



วารสาร

เกษตรพระจอมเกล้า

KING MONGKUT'S AGRICULTURAL JOURNAL

ปีที่ 38 ฉบับที่ 1

VOLUME 38 NUMBER 1

มกราคม – มีนาคม 2563

SSN 2651-2203 (Online)

January – March 2020

งานวิจัย	สารบัญ	หน้า
❑ ผลของการทดแทนแป้งข้าวเหนียวด้วยเปลือกทุเรียนผงต่อคุณภาพของแป้งมัน	อภิรติ โสฬส นีอร ดาวเจริญพร และรุ่งฤทัย รำพึงจิต	1
❑ อัตราการมีชีวิตรอด และการแสดงออกของยีน <i>HSP70</i> ในเซลล์ไฟโบร بلاสต์ของโคเนื้อ 3 พันธุ์ภายใต้อุณหภูมิความร้อน	ธรรมบุญ ธาณี และพญศักดิ์ อินธิ์วิชา	8
❑ สารให้กลิ่นในเปลือกส้มซ่าจากการสกัดด้วยวิธีต่างกัน	วรรณวรางค์ วัชรานันท์ ธงชัย พุ่มทองศิริ และกิตติพงษ์ ห่วงรักษ์	16
❑ การจำแนก และรูปแบบการแสดงออกของยีน <i>EgBADH2</i> (<i>Betaine aldehyde dehydrogenase</i>) ในปลาหมึกน้ำจืดพันธุ์เทเนอรา	จิระศักดิ์ วิชาสวัสดิ์ อนุรักษ์ อรัญญนาถ และสนธิชัย จันทร์เปรม	24
❑ ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการเป็นองค์ประกอบของวิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่	พัชรวดี ศรีบุญเรือง สุทธิเทพ ศิริพิพัฒน์กุล และภัทราพร ช่วยเมื่อง	34
❑ การประเมินผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรในอ้อยต่อภายใต้สภาพการปลูกอ้อยข้ามแล้ง โดยอาศัยน้ำฝนของพันธุ์อ้อยดีเดน 16 พันธุ์	เศวตฉัตร เศษโก พัทธิน สงศรี นันทวุฒิ จงรังกลาง และประสิทธิ์ ใจคิด	42
❑ ปลาสมิ์เชื่อมอุบลรัตน์: แนวทางการพัฒนาเพื่อยกระดับมาตรฐานการผลิตปลาสมิ์ ของวิสาหกิจชุมชนแปรรูปปลาบ้านโนนปอแดง อำเภอโนนสัง จังหวัดหนองบัวลำภู	สาริกา จันทร์ชมภู ภัฏญญา มิชะมา และยศ บริสุทธิ	52
❑ การรับรู้และการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรผู้ปลูกองุ่นรับประทานสด	ธัญญาลักษณ์ ศรีโชค เฉลิมพล จตุพร พัฒนา สุขประเสริฐ และสุวิสา พัฒนเกียรติ	60
❑ การตอบสนองของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หัวล้าน ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนต่อการจัดการธาตุอาหาร เฉพาะพื้นที่ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์	ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย พิษญา คະເນย์ จิรวัดณ์ พุ่มเพชร และศิริสุดา บุตรเพชร	72
❑ ความยั่งยืนในการดำเนินงานของสหกรณ์การเลี้ยงปลุสสัตว์ กรป.กลาง โพนยางคำ จำกัด	พรรณราย ละตา จันทร์เพ็ญ ธงไชย ปภาพิต ศรีสว่างวงศ์ และระวี กลางประพันธ์	82
❑ การผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากลีโอนาร์โดต์ตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์กรมวิชาการเกษตร	แสงดาว แลนรอด (เขาแก้ว) จริญญา อามาตย์มนตรี ชัยภัทร คงแก้ว และคนพล จุฑามณี	93
❑ การประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่งโดยใช้แหล่งกักตุนพืชสกุลเต็น	ชลี ไพบูลย์กิจกุล ชุตติรัตน์ โดหมื่นไวย ทศวรรณ แดงจันทร์ และเบญจมาศ ไพบูลย์กิจกุล	104
❑ ศักยภาพของนักส่งเสริมการเกษตรในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในการปฏิบัติงานส่งเสริมและพัฒนากาเกษตร	นภาพรณ ไตสดี จินดา ชลิตทอง เฉลิมศักดิ์ ตุ่มหิรัญ และสุรพล เศรษฐบุตร	112
❑ การใช้น้ำเพื่อการเลี้ยงสัตว์น้ำในพื้นที่รับน้ำจากคลองชลประทานในอำเภอนาทอง จังหวัดชลบุรี	วันชนะ ประภาวิชา และเมธี แก้วเนิน	121
❑ การตรวจสอบสารเคมีตกค้างกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต ในผักสด ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาและประสิทธิภาพในการล้างผักต่อสารเคมีตกค้างในผักคะน้า	วิจิตรา เหลียวตระกูล วชิรญา เหลียวตระกูล ปริญญ์ เพียนเลี้ยงชีพ และวีวรรณ เต็มขันธ์ณี	131

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 วชิราภกร
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 จันทรเปรม
ผศ. ดร.จักรมาศ เลหาหวณิช
ผศ. ดร.พิสสรพรรณ 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.กัญจนา แซ่เตียว
ผศ. ดร.นิตยา ผกามาศ
ผศ. ดร.อัครวิ เรื่องเดช
ผศ. ดร.จำลอง มิตรชาวไทย
ผศ. ดร.กัลยาณี เต็งพงศธร
ผศ. ดร.ดวงกมล ปานรศทิพ ธรรมาวิวัฒน์
ผศ. ดร.สุณีพร สุวรรณณีนพงษ์
ผศ. ดร.สมศักดิ์ ธรรมโชติ
ดร.ธนัท สมณคุปต์
ดร.มัลลิกา กิลลาโล

เลขานุการและงานทะเบียน

นางสาวอาชูรา อูมา

ติดต่อสอบถามรายละเอียดได้ที่

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

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

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ข้าราชการบำนาญ (หมู่บ้านเมืองทองธานี)
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ข้าราชการบำนาญ (หมู่บ้านชลลดา-สุวรรณภูมิ)
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
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

ผลของการทดแทนแป้งข้าวเหนียวด้วยเปลือกทุเรียนผงต่อคุณภาพของแป้งปั้น

Effects of Glutinous Rice Flour Substitution with Durian Rind Powder on the Quality of Craft Dough

อภิรติ โสพฤกษ์¹ นีร ดาวเจริญพร¹ และรุ่งฤทัย รำพึงจิต¹
Apirat Sorose¹, Nion Daochareonporn¹ and Rungrutai Rampungjit¹

บทคัดย่อ

ทุเรียนเป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมในการบริโภคที่เพิ่มขึ้น ทำให้มีส่วนของเปลือกที่ไม่สามารถรับประทานได้ในปริมาณมาก โดยทุเรียนหนึ่งผลจะมีปริมาณเปลือกมากกว่าปริมาณเนื้อ จึงมีแนวคิดในการผลิตเปลือกทุเรียนผงเพื่อทำแป้งปั้นสำหรับการส่งเสริมงานหัตถกรรมไทยเพื่อสร้างรายได้และอาชีพเสริมให้กับเกษตรกรในกลุ่มชุมชนหรือวิสาหกิจชุมชน โดยทำการทดลองอบแห้งเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทองเฉพาะส่วนที่เป็นสีขาวด้วยเครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วนำไปบดละเอียดด้วยเครื่องปั่นอาหารที่ความเร็วระดับ 3 เป็นเวลา 1 นาที 3 ครั้ง จากนั้นร่อนผ่านตะแกรงที่มีความละเอียดขนาด 80 เมช ความชื้นโดยรวมไม่เกินร้อยละ 14 นำเปลือกทุเรียนผงมาทดแทนแป้งข้าวเหนียวในอัตราส่วนที่ต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ ปริมาณร้อยละ 25, 50 และ 75 โดยน้ำหนักของปริมาณแป้งข้าวเหนียว จากนั้นนำไปทดสอบคุณภาพของแป้งปั้นโดยผู้เชี่ยวชาญด้านงานหัตถกรรมที่มีองค์ความรู้ด้านวิชาการและด้านธุรกิจ จำนวน 5 ท่าน ผลการทดสอบพบว่า การทดแทนแป้งข้าวเหนียวด้วยแป้งเปลือกทุเรียนผงที่ระดับร้อยละ 50 ได้รับการยอมรับในคุณภาพด้านความเหนียว ความนิ่ม ความเนียน และการทรงตัวที่ความชอบในระดับมากที่สุด

คำสำคัญ: เปลือกทุเรียนผง การทดแทนแป้งข้าวเหนียว แป้งปั้น

Abstract

Durian is a fruit that has become increasingly popular with consumers in recent years. This has caused the industry a major problem because the parts of the rind that cannot be eaten have built up in volume. The researchers, seeking a solution to this build-up of the inedible rind material, recognized a solution, which was to process the durian rind into craft dough flour, which could be used to produce Thai handicrafts and thus provide better income and career development possibilities for farmers and their communities. In the experiment, the white part of Monthong durian rind was dried at 60°Celsius for six hours and then finely ground into a powder in a food processor at speed of 3, for 1 minute. This grinding step was done three times. The powder was then sifted through an 80-mesh sieve with a total moisture content target of not higher than 14%. The durian rind flour was then blended with glutinous rice flour at the proportions of 25, 50 and 75% durian rind powder to glutinous rice powder. These blends were examined by five academic and business craft experts, who concluded that the 50% blend had the optimal level of the characteristics of sturdiness, softness, smoothness, and immovability.

Keywords: durian rind powder, glutinous rice flour substitution, craft dough

¹ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300

¹ Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Dusit, Bangkok 10300

*Corresponding author, Email: apirat_so@hotmail.com

คำนำ

ทุเรียน เป็นผลไม้ที่ได้รับการขนานนามว่าเป็น “ราชาของผลไม้ไทย” มีหลากหลายสายพันธุ์ มีกลิ่นที่มีความหอมเป็นเอกลักษณ์ อีกทั้งยังมีรสชาติที่อร่อยเป็นที่ชื่นชอบของชาวไทยและชาวต่างชาติ ประเทศไทยเป็นแหล่งผลิตทุเรียนอันดับต้น ๆ ของโลก โดยในช่วงปีพุทธศักราช 2557 เดือนมกราคม-พฤศจิกายน ประเทศไทยส่งออกทุเรียนรวมทุกผลิตภัณฑ์ประมาณ 380 ล้านกิโลกรัม มูลค่ากว่า 13,580 ล้านบาท โดยในปริมาณทั้งหมดนี้ส่วนใหญ่เป็นการส่งออกทุเรียนสด จำนวนประมาณ 364 ล้านกิโลกรัม มูลค่ากว่า 12,280 ล้านบาท และประเทศคู่ค้าที่สำคัญคือ ประเทศจีน (สุธิดา เงินหมื่น, 2558) ทุเรียนเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย มีปริมาณการบริโภคสูงทั้งในรูปแบบผลไม้สดและแปรรูป เช่น ทุเรียนทอดกรอบ และทุเรียนกวน ทำให้มีเปลือกทุเรียนที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งจำนวนมาก การจัดการกับปริมาณเปลือกทุเรียนทำได้โดยการนำไปทำปุ๋ย วัสดุเชื้อเพลิง (วรวรรณ สังแก้ว, 2554) เชือก กระดาษ และแผ่นขึ้นไม้อัด (อนุชิต จิวหทัย และคณะ, 2555) Penjumrasa et al. (2014) ได้ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกทุเรียน พบว่าในเปลือกทุเรียนมีเซลลูโลสร้อยละ 40-55 ลิกนินร้อยละ 15-35 และเฮมิเซลลูโลสร้อยละ 25-40 โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระยะเวลาเหมาะสมที่ใช้สำหรับการอบเปลือกทุเรียน ตลอดจนกรรมวิธีการผลิตเปลือกทุเรียนผง เพื่อใช้สำหรับทดแทนปริมาณแป้งข้าวเหนียวในการทำแป้งปั้นเพื่อใช้ในงานหัตถกรรม

วิธีการศึกษา

การผลิตเปลือกทุเรียนผง ใช้เปลือกทุเรียนสด พันธุ์หมอนทอง จากร้านค้าตลาดเทเวศร์ กรุงเทพมหานคร หลังการตัดแต่งไม่เกิน 5 ชั่วโมง แป้งข้าวเหนียวตราช้างสามเศียร กวาลาเท็กซ์ ตรา TOA โซเดียมเบนโซเอต (sodium benzoate) น้ำมันมะกอก (extra virgin olive oil) ตราช้างกฤษ (ไทย) เครื่องอบลมร้อน ตรา Dorrer รุ่น ABC (เยอรมนี) เครื่องชั่งดิจิตอลทศนิยม 2 ตำแหน่ง ตรา Ohaus รุ่น Pioneer (สหรัฐอเมริกา) ที่รีดแป้ง ตรา Champ ขนาดความหนา/บาง 7 ระดับ (ไทย) ตะแกรงร่อน (Laboratory RAMA test sieve, mesh 80) และเครื่องปั่นอาหารแห้ง ตรา Electrolux (สวีเดน)

เตรียมเปลือกทุเรียนผง โดยนำเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทองปริมาณ 1,000 กรัม มาปาดเอาหนามและส่วนที่มีสีเขียวออกเหลือเฉพาะส่วนชั้นที่มีสีขาว (pericarp) หั่นเป็นชิ้นยาว-บางขนาด 0.2x4 เซนติเมตร อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 5, 6 และ 7 ชั่วโมง ตามลำดับ นำไปบดด้วยเครื่องปั่นอาหารแห้ง ใช้ความเร็วระดับ 3 เป็นเวลา 1 นาที (ทำซ้ำ 3 ครั้ง) นำเปลือกทุเรียนที่บดได้ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช เก็บรักษาผงเปลือกทุเรียนที่ได้ในถุงออลูมิเนียมฟอยล์หนา 0.8 มิลลิเมตร บรรจุแบบสุญญากาศก่อนนำไปผลิตแป้งปั้น จากนั้นทำการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพบางประการของเปลือกทุเรียนผง คือ วิเคราะห์ค่าความชื้นตามวิธี AOAC (2000) วัดค่า pH (Benjakul et al., 1997) และวิเคราะห์ปริมาณผลผลิตตามวิธี AOAC (2000)

ทำการศึกษาสู่ตรแป้งปั้นที่เหมาะสม โดยใช้เปลือกทุเรียนผงทดแทนแป้งข้าวเหนียวที่ระดับความแตกต่าง 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 25, 50 และ 75 ของน้ำหนักแป้งข้าวเหนียว (น้ำหนักโดยน้ำหนัก) ตามลำดับ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดโดยสมบูรณ์ (Complete Randomize Design: CRD)

กระบวนการเตรียมแป้งปั้น ทำการทดลองการผลิตแป้งปั้นจากเปลือกทุเรียนผง โดยใช้เปลือกทุเรียนผงทดแทนแป้งข้าวเหนียวที่มีความแตกต่างกัน 3 ระดับ แสดงดัง Table 1 ทำการผสมแป้งปั้น โดยผสมแป้งข้าวเหนียวและเปลือกทุเรียนผงโซเดียมเบนโซเอต เคล้าให้เข้ากัน เติมหาวลาเท็กซ์ครึ่งส่วน นวดให้เข้ากัน เติมหาวส่วนที่เหลือ นวดด้วยมือนาน 5 นาที จากนั้นเติมน้ำมันมะกอก นวดด้วยมือนาน 5 นาที ตามวิธีการดังแสดงใน Figure 1 เติมน้ำมันตรา Winton ปริมาณ ¼ ช้อนชา เก็บรักษาโดยคลุมด้วยฟิล์มพลาสติกให้แนบกับเนื้อแป้ง เก็บใส่ภาชนะพลาสติกปิดสนิท (เพื่อป้องกันการสัมผัสอากาศและความชื้นในแป้งปั้นระเหยออกไป)

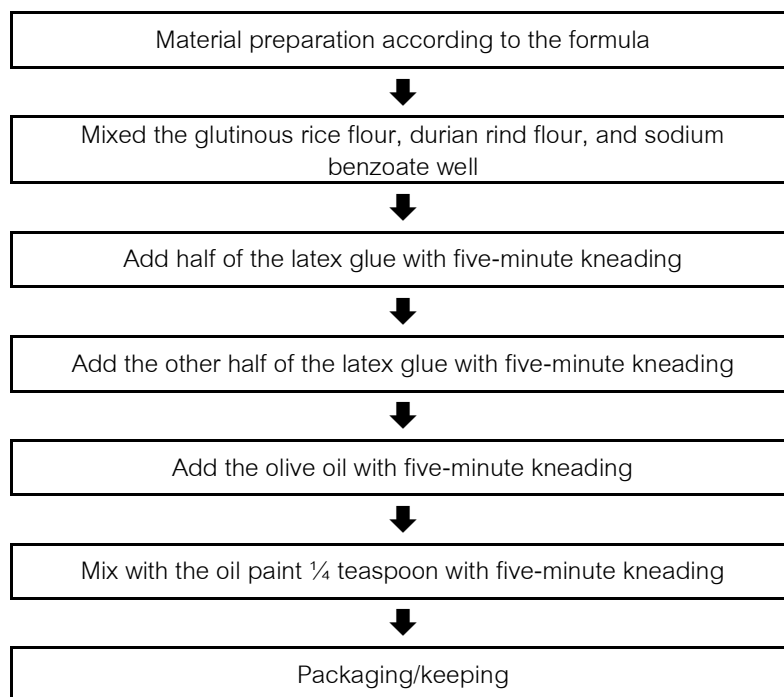
Table 1 Sample of craft dough substitute glutinous rice flour by durian rind in varies ratio.

Materials	Samples*			
	Control	DRP-25	DRP-50	DRP-75
Durian rind flour (g)	0	25	50	75
Glutinous rice flour (g)	100	75	50	25
Latex glue (% by wt. of flour)	50	50	50	50
Sodium benzoate (% by wt. of flour)	0.45	0.45	0.45	0.45
Olive oil (% by wt. of flour)	0.75	0.75	0.75	0.75

* Samples of durian rind power (DRP-25, DRP-50 and DRP-75).

