-45% (Chen, 2002) ซึ่งสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนและแรงดึงดูดทางไฟฟ้าขึ้นในส่วนผสมของอาหารหรือเกิดน้ำผูกพัน จึงทำให้มีค่าความชื้นสูงขณะที่มีค่า a_w ต่ำ สำหรับในการทำแห้งโฟมมันแกวมังในงานวิจัยนี้ พบว่าการใช้ Mal ใช้เวลาในการทำแห้งประมาณ 22.5-3.0 ชั่วโมง ส่วนการใช้ NaCas ใช้เวลาทำแห้งประมาณ 3.0-3.5 ชั่วโมง ค่าความหนาแน่นของมันแกวมังมีความแตกต่างกันเล็กน้อย โดยการใช้ Mal ได้ตัวอย่างที่มีความหนาแน่นสูงกว่าการใช้ NaCas ซึ่งสัมพันธ์กับค่าการขยายตัวของโฟมที่ใช้ Mal ที่มีค่าต่ำกว่าตัวอย่างที่ใช้ NaCas

Table 3 Color parameters of yam bean powder.

Foaming agent	Concentration (% w/w)	L*	a*	b*
Mal	10	87.31±0.95 ^d	0.59±0.06 ^b	16.83±1.80 ^b
	15	84.06±0.98 ^c	-0.71±0.03 ^a	11.05±1.16 ^a
NaCas	5	77.45±1.25 ^a	2.97±0.09 ^d	25.18±1.02 ^c
	10	79.95±1.78 ^b	2.64±0.11 ^c	25.33±1.16 ^c

a, b, c = Different superscript letters in the same column indicate significant difference (P<0.05).



Figure 2 Yam bean powder: Mal10 (left), NaCas10 (right).

Table 4 Total color change and browning index of yam bean powder.

Foaming agent	Concentration (% w/w)	ΔE^*	Browning index
Mal	10	10.83±1.96 ^a	21.06±3.02 ^a
	15	8.22±2.73 ^a	15.04±4.94 ^a
NaCas	5	22.50±1.57 ^b	40.33±3.21 ^b
	10	21.54±1.98 ^b	39.71±4.11 ^b

a, b, c = Different superscript letters in the same column indicate significant difference ($P < 0.05$).

ในระหว่างการอบแห้งด้วยความร้อนตัวอย่างที่ใช้ NaCas อาจเกิดสีน้ำตาลได้เนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์กับกรดอะมิโนในสภาวะที่ได้รับความร้อน และผลิตภัณฑ์มีค่า a_w ลดต่ำลง โดยที่ระดับ a_w เข้าใกล้ 0.6 หรือมีความชื้นในช่วงร้อยละ 5-30 เป็นสภาวะที่มีความเข้มข้นของสารตั้งต้นเหมาะสมต่อการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Eskin and Shahidi, 2013) ส่วน Mal เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่ได้จากการย่อยสลายด้วยกรดและ/หรือเอนไซม์อะไมเลส ซึ่งส่วนของโปรตีนได้ถูกกำจัดออกในขั้นตอนการผลิตสารจึงเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดได้ยาก นอกจากนี้ฤทธิ์ของชนิดสารทำให้เกิดโฟมที่มีต่อคุณภาพด้านสี สรุปได้จากค่า ΔE^* และค่า BI (Table 4) ตัวอย่างที่ใช้ NaCas มีค่า ΔE^* และค่า BI สูงกว่าตัวอย่างที่ใช้ Mal อย่างชัดเจน ซึ่งสูงกว่าประมาณ 2 เท่า

Table 5 Hygroscopicity and solubility of yam bean powder.

Foaming agent	Concentration (% w/w)	Hygroscopicity (%)	Solubility (%)
Mal	10	1.24±0.02 ^a	72.74±1.93 ^b
	15	1.25±0.03 ^{ab}	78.08±2.79 ^c
NaCas	5	1.31±0.05 ^b	57.22±2.24 ^a
	10	1.26±0.01 ^{ab}	70.24±0.72 ^b

a, b, c = Different superscript letters in the same column indicate significant difference ($P < 0.05$).

Table 5 แสดงค่าการดูดความชื้น และความสามารถในการละลายน้ำของมันแกวผง ค่าการดูดความชื้น แสดงถึงความคงตัวของผลิตภัณฑ์ต่อความชื้นในอากาศหรือภายในบรรจุภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษา เมื่อนำตัวอย่างไปใส่ในโถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 75 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จนตัวอย่างมีน้ำหนักคงที่ ตามวิธีของ Jaya and Das (2004) พบว่าตัวอย่างมันแกวผงมีการดูดความชื้นใกล้เคียงกัน ซึ่งอยู่ในช่วงร้อยละ 1.24-1.31 ซึ่งไม่พบอิทธิพลของชนิดสารทำให้เกิดโฟมต่อค่าการดูดความชื้น ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดความชื้นโดยทั่วไปของอาหารผง ได้แก่ องค์ประกอบของอาหาร ความชื้น อุณหภูมิ และวิธีการเก็บรักษา การดูดความชื้นของมะม่วงผงอยู่ในช่วง 3-14% (ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 79.5) ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณมอลโทเดกซ์ทริน กลีเซอรอลโมโนสเตียเรต และไตรแคลเซียมฟอสเฟตที่ใช้ โดยปริมาณของมอลโทเดกซ์ทรินและไตรแคลเซียมฟอสเฟตมีความสัมพันธ์เชิงลบ ส่วนปริมาณกลีเซอรอลโมโนสเตียเรต มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าการดูดความชื้น (Jaya and Das, 2004) นอกจากนี้ในการทำแห้งอาหารผงควรให้ความสำคัญกับการเกิดสถานะคล้ายแก้ว (solid-like glassy stage) ของผลิตภัณฑ์ (ผลิตภัณฑ์ที่มีความแข็งและเปราะคล้ายแก้ว) อาหารแห้งที่อยู่ในสถานะคล้ายแก้วมีความคงตัวสูงทั้งทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ เนื่องจากมีข้อจำกัดในการเคลื่อนที่ของสารต่าง ๆ ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ผงเป็นเวลานานควรเก็บในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิในการเกิดกลาสทรานซิชัน (T_g) เพื่อรักษาสถานะคล้ายแก้วของผลิตภัณฑ์ไว้ (Fabra et al., 2010; Descamps et al., 2013) ค่า T_g ของอาหารอบแห้งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของอาหาร ความชื้น หรือปริมาณน้ำอิสระ สำหรับมอลโทเดกซ์ทรินและโซเดียมเคซีนเนตที่มีความชื้นประมาณร้อยละ 5 มีค่า T_g ค่อนข้างสูงกว่าอุณหภูมิห้อง (Fabra et al., 2010; Descamps et al., 2013) จึงรักษาสถานะคล้ายแก้วไว้ได้ดี ในงานวิจัยนี้มันแกวผงมีค่าความชื้นและ a_w ค่อนข้างต่ำ มันแกวผงส่วนใหญ่อาจอยู่ในสถานะคล้ายแก้วจึงส่งผลให้มีการดูดความชื้นต่ำและใกล้เคียงกันทั้งตัวอย่างที่ใช้ Mal และ NaCas ส่วนการทดสอบการละลายของมันแกวผงพบว่า ตัวอย่างที่ใช้ NaCas ร้อยละ 5 มีการละลายต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งเป็นผลมาจากตัวอย่างมีความหนาแน่นต่ำกว่าตัวอย่างอื่น ๆ จึงทำให้มีความสามารถในการจมน้ำหรือการเปียกน้ำได้ต่ำกว่า

Table 6 Sensory acceptance of yam bean power product.

Foaming agent	Concentration (% w/w)	Color	Odor	Flavor	Solubility	Overall acceptability
Mal	10	6.33±0.61 ^a	5.50±0.57 ^a	6.93±0.78 ^b	6.20±0.55 ^b	6.60±0.81 ^a
	15	6.30±0.59 ^a	5.63±0.61 ^{ab}	6.10±0.61 ^{ab}	6.80±0.61 ^b	6.23±0.97 ^a
NaCas	5	5.67±0.61 ^a	6.30±0.60 ^{ab}	5.87±0.57 ^{ab}	4.27±0.45 ^a	6.07±0.74 ^a
	10	5.33±0.61 ^a	6.70±0.47 ^b	5.47±0.57 ^a	4.67±0.48 ^a	5.30±0.84 ^a

a, b, c = Different superscript letters in the same column indicate significant difference ($P < 0.05$).

Table 6 แสดงผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มันแกวผงขงดื่ม โดยเตรียมผลิตภัณฑ์ให้มีส่วนผสมของครีมเทียม น้ำตาล และแต่งกลิ่นสังเคราะห์ (ดังที่กล่าวมาแล้ว) พบว่า ผู้ทดสอบให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดยมีคะแนนการยอมรับโดยรวมอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย ยกเว้นตัวอย่างที่ใช้ NaCas ร้อยละ 10 ที่ได้คะแนนอยู่ในระดับเฉย ๆ (ระดับ 5) เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าคะแนนการยอมรับโดยรวมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่อย่างไรก็ตาม คะแนนการยอมรับโดยรวมของตัวอย่างที่ใช้ NaCas ร้อยละ 10 มีค่าต่ำกว่า 6 หมายถึง ผลิตภัณฑ์ไม่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค ทั้งนี้ตัวอย่างที่ใช้ NaCas มีคะแนนการละลายและกลิ่นรสที่ต่ำกว่าตัวอย่างที่ใช้ Mal อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบที่ระดับการใส่สารทำให้เกิดโฟมร้อยละ 10 เท่ากัน นอกจากนี้ค่าคะแนนการละลายของตัวอย่างที่ใช้ NaCas อยู่ในระดับที่ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (4.24-4.67) จึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่ได้รับการยอมรับ ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการละลายน้ำของอาหารผง ประเภทโปรตีนที่ผ่านความร้อนสูง นอกจากความหนาแน่นแล้ว ยังรวมถึงการมีโครงสร้างกลุ่มก้อน การเสียสภาพธรรมชาติ หรือการรวมตัวกับสารอื่น ๆ (McKenna, 1999)

สรุปผลการศึกษา

ผลจากการเปรียบเทียบการใส่สารทำให้เกิดโฟมชนิด Mal และ NaCas ในการผลิตมันแกวผงขงดื่มด้วยวิธีโฟมเมต พบว่าผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับใกล้เคียงกัน แต่จุดเด่นของการใช้ Mal คือ มีคะแนนรสชาติและการละลายสูงกว่าการใช้ NaCas และผลิตภัณฑ์มีความคงตัวสูง มีคุณสมบัติด้านสีและการละลายที่ดีกว่า แม้ว่าผลิตภัณฑ์ทั้งหมดมีการดูความข้นต่ำ แต่อย่างไรก็ตามการใช้ NaCas ในปริมาณต่ำ มีแนวโน้มให้มีการดูความข้นได้สูงขึ้น ดังนั้นในการผลิตมันแกวผงขงดื่มด้วยวิธีโฟมเมตซึ่งเป็นวิธีที่มีต้นทุนการผลิตต่ำ ควรเลือกใช้สารทำให้เกิดโฟมชนิด Mal นอกจากได้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ดีแล้ว ยังมีราคาถูกกว่าการใช้ NaCas ส่วนการนำเอา NaCas ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการสูงมาใช้ในการผลิตมันแกวผง อาจเหมาะสำหรับการผลิตเป็นส่วนผสมในสินค้าเฉพาะกลุ่มที่มีมูลค่าสูง แต่ควรศึกษาวิธีการทำแห้ง และสภาวะที่เหมาะสมต่อไป ทั้งนี้เพื่อลดการเกิดสีน้ำตาลและปรับปรุงคุณสมบัติด้านการละลายให้ดีขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาที่สนับสนุนเงินทุนวิจัย (โครงการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนฐานราก ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561)

เอกสารอ้างอิง

- วิธนา นฤกุลกร. 2552. การวิจัยเพื่อค้นหาสมุนไพรไทยที่มีศักยภาพในการสกัดอินนูลินเพื่อใช้เป็นวัตถุเติมในอาหารสัตว์. คลังข้อมูลงานวิจัยไทย. http://www.tnrr.in.th/?page=result_search&record_id=146963 (24 ตุลาคม 2560).
- สำนักงานสถิติ จังหวัดมหาสารคาม. 2561. สถิติการเกษตรและการประมง. รายงานสถิติจังหวัดมหาสารคาม พ.ศ. 2561. http://mahasarakham.nso.go.th/index.php?option=com_content&view=featured&Itemid=435 (25 เมษายน 2562).
- AOAC. 1999. *Official methods of analysis*. Washington D.C: Association of Official Analytical Chemists.
- Bag, S. K., Srivastav, P. P., and Mishra, H. N. 2011. Optimization of process parameters for foaming of bale (*Aegle marmelos* L.) fruit pulp. *Food and Bioprocess Technology* 4(8): 1450-1458.
- Cano-Chauca, M., Stringheta, P. C., Ramos, A. M., and Cal-Vidal, J. 2005. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 6(4): 420-428.

- Chandrasekar, V., Gabriela, J. S., Kannan, K., and Sangamithra, A. 2015. Effect of foaming agent concentration and drying temperature on physiochemical and antimicrobial properties of foam-mat dried powder. *Asian Journal of Dairy Food Research* 34(1): 39-43.
- Chen, H. 2002. Formation and properties of casein films and coatings. In *Protein-based films and coatings*, A. Gennadios, ed. pp. 181-211. Boca Raton: CRC Press.
- Descamps, N., Palzer, S., Roos, Y. H., and Fitzpatrick, J. J. 2013. Glass transition and flowability/caking behavior of maltodextrin DE 21. *Journal Food Engineering* 119(1): 809-813.
- Durian, D. J. 1995. Foam mechanics at the bubble scale. *Physical Review Letters* 75(26): 4780-4783.
- Eskin, N. A. M., and Shahidi, F. 2013. *Biochemistry of Food*. London: Academic Press.
- Fabra, M. J., Talens, P., and Chiralt, A. 2010. Water sorption isotherms and phase transitions of sodium caseinate-lipid films as affected by lipid interactions. *Food Hydrocolloid* 24(4): 384-391.
- Franco, T. S., Perussello, C. A., Ellendersen, L. S. N., and Masson, M. L. 2015. Foam-mat drying of yacon juice: Experimental analysis and computer simulation. *Journal of Food Engineering* 158(3): 48-57.
- Greminger, J. K. G., and Krumel, K. L. 1980. Alkyl and hydroxyalkyl cellulose. In *Handbook of water-soluble gums and resins*, R. L. Davidson, ed. pp.1-25. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Hart, M. R., Graham, R. P., Ginnette, L. E., and Morgan, A. I. 1963. Foams for foam-mat drying. *Food Technology* 17(10): 90-92.
- Jaya, S., and Das, H. 2004. Effect of maltodextrin, glycerol monostearate and tricalcium phosphate on vacuum dried mango powder properties. *Journal Food Engineering* 63(2): 125-134.
- Karim, A. A., and Wai. C. C. 1999. Foam-mat drying of starfruit (*Averrhoa carambola* L.) puree. Stability and air drying characteristics. *Food Chemistry* 64: 337-343.
- Lewicki, P. P. 2004. Water as the determinant of food properties. *Journal Food Engineering* 61(4): 483-495.
- Lobo, F. A., Nascimento, M. A., and Domingues, J. R. 2017. Foam mat drying of Tommy Atkins mango: Effects of air temperature and concentrations of soy lecithin and carboxymethylcellulose on phenolic composition, mangiferin and antioxidant capacity. *Food Chemistry* 221: 258-266.
- Lopez-malo, A., Palou, E., Barbosa-Canovas, G. V., Welti-Chanes, J., and Swanson, B. G. 1998. Polyphenol oxidase activity and color changes during storage of high hydrostatic pressure treated avocado puree. *Food Research International* 31(3): 549-556.
- Marinova, K. G., Basheva, E. S., Nenova, B., Temelska, M., and Mirarefi, A. Y. 2009. Physico-chemical factors controlling the foamability and foam stability of milk proteins: sodium caseinate and whey protein concentrates. *Food hydrocolloid* 23(7): 1864-1876.
- McKenna, A. B., Lloyd, R. J., Munro, P. A., and Singh, H. 1999. Microstructure of whole milk powder and of insoluble detected by powder functional testing. *Scanning* 21(5): 305-315.
- Ng, M. L., and Sulaiman, R. 2018. Development of beetroot powder using foam-mat drying. *LWT - Food Science and Technology* 88: 80-86.
- Rajkumar, P., Kailappan, R., Vishwanathan, R., Raghavan, G. S. V., and Ratti, C. 2007. Foam-mat drying of Alphonso mango pulp. *Drying Technology* 25(2): 357-365.
- Sabhadinde, V. N. 2014. The physicochemical and storage properties of spray-dried orange juice powder. *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences* 4(4): 153-159.
- Sangamithra, A., Venkatachalam, S., John, S. G., and Kuppuswamy, K. 2015. Foam-mat drying of food materials: a review. *Journal of Food Processing and Preservation* 39: 3165-3174.
- Sankat, C. K., and Castaigne, F. 2004. Foaming and drying behavior of ripe bananas. *LWT - Food Science and Technology* 37: 517-525.
- USDA. 2019. National nutrient database for standard reference legacy release. USDA food composition databases. [https://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list/?manu=&fgcd=&ds=&qlookup=Yambean%20\(jicama\),%20raw](https://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list/?manu=&fgcd=&ds=&qlookup=Yambean%20(jicama),%20raw) (26 April 2019).

วันรับบทความ (Received date) : 5 ก.พ. 62

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 29 เม.ย. 62

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 24 มิ.ย. 62

การศึกษาสภาพการเลี้ยง การประเมินปัญหาและโอกาสในการผลิตโคเนื้อคุณภาพ ของเกษตรกรจังหวัดแพร่

Producing Quality Beef from Cattle in Phrae Province:

An Assessment of the Conditions, Problems, and Opportunities

สุรีย์พร แสงวงศ์¹ วีรณัฐ ทันนิตี¹ จักรกฤษ วิชาพร¹ และพยุงค์กิตติ อินตะวิชา¹
Sureeporn Saengwong¹, Wiranut Thannithi¹, Jakkrit Wichaporn¹ and Payungsuk Intawicha¹

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ลักษณะพื้นฐานทางเศรษฐกิจและสังคม 2) สภาพการเลี้ยงและการจัดการฟาร์ม 3) ปัญหาและอุปสรรคในการเลี้ยงโคเนื้อของเกษตรกร และ 4) สภาพแวดล้อมและโอกาส (SWOT analysis) ของกลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อในจังหวัดแพร่ จำนวน 200 ราย โดยเก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง และนำข้อมูลมาวิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ และค่าเฉลี่ย **การศึกษาที่ 1** ลักษณะพื้นฐานทางเศรษฐกิจและสังคม พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชายร้อยละ 81.00 มีอายุเฉลี่ย 50.83 ± 10.64 ปี จบระดับประถมศึกษาร้อยละ 45.00 ส่วนใหญ่เลี้ยงโคเนื้อเป็นอาชีพเสริมร้อยละ 76.00 **การศึกษาที่ 2** สภาพการเลี้ยงและการจัดการฟาร์ม พบว่าเกษตรกรมีประสบการณ์การเลี้ยงโคเนื้ออยู่ในช่วง 5 ปี ร้อยละ 47.00 มีวัตถุประสงค์หลักในการเลี้ยงเพื่อผลิตลูกขายร้อยละ 47.33 เป็นฟาร์มขนาดเล็กร้อยละ 35.50 มีลักษณะการเลี้ยงแบบกึ่งขังกึ่งปล่อยร้อยละ 79.00 และมีการสำรองฟางข้าวไว้ใช้ในฤดูแล้งร้อยละ 84.00 โคที่เลี้ยงเป็นโคแม่พันธุ์ร้อยละ 53.67 เป็นพันธุ์ลูกผสมพื้นเมืองบราห์มันร้อยละ 67.20 รองลงมาคือ ลูกผสมพื้นเมืองแองกัสร้อยละ 15.51 และลูกผสมพื้นเมืองชาร์โลเลส์ร้อยละ 12.21 ในด้านการผสมพันธุ์ โรค และการสุขาภิบาลโคเนื้อ พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ผสมพันธุ์โคด้วยวิธีผสมเทียมร้อยละ 67.50 โดยมีเจ้าหน้าที่เป็นผู้ผสมให้ร้อยละ 93.33 ด้านสุขาภิบาลเกษตรกรส่วนใหญ่ร้อยละ 81.00 ได้รับการทำวัคซีนโรคปากเท้าเปื่อย โรคคอบวม วัณโรค และอื่น ๆ ร้อยละ 91.36, 4.32, 2.47 และ 1.85 ตามลำดับ **การศึกษาที่ 3** ปัญหาและอุปสรรคในการเลี้ยงโคเนื้อ ปัญหาที่พบคือ การขาดแคลนอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้งมากที่สุดร้อยละ 23.61 ขาดแหล่งเงินทุน เกิดการแพร่ระบาดของโรค ขาดความรู้เรื่องการจัดการฟาร์ม และราคาขายไม่แน่นอนร้อยละ 12.50, 12.04, 10.19 และ 9.72 ตามลำดับ และ**การศึกษาที่ 4** การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมและโอกาส พบว่าเกษตรกรมีการรวมกลุ่มจัดตั้งเป็นสหกรณ์โคเนื้อคุณภาพดีจังหวัดแพร่ มีการสร้างอัตลักษณ์ให้เป็นโคเนื้อคุณภาพดี และปริมาณความต้องการบริโภคโคเนื้อคุณภาพที่สูงขึ้นของประเทศเพื่อนบ้าน การเปิดประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน รวมไปถึงการมีโรงฆ่าสัตว์มาตรฐาน จะช่วยเพิ่มโอกาสให้แก่เกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อคุณภาพได้

คำสำคัญ: โคเนื้อ สภาพการเลี้ยง การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมและโอกาส จังหวัดแพร่

Abstract

The objectives of this research were to: 1) study the socio-economic conditions of beef farmers, 2) study the livestock raising conditions and farm management practices on the cattle farms, 3) examine major constraints faced by beef farmers, and 4) perform a SWOT analysis of the beef cattle industry in Phrae province. Data were collected from 200 beef cattle farmers by semi-structured interview, and the data were statistically analyzed using frequency, percentage, and mean. **Study 1:** Most of the farmers were male (81.00%), had an average age about 50.83 ± 10.64 years old, had achieved a primary school education (45.00%), and raised beef cattle as a secondary career (76.00%). **Study 2:** The farmers (47.00%) have had about 5 years of experience in raising beef cattle, and their main purpose in raising cattle is to produce cattle calves for selling (47.33%). Some of them operate small scale farms (35.50%), rear the animals in semi-intensive systems (79.00%), and stock rice straw in summer (84.00%). The majority of farmers raise cows to produce calves (53.67%). The cattle are Brahman x Thai native crossbred cattle (67.20%), Angus x Thai native crossbred cattle (15.51%), and Charolais x Thai native crossbred cattle (12.21%). In the areas of beef cattle mating methods, and diseases and farm sanitation, farmers used artificial insemination (AI) to breed their cattle (67.50%) and many have this done by the authorities from department of livestock (93.33%). Most had their beef cattle vaccinated (81.00%), and the vaccination program included vaccines

¹ สาขาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา อ. เมือง จ. พะเยา 56000

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

*Corresponding author, Email: sureeporn.sa@up.ac.th

for the diseases foot and mouth disease (FMD), haemorrhagic septicemia, tuberculosis, and others (91.36%, 4.32%, 2.47% and 1.85%, respectively). **Study 3:** The main problems and obstacles facing the farmers in raising beef cattle were lack of cattle feed roughage in summer, inadequate credit facilities, outbreaks of diseases, lack of knowledge about farm management, and selling price fluctuation (23.61%, 12.50%, 12.04%, 10.19% and 9.72%, respectively). **Study 4:** SWOT analysis was used to analyze possibilities and opportunities for beef cattle production in Phrae province. One strength is that the farmers in this area have set up cooperatives that have assisted in the production of good quality beef. A number of opportunities presented from the study. The creation of an identity for locally grown beef should assist in beef sales. Furthermore, increasing demand for premium meat in neighboring countries combined with the opening of the ASEAN Economic Community, which is implementing standard slaughterhouse practices, should increase the opportunities in the future for all involved in the beef cattle industry in Phrae province, Thailand.