การประเมินคุณภาพแป้งปั้น ทำการประเมินโดยการให้คะแนนระดับความชอบ 5 ระดับ (Likert scale) จากผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความสามารถด้านการปั้นแป้ง มีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 5 ปี โดยครอบคลุมด้านวิชาการ และด้านธุรกิจ จำนวน 5 ท่าน ซึ่งผ่านการประชุมชี้แจงเกณฑ์การประเมินคุณภาพให้มีความเข้าใจในทิศทางเดียวกัน 4 ด้าน ดังนี้ ความเหนียว (stickiness) ความนุ่ม (softness) ความเนียน (smoothness) และ การทรงตัว (firmness) ของแป้งแต่ละสูตร ประเมินจำนวน 5 ซ้ำต่อหนึ่งตัวอย่าง เปรียบเทียบกับแป้งปั้นสูตรควบคุมที่ใช้แป้งข้าวเหนียวล้วน โดยใช้เกณฑ์ดังนี้

คุณภาพด้านความเหนียว ประกอบด้วย เนื้อแป้งเหนียวไม่ขาดง่าย บีบ-นวดได้ไม่ติดมือ และปั้นขึ้นรูปขึ้นงานไม่ติดมือ ทดสอบโดยแบ่งก้อนแป้งขนาดน้ำหนัก 10 กรัม คลึงเป็นเส้นยาว 10 เซนติเมตร จากนั้นดึงยืดจนกว่าเส้นแป้งขาด วัดความยาวเส้นที่ยืดได้ โดยสูตรที่ยืดได้มากที่สุดของแป้งปั้นสูตรควบคุมให้คะแนนเท่ากับ 5 และเปรียบเทียบระดับคะแนนตามสัดส่วนความยาวที่ลดลงเป็นลำดับ

**Figure 1** Mixing process of craft dough from durian rind flour.

การเปรียบเทียบระดับคะแนน

$$\text{การเปรียบเทียบระดับคะแนน} = \frac{\text{ค่าคะแนนสูงสุด} \times \text{ความยาวที่ตัวอย่างยัดได้}}{\text{ความยาวที่ยัดได้สูงสุดของแป้งมันสูตรพื้นฐาน}}$$

คุณภาพด้านความนุ่ม ประกอบด้วย เนื้อแป้งมีความนุ่มไม่แข็ง สามารถปั้นขึ้นรูปได้ไม่แห้งก่อนงานเสร็จ และแผ่เป็นแผ่นบางได้ ทดสอบโดยแบ่งก้อนแป้งขนาด 10 กรัม จากนั้นคลึงเป็นก้อนกลม แผ่เป็นแผ่นกลมบาง เพื่อปั้นผลิตภัณฑ์รูปทรงขนมทองหยิบ 5 จีบ โดยสังเกตความนุ่มของเนื้อแป้งที่ม้วนจีบรูปทรงขนมทองหยิบ ความโค้งมน ไม่หักและคงรูป จากนั้นนำมาเปรียบเทียบกับแป้งมันสูตรพื้นฐานที่ใช้แป้งข้าวเหนียวล้วน ให้คะแนนเท่ากับ 5 และเทียบระดับคะแนนตามสัดส่วนที่ลดลงเป็นลำดับ

คุณภาพด้านความเนียน เนื้อแป้งรวมเป็นเนื้อเดียวกัน ทดสอบโดยแบ่งก้อนแป้งขนาด 10 กรัม จากนั้นคลึงเป็นก้อนกลมเพื่อทำผลิตภัณฑ์รูปทรงขนมทองเอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.2 เซนติเมตร นำก้อนแป้งกดใส่พิมพ์เคาะออก สังเกตความคมชัดของลวดลายตามแบบแม่พิมพ์ เปรียบเทียบกับแป้งมันสูตรพื้นฐานที่ใช้แป้งข้าวเหนียวล้วน ให้คะแนนเท่ากับ 5 และเทียบระดับคะแนนตามสัดส่วนที่ลดลงเป็นลำดับ บันทึกผลคะแนน

คุณภาพด้านการทรงตัว ทดสอบการปั้นขึ้นรูปได้ดี ในความสูงไม่เกิน 5 เซนติเมตร ขณะปั้นเนื้อแป้งไม่หดรัดตัวตามมือ และเมื่อแป้งแห้งตึงไม่มีรอยแตกร้าว ทดสอบโดยแบ่งก้อนแป้งขนาด 10 กรัม จากนั้นคลึงเป็นก้อนกลม เพื่อปั้นผลิตภัณฑ์รูปทรงขนมเสน่ห์จันทร์ วัดระดับความสูงของชิ้นผลิตภัณฑ์เมื่อปั้นเสร็จ พักไว้ 1 ชั่วโมง วัดระดับการเปลี่ยนแปลงความสูงของผลิตภัณฑ์ เปรียบเทียบกับแป้งมันสูตรควบคุมที่ใช้แป้งข้าวเหนียวล้วน ให้คะแนนเท่ากับ 5 และเทียบระดับคะแนนตามสัดส่วนที่ลดลงเป็นลำดับ บันทึกผลคะแนน

วิเคราะห์ข้อมูลคะแนนความชอบของแป้งมันจากการใช้เปลือกทุเรียนผงทดแทนแป้งข้าวเหนียว 3 ระดับ และเปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธีทางสถิติแบบพหุคูณ เพื่อวิเคราะห์การกระจายของข้อมูลผลการประเมิน

วิเคราะห์การประเมินคุณภาพทางกายภาพของแป้งมันตามคุณลักษณะ 4 ด้าน คือ ความเหนียว ความนุ่ม ความเนียน และการทรงตัว เปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการ Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการเตรียมเปลือกทุเรียนผง

เปลือกทุเรียนที่ได้จากการเตรียมโดยการอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5, 6 และ 7 ชั่วโมง มีความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 12.90-13.87 ดังแสดงใน Table 2 ซึ่งมีลักษณะปรากฏ คือ มีสีของเปลือกทุเรียนแปรผันโดยตรงกับระยะเวลาการอบ เมื่อระยะเวลาการอบเพิ่มขึ้นทำให้มีสีที่เข้มขึ้น การอบเปลือกทุเรียนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 5 และ 6 ชั่วโมง จะได้เปลือกทุเรียนที่มีสีขาวนวล อย่างไรก็ตามเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นที่ 7 ชั่วโมง เปลือกทุเรียนที่อบได้จะมีสีน้ำตาลอ่อน ทั้งนี้เป็นผลมาจากน้ำตาลรีดิวซ์ที่มีอยู่ในเปลือกทุเรียนและปริมาณของคาร์โบไฮเดรตชนิดอื่น โดยในเปลือกทุเรียนผงประกอบด้วย ปริมาณความชื้นร้อยละ 6.92 ปริมาณโปรตีนร้อยละ 3.15 ปริมาณเถ้าร้อยละ 0.26 ปริมาณไขมันร้อยละ 27.81 ปริมาณเยื่อใยรวมทั้งคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 57.85 ปริมาณเซลลูโลสร้อยละ 30.92 ปริมาณเฮมิเซลลูโลสร้อยละ 17.99 และปริมาณลิกนินร้อยละ 7.69 (Unhasirikul et al., 1997) การที่เปลือกทุเรียนที่อบเป็นเวลา 7 ชั่วโมงมีสีน้ำตาลเกิดขึ้นนั้น เนื่องมาจากองค์ประกอบทางเคมีในเปลือกทุเรียนเป็นปัจจัยในการก่อให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์ (non-enzymatic browning reaction) (Ai-Nong et al., 2018) สำหรับค่า pH อยู่ในช่วง 6.19-6.24 ซึ่งช่วงดังกล่าวทำให้เปลือกทุเรียนผง

มีประสิทธิภาพในการดูดซึมน้ำได้ดี โดยสภาวะที่เหมาะสมของการดูดซึมที่ดีอยู่ในช่วงภาวะฝนแบ่งที่เป็นกลาง (นิยารัตนาปนนท์, 2557)

Table 2 Color, moisture content, pH value and yield of the durian rind flour.

Drying period (hr.)	Color by eyes	Moisture (% w/w)	pH	Yield (%)
5	Creamy white	13.87±0.21	6.19±0.02	15.00±1.12
6	Creamy white	13.38±0.17	6.21±0.05	16.50±0.98
7	Light brown	12.90±0.09	6.24±0.03	13.30±0.35

ปริมาณเปลือกทุเรียนที่ได้จากการเตรียมโดยการอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โดยมีปริมาณเริ่มต้น 600 กรัม ระยะเวลาในการอบ 5, 6 และ 7 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 110, 106 และ 104 คิดเป็นร้อยละ 18.3, 17.7 และ 17.3 ตามลำดับ และเมื่อนำมาบดด้วยเครื่องบดอาหารแห้ง จะได้เปลือกทุเรียนผงเท่ากับ 90, 99 และ 80 คิดเป็นร้อยละ 15.0, 16.5 และ 13.3 ตามลำดับ (Table 2) จากการทดลองพบว่า การใช้เวลา 5 และ 6 ชั่วโมง ทำให้ได้เปลือกทุเรียนที่มีสีขาวนวล ซึ่งเหมาะกับการนำมาใช้สำหรับทำแป้งปั้น เนื่องจากจะทำให้ได้แป้งปั้นที่มีสีอ่อน สามารถผสมสีได้ง่าย โดยเปลือกทุเรียนมีความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 13.38-13.87 น้ำหนักส่วนที่หายไปของการเตรียมเปลือกทุเรียนผง พบว่า ที่ระยะเวลา 5 ชั่วโมง มีความชื้นเหลืออยู่ในเปลือกทุเรียนมากเท่ากับ ร้อยละ 13.87 ทำให้การบดเป็นผงได้น้อย แต่ที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง ได้เปลือกทุเรียนผงมากที่สุด เนื่องจากความชื้นระเหยไปในระหว่างการอบ และการบดทำได้ง่าย โดยความชื้นที่ระเหยออกไปทำให้เส้นใยของเปลือกทุเรียนมีความเปราะแข็ง แตกหักง่าย จึงบดเป็นผงง่ายขึ้น แต่ยังคงมีความชื้นอยู่ในระดับที่เป็นผลดีต่อการบด ทำให้แป้งที่ได้ไม่ฟุ้งกระจายสูญหายในระหว่างการร่อน ส่วนที่ระยะเวลา 7 ชั่วโมง ได้เปลือกทุเรียนผงน้อยที่สุด เนื่องจากความชื้นระเหยไปมาก เป็นผลให้การยืดเกาะอนุภาคของคาร์โบไฮเดรตที่เป็นเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินภายในชั้นเปลือกทุเรียนมีมาก ทำให้การบดเป็นผงทำได้ยาก เนื่องจากเปลือกทุเรียนมีความแข็ง เหนียวมาก และมีสีเข้มขึ้นเป็นสีน้ำตาลอ่อน ทำให้ได้ผงเปลือกทุเรียนน้อยที่สุดและมีสีไม่เหมาะสมสำหรับทำแป้งปั้น

ผลการศึกษาการทดแทนแป้งข้าวเหนียวด้วยเปลือกทุเรียนผงต่อคุณภาพของแป้งปั้น

การทดแทนแป้งข้าวเหนียวด้วยเปลือกทุเรียนผง เริ่มต้นที่ร้อยละ 25 ขึ้นไปจนถึงร้อยละ 50 มีผลทำให้แนวโน้มคะแนนระดับความชอบในทุกคุณลักษณะเนื้อสัมผัสเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อทดแทนแป้งข้าวเหนียวด้วยเปลือกทุเรียนผงที่ระดับร้อยละ 75 มีแนวโน้มทำให้ระดับความชอบในทุกคุณลักษณะเนื้อสัมผัสลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) (Table 3) ซึ่งสอดคล้องกับการทดแทนแป้งสาลีด้วยการเสริมใยอาหารจากเปลือกทุเรียนในขนมปังขาว ซึ่งรายงานโดย ไตรดา วังภา และคณะ (2553) พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณใยอาหารจากเปลือกทุเรียนทดแทนแป้งสาลี มีผลทำให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสลดลงอย่างเด่นชัด การลดลงของคะแนนระดับความชอบในทุกคุณลักษณะเนื้อสัมผัสของแป้งปั้นเมื่อทดแทนแป้งข้าวเหนียวด้วยเปลือกทุเรียนผงนั้น เป็นผลมาจากเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มของพอลิแซ็กคาไรด์ที่ไม่ละลายน้ำ เนื่องจากมีรูปพอลิเมอร์ในเส้นใยจะส่งผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำและกักเก็บน้ำ ทำให้มีความสามารถในการพองตัว แต่ในขณะเดียวกันความสามารถในการดูดซับน้ำและความชื้นก็ลดลง (Pongnoree and Kongbangkerd, 2006) ทำให้เนื้อแป้งปั้นมีความแข็งเพิ่มขึ้น จึงยากต่อการนำแป้งปั้นมาทดสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ โดยทำการปั้นเป็นดอกไม้ในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งสอดคล้องกับการลดลงของระดับคะแนนเมื่อมีการทดแทนแป้งข้าวเหนียวด้วยเปลือกทุเรียนผงเพิ่มขึ้น

Table 3 Texture quality of durian rind craft dough as the substitution of glutinous rice flour by sensory evaluation.

Texture quality	Control	DRP-25	DRP-50	DRP-75
1. Stickiness				
1.1 Sticky and tough	5	3.40±0.55 ^b	4.40±0.55 ^{ns}	3.20±0.45 ^a
1.2 Sticky during kneading	5	3.80±0.84 ^a	4.00±0.71 ^{ns}	3.00±0.71 ^b
1.3 Non-sticky during kneading	5	3.60±0.55 ^b	4.40±0.55 ^{ns}	3.00±0.00 ^b
2. Softness				
2.1 Fluffiness	5	3.60±0.55 ^a	4.40±0.00 ^b	3.40±0.00 ^a
2.2 Slow drying	5	3.40±0.55 ^b	4.60±0.55 ^a	3.20±0.55 ^b
2.3 Easily rolled into thin sheets	5	3.60±0.55 ^a	4.40±0.55 ^b	3.00±0.84 ^c
3. Smoothness				
3.1 Consistently mixed	5	3.60±0.55 ^a	4.00±0.55 ^a	3.00±0.71 ^b
4. Firmness				
4.1 Well firm for the height unexceeding 5 cm	5	3.40±0.55 ^b	4.40±0.55 ^a	4.60±0.55 ^a
4.2 Non-shrinking during kneading	5	3.60±0.55 ^a	4.20±0.45 ^{ab}	4.40±0.55 ^b
4.3 Non-cracking after drying	5	3.60±0.55 ^a	4.20±0.45 ^a	3.20±0.45 ^c

* Samples of durian rind flour dough substituted by glutinous rice flour dough as 25 (DRP-25), 50 (DRP-50) and 75 (DRP-75).

** Average score ± standard deviation of 3 repeated analyses.

*** Different letters small in the same row were significantly different ($p \leq 0.05$).

สรุปผลการศึกษา

กรรมวิธีการผลิตแป้งทอดกรอบเพื่อทำแป้งปั้น ใช้วิธีการอบลมร้อนแป้งทอดกรอบ ระยะเวลาการอบแห้ง แป้งทอดกรอบที่เหมาะสมต่อการผลิตแป้งทอดกรอบ คือ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เนื่องจากผลิตภัณฑ์ได้ยังคงสีขาวนวล และมีผลผลิตที่สูงสุด โดยเมื่อนำแป้งทอดกรอบที่ได้ไปทดแทนแป้งข้าวเหนียว ในแป้งปั้นสำหรับงานหัตถกรรม พบว่าการใช้แป้งทอดกรอบ ร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก ทดแทนแป้งข้าวเหนียว ในแป้งปั้น แล้วทำให้ได้แป้งปั้นที่มีคุณลักษณะของเนื้อสัมผัสอยู่ในระดับความชอบ ทั้งนี้การใช้แป้งทอดกรอบ ในสัดส่วนที่มากเกินไป จะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ได้มีค่าความเหนียว ความนิ่ม และความเนียนที่ลดลง

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่สนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- นิธิยา รัตนานนท์. 2557. *เคมีอาหาร*. น. 487. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- วรวรรณ สังแก้ว. 2554. การแปรรูปเปลือกทุเรียนเป็นวัสดุเชื้อเพลิง : การศึกษาเปรียบเทียบลักษณะคุณภาพ ต้นทุนการผลิตและความคิดเห็นของผู้ใช้ถ่านที่ผลิตจากเปลือกทุเรียน และเปลือกทุเรียนผสมผงถ่านและขี้เลื่อย. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม (พิเศษ)*: 51-58.
- ไศรดา วัลภา, กุลรภัศ วชิรศิริ, ดำรงชัย สิทธิสำอางค์ และจิตติชญา สุวรรณทัต. 2553. ผลของการเสริมใยอาหารจากเปลือกทุเรียนต่อคุณภาพของขนมปังขาว. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร* 40 (3/1) (พิเศษ): 205-208.
- สุธิดา เงินหมื่น. 2558. ภาวะการส่งออกสินค้าผักผลไม้สด แช่เย็น แช่แข็งและแห้ง. สำนักพัฒนาการค้าและธุรกิจการเกษตรและอุตสาหกรรม. กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ. http://www.ditp.go.th/contents_attach/92378/92378.pdf (7 ธันวาคม 2558).
- อนุชิต จิวหยี่, สโรชา เจริญวัย, สมศักดิ์ วงษ์ประดับชัย และผดุงศักดิ์ รัตนเดโช. 2555. การศึกษาเชิงทดลองในกระบวนการอบแห้งแผ่นชิ้นไม้ขัด (แปรรูปมาจากเปลือกทุเรียน) โดยใช้ระบบไมโครเวฟ ชนิดบ้อนคลื่นหลายตำแหน่งที่ไม่สมมาตรร่วมกับระบบลมร้อนและสายพานลำเลียงอย่างต่อเนื่อง. ใน *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 26*. โรงแรมดุสิต ไฮส์แลนด์ รีสอร์ท, เชียงราย.
- Ai-Nong, Y., Ya, L., Yan, Y., and Ke, Y. 2018. The browning kinetics of the non-enzymatic browning Reaction in L-ascorbic acid/basic amino acid systems. *Food Sci. Technol. (Campinas)* 38 (3): 537-542.
- AOAC. 2000. *Official Method of Analysis of AOAC International*. 17th ed. Washington DC: The Association of Official Analytical Chemistry.
- Benjakul, S., Seymour, T. A., Morrissey, M. T., and An, H. 1997. Physicochemical changes in Pacific whiting muscle proteins during iced storage. *Food Sci.* (62): 729-733.
- Penjumras, P., Rahman, R. B. A., Taliba, R. A., and Abdan, A. 2014. Extraction and characterization of cellulose from durian rind. *Agric. Agric. Sci. Procedia* 2: 237-243.
- Pongnoree, J., and Kongbangkerd, T. 2006. Preparation of cellulose from corncobs I : Study on cellulose extraction. *Songklanakarin J. Sci. Technol.* 28 (1): 191-199.
- Unhasirikul, M., Narkrugsu, W., and Naranong, N. 1997. Sugar production from durian (*Durio zibethinus* Murray) peel by acid hydrolysis. *Afr. J. Biotechnol.* 12 (33): 5244-5251.

วันรับบทความ (Received date) : 5 มิ.ย. 61

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 10 ก.ย. 61

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 16 ต.ค. 61

อัตราการมีชีวิตรอด และการแสดงออกของยีน *HSP70* ในเซลล์ไฟโบรบลาสต์ของโคเนื้อ 3 พันธุ์ ภายใต้อุณหภูมิความร้อน

Survival Rates and Heat Shock 70 Gene Expression in the Fibroblast Cell Lines of 3 Types of Beef Cattle Bred under Hydrothermal Conditions

ธรรมบุญ ธาณี¹ และพยุงค์ อินตะวิชา^{1*}
Thammanoon Thanee¹ and Payungsuk Intawicha^{1*}

บทคัดย่อ

ยีนฮีตช็อกโปรตีน 70 (heat shock protein, *HSP70*) มีบทบาทสำคัญในการปรับตัว การอยู่รอด และการตอบสนองต่อความร้อนของเซลล์โคเนื้อ การศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อทราบถึงอัตราการมีชีวิตรอด และการแสดงออกของ *HSP70* ในเซลล์ไฟโบรบลาสต์จากโคลูกผสมชาวลำพูน-แองกัส ชาวลำพูน-ชาร์โรเลส์ และชาวลำพูน ภายใต้อุณหภูมิความร้อน เซลล์ไฟโบรบลาสต์ถูกเก็บจากใบหู จากนั้นนำมาเพาะเลี้ยงในตู้บ่ม 5% CO₂ ที่อุณหภูมิ 38.5 องศาเซลเซียส การศึกษาที่ 1 อัตราการมีชีวิตรอดของเซลล์ไฟโบรบลาสต์ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง พบว่าอัตราการมีชีวิตรอดของเซลล์ของกลุ่มโคพื้นเมืองชาวลำพูนสูงกว่า (ร้อยละ 97.73±0.16 และ 93.33±1.90) กลุ่มโคลูกผสมชาวลำพูน-แองกัส (ร้อยละ 96.36±0.35 และ 88.88±1.31) และกลุ่มโคลูกผสมชาวลำพูน-ชาร์โรเลส์ (ร้อยละ 96.70±0.44 และ 89.16±1.37) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) การศึกษาที่ 2 การแสดงออกของยีน *HSP70* ด้วยวิธี RT-PCR ในเซลล์ไฟโบรบลาสต์หลังจากฮีตช็อกที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6, 12 และ 24 ชั่วโมง พบว่า เซลล์ในทุกกลุ่มมีการแสดงออกของยีน *HSP70* แสดงให้เห็นถึงกลไกการตอบสนองต่อความร้อนระดับเซลล์ของทั้งโคพื้นเมืองและโคลูกผสม สรุปได้ว่า เซลล์ไฟโบรบลาสต์ของโคพื้นเมืองชาวลำพูนเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส มีอัตราการมีชีวิตรอดของเซลล์สูงกว่าโคลูกผสม และเซลล์ไฟโบรบลาสต์ของโคทุกกลุ่มมีการแสดงออกของยีน *HSP70* เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส แสดงถึงกลไกการทำงานระดับเซลล์ของโคเนื้อที่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพในเขตร้อนชื้นของประเทศไทยได้

คำสำคัญ: การแสดงออกของยีนฮีตช็อกโปรตีน 70 ภายใต้อุณหภูมิความร้อน เซลล์ไฟโบรบลาสต์ โคลูกผสมชาวลำพูน

Abstract

Gene Heat shock proteins (*HSP70*) play an important role in the adaptation to survival and heat response of cells. The purpose of this study was to determine the effect of hot temperatures on the survival rates and gene expression of fibroblast cells from Khao Lamphun cattle, crossbreed Khao Lamphun-Angus cattle and Khao Lamphun-Charolais cattle. The fibroblast cells were cultured in a 5% CO₂ incubator at 38.5°C. *Study 1:* The cell survival rate of fibroblast cells was determined after culture under hydrothermal conditions at 42°C for 24 and 48 hours. The cells of Khao Lamphun cattle (97.73±0.16 and 93.33±1.90 percent) showed a viability rate higher than that of crossbreed Khao Lamphun-Angus cattle (96.36±0.35 and 88.88±1.31 percent) and Khao Lamphun-Charolais (96.70±0.44 and 89.16±1.37 percent; $p < 0.05$). *Study 2:* The *HSP70* gene expression of fibroblast cells after exposure to the hot temperature of 42°C for 6, 12 and 24 hours was evaluated using the RT-PCR method. It was found that *HSP70* gene was expressed in all groups. This demonstrated the mechanism of cellular heat response of both native and crossbred cattle. In conclusion, the growth rate of fibroblast cells increased during *in vitro* culture. The survival rate of fibroblast cells under hydrothermal conditions from Khao Lamphun cattle was higher than that of fibroblast cells from crossbred cattle. The fibroblast cells of Khao Lamphun and crossbred cattle showed *HSP70* gene expression under hot conditions, which suggests that the fibroblast cells of beef cattle should be able to tolerate heat and adapt to the tropical conditions of Thailand.

Keywords: *HSP70* gene expression, under hyperthermia, cell fibroblast, crossbreeding beef cattle

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: payungsuk.in@up.ac.th or payungsuk@hotmail.com

คำนำ

การเลี้ยงโคเนื้อเป็นอาชีพเสริมสามารถสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรได้อย่างดี ปัจจุบันมีการนำโคเนื้อจากต่างประเทศเข้ามาปรับปรุงพันธุ์เพื่อผลิตโคเนื้อคุณภาพที่มีคุณภาพเนื้อดี และเป็นที่ต้องการของตลาด โดยโคเนื้อคุณภาพที่นิยมเลี้ยงในประเทศไทย ได้แก่ โคลูกผสมชาร์โรเลส์ และโคลูกผสมแองกัส (เรื่องยศ พิลานันท์ และวันชัย อินทิแสง, 2559) นอกจากนี้กรมปศุสัตว์มีการปรับปรุงพันธุ์โคลูกผสมโดยใช้โคพื้นเมืองพันธุ์ชาวลำพูนเป็นแม่พันธุ์ฐานสำหรับผลิตโคลูกผสมพื้นเมือง 2 สายพันธุ์ ได้แก่ โคลูกผสมชาวลำพูน-แองกัส และโคลูกผสมชาวลำพูน-ชาร์โรเลส์ เพื่อให้ได้ลูกเพศเมียที่มีลักษณะความสมบูรณ์พันธุ์สูงเจริญเติบโตดี แต่อย่างไรก็ตามการนำโคที่มีสายเลือดยุโรปสูงมาเลี้ยงยังมีข้อจำกัดในเรื่องสภาพอากาศร้อนชื้นของประเทศไทย อาจส่งผลให้โคนั้นมีการกินอาหาร การเจริญเติบโต และประสิทธิภาพของระบบสืบพันธุ์ลดลง ดังนั้นการนำโคลูกผสมพื้นเมืองพันธุ์ชาวลำพูนมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์จะทำให้โคสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพอากาศร้อนชื้นของประเทศไทยได้ มีรายงานว่าผิวหนังเป็นส่วนที่ช่วยปกป้องโครงสร้างอวัยวะภายในจากสภาพแวดล้อมภายนอก ในผิวหนังมีเซลล์ไฟโบรบลาสต์เป็นองค์ประกอบซึ่งอยู่ในส่วนของหนังแท้ (Fanny, 2004) โดยเซลล์ไฟโบรบลาสต์มีบทบาทที่สำคัญทางสรีรวิทยา (Singh et al., 2014) หรือการตอบสนองต่อการปรับตัวทางชีวเคมีของเซลล์ (Fujita, 1999) ความเครียดจากความร้อน (heat stress) ซึ่งจะส่งผลต่อสุขภาพ ความสามารถในการสืบพันธุ์ และประสิทธิภาพการผลิต (Dobson and Smith, 2000) มีรายงานว่าความเครียดจากความร้อนส่งผลให้อัตราการมีชีวิตรอดของลูกสุกรลดลง (Wegner et al., 2014) ส่งผลให้โคนมลดปริมาณน้ำนม (Ravagnolo et al., 2000) และลดความสมบูรณ์พันธุ์ (Sartori et al., 2004) มีรายงานการเพาะเลี้ยงเซลล์ไฟโบรบลาสต์ในหลอดทดลองจากเซลล์ไขกระดูกของสุกรพบว่า เซลล์ไฟโบรบลาสต์มีการแบ่งตัวเพิ่มสูงขึ้นร้อยละ 94.9 ± 0.52 ถึง 97.8 ± 1.21 (Changqing et al., 2014) Csermely et al. (1998) รายงานว่า เมื่อเซลล์ในร่างกายได้รับความเครียดจากความร้อนส่งผลให้เซลล์มีการแสดงออกของยีนในกลุ่มของฮีตช็อกโปรตีน เพื่อผลิตฮีตช็อกโปรตีนสำหรับกลไกป้องกันและการเกาะกลุ่มของโปรตีน (protein aggregation) และช่วยรักษาโครงสร้างของโปรตีนที่เสียหายให้กลับมามีความเสถียรภาพปกติ (Basirico et al., 2011) โดยกลุ่มฮีตช็อกโปรตีน (heat shock proteins: HSPs) มีอยู่ 5 ชนิดตามน้ำหนักโมเลกุล (molecular weights) ได้แก่ HSP100, HSP90, HSP70, HSP60 และ HSP40 ซึ่งแต่ละชนิดมีหน้าที่แตกต่างกันไป โดย HSP70 เป็นตัวแรกที่มีการตอบสนองเมื่อเซลล์ถูกกระตุ้นโดยความเครียดจากความร้อน (Kregel, 2002) การศึกษาก่อนหน้านี้ของ Wu et al. (2017) ได้ทำการศึกษาก่อนหน้าของความร้อนของเซลล์ไฟโบรบลาสต์ในโคพันธุ์ Taiwan yellow (*Bos indicus*) และโคพันธุ์ Holstein (*Bos taurus*) พบว่า กลุ่มโคทั้ง 2 พันธุ์มีการแสดงออกของยีน HSP70 หลังจากถูกกระตุ้นด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามการศึกษาการแสดงออกของยีน HSP70 ในโคชาวลำพูนและโคลูกผสมยังไม่มีรายงาน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทราบถึงอัตราการมีชีวิตรอด และการแสดงออกของยีนฮีตช็อกโปรตีนในเซลล์ไฟโบรบลาสต์จากโคลูกผสมชาวลำพูน-แองกัส ชาวลำพูน-ชาร์โรเลส์ และชาวลำพูน ภายใต้อุณหภูมิความร้อน เพื่อเป็นแนวทางในการคัดเลือกโคเนื้อคุณภาพดีที่สามารถเลี้ยงในสภาพอากาศร้อนของเมืองไทยต่อไป

วิธีการศึกษา

สัตว์ทดลอง

ทำการศึกษาคอกในโคลูกผสมพื้นเมืองเพศเมียทั้งหมด 9 ตัว ได้แก่ โคชาวลำพูน (3 ตัว) โคลูกผสมชาวลำพูน-แองกัส (3 ตัว) และโคลูกผสมชาวลำพูน-ชาร์โรเลส์ (3 ตัว) จากศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์พะเยา และสถานีวิจัยทดสอบพันธุ์สัตว์แพร่ สำหรับทำงานวิจัย โดยปฏิบัติตามข้อกำหนดในจรรยาบรรณการใช้สัตว์เพื่องานทดลองทางวิทยาศาสตร์ สภาวิจัยแห่งชาติ และภายใต้คำแนะนำของคณะกรรมการกำกับดูแลการเลี้ยงและใช้ทดลอง ศูนย์สัตว์ทดลองมหาวิทยาลัยพะเยา เลขที่ UP-AE60-01-01-001

สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมีและสารตั้งต้นที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ คือ DMEM media; Catalogue No. 11855-084, fetal bovid serum; Catalogue No. 10437-028, antibiotic-antimycotic; Catalogue No. 15240-062, phosphate buffer saline; Catalogue No. 10010-23, trypsin-EDTA 0.05%; Catalogue No. 25200-056 และ trypan blue stain 0.4%; Catalogue No. 15250-061 ผลิตจากบริษัท Thermo Fisher Scientific จำกัด

การเก็บตัวอย่างเซลล์ไฟโบรบลาสต์

นำโคเข้าของบั้งคัแล้วทำความสะอาดบริเวณใบหูด้วยสำลีชุบ 70% (V/V) ethanol จากนั้นตัวอย่างชิ้นเนื้อใบหูขนาด 1 เซนติเมตรจะถูกตัด และเก็บไว้ในสารละลาย phosphate buffer saline (PBS) เพื่อนำกลับมาเพาะเลี้ยงที่ห้องปฏิบัติการของสาขาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา

การเพาะเลี้ยงเซลล์ไฟโบรบลาสต์

หลังจากนำชิ้นเนื้อที่ได้จากใบหูของโคมาทำความสะอาดอีกรอบแล้ว ใช้มีดตัดให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ในสภาพปลอดเชื้อ แล้วล้างบั้งเหียงที่ความเร็ว 3,000 rpm ณ อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 นาที และดูดของเหลวส่วนบนทิ้ง ทำการล้างแบบเดิมด้วย PBS อีก 2 รอบ และนำตัวอย่างใส่ในจาน นำไปเลี้ยงในตู้บ่ม 5% CO₂ จากนั้นย่อยด้วย trypsin (0.025% (W/V) บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที เพื่อให้เซลล์หลุดออกเป็นเซลล์เดี่ยว นำเซลล์มาล้าง trypsin ออกโดย 10% FBS-DMEM โดยการบั้งเหียงที่ความเร็วรอบ 3,000 rpm ณ อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 นาที แล้วนำมาเลี้ยงด้วยอาหารเลี้ยงเซลล์ 10% FBS-DMEM ในตู้บ่ม 5% CO₂ เมื่อเซลล์เพิ่มจำนวน นำไปเก็บรักษาโดยการแช่แข็งตามวิธีการของ Intawacha et al. (2009)

การทำอีทซ็อคเซลล์ไฟโบรบลาสต์

เซลล์ไฟโบรบลาสต์จะถูกนำมาทำอีทซ็อคตามวิธีของ Lee et al. (2016) โดยเซลล์ไฟโบรบลาสต์ที่เก็บแช่แข็ง (freeze) ไว้จะถูกนำมาละลาย (thaw) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 วินาที หลังจากนั้นนำตัวอย่างเซลล์ไฟโบรบลาสต์มาเพาะเลี้ยงในจานอาหารที่มี 10% FBS DMEM ที่อุณหภูมิ 38.5 องศาเซลเซียส ในตู้บ่ม 5% CO₂ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นจะทำการอีทซ็อคที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส เป็นเวลาที่แตกต่างกันคือ 6 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง

การศึกษาการแสดงออกของยีน

นำเซลล์ไฟโบรบลาสต์จากการอีทซ็อคมาศึกษาการแสดงออกของยีน โดยใช้ปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรสแบบย้อนกลับ (Reverse Transcription Polymerase Chain Reaction, RT-PCR) โดยมีรอบการทำ PCR ดังนี้ เริ่มต้นด้วยกระบวนการ pre-denaturing 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นทำปฏิกิริยา 40 รอบ มีรายละเอียดดังนี้ denaturing ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที annealing ที่อุณหภูมิ 58 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที extension ที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที final extension ที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และ chilli อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส หลังจากเสร็จสิ้นปฏิกิริยา นำ PCR product ไปตรวจสอบการแสดงออกของยีน ในการตรวจหาการแสดงออกของยีน โดยทำการสกัด total RNAs โดยใช้ RNA extraction kit (Geneaid RT050) นำ total RNA ของโคเนื้อหา first strand cDNA โดยการใช้ 20 µg of total RNA จากนั้นเติม 2 µL of DNase I, 3 µL of DNase I 10× buffer, 0.25 µL of RNasin, 4.75 µL of ddH₂O ภายใต้อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที จากนั้นหา PCR homologous cDNA จากฐานข้อมูลของ GenBank และตรวจดู PCR product ใน 1.5% Agarose ที่ย้อมด้วย ethidium bromide ภายใตแสง UV light ตามวิธีการของ Intawacha et al. (2009)

การออกแบบการทดลอง การทดลองแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1 ศึกษาอัตราการแบ่งเซลล์และอัตราการมีชีวิตรอดของเซลล์ไฟโบรบลาสต์ในโคลูกผสมพื้นเมือง

ข้อมูลอัตราการแบ่งเซลล์ที่เลี้ยงที่อุณหภูมิ 38.5 องศาเซลเซียส ถูกนำมาวิเคราะห์ในแต่ละเวลาของการเพาะเลี้ยง คือ 24 และ 48 ชั่วโมง เพื่อเปรียบเทียบอัตราการแบ่งเซลล์ในแต่ละสายพันธุ์ ตามลำดับ โดยตรวจนับจำนวนเซลล์ด้วยการใช้น้ำยาย้อมสี trypan blue ข้อมูลอัตราการมีชีวิตรอดของเซลล์ไฟโบรบลาสต์ถูกนำมาวิเคราะห์หลังจากเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง เพื่อประเมินอัตราการมีชีวิตรอดโดยใช้น้ำยาย้อมสี trypan blue

การทดลองที่ 2 ศึกษาการตอบสนองของยีนในเซลล์ไฟโบรบลาสต์

เซลล์ไฟโบรบลาสต์ของโคลูกผสมพื้นเมืองถูกแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 เพาะเลี้ยงเซลล์ไฟโบรบลาสต์ที่อุณหภูมิ 38.5 องศาเซลเซียสในตู้บ่ม 5% CO₂ เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง กลุ่มที่ 2 เพาะเลี้ยงเซลล์ไฟโบรบลาสต์ที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส ในตู้บ่ม 5% CO₂ เป็นระยะเวลา 6 12 และ 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำตัวอย่างเซลล์มาวิเคราะห์การแสดงออกของยีนด้วยวิธี RT-PCR โดยใช้ primers ดังแสดงใน Table 1

Table 1 Sequence and fragment size of the pairs of primers used for RT-PCR.

SL. no.	Gene	Primer sequence	Fragment size (bp)	NCBI/reference
1	HSP70	F: AACATGAAGAGCGCCGTGGAGG R: GTTACACACCTGCTCCAGCTCC	171	(Bhanuprakash et al., 2016)
3	β -ACTIN	F: AGGCATCCTGACCCCTCAAGTA R: GCTCGTTGTAGAAGGTGTGGT	95	(Singh et al., 2014)

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วยวิธี One-way ANOVA ด้วยโปรแกรม R 64 bit (version 3.5.1) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์โดยวิธี Duncan (Duncan New Multiple Range Test: DMRT) โดยกำหนดความเชื่อมั่นที่ 95% ($p < 0.05$) แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 ศึกษาอัตราการแบ่งเซลล์ไฟโบรบลาสต์ในโคพื้นเมืองและโคลูกผสม

อัตราการแบ่งเซลล์ไฟโบรบลาสต์ในโคพื้นเมืองและโคลูกผสมที่เลี้ยงในอุณหภูมิ 38.5 องศาเซลเซียส พบว่า อัตราการแบ่งเซลล์ไฟโบรบลาสต์ในโคชาวลำพูนที่เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากเริ่มนับเซลล์ครั้งแรก 24 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.42, 23.37 และ 70.65 ตามลำดับ ($p > 0.05$; Table 2) อัตราการแบ่งเซลล์ไฟโบรบลาสต์ในโคชาวลำพูน-แองกัสที่เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากเริ่มนับเซลล์ครั้งแรก 24 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.47, 23.59 และ 71.04 ตามลำดับ ($p > 0.05$; Table 2) และอัตราการแบ่งเซลล์ไฟโบรบลาสต์ในโคชาวลำพูน-ชาร์โรเลส์ ที่เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากเริ่มนับเซลล์ครั้งแรก 24 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.44, 24.08 และ 71.97 ตามลำดับ ($p > 0.05$; Table 2)

Table 2 Cell division rates in Thai-native and crossbred beef cattle after culture for 1 and 2 days.

Day of culture	% Growth rate			P-value
	WL (n=3)	WL-AG (n=3)	WL-CHA (n=3)	
SCC (cell/ml)	122,667	124,333	126,000	
2 h after SCC (cell/ml)	0.42% (123,183)	0.47% (124,918)	0.44% (126,563)	0.711
24 h (cell/ml)	23.37% (151,333)	23.59% (153,667)	24.08% (156,333)	0.702
48 h (cell/ml)	70.65% (209,333)	71.04% (212,667)	71.97% (216,667)	0.963

WL = Chao Lamphun, WL-AG = Chao Lamphun-Angus, WL-CHA = Chao Lamphun-Charolais.

SCC = start counting cell.