Keywords: beef cattle, rearing conditions, SWOT analysis, Phrae province

คำนำ

ปัจจุบันประเทศไทยในแถบเพื่อนบ้านของไทย เช่น จีน เวียดนาม มีความต้องการโคเนื้อเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการขยายตัวทางเศรษฐกิจ ประกอบกับการทำข้อตกลงเขตการค้าเสรีอาเซียน (ASEAN Free Trade Area, AFTA) ทำให้ประเทศไทยมีการส่งออกโคเนื้อไปขายต่างประเทศมากขึ้น (กรมปศุสัตว์, 2555) การรายงานจากองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO) พยากรณ์ความต้องการบริโภคเนื้อสัตว์ในปี ค.ศ. 2050 จะขยายตัวเพิ่มสูงขึ้น โดยปริมาณความต้องการเนื้อโคจะมีมากถึง 106 ล้านตัน คำนวณจากจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นและการเติบโตทางเศรษฐกิจที่รวดเร็ว (กรมปศุสัตว์, 2560) ส่วนการผลิตโคเนื้อในประเทศไทยนั้น จากข้อมูลสถิติจำนวนโคเนื้อปี พ.ศ. 2560 ประเทศไทยมีจำนวนโคเนื้อทั้งหมด 4,876,228 ตัว แบ่งเป็นโคพื้นเมืองจำนวน 2,813,223 ตัว โคพันธุ์จำนวน 1,904,783 ตัว และโคขุนจำนวน 158,222 ตัว (กรมปศุสัตว์, 2560) แต่การผลิตยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาดทั้งในและนอกประเทศ ทางภาครัฐจึงมีการเข้ามาสนับสนุนการเลี้ยงโคเนื้ออย่างต่อเนื่อง ดังจะเห็นได้จากแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 มีโครงการส่งเสริมการผลิตโคเนื้อ โดยภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีการส่งเสริมโคเนื้อคุณภาพสูงในพื้นที่จังหวัดสกลนคร มุกดาหาร และนครพนม ในขณะที่ภาคใต้ก็มีการสนับสนุนและส่งเสริมการพัฒนาอุตสาหกรรมผลิตโคเนื้อศรีวิชัยในกลุ่มจังหวัดภาคใต้ฝั่งอ่าวไทย คือ ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช และพัทลุง (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2559)

จากความต้องการดังกล่าว ทางจังหวัดแพร่จึงมีนโยบายส่งเสริมและพัฒนากลุ่มเลี้ยงโคเนื้อคุณภาพดี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโคเนื้อให้มีคุณภาพตรงตามมาตรฐานการผลิตโคเนื้อ มีการรวมกลุ่มจัดตั้งสหกรณ์โคเนื้อคุณภาพดี สร้างนวัตกรรมโคเนื้อและผลิตภัณฑ์เนื้อโคคุณภาพ โดยการสร้างโรงคัดแต่งซากและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ อีกทั้งยังมีการประชาสัมพันธ์โดยจัดงาน “โคขุน Black Ko Sai” หรือ “งัวดำเมืองแป้” เป็นการสร้างอัตลักษณ์ให้กับกลุ่มเกษตรกรที่เลี้ยงโคเนื้อจังหวัดแพร่ ตามนโยบายโครงการส่งเสริมการเลี้ยงโคเนื้อคุณภาพดี จังหวัดแพร่ จากโครงการดังกล่าวพบว่า ในปี พ.ศ. 2560 จังหวัดแพร่มีเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อจำนวน 2,427 ราย และมีโคเนื้อทั้งหมดจำนวน 29,142 ตัว ซึ่งเมื่อเทียบกับจังหวัดในกลุ่มปศุสัตว์เขต 5 แล้ว จังหวัดแพร่เป็นจังหวัดที่มีการเลี้ยงโคเนื้อเป็นอันดับที่ 6 จากทั้งหมด 8 จังหวัด (กรมปศุสัตว์, 2560) อย่างไรก็ตาม การผลิตโคเนื้อนั้น เกษตรกรมักประสบปัญหาต่าง ๆ มีการรายงานของ สมปอง สรวมศิริ และคณะ (2550) เกี่ยวกับการสำรวจการเลี้ยงโคเนื้อในจังหวัดเชียงใหม่-แพร่ พบว่า เกษตรกรมีปัญหาเกี่ยวกับการขาดแคลนในช่วงฤดูแล้ง เนื่องจากไม่มีการเตรียมอาหารไว้ให้โคในช่วงฤดูแล้ง เช่นเดียวกับเกษตรกรในจังหวัดสระบุรีที่ประสบปัญหาเกี่ยวกับการขาดแคลนเมล็ดพันธุ์หญ้า ปัญหาเกี่ยวกับการผสมพันธุ์โค ปัญหาด้านโรคระบาดและสุขภาพ และปัญหาด้านราคาและการตลาด (นฤมล อินตรา และคณะ, 2555) ส่วนการเลี้ยงในจังหวัดมหาสารคามมีปัญหาเกี่ยวกับการขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ อาหารข้น มีราคาแพง และการขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้ง (นภาพร เวชกามา และคณะ, 2560)

การศึกษานี้จึงเป็นการศึกษาสภาพการเลี้ยง การจัดการฟาร์ม ปัญหาและอุปสรรคในการเลี้ยงโคเนื้อ ทำให้ทราบข้อมูลพื้นฐานและความพร้อมของการผลิตโคเนื้อในพื้นที่ โดยนำผลที่ได้มาวิเคราะห์จุดแข็งและจุดอ่อน สภาพแวดล้อมและโอกาส (SWOT analysis) เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบการเลี้ยง ลดปัญหาและอุปสรรค เพิ่มศักยภาพการผลิต เป็นแนวทางในการพัฒนาและส่งเสริมการเลี้ยงโคเนื้อให้มีประสิทธิภาพ มีมาตรฐาน และสามารถตอบสนองต่อความต้องการของตลาดที่เพิ่มขึ้นในอนาคต

วิธีการศึกษา

ประชากรที่ศึกษา

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ ทำการสุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อในจังหวัดแพร่ จำนวน 200 ราย ใน 8 อำเภอของจังหวัดแพร่ ได้แก่ อำเภอเมืองแพร่ อำเภอร้องกวาง อำเภอลอง อำเภอวังชิ้น อำเภอสอง อำเภอสองแคว อำเภอหนองม่วงไข่ และอำเภอเด่นชัย โดยดำเนินการสัมภาษณ์ระหว่างเดือนมิถุนายน 2560 ถึง พฤษภาคม 2561

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามแบบกึ่งโครงสร้าง (semi-structured interview) ประกอบด้วยคำถามปลายเปิด (open-ended question) และคำถามปลายปิด (close-ended question) แบ่งออกเป็น 8 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของเกษตรกร ส่วนที่ 2 ข้อมูลการเลี้ยงและสถานภาพฟาร์ม ส่วนที่ 3 ข้อมูลแรงงาน พื้นที่ในการเลี้ยง และการจัดการด้านอาหาร ส่วนที่ 4 การผสมพันธุ์ และประสิทธิภาพการผลิต ส่วนที่ 5 ข้อมูลแหล่งเงินทุน ส่วนที่ 6 ข้อมูลการตลาด การรวมกลุ่มของสมาชิก ส่วนที่ 7 การได้รับบริการตรวจสุขภาพสัตว์ การส่งเสริมและสนับสนุนการเลี้ยงจากหน่วยงานต่าง ๆ และส่วนที่ 8 ปัญหาอุปสรรค และข้อเสนอแนะ

การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) ได้แก่ ค่าความถี่ (frequency) ค่าร้อยละ (percentage) ค่าเฉลี่ย (mean) และวิเคราะห์จุดอ่อน จุดแข็ง โอกาส และอุปสรรค ด้วยวิธี SWOT analysis

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การศึกษาที่ 1 ลักษณะพื้นฐานทางเศรษฐกิจและสังคม

ลักษณะพื้นฐานทางเศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อที่ทำการศึกษ พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ร้อยละ 81.00 เป็นเพศชาย มีอายุเฉลี่ย 50.83 ± 10.64 ปี จบการศึกษาในระดับประถมศึกษาร้อยละ 45.00 รองลงมาคือ ระดับมัธยมศึกษา ร้อยละ 29.00 และระดับปริญญาตรีหรือสูงกว่าร้อยละ 16.00 เป็นที่น่าสังเกตว่าเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อที่มีการศึกษาระดับปริญญาตรีหรือสูงกว่ามีจำนวนมากพอสมควร ซึ่งจะส่งผลต่อการยอมรับความรู้หรือเทคโนโลยีใหม่ ๆ เพื่อพัฒนาอาชีพการเลี้ยงโคเนื้อและสามารถต่อยอดไปสู่การพัฒนาตัวเกษตรกรให้เป็นสมาร์ทฟาร์มเมอร์ได้อย่างรวดเร็วมากยิ่งขึ้น ส่วนใหญ่เลี้ยงโคเนื้อเป็นอาชีพเสริมร้อยละ 76.00 โดยมีอาชีพหลักคือการทำนา เช่นเดียวกับเกษตรกรจังหวัดสุราษฎร์ธานี เลี้ยงโคเนื้อเป็นอาชีพเสริมจากการทำสวนปาล์มและยางพารา (โอภาส พิมพา และคณะ, 2552) รายได้เฉลี่ยรวมของครัวเรือนอยู่ในช่วง 50,001-100,000 บาท/ปี ร้อยละ 28.93 ส่วนใหญ่ร้อยละ 84.00 มีพื้นที่ถือครองทางการเกษตรเป็นของตนเอง โดยมีพื้นที่อยู่ในช่วง 1 ถึง 10 ไร่ ร้อยละ 56.50 ดังแสดงใน Table 1

Table 1 Socio-economic characteristics of beef cattle farmers in Phrae province.

Items	Categories	Frequency	Percentage
Gender	Male	162	81.00
	Female	38	19.00
Educational status	Primary school	90	45.00
	High school	58	29.00
	Vocational certificate	9	4.50
	High vocational certificate	11	5.50
	Bachelor degree or higher	32	16.00
Source of raising cattle income	Main income	48	24.00
	Supplement income	152	76.00
Household income (Baht/household/year)	≤50,000	53	26.90
	50,001-100,000	57	28.93
	100,001-150,000	43	21.82
	>150,000	44	22.34

Table 1 (continued).

Items	Categories	Frequency	Percentage
Agricultural land holdings	Have own land	168	84.00
	Missing leased	32	16.00
Agricultural land holding size (rais)	≤5	57	28.50
	6-10	56	28.00
	11-15	23	11.50
	>15	32	16.00

การศึกษาที่ 2 สภาพการเลี้ยง และการจัดการฟาร์ม

ข้อมูลสภาพการเลี้ยงและการจัดการฟาร์ม พบว่าเกษตรกรมีประสบการณ์ในการเลี้ยงน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5 ปี ร้อยละ 47.00 รองลงมา มีประสบการณ์การเลี้ยงมากกว่าสิบปี ร้อยละ 31.00 และมีประสบการณ์การเลี้ยง 6 ถึง 10 ปี ร้อยละ 22.00 มีวัตถุประสงค์ในการเลี้ยงเพื่อผลิตลูกขายมากที่สุด ร้อยละ 47.33 รองลงมาคือเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ร้อยละ 27.48 ขุนขายร้อยละ 23.66 และอื่น ๆ ร้อยละ 1.53 โดยลักษณะการเลี้ยงเป็นแบบกึ่งเชิงกึ่งปล่อยร้อยละ 79.00 ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ สมปอง สรวมศิริ และคณะ (2550) ที่รายงานไว้ว่า เกษตรกรในจังหวัดแพร่ส่วนใหญ่ทำการเลี้ยงโคเนื้อในลักษณะปล่อยตลอดทั้งปี ร้อยละ 79.30 แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรมีการพัฒนาระบบการเลี้ยงโคเนื้อที่เปลี่ยนแปลงไปจากเมื่อสิบปีก่อน และมีการจัดบันทึกข้อมูลฟาร์มร้อยละ 52.00 ซึ่งแตกต่างกับเกษตรกรในจังหวัดศรีสะเกษ (จำนงค์ จังอินทร์ และสุริย์รัตน์ สืบสุนทร, 2558) จังหวัดนครปฐม (ภูษณิศ กาญจนโกมล และนิสาชล ศรีอ่อน, 2557) และจังหวัดสกลนคร (ศรีวิทย์ วุฒา และคณะ, 2555) ที่พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ไม่มีการจัดบันทึกข้อมูลฟาร์ม (ร้อยละ 78.50, 68.41 และ 71.60 ตามลำดับ) เนื่องจากเกษตรกรในจังหวัดแพร่มีการจัดระบบการเลี้ยงแบบประณีตเพิ่มมากขึ้นและเริ่มเล็งเห็นถึงความสำคัญของการจัดบันทึกข้อมูลการเลี้ยงโคภายในฟาร์มทั้งข้อมูลประจำตัวสัตว์และข้อมูลการจัดการต่าง ๆ เพื่อรองรับการพัฒนาเกษตรกรให้เป็นสมาร์ทฟาร์มเมอร์ สามารถนำข้อมูลเหล่านั้นมาประเมินประสิทธิภาพและวางแผนการผลิตทั้งในส่วนของฟาร์มเกษตรกรเองและในภาพรวมของจังหวัดได้ สำหรับขนาดฟาร์ม พบว่าเป็นฟาร์มขนาดเล็กจำนวนโคไม่เกิน 5 ตัวมากที่สุด ร้อยละ 35.50 รองลงมาเป็นฟาร์มขนาดกลางจำนวนโค 6-10 ตัว ร้อยละ 33.50 และฟาร์มขนาดใหญ่จำนวนโคมากกว่า 10 ตัว ร้อยละ 31.00 แรงงานที่ใช้ในฟาร์มเป็นแรงงานในครอบครัวร้อยละ 77.50 เนื่องจากจำนวนโคที่เลี้ยงมีปริมาณไม่มาก ทำให้การใช้เพียงแรงงานในครอบครัวสามารถดูแลโคได้อย่างทั่วถึง การทำแปลงหญ้า เกษตรกรส่วนใหญ่มีการทำแปลงหญ้าร้อยละ 70.00 ซึ่งพื้นที่ที่ใช้ปลูกหญ้าจะอยู่ในช่วง 1 ถึง 10 ไร่ ร้อยละ 91.43 คล้ายคลึงกับกลุ่มผู้เลี้ยงโคเนื้อในเขตอำเภอคูเมือง และอำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ ที่มีพื้นที่ปลูกพืชอาหารสัตว์น้อยกว่า 10 ไร่ (จรัส สว่างทัพ, 2558) การให้อาหาร เกษตรกรจะให้อาหารหยาบเพียงอย่างเดียว ร้อยละ 55.50 รองลงมาให้อาหารหยาบควบคู่ไปกับอาหารข้นร้อยละ 40.00 สอดคล้องกับการรายงานของ เทียนทิพย์ ไกรพรหม และคณะ (2557) ที่ได้ศึกษาสภาพการเลี้ยงโคเนื้อของเกษตรกรในจังหวัดปัตตานี พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ให้หญ้าเพียงอย่างเดียวร้อยละ 51.20 เช่นเดียวกับการศึกษาในจังหวัดพัทลุงที่พบว่าเกษตรกรร้อยละ 75.00 ให้อาหารหยาบเพียงอย่างเดียว (ชฎารัตน์ บุญจันทร์, 2552) เกษตรกรส่วนใหญ่มีการสำรองอาหารหยาบ เช่น ฟางข้าว เปลือกข้าวโพด ไม้ในหน้าแล้ง ร้อยละ 84.00 เพื่อป้องกันการขาดแคลนอาหารในช่วงหน้าแล้งที่กินเวลานาน และมีเพียงร้อยละ 16.00 ที่ไม่มีการสำรองอาหารหยาบ เช่นเดียวกับเกษตรกรในจังหวัดสมุทรสงคราม ที่มีการสำรองฟางข้าวไว้ใช้ในยามขาดแคลน (รัตนาน นึกเร็ว และจิรสิน พันธุ์โสตา, 2555) สำหรับเป้าหมายการเลี้ยงในอนาคต เกษตรกรมีเป้าหมายที่จะเลี้ยงเพิ่มขึ้นร้อยละ 87.00 มีเกษตรกรที่ยังคงไม่แน่ใจร้อยละ 12.50 และมีเพียง 1 ราย ที่มีเป้าหมายจะเลี้ยงลดลง คิดเป็นร้อยละ 0.50 จะเห็นได้ว่าเกษตรกรส่วนใหญ่มีเป้าหมายที่จะเพิ่มจำนวนการเลี้ยงโคเนื้อให้มากขึ้น อาจเนื่องมาจากจังหวัดมีนโยบายส่งเสริมการเลี้ยงโคเนื้อคุณภาพดี ทำให้เกษตรกรมีความมั่นใจเพิ่มมากขึ้นนั่นเอง ดังแสดงใน Table 2

Table 2 Farm characteristics of beef cattle farmers in Phrae province.

Items	Categories	Frequency	Percentage
Farm experienced (years)	≤5	94	47.00
	6-10	44	22.00
	>10	62	31.00
Purpose for raising	Fattening	62	23.66
	Stocker	72	27.48
	Cow-calf	124	47.33
	Others	4	1.53
Raising system	Intensive	28	14.00
	Semi intensive	158	79.00
	Extensive	14	7.00
Pedigree records	No recorded	96	48.00
	Recorded	104	52.00
Farm size	Small (≤5 heads)	71	35.50
	Medium (6-10 heads)	67	33.50
	Large (>10 heads)	62	31.00
Labor use	Family labor	155	77.50
	Hired labor	45	22.50
Farmer create pasture	No created pasture	140	70.00
	Have created pasture	60	30.00
Pasture area (rais)	≤10	128	91.43
	11-20	5	3.57
	21-30	6	4.29
	>30	1	0.71
Type of feeds	Roughage	111	55.50
	Concentrate and Roughage	80	40.00
	TMR	9	4.50
Roughage reservation	Yes	168	84.00
	No	32	16.00
Future raising	Raising more	174	87.00
	Raising less	1	0.50
	Not sure	25	12.50

ปริมาณโคเนื้อในพื้นที่ที่ทำการศึกษาก่อของเกษตรกรทั้งหมด 200 ราย มีโคเนื้อทั้งหมดจำนวน 2,128 ตัว เป็นแม่พันธุ์ 1,142 ตัว (ร้อยละ 53.67) โคหนุ่ม 269 ตัว (ร้อยละ 12.64) โคสาว 248 ตัว (ร้อยละ 11.65) พ่อพันธุ์ 195 ตัว (ร้อยละ 9.16) ลูกโคเพศผู้ 158 ตัว (ร้อยละ 7.43) และลูกโคเพศเมีย 116 ตัว (ร้อยละ 5.45) ตามลำดับ (Figure 1A) สามารถจำแนกจำนวนตามพันธุ์ของโคพบว่า เป็นโคพันธุ์ลูกผสม 1,753 ตัว (ร้อยละ 82.38) พันธุ์แท้ 233 ตัว (ร้อยละ 10.95) และพันธุ์พื้นเมือง 142 ตัว (ร้อยละ 6.67) ตามลำดับ (Figure 1B) เมื่อพิจารณาเฉพาะโคพันธุ์ลูกผสม พบว่าเป็นโคลูกผสมพื้นเมืองบราห์มันมากที่สุด 1,178 ตัว (ร้อยละ 67.20) รองลงมาคือลูกผสมพื้นเมืองแองกัส 272 ตัว (ร้อยละ 15.51) ลูกผสมพื้นเมืองชาร์โลเลส์ 214 ตัว (ร้อยละ 12.21) และลูกผสมพันธุ์อื่น ๆ 89 ตัว (ร้อยละ 5.08) ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดแพร่ยังคงนิยมเลี้ยงโคลูกผสมพื้นเมืองบราห์มันมากที่สุด เช่นเดียวกับเกษตรกรในจังหวัดอื่น ๆ ของประเทศไทย เช่น ฉะเชิงเทรา (ธเนศ โพธิ์ทอง และคณะ, 2556) และระยอง (दनัยศักดิ์ เย็นใจ และภาณุ อินทฤทธิ์, 2558) (Figure 1C)

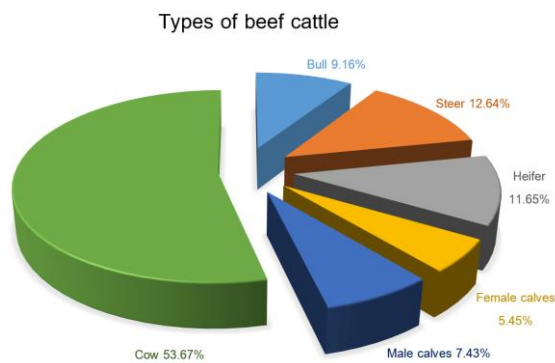


Figure 1A Number of beef cattle classified by types.