การศึกษาลักษณะนิพิตวิทยา (Morphology) ของเซลล์ไฟโบรบลาสต์ในโคลูกผสมชาวลำพูนพันธุ์แท้ที่เพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 38.5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง แสดงใน Figure 1A และเซลล์ไฟโบรบลาสต์ในโคลูกผสมชาวลำพูน-แองกัส และโคลูกผสมชาวลำพูน-ชาร์โรเลส์ (Figure 1B, C) Abdian et al. (2015) ได้ทำการทดลองโดยใช้ตัวอย่างเซลล์ไฟโบรบลาสต์จากมนุษย์ (Human Dermal Fibroblasts: HDFs) เป็นเซลล์ชนิด dermis ที่มีต้นกำเนิดพบในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันทั้งหมด อีกทั้งยังเป็นเซลล์ที่สามารถทำได้โดยมีการแบ่งตัวที่ดีและสามารถเลี้ยงได้ง่ายในหลอดทดลอง โดยทำการเพาะเลี้ยงในอาหาร 10% FBS-DMEM ประกอบด้วยยาปฏิชีวนะ (Penicillin / Streptomycin 1%) เมื่อเซลล์มีการเจริญเติบโต 80 ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ ทำการแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่มี Basic Fibroblast Growth Factor (bFGF) และกลุ่มที่ไม่มี bFGF พบว่า หลังจากการเพาะเลี้ยงเซลล์ HDFs พบว่าเซลล์มีจำนวนเพิ่มขึ้นทุก 24 ชั่วโมง แสดงให้เห็นว่าช่วงระยะเวลาที่ 24 ถึง 120 ชั่วโมง HDFs ที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีและไม่มี bFGF มีอัตราการแบ่งตัวไม่ต่างกัน (Schuldiner et al., 2000) นอกจากนี้การแบ่งตัวของเซลล์ไฟโบรบลาสต์ขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ชนิด ได้แก่ Morphogenesis (กระบวนการทำให้เซลล์ที่แบ่งตัวสามารถจัดระเบียบช่วงของการเจริญเติบโต) และ Mitogens (สารกระตุ้นที่ไม่จำเพาะที่กระตุ้นให้เซลล์เกิดการแบ่งตัวอยู่ในรูปของโปรตีน) ซึ่งปัจจัย

เหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการเจริญเติบโตของสัตว์ นอกจากนี้ในทางแพทยยังชี้ให้เห็นว่าปัจจัยการแบ่งตัวของเซลล์เหล่านี้สามารถนำไปใช้ทดลองสำหรับหลายโรคของมนุษย์ (Agha et al., 2016)

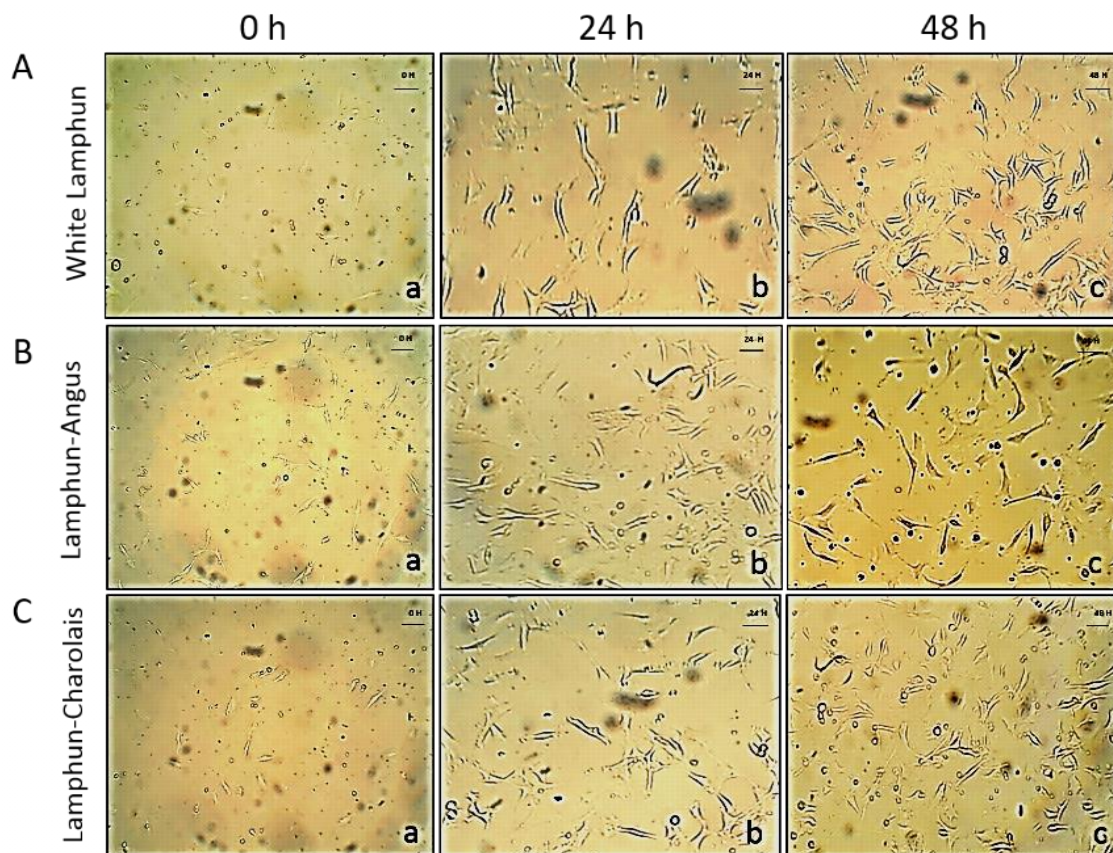


Figure 1 Morphology of fibroblast cell of cattle after cell culture. A: Population of fibroblast cells in Khao Lamphun cattle at 0 h (Aa), 24 h (Ab) and 48 h (Ac); B: Population of fibroblast cells in Chao Lamphun-Angus cattle at 0 h (Ba), 24 h (Bb) and 48 h (Bc); C: Population of fibroblast cells in Chao Lamphun-Charolais at 0 h (Ca), 24 h (Cb) and 48 h (Cc).

การตรวจสอบอัตราการรอดชีวิตของเซลล์ไฟโบรบลาสต์

หลังจากแยกเซลล์ไฟโบรบลาสต์ที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส เพื่อตรวจดูการรอดชีวิตโดยใช้น้ำยาย้อมสี trypan blue พบว่า เซลล์ไฟโบรบลาสต์ของโคลูกผสมขาวลำพูนเพาะเลี้ยงที่ระยะเวลา 0 ชั่วโมง มีลักษณะเกาะติดกับจานซึ่งมีรูปร่างเป็นกระสวยตามลูกศรสีแดง (Figure 2A) หลังจากนั้นเพาะเลี้ยงเซลล์ไฟโบรบลาสต์ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า ในจานเพาะเลี้ยงเซลล์มีลักษณะลอย มีรูปร่างทรงกลมตามลูกศรสีแดง (Figure 2B) ซึ่งเซลล์ที่มีลักษณะลอยเป็นเซลล์ที่มีการรอดชีวิตต่ำ เมื่อนำตัวอย่างเซลล์มาตรวจนับและประเมินการมีชีวิตรอดด้วยน้ำยาย้อมสี trypan blue พบว่า เซลล์ไฟโบรบลาสต์ของโคลูกผสมขาวลำพูนเพาะเลี้ยงระยะเวลา 0 ชั่วโมง ย้อมติดสีน้ำเงินน้อยกว่าเซลล์ไฟโบรบลาสต์ที่เพาะเลี้ยงระยะเวลา 24 ชั่วโมง ตามลูกศรสีแดง ซึ่งเซลล์ที่ย้อมติดสีน้ำเงินเป็นเซลล์ตาย ส่วนเซลล์ที่มีลักษณะทรงกลมใสเป็นเซลล์ที่รอดชีวิตสูง โดยตรวจนับจำนวนเซลล์ และนำเสนอในรูปแบบร้อยละ (Figure 2C, D)

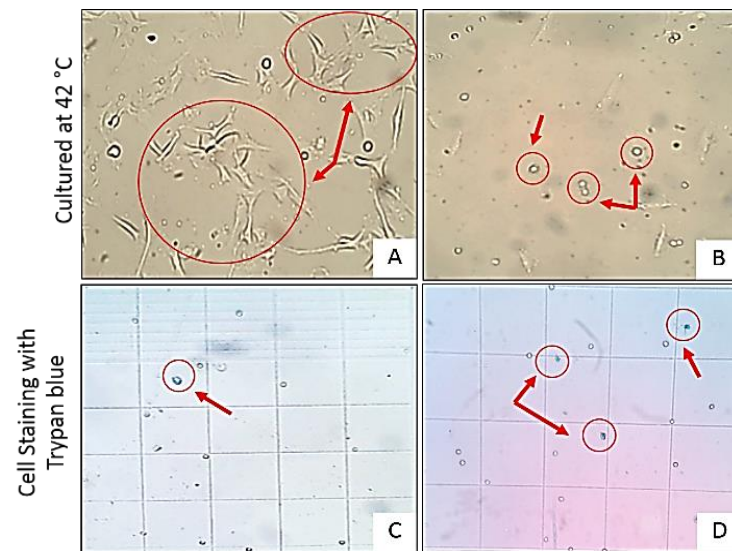


Figure 2 Survival rate of cell after culture at 42 °C were determined with trypan blue. A: morphology of adherent fibroblast cell before heat shock; B: after heat shock fibroblast cell will suspension in culture medium; C-D: dead cell was stained with trypan blue.

อัตราการมีชีวิตรอดของเซลล์ไฟโบรบลาสต์โคลูกผสมพื้นเมืองภายใต้อุณหภูมิความร้อน

จากการศึกษาอัตราการมีชีวิตรอดของเซลล์ไฟโบรบลาสต์ในโคลูกผสมพื้นเมืองก่อนฮีทช็อกที่อุณหภูมิ 38.5 องศาเซลเซียส พบว่า เซลล์ไฟโบรบลาสต์ของกลุ่มโคขาวลำพูน โคลูกผสมขาวลำพูน-แองกัส และโคลูกผสมขาวลำพูน-ชาร์โรเลส์ มีอัตราการมีชีวิตรอดร้อยละ 99.86 ± 0.06 , 99.73 ± 0.33 และ 99.92 ± 0.01 ตามลำดับ ($p > 0.05$; Table 3) หลังจากฮีทช็อกที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง พบว่า เซลล์ไฟโบรบลาสต์ของกลุ่มโคขาวลำพูนมีอัตราการมีชีวิตรอดสูงที่สุด คือร้อยละ 97.73 ± 0.16 และ 93.33 ± 1.90 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มโคลูกผสมขาวลำพูน-แองกัส และกลุ่มโคลูกผสมขาวลำพูน-ชาร์โรเลส์ มีอัตราการมีชีวิตรอดร้อยละ 96.36 ± 0.35 และ 88.88 ± 1.31 , 96.70 ± 0.44 และ 89.16 ± 1.37 ตามลำดับ ($p < 0.05$; Table 3) ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับ Deb et al. (2014) ซึ่งทำการศึกษาผลของความเครียดจากความร้อนในโคพันธุ์ Sahiwal (*Bos indicus*) และโคพันธุ์ Frieswal (*Bos indicus* × *Bos taurus*) พบว่า โคพันธุ์ Sahiwal มีอัตราการมีชีวิตรอดสูงกว่าโคพันธุ์ Frieswal ซึ่งคล้ายคลึงกันกับงานวิจัยของ Wu et al. (2017) ที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการทนร้อนของเซลล์ไฟโบรบลาสต์ในโคพันธุ์ Taiwan yellow (*Bos indicus*) และโคพันธุ์ Holstein (*Bos taurus*) พบว่า เซลล์ไฟโบรบลาสต์ของโคพันธุ์ Taiwan yellow สามารถทนร้อนดีกว่าเซลล์ไฟโบรบลาสต์ของโคพันธุ์ Holstein

Table 3 Survival rate of fibroblast cells from Thai-native and crossbred beef cattle after heat shock at 42 °C for 0, 24 and 48 h.

Time interval (h)	% Survival rate			P-value
	WL (n=3)	WL-AG (n=3)	WL-CHA (n=3)	
NHS (cell/ml)	99.86 ± 0.06	99.73 ± 0.33	99.92 ± 0.01	0.504
HS 24 h (cell/ml)	97.73 ± 0.16^a	96.36 ± 0.35^b	96.70 ± 0.44^b	<0.05
HS 48 h (cell/ml)	93.33 ± 1.90^a	88.88 ± 1.31^b	89.16 ± 1.37^b	<0.05

^{a, b} Percent in the column with different in superscript differ significantly ($P < 0.05$).

WL = Khao Lamphun, WL-AG = Khao Lamphun-Angus, WL-CHA = Khao Lamphun-Charolais.

NHS = non heat shock, HS = heat shock.

การทดลองที่ 2 การศึกษาการตอบสนองของยีนในเซลล์ไฟโบรบลาสต์

จากการศึกษาการตอบสนองของยีนฮีตช็อกโปรตีน 70 (*HSP70*) ในเซลล์ไฟโบรบลาสต์ โดยมีการออกแบบไพรเมอร์เพื่อใช้ในการวัดการแสดงออกของยีน *HSP70* อย่างจำเพาะ ซึ่งไพรเมอร์ที่ออกแบบได้ เมื่อนำมาเพิ่มจำนวน DNA ของยีน *HSP70* ด้วยเทคนิค PCR โดยใช้ cDNA ชุด Tetra cDNA Synthesis Kit พบว่า DNA ของยีน *HSP70* ที่ได้ มีความยาว 171 คู่เบส เมื่อทำการเปรียบเทียบการตอบสนองของยีน *HSP70* ในเซลล์ไฟโบรบลาสต์ พบว่า เซลล์ไฟโบรบลาสต์ในโคขาวลำพูน โคลูกผสมขาวลำพูน-แองกัส และโคลูกผสมขาวลำพูน-ชาร์โรเลส์ หลังจากฮีตช็อกที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส ชั่วโมงที่ 0 ไม่มีการตอบสนองต่อการแสดงออกของยีน *HSP70* (Figure 3A) เมื่อฮีตช็อกที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 12 และ 24 ชั่วโมง พบว่า เซลล์ไฟโบรบลาสต์ของโคทั้ง 3 กลุ่ม มีการแสดงออกของยีน *HSP70* ในสภาพที่เซลล์ได้รับความร้อนจะส่งผลทำให้เซลล์มีการแสดงออกของยีน *HSP70* เพื่อผลิต *HSP70* ในกระบวนการป้องกันไม่ให้โปรตีนในเซลล์ถูกทำลายและช่วยให้โปรตีนที่เสียสภาพไปสามารถคืนสภาพและทำงานได้ปกติ (จักรกริช เจริญศิลป์ และคณะ, 2555) ในการศึกษาครั้งนี้พบว่า ภายใต้อุณหภูมิความร้อน เซลล์ไฟโบรบลาสต์ของโคทั้ง 3 กลุ่มมีการแสดงออกของยีน *HSP70* (Figure 3A) ซึ่งให้เห็นว่าเซลล์ผิวหนังของโคมีกลไกในการตอบสนองต่อความร้อน นอกจากนี้ Collier et al. (2006) ได้รายงานว่า โคกลุ่ม *Bos indicus* มีความสามารถในการทนความร้อนได้ดีกว่าโคกลุ่ม *Bos Taurus* โดยเมื่อเซลล์อยู่ภายใต้สภาวะความเครียดจากความร้อน ยีน *HSP* จะมีการแสดงออกเพื่อสร้างฮีตช็อกโปรตีน สำหรับช่วยรักษาสภาพโปรตีนภายในเซลล์ (Basirico et al., 2011) ให้สามารถทนต่อความร้อนได้ (Kregel, 2002) ระดับการแสดงออกของยีน *HSP70* จากเซลล์อาจเป็นตัวชี้วัด (biomarker) การทนต่อความร้อนของโคเนื้อลูกผสมสำหรับเลี้ยงในสภาพอากาศของประเทศไทยได้ (Basirico et al., 2011)

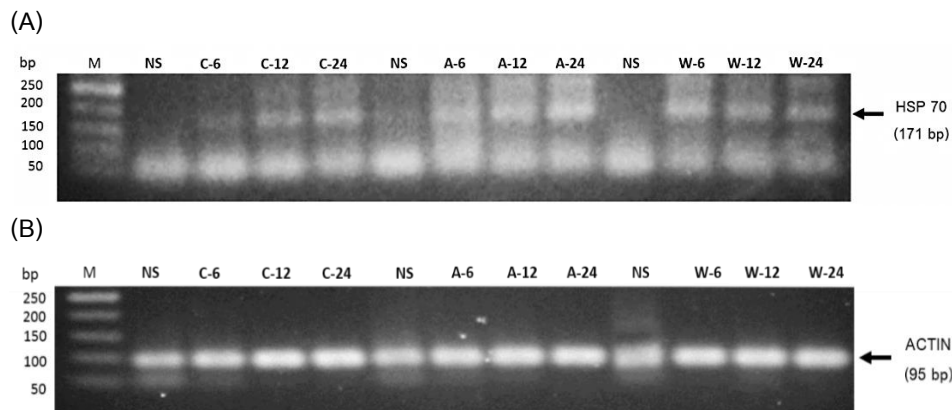


Figure 3 *HSP70* gene expression of fibroblast from Thai-native and crossbred beef cattle after heat shock at 42 °C for 0 h, 12 h and 24 h. β -actin gene were served at control.

C = Khao Lamphun-Charolais, A = Khao Lamphun-Angus, W = Khao Lamphun.

NS = non heat shock.

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาพบว่า อัตราการแบ่งตัวของเซลล์ไฟโบรบลาสต์ที่เลี้ยงที่อุณหภูมิ 38.5 องศาเซลเซียส มีการแบ่งตัวที่เพิ่มสูงขึ้นในโคลูกผสมขาวลำพูน-ชาร์โรเลส์ โคลูกผสมขาวลำพูน-แองกัส และโคพื้นเมืองขาวลำพูนไม่ต่างกัน ภายใต้อุณหภูมิความร้อน เซลล์ของโคขาวลำพูนมีอัตราการมีชีวิตรอดสูงกว่าโคลูกผสมขาวลำพูน-ชาร์โรเลส์และโคลูกผสมขาวลำพูน-แองกัส ทั้งนี้โคทุกกลุ่มมีการแสดงออกของยีน *HSP70* หลังจากได้รับอุณหภูมิความร้อน