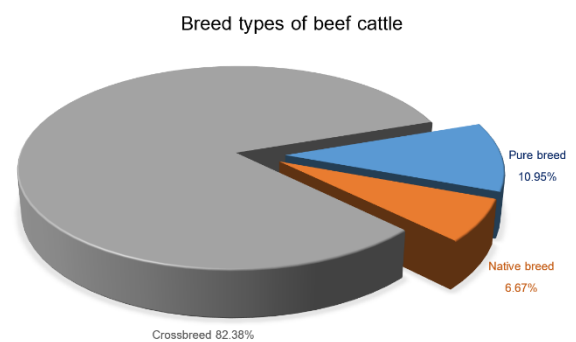


Figure 1B Number of beef cattle classified by breed types.

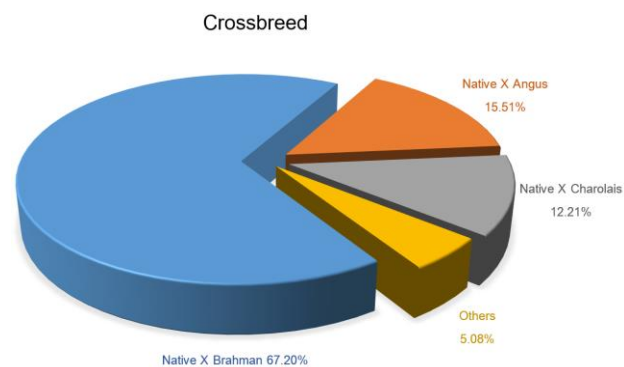


Figure 1C Number of crossbreed beef cattle.

การศึกษาเรื่องการผลิตพันธุ์โรค และการสุขภาพพบว่าการผสมพันธุ์โดยใช้วิธีการผสมเทียมร้อยละ 67.50 และใช้พ่อพันธุ์ร้อยละ 32.50 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในพื้นที่ต่าง ๆ เช่น จังหวัดฉะเชิงเทราพบว่าการผสมเทียมร้อยละ 52.67 (ธเนศ โพธิ์ทอง และคณะ, 2556) จังหวัดศรีสะเกษใช้วิธีการผสมเทียมร้อยละ 59.50 (จำนงค์ จังอินทร์ และ สุรวิทย์ สืบสุนทร, 2558) และจังหวัดนครปฐมใช้วิธีการผสมเทียมร้อยละ 86.09 (ภูษณิศ กาญจนโกมล และนิสาชล ศรีอ่อน, 2559) โดยมีเจ้าหน้าที่ทำการผสมเทียมให้ ร้อยละ 97.03 และมีเกษตรกรเพียงร้อยละ 2.96 ที่สามารถทำการผสมเทียมได้เอง มีการทำวัคซีนเพื่อป้องกันโรคในฟาร์ม ร้อยละ 81.00 ซึ่งวัคซีนที่ทำส่วนใหญ่เป็นวัคซีนโรคปากเท้าเปื่อยร้อยละ 91.36 รองลงมา เป็นวัคซีนโรคคอบวมร้อยละ 4.32 และวัคซีนโรคผิวหนังร้อยละ 2.47 โดยมีเจ้าหน้าที่เป็นผู้ทำวัคซีนให้ร้อยละ 73.46 และ เกษตรกรทำวัคซีนเองร้อยละ 26.54 สำหรับการตรวจโรคในฟาร์ม พบว่ามีฟาร์มเกษตรกรร้อยละ 67.00 ที่เคยได้รับการตรวจโรค แต่ก็ยังพบการแพร่ระบาดของโรคปากเท้าเปื่อยในฟาร์มของเกษตรกรร้อยละ 90.48 และโรคแท้งติดต่อร้อยละ 9.52 เช่นเดียวกับการศึกษาในจังหวัดกาญจนบุรี พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่มีการทำวัคซีนป้องกันโรคปากเท้าเปื่อยร้อยละ 84.9 แต่ยังพบว่าการระบาดของโรคปากเท้าเปื่อยในฟาร์มร้อยละ 80.00 (กรรณิกา เมฆแดง และคณะ, 2555) ข้อมูลการถ่ายพยาธิ พบว่าร้อยละ 87.50 มีการถ่ายพยาธิสองครั้งต่อปี ทั้งพยาธิภายในและพยาธิภายนอก ดังแสดงใน Table 3

Table 3 Mating methods, diseases, and farm sanitation.

Items	Categories	Frequency	Percentage
Mating methods	AI	135	67.50
	Natural	65	32.50
AI service	In service	131	97.03
	Farmer	4	2.96
Vaccination	Yes	162	81.00
	No	38	19.00

Table 3 (continued).

Items	Categories	Frequency	Percentage
Type of vaccination	Foot and mouth disease	148	91.36
	Haemorrhagic septicemia	7	4.32
	Tuberculosis	4	2.47
	Others	3	1.85
Vaccination service	In service	119	73.46
	Farmer	43	26.54
Health check by livestock officer	Checked	134	67.00
	No checked	66	33.00
Outbreaks of disease type	Foot and mouth disease	19	90.48
	Brucellosis	2	9.52
Deworming programs	Yes	175	87.50
	No	25	12.50

การศึกษาที่ 3 ปัญหาและอุปสรรคในการเลี้ยงโคเนื้อของเกษตรกร

จากการศึกษาปัญหาและอุปสรรคในการเลี้ยงโคเนื้อของเกษตรกร พบปัญหาเกี่ยวกับการขาดแคลนอาหารหยาบ ในช่วงฤดูแล้งมากที่สุด (ร้อยละ 23.61) รองลงมามีปัญหาขาดเงินทุน (ร้อยละ 12.50) เกิดการแพร่ระบาดของโรคในฟาร์ม (ร้อยละ 12.04) ขาดความรู้เรื่องการจัดการฟาร์ม (ร้อยละ 10.19) ราคาขายไม่แน่นอน (ร้อยละ 9.72) ไม่ได้รับการบริการจากสัตวแพทย์ (ร้อยละ 8.79) ต้นทุนค่าอาหารสูง (ร้อยละ 8.33) ขาดพ่อแม่พันธุ์ (ร้อยละ 8.33) และไม่มีข้อมูลทางด้านการตลาด (ร้อยละ 6.48) ตามลำดับ ดังแสดงใน Figure 2 สอดคล้องกับ ธเนศ โพธิ์ทอง และคณะ (2556) ที่ศึกษาความต้องการส่งเสริมการเลี้ยงโคเนื้อของเกษตรกรในจังหวัดฉะเชิงเทรา พบว่าเกษตรกรมักขาดพ่อโคพันธุ์ดี ขาดพื้นที่เลี้ยงสัตว์ และขาดเมล็ดพันธุ์พืชอาหารสัตว์ เช่นเดียวกับการศึกษาการจัดการการผลิตโคเนื้อแบบเชิงคอกและโคเนื้อแบบปล่อยฝูงในจังหวัดกาญจนบุรีและมหาสารคาม ที่รายงานไว้ว่า เกษตรกรที่เลี้ยงโคเนื้อแบบปล่อยฝูงมักประสบปัญหาขาดแคลนหญ้า พื้นที่ในการเลี้ยง รวมถึงขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้ง ส่วนการเลี้ยงแบบเชิงคอกนั้นประสบปัญหาอาหารข้นมีราคาแพง (กรรณิกา เมฆแดง และคณะ, 2555; นภาพร เวชกามา และคณะ, 2560)

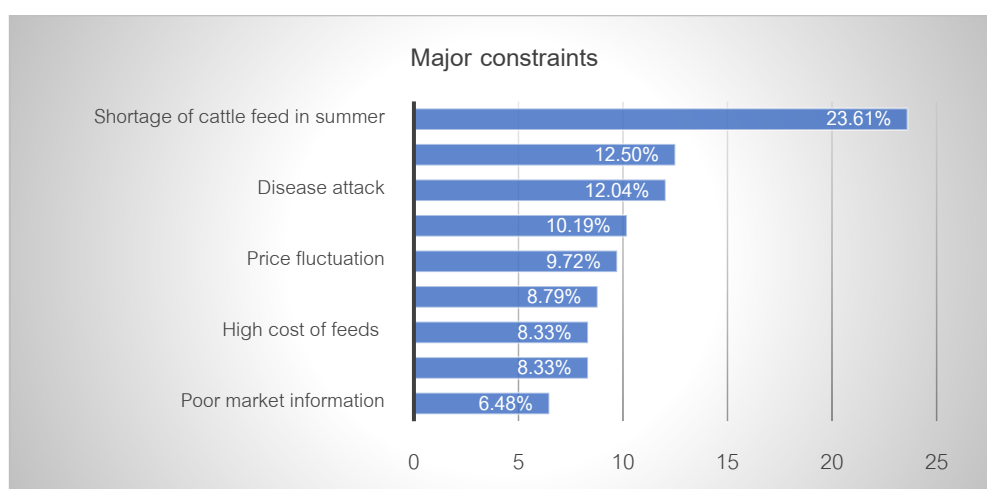


Figure 2 Major constraints of beef cattle farmers in Phrae province.

การศึกษาที่ 4 การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมและศักยภาพ (SWOT analysis)

จุดแข็ง (Strength) คือ เกษตรกรมีการรวมกลุ่มจัดตั้งเป็นสหกรณ์โคเนื้อคุณภาพดีจังหวัดแพร่ เพื่อทำให้เกิดความเข้มแข็งของกลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อ ตามแผนพัฒนาของจังหวัดแพร่ที่มีนโยบายส่งเสริมเกษตรกรให้สามารถสร้างรายได้ในครัวเรือนควบคู่ไปกับการประกอบอาชีพเลี้ยงโคเนื้อ โดยการปรับปรุงพันธุ์และสร้างอัตลักษณ์ให้เป็นโคเนื้อคุณภาพดี ซึ่งเน้นไปที่การเลี้ยงโคลูกผสมสายพันธุ์แอ่งก๊ส ที่รู้จักกันในชื่อ “โคดำเมืองแพร่” หรือ “แบล็คโคคัย” และยังมีการสนับสนุนจากหน่วยงานต่าง ๆ เช่น กรมปศุสัตว์ มหาวิทยาลัย ที่ทำการวิจัยและพร้อมถ่ายทอดความรู้ให้แก่เกษตรกร

จุดอ่อน (Weaknesses) คือ การเลี้ยงโคเนื้อของเกษตรกรส่วนใหญ่ยังขาดการวางแผนการผลิตหรือกำหนดเป้าหมายการผลิตที่ชัดเจน ทำให้ไม่สามารถควบคุมคุณภาพและปริมาณการผลิตได้ ในขณะเดียวกันเกษตรกรส่วนใหญ่ยังมีประสบการณ์ในการเลี้ยงน้อย ทำให้ขาดความรู้และทักษะเกี่ยวกับการจัดการในด้านต่าง ๆ เช่น การจัดการด้านสุขภาพ อาหาร และพันธุ์โค อีกประการหนึ่งคือ ยังขาดการพัฒนากระบวนการข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตโคเนื้อในพื้นที่จังหวัดแพร่ ซึ่งระบบฐานข้อมูลเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยวางแผนการผลิตรวมไปถึงระบบการตรวจสอบย้อนกลับต่อไปในอนาคตได้ เพื่อเตรียมพร้อมในการสร้างมาตรฐานการผลิตไปสู่ระดับสากล

โอกาส (Opportunities) คือ ประเทศเพื่อนบ้านของไทย เช่น จีน และเวียดนาม มีปริมาณการบริโภคเนื้อสูง ประกอบกับการเปิดประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน ช่วยเพิ่มโอกาสทางการค้าให้กับสินค้าปศุสัตว์ ทำให้ประเทศไทยมีโอกาสส่งออกโคเนื้อไปขายยังต่างประเทศได้มากขึ้น อีกทั้งยังเป็นโอกาสของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อจังหวัดแพร่ในการเพิ่มการผลิตโคเนื้อเพื่อส่งออก มีการสร้างโรงฆ่าสัตว์มาตรฐาน เพื่อรองรับปริมาณการผลิตโคเนื้อภายในจังหวัดที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่ามีจำนวนเกษตรกรที่จบการศึกษาระดับปริญญาตรีหรือสูงกว่ามากพอสมควร ซึ่งจะทำให้การส่งเสริมเกษตรกรให้เป็นสมาร์ทฟาร์มเมอร์ได้ง่ายยิ่งขึ้น

อุปสรรค (Threats) คือ การขาดแคลนแหล่งอาหารหยาบให้โคกินในช่วงฤดูแล้ง ทำให้โคมีการเจริญเติบโตช้า ใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงนาน เกษตรกรรายย่อยขาดแหล่งเงินทุนที่ใช้ในการเพิ่มปริมาณการเลี้ยง มีการขาดแคลนพ่อแม่โคพันธุ์ดีที่เหมาะสมกับความต้องการของตลาด และยังมีการเกิดโรคระบาดอยู่ในพื้นที่ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อส่งออกเนื้อโคไปขายยังต่างประเทศ

สรุปผลการศึกษา

เกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อในจังหวัดแพร่ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย อายุเฉลี่ย 50.83 ปี มีการเลี้ยงเป็นฟาร์มขนาดเล็ก โดยใช้แรงงานภายในครอบครัว ลักษณะการเลี้ยงเป็นแบบกึ่งเชิงกึ่งปล่อย มีการเลี้ยงเพื่อขายลูกเป็นอาชีพเสริมจากการทำนา มีการเตรียมแปลงหญ้าและการสำรองฟางข้าวไว้ให้โคกิน แต่ยังมีปัญหาเกี่ยวกับการขาดแคลนอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้ง โคที่เลี้ยงส่วนใหญ่เป็นโคแม่พันธุ์ลูกผสมพื้นเมืองบราห์มัน เกษตรกรมีการรวมกลุ่มกันจัดตั้งเป็นสหกรณ์ผลิตโคขุนคุณภาพดี ที่รู้จักกันในชื่อ “โคดำเมืองแพร่” หรือ “แบล็คโคคัย” ซึ่งเป็นจุดแข็งของการเลี้ยงโคคุณภาพในจังหวัดแพร่ จากปริมาณความต้องการบริโภคเนื้อโคคุณภาพที่สูงขึ้นของประเทศเพื่อนบ้าน การเปิดประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน รวมไปถึงการมีโรงฆ่าสัตว์มาตรฐานในพื้นที่ จะเป็นการเพิ่มโอกาสที่ดีให้แก่เกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อคุณภาพ อย่างไรก็ตาม เกษตรกรยังมีประสบการณ์ในการเลี้ยงน้อย และมีปัญหาเกี่ยวกับการขาดแคลนอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้ง รวมถึงแหล่งเงินทุนที่ใช้ในการผลิต เพื่อตอบสนองกับความต้องการบริโภคเนื้อโคที่เพิ่มขึ้นในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อในพื้นที่จังหวัดแพร่ที่เสียสละเวลาให้ข้อมูล ขอขอบคุณนิสิตสาขาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ ในการลงพื้นที่สัมภาษณ์เกษตรกร และสำนักงานปศุสัตว์จังหวัดพะเยา งบประมาณปี พ.ศ. 2561 ที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมปศุสัตว์. 2555. ยุทธศาสตร์โคเนื้อ พ.ศ. 2555-2559. กรุงเทพฯ: สำนักส่งเสริมและพัฒนาการปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
กรมปศุสัตว์. 2560. ข้อมูลจำนวนปศุสัตว์ในประเทศไทย ปี 2560. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
กรมปศุสัตว์ และสถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์. 2560. ยุทธศาสตร์กรมปศุสัตว์ พ.ศ. 2561-2565. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
กรรณิกา เมฆแดง, จิตมา กันตนามัลลกุล และอจจา โพธิ์ดี. 2555. การจัดการการผลิตโคเนื้อแบบชังคอกและโคเนื้อแบบปล่อยฝูงในอำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี. ใน รายงานการประชุมเสนองานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา. น. 1-12. อาคารสัมพันธ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

- จรัส สว่างทัพ. 2558. การศึกษาการพัฒนาการประกอบอาชีพเลี้ยงโคเนื้อของเกษตรกร โดยวิธีการจัดการความรู้ กรณีศึกษา กลุ่มผู้เลี้ยงโคเนื้อในเขตอำเภอคูเมือง และอำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์. ใน *รายงานการประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 17 และการสัมมนาวิชาการเพื่อเผยแพร่งานวิจัยสู่ชุมชน ครั้งที่ 5*. น. 545-560. มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์, บุรีรัมย์.
- จำนงค์ จังอินทร์ และสุริย์รัตน์ สืบสุนทร. 2558. ศึกษาแนวทางการพัฒนาศักยภาพการเลี้ยงโคเนื้อของเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดศรีสะเกษ เพื่อรองรับการก้าวสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน. 29 หน้า.
- ชฎารัตน์ บุญจันทร์. 2552. ระบบเกษตรและสภาพการเลี้ยงโคเนื้อของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อพื้นเมือง และโคเนื้อลูกผสม อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาพัฒนาการเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- दनัยศักดิ์ เย็นใจ และภาณุ อินทฤทธิ์. 2558. การศึกษาสภาพการเลี้ยงโค และความต้องการส่งเสริมการเลี้ยงโคเนื้อของเกษตรกร ในอำเภอนิคมพัฒนา จังหวัดระยอง. 39 หน้า.
- เทียนทิพย์ ไกรพรหม, สาริมาณ ชื่อนา, อารีพิน มะทา และหะไซเราะ หะมะโสะ. 2557. การสำรวจสภาพการเลี้ยงโคเนื้อของเกษตรกรในจังหวัดปัตตานี. *สงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์* 20: 141-160.
- ธเนศ โพธิ์ทอง, วิโรจน์ ประยูรวิวัฒน์ และนงนุช ยอยผา. 2556. ความต้องการส่งเสริมการเลี้ยงโคเนื้อของเกษตรกรในอำเภอแปลงยาว อำเภอพนมสารคาม อำเภอสนามชัยเขต และอำเภอท่าตะเกียบ จังหวัดฉะเชิงเทรา. *กรมปศุสัตว์จังหวัดฉะเชิงเทรา*. 44 หน้า.
- นฤมล อินตรา, ประสิทธิ์ ยิ้มเกตุ, วัชรระ ศิริกุล, นิกธ สางห้วยไพร และสุวิษ บุญโปร่ง. 2555. ความต้องการส่งเสริมการเลี้ยงโคของเกษตรกรในอำเภอแก่งคอย และวังม่วง จังหวัดสระบุรี. 25 หน้า.
- นภาพร เวชกามา, อีระรัตน์ ชิดแสน และวันทนี พลวิเศษ. 2560. การผลิตและการจัดการโคเนื้อแบบขังคอกและแบบปล่อยฝูงของเกษตรกรอำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม. *แก่นเกษตร* 45(1): 1476-1482.
- ภูษณิศ กาญจนโกลม และนิสาชล ศรีอ่อน. 2559. การประเมินสภาพการจัดการฟาร์มโคเนื้อของเกษตรกรจังหวัดนครปฐม. *กรมปศุสัตว์ จังหวัดนครปฐม*. 32 หน้า.
- รัตน นึกเร็ว และจิรสิน พันธุ์โสตา. 2555. รายงานการวิจัย การศึกษาสภาพการเลี้ยงโคพื้นเมืองและความพึงพอใจของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคพื้นเมืองในจังหวัดสมุทรสงคราม. น. 1-21. *สมุทรสงคราม: สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดสมุทรสงคราม*.
- ศรีวิทย์ วุฒรา, เขียวฤทธิ เกตุดี, วัชรารุช พรวาปี, นรินทร์ สารผล, ชัยวัฒน์ วงศ์วิเศษ, วรุฒิ งามะพันธ์, วุฒินันท์ ศรีทองอุ่น และสาวิณี โยธาไพร. 2555. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ การศึกษาแนวทางการแก้ปัญหาการผลิตลูกโคเนื้อ เพื่อป้องกันระบบการขุนโคในจังหวัดสกลนคร. น. 1-21. *สกลนคร: สำนักงานธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (ธ.ก.ส.) จังหวัดสกลนคร ฝ่ายกิจการสาขาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน*.
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2559. *แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่สิบสอง พ.ศ. 2560-2564*. กรุงเทพฯ: สำนักนายกรัฐมนตรี.
- สมปอง สรวมศิริ, ไพโรจน์ ศิลมัน, อุดร วงศ์นาค และวรวรรณ สิงห์พันธุ์. 2550. รายงานการวิจัย ระบบการผลิตและโอกาสทางการตลาดในการผลิตเนื้อโคพื้นเมืองในเขตจังหวัดภาคเหนือ (เชียงใหม่-แพร่). น. 1-49. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).
- โอภาส พิมพา, บรรเทง ทิพย์มณฑิยา, สาโรจน์ เรืองสุวรรณ และณัฐยา ยวงโย. 2552. รายงานการวิจัย สภาพการผลิตโคเนื้อและเนื้อโคของจังหวัดสุราษฎร์ธานี. น. 1-165. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).