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี พ.ศ. 2560 มหาวิทยาลัยพะเยา ขอขอบพระคุณศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์พะเยา และศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์แพร่ ที่สนับสนุนสัตว์ทดลองเพื่อเก็บตัวอย่างในการนำมาศึกษา และขอขอบพระคุณคณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา ที่สนับสนุนสถานที่ห้องปฏิบัติการในการทำงานวิจัยครั้งนี้ และสุดท้ายขอขอบพระคุณผู้ร่วมวิจัยทุกท่านที่สละเวลาช่วยกันทำงานวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- จักรกริช เจริญศิลป์, สุภร กตเวทิน, ยุพิน ผาสุข และสุรางคนา สุขเลิศ. 2555. การตอบสนองทางสรีรวิทยาและปริมาณ HSP70 ในเซลล์เม็ดเลือดขาวของโคพื้นเมืองไทยต่อสภาพอากาศในรอบวัน. *แก่นเกษตร* 40 (2): 377-380.
- เรืองยศ พิลานันท์ และวันชัย อินทิแสง. 2559. สมรรถภาพการผลิตของโคลูกผสมพื้นเมือง×โคนันแอ่งกัสระดับสายเลือดต่าง ๆ เมื่อได้รับฟางข้าวและกากแป้งมันสำปะหลังหมัก. *แก่นเกษตร*. 44 (1): 425-431.
- Abdian, N., Dehkordi, P. G., Chaleshtori, M. H., Arjenaki, M. G., Doosti, A., and Amiri, B. 2015. Comparison of human dermal fibroblasts (HDFs) growth rate in culture media supplemented with or without basic fibroblast growth factor (bFGF). *Cell Tissue Bank* 16: 487-495.
- Agha, E., Kosanovic, D., Schermuly, R. T., and Bellusci, S. 2016. Role of fibroblast growth factors in organ regeneration and repair. *Semin Cell Dev Biol.* 53: 76-84.
- Basirico, L., Morera, P., Primi, V., Lacetera, N., Nardone, A., and Bernabucci, U. 2011. Cellular thermotolerance is associated with heat shock protein 70.1 genetic polymorphisms in Holstein lactating cows. *Cell Stress Chaperones* 16: 441-448.
- Bhanuprakash, V., Singh, U., Sengar, G., Sajjanar, B., Bhusan, B., Raja, T. V., Alex, R., et al. 2016. Differential effect of thermal stress on HSP70 expression, nitric oxide production and cell proliferation among native and crossbred dairy cattle. *J. Therm Biol.* 59: 18-25.
- Changqing, L., Guo, Y., Taofeng, L., Xiangchen, L., Weijun, G., and Yuihui, M. 2014. Establishment and genetic characteristics analysis of *in vitro* culture a fibroblast cell line derived from Wuzhishan miniature pig. *Cryobiology* 68: 281-287.
- Collier, R. J., Dahl, G. E., and VanBaale, M. J. 2006. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 89: 1244-1253.
- Csermely, P., Schnaider, T., Soti, C., Prohaszka, Z., and Nardai, G. 1998. The 90-kDa molecular chaperone family: structure, function and clinical applications a comprehensive review. *Pharmacol Therapeut* 79: 129-168.
- Deb, R., Sajjanar, B., Singh, U., Kumar, S., Singh, R., Sengar G., and Sharma, A. 2014. Effect of heat stress on the expression profile of Hsp90 among Sahiwal (*Bos indicus*) and Frieswal (*Bos indicus* × *Bos taurus*) breed of cattle: A comparative study. *Gene* 536: 435-440.
- Dobson, H., and Smith, R. F. 2000. What is stress, and how does it affect reproduction. *Anim Reprod Sci.* 60-61: 743-752.
- Fanny, D. 2004. The sculpturing role of fibroblast-like cells in morphogenesis. *Perspect Biol. Med.* 47: 339-356.
- Fujita, J. 1999. Cold shock response in mammalian cells. *J. Mol Microb Biotech.* 1: 243-255.
- Intawicha, P., Ou, Y. W., Lo, N. W., Zhang, S. C., Chen, Y. Z., Lin, T. A., Su, H. L., et al. 2009. Characterization of embryonic stem cell lines derived from New Zealand white rabbit embryos. *Cloning Stem Cells* 11: 27-38.
- Kregel, K. C. 2002. Heat shock proteins: modifying factors in physiological stress responses and acquired thermotolerance. *J. Appl Physiol.* 92: 2177-2186.
- Lee, J. W., Li, H., Wu, H. Y., Liu, S. S., and Shen, P. C. 2016. Improved cellular thermotolerance in cloned Holstein cattle derived with cytoplasts from a thermotolerant breed. *Theriogenology* 85: 709-717.
- Ravagnolo, O., Misztal, I., and Hoogenboom, G. 2000. Genetic component of heat stress in dairy cattle, development of heat index function. *J. Dairy Sci.* 83: 2120-2125.
- Sartori, R., Haughian, J. M., Shaver, R. D., Rosa, G. J., and Wiltbank, M. C. 2004. Comparison of ovarian function and circulating steroids in estrous cycles of Holstein heifers and lactating cows. *J. Dairy Sci.* 87: 905-920.
- Schuldiner, M., Yanuka, O., Eldor, J. I., Melton, D. A., and Benvenisty, N. 2000. Effects of eight growth factors on the differentiation of cells derived from human embryonic stem cells. *PNAS* 97: 11307-11312.
- Singh, A. K., Upadhyay, R. C., Malakar, D., Kumar, S., and Singh, S. V. 2014. Effect of thermal stress on HSP70 expression in dermal fibroblast of zebu (Tharparkar) and crossbred (Karan-Fries) cattle. *J. Therm Biol.* 43: 46-53.
- Wegner, K., Lambertz, C., Das, G., Reiner, G., and Gauly, M. 2014. Climatic effects on sow fertility and piglet survival under influence of a moderate climate. *Animal* 8: 1526-1533.
- WU, H. Y., Peng, S. Y., Li, H., Lee, J. W., Kesorn, P., Wu, H. H., Ju, J. C., and Shen, P. C. 2017. Ear fibroblast derived from Taiwan yellow cattle are more heat resistant than those from Holstein cattle. *J. Therm Biol.* 66: 56-62.

วันรับบทความ (Received date) : 29 มี.ค. 61

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 11 ก.ค. 61

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 17 ต.ค. 61

สารให้กลิ่นในเปลือกส้มซ่าจากการสกัดด้วยวิธีต่างกัน

Aroma Compounds in *Citrus aurantium* var. *aurantium* Peel from Different Extraction Methods

วรรณวรงค์ วัชรานันท์¹ ธงชัย พุดทองศิริ² และกิตติพงษ์ ห่วงรักษ์^{2*}
Wanwarang Watcharanant¹, Tongchai Puttongsiri² and Kittiphong Huangrak^{2*}

บทคัดย่อ

จากการศึกษาผลของการใช้ตัวทำละลายต่างชนิดในการสกัดสารให้กลิ่นจากเปลือกส้มซ่า พบว่าการใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างปิโตรเลียมอีเทอร์กับไดเอทิลอีเทอร์ในอัตราส่วน 1:1 ได้ปริมาณสารที่สกัดได้มากกว่าการใช้ไดเอทิลอีเทอร์เพียงอย่างเดียว สำหรับผลของวิธีสกัดต่อปริมาณสารให้กลิ่นที่สกัดได้ พบว่าวิธีสกัดด้วยตัวทำละลายผสมระหว่างปิโตรเลียมอีเทอร์กับไดเอทิลอีเทอร์อัตราส่วน 1:1 ได้ชนิดของสารไม่ต่างจากการกลั่นด้วยไอน้ำ แต่ได้ปริมาณสารสกัดมากกว่า อีกทั้งยังได้ชนิดและปริมาณสารมากกว่าการสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤติและการบีบ

คำสำคัญ: ปิโตรเลียมอีเทอร์ ไดเอทิลอีเทอร์ การกลั่นด้วยไอน้ำ

Abstract

The results of the study on the effects of using different solvents to extract aroma compounds from *Citrus aurantium* var. *aurantium* peel were that 1) a mixture of petroleum ether and diethyl ether (1:1) could extract a greater amount of compounds than diethyl ether alone 2) distillation using the mixture of petroleum ether and diethyl ether (1:1) extracted the same types of aroma compounds as did steam extraction, but the compounds were at higher amount and 3) when mixed solvent extraction was compared to supercritical fluid extraction and pressing, the former method extracted more types of compounds and higher amounts of those compounds.

Keywords: petroleum ether, diethyl ether, steam distillation

คำนำ

ส้มซ่า (*Citrus aurantium* var. *aurantium*) เป็นพืชในวงศ์ Rutaceae เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง สูง 7-10 เมตร มีหนามยาวตามลำต้น ใบเป็นใบประกอบแบบลดรูป เหลือใบย่อยใบเดียว ยาว 7.5-10 เซนติเมตร ปลายใบแหลม โคนใบกลม เนื้อใบหนาเป็นมัน มีต่อมน้ำมันอยู่ทั่วไป ก้านใบมีปีก ดอกสีขาว มีกลิ่นหอม ออกเดี่ยวหรือเป็นช่อเล็กตามซอกใบหรือปลายกิ่ง ผลส้มซ่ามีลักษณะกลม ขนาดใกล้เคียงผลมะนาว เปลือกหนา เปลือกนอกสีเขียวอมน้ำตาล ผิวขรุขระเล็กน้อย เนื้อในสีขาว คล้ายส้มโอ รสเปรี้ยวอมหวานเล็กน้อย เชื่อว่าส้มซ่าเป็นพืชพื้นเมืองแถบอินโดจีน เคยปลูกมากในประเทศไทย ปัจจุบันปลูกน้อยลง ส่วนมากปลูกไว้เพื่อใช้ผิวแต่งกลิ่นอาหาร น้ำคั้นจากส้มซ่านำมาปรุงรสอาหารได้ โดยมีรสเปรี้ยวน้อยกว่าและอมหวานมากกว่าน้ำมะนาว

เจษฎาวดี กาเร็ และนัฐจี เจ๊ะซอ (2547) ศึกษาการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ทองดี และพันธุ์ชาน้ำผึ้ง โดยใช้วิธีการกลั่นเพื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้ พบว่าเปลือกส้มโอพันธุ์ทองดีให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยมากกว่าพันธุ์ชาน้ำผึ้งในสภาวะเดียวกัน Mira et al. (1996) ได้ศึกษาการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโดยการสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤติ (supercritical CO₂ extraction) ภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 313 และ 323 K ความดัน 1 และ 25 MPa โดยศึกษาผลกระทบของความดัน ขนาดของเปลือกส้มที่อยู่ในช่วง 0.1-10 มิลลิเมตร และการไหลของมวลตัวทำละลายในช่วง 0.5-3.5 กิโลกรัม/ชั่วโมง พบว่า เมื่อเพิ่มความดันในการสกัด ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้จะเพิ่มขึ้น ในขณะที่การเพิ่มขนาดอนุภาคของเปลือกส้มจะลดปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ นอกจากนี้การเพิ่มการไหลของมวลคาร์บอนไดออกไซด์จะทำให้ประสิทธิภาพในการสกัดลดลง

¹ บริษัท ส. ขอนแก่นฟู้ดส์ จำกัด (มหาชน) เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

² คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

¹ S. Khonkaen Foods Public Company Ltd., Vadhana, Bangkok 10110

² Faculty of Agro-Industry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Ladkrabang, Bangkok 10520

*Corresponding author, Email: kittiphong.hu@kmitl.ac.th

Ferhat et al. (2006) ศึกษาเทคนิคการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโดยวิธีเร่งด้วยไมโครเวฟ (microwave accelerated distillation) เปรียบเทียบกับวิธีกลั่นด้วยน้ำ พบว่า วิธีเร่งด้วยไมโครเวฟใช้เวลาสกัดสั้นกว่า คือใช้เวลา 30 นาที ในขณะที่วิธีกลั่นด้วยน้ำใช้เวลา 180 นาที ผลผลิตที่ได้ใกล้เคียงกัน โดยวิธีเร่งด้วยไมโครเวฟให้ผลผลิต 0.42% ส่วนวิธีกลั่นด้วยน้ำให้ผลผลิต 0.39% น้ำมันหอมระเหยที่สกัดโดยวิธีเร่งด้วยไมโครเวฟจะมี oxygenate compounds สูงกว่าและมีคุณภาพดีกว่าในด้านของสีและกลิ่น นอกจากนี้ยังใช้พลังงานน้อยกว่าและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

Qiao et al. (2007) ศึกษากลิ่นจากส้มพันธุ์แมนดาริน 3 ชนิด ได้แก่ Guoqing I, Miyagawa Wase และ Owari โดยใช้ HS-SPME ร่วมกับ GC-MS พบว่ามีองค์ประกอบของสารให้กลิ่น 73, 71 และ 63 ชนิด และมีปริมาณทั้งหมด 584.67, 505.29 และ 494.63 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ตามลำดับ องค์ประกอบที่พบเหมือนกันในส้มทั้ง 3 สายพันธุ์มีทั้งหมด 29 ชนิด นอกจากนี้ยังพบว่าส้มทั้ง 3 สายพันธุ์มีองค์ประกอบที่เป็นเอกลักษณ์ของตัวเองอยู่ 12, 5 และ 2 ชนิด ตามลำดับ สารให้กลิ่นที่สำคัญของส้มทั้ง 3 สายพันธุ์ ได้แก่ limonene, linalool, γ -terpinene, β -myrcene, α -pinene และ octanal และพบว่าพันธุ์ Guoqing I มีสารสำคัญที่ให้กลิ่นมากกว่าพันธุ์ Miyagawa Wase และ Owari

จักรพันธ์ จุลศรีไกรวัล และคณะ (2551) สกัดน้ำมันหอมระเหยจากมะกรูดและส้มโอ ได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยต่อน้ำหนักพืชสดดังนี้ น้ำมันใบมะกรูดและน้ำมันผิวมะกรูดจากการกลั่นด้วยไอน้ำ 1.21 และ 1.20% น้ำมันผิวมะกรูดจากการบีบคั้น 1.05% และน้ำมันผิวส้มโอจากการกลั่นด้วยไอน้ำ 0.40% เมื่อศึกษาน้ำมันหอมระเหยที่ได้ทางกายภาพและทางเคมีพบว่า น้ำมันใบมะกรูด น้ำมันผิวมะกรูดทั้งชนิดบีบคั้นและกลั่นด้วยไอน้ำพบ citronellal และ citronellol ส่วนน้ำมันผิวส้มโอมี limonene เป็นองค์ประกอบหลัก Rezzoug and Louka (2009) ศึกษาเทคนิคการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโดยวิธี Instantaneous Controlled Pressure Drop (D.I.C) เปรียบเทียบกับวิธีกลั่นด้วยไอน้ำ พบว่าวิธี D.I.C จะใช้เวลาสกัดน้อยกว่า โดยใช้เวลา 4 นาที ในขณะที่วิธีกลั่นด้วยไอน้ำใช้เวลา 100 นาที และคุณภาพด้านสีของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดโดยวิธี D.I.C จะดีกว่า

Hosni et al. (2010) ศึกษาน้ำมันหอมระเหยจากส้ม 4 ชนิด ได้แก่ ส้มเกลี้ยง ส้มโชกุน ส้มซ่า และส้มโอ ซึ่งปลูกภายใต้สภาพภูมิอากาศและสภาวะการปลูกที่เหมือนกัน วิเคราะห์โดย GC และ GC-MS พบว่าปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากส้มโอและส้มโชกุนอยู่ในช่วง 1.06-4.62% (น้ำหนักน้ำมันหอมระเหยต่อน้ำหนักเปลือก) จากการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณพบว่าตัวอย่างน้ำมันหอมระเหยจากส้มทั้ง 4 ชนิดมีองค์ประกอบ 70 ชนิด ส่วนใหญ่ประกอบด้วย monoterpene hydrocarbons (97.59-99.3%) โดยมี limonene (92.52-97.3%) และ β -pinene (1.37-1.82%) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ ส่วนองค์ประกอบที่เหลือมีค่าน้อยมาก (<1%) และพบว่าความแปรปรวนทางเคมีมีแนวโน้มจากความแปรปรวนทางพันธุกรรม

Saharaoui et al. (2011) ศึกษาเทคนิคการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโดยวิธีใช้ไมโครเวฟร่วมกับไอน้ำ (microwave steam distillation) เปรียบเทียบกับวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ พบว่า วิธีใช้ไมโครเวฟร่วมกับไอน้ำจะใช้เวลาสกัดน้อยกว่า โดยใช้เวลาเพียง 6 นาที ส่วนการกลั่นด้วยไอน้ำใช้เวลา 2 ชั่วโมง โดยปริมาณผลผลิตที่สกัดได้ใกล้เคียงกัน และน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากวิธีใช้ไมโครเวฟร่วมกับไอน้ำจะให้กลิ่นที่ดีกว่า

ส้มซ่าเป็นส่วนประกอบสำคัญในการทำอาหารไทยหลายชนิดที่ต้องการกลิ่นหอมเฉพาะตัว เช่น หมี่กรอบ หมูแนม กะปิพล่า โดยจะนำส่วนผสมที่หั่นละเอียดมาโรยหรือผสมในอาหาร เนื่องจากส้มซ่ามีผลเป็นฤดูกาล ดังนั้น ในบางช่วงเวลาจะไม่มีผิวส้มซ่าสำหรับประกอบอาหาร ทำให้อาหารที่ต้องใช้ผิวส้มซ่าขาดเอกลักษณ์ที่สำคัญไป ดังนั้นการศึกษารวบรวมองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยในผิวส้มซ่า เพื่อให้รู้สาระสำคัญที่ให้กลิ่นและการเปลี่ยนแปลงของสารเหล่านี้จากการสกัดด้วยวิธีที่ต่างกัน จะเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพัฒนาเพื่อผลิตสารให้กลิ่นในรูปแบบของเหลวหรือผงที่สามารถเติมลงไปในอาหารไทยได้เลย จะช่วยเพิ่มความสะดวกในการใช้งาน นอกจากนั้นยังช่วยแก้ปัญหาการขาดส้มซ่าในช่วงนอกฤดูกาล ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการทำอาหารไทยต่อไป

วิธีการศึกษา

วัตถุดิบและสารเคมี

ส้มซ่าที่ใช้ในการทดลองซื้อจากสวนจังหวัดนนทบุรี ปิโตรเลียมอีเทอร์ (petroleum ether AR grade, RCI Labscan Co. Ltd.) ไดเอทิลอีเทอร์ (diethyl ether AR grade, Panreac Co. Ltd.) โพรไพลีนไกลคอล (propylene glycol AR grade, Ajax Finechem Pty Co. Ltd.) ก๊าซไนโตรเจน (nitrogen gas, Praxair Co. Ltd.) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide gas CD-50, BIG Co. Ltd.)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

Gas chromatography Hewlett-Packard model HP 6890 (Hewlett-Packard, Palo Alto, CA, USA) ติดตั้งพร้อม กับ mass selective detector (model HP 5973) ใช้ capillary polar column, HP-5 (ยาว 60 m, ID 0.25 mm 0.25 μ m film thickness) และ polar column DB-WAX (ยาว 60 m, ID 0.25 mm 0.25 μ m film thickness) เครื่องสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ เหนือจุดวิกฤต (CO_2 supercritical fluid extractor, model SFX 220, Isco. Lincoln, NE, USA) เครื่องกวนแบบแม่เหล็ก (magnetic stirrer, IKA รุ่น C-MAG MS 7) เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง (digital balance, Mettler-Toledo Co. Ltd.) เครื่องอบแห้ง ลมร้อนแบบถาด (tray dryer, Progress Electronic Co. Ltd.) และเครื่องบดแห้ง (grinder, Panasonic รุ่น MX-900M)

การศึกษามลพิษของชนิดตัวทำละลายต่อปริมาณสารให้กลิ่นที่สกัดได้จากเปลือกส้มซ่า

เตรียมเปลือกส้มซ่าโดยนำผลส้มซ่ามาล้างด้วยน้ำสะอาด ปอกเปลือกใช้เฉพาะส่วนที่เป็นเปลือกสีเขียว สับให้ละเอียด ก่อนนำไปสกัด ทดลองสกัดสารให้กลิ่นจากเปลือกส้มซ่าด้วยตัวทำละลาย โดยผสมเปลือกส้มซ่ากับตัวทำละลาย กวนผสมด้วย เครื่องกวนแบบแม่เหล็กด้วยความเร็วต่ำ (ดัดแปลงจาก ชนัญชิตา แซ่ม้า และวรรณิ จิรภาศกุล, 2554) ทดลองใช้ตัวทำละลาย 2 ชนิด ได้แก่ ไดเอทิลอีเทอร์ และ ของผสมระหว่างปิโตรเลียมอีเทอร์กับไดเอทิลอีเทอร์ในอัตราส่วน 1:1 นำสารสกัดที่ได้ไป วิเคราะห์องค์ประกอบโดยใช้ GC-MS ใช้ก๊าซฮีเลียมเป็นตัวพาด้วยอัตรา 2.2 ลบ.ซม. ต่อเวลาที่ injector ทำงานแบบ split mode (50:1) ใช้อุณหภูมิเริ่มต้น 35 องศาเซลเซียส โดยมีอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสต่อเวลาที่จนถึง 200 องศาเซลเซียส และคงไว้ที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 10 นาที (Tinjan and Jirapakkul, 2007) ระบุชนิดของสารระเหยโดยเปรียบเทียบ spectrum ที่ได้จาก Wiley 275 library and NIST 98 library เปรียบเทียบชนิดและปริมาณสารที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายต่างกัน

วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติด้วยแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) เปรียบเทียบ ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อเลือกตัวทำละลาย ที่เหมาะสม

การศึกษามลพิษของวิธีสกัดต่อปริมาณสารให้กลิ่นที่สกัดได้จากเปลือกส้มซ่า

ทดลองศึกษาวิธีสกัดสารให้กลิ่นจากเปลือกส้มซ่า 4 วิธี คือ

- การกลั่นด้วยไอน้ำ (เจษฎาวดี กาแรง และนงรุจิ เจ๊ะขอ, 2547)
- การสกัดด้วยการบีบ ทำโดยนำเปลือกส้มซ่ามาบดให้ละเอียด และบีบน้ำมันผ่านผ้าขาวบาง
- การสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤต โดยใช้อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความดัน 120 บาร์ อัตราการไหล ของคาร์บอนไดออกไซด์ 0.5 มิลลิตร/นาที (ดัดแปลงจาก เกศินี ศรีสุระ และมานพ เจริญไชยตระกูล, 2549)
- การสกัดด้วยตัวทำละลาย โดยใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสมจากข้อ 1

นำสารสกัดที่ได้ไปวิเคราะห์องค์ประกอบโดยใช้ GC-MS เปรียบเทียบชนิดและปริมาณสารที่ได้ วิเคราะห์ผลการทดลอง ทางสถิติและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเช่นเดียวกับข้อ 1

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การศึกษามลพิษของชนิดตัวทำละลายต่อปริมาณสารให้กลิ่นที่สกัดได้จากเปลือกส้มซ่า

ผลการศึกษาชนิดตัวทำละลายในสารสกัดให้กลิ่นจากเปลือกส้มซ่า โดยใช้ไดเอทิลอีเทอร์ และตัวทำละลายผสมระหว่าง ปิโตรเลียมอีเทอร์กับไดเอทิลอีเทอร์ในอัตราส่วน 1:1 การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารระเหยที่สกัดได้แสดงใน Table 1

Table 1 Volatile compounds of fresh sour orange peel from different solvents.