วันรับบทความ (Received date) : 23 ต.ค. 61

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 23 พ.ค. 62

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 25 มิ.ย. 62

ตลาดโคเนื้อของประเทศไทย

Beef Cattle Market in Malaysia

เถลิงศักดิ์ อังกูรเศรณี¹ อารงค์ เมฆโหรา² และธานี ภาคอุทัย³Talermsak Angkurasanee¹ Thamrong Mekhora² and Thanee Pak-uthai³

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสถานการณ์ตลาดโคเนื้อของประเทศไทย โดยวิธีการสำรวจภาคสนาม (field survey) ณ ประเทศไทย ใช้การสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) ร่วมกับการสุ่มตัวอย่างแบบสโนว์บอลหรือแบบลูกโซ่ (snowball or chain sampling) จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่เกี่ยวข้องกับธุรกิจการนำเข้าและส่งออกโคเนื้อมีชีวิตระหว่างประเทศไทยและมาเลเซียจำนวน 30 ราย ใช้วิธีการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ (informal interview) การสัมภาษณ์แบบทางการ (formal interview) และการสัมภาษณ์เชิงลึก (in-depth interview) ร่วมกับการสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วม (non-participant observation) และการสังเกตแบบมีส่วนร่วม (participant observation) พบว่า ประเทศไทยนำเข้าโคมีชีวิตเพื่อการบริโภคภายในประเทศ 2 วัตถุประสงค์ คือ 1) พิธีกรรมทางศาสนา (อีดิลอัฎฮา; โค قربาน) และ 2) การบริโภคภายในประเทศ เส้นทางหลักสำหรับการนำเข้าโคมีชีวิตจากประเทศออสเตรเลีย อินโดนีเซีย สหภาพเมียนมา และประเทศไทยในปัจจุบันมีอยู่ 3 เส้นทางหลัก ได้แก่ 1) นำเข้าและส่งออกทางชายแดนระหว่างประเทศไทยกับรัฐเคดาห์ (Kedah) 2) นำเข้าจากสหภาพเมียนมาโดยการขนส่งทางเรือไปยังรัฐปีนัง (Penang) และ 3) นำเข้าจากประเทศออสเตรเลียจากเมือง Darwin และเมือง Broom และประเทศอินโดนีเซียโดยการขนส่งทางเรือไปยังรัฐยะโฮร์บาห์รู (Johor Bahru) แต่ในช่วงทำการสำรวจ (พ.ศ. 2557-2558) เป็นช่วงที่สาธารณรัฐประชาชนจีนมีความต้องการโคเนื้อจำนวนมาก ประเทศไทยจึงมีการส่งออกโคเนื้อที่นำเข้ามาจากประเทศออสเตรเลียไปสาธารณรัฐประชาชนจีนและประเทศเวียดนามโดยผ่านประเทศไทย

คำสำคัญ: ตลาด โคเนื้อ มาเลเซีย

Abstract

The objective of this research was to study the market conditions of the beef cattle industry in Malaysia. The data were collected by the field survey method in Malaysia, and purposive sampling and snowball or chain sampling techniques were used. In this research, 30 samples related to the import and export business (between Thailand and Malaysia) of live beef cattle were used. Data were collected by informal interviews, formal interviews, in-depth interviews, non-participant observation, and participant observation. It was found that Malaysia imported live beef cattle for two purposes: 1) religious events (Eid al adha) and 2) domestic consumption. The main import routes, which were from Australia, Indonesia, Myanmar, and Thailand, were broken down into three routes: 1) import and export on the borders between Thailand and Kedah, 2) imports from Myanmar to Penang via shipping; and 3) imports from Australia (Darwin and Broom Cities) and Indonesia to Johor Bahru (Johor) via shipping. At the time of the survey (2014-2015), there was a strong demand for beef in China. Malaysia exported beef cattle, which were imported from Australia, to China and Vietnam passing through Thailand.

Keywords: market, beef cattle, Malaysia

¹ สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช อ. ปากเกร็ด จ. นนทบุรี 11120

² คณะการบริหารและจัดการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

³ กรมปศุสัตว์ เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400

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

² Faculty Administration and Management, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Ladkrabang, Bangkok, 10520

³ Department of Livestock Development, Ratchathewi, Bangkok 10400

*Corresponding author, Email: talermsak.ang@stou.ac.th

คำนำ

การพัฒนาของประเทศในกลุ่มอาเซียนที่มีดินแดนติดต่อกันระหว่างปี พ.ศ. 2548-2558 พบว่า จำนวนประชากรและรายได้มีการเพิ่มขึ้นเห็นได้อย่างชัดเจน โดยประเทศมาเลเซียมีประชากรเพิ่มขึ้นมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มประเทศอาเซียน ร้อยละ 18.28 (ประชากรประมาณ 31.7 ล้านคน) รองลงมาคือ สปป.ลาว กัมพูชา เวียดนาม สหภาพเมียนมา และประเทศไทย ร้อยละ 14.48 (6.8 ล้านคน), 13.62 (15.6 ล้านคน), 10.07 (92.7 ล้านคน), 6.31 (53.9 ล้านคน) และ 4.58 (65.9 ล้านคน) ตามลำดับ ในขณะที่รายได้เฉลี่ยต่อปีของประชาชนสหภาพเมียนมาเพิ่มขึ้นมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับรายได้ของประชาชนในประเทศนั้น ๆ เท่ากับร้อยละ 78.98 (1,308.7 USD) รองลงมา คือ สปป.ลาว เวียดนาม กัมพูชา มาเลเซีย และประเทศไทย เท่ากับร้อยละ 60.52 (1,531.2 USD), 45.06 (1,684.9 USD), 41.07 (1,020.9 USD), 26.47 (10,878.4 USD) และ 22.02 (5,775.1 USD) ตามลำดับ (Trading economics, 2016) ส่งผลให้มีความต้องการโคมีชีวิตเพื่อนำไปแปรรูปเป็นเนื้อโคเพิ่มมากขึ้น ปี พ.ศ. 2549 ประเทศไทยมีประชากรโคเนื้อประมาณ 8.036 ล้านตัว แต่ในปี พ.ศ. 2558 มีประชากรโคเนื้อลดลงเหลือประมาณ 4.407 ล้านตัว การประมาณการผลิตเนื้อโคประมาณ 150,000 ตันต่อปี ในขณะที่ปริมาณความต้องการบริโภคภายในประเทศประมาณ 170,009 ตันต่อปี (กรมปศุสัตว์, 2559) อย่างไรก็ตาม มีการศึกษาศักยภาพการเลี้ยงโคเนื้อของประเทศไทยซึ่งมีความแข็งแกร่งด้านการผลิตมากที่สุดในกลุ่มอาเซียน ได้แก่ มีโคเนื้อพันธุ์ดี วัตถุดิบเพื่อการเลี้ยงโคเนื้อในปริมาณมาก และมีความรู้ทักษะการเลี้ยง จึงส่งผลให้มีศักยภาพการผลิตโคเนื้อเพื่อการส่งออกในตลาดอาเซียนโดยเฉพาะประเทศที่มีชายแดนติดกับประเทศไทย (คณะอนุกรรมการพิจารณาศึกษาผลผลิตทางการเกษตร, 2560)

ประเทศมาเลเซียเป็นประเทศหนึ่งในกลุ่มสมาชิกอาเซียนที่มีชายแดนติดกับประเทศไทย และเป็นพื้นที่เป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้ เนื่องจากประเทศมาเลเซียเป็นตลาดโคเนื้อมีชีวิตของประเทศไทยมาอย่างยาวนาน มีการส่งออกโคมีชีวิตไปประเทศมาเลเซียเพื่อการบริโภคและพิธีกรรมทางศาสนา (โค قربาน) ประมาณ 200,000 ตัวต่อปี (ไชยวรรณ วัฒนจันทร์ และคณะ, 2556) ประเทศมาเลเซียเป็นตลาดที่มีศักยภาพเพราะประชากรส่วนใหญ่นับถือศาสนาอิสลาม นิยมบริโภคเนื้อโค และมีอำนาจซื้อสูง นอกจากนี้ ยังมีชายแดนติดต่อกับประเทศไทยจึงส่งผลให้การขนส่งโคเนื้อมีความสะดวก ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมข้อมูล สถานการณ์การค้าชายแดน สถานการณ์การผลิต และตลาดโคเนื้อของประเทศไทยที่เกี่ยวข้องกับประเทศไทย เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดนโยบายและกลยุทธ์ในการพัฒนาอุตสาหกรรมโคเนื้อ ด้านการค้าและการส่งออกโคเนื้อไปประเทศมาเลเซีย

วิธีการศึกษา

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เริ่มต้นจากค้นคว้าข้อมูลทุติยภูมิโดยการทบทวนวรรณกรรม เอกสารรายงานผลการประเมินผลของหน่วยงานหลัก คือ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ข้อมูลรายงานประจำปีของกรมปศุสัตว์ และใช้บุคคลอ้างอิงของหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง เมื่อมีข้อมูลเบื้องต้นเพียงพอจึงเดินทางเข้าไปสำรวจภาคสนาม (field survey) ณ ประเทศมาเลเซีย โดยการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) (Boyce and Naele, 2006) ร่วมกับการสุ่มตัวอย่างแบบสโนว์บอลหรือแบบลูกโซ่ (snowball or chain sampling) (Birnackai and Walnorf, 1981) เพื่อให้เข้าถึงกลุ่มตัวอย่างที่เกี่ยวข้องกับธุรกิจการนำเข้าและส่งออกโคเนื้อมีชีวิตระหว่างประเทศไทยและมาเลเซียจำนวน 30 ราย ที่เป็นตัวแทนที่เกี่ยวข้องกับธุรกิจโคเนื้อที่ดีเพื่อเป็นการนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และสรุปผลได้อย่างเที่ยงตรง และค้นหาข้อเท็จจริงโดยตรงจากแหล่งผลิตและตลาดโคเนื้อ 10 ราย ร่วมกับเจ้าหน้าที่ของรัฐ 10 ราย และเจ้าของธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับการผลิตและค้าโคมีชีวิต รวมทั้งการนำเข้าและส่งออกเนื้อโคของประเทศมาเลเซีย 10 ราย เพื่อการได้มาของข้อมูลตรงกับประเด็นเพื่อตอบวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ในการศึกษาครั้งนี้ โดยใช้วิธีการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ (informal interview) การสัมภาษณ์แบบทางการ (formal interview) และการสัมภาษณ์เชิงลึก (in-depth interview) ร่วมกับการสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วม (non-participant observation) และการสังเกตแบบมีส่วนร่วม (participant observation)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

สถานการณ์การผลิตโคเนื้อของประเทศมาเลเซีย

ประเทศมาเลเซียมีปริมาณการผลิตโคเนื้อน้อยเป็นอันดับที่ 3 ในอาเซียน รองจากประเทศบรูไนและสิงคโปร์ มีปริมาณประชากรโคเนื้อน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับสหภาพเมียนมา อินโดนีเซีย เวียดนาม ไทย กัมพูชา ฟิลิปปินส์ และ สปป.ลาว (Table 1) ในขณะที่มีปริมาณการบริโภคเนื้อโคสูงกว่าปริมาณการผลิตมาก จึงมีความจำเป็นที่นำเข้าโคมีชีวิตและเนื้อโคเข้ามาบริโภคในประเทศ 2 ลักษณะ คือ การนำเข้าโคเนื้อมีชีวิต (โค قربาน) เพื่อนำไปใช้ในพิธีกรรมทางศาสนา (อีดิ้ลอัฎฮา) และ

การนำเข้าเพื่อแปรรูปสำหรับการบริโภคในชีวิตประจำวัน ในอดีตประเทศมาเลเซียนำเข้าโคเนื้อจากประเทศไทยเป็นหลัก เนื่องจากการขนส่งสะดวก และพิธีการทูตไม่ซับซ้อน โดยเฉพาะเป็นการนำเข้าจากเส้นทางระหว่างชายแดนทั้งสองประเทศ แต่ปัจจุบันราคาโคเนื้อมีชีวิตในประเทศไทยสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศคู่แข่ง คือ ประเทศออสเตรเลีย และสหภาพเมียนมา รวมทั้งความเข้มงวดด้านการค้าชายแดนที่มีกฎระเบียบมากขึ้น ผู้นำเข้าของประเทศไทยจึงเปลี่ยนไปนำเข้าจาก 2 ประเทศดังกล่าวแทน โดยราคาโคมีชีวิตจากประเทศไทยที่หน้าฟาร์มกิโลกรัมละ 100-105 บาท ในขณะที่ราคาโคเนื้อมีชีวิตนำเข้าจากประเทศออสเตรเลียมีราคาเฉลี่ยกิโลกรัมละ 95-97 บาท (สำรวจ ณ ปี พ.ศ. 2558) ประกอบกับค่าเงินบาทของประเทศไทยแข็งค่าขึ้นมาก ส่งผลต่ออัตราแลกเปลี่ยน ทำให้ผู้ประกอบการชาวมาเลเซียต้องแบกรับภาระต้นทุนในการนำเข้าเพิ่มขึ้น ดังนั้นโอกาสของการส่งออกโคเนื้อมีชีวิตจากประเทศไทยไปประเทศมาเลเซียในช่วงที่ทำการสำรวจระหว่างปี พ.ศ. 2557-2558 ลดลง 82.18 เปอร์เซ็นต์ (Table 2) รวมทั้งผู้ประกอบการชาวไทยเปลี่ยนไปทำการส่งออกโคเนื้อมีชีวิตไปยังสาธารณรัฐประชาชนจีน เพราะมีราคาซื้อที่สูงกว่าการส่งออกไปยังประเทศมาเลเซีย โดยการส่งออกโคเนื้อมีชีวิตไปยังสาธารณรัฐประชาชนจีนของประเทศไทยนั้นดำเนินการส่งออกโดยผ่านไป สปป.ลาว มีแนวโน้มการส่งออกสูง 1,394.69 เปอร์เซ็นต์

การนำเข้าโคมีชีวิตและเนื้อโคของประเทศไทย

ผลการลงพื้นที่สำรวจและการสัมภาษณ์จากตัวแทนนักธุรกิจจำนวน 2 บริษัท (ฟาร์มเป็นเครือข่ายกัน) บริษัทที่ 1 ดำเนินกิจการที่ตั้งอยู่ในรัฐเคดาห์ใกล้บริเวณชายแดนประเทศไทย (ด่านสะเดา จังหวัดสงขลา) ส่วนบริษัทที่ 2 ดำเนินกิจการที่ตั้งอยู่ในกรุงกัวลาลัมเปอร์ พบว่า ทั้ง 2 บริษัท มีการนำเข้าโคเนื้อมีชีวิตจากประเทศไทย สหภาพเมียนมา และออสเตรเลีย สำหรับโคเนื้อมีชีวิตที่นำเข้าจากสหภาพเมียนมา ดำเนินการส่งออกจากสหภาพเมียนมา ณ ท่าเรือเซตตะนาวศรีเข้าสู่ประเทศไทยมาเลเซีย ณ ท่าเรือปีนัง โดย 1 ลำเรือสามารถบรรทุกโคเนื้อประมาณ 300 ตัว โคมีชีวิตที่นำเข้ามาจากสหภาพเมียนมานั้นมีอายุเฉลี่ยประมาณ 4-5 ปี มีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 250-280 กิโลกรัม โดยผู้ประกอบการชาวมาเลเซียนำโคเนื้อเหล่านั้นมาเลี้ยงขุนต่อประมาณ 90 วัน เพื่อเพิ่มน้ำหนักให้ได้ประมาณ 350 กิโลกรัม เพื่อเตรียมไว้สำหรับทำพิธีกรรมทางศาสนาซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ เกลิงศักดิ์ อังกูรเศรณี และคณะ (2560) รายงานการนำเข้าโคเนื้อมีชีวิตจากสหภาพเมียนมาเพื่อการส่งออกต่อ (re-exported) ไปยังประเทศมาเลเซียเพื่อสำหรับทำพิธีกรรมทางศาสนา (โคกูรบาน) เป็นหลัก

Table 1 The population and trend of beef cattle in ASEAN during 2011-2015.

Country	Population (head)					Trend (%)*
	2011	2012	2013	2014	2015	
Brunei	899	812	800	800	742	-17.46
Cambodia	3,406,972	2,914,974	2,900,000	2,875,000	2,875,000	-15.61
Indonesia	14,824,373	15,980,697	12,686,239	14,726,875	15,419,718	4.02
Laos	1,538,000	1,692,000	1,14,000	1,766,000	1,828,000	18.86
Malaysia	768,710	744,377	751,629	743,019	742,338	-3.43
Myanmar	14,088,043	14,559,000	15,481,101	15,481,101	15,993,276	13.52
Philippines	2,518,400	2,493,157	2,497,908	2,512,184	2,534,243	0.63
Singapore	200	200	200	200	178	-11.00
Thailand	5,809,701	5,392,579	5,147,521	4,898,575	4,646,092	-21.13
Vietnam	5,436,600	5,194,178	5,156,727	5,234,300	5,367,600	1.28

Source: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2016).

Note: * = Compare beef cattle population between 2011-2015.

Table 2 Thai exported beef cattle in ASEAN during 2011-2015.

Country	Population (head)					Trend (%)*
	2011	2012	2013	2014	2015	
Laos	13,033	67,525	279,421	269,395	194,803	1,394.69
Malaysia	109,681	95,289	41,483	25,943	19,545	-82.18
Vietnam	281	322	3,998	374	452	60.85
Myanmar	1,738	4,720	936	78	19	-98.90
Total	124,733	167,856	325,838	295,790	214,819	72.22

Source: Department of International Trade Promotion (2016).

Note: * = Compare exported beef cattle between 2011-2015.

ประเทศไทยนำเข้าโคเนื้อมีชีวิตจากสหภาพเมียนมาส่งออกต่อไปยังประเทศมาเลเซียสำหรับพิธีกรรมทางศาสนา ซึ่งมีการดำเนินกิจกรรมดังนี้ การเคลื่อนย้ายโคเนื้อมีชีวิตจากสหภาพเมียนมาจะเข้ามาตามเส้นทางด่านแม่สอด จังหวัดตาก เป็นหลัก ส่วนการนำเข้าทางด่านแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน และด่านจังหวัดกาญจนบุรี โคเนื้อจะนำเข้ามานำไปขุนต่อเพื่อให้มีขนาด รูปร่าง และน้ำหนัก (ประมาณ 300-350 กิโลกรัม) ตรงกับความต้องการของลูกค้าในประเทศมาเลเซีย และทำการส่งออกทางด่านสะเตาะ จังหวัดสงขลา และด่านสุไหงโกลิก จังหวัดนราธิวาส เป็นหลัก ความต้องการน้ำหนักโคเนื้อมีชีวิตของตลาดส่งออกประเทศมาเลเซียนั้นไม่มีความเปลี่ยนแปลง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ ไชยวรรณ วัฒนจันทร์ และคณะ (2556) และ เถลิงศักดิ์ อังกูรเศรษฐี และคณะ (2559)

การนำเข้าโคเนื้อจากประเทศออสเตรเลีย ประกอบด้วย โคเนื้อพันธุ์บราห์มัน และโคเนื้อลูกผสมเดรัท์มาสเตอร์ ซึ่งเป็นโคเนื้อที่คัดออกจากฝูงในช่วงฤดูร้อนทางด้านตะวันตกของประเทศออสเตรเลีย เช่น เมือง Darwin และเมือง Broom โคเนื้อเหล่านี้มีสภาพร่างกายที่สมบูรณ์ มีน้ำหนักเฉลี่ยตัวละประมาณ 350-370 กิโลกรัม การคัดออกของโคจากฟาร์มในประเทศออสเตรเลียดำเนินการครั้งละประมาณ 1,000-2,000 ตัว ขึ้นอยู่กับขนาดของฟาร์ม จากนั้น ดำเนินการส่งออกไปยังประเทศมาเลเซียโดยทางเรือจำนวน 3-4 ลำเรือต่อปี เรือ 1 ลำสามารถบรรทุกโคเนื้อมีชีวิตได้ประมาณ 22,000 ตัว เข้าสู่ประเทศมาเลเซียที่รัฐยะโฮร์บาห์รู บริษัทนำเข้าโคเนื้อเหล่านี้ (ดำเนินการโดยคนมาเลเซียเชื้อสายอินเดีย) จะทำการเลี้ยงปรับสภาพให้โคเนื้อมีชีวิตสภาพร่างกายสมบูรณ์และสุขภาพแข็งแรงประมาณ 80 วัน หรือมากกว่า จึงขนส่งไปยังฟาร์มเลี้ยงขุนอีกประมาณ 30 วัน โดยให้อาหารโคเนื้อด้วยกากปาล์มน้ำมันอย่างเต็มที่ มีต้นทุนราคาจากปาล์มเฉลี่ยกิโลกรัมละ 4-5 บาท (ณ ปี พ.ศ. 2557) จนกระทั่งโคเนื้อมือน้ำหนัก 500-700 กิโลกรัม จึงย้ายไปขังรวมกันในคอกที่พร้อมจะส่งแปรสภาพเป็นเนื้อที่โรงฆ่าสัตว์มาตรฐานที่รัฐอนุญาตให้บริษัทที่นำเข้าได้ใช้ประโยชน์ เนื้อโคมีการจัดส่งสู่ร้านจำหน่ายเนื้อ (butcher shop) ร้านจำหน่ายอาหารจากเนื้อโค (food service) ภายใต้การจัดการโซ่อุปทานเดียวกัน ทั้งนี้ ขั้นตอนการนำเข้าโคเนื้อจากประเทศออสเตรเลียนั้น มีคณะกรรมการจากประเทศออสเตรเลียเข้ามาตรวจมาตรฐานฟาร์มและโรงฆ่าในประเทศมาเลเซียให้ได้มาตรฐานตามข้อกำหนดจึงอนุญาตให้ทำการส่งออกโคเนื้อจากประเทศออสเตรเลียมายังประเทศมาเลเซียได้

จากสถานการณ์การนำเข้าและส่งออกโคเนื้อของประเทศมาเลเซีย ณ ปี พ.ศ. 2557-2558 สามารถสรุปเส้นทางหลักสำหรับการนำเข้าโคมีชีวิตจากประเทศออสเตรเลีย สหภาพเมียนมา และไทย มีอยู่ 3 เส้นทางหลัก (Figure 1) ได้แก่

1. นำเข้าและส่งออกทางชายแดนระหว่างประเทศไทยกับรัฐเคดาห์ (Kedah)
2. นำเข้าจากสหภาพเมียนมาไปยังรัฐปีนัง (Penang)
3. นำเข้าจากประเทศออสเตรเลียไปยังรัฐยะโฮร์บาห์รู (Johor Bahru)

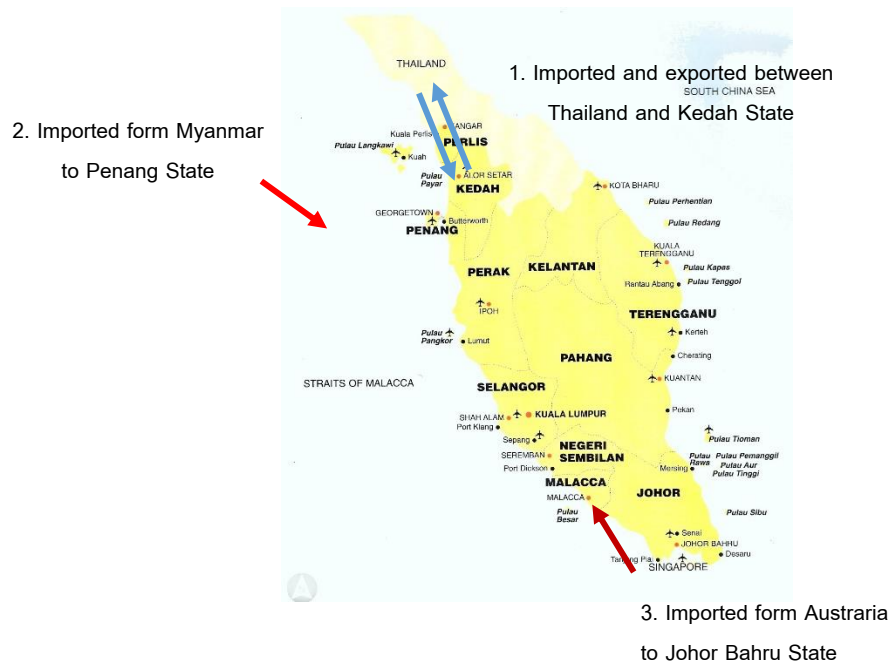


Figure 1 Routes of beef cattle exported and imported to Malaysia.

Source: World map (2016).

นอกจากนี้ ยังพบโคเนื้อที่มีชีวิตนำเข้าจากประเทศอินโดนีเซีย ได้แก่ พันธุ์บาห์ลีหรือเรียกว่า บันเตง ประมาณ 800 ตัว เพื่อนำมาเตรียมไว้สำหรับพิธีกรรม (โค قربาน) ในขณะที่การนำเข้าโคเนื้อที่มีชีวิตจากประเทศไทยจะเป็นโคเนื้อลูกผสมบราห์มัน มีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 280-300 กิโลกรัม เพื่อเตรียมไว้สำหรับจำหน่ายเพื่อทำพิธีกรรมทางศาสนาในช่วงเดือนพฤษภาคม เช่นเดียวกัน โดยมีการประมาณการว่าในช่วงเวลาดังกล่าวมีความต้องการโคเนื้อถึง 1 ล้านตัว

ประเทศมาเลเซียนำเข้าซากโคเนื้อแช่แข็งและเนื้อโคแช่แข็งบรรจุกล่องจากประเทศอินเดียเพื่อการบริโภคภายในประเทศเป็นหลัก มีราคาเฉลี่ยกิโลกรัมละ 120-140 บาท เนื้อสันราคาเฉลี่ยกิโลกรัมละ 160-180 บาท ผู้นำเข้าเนื้อโคแช่แข็งจากประเทศอินเดียได้ให้เหตุผลว่า ตลาดเนื้อโคในประเทศมาเลเซียยังเน้นเนื้อแดงเป็นหลัก ประกอบกับภาวะเศรษฐกิจไม่ดีผู้บริโภคจึงเน้นราคาของเนื้อมากกว่าเน้นคุณภาพของเนื้อ สอดคล้องกับ Tey et al. (2008) รายงานว่า การตัดสินใจการซื้อเนื้อโคของผู้บริโภคจะให้ความสำคัญเรื่องราคามากกว่าคุณภาพเนื้อ ซึ่งเนื้อโคแช่แข็งนำเข้าจากประเทศอินเดียมีราคาถูกกว่าการนำเข้าเนื้อโคแช่แข็งจากประเทศออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ และกลุ่มประเทศอเมริกาใต้ ที่มีราคาเฉลี่ยกิโลกรัมละ 300-350 บาท การนำเข้าซากโคและเนื้อโคแช่แข็งจะใช้เพื่อการบริโภคภายในประเทศมาเลเซียบางส่วน เพราะผู้บริโภคนิยมบริโภคซากอุนมากกว่าเนื้อแช่แข็ง ดังนั้น การนำเข้าซากโคและเนื้อโคแช่แข็งส่วนใหญ่มีวัตถุประสงค์เพื่อการส่งออกไปยังประเทศที่สาม สอดคล้องกับ Ariff et al. (2015) รายงานว่า มีการนำเข้าเนื้อโคแช่แข็งจากประเทศอินเดียเพื่อการบริโภคภายในประเทศ ในปี พ.ศ. 2556 ประมาณ 86 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากมีราคาที่ถูกกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อโคแช่แข็งจากประเทศออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ และกลุ่มประเทศอเมริกาใต้

ผู้ผลิตสินค้าฮาลาล (halal) ในประเทศมาเลเซีย หรือนำเข้าจำพวกเนื้อสัตว์ เช่น เนื้อโค เนื้อแกะ และสัตว์ปีก ต้องสั่งซื้อมาจากโรงฆ่าสัตว์ในประเทศนั้น ๆ ที่ได้รับใบอนุญาตและการตรวจรับรองจาก Department of Veterinary Services Malaysia (DVS) จะต้องได้รับการอนุมัติและขอใบรับรองจาก Department of Islamic Development Malaysia (JAKIM) เท่านั้น ทั้งสองหน่วยงานมีหน้าที่ดูแลด้านการออกใบรับรองสินค้ามาตรฐานฮาลาลในประเทศ เดิมเป็นหน่วยงานที่สำนักงานกฤษฎีกาได้จัดตั้งขึ้นมาเพื่อดูแลปกป้อง และสอนเรื่องความถูกต้องตามหลักศาสนาอิสลามซึ่งเป็นศาสนาหลักของประเทศมาเลเซีย และต่อมาได้ถูกแต่งตั้งให้ดูแลเพิ่มเติมในเรื่องของการออกกฎควบคุมและการออกใบรับรองมาตรฐานฮาลาลในประเทศมาเลเซีย ตัวอย่างเครื่องหมายฮาลาลของประเทศมาเลเซีย (Figure 2)



Figure 2 Halal logo of Malaysia.

Source: Halal Industry Development Corporation (HDC) (2016).

นอกจาก JAKIM จะออกใบรับรองมาตรฐานฮาลาลด้านเนื้อสัตว์แล้วนั้น ยังสามารถออกใบรับรองมาตรฐานฮาลาลให้แก่ผู้ผลิตสินค้าอาหารที่ไม่มีเนื้อสัตว์เป็นส่วนผสมอีกด้วย เช่น เครื่องดื่ม ขนมขบเคี้ยว ลูกอม ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากนม ชนมปัง และอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม หน่วยงาน JAKIM ได้ยอมรับเครื่องหมายฮาลาลของประเทศไทยซึ่งตรวจรับรองโดยสำนักงานคณะกรรมการกลางอิสลามแห่งประเทศไทย

การส่งออกโคเนื้อมีชีวิตของประเทศมาเลเซีย

ช่วงเวลาปกติประเทศมาเลเซียมีการส่งออกโคเนื้อไปยังประเทศเพื่อนบ้านค่อนข้างน้อย แต่ในช่วงเวลาที่ทำการสำรวจ (พ.ศ. 2557-2558) นั้น เป็นช่วงที่ตลาดสาธารณรัฐประชาชนจีนมีความต้องการโคเนื้อจำนวนมาก ส่งผลต่อจำนวนโคเนื้อในประเทศไทยมีไม่เพียงพอต่อการส่งออกไปสาธารณรัฐประชาชนจีน บริษัทในประเทศมาเลเซียจึงส่งออกโคพันธุ์บราห์มันที่นำเข้ามาจากประเทศออสเตรเลียแล้วส่งออกต่อไปยังประเทศไทยเพื่อนำไปเลี้ยงขุนที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จากนั้นจึงส่งต่อไปสาธารณรัฐประชาชนจีนและประเทศเวียดนาม เส้นทางขนส่งจากฟาร์มในประเทศมาเลเซียถึงชายแดนประเทศไทยใช้ระยะเวลาประมาณ 8 ชั่วโมง หยุดพักสัตว์ 1 คืน แล้วส่งข้ามพรมแดน การทำการค้าสัตว์มีชีวิตในส่วนของประเทศมาเลเซียที่ด่านปาดังเบซาร์จะได้รับการอำนวยความสะดวกจากเจ้าหน้าที่ประเทศมาเลเซียมากกว่าด่านสะเตาะที่มีการตรวจสอบเข้มงวดกว่า สำหรับการดำเนินการนำเข้าฝั่งประเทศไทยเป็นภาระของผู้ซื้อฝั่งประเทศไทยดำเนินการต่อไป การบรรทุกโคเนื้อมีชีวิตจะขนส่งด้วยรถบรรทุกขนาดใหญ่ซึ่งสามารถบรรทุกโคเนื้อได้จำนวนโค 45 ตัวต่อคัน และรถบรรทุกขนาดเล็กสามารถบรรทุกโคเนื้อได้ 10 ตัวต่อคัน การส่งออกไปสหภาพเมียนมา โดยบริษัทมีแผนการส่งออกแม่โคเนื้อพันธุ์ดีไปสหภาพเมียนมา ซึ่งมีคำสั่งซื้อเป็นแม่โคเนื้อที่มีน้ำหนักตัวประมาณ 500 กิโลกรัม จำนวน 40 ตัว จากฟาร์ม Trade Win ที่ตั้งอยู่รัฐยงกั โดยทางบริษัทจะเริ่มเลี้ยงแม่โคเนื้อที่มีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 350 กิโลกรัม ซึ่งใช้ระยะเวลาเลี้ยงขุนระยะเวลา 60 วัน จนได้น้ำหนักตามที่กำหนด (ประมาณ 500 กิโลกรัม) จึงทำการส่งไปสหภาพเมียนมา ทั้งนี้ โคกระบือในประเทศเมียนมานิยมใช้โคที่มีขนาดใหญ่ นอกจากนี้ บริษัทยังมีแผนส่งออกแพะพันธุ์บอร์ไปสหภาพเมียนมาตามคำสั่งซื้อจำนวน 700 ตัว นอกจากนั้นมีการส่งออกโคมีชีวิตไปยังประเทศบรูไนแต่มีปริมาณการส่งออกไม่มากนัก สำหรับการส่งออกเนื้อโคของประเทศมาเลเซีย เป็นลักษณะแบบนำเข้าเพื่อการส่งออกต่อเช่นเดียวกับการส่งออกโคเนื้อมีชีวิต โดยมีการส่งออกเนื้อโคไปยังประเทศสิงคโปร์มากที่สุด รองลงมาได้แก่ ประเทศไทย ฮองกง กาดาร์ บาร์เรน เวียดนาม กัมพูชา และอินโดนีเซีย ตามลำดับ สะท้อนให้เห็นว่าการนำเข้าโคมีชีวิตและเนื้อโคของประเทศมาเลเซีย นอกจากจะนำเข้ามาเพื่อบริโภคในประเทศแล้ว ยังเป็นการนำเข้าเพื่อการส่งต่อไปยังประเทศที่สามอีกทอดหนึ่งด้วย

สรุปผลการศึกษา

การนำเข้าโคมีชีวิตและเนื้อโคเข้ามาบริโภคในประเทศมาเลเซียมี 2 วัตถุประสงค์ คือ 1) พิธีกรรมทางศาสนา (อีดิลอัฎฮา; โคกระบือ) และ 2) การบริโภคภายในประเทศ เส้นทางหลักสำหรับการนำเข้าโคมีชีวิตจากประเทศออสเตรเลีย สหภาพเมียนมา และประเทศไทย ในปัจจุบันมีอยู่ 3 เส้นทางหลัก ได้แก่ 1) นำเข้าและส่งออกทางชายแดนระหว่างประเทศไทยกับรัฐเคดา (Kedah) 2) นำเข้าจากสหภาพเมียนมาโดยการขนส่งทางเรือไปยังรัฐปีนัง (Penang) และ 3) นำเข้าจากประเทศออสเตรเลียจากเมือง Darwin และเมือง Broom และประเทศอินโดนีเซียโดยการขนส่งทางเรือไปยังรัฐยะโฮร์บาห์รู (Johor Bahru)

การนำเข้าซากโคเนื้อและเนื้อโคแช่แข็งของประเทศมาเลเซีย มีการนำเข้าเนื้อโคแช่แข็งแช่แข็งบรรจุกล่องจากประเทศอินเดียเพื่อการบริโภคภายในประเทศ และมีการนำเข้าเนื้อโคแช่แข็งจากประเทศออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ และกลุ่มประเทศอเมริกาใต้ เพื่อการบริโภคภายในประเทศมาเลเซียบางส่วน แต่ส่วนใหญ่มีวัตถุประสงค์เพื่อการส่งออกต่อ (re-export) ไปยังประเทศที่สาม

การส่งออกโคมีชีวิตเป็นลักษณะแบบนำเข้าเพื่อการส่งออกต่อ ได้แก่ การนำเข้าโคพันธุ์จากประเทศออสเตรเลีย เพื่อส่งออกต่อไปยังสาธารณรัฐประชาชนจีนและประเทศเวียดนามโดยผ่านประเทศไทย ในขณะที่การส่งออกเนื้อโคของประเทศ มาเลเซีย เป็นลักษณะการนำเข้าเพื่อการส่งออกต่อเช่นเดียวกับการส่งออกโคเนื้อมีชีวิต โดยมีการส่งออกเนื้อโคไปยังประเทศ สิงคโปร์มากที่สุด รองลงมา ได้แก่ ประเทศไทย ฮองกง กาดาร์ บาร์เรน เวียดนาม กัมพูชา และอินโดนีเซีย ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้การสนับสนุนทุนการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมปศุสัตว์. 2559. ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของเกษตรกร โคเนื้อ ปริมาณนำเข้า และราคา ปี พ.ศ. 2549-2558. ใน รายงานการพิจารณาศึกษา ยุทธศาสตร์การส่งเสริมและพัฒนาอุตสาหกรรมโคเนื้อทั้งระบบ. คณะกรรมการการเกษตรและสหกรณ์ สภานิติบัญญัติแห่งชาติ. คณะอนุกรรมการพิจารณาศึกษาผลผลิตทางการเกษตร. 2560. ใน รายงานการพิจารณาศึกษายุทธศาสตร์การส่งเสริมและพัฒนาอุตสาหกรรม โคเนื้อทั้งระบบ. คณะกรรมการการเกษตรและสหกรณ์ สภานิติบัญญัติแห่งชาติ.
- ไชยวรรณ วัฒนจันทร์, เกลิงศักดิ์ อังกูรเศรษฐ์, บัญชา สัจจาพันธ์ และสุชาติ สุขสถิตย์. 2556. แนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการโคเนื้อ ภาคใต้ตอนล่าง. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- เกลิงศักดิ์ อังกูรเศรษฐ์, อารักษ์ เมฆโหรา และธานี ภาคอุทัย. 2559. สถานการณ์การผลิตโคพื้นเมืองและตลาดในพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง. วารสารแก่นเกษตร 44 (2) (ฉบับพิเศษ): 919-925.
- เกลิงศักดิ์ อังกูรเศรษฐ์, บัญชา สมบุญสุข, ศศิวิมล สุขบท และสุเทพ นิมสาย. 2560. ห่วงโซ่อุปทานและระบบโลจิสติกส์ของการค้าโคเนื้อระหว่าง สหภาพเมียนมากับประเทศไทยเพื่อส่งออกปศุสัตว์ประชาชนจีน มณฑลยูนนาน. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 48 (2) (ฉบับพิเศษ): 850-858.
- Ariff, O. M., Sharifa, N. Y., and Hafidz, A. W. 2015. Status of beef industry of Malaysia. *Journal of Animal Science* 18 (2): 1-21.
- Department of International Trade Promotion. 2016. Thai exported beef cattle in ASEAN during 2011-2015. <http://www.thaifranchisecenter.com/links/show.php?id335>. (3 March 2016).
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2015. Global livestock production and health atlas. <http://kids.fao.org/glipha/>. (10 September 2016).
- Biernackai, P., and Walnorf, D. 1981. Snowball sampling problem and techniques of chain referral sampling. *Sociological Method and Research* 10(2): 141-163.
- Boyce, C., and Naele, P. 2006. *Conducting in depth interviews: a guide for designing and conducting in-depth interviews for evaluation input*. Pathfinder international tool series, monitoring and evaluation. Watertown, MA: Pathfinder.
- Halal Industry Development Corporation (HDC). 2016. Halal Industry Development Corporation logo vector. <https://seeklogo.com/vectorlogo/194341/halal-industry-development-corporation-hdc> (10 September 2016).
- Tey, Y. S., Mad Nasir, S., Alias, R., Zainalabidin, M., and Amin, M. A. 2008. Demand for beef in Malaysia: preference quantity. *International Food Research Journal* 15(3): 347-353.
- Trading economics. 2016. Forecasts. <https://tradingeconomics.com>. (10 September 2016).
- World map. 2016. Malaysia peninsula map. http://www.endemicguides.com/images/Map/Malaysia_map/Malaysia/Peninsula_map.jpg. (10 September 2016).

วันรับบทความ (Received date) : 4 ก.ย. 61

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 26 มี.ค. 62

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 7 ส.ค. 62

การบริหารจัดการทรัพยากรแหล่งน้ำขนาดเล็กเพื่อทำการเกษตรตลอดปี ของชุมชนโคกลำแสงอร่าม อำเภอหนองวัวซอ จังหวัดอุดรธานี

Reservoir Resource Management for All Year Round Farming at Koklam Saeng Aram Community,
Nongwuaso District, Udon Thani Province

นิตยา พากุล¹ กัญญา มิฆมา² และยศ บริสุทธิ์^{3*}
Nitaya Pagul¹, Kanlaya Mikhama² and Yos Borisutdhi^{3*}

บทคัดย่อ

ทรัพยากรน้ำ เป็นปัจจัยสำคัญในการเกษตรหากมีน้ำเพียงพอทำการเกษตรได้ตลอดปี เช่นเดียวกับเกษตรกรชุมชนโคกลำแสงอร่ามร่วมกันพัฒนาอ่างเก็บน้ำห้วยคล้ายจนมีน้ำใช้ในการเกษตรได้ตลอดปี จากความสำเร็จดังกล่าวจึงมีความคิดริเริ่มศึกษาการบริหารจัดการทรัพยากรแหล่งน้ำของชุมชน โดยมีวัตถุประสงค์ของการศึกษา คือ 1) เพื่อศึกษาผลที่เกษตรกรได้รับหลังการส่งเสริมและพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของแหล่งน้ำ 2) เพื่อศึกษาผลที่เกษตรกรได้รับหลังจากการส่งเสริมและพัฒนาอาชีพเกษตร 3) เพื่อศึกษาการบริหารจัดการน้ำและการจัดสรรน้ำของกลุ่มผู้ใช้น้ำ และ 4) เพื่อศึกษาการบำรุงรักษาระบบการส่งน้ำ รวบรวมข้อมูลปฐมภูมิจากการสัมภาษณ์กลุ่มและครัวเรือนเกษตรกร และรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิจากเอกสาร โดยการศึกษาในเดือนเมษายน-มิถุนายน 2560 พบว่า 1) ชุมชนมีเทคนิคในการบริหารจัดการ โดยการ (1) จัดเขตย่อยของพื้นที่รับน้ำให้กับสมาชิกกลุ่ม และส่งมอบน้ำที่ละเขตย่อย (2) ส่งเสริมการผลิตทางการเกษตรแก่สมาชิกให้เหมาะสมกับปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำของแต่ละปี (3) จัดปฏิทินการส่งน้ำให้ชัดเจนเพื่อให้สมาชิกทราบและใช้วางแผนการใช้น้ำเพื่อการเกษตรในระดับฟาร์มของตนเอง และ (4) จัดการส่งมอบน้ำแต่ละครั้งที่ทำการส่งให้กับสมาชิกกลุ่มแต่ละราย 2) การจัดการบำรุงรักษาระบบการส่งน้ำ พบว่า ชุมชนมีเทคนิคในการบริหารจัดการ โดยการ (1) จัดเก็บค่าบริการน้ำตามขนาดพื้นที่รับน้ำของสมาชิกกลุ่ม (2) จัดการระบบการจ่ายค่าตอบแทนสำหรับผู้ดูแลการส่งน้ำ และ (3) จัดการบำรุงรักษาระบบการส่งน้ำให้สมบูรณ์ตลอดเวลา ดังนั้นชุมชนอื่นที่มีแหล่งน้ำและที่ต่อน้ำมาเข้าประโยชน์ สามารถนำผลจากการวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของแหล่งน้ำและการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในชุมชนของตนเอง

คำสำคัญ: การบริหารจัดการแหล่งน้ำขนาดเล็ก ทรัพยากรน้ำ การส่งเสริมและพัฒนาอาชีพ

Abstract

Water resources are an important factor in agriculture. If water is available, agriculture can proceed all year round. A good example of this was the efforts of the farmers in the Khok Laeng Sa-aram community, who jointly developed the Huai Khelai Reservoir, which now provides water for agriculture throughout the year. It was the success of this initiative that inspired the researchers to study the water resources management of the Khok Laeng Sa-aram community. Primary data collection was conducted by group farm household interview. Secondary data were collected from documents over the period April to June 2017. The findings to do with the management of water resources were that the community had (a) managed water on a sub-zone basis, (b) matched agricultural production each year to the amount of water in the reservoir, (c) arranged a water supply calendar and kept members informed of the conditions, events and plans, and (d) ensured that all members were fairly supplied with water. Further findings to do with the maintenance of the reservoir and water pipeline system were that (f) the community collected a water service fee according to the location and size of each farm, (g) there were payments made to the caretakers of the water system, and (h) there was a very necessary ongoing management and maintenance program for the water supply system. Finally, this research and its results can be applied to the development of water infrastructure and the management of water resources in other communities.