Volatile compounds	Volatile concentration quantity (ppm)	
	Diethyl ether	Petroleum ether : diethyl ether (1:1)
Alcohols		
1-Penten-3-ol	0.78 $\pm$ 0.30 ^b	2.60 $\pm$ 0.10 ^a
Cis-2-pentenol	1.35 $\pm$ 0.30 ^b	4.51 $\pm$ 0.84 ^a
Octanol	0.33 $\pm$ 0.00 ^b	1.10 $\pm$ 0.00 ^a
L-linalool	59.13 $\pm$ 3.56 ^b	197.34 $\pm$ 11.28 ^a

Table 1 (continued).

Volatile compounds	Volatile concentration quantity (ppm)	
	Diethyl ether	Petroleum ether : diethyl ether (1:1)
Isopulegol	0.90±0.30 ^b	3.00±1.00 ^a
Neoiso (iso) pulegol	0.75±0.30 ^b	2.50±1.00 ^a
α-Terpineol	0.27±0.03 ^b	0.90±0.10 ^a
β-Citronellol	32.34±0.30 ^b	107.95±1.21 ^a
Trans-geraniol	3.96±0.30 ^b	13.22±0.98 ^a
Nerolidol	3.51±0.00 ^b	11.72±0.40 ^a
Ketone		
1-Penten-3-one	1.11±0.3 ^b	3.71±0.09 ^a
Aldehydes		
4-Pentenal	0.51±0.03 ^b	1.70±0.10 ^a
Hexanal	38.64±4.16 ^b	128.99±14.13 ^a
Trans-2-hexenal	7.53±0.51 ^b	25.13±1.60
Citronellal	1214.22±32.11 ^b	4052.56±93.75 ^a
Octanal	6.99±0.79 ^b	23.33±2.63 ^a
Nonanal	3.08±0.60 ^b	10.26±1.97 ^a
Decanal	0.30±0.49 ^b	1.00±0.16 ^a
Neral	0.18±0.06 ^b	0.60±0.20 ^a
Undecanal	3.00±0.52 ^b	10.00±1.71 ^a
Geranial	0.93±0.32 ^b	3.10±1.07 ^a
Hydrocarbons		
α-Thujene	0.18±0.03 ^b	0.60±1.00 ^a
α-Pinene	1.59±0.27 ^b	5.31±0.87 ^a
Sabinene	34.20±2.99 ^b	114.13±9.58 ^a
β-Pinene	1.92±0.05 ^b	6.41±0.15 ^a
β-Myrcene	14.76±0.24 ^b	49.26±0.67 ^a
α-Phellandrene	0.21±0.30 ^b	0.70±1.00 ^a
D-3-carene	0.48±0.08 ^b	1.60±0.26 ^a
L-limonene	2.91±0.93 ^b	9.71±3.08 ^a
Cis-β-ocimene	0.33±0.10 ^b	1.1±0.34 ^a
Trans-β-ocimene	9.15±0.62 ^b	30.55±2.17 ^a
γ-Terpinene	3.00±0.54 ^b	10.00±1.76 ^a
α-Terpinolene ^{ns}	0.69±0.54	2.30±1.79
β-Elemene ^{ns}	1.02±0.54	3.40±1.78
Cyclo isosativene ^{ns}	0.54±0.39	1.80±1.30
α-Copaene	11.55±0.54 ^b	38.55±1.66 ^a
β-Cubebene	9.69±0.54 ^b	32.34±1.69 ^a

Table 1 (continued).

Volatile compounds	Volatile concentration quantity (ppm)	
	Diethyl ether	Petroleum ether : diethyl ether (1:1)
Trans- β -caryophyllene	54.54 $\pm$ 0.54 ^b	182.04 $\pm$ 1.18 ^a
Epibicyclosesquiphellandren ^{ns}	0.93 $\pm$ 0.54	3.10 $\pm$ 1.79
α -Selinene	0.45 $\pm$ 0.06 ^b	1.50 $\pm$ 0.20 ^a
Trans- β -farnesene	0.45 $\pm$ 0.05 ^b	1.50 $\pm$ 0.17 ^a
α -Humulene	6.51 $\pm$ 0.54 ^b	21.72 $\pm$ 1.72 ^a
Aromadendrene	0.21 $\pm$ 0.30 ^b	0.70 $\pm$ 0.10 ^a
C-cadinene	1.62 $\pm$ 0.48 ^b	5.41 $\pm$ 1.61 ^a
D-cadinene	11.74 $\pm$ 4.14 ^b	39.20 $\pm$ 13.98 ^a
Germacrene D	6.95 $\pm$ 2.41 ^b	23.21 $\pm$ 8.12 ^a
Rans, trans- α -farnesene	10.30 $\pm$ 3.62 ^b	34.39 $\pm$ 12.22 ^a
Bicyclogermacrene	18.94 $\pm$ 6.76 ^b	63.25 $\pm$ 22.81 ^a
D-guaiene	0.25 $\pm$ 0.09 ^b	0.84 $\pm$ 0.31 ^a

Mean value in same row followed by different superscript differed significantly by Duncan's Multiple Range Test ($p \leq 0.05$).

จาก Table 1 พบว่าการใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างปิโตรเลียมอีเทอร์กับไดเอทิลอีเทอร์ (1:1) จะได้ปริมาณสารสกัดมากกว่าการใช้ไดเอทิลอีเทอร์เพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คาดว่าเนื่องจากปิโตรเลียมอีเทอร์เป็นตัวทำละลายไม่มีขั้ว จึงสกัดสารให้กลิ่นจากเปลือกส้มซ่าซึ่งส่วนมากเป็นสารที่ไม่มีขั้วได้ดี ส่วนไดเอทิลอีเทอร์ซึ่งเป็นตัวทำละลายที่มีขั้วเล็กน้อยจะสกัดสารให้กลิ่นได้น้อยกว่า ผลการวิเคราะห์พบว่าสามารถสกัดสารได้ 49 ชนิด เป็นสารในกลุ่มแอลกอฮอล์ 10 ชนิด คีโตน 1 ชนิด อัลดีไฮด์ 10 ชนิด และไฮโดรคาร์บอน 28 ชนิด เมื่อพิจารณาปริมาณสารสำคัญที่ให้กลิ่นเปลือกส้มซ่าที่สกัดได้ ได้แก่ linalool และ citronellal พบว่า การใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างปิโตรเลียมอีเทอร์กับไดเอทิลอีเทอร์ (1:1) สามารถสกัดปริมาณสารได้มากกว่าการใช้ไดเอทิลอีเทอร์เพียงอย่างเดียว ผลการทดลองนี้ตรงกันข้ามกับผลการทดลองของชนัญชิตา แซ่ม้า และวรรณิ จิรภาคย์กุล (2554) ซึ่งศึกษาผลของชนิดตัวทำละลายต่อชนิดของสารให้กลิ่นที่สกัดจากมะพร้าว น้ำหอม พบว่าการสกัดด้วยไดคลอโรมีเทนซึ่งเป็นตัวทำละลายมีขั้ว จะได้สาร 28 ชนิด ซึ่งมากกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายผสมระหว่างเพนเทนซึ่งไม่มีขั้วกับไดคลอโรมีเทน (2:1) ที่ได้สารเพียง 11 ชนิด เนื่องจากสารให้กลิ่นในน้ำมะพร้าวส่วนใหญ่เป็นชนิดที่มีขั้วจึงสกัดได้ดีในตัวทำละลายที่มีขั้ว โดยไดคลอโรมีเทนจะสกัดกลุ่มสารที่มีขั้ว เช่น กรดอินทรีย์ แอลกอฮอล์ ฟีนอล และคีโตนออกมาได้มากกว่า ดังนั้นการสกัดสารให้กลิ่นจากเปลือกส้มซ่าเพื่อใช้ในการทดลองต่อไปจะใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างปิโตรเลียมอีเทอร์กับไดเอทิลอีเทอร์ในอัตราส่วน 1:1

การศึกษาผลของวิธีสกัดต่อปริมาณสารให้กลิ่นที่สกัดได้จากเปลือกส้มซ่า

เมื่อศึกษาผลของการสกัดกลิ่นจากเปลือกส้มซ่าด้วยวิธีต่างกัน คือ สกัดด้วยตัวทำละลายผสมระหว่างปิโตรเลียมอีเทอร์กับไดเอทิลอีเทอร์ในอัตราส่วน 1:1 สกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤติ การกลั่นด้วยไอน้ำ และการบีบ ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารระเหยในเปลือกส้มซ่าที่สกัดได้ แสดงดัง Table 2

Table 2 Volatile compounds of fresh sour orange peel from different extraction methods.

Volatile compounds	Volatile concentration quantity (ppm)			
	Petroleum ether : diethyl ether (1:1)	CO ₂ critical fluid extraction	Steam distillation	Pressing
Alcohols				
1-Penten-3-ol	2.60±0.11 ^a	1.17±0.05 ^b	0.78±0.03 ^c	0.00 ^d
Cis-2-pentenol	4.51±0.84 ^a	2.03±0.04 ^b	1.35±0.30 ^c	0.00 ^d
Octanol	1.10±0.00 ^a	0.50±0.00 ^b	0.33±0.00 ^c	0.00 ^d
L-linalool	197.30±11.28 ^a	88.80±5.08 ^b	59.13±3.56 ^c	0.00 ^d
Isopulegol	3.00±1.00 ^a	1.35±0.45 ^b	0.90±0.30 ^{bc}	0.00 ^c
Neoiso (iso) pulegol	2.50±1.00 ^a	1.13±0.45 ^b	0.75±0.30 ^{bc}	0.00 ^c
α-Terpineol	0.90±1.00 ^b	0.41±0.44 ^c	1.17±1.59 ^a	0.00 ^d
β-Citronellol	107.95±1.21 ^a	48.58±0.55 ^b	32.34±0.30 ^c	32.38±0.36 ^c
Trans-geraniol	13.22±0.98 ^a	0.00 ^c	3.96±0.30 ^b	0.00 ^c
Nerolidol	11.72±0.41 ^a	0.00 ^c	3.51±0.00 ^b	0.00 ^c
Ketone				
1-Penten-3-one	3.71±0.94 ^a	0.00 ^c	1.11±0.03 ^b	0.00 ^c
Aldehydes				
4-Pentenal	1.70±1.00 ^a	0.77±0.44 ^b	0.51±0.03 ^c	0.00 ^d
Hexanal	128.99±14.13 ^a	58.05±6.36 ^b	38.64±4.16 ^c	0.00 ^d
Trans-2-hexenal	25.13±1.60 ^a	11.31±0.72 ^b	7.53±0.51 ^c	0.00 ^d
Citronellal	4052.56±93.75 ^a	1823.05±42.36 ^b	1214.22±32.11 ^c	1215.77±28.13 ^c
Octanal	23.33±2.64 ^a	10.50±1.19 ^b	6.99±0.79 ^c	0.00 ^d
Nonanal	10.26±1.97 ^a	4.62±0.89 ^b	3.08±0.60 ^b	0.00 ^c
Decanal	1.00±0.16 ^a	0.45±0.07 ^b	0.30±0.49 ^b	0.00 ^c
Neral	0.60±0.20 ^a	0.27±0.09 ^b	0.18±0.60 ^{bc}	0.00 ^c
Undecanal	10.01±1.71 ^a	4.50±0.77 ^b	3.00±0.52 ^b	0.00 ^c
Geranial	3.10±1.07 ^a	0.00 ^b	0.93±0.33 ^{ab}	0.00 ^b
Hydrocarbons				
α-Thujene	0.60±0.10 ^a	0.00 ^c	0.18±0.03 ^b	0.00 ^c
α-Pinene	5.31±0.87 ^a	0.00 ^c	1.59±0.27 ^b	1.59±0.26 ^b
Sabinene	114.13±9.58 ^a	51.36±4.31 ^b	34.20±3.00 ^c	34.24±2.87 ^c
β-Pinene	6.41±0.15 ^a	2.89±0.07 ^b	1.92±0.05 ^c	0.00 ^d
β-Myrcene	49.26±0.67 ^a	22.17±0.30 ^b	14.76±0.24 ^c	14.78±0.20 ^c
α-Phellandrene	0.70±0.10 ^a	0.00 ^c	0.21±0.03 ^b	0.00 ^c
D-3-carene	1.60±0.26 ^a	0.00 ^c	0.48±0.08 ^b	0.00 ^c
L-limonene	9.71±3.08 ^a	0.00 ^b	2.91±0.93 ^b	0.00 ^b
Cis-β-ocimene	1.10±0.34 ^a	0.00 ^b	0.33±0.10 ^b	0.00 ^b
Trans-β-ocimene	30.55±2.17 ^a	0.00 ^c	9.15±0.62 ^b	0.00 ^c

Table 2 (continued).

Volatile compounds	Volatile concentration quantity (ppm)			
	Petroleum ether : diethyl ether (1:1)	CO ₂ critical fluid extraction	Steam distillation	Pressing
γ -Terpinene	10.01±1.76 ^a	4.50±0.79 ^b	3.00±0.54 ^b	3.00±0.53 ^b
α -Terpinolene ^{ns}	2.30±1.79 ^a	0.00 ^b	0.69±0.54 ^{ab}	0.00 ^b
β -Elemene ^{ns}	3.40±1.79 ^a	0.00 ^b	1.02±0.54 ^b	0.00 ^b
Cyclo isosativene ^{ns}	1.80±1.30 ^a	0.00 ^b	0.54±0.39 ^{ab}	0.00 ^b
α -Copaene	38.55±1.66 ^a	17.35±0.75 ^b	11.55±0.54 ^c	11.56±0.50 ^c
β -Cubebene	32.34±1.69 ^a	14.55±0.76 ^b	9.69±0.54 ^c	0.00 ^d
Trans- β -caryophyllene	182.04±1.18 ^a	81.92±0.53 ^b	54.54±0.54 ^c	54.61±0.35 ^c
Epibicyclosesquiphellandren	3.10±1.79 ^a	0.00 ^b	0.93±0.54 ^b	0.00 ^b
α -Selinene	1.50±0.20 ^a	0.00 ^c	0.45±0.06 ^b	0.00 ^c
Trans- β -farnesene	1.50±0.17 ^a	0.00 ^c	0.45±0.52 ^b	0.00 ^c
α -Humulene	21.72±1.72 ^a	0.00 ^c	6.51±0.54 ^b	0.00 ^c
Aromadendrene	0.70±0.10 ^a	0.00 ^c	0.21±0.03 ^b	0.00 ^c
C-cadinene	5.41±1.61 ^a	2.44±0.73 ^b	1.62±0.48 ^{bc}	0.00 ^c
D-cadinene	39.20±13.98 ^a	17.64±6.29 ^b	11.74±4.14 ^{bc}	0.00 ^c
Germacrene D	23.21±8.12 ^a	0.00 ^b	6.95±2.41 ^b	0.00 ^b
Rans, trans- α -farnesene	34.39±12.22 ^a	0.00 ^b	10.30±3.62 ^b	0.00 ^b
Bicyclogermacrene	63.25±22.80 ^a	0.00 ^b	18.94±6.76 ^b	0.00 ^b
D-guaiene	0.84±0.31 ^a	0.00 ^b	0.25±0.09 ^b	0.00 ^b

Mean value in same row followed by different superscript differed significantly by Duncan's Multiple Range Test ($p \leq 0.05$).

จาก Table 2 พบว่า วิธีสกัดต่างกันทำให้ปริมาณสารให้กลิ่นที่สกัดได้ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการสกัดด้วยตัวทำละลายผสมระหว่างปิโตรเลียมอีเทอร์กับไดเอทิลอีเทอร์ (1:1) และการกลั่นด้วยไอน้ำจะได้ชนิดของสารมากกว่าการสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤติและการบีบ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการสกัดด้วยตัวทำละลายกับการสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤติ พบว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายได้ชนิดและปริมาณของสารสกัดมากกว่า อาจเนื่องจากความดันที่ใช้ในการสกัดคือ 120 บาร์สูงมากพอ จึงทำให้ปริมาณสารสกัดที่ได้น้อยกว่า Mira et al. (1996) ศึกษาการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโดยวิธีสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤติ พบว่าความดันในช่วง 10-250 บาร์ มีผลต่อการสกัด โดยปริมาณสารที่สกัดได้จะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความดัน และพบว่าที่ความดัน 250 บาร์จะสกัดน้ำมันหอมระเหยได้มากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการสกัดด้วยตัวทำละลายกับการกลั่นด้วยไอน้ำ พบว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายได้ปริมาณสารมากกว่าการกลั่นด้วยไอน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ อุดมลักษณ์ สุขอัฒตะ และคณะ (2554) ที่ศึกษาการสกัดสารให้กลิ่นจากดอกพุท พบว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ได้สารที่เป็นองค์ประกอบหลักคือ (Z)-3-hexenyl tiglate มากกว่าการกลั่นด้วยไอน้ำ ทั้งนี้เนื่องจากจากการกลั่นด้วยไอน้ำมีการใช้ความร้อน จึงอาจทำให้เกิดการสูญเสียสารให้กลิ่น จาก Table 2 พบว่าวิธีสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤติได้สารให้กลิ่นทั้งหมด 26 ชนิด ส่วนการสกัดด้วยการบีบ จะได้สารให้กลิ่นทั้งหมด 8 ชนิด ในขณะที่การสกัดด้วยตัวทำละลายผสมและการกลั่นด้วยไอน้ำได้สารทั้งหมด 49 ชนิด วิธีการสกัดด้วยการบีบที่ได้ชนิดของสารน้อยมากนั้น เนื่องจากแรงที่ใช้บีบไม่เพียงพอที่จะทำให้สารระเหยแยกออกมาจากผิวส้ม เมื่อพิจารณาปริมาณ l-linalool และ citronellal พบว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายผสมได้ปริมาณสารสกัดมากที่สุด ดังนั้นจึงเลือกการสกัดกลั่นส้มด้วยตัวทำละลายผสมระหว่างปิโตรเลียมอีเทอร์กับไดเอทิลอีเทอร์ (1:1) ในการสกัดน้ำมันหอมระเหย เพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารต่อไป