Keywords: small water resource management, water resource, occupation extension and development

¹ สถานีพัฒนาที่ดินอุดรธานี อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 41330

² คณะเกษตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนครพนม อ. เมือง จ. นครพนม 48000

³ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ. เมือง จ. ขอนแก่น 40002

¹ Land Development Station, Muang, Udon Thani 41330

² Faculty of Agriculture and Technology, Nakhon Phanom University, Muang, Nakhon Phanom 48000

³ Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Muang, Khon Kaen 40002

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

คำนำ

น้ำเป็นทรัพยากรที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิดกล่าวคือ น้ำทำให้ระบบนิเวศมีความอุดมสมบูรณ์ หากพิจารณาความสำคัญของน้ำที่มีต่อมนุษย์พบว่า น้ำมีความจำเป็นต่อการอุปโภคและบริโภคในภาคครัวเรือน และมีความสำคัญต่อการเกษตรและอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นด้านที่ต้องการใช้น้ำไปในกระบวนการผลิตเพื่อให้ได้ผลผลิตเพียงพอต่อความต้องการของประชากรโลก (นิรมล สุธรรมกุล, 2556)

ภาคการเกษตรของประเทศไทย เกษตรกรยังมีความต้องการใช้น้ำเพื่อการปลูกพืชและการเลี้ยงสัตว์ การบริหารจัดการน้ำ การพัฒนาปรับปรุงแหล่งน้ำขนาดเล็ก การขุดบ่อน้ำในไร่นา การจัดหาแหล่งน้ำไว้ใช้อย่างทั่วถึงและตลอดปี เป็นสิ่งสำคัญที่ต้องดำเนินการพัฒนา โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ไม่มีระบบชลประทานจำเป็นต้องพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อกักเก็บน้ำสำรองไว้ใช้ตลอดปี เพราะถ้าขาดน้ำก็ไม่สามารถประกอบอาชีพการเกษตรได้ ในปี 2557 ประเทศไทยมีพื้นที่การเกษตรประมาณ 149.30 ล้านไร่ และพื้นที่ส่วนใหญ่ประมาณ 118.97 ล้านไร่ คิดเป็นร้อยละ 79.47 อยู่นอกเขตชลประทานหรือเป็นพื้นที่อาศัยน้ำฝน และมีพื้นที่การเกษตรเพียง 30.26 ล้านไร่ คิดเป็นร้อยละ 20.53 อยู่ในเขตชลประทาน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าพื้นที่การเกษตรส่วนใหญ่ของประเทศอยู่นอกเขตชลประทานเช่นเดียวกับชุมชนโคกลำแสงอร่าม ซึ่งก็ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำ แต่เมื่อได้รับการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของแหล่งน้ำขนาดเล็ก (อ่างเก็บน้ำห้วยคล้าย) และได้รับการส่งเสริมและพัฒนาอาชีพจากมูลนิธิปิดทองหลังพระและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ส่งผลให้เกษตรกรชุมชนโคกลำแสงอร่ามมีน้ำใช้ในการเกษตรตลอดปี เกษตรกรสามารถประกอบอาชีพการเกษตร ปลูกพืช เลี้ยงสัตว์ มีอาหารบริโภค มีอาชีพหลังนา มีรายได้ และจากการพัฒนาโครงสร้างด้านน้ำก็เข้าสู่กระบวนการพัฒนาอาชีพ ส่งเสริมการรวมกลุ่มเพื่อการบริหารจัดการน้ำและบริหารจัดการทรัพยากรในรูปกลุ่มอาชีพจำนวน 7 กลุ่ม การรวมกลุ่มอาชีพเพื่อพัฒนาศักยภาพของเกษตรกรให้มีความเข้มแข็ง และสามารถพึ่งตนเองได้ จากความสำเร็จในการพัฒนาดังกล่าวจึงมีความคิดริเริ่มศึกษาโดยมีคำถามวิจัยว่า ชุมชนโคกลำแสงอร่าม มีการบริหารจัดการทรัพยากรแหล่งน้ำขนาดเล็กเพื่อการเกษตรตลอดปีอย่างไร โดยผลการศึกษาสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาแหล่งน้ำและบริหารจัดการน้ำของชุมชนอื่นให้เกิดประโยชน์ต่อไป

วิธีการศึกษา

พื้นที่ศึกษา

ชุมชนโคกลำแสงอร่ามตั้งอยู่ที่ตำบลกุดหมากไฟ อำเภอหนองวัวซอ จังหวัดอุดรธานี อยู่ห่างจากจังหวัดอุดรธานีไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ประมาณ 45 กิโลเมตร มีแหล่งน้ำธรรมชาติในชุมชนหลายแห่ง ได้แก่ อ่างเก็บน้ำห้วยคล้าย ห้วยขี้เกียย ห้วยคำเข และห้วยอ่าง ชุมชนโคกลำแสงอร่ามมีพื้นที่รวม 14,352 ไร่ (สถาบันส่งเสริมและพัฒนากิจกรรมปิดทองหลังพระ สืบสานแนวพระราชดำริ, 2556)

ขั้นตอนของการศึกษา

การศึกษาริบทชุมชนโคกลำแสงอร่าม: ดำเนินการศึกษาโดยเริ่มจากการสร้างกรอบประเด็น (sub-topic) เพื่อเป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล ตามวิธีการของ ยศ บริสุทธิ์ (2558) จากนั้นทำการรวบรวมข้อมูลมือสอง (secondary data) ที่เกี่ยวข้อง พร้อมทำการรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ (primary data) โดยการสัมภาษณ์ผู้รู้ (key informants: KIs) ซึ่งเป็นผู้นำชุมชนจำนวน 10 คน เจ้าหน้าที่มูลนิธิปิดทองหลังพระ 2 คน การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างคัดเลือกแบบเจาะจงและรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิจากเอกสารวิชาการและงานวิจัย โดยดำเนินการศึกษาในเดือน เมษายน ถึง มิถุนายน 2560

การศึกษากาใช้น้ำและบริหารจัดการน้ำเพื่อการเกษตรตลอดปี: นำผลจากการศึกษาตามขั้นตอนที่ 1) มาเป็นพื้นฐานในการสร้างกรอบประเด็นเพื่อเป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับ (1) ความเป็นมาของการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดเล็ก (ห้วยคล้าย) ของชุมชน (2) ผลของการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดเล็ก (ห้วยคล้าย) (3) สภาพการใช้น้ำเพื่อการเกษตรตลอดปีของชุมชน และ (4) การบริหารจัดการน้ำ แล้วนำเครื่องมือดังกล่าวไปใช้ในการรวบรวมข้อมูลมือสองที่เกี่ยวข้อง และรวบรวมข้อมูลมือหนึ่งด้วยการสัมภาษณ์กลุ่ม 1 ครั้ง โดยผู้ให้ข้อมูลประกอบด้วย คณะกรรมการกลุ่มผู้ใช้น้ำจำนวน 2 คน และสมาชิกผู้ใช้น้ำ จำนวน 25 คน โดยสัมภาษณ์กลุ่ม ซึ่งประเด็นสัมภาษณ์จะเกี่ยวกับความเป็นมาของโครงการ การมีส่วนร่วมพัฒนาด้านต่าง ๆ ในชุมชน จากนั้นทำการสัมภาษณ์ระดับครัวเรือนเกษตรกรจำนวน 25 ครัวเรือน การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างคัดเลือกแบบเจาะจงและเป็นประธานกลุ่มผู้ใช้น้ำ สมาชิกผู้ใช้น้ำทำการเกษตรตลอดปี พร้อมทั้งสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่มูลนิธิปิดทองหลังพระ 2 คน โดยดำเนินการรวบรวมข้อมูลในเดือนเมษายน ถึง มิถุนายน 2560

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ ได้ใช้แนวทางการวิเคราะห์ข้อมูล 6 ขั้นตอน (6C) ตามวิธีการของ ยศ บริสุทธิ์ (2558) โดยเริ่มจาก (1) การวิเคราะห์ขั้นตอนรวบรวมข้อมูล (C1: analysis while data collection) (2) การวิเคราะห์จำแนกประเภทข้อมูล (C2: categorization) (3) การวิเคราะห์เปรียบเทียบ (C3: comparison) (4) การวิเคราะห์เพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ (C4: combination) (5) การวิเคราะห์สร้างข้อสรุป (C5: construction) และ (6) การวิเคราะห์เชิงการคิดสร้างสรรค์ปัญญาเพื่อการพัฒนา (C6: creation) ตามลำดับ

ผลการศึกษาและวิจารณ์

บริบทชุมชนโคกลำแสงอร่าม

บริบททั่วไปของชุมชน

ลักษณะภูมิประเทศ: ชุมชนโคกลำแสงอร่าม เป็นชุมชนติดกับเทือกเขาภูเก้า-ภูพานคำ และตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของจังหวัดอุดรธานี ระยะทางห่างจากตัวจังหวัดอุดรธานี ประมาณ 45 กิโลเมตร สภาพของพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่มสลับกับที่ดอนและมีลูกคลื่นลอนลาด มีภูเขาโอบล้อมชุมชนเป็นแนวยาวทางด้านทิศตะวันออก และมีป่าไม้ชุมชนชื่อป่าหมากหญ้า ด้านแหล่งน้ำธรรมชาติ มีแหล่งน้ำสำคัญ ได้แก่ อ่างเก็บน้ำห้วยคล้าย ห้วยขี้เกียจ ห้วยคำเข ห้วยอ่าง และห้วยวังก้านเหลือง

ลักษณะทางสังคม: ชุมชนโคกลำแสงอร่าม มีจำนวนครัวเรือน 179 ครัวเรือน มีประชากร 1,338 ราย (สำนักงานพัฒนาชุมชน, 2560) ซึ่งเป็นชุมชนที่เป็น 2 หมู่บ้านติดกัน คือบ้านโคกลำ หมู่ที่ 3 และบ้านแสงอร่าม หมู่ที่ 11 ทั้ง 2 หมู่บ้านมีพื้นที่ทางการเกษตรปะปนกันและเป็นเครือญาติกัน ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้จึงเป็นการศึกษารวมทั้ง 2 หมู่บ้าน โดยเรียกว่า ชุมชนโคกลำแสงอร่าม

ลักษณะเศรษฐกิจ: ชุมชนบ้านโคกลำแสงอร่ามเป็นชุมชนเกษตรกรรม รายได้หลักมาจากภาคเกษตร ในปี 2559 บ้านโคกลำ เกษตรกรมีรายได้ภาคเกษตร 116,888.00 บาทต่อปีต่อครัวเรือน คิดเป็นร้อยละ 66.25 รายได้นอกภาคเกษตร 59,536 บาท คิดเป็นร้อยละ 33.75 ส่วนบ้านแสงอร่าม เกษตรกรมีรายได้ในภาคเกษตร 115,541 บาทต่อปีต่อครัวเรือน คิดเป็นร้อยละ 67.50 และรายได้นอกภาคเกษตร 55,616 บาทต่อครัวเรือน คิดเป็นร้อยละ 32.5 (สำนักงานพัฒนาชุมชน, 2560)

บริบททางการเกษตรของชุมชน

บริบททางการเกษตรของชุมชนโคกลำแสงอร่ามมีสภาพพื้นที่เป็นดอนสลับกับที่ราบลุ่ม ลักษณะดินเป็นดินร่วนปนทราย ความเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดเล็กน้อย และเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ด้านทรัพยากรแหล่งน้ำ มีอ่างเก็บน้ำห้วยคล้ายเป็นแหล่งน้ำหลัก โดยในปี 2558 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1211.20 มิลลิเมตร (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) สำหรับด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน มีการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างต่อเนื่องตลอดปี แบ่งเป็นกลุ่มใช้ทำนาปลูกข้าว โดยการปลูกข้าวมีทั้งนาดำ นานวน และนาหยอด ที่ดอนปลูกพืชไร่ เช่น มันสำปะหลัง มะม่วง อ้อย ช่วงฤดูแล้งปลูกพืชหลังนา ปลูกพืชผัก พืชอายุสั้น ใช้น้ำน้อย ได้แก่ ข้าวโพดหวาน ถั่วลิสง ถั่วเหลือง ส่วนพื้นที่ดอนปลูกพืชไร่ที่สำคัญ ได้แก่ อ้อย มีพื้นที่ปลูก 196 ไร่ มันสำปะหลัง มีพื้นที่ปลูก 85.25 ไร่ (สถาบันส่งเสริมและพัฒนาการกรมปิดทองหลังพระสืบสานแนวพระราชดำริ, 2559) ด้านการเลี้ยงสัตว์ ประกอบด้วย สุกร เป็ด ไก่พื้นเมือง ไก่ไข่ โคเนื้อ กระบือ และเลี้ยงปลา เช่น ปลานิล ปลาดุก ปลาตะเพียน ปลาดุก

ความเป็นมาของอ่างเก็บน้ำห้วยคล้าย: แหล่งน้ำเพื่อการเกษตรตลอดปีของชุมชน

อ่างเก็บน้ำห้วยคล้ายเป็นแอ่งน้ำธรรมชาติ ในฤดูฝนจะมีน้ำไหลลงจากภูเขามารวมกันบริเวณแอ่งน้ำด้านล่างจนมีน้ำปริมาณมากจนเป็นพื้นที่ขนาดใหญ่ และต่อมาแหล่งน้ำแห่งนี้เป็นโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ในปี 2546 ต่อมาปี 2551 กรมชลประทานได้เข้ามาปรับปรุงพัฒนาโดยการสร้างทำนบกั้นน้ำ ทำนบกั้นดินกว้าง 6 เมตร มีความยาว 140 เมตร ทำให้อ่างฯ มีความจุน้ำ 692,500 ลูกบาศก์เมตร อ่างเก็บน้ำห้วยคล้ายมีพื้นที่ประมาณ 80 ไร่ (สถาบันส่งเสริมและพัฒนาการกรมปิดทองหลังพระสืบสานแนวพระราชดำริ, 2556) แต่ยังไม่เต็มที่ได้เนื่องจากไม่มีระบบส่งน้ำและการบริหารจัดการน้ำจากปัญหาที่เกิดขึ้น ผู้นำ ผู้อาวุโส และเกษตรกรได้ร่วมปรึกษาเพื่อหาแนวหน้าน้ำจากอ่างเก็บน้ำห้วยคล้ายมาใช้ประโยชน์ แต่ขาดงบประมาณในการพัฒนาระบบส่งน้ำ

ในปี 2554 มูลนิธิปิดทองหลังพระได้เข้ามาดำเนินโครงการบริหารจัดการน้ำอย่างยั่งยืนอ่างเก็บน้ำห้วยคล้าย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ โดยมาพัฒนาระบบโครงสร้างพื้นฐานของแหล่งน้ำและส่งเสริมพัฒนาอาชีพ ซึ่งผลจากพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของแหล่งน้ำทำให้ชุมชนมีน้ำใช้ในการเกษตรตลอดปี และมีกิจกรรมการพัฒนาต่อยอดในการส่งเสริมและพัฒนาอาชีพเพื่อให้เกษตรกรมีงานทำตลอดปี

ผลที่เกษตรกรได้รับจากการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดเล็กเพื่อทำการเกษตรตลอดปีและการส่งเสริมอาชีพ

ผลที่เกษตรกรได้รับจากการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของแหล่งน้ำ

สภาพก่อนพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของแหล่งน้ำ (ก่อน พ.ศ. 2554)

ไม่สามารถใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำได้อย่างเต็มประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์: โดยวัตถุประสงค์ในการสร้างแหล่งน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยคล้ายแห่งนี้เพื่อใช้ในการเกษตร เช่น ทำนา และเพื่อแก้ปัญหาภัยแล้งในสภาวะฝนทิ้งช่วง แต่ก็ไม่สามารถใช้น้ำทำการเกษตรได้เต็มประสิทธิภาพ เนื่องจากไม่มีระบบส่งน้ำหรือคลองส่งน้ำและการบริหารจัดการน้ำ

ครัวเรือนเกษตรกรและชุมชนขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรในฤดูแล้ง: เกษตรกรขาดแคลนน้ำในการทำเกษตรในช่วงฤดูแล้ง ชุมชนโคกล่ามแสงอร่ามเป็นพื้นที่เกษตรเขตน้ำฝน พอถึงฤดูแล้งเกษตรกรไม่สามารถทำการเกษตรได้ ถึงแม้ในชุมชนมีอ่างเก็บน้ำห้วยคล้าย ทั้งนี้เพราะไม่มีระบบส่งน้ำและการบริหารจัดการน้ำ ประกอบกับในช่วงฤดูแล้งน้ำในอ่างฯ แห้งเนื่องจากไม่มีน้ำจากเทือกเขาภูพานไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำห้วยคล้าย

ผลที่เกษตรกรได้รับหลังการส่งเสริมและพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของแหล่งน้ำ (พ.ศ. 2554-ถึงปัจจุบัน)

อ่างเก็บน้ำมีประสิทธิภาพในการใช้น้ำเป็นไปตามวัตถุประสงค์มากขึ้น: เกษตรกรมีน้ำใช้ในการเกษตรตลอดปี ไม่มีปัญหาเรื่องการขาดน้ำในสภาวะฝนทิ้งช่วงและสามารถทำการเกษตรในฤดูแล้งได้ การพัฒนาแหล่งน้ำสร้างประโยชน์กับเกษตรกรในชุมชน มีการพัฒนาระบบส่งน้ำและเพิ่มปริมาณน้ำขึ้นเป็น 722,500 ลูกบาศก์เมตร (สถาบันส่งเสริมและพัฒนากิจกรรมปิดทองหลังพระสืบสานแนวพระราชดำริ, 2556) จากการศึกษาพบว่า การที่อ่างเก็บน้ำมีประสิทธิภาพในการใช้น้ำเป็นไปตามวัตถุประสงค์มากขึ้นนั้น มาจากศักยภาพและพลังของชุมชนโคกล่ามแสงอร่ามที่มีความสามัคคี ร่วมแรงร่วมใจ มีเป้าหมายในการพัฒนา และมีความอดทนเข้มแข็ง ซึ่งเห็นได้จากการวางระบบท่อส่งน้ำเป็นงานหนัก ใช้แรงงานคนจำนวนมาก และใช้เวลานานแต่เกษตรกรในชุมชนสามารถพัฒนาแหล่งน้ำจนแล้วเสร็จครอบคลุมทุกพื้นที่ ดังนั้น ศักยภาพและพลังของชุมชนจึงเป็นประเด็นที่สำคัญประการหนึ่งที่ทำให้การพัฒนาแหล่งน้ำประสบความสำเร็จ

ครัวเรือนเกษตรกรและชุมชนมีน้ำใช้ในการเกษตรตลอดปี: การพัฒนาอ่างเก็บน้ำห้วยคล้ายจนสามารถรองรับน้ำได้มากขึ้น เกิดประโยชน์กับเกษตรกรชุมชนโคกล่ามแสงอร่าม ซึ่งมีเกษตรกรได้รับผลประโยชน์จำนวน 129 ครัวเรือน มีน้ำใช้ในการเกษตรได้อย่างทั่วถึงตลอดปี โดยในฤดูฝนเกษตรกรใช้น้ำในการตกกล้าและช่วงการเจริญเติบโตของข้าว ส่วนในฤดูแล้งหลังเก็บเกี่ยวข้าวเสร็จ มีน้ำสำรองเพื่อใช้ในการปลูกพืชหลังนา เลี้ยงสัตว์ และเลี้ยงปลา

ผลที่เกษตรกรได้รับจากการส่งเสริมและพัฒนาอาชีพเกษตรกร

สภาพก่อนการส่งเสริมและพัฒนาอาชีพเกษตรกร (ก่อน พ.ศ. 2554)