สรุปผลการศึกษา

เมื่อทดลองสกัดสารให้กลิ่นจากเปลือกส้มซ่าด้วยตัวทำละลายต่างกัน 2 ชนิด ได้แก่ ไดเอทิลอีเทอร์และตัวทำละลายผสมของปิโตรเลียมอีเทอร์กับไดเอทิลอีเทอร์ (1:1) ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของสารที่สกัดได้ด้วย GC-MS พบว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายผสมจะได้ปริมาณสารสกัดมากกว่าการใช้ไดเอทิลอีเทอร์เพียงอย่างเดียว สารองค์ประกอบและสารให้กลิ่นเปลือกส้มซ่า ได้แก่ l-linalool และ citronellal จึงเลือกตัวทำละลายผสมระหว่างปิโตรเลียมอีเทอร์กับไดเอทิลอีเทอร์เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป จากการสกัดสารให้กลิ่นจากเปลือกส้มซ่าด้วยวิธีสกัดต่างกัน 4 วิธี ได้แก่ การสกัดด้วยตัวทำละลายผสมระหว่างปิโตรเลียมอีเทอร์กับไดเอทิลอีเทอร์ (1:1) การสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤติ การกลั่นด้วยไอน้ำ และการบีบ ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของสารที่สกัดได้ด้วย GC-MS พบว่า วิธีสกัดด้วยตัวทำละลายผสมและการกลั่นด้วยไอน้ำได้ชนิดสารมากที่สุด รองลงมาคือ วิธีสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤติ ส่วนการสกัดด้วยวิธีบีบได้ชนิดสารน้อยที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายผสมจะได้ปริมาณสารสำคัญในส้มซ่า คือ l-linalool และ citronellal มากกว่าการสกัดด้วยวิธีอื่น จึงเลือกวิธีสกัดด้วยตัวทำละลายเพื่อสกัดกลิ่นส้มซ่าสำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- เกศินี ศรีสุระ และมานพ เจริญไชยตระกูล. 2549. การสกัดวิตามินอีจากเมล็ดดอกทานตะวันด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤติ. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มศว.* 1 (1): 51-57.
- จักรพันธ์ จุลศรีไกรวัล, สรินยา ชัดชุมแสง, เชื้อพร ไชยวรรณ และสุวรรณา เวชอภิกุล. 2551. ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยเพื่อสุขภาพจากมะกรูดและส้มโอและการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้. *วารสารไทยเภสัชศาสตร์และวิทยาการสุขภาพ* 3 (2): 203-209.
- เจนนวราตี กาแรง และนัฏฐาจี เจ๊ะขอ. 2547. การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ. *ปริญญานิพนธ์ครุศาสตรบัณฑิต. คณะครุศาสตร์. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช.*
- ชนัญชิตา แซ่ม้า และวรรณิ จิรภาคย์กุล. 2554. ผลของชนิดตัวทำละลายต่อสารระเหยที่สกัดจากน้ำมันมะพร้าวหอมเผาะ. น. 564-572.
- ใน รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อุดมลักษณ์ สุขอัตตะ, อุไรวรรณ ดิลกคุณานันท์, สรัญญา วัชรโรทัย, วิชัย หุตยธนาสันติ, พจมาน พิศเพียงจันทร์, พุดิตา พันธุ์ และประภัสสร รักถาวร. 2554. การสกัดแยกน้ำมันหอมระเหยและสารหอมจากดอกพุด. น. 414-422.
- ใน รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Ferhat, M. A., Meklati, B. Y., Smadja, J., and Chemat, F. 2006. An improved microwave Clevenger apparatus for distillation of essential oils from orange peel. *Journal of Chromatography A*. 1112 (2): 121-126.
- Hosni, K., Zahed, N., Chrif, R., Abid, I., Medfei, W., Kallel, M., Brahim, N. B., and Sebei, H. 2010. Composition of peel essential oils from four selected Tunisian citrus species: evidence for the genotypic influence. *Food chemistry* 123 (4): 1098-1104.
- Mira, B., Blasco, M., and Subirats, S. 1996. Supercritical CO₂ extraction of essential oils from orange peel. *The Journal of Supercritical Fluids* 9 (4): 238-243.
- Qiao, Y., Xie, B. J., Zhang, Y., Zhou, H. Y., and Pan, S. Y. 2007. Study on aroma components in fruit from three different satsuma mandarin varieties. *Agricultural sciences in China* 6 (12): 1487-1493.
- Rezzoug, S. A., and Louka, N. 2009. Thermomechanical process intensification for oil extraction from orange peels. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 10 (4): 530-536.
- Sahraoui, N., Vian, M. A., Maataoui, M. E., Boutekedjiret, C., and Chemat, F. 2011. Valorization of citrus by-products using Microwave Steam Distillation (MSD). *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 12 (2): 163-170.
- Tinjan, P., and Jirapakkul, W. 2007. Comparative study on extraction methods of free and glycosidically bound volatile compounds from kaffir lime leaves by solvent extraction and solid phase extraction. *Kasetsart Journal (Natural Science)* 41: 300-306.

วันรับบทความ (Received date) : 12 ก.ค. 60

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 12 ก.ย. 61

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 7 พ.ย. 61

การจำแนก และรูปแบบการแสดงออกของยีน *EgBADH2* (*Betaine aldehyde dehydrogenase*) ในปาล์มน้ำมันพันธุ์เทนอรา

Identification and Expression Pattern of *EgBADH2*, *Betaine aldehyde dehydrogenase* in Tenera Oil Palm

จิระศักดิ์ วิชาสวัสดิ์^{1,2} อรุณรักษ์ อรุณยานาร์ก³ และสนธิชัย จันทน์เปรม^{1,2,3*}
Jirasak Wichasawasdi^{1,2}, Anuruck Arunyanark³ and Sontichai Chanpramee^{1,2,3*}

บทคัดย่อ

ยีน *BADH* (*betaine aldehyde dehydrogenase*) มีหน้าที่ควบคุมการสังเคราะห์เอนไซม์ที่ใช้ในวิถีการสังเคราะห์ glycine betaine (GB) ซึ่ง GB เป็นสารในกลุ่ม osmoprotectant ที่พบในพืชชั้นสูง ถูกผลิตขึ้นและสะสมในเซลล์ภายใต้สภาวะเครียดจากการขาดน้ำ วัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เพื่อจำแนก full-length ของยีน *EgBADH2* จากปาล์มน้ำมันพันธุ์เทนอรา และศึกษารูปแบบการแสดงออกของยีนนี้ภายใต้สภาวะที่ปาล์มขาดน้ำ จากผลการศึกษา พบว่า ยีน *EgBADH2* ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์ ขนาด 1,512 คู่เบส และเปลี่ยนเป็นลำดับกรดอะมิโนได้ 503 กรดอะมิโน เมื่อวิเคราะห์ phylogenetic tree พบว่า *EgBADH2* มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับยีน *BADH2* ในพืชหลายชนิด เช่น มะพร้าว อินทผลัม กล้วยพันธุ์ *malaccensis* และสับปะรด สำหรับรูปแบบการแสดงออกของยีน *EgBADH2* เมื่อปาล์มน้ำมันได้รับสภาวะขาดน้ำจำลองนาน 14 วัน พบว่า ระดับการแสดงออกของยีน *EgBADH2* ในช่วงเวลา 0, 1 และ 2 วัน หลังจากขาดน้ำ ยีนมีการแสดงออกเป็น 1 ± 0.04 , 0.87 ± 0.07 และ 0.74 ± 0.53 ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการแสดงออกของยีน ในวันที่ 4 ถึง 14 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สรุปว่า รูปแบบการแสดงออกของยีน *EgBADH2* เป็นแบบลดลง เมื่อต้นกล้าปาล์มน้ำมันได้รับสภาวะขาดน้ำเป็นเวลา 14 วัน

คำสำคัญ: ยีนตอบสนองต่อการขาดน้ำ โพลีเอทิลีนไกลคอล เรียลไทม์ พีซีอาร์ ปาล์มน้ำมัน

Abstract

The *Betaine aldehyde dehydrogenase* (*BADH*) is a gene controlling the synthesis of an enzyme in the glycine betaine (GB) biosynthesis pathway. GB is an osmoprotectant that is found in higher plants that synthesize and accumulate it in cells in response to drought stress. The objectives of this study were to clone the full-length of the *EgBADH2* gene of the Tenera oil palm and to study the expression pattern of this gene in the oil palm under conditions of water deficit. The results indicated that the full length of the *EgBADH2* gene was 1,512 bp and it encoded a protein of 503 amino acid residues. From the phylogenetic tree analysis performed, it was found that the *EgBADH2* gene is closely related to the *BADH2* gene, which is present in a range of plants including *Cocos nucifera*, *Phoenix dactylifera*, *Musa acuminata* 'malaccensis' and *Ananas comosus*. The gene expression pattern analysis of 14 days water deficit stressed oil palm plants indicated that the expression levels of the gene after 0, 1 and 2 days of stress were 1 ± 0.04 , 0.87 ± 0.07 and 0.74 ± 0.53 , respectively, results which were not significantly different. However, significant differences of gene expression levels at the 95% confidence interval were observed for plants subject to between 4 and 14 days of water deficit stress. Therefore, the expression of the *EgBADH2* gene was reduced when the oil palm seedlings were subject to water deficit stress for about 14 days.

Keywords: water deficit stress responsive gene, PEG, real-time PCR, oil palm

¹ ศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

² ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10900

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

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

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

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

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

คำนำ

ปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.) เป็นพืชน้ำมันที่สำคัญของโลก มีถิ่นกำเนิดที่แอฟริกาตะวันตก และปลูกได้ในเขตร้อนของทวีปแอฟริกา เอเชีย และลาตินอเมริกา (Beule et al., 2011; Sun et al., 2011) น้ำมันปาล์มใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง เช่น น้ำมันประกอบอาหาร ไบโอดีเซล เป็นต้น (Lam et al., 2009) น้ำเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช หากพืชได้รับน้ำในปริมาณที่จำกัดจะทำให้เกิดสภาวะเครียด (abiotic stress) และส่งผลกระทบต่อผลผลิต (Rodriguez et al., 2006) สภาวะขาดน้ำ (water deficit) จะจำกัดการเจริญเติบโต และทำให้ผลผลิตลดลง เนื่องจากการสังเคราะห์แสงและตรึงคาร์บอนลดลง (Sun et al., 2011; Lu et al., 2012) โดยการแสดงออกของยีนต่าง ๆ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา และการเจริญเติบโตเพื่อตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม (Parmentier-Line et al., 2002) พืชมีเยื่อที่ตอบสนองต่อสภาวะขาดน้ำหลายกลุ่มยีน (Yu et al., 2013) เช่น ยีนกลุ่ม osmoprotectants ยีนขจัดสารพิษ (detoxification) (Bray et al., 2000) ยีนที่เกี่ยวกับการส่งสัญญาณ (Ali et al., 2011) ระบบขนส่งสารต่าง ๆ (Blumwald, 2000) ในปาล์มน้ำมันมีรายงานยีนที่แสดงออกในสภาวะขาดน้ำ เช่น *EgLEA4* (Hualkasin et al., 2013) *upe1* (Rival and Jaligot, 2010) เมื่อพืชขาดน้ำ โปรตีนเหล่านี้จะทำหน้าที่ปกป้องโครงสร้างภายในเซลล์โดยปรับสมดุลออสโมติก สร้างสารออสโมไลต์ และยับยั้งเอนไซม์ protease ปกป้องโปรตีนเมมเบรน รวมทั้งสะสมสารอินทรีย์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ที่เรียกว่า compatible solutes (Sithtisarn et al., 2009) ยีนหนึ่งที่มีบทบาทในสภาวะขาดน้ำของพืชคือยีน *betaine aldehyde dehydrogenase (BADH)* ซึ่งมีหน้าที่ควบคุมเอนไซม์ที่ใช้สังเคราะห์ glycine betaine (GB) ซึ่ง GB จัดเป็น osmoprotectant ชนิดหนึ่ง (Amudha and Balasubramani, 2011) จะถูกผลิตขึ้นในสภาวะเครียดจากแรงดันออสโมติก (Liu et al., 2010) โดยในพืชหลายชนิดมีการสะสม GB เมื่อพืชได้รับสภาวะขาดน้ำและในพืชทนเค็ม (Sithtisarn et al., 2009; Wang et al., 2016) การสังเคราะห์ GB เริ่มจากขบวนการออกซิเดชันของสารประกอบ choline เป็น betaine aldehyde (BA) โดยเอนไซม์ choline monooxygenase (CMO) แล้ว BA จะถูกเปลี่ยนไปเป็น GB โดยเอนไซม์ betaine aldehyde dehydrogenase (BADH) ทั้งนี้ เมื่อมีการสะสม GB มากขึ้น ทำให้ระดับโปรตีนและ mRNA ของยีน *BADH* มีเพิ่มขึ้นด้วย มีรายงานการใช้ GB เป็นตัวบ่งชี้ว่าพืชทนทานต่อสภาวะที่ไม่เหมาะสม เช่น ความเค็ม โดยถ้าพืชมีระดับ GB สูงขึ้น บ่งชี้ได้ว่าพืชมีความทนเค็มมากกว่า ทั้งนี้ ปริมาณ GB ที่สะสมขึ้นกับความเข้มข้นของเกลือและจำนวนครั้งที่ได้รับเกลือด้วย (Sithtisarn et al., 2009) ยีน *BADH* อาจอยู่ในรูปยีนที่ประกอบด้วยกลุ่มยีนขนาดเล็กหลายยีน (small multi-gene family) เช่น ข้าวบาร์เลย์ มียีน *BADH* 2 หรือ 3 ยีน เป็นต้น (Wang et al., 2016)

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจำแนก full-length ของยีน *EgBADH2* และศึกษารูปแบบการแสดงออกของยีนนี้ในปาล์มน้ำมันพันธุ์เทเนอราภายใต้สภาวะขาดน้ำ โดยใช้เทคนิค real-time PCR การศึกษานี้จะทำให้เข้าใจถึงขบวนการปรับตัว และตอบสนองของปาล์มน้ำมันต่อสภาวะขาดน้ำ ซึ่งมีความสำคัญต่อการจัดการระบบผลิตปาล์มน้ำมันในพื้นที่น้ำน้อย และอาจใช้ค้นหาสายพันธุ์ปาล์มน้ำมันทนแล้งในอนาคต

วิธีการศึกษา

การสกัด total RNA และสังเคราะห์ first strand cDNA

นำกล้าปาล์มน้ำมันพันธุ์เทเนอรา อายุประมาณ 12 เดือน ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จาก ศาสตราจารย์สมปอง เตชะโต คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปลูกในกระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 นิ้ว โดยใช้เวอร์มิคูไลต์เป็นวัสดุปลูก จำนวน 29 ต้น ภายใต้สภาพโรงเรือน แสงกระถางในสารละลาย 1/10 Hoagland (pH 5.6-6.5) (Jiang et al., 2012) เป็นเวลา 1 เดือน เปลี่ยนสารละลายใหม่ทุก 2 วัน โดยให้ระดับของสารละลายสูงจากก้นกระถางประมาณ 1 นิ้ว เพื่อปรับสภาพต้นกล้า จากนั้นแบ่งต้นกล้าออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 จำนวน 21 ต้น ให้ได้รับสาร polyethylene glycol น้ำหนักโมเลกุล 6000 (PEG 6000) 30% (-1,400 kPa) เพื่อจำลองสภาวะขาดน้ำ และกลุ่มที่ 2 ไม่ใส่สาร PEG (ชุดควบคุม; -500 KPa) จำนวน 8 ต้น เก็บตัวอย่างใบอ่อน ที่ 0, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12 และ 14 วัน หลังการได้รับหรือไม่ได้รับสาร PEG เพื่อใช้สกัด total RNA โดยสกัด total RNA จากตัวอย่างใบอ่อน ตามวิธีการของ Laksana and Chanpramee (2015) ตรวจสอบคุณภาพและปริมาณ total RNA ที่ได้ด้วยเครื่อง nanodrop spectrophotometer 8000 (Eppendorf, Germany) ที่ความยาวคลื่น 230 260 และ 280 นาโนเมตร และ 1.2% agarose gel electrophoresis จากนั้นกำจัด DNA ด้วยเอนไซม์ DNase I (Promega, USA) โดยบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที และสังเคราะห์ cDNA จาก mRNA โดยปฏิกิริยา reverse transcription (ThermoScientific, USA) ร่วมกับไพรเมอร์ Oligo dt (20-mer) เพื่อใช้เป็น DNA ต้นแบบในการโคลนยีน *BADH*

การโคลนยีน *BADH* จากปาล์มน้ำมัน

ออกแบบไพรเมอร์สำหรับสังเคราะห์ full length ของยีน *EgBADH2* ในปาล์มน้ำมันโดยเลือกใช้ยีน putative African oil palm *BADH* ในฐานข้อมูล GenBank database (www.ncbi.nlm.nih.gov) เป็นต้นแบบสังเคราะห์ full length ของยีน *BADH* โดยใช้ first strand cDNA ของปาล์มน้ำมันเป็นต้นแบบด้วยเทคนิค PCR ร่วมกับเอนไซม์ Platinum[®] Hifidelity Tag DNA polymerase (Invitrogen, USA) และไพรเมอร์ Full*EgBADH*, F 5'- ATGTCGGTCGCGATCCC-3' และ Full*EgBADH*, R 5'-CTACAGCTTGGAGGGAGG-3' โดยใช้เครื่อง PCR (Biometra T1 Thermal cycler, Germany) กำหนดปฏิกิริยา ดังนี้ initial denaturation ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที ตามด้วย denaturation ที่อุณหภูมิ 94 องศาเซลเซียส นาน 30 วินาที annealing ที่อุณหภูมิ 58 องศาเซลเซียส นาน 30 วินาที และ extension ที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที จำนวน 35 รอบ และ final extension ที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที ตรวจสอบผลผลิตที่ได้โดยใช้ 1% agarose gel electrophoresis ในบัฟเฟอร์ 1.0xTBE ความต่างศักย์ 100 V นาน 40 นาที สกัดชิ้น DNA ที่ได้จาก agarose gel โดยใช้ QIAquick gel extraction kit (QIAGEN, Germany) จากนั้นโคลนชิ้นส่วน DNA บริสุทธิ์ที่สกัดได้เข้าสู่ pGEM[®]-T easy vector (Promega, USA) และถ่ายเข้าสู่แบคทีเรีย *Escherichia coli* (*E.coli*) สายพันธุ์ DH5 α โดยเทคนิค heat shock เพื่อเพิ่มปริมาณ แล้วนำไปหาลำดับนิวคลีโอไทด์โดยบริษัท SolGent (SolGent Co., Ltd., South Korea) เมื่อทราบลำดับนิวคลีโอไทด์แล้วจึงนำมาเทียบกับลำดับนิวคลีโอไทด์ที่อยู่ในฐานข้อมูล GenBank (National Center for Biotechnology Information, www.blast.ncbi.nlm.nih.gov/)

การวิเคราะห์ข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์ และชีวสารสนเทศ (bioinformatics)

นำลำดับนิวคลีโอไทด์ของ full length ของยีน *EgBADH2* ที่ได้จากปาล์มน้ำมันเปลี่ยนเป็นลำดับกรดอะมิโนด้วยโปรแกรม Mega6 (<http://www.megasoftware.net/>) จากนั้นนำไปวิเคราะห์ multiple sequence alignment ด้วยโปรแกรม ProteinBlast ในฐานข้อมูล GenBank และ ClustalW2 (www.ebi.ac.uk) จากนั้นสร้าง phylogenetic trees ด้วยโปรแกรม Mega6 โดยวิธี neighbor-joining (bootstrap value 1,000 replicates) และวิเคราะห์ hydrophobic plot ด้วยโปรแกรม TM pred (www.ch.embnet.org/software/TMPRED-form.html)

การแสดงออกของยีน *EgBADH2* ในปาล์มน้ำมันที่ได้รับสภาวะขาดน้ำจำลองด้วยเทคนิค real-time PCR