ครัวเรือนเกษตรกรและชุมชนเกิดการว่างงานในฤดูแล้ง: จากการศึกษา การดำรงชีพของคนในชุมชนในช่วงก่อนปี 2554 พบว่า ในช่วงแล้ง (หลังฤดูการทำนาเก็บเกี่ยวข้าวเสร็จ) ครัวเรือนเกษตรกรและชุมชนมีสภาวะการว่างงานค่อนข้างสูง โดยครัวเรือนเกษตรกรหรือคนในชุมชนส่วนหนึ่งโดยเฉพาะวัยแรงงานมักไปทำงานนอกหมู่บ้าน ส่วนผู้สูงอายุทำหน้าที่เลี้ยงหลานหรือมีกิจกรรมการทำเครื่องใช้ในครัวเรือน เช่น การทำเครื่องจักสาน สานตะกร้า กระติบข้าว ทอผ้า ทอเสื่อ ไว้ใช้ในครัวเรือน ทั้งนี้เนื่องจากขาดน้ำเพื่อการเกษตร เกษตรกรจึงไม่สามารถประกอบอาชีพทางการเกษตร จากปรากฏการณ์ดังกล่าว จึงทำให้คนในชุมชนได้ตระหนักถึงความสำคัญของการพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อการเกษตร

ครัวเรือนเกษตรกรและชุมชนไม่สามารถทำการเกษตรได้อย่างเต็มที่และมีข้อจำกัดในการผลิตหลายประการ: การผลิตทางการเกษตรต้องมีปัจจัยสนับสนุนหลายอย่าง จากการศึกษพบว่า ในช่วงก่อนการส่งเสริมและพัฒนาอาชีพเกษตรกร ครัวเรือนเกษตรกรและชุมชนยังมีข้อจำกัดหรือขาดปัจจัยสนับสนุนหลายประการ เช่น การขาดแคลนน้ำ ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ปัญหาระบบชลประทาน ขาดองค์ความรู้ในการทำเกษตร และขาดเงินลงทุนในการประกอบอาชีพ ซึ่งจากการศึกษาก่อนการเข้าร่วมโครงการ เกษตรกรให้ข้อมูลว่าไม่มีความรู้ด้านการเกษตร ทั้งนี้ส่วนหนึ่งมาจากไม่มีหน่วยงานใดเข้าไปสนับสนุนส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร อีกทั้งครัวเรือนเกษตรกรและชุมชนไม่ได้สะท้อนปัญหาของตนเองให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ทราบอย่างจริงจังมากนัก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากต่างฝ่ายต่างดิ้นรนในการทำมาหาเลี้ยงชีพ โดยเฉพาะการทำงานนอกหมู่บ้านในช่วงฤดูแล้ง

ผลที่เกษตรกรได้รับหลังการส่งเสริมและพัฒนาอาชีพเกษตรกร (พ.ศ. 2554-ปัจจุบัน)

ครัวเรือนเกษตรกรและชุมชนมีกิจกรรมการประกอบอาชีพทางการเกษตรตลอดปี: ครัวเรือนเกษตรกรและชุมชนมีกิจกรรมการประกอบอาชีพตลอดปี เช่น ฤดูฝนเกษตรกรทำนาเป็นหลัก พอเข้าสู่ช่วงฤดูแล้งหลังเก็บเกี่ยวข้าวเสร็จเกษตรกรก็ปลูกพืชหลังนา ปลูกผักสวนครัว และเลี้ยงสัตว์ เช่น หมู เป็ด ไก่ โค กระบือ เลี้ยงปลา เป็นกิจกรรมที่มีตลอดปี จึงทำให้เกษตรกรมีกิจกรรมหมุนเวียนตลอดปี การพัฒนาด้านโครงสร้างพื้นฐานด้านน้ำทำให้มีความหลากหลายทางอาชีพเพราะน้ำเป็นปัจจัยสำคัญ

ในการผลิตทางการเกษตร เมื่อมีน้ำจึงมีการส่งเสริมและพัฒนาอาชีพหลายด้าน ช่วยทำให้ลดปัญหาการว่างงานในฤดูแล้ง ลดการเคลื่อนย้ายแรงงานออกนอกชุมชน และที่สำคัญคือการทำให้งานบางส่วนคืนถิ่น โดยเกษตรกรที่ไปทำงานต่างประเทศ ทั้งหมด 80 คน กลับมาทำงานที่บ้านอยู่กับครอบครัว จำนวน 40 คน ผลของการพัฒนาแหล่งน้ำและพัฒนาอาชีพเป็นการพัฒนา คุณภาพชีวิตของเกษตรกรในชุมชนให้ดีขึ้นจากการมีงานทำตลอดปี ไม่ต้องเดินทางอพยพถิ่นฐานไปทำงานที่อื่น ครอบครัว ได้อยู่ด้วยกันสร้างความรักความอบอุ่นในครอบครัว และเป็นการสร้างสังคมให้ดีขึ้น

เกิดกลุ่มอาชีพทางการเกษตรในการขับเคลื่อนการพัฒนาการเกษตรในชุมชน: มีกลุ่มอาชีพทั้งหมด 7 กลุ่ม ได้แก่ 1) กลุ่มผู้ใช้น้ำ 2) กลุ่มผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว ตั้งขึ้นเพื่อให้สมาชิกยืมเมล็ดพันธุ์ข้าว 3) กลุ่มโรงสีข้าวชุมชน 4) กลุ่มปุ๋ย ผลิตปุ๋ย อินทรีย์สำหรับจำหน่ายให้สมาชิก 5) กลุ่มการตลาดทำน้ำที่ผลิตและรวบรวมผลผลิตพืชผักไปจำหน่าย 6) กลุ่มปศุสัตว์ เป็นกลุ่มดูแลสัตว์เลี้ยง และ 7) กลุ่มต้อนรับผู้ศึกษาดูงาน ทำหน้าที่แม่บ้านต้อนรับคณะผู้ศึกษาดูงาน โดยวัตถุประสงค์ในการ จัดตั้งกลุ่มอาชีพเพื่อครัวเรือนเกษตรกรและชุมชน คือ เพื่อให้เกิดการรวมตัวกันเป็นกลุ่มอาชีพ และเกิดพลังในการขับเคลื่อน การพัฒนาการเกษตรของชุมชน ซึ่งแสดงให้เห็นได้ว่า ชุมชนโคกล่ามแสงอร่าม มีพลังชุมชนในการพัฒนาตนเองโดยการนำกลุ่ม เป็นกลไกในการขับเคลื่อนการพัฒนาการเกษตรในชุมชน

ครัวเรือนเกษตรกรและชุมชนมีการยกระดับการผลิตทางการเกษตรโดยการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพ ผลผลิต: ชุมชนโคกล่ามแสงอร่ามมีเป้าหมายเพิ่มผลผลิตข้าวจาก 400 กิโลกรัมต่อไร่เป็น 600 กิโลกรัมต่อไร่ จากการศึกษา พบว่า ในปีการผลิต 2559 ถึงแม้การผลิตจะได้ผลผลิตต่อไร่ไม่ถึงตามเป้าหมายที่กำหนด อย่างไรก็ตามได้มีครัวเรือนเกษตรกร ในชุมชนกว่า 52 ครัวเรือน มีการยกระดับคุณภาพการผลิตข้าว โดยการผลิตตามแนวการปฏิบัติ (good agricultural practices, GAP) โดยการผลิตข้าวได้ผลผลิตต่อไร่ 520 กิโลกรัมต่อไร่ และนอกจากนี้ ในช่วงฤดูแล้งยังมีการใช้พื้นที่ทำการเกษตรอื่น ๆ ที่สร้างรายได้ให้กับครัวเรือนเกษตรกรมากขึ้น คนในชุมชนมีการว่างงานน้อยลงเมื่อเทียบสัดส่วนกับก่อนการส่งเสริมและพัฒนา แหล่งน้ำ

ครัวเรือนเกษตรกรและชุมชนมุ่งยกระดับสู่การพึ่งตนเอง: การได้รับการส่งเสริมและพัฒนาอาชีพเกษตรในชุมชน ทำให้ครัวเรือนเกษตรกรและชุมชนมีการปรับเปลี่ยนการผลิตแบบเชิงเดี่ยวเป็นการทำเกษตรแบบผสมผสาน การปลูกพืชและ เลี้ยงสัตว์ควบคู่กันไป สร้างความหลากหลายและสร้างความสมดุลให้กับสิ่งแวดล้อม สร้างงาน สร้างรายได้ การปลูกพืชหลังนา ช่วยให้มีอาหารบริโภคตลอดปี เพราะเกษตรกรสามารถผลิตอาหารได้เอง ปลูกผัก เลี้ยงสัตว์ เลี้ยงปลาในครัวเรือน ไม่ต้องซื้อ อาหารเช่นเดิม จึงช่วยลดรายจ่ายด้านอาหารทำให้เกิดความมั่นคงด้านอาหาร และส่วนที่ผลผลิตเหลือจากการบริโภคก็นำไป จำหน่ายสร้างรายได้เสริม โดยมีกลุ่มการตลาดรวบรวมผลผลิตทางการเกษตรของชุมชนไปจำหน่ายที่ตลาดร่มห้วย สัปดาห์ละ 2 วัน ที่เหลือจำหน่ายในท้องถิ่น นอกจากนี้เกษตรกรได้ร่วมกันจัดตั้งกลุ่มปุ๋ยอินทรีย์ขึ้นในชุมชนเพื่อผลิตปุ๋ยอินทรีย์ใช้เอง ช่วยลดการใช้ปุ๋ยเคมีและใช้ทรัพยากรที่มีในท้องถิ่นหมุนเวียนให้เกิดประโยชน์คุ้มค่า อีกทั้งยังเป็นการบริหารจัดการทรัพยากร ในท้องถิ่นหมุนเวียนมาใช้ประโยชน์ เกษตรกรและชุมชนพึ่งพาตนเองอย่างแท้จริง ซึ่งผลการได้รับการส่งเสริมและพัฒนาแหล่งน้ำ เปรียบเทียบผลก่อนและหลังการพัฒนาดัง Table 1

Table 1 Agricultural community conditions before and after development.

Development issues	Agricultural condition before development	Agricultural condition after development
Development of water resources	1. The farmers cannot use water from the reservoir throughout the year	1. Reservoirs are more efficient in using water for more purposes
infrastructure	2. The farmers do not have water for farming in the dry season	2. The farmers have water for farming all year round
Promotion and development of agricultural	3. Unemployed farmers in the dry season	3. The farmers have farming all year round
	4. The farmers cannot farm the full potential	4. There is a group of agricultural occupation driven in community
		5. The farmers increase production efficiency productivity
		6. The farmers aim to raise their self-reliance

สภาพการใช้น้ำเพื่อการเกษตรตลอดปีของชุมชนโคกล่ามแสงอร่าม

การใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำห้วยคล้าย

การใช้น้ำในการปลูกข้าว: ข้าวเป็นพืชหลักที่ปลูกมากที่สุด การใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำ ในการปลูกข้าวในช่วงก่อนทำนาหรือในช่วงเตรียมแปลงกล้าโดยการใช้น้ำจากอ่างฯ ในการปลูกข้าว คิดเป็นร้อยละ 25.12 ต่อปี (สถาบันส่งเสริมและพัฒนากิจกรรมปิดทองหลังพระสืบสานแนวพระราชดำริ, 2559) โดยการบริหารจัดการน้ำสำหรับใช้ในการปลูกข้าวดังกล่าว คณะกรรมการแจ้งให้สมาชิกผู้ใช้น้ำลงทะเบียนการปลูกข้าว พร้อมทั้งร่วมกันลงมติวันเวลาในการปล่อยน้ำจากอ่างฯ เข้าสู่เขตพื้นที่ย่อยแต่ละเขตเพื่อให้สมาชิกได้ทำการหว่านกล้าข้าว

การใช้น้ำในการปลูกพืชหลังนาและปลูกผักในช่วงฤดูแล้ง: การปลูกพืชหลังนาและปลูกผักในช่วงฤดูแล้ง ใช้น้ำจากอ่างฯ คิดเป็น ร้อยละ 12.69 ต่อปี (สถาบันส่งเสริมและพัฒนากิจกรรมปิดทองหลังพระสืบสานแนวพระราชดำริ, 2559) ซึ่งการปลูกพืชหลังนาและปลูกผักในช่วงฤดูแล้งถือเป็นการผลิตทางการเกษตรที่สำคัญ ช่วยลดภาระการว่างงานในช่วงหลังฤดูการทำนา และทำให้ครัวเรือนเกษตรกรและชุมชนมีกิจกรรมทางการเกษตรตลอดทั้งปี รวมถึงเป็นการสร้างรายได้ของครัวเรือนเกษตรกรและชุมชน

การใช้น้ำในการเลี้ยงปลาและปศุสัตว์: การใช้น้ำจากอ่างฯ เพื่อเลี้ยงสัตว์ พบว่า ใช้ประมาณร้อยละ 8.75 ต่อปี (สถาบันส่งเสริมและพัฒนากิจกรรมปิดทองหลังพระสืบสานแนวพระราชดำริ, 2559) โดยในช่วงฤดูแล้งครัวเรือนเกษตรกรและชุมชนใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำห้วยคล้ายเพื่อการเลี้ยงโคเนื้อ สัตว์ปีก และเลี้ยงปลา โดยปล่อยน้ำจากท่อส่งน้ำเก็บสำรองไว้ในบ่อพักน้ำ หรือบ่อน้ำในไร่นาของตนเอง ซึ่งการเลี้ยงปลาและปศุสัตว์ดังกล่าว สามารถสร้างรายได้ให้ครัวเรือนเกษตรกรและชุมชนพอสมควร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูแล้ง อ่างเก็บน้ำมีปริมาณน้ำจำนวนน้อย ไม่สามารถปลูกพืชได้เท่าใดนัก แต่การเลี้ยงโคเนื้อยังคงสามารถทำได้และสร้างรายได้ให้ผู้เลี้ยงได้พอสมควร

การใช้น้ำจากแหล่งน้ำอื่น

จากการศึกษาพบว่า นอกจากใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำห้วยคล้ายแล้ว ยังใช้น้ำจากแหล่งน้ำเสริมอื่น เช่น บ่อน้ำ น้ำบาดาล และน้ำจากลำห้วย ซึ่งแหล่งน้ำอื่น ๆ เพื่อการผลิตทางการเกษตรเหล่านี้ มีส่วนที่สำคัญไม่น้อยที่ช่วยให้ครัวเรือนเกษตรกรและชุมชนสามารถทำการเกษตรได้ตลอดทั้งปี ซึ่งสภาพการใช้น้ำเพื่อการเกษตรตลอดปีของเกษตรกรชุมชนโคกล่ามแสงอร่าม ดังแสดงใน Table 2

Table 2 Calendar of Agriculture all year round.

Activities	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Rice	←→					←→						
Sugarcane	←→											
Casava	←→											
Vegetables	←→											
Livestocks and fishery	←→											

การบริหารจัดการน้ำเพื่อการเกษตรตลอดปีของชุมชนโคกล่ามแสงอร่าม

การบริหารจัดการกลุ่มผู้ใช้น้ำและการจัดสรรน้ำ

จากการศึกษาพบว่า ชุมชนใช้เทคนิควิธีการที่สำคัญในการบริหารจัดการกลุ่มผู้ใช้น้ำ ดังนี้

การจัดเขตย่อยของพื้นที่รับน้ำ (sub-zone) ให้กับสมาชิกกลุ่ม และส่งมอบน้ำทีละเขตย่อย: พื้นที่รับน้ำจากอ่างเก็บน้ำมีพื้นที่ 1,297 ไร่ ซึ่งเป็นพื้นที่กว้าง ถ้าส่งน้ำพร้อมกันทั้งแปลงทำให้เกิดปัญหาน้ำไปไม่ถึงถึงทุกแปลง โดยเฉพาะปลายท่อ เพื่อให้การปล่อยสะดวกทั่วถึงทุกแปลง จึงได้มีการจัดเขตย่อยของพื้นที่รับน้ำ (sub-zone) ให้กับสมาชิกกลุ่ม และส่งมอบน้ำทีละเขตย่อย โดยได้แบ่งพื้นที่การส่งน้ำออกเป็น 4 เขตย่อย คือ 1) ห้วยอ่างมีพื้นที่ 390.75 ไร่ 2) ห้วยคำเขมิพื้นที่ 248.00 ไร่ 3) ห้วยขี้เกีย มีพื้นที่ 391.25 ไร่ และ 4) ห้วยคล้าย มีพื้นที่ 267.00 ไร่ ซึ่งผลจากการดำเนินการดังกล่าว สามารถทำการส่งน้ำให้ทั่วถึงทุกพื้นที่ โดยในการบริหารจัดการส่งน้ำได้ดำเนินการผลัดการส่งน้ำเข้าสู่พื้นที่แต่ละเขตย่อยตามปฏิทิน

การส่งน้ำที่กลุ่มเกษตรกรและชุมชนร่วมกันกำหนด อันเป็นผลให้สมาชิกผู้ใช้น้ำแต่ละครัวเรือนทราบว่าพื้นที่ของตนจะได้รับน้ำจากอ่างเก็บน้ำเมื่อใด และต้องมีการกักเก็บน้ำไว้ในสระพักน้ำของตนเองมากน้อยเท่าใดจึงจะเพียงพอกับการใช้ในการผลิตทางการเกษตรของตน

ส่งเสริมการผลิตทางการเกษตรในฤดูแล้งให้สอดคล้องกับปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ: เนื่องด้วยน้ำจากอ่างเก็บน้ำใช้แก้ปัญหาในการผลิตทางการเกษตรในช่วงฤดูแล้ง ดังนั้นในแต่ละปีการผลิต คณะกรรมการกลุ่มผู้ใช้น้ำจะมีการคำนวณปริมาณน้ำในอ่าง พร้อมกับพิจารณากิจกรรมการผลิตทางการเกษตรที่เหมาะสมกับปริมาณน้ำที่มีอยู่ว่า ปลูกพืชชนิดใดจึงจะเหมาะสมกับปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอ่าง เพื่อเสนอต่อสมาชิกและชุมชนร่วมกันพิจารณา เช่น หากปีใดมีปริมาณน้ำในอ่างน้อยก็จะขอความร่วมมือจากผู้ใช้น้ำในการปลูกพืชอายุสั้นใช้น้ำน้อย ได้แก่ ถั่วลิสง ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และพืชผักสวนครัวต่าง ๆ

จัดทำปฏิทินการส่งน้ำ: มีการจัดทำปฏิทินการส่งน้ำแบบรายเดือนที่ชัดเจนเพื่อให้สมาชิกทราบและใช้วางแผนการใช้น้ำในกิจกรรมการเกษตรของตนเอง ช่วยให้การส่งน้ำเป็นระบบและสมาชิกเข้าใจรับรู้วันเวลาเปิด-ปิดน้ำของแต่ละเขตย่อยของพื้นที่รับน้ำ โดยคณะกรรมการกลุ่มผู้ใช้น้ำและชุมชนร่วมกันกำหนด ซึ่งมีการประชุมประจำปีในช่วงเดือนพฤษภาคมของทุกปี จากนั้นคณะกรรมการกลุ่มผู้ใช้น้ำจะจัดทำปฏิทินการส่งน้ำ และประกาศเป็นแผนการแจกจ่ายให้กับสมาชิกผู้ใช้น้ำได้ทราบ ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวทำให้สมาชิกผู้ใช้น้ำสามารถนำไปใช้ในการวางแผนการกักเก็บน้ำและจัดการน้ำของตนเองในระดับฟาร์มต่อไป โดยการส่งน้ำแบ่งเป็น 4 โซน เริ่มจาก ห้วยคำเข้ จัดส่งน้ำ 2 วัน คือวันที่ 1-2 ตามด้วยห้วยอ่าง ส่งน้ำ 2 วัน คือวันที่ 3-4 ห้วยคล้าย ส่งน้ำ 3 วัน คือวันที่ 5-7 และห้วยขี้เกียจ ส่งน้ำ 2 วัน คือวันที่ 8-9 หมุนเวียนกันไปเช่นนี้ทุกเดือนดังแสดงในตารางปฏิทินการจัดสรรน้ำดัง Table 3

Table 3 Calendar of water allocation for each month.