ออกแบบไพรเมอร์ที่จำเพาะต่อการสังเคราะห์สาย DNA สำหรับยีน *BADH* และ *Actin* ในปาล์มน้ำมันด้วยโปรแกรม primer3 (<http://simgene.com/primer3>) ดังนี้ *BADH2_Eg_rt1_F* 5'-TGTGGACATTGAGAAAGCTG-3' และ *BADH2_Eg_rt1_R* 5'-CCTTCTCAAGTGGATTGGA-3' และ *Actin* ที่ใช้สำหรับเป็นยีนอ้างอิง (reference gene) ดังนี้ *Actin_rt_F* 5'-AGGGAACATGGTTGATC CTC-3' และ *Actin rt_R* 5'-TTGGTGCAGAGAGATTCAGG-3' สาย DNA ที่สังเคราะห์ได้มีลำดับนิวคลีโอไทด์ขนาด 174 และ 150 คู่เบส ตามลำดับ จากนั้นศึกษาระดับการแสดงออกของยีน *BADH* ในปาล์มน้ำมันที่ได้รับสภาวะขาดน้ำจำลองเป็นเวลา 14 วัน ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ โดยใช้ยีน *Actin* เป็น reference gene ใช้ cDNA ปริมาณ 300 นาโนกรัม เป็นต้นแบบร่วมกับ SensiFast SYBR No-Rox kit (Biolines, USA) และไพรเมอร์ที่ออกแบบไว้แล้วมาทำปฏิกิริยา real-time PCR ด้วยเครื่องเพิ่มปริมาณ DNA Mastercycler[®] ep realplex4 (Eppendorf, USA) โดยใช้ปฏิกิริยา ดังนี้ initial denaturation ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที ตามด้วย denaturation ที่อุณหภูมิ 94 องศาเซลเซียส นาน 15 วินาที primer annealing ที่อุณหภูมิ 58 องศาเซลเซียส นาน 15 วินาที และ primer extension ที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส นาน 20 วินาที จำนวน 45 รอบ โดยระดับการแสดงออกของยีนเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ 0 วัน (control)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การโคลนยีน *BADH* จากปาล์มน้ำมัน วิเคราะห์ข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์และชีวสารสนเทศ

การโคลนยีนด้วยเทคนิค PCR โดยใช้ไพรเมอร์ที่ออกแบบให้จำเพาะกับยีน *BADH* และใช้ first strand cDNA เป็นแม่แบบ สามารถโคลน full length ของยีนได้ และให้ชื่อว่า *EgBADH2* เมื่อวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์พบว่า มีขนาด 1,512 คู่เบส (Figure 1) โดยมีปลาย 5' และ 3' เป็นลำดับนิวคลีโอไทด์ของ start และ stop codon ตามลำดับ จากนั้นเปลี่ยนลำดับนิวคลีโอไทด์เป็นลำดับกรดอะมิโนได้สายโพลีเปปไทด์ขนาด 503 กรดอะมิโน (Figure 2) เมื่อนำลำดับกรดอะมิโนมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม TMpred เพื่อวิเคราะห์ส่วนของ membrane spanning region วิเคราะห์ hydrophobic plot พบว่า ลำดับกรดอะมิโนที่แปลงมาจากยีน *EgBADH2* มีส่วนประกอบของ transmembrane domain จำนวน 4 โดเมน โดยเชื่อมต่อกันด้วย loop A-C พบ NPA boxes (high conserved asparagine-proline-alanine) ที่เกี่ยวกับการตอบสนองต่อสภาวะขาดน้ำ จำนวน 1 ตำแหน่ง ซึ่งมีตำแหน่ง NPA อยู่ในช่วง 100 กรดอะมิโนแรกของลำดับนิวคลีโอไทด์ (Figure 3) เมื่อนำลำดับกรดอะมิโน

ของยีน *EgBADH* มาวิเคราะห์ multiple sequences alignment ด้วยโปรแกรม ClustalW2 พบว่า ลำดับกรดอะมิโนที่แปลรหัส พันธุกรรมจากยีน *EgBADH2* มีความเหมือน (similarity) กับยีน *BADH2* ที่รายงานในพืชชนิดอื่น ๆ ได้แก่ มะพร้าว (*Cocos nucifera*) (*CnBADH*; BAV82469.1, 95%) อินทผลัม (*Phoenix dactylifera*) (*pdBADH*; XP008798034.1, 95%) กล้วย (*Musa acuminata 'malaccensis'*) (*McBADH*; XP009417704.1, 84%) สับปะรด (*Ananas comosus*) (*AcBADH*; OAY76151.1, 83%) ข้าวโพด (*Zea mays*) (*ZmBADH*; NP001105781.2, 80%) อะราบิโดปซิส (*Arabidopsis thaliana*) (*AtBADH*; NP565094.1, 80%) และยาสูบ (*Nicotiana tabacum*) (*NtBADH*; NP001312083.1, 70%) (Figure 4)

```

1  ATGTCGGTTCGCGATCCCTCGCCGCCTGCTCTTCATCGACGGCGAATGGAGAGAACCCGTC
61  CGCCACAAGCGAATCCCCATCATCAATCCTGCCACCGAGGAGCCCATCGGGGAGATACCC
121 GCTGCGACGGCGGAGGACGTGGAGCTGGCGGTGGCCGCCGCCGAGGGCTCTTACCAGG
181 AACCGGGGCAAGGACTGGGCCCCGACCTCCGGTGCTGCTCGTGCCAAATATCTCCGTGCG
241 ATCGCCGCCAAGATAACCGAGAGGAAATCTGAGCTGGCTAAGCTAGAGACACTAGACTGC
301 GGGAAGCCTCTGGATGAAGCAGCGTGGGACATGGATGATGTTGCTGGGTGTTTTGAGTAT
361 TATGCAGATCTTGACAGAGGCCTTGATGAAAAACAAAGAGCCCTGTATCTCTTCTATG
421 CAAACATTTAAATCTTATGTTCTTAAAGAGCCTATTGGAGTTGTTGGCTTGATCACTCCA
481 TGGAATATCCTCTATTAATGGGTGTTTGAAGGTTGCTCCTGCCTTGCTGCTGGTTGT
541 ACAGCTATACTAAAGCCATCTGAGCTGGCTTCTGTAAATGTTTAGAGCTTGCTGACATA
601 TGCAAGGAAGTTGGACTCCCTCCTGGTGTCTTAAACATAGTACTGGGTTTGGTCTGAA
661 GCTGGCGCTCCTTTAGTATCCCATCCTCATGTGGATAAGATTGCATTTACTGGAAGTACA
721 GAACTGGTAGAAGGATAATGACTGCTGCTGCTCAAACAATCAAGCCTGTTTCATTGGAA
781 CTTGGTGGTAAAAGTCCCATATTGTATTTGAAGATGTGGACATTGAGAAAGCTGTTGAA
841 TGGTCTCTTTTGGGTGCTTTTGGACAAATGGTCAAATATGCAGTGCAACTTCCCGTCTT
901 CTTGTACATGAAAGCATCTCAAAGAATTCATGGAGAGACTTGTGCTTGGGCCAAAAAC
961 ATCAAAATCTCCAATCCACTTGAAGAANGTTGCAGGCTTGACCTGTTGTGAGTGAAGGG
1021 CAGTATGAGAAGATCAAAAAGTTCATTTCAACTGCAAAGAGTGAAGGTGCTACCTTTTTG
1081 TGTGGAGGTGGACGCCCCCAGCATCTAGAAAAGGGTCTTTATTGAACCAACAATCATT
1141 ACTGATGTGGACACATCCATGCAAAATTTGGAGAGATGAGGTTTTCGGGCCTGTTCTTTGT
1201 ATTAAACATTACAGACCGAGGAAGAAGCTGTTGAACCTGCAAATGATACTCAATTTGGC
1261 TTAGCAGGTGCTGTTATTTCAAAGGATCCAGAGCGCTGCAACCGTATATCTGAGGAAATT
1321 CAAGCTGGAATTGTATGGGTAAACTGCTCACAGCCCTGCTTCTGTCAAGCTCCTTGGGGA
1381 GGAAACAAGCGCAGTGTTTGGTCTGAACTGGGGAATGGGGGCTCGATACTACTTG
1441 AGTGTGAAGCAAGTGACTGAATACATCTCAGATGAACCTTGGGCATGGTATCCACCTCCC
1501 TCCAAGCTGTAG

```

Figure 1 The full length of *EgBADH2* of Tenera oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.).

```

MSVAIPRRLLFIDGEWREPVRHKRIPIINPATEEPIGEIPAATAEDVELAVAAARRALTRNRGKDWARTEGAARA
KYLRAIAAKITERKSELAKLETLDGKPLDEAAWDMDDVAGCFEYYADLAEALDGKQRAPVSLPMQTFKSYVLKEPIGV
GLITPWNYPLLMGVWVKVAPALAAGCTAILKPSELASVTCLELADICKEVGLPPGVLNIVTGFGPEAGAPLVSHPHVDKIAF
TGSTETGRRIMTAAQTIKPVSLLEGGKSPIIVFEDVDIEKAVEWSLFGCFWTNGQICSATSRLLVHESISKEFMERLVAWA
KNIKISNPLEEXCRLGPVWSEGQYEEKIKKFISTAKSEGATFLCGGGRPQHLEKGFIEPTIITDVTSMQIWRDEVFGPVLCI
KTFSTEEEAVELANDTQFLAGAVISKDPERCNRISSEIQAGIVWVNCSPQFCQAPWGGNKRSGFGRELGEWGLDNY
LSVKQVTEYISDEPWAUWYPPPSKL

```

Figure 2 The deduced amino acid sequence of *EgBADH2* of Tenera oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) The protein composes of NPA boxes have been shown at underline; (1) NPA (asparagine-proline-alanine), (2) APL (alanine-proline-leucine and (3) NPL (asparagine-proline-leucine) amino acids.

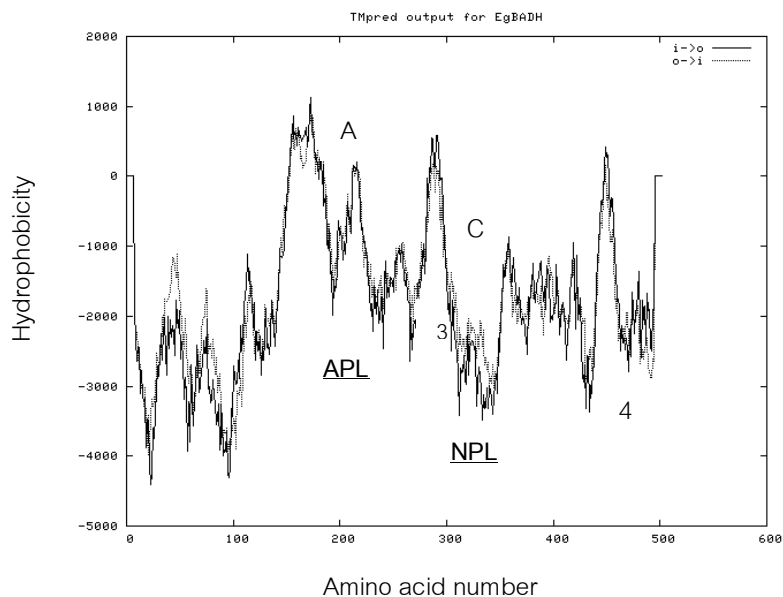


Figure 3 The hydrophobicity plot of *EgBADH2* amino acid sequence of Tenera oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) analyzed by TM pred program. The X-axis represents the amino acid 1-503 residues. The area above the x-axis indicate the hydropobic amino acid residues. The protein composes of 4 hydropobic domains and NPA boxes; NPA (Asn-Pro-Ala), APL (Ala-Pro-Leu) and NPL (Asn-Pro-Leu) amino acids.

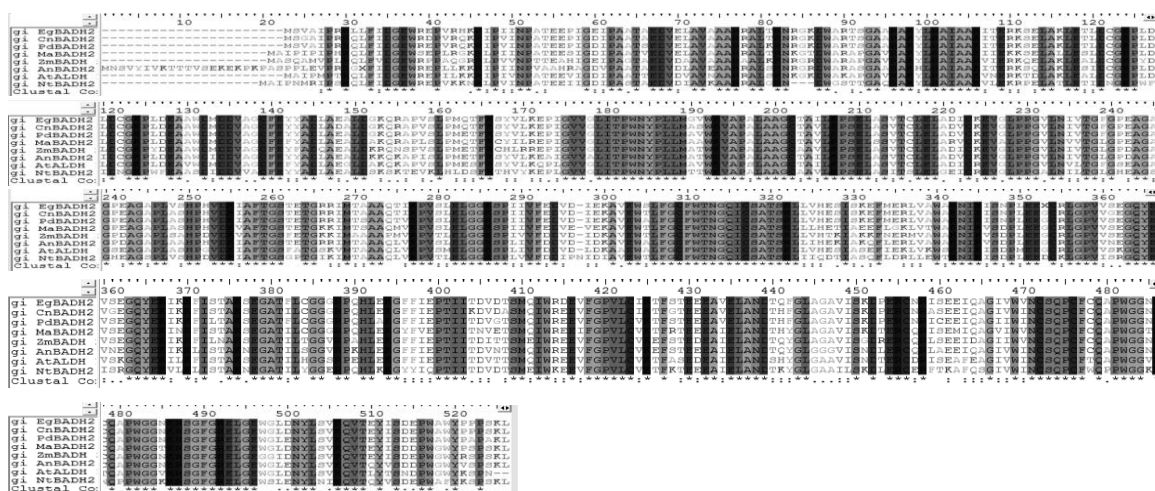


Figure 4 Multiple amino acid sequence alignment analysis of *EgBADH2* protein using ClustalW2 compared with *BADH* proteins reported in certain plant species such as *Cocos nucifera* (BAV82469.1) *Phoenix dactylifera* (XP008803742.1), *Musa acuminata* 'malaccensis' (XP009417704.1), *Ananas comosus* (OAY71391.1), *Arabidopsis* (NP196579.1).

เมื่อนำลำดับกรดอะมิโนของยีน *EgBADH2* มาวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการร่วมกับยีน *BADH2* ที่รายงานในพืชชนิดต่าง ๆ จากนั้นสร้างเป็น phylogenetic tree พบว่า โปรตีน *EgBADH* จัดอยู่ในกลุ่ม *Betaine aldehyde dehydrogenase* ซึ่งยีน *EgBADH2* มีความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการใกล้เคียงกับยีน *BADH2* ในพืชหลายชนิด โดย *BADH2* ของปาล์มน้ำมัน (*EgBADH2*) มีความสัมพันธ์ใกล้เคียงมากกับ *BADH2* ในอินทผลัม (*PdBADH2*; XP008798034.1) และมะพร้าว (*CnBADH2*; BAV82469.1) นอกจากนี้ยังใกล้เคียงกับพืชอื่น ๆ เช่น หน่อไม้ฝรั่ง (*AoBADH2*) กล้วยพันธุ์ *malaccensis* (*MaBADH2*) ข้าวโพด (*ZmBADH*) และสับปะรด (*AnBADH2*) เป็นต้น (Figure 5)

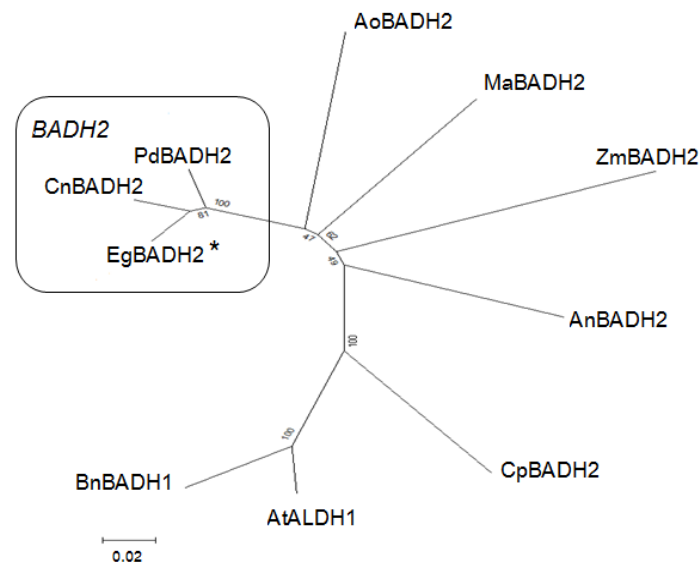


Figure 5 Phylogenetic tree among different species of plant that was constructed based on deduced amino acid and sequences of *EgBADH2* by neighbor-joining method with 1,000 bootstrap replications using MEGA6 program.

การแสดงออกของยีน *EgBADH2* ในปาล์มน้ำมันที่ได้รับสภาวะขาดน้ำจำลองด้วยเทคนิค real-time PCR

การศึกษารูปแบบการแสดงออกของยีน *EgBADH2* โดยเทคนิค real-time PCR ในใบอ่อนของปาล์มน้ำมันที่ได้รับสภาวะขาดน้ำเป็นเวลา 14 วัน พบว่า ระดับการแสดงออกของยีน *EgBADH2* ในช่วงเวลาที่ยังไม่ได้รับสภาวะขาดน้ำ (ที่ 0 วัน) มีการแสดงออกของยีนมากที่สุด เท่ากับ 1 ± 0.04 แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับเมื่อได้รับสภาวะขาดน้ำ นาน 1 และ 2 วัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.87 ± 0.07 และ 0.74 ± 0.53 ตามลำดับ (Figure 6) สำหรับช่วงเวลาที่ยีนมีการแสดงออกน้อยที่สุด คือ ช่วงเวลาที่ 6 วัน หลังจากได้รับสภาวะขาดน้ำ มีค่าเท่ากับ 0.02 ± 0.01 แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับในช่วงเวลา 8 ถึง 14 วัน หลังจากได้รับสภาวะขาดน้ำจำลอง (Figure 6) โดยรูปแบบการแสดงออกของยีน *EgBADH2* มีการแสดงออกแบบลดลง (down regulation) เมื่อได้รับสภาวะขาดน้ำยาวนานขึ้น

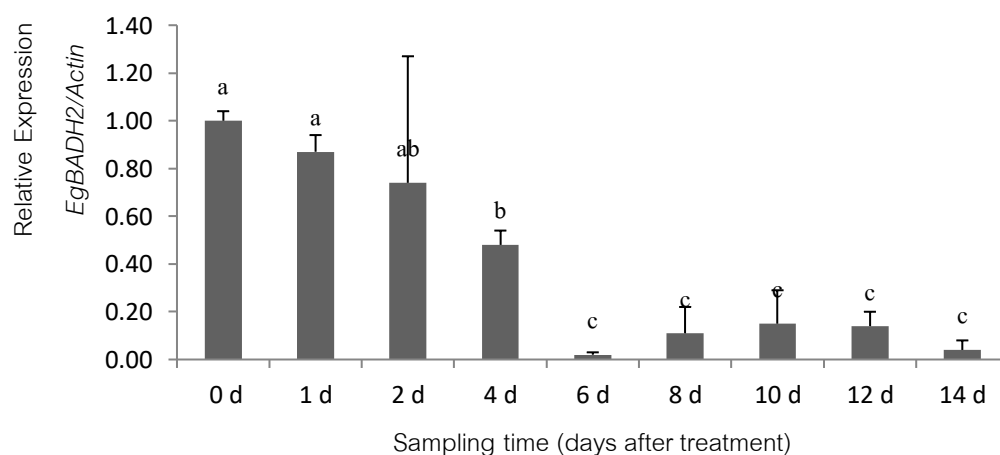


Figure 6 Relative expression of *EgBADH2* gene in leaves of Tenera oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) under water deficit stress which receiving 30% of PEG for 14 days. Different letters on the boxes indicate significant differences at $P < 0.05$ according to DMRT.

ยีนที่มีบทบาทในสภาวะที่พืชขาดน้ำ ได้แก่ ยีน *BADH* โดยยีน *BADH* มีหน้าที่ควบคุมการสังเคราะห์เอนไซม