		Houy keegear	Huoy ang	Huoy klay	Huoy kamkae	
June						
Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	

จัดการส่งมอบน้ำตามปฏิทินการใช้น้ำ: ในการส่งมอบน้ำให้กับสมาชิกกลุ่มแต่ละครั้ง จะส่งมอบเป็นราย ๆ ตามปฏิทินการใช้น้ำ และในการเปิดใช้น้ำทุกครั้งจะมีสมุดบันทึกสำหรับให้เกษตรกรเซ็นชื่อรับรองการใช้น้ำ ลงวันที่ เวลา เปิดปิดน้ำ เพื่อเป็นหลักฐานการใช้น้ำ จากการศึกษพบว่า กลุ่มผู้ใช้น้ำชุมชนโคกล่ามแสงอร่ามมีแนวทางการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ และจัดสรรน้ำให้ใช้ในการเกษตรอย่างต่อเนื่องตลอดปี โดยมีเทคนิคสำคัญในการบริหารจัดการน้ำ คือ การจัดเขตย่อยของพื้นที่รับน้ำ (sub-zone) ออกเป็น 4 ส่วน และแบ่งส่งน้ำทีละส่วนหรือโซน และปิดวาล์วน้ำในโซนอื่นที่เหลือเพื่อสามารถส่งน้ำให้กับสมาชิกโซนแรกได้ทั่วถึงทุกแปลงก่อน โดยการส่งน้ำจะส่งน้ำครั้งละ 1 เขตย่อยของพื้นที่รับน้ำ โดยการส่งน้ำแต่ละเขตย่อยของพื้นที่รับน้ำมีเทคนิค คือ การแบ่งเขตย่อยของพื้นที่รับน้ำออกเป็น 2 ส่วนย่อยลงไปอีก และส่งน้ำตามพื้นที่ที่แบ่งครั้งไว้ โดยส่งน้ำให้พื้นที่อยู่ใกล้รับน้ำให้เพียงพอแล้วจึงส่งในพื้นที่อยู่ใกล้ท่อ ทำให้เกษตรกรในชุมชนไม่มีปัญหาการแย่งน้ำและในการส่งเสริมการปลูกพืชฤดูแล้งต้องสอดคล้องกับปริมาณน้ำสำรองในอ่างฯ โดยการปลูกพืชฤดูแล้งคณะกรรมการต้องวางแผนการปลูกพืชและการคำนวณปริมาณสำรองในอ่างฯ และคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชแต่ละชนิดและข้อมูลจำนวนพื้นที่ปลูกพืชฤดูแล้งแล้วจึงวางแผนการปลูกพืชตามปริมาณน้ำสำรองที่มี และมีแนวทางการส่งน้ำโดยจัดทำปฏิทินการส่งน้ำแบบรายเดือน หมุนเวียนไปตามโซนพื้นที่ที่แบ่งไว้ ซึ่งทำให้กับสมาชิกทุกคนได้ทราบตารางวันเวลาการส่งน้ำที่ชัดเจนแน่นอนและได้รับน้ำตามตารางที่กำหนด ซึ่งเกษตรกรสามารถวางแผนการเพาะปลูกของตนเองได้ จะเห็นได้ว่าชุมชนโคกล่ามแสงอร่ามมีจุดเด่นในการบริหารจัดการน้ำอย่างเป็นระบบ ช่วยแก้ไขปัญหาการแย่งน้ำ และเน้นการมีส่วนร่วมของสมาชิกในกลุ่ม เช่น การมีส่วนร่วมจัดทำปฏิทินการส่งน้ำ การแบ่งเขตย่อยของพื้นที่ เพื่อส่งน้ำได้อย่างทั่วถึง การบริหารจัดการน้ำในฤดูแล้งให้เหมาะสมกับปริมาณน้ำสำรองในอ่างฯ และการส่งมอบน้ำให้กับสมาชิกอย่างเป็นระบบ โดยจัดทำเอกสารการใช้น้ำสำหรับเกษตรกรแต่ละคน

การบำรุงรักษาระบบการส่งน้ำ

จากการศึกษาพบว่า ชุมชนมีการใช้เทคนิควิธีการที่สำคัญในการบำรุงรักษาระบบการส่งน้ำ ดังนี้

จัดเก็บค่าบริการตามขนาดพื้นที่รับน้ำของสมาชิก: การจัดเก็บค่าส่งน้ำอย่างเป็นธรรมและเก็บตามพื้นที่การใช้น้ำ สำหรับวัตถุประสงค์ในการจัดเก็บค่าบริการเพื่อนำไปใช้ในการดำเนินงานของคณะกรรมการและเป็นค่าบำรุงรักษาระบบส่งน้ำให้มีประสิทธิภาพใช้น้ำได้อย่างต่อเนื่อง อัตราการเก็บค่าบริการน้ำฤดูฝน 10 บาทต่อไร่ และฤดูแล้งเก็บอัตรา 40 บาทต่อไร่ ซึ่งรายได้ที่ได้จากการจัดเก็บค่าบริการตามขนาดพื้นที่รับน้ำของสมาชิกนี้ จะนำไปใช้ในการบริหารจัดการในการบำรุงรักษาระบบน้ำให้มีสภาพสมบูรณ์ให้พร้อมใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จัดการระบบการจ่ายค่าตอบแทนสำหรับผู้ดูแลการส่งน้ำ: การทำหน้าที่ของคณะกรรมการกลุ่มผู้ใช้น้ำที่ทำหน้าที่ให้บริการด้านต่าง ๆ เช่น การเปิด-ปิดน้ำ การบำรุงรักษาระบบส่งน้ำ การซ่อมแซมท่อส่งน้ำ ซึ่งเป็นงานที่ต้องเสียสละเวลาเพราะการทำงานจะมีค่าใช้จ่ายเกิดขึ้น เช่น ค่าน้ำมันรถ ค่าอาหาร เวลาในการทำงานส่วนตัวลดลง เพื่อเป็นการตอบแทนการปฏิบัติหน้าที่ และเป็นกำลังใจในการทำงาน กลุ่มผู้ใช้น้ำจึงได้จัดสรรรายได้ส่วนหนึ่งที่ได้จากการจัดเก็บค่าบริการใช้น้ำของสมาชิกเพื่อเป็นค่าตอบแทนสำหรับผู้ดูแลระบบการส่งน้ำ

จัดการบำรุงรักษาระบบการส่งน้ำให้สมบูรณ์ตลอดเวลา: จัดการบำรุงรักษาระบบการส่งน้ำให้สมบูรณ์ตลอดเวลาเพื่อให้ส่งน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีน้ำใช้อย่างสม่ำเสมอตลอดเวลา เพราะการทำงานเกษตร การปลูกพืช และการเลี้ยงสัตว์ต้องใช้น้ำต่อเนื่องตลอดเวลา ถ้าระบบส่งน้ำหรืออุปกรณ์การส่งน้ำชำรุด การส่งน้ำหยุดชะงักก็จะส่งผลให้ผลผลิตได้รับความเสียหาย ดังนั้นคณะกรรมการและสมาชิกจึงมีกฎระเบียบและข้อตกลงร่วมกันในการดูแลรักษาแหล่งน้ำ ตรวจสอบสภาพท่อส่งน้ำ สำรวจวัสดุอุปกรณ์การส่งน้ำประจำปี คือ ก่อนฤดูการทำนาและก่อนการปลูกพืชหลังนา โดยจากการจัดเก็บค่าบริการตามขนาดพื้นที่รับน้ำของสมาชิกเพื่อเป็นค่าใช้จ่ายในการจัดการบำรุงรักษาระบบการส่งน้ำให้สมบูรณ์พร้อมใช้งานได้ตลอดเวลา

จากการศึกษาพบว่า การบริหารจัดการน้ำเพื่อให้สามารถนำน้ำจากอ่างฯ มาใช้ในการเกษตร การจัดเก็บค่าบริการการใช้น้ำจากสมาชิกตามพื้นที่รับน้ำ การนำรายได้ดังกล่าวมาเป็นค่าตอบแทนสำหรับผู้ดูแลการส่งน้ำ และจัดการบำรุงรักษาระบบการส่งน้ำให้สมบูรณ์ตลอดเวลา โดยการบริหารจัดการด้วยหลักธรรมมาภิบาล เป็นการดำเนินการที่ทำให้ครัวเรือนเกษตรกรหรือสมาชิกสามารถทำการเกษตรได้ตลอดทั้งปี ซึ่งการจ่ายค่าบริการของสมาชิกข้างต้น เห็นได้ว่า สมาชิกจ่ายเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งที่สมาชิกได้รับจากการทำการเกษตรได้ตลอดปี

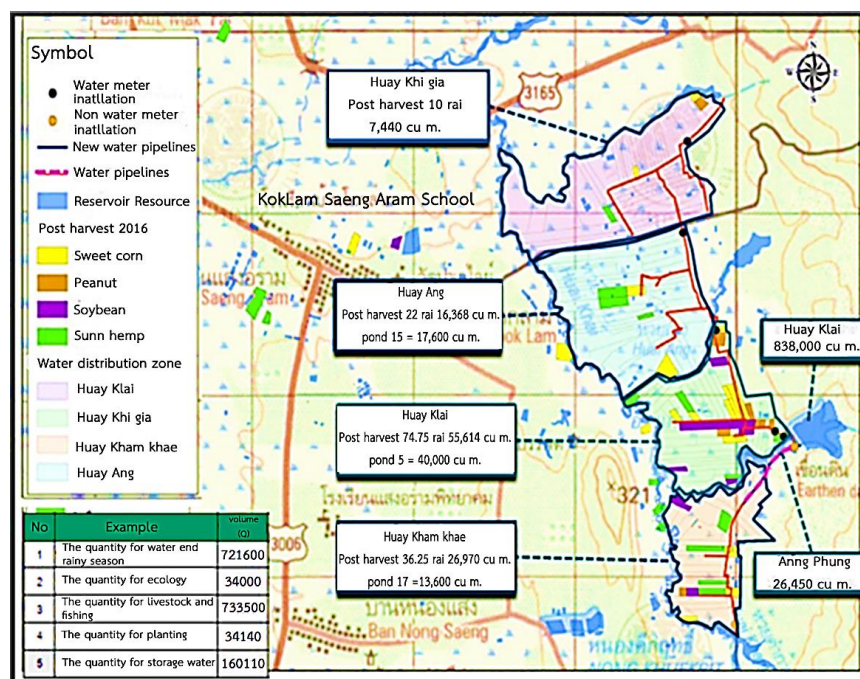


Figure 1 Map of farmland for appropriate for water management.

Table 4 Approaches for Appropriate for water management.

Water management issues	Approaches for appropriate for water management	Indicators for water management
1. Management of water user groups and water supply	1. Sub-zoning to manage water for were sub zoning group 2. Promotion of agricultural produce to suitable with amount of water in the reservoir 3. Arranging water supplying calendar for members to know and plan their water use in their own farm activities 4. Supplying water to each group member according to the water usage calendar	1. Farmer have water for farming in all areas 2. Farmer have water farming all year round
2. Management to maintenance of the water pipelines system	1. Collecting water service for according to the water supplying usage areas 2. Payments for the caretaker of the water supply system 3. Maintenance of water supply system	An efficient water pipelines system for water supply to the members

จากความสำเร็จของชุมชนโคกล่ามแสงอร่าม เห็นได้ว่า การบริหารจัดการน้ำแบบมีส่วนร่วม ถือเป็นส่วนที่สำคัญยิ่งที่ทำให้สามารถทำการเกษตรได้ตลอดปีอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Shortt (2006) และ Jules (1995) ที่รายงานว่า การบริหารจัดการน้ำแบบมีส่วนร่วมในรูปแบบของคณะกรรมการ มีส่วนสำคัญยิ่งที่ทำให้เกิดความเป็นธรรมาภิบาลกับกลุ่มผู้ใช้น้ำ ส่วน นิรมล กุศลสมบัติ และพรสวรรค์ วิเชียรประดิษฐ์ (2556) ได้รายงานในทำนองเดียวกันว่า การรวมกลุ่มและการบริหารจัดการในรูปแบบของคณะกรรมการและการสร้างกระบวนการมีส่วนร่วมภายในกลุ่ม มีส่วนที่สำคัญประการหนึ่งที่ทำให้สมาชิกเกิดการเรียนรู้ร่วมกันซึ่งผลจากการเรียนรู้ดังกล่าวจะทำให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ในการบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพและนำไปสู่ความยั่งยืนในการพัฒนา สำหรับในด้านการบริหารจัดการน้ำเพื่อการเกษตร ทิพพาพร แก้ววิริยวงศ์ และคณะ (2555) ได้รายงานว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการบริหารจัดการน้ำของกลุ่มผู้ใช้น้ำ คือ การมีส่วนร่วมในการวางแผนการใช้น้ำ การจัดทำแผนการใช้น้ำ การมีส่วนร่วมในการวางแผนกระจายน้ำ การจัดรอบเวรรับน้ำและสภาพคูคลองส่งน้ำ

อย่างไรก็ตาม จากรายงานดังกล่าวเป็นรายงานเกี่ยวกับหลักการทั่วไปที่ทำให้การบริหารจัดการน้ำมีประสิทธิภาพและมีความเป็นธรรมาภิบาล สำหรับกรณี การบริหารจัดการทรัพยากรแหล่งน้ำขนาดเล็กของชุมชนโคกล่ามแสงอร่ามนี้ นอกจากมีประสิทธิภาพและมีความเป็นธรรมาภิบาลแล้ว ยังเกิดประสิทธิผลในการบริหารจัดการ อันเป็นผลทำให้ครัวเรือนเกษตรกรสามารถทำการเกษตรได้ตลอดทั้งปี โดยอย่างน้อยการบริหารจัดการทรัพยากรแหล่งน้ำขนาดเล็กของชุมชนโคกล่ามแสงอร่ามก็สามารถชี้ให้เห็นว่าชุมชนแห่งนี้สามารถแก้ปัญหาตามคำกล่าวในตำนานว่าด้วย “อีสานแห้งแล้ง” ได้ไม่มากนักน้อย (อีสานหมายถึง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ) โดยเปลี่ยนจากเดิมที่ดูแลแล้งมีความแห้งแล้ง ไม่มีน้ำเพื่อการเกษตร มาเป็นมีน้ำเพื่อการเกษตร และสามารถทำการเกษตรได้ตลอดปี หรืออาจกล่าวได้ว่า “อีสาน ณ โคกล่ามแสงอร่าม ไม่แห้งแล้ง” ดังนั้น ชุมชนอื่นในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีแหล่งน้ำหรืออ่างเก็บน้ำของชุมชน สามารถนำแนวทางการบริหารจัดการน้ำของโคกล่ามแสงอร่ามนี้ไปเป็นแนวทางในการบริหารจัดการแหล่งน้ำขนาดเล็กเพื่อการเกษตรตลอดปี

สรุปผลการศึกษา

จากโจทย์วิจัยที่ว่า ชุมชนโคกล่ามแสงอร่าม มีการบริหารจัดการทรัพยากรแหล่งน้ำขนาดเล็กเพื่อการเกษตรตลอดปีอย่างไรนั้น จากการศึกษา ด้านที่ 1) ผลที่เกษตรกรได้รับหลังการส่งเสริมและพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน พบว่า (1) ทำให้อ่างเก็บน้ำห้วยคล้ายมีประสิทธิภาพในการใช้น้ำเป็นไปตามวัตถุประสงค์มากขึ้น (2) ครัวเรือนเกษตรกรและชุมชนมีน้ำใช้ในการเกษตรตลอดปี ด้านที่ 2) ผลที่เกษตรกรได้รับหลังจากการส่งเสริมและพัฒนาอาชีพเกษตร พบว่า (1) ครัวเรือนเกษตรกรและชุมชนมีกิจกรรม

การประกอบอาชีพทางการเกษตรตลอดปี (2) เกิดกลุ่มอาชีพทางการเกษตรในการขับเคลื่อนการพัฒนาการเกษตรในชุมชน (3) ครวัเรือนเกษตรกรรมและชุมชนมีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและพัฒนาคุณภาพผลผลิต และ (4) ครวัเรือนเกษตรกรรมและชุมชนมุ่งยกระดับสู่การพึ่งตนเอง สำหรับด้านที่ 3) การบริหารจัดการกลุ่มผู้ใช้น้ำและการจัดสรรน้ำ พบว่า ชุมชนมีเทคนิคในการบริหารจัดการโดยการ (1) จัดเขตย่อยของพื้นที่รับน้ำให้กับสมาชิกกลุ่ม และส่งมอบน้ำที่ละเขตย่อย (2) ส่งเสริมการผลิตทางการเกษตรแก่สมาชิกให้เหมาะสมกับปริมาณน้ำในอ่างฯ (3) การจัดทำปฏิทินการส่งน้ำ และ (4) จัดการส่งมอบน้ำตามปฏิทินการใช้น้ำ และด้านที่ 4) การจัดการบำรุงรักษาระบบการส่งน้ำ พบว่า (1) จัดเก็บค่าบริการตามขนาดพื้นที่การใช้น้ำ (2) การจ่ายค่าตอบแทนผู้ดูแลการส่งน้ำ และ (3) จัดการบำรุงรักษาระบบการส่งน้ำให้สมบูรณ์ตลอดเวลา

ด้วยความสำเร็จในการบริหารจัดการน้ำเพื่อการเกษตรตลอดปีของชุมชนโคกล่ามแสงอร่ามดังกล่าวข้างต้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อการเกษตรและชุมชนที่มีแหล่งน้ำหรืออ่างเก็บน้ำของชุมชน โดยเฉพาะชุมชนในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สามารถนำเอาแบบอย่าง (prototype) ของชุมชนแห่งนี้ไปเป็นบทเรียนหรือแนวทางการประยุกต์ใช้ในการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดเล็กและการส่งเสริมการประกอบอาชีพเพื่อการเกษตรตลอดปี

เอกสารอ้างอิง

- ทิพพพร แก้ววิริยวงศ์, กิตติชัย รัตนะ และวิชา นิยม. 2555. บทบาทของกลุ่มผู้ใช้น้ำในการจัดการน้ำชลประทาน กรณีศึกษาโครงการชลจอมทอง นครหลวงเวียงจันทน์ ประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว. *วารสารวนศาสตร์* 31(3): 85-91.
- นิรมล สุธรรมกุล. 2556. *เศรษฐศาสตร์ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมเบื้องต้น*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นิรมล กุลศรีสมบัติ และพรสวรรค์ วิเชียรประดิษฐ์. 2556. กลไกการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการชุมชน ประเทศญี่ปุ่น. ใน *เอกสารประกอบการประชุมวิชาการระดับชาติ หัวข้อ การพัฒนาคนชุมชน องค์การและสังคม พัฒนบริหารศาสตร์กับทางเลือกใหม่ด้านการพัฒนาในอนาคต*. สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.
- ยศ บริสุทธิ. 2558. *การศึกษาชุมชน: แนวคิดฐานการวิจัยและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์*. ขอนแก่น: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สถาบันส่งเสริมและพัฒนากิจกรรมปิดทองหลังพระสืบสานแนวพระราชดำริ. 2556. *ที่นับ้านโคกล่าม-แสงอร่าม*. พิมพ์ครั้งที่ 2.
- สถาบันส่งเสริมและพัฒนากิจกรรมปิดทองหลังพระสืบสานแนวพระราชดำริ. 2559. *รายงานประจำปี สถาบันส่งเสริมและพัฒนากิจกรรมปิดทองหลังพระสืบสานแนวพระราชดำริ*. สถาบันส่งเสริมและพัฒนากิจกรรมปิดทองหลังพระสืบสานแนวพระราชดำริ.
- สำนักงานพัฒนาชุมชน. 2560. *รายงานการสำรวจข้อมูลพื้นฐานครัวเรือนของอำเภอหนองวัวซอ*. กรมพัฒนาชุมชน.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. *สารสนเทศเศรษฐกิจการเกษตรรายสินค้า*. กรุงเทพฯ: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.
- Jules, N. P. 1995. Participatory learning for sustainable agriculture. *World Development* 23: 1247-1263.
- Shortt, R., Caldwell, W. J., Ball, J., and Agnew, P. 2006. A Participatory approach to water management: Irrigation advisory committees in southern Ontario. *Canadian Water Resources Journal* 31(1): 13-24.

วันรับบทความ (Received date) : 31 ต.ค. 61

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 13 เม.ย. 62

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 26 เม.ย. 62

KING MONGKUT'S AGRICULTURAL JOURNAL

Research Articles:

Page

❑	Effects of Net Shading During Cultivation on Chemical Compositions in the Essential Oil and Antioxidant Activities of <i>Artemisia lactiflora</i>	Pawinee Areesrisom, Narin Toakaenchan and Koblap Areesrisom	139
❑	A Comparison Study of Pesticide Residues in Vegetables from Conventional and Organic Cultivation in Muang Nakhon Pathom District	Kanjarat Sukrat, Ekrachan Chaichana, Thanunya Saowapark and Adisak Jaturapiree	146
❑	The Occurrence of <i>Sousa chinensis</i> , as an Indicator of Fishing Yield at Donsak Multipurpose Pier, Donsak District, Surat Thani Province	Chotika Phonthongpat, Siriporn Pradit and Suwat Jutapruet	154
❑	Assessing the Trophic Level of Fishes from an Andaman Coastal Fishery, Thailand, Using the Ecopath Model for Proper Fisheries Management	Nichakan Srithong and Ananya Jarenpomnipat	164
❑	Participatory Knowledge Transfer with Lessons: Enhancing Economic Security for Fishing Households in Phatthalung Province	Purawich Phitthayaphinant	175
❑	Efficacy of Essential Oils to Control Black Mold Disease Caused by <i>Aspergillus niger</i> in Grey Oyster Mushrooms (<i>Pleurotus pulmonarius</i>)	Watcharawit Rassami, Punrawich Yenjit, Sarunya Pengphol and Warin Intana	185
❑	Development of Reverse Transcription-Loop Mediated Isothermal Amplification (RT-LAMP) Technique for the Detection of <i>Zucchini Yellow Mosaic Virus</i> (ZYMV)	Tanyaporn Lhaokongthawon, Supat Attathom, Wichai Kositratana and Sujin Patarapuwadol	193
❑	Effects of KNO_3 and GA_3 on Breaking Dormancy of Cocklebur (<i>Xanthium strumarium</i> L.) Seeds	Kantima Teerangkul, Pichitra Kaewsorn and Tassanai Jaruwattanaphan	200
❑	Assessment of Surface Runoff and Soil Loss During Highland Rice Growing in Mae Fah Luang District, Chiang Rai, Using the Water Erosion Prediction Project Model	Wanrak Rittikesorn and Chanchai Sangchyoswat	208
❑	Capacity of Diatomite to Sorb Cations in Various Salt Solutions	Chulaluck Chongsuphanpong and Saengdao Landrot (Khaokaew)	217
❑	Factors Affecting the Decision Making of Para Rubber Tree Plantation Farmers in Khlong Sai Sub-district, Tha Chang District, Surat Thani Province	Chuthamat Khompramun and Patcharavadee Sriboonruang	226
❑	A Decision Support System for Crop Planning by Use of Geoinformation Technology	Pisase Senawongse	235
❑	Production of Yam Bean Powder Using Foam-Mat Drying: Investigation of Physical Properties and Sensory Acceptance	Pheeraya Chottanom, Manunya Nuntasan, Srinthron Suwanarong, Kedsunee Chuiyglang, Guntriga Hemthanoon, Wanida Chuenta and Srinuan Jantathai	245
❑	Producing Quality Beef from Cattle in Phrae Province: An Assessment of the Conditions, Problems, and Opportunities	Sureeporn Saengwong, Wiranut Thannithi, Jakkit Wichaporn and Payungsuk Intawicha	254
❑	Beef Cattle Market in Malaysia	Talerngsak Angkuraseranee Thamrong Mekhora and Thanee Pak-uthai	263
❑	Reservoir Resource Management for All Year Round Farming at Koklam Saeng Aram Community, Nongwuaso District, Udon Thani Province	Nitaya Pagul, Kanlaya Mikhama and Yos Borisutdhi	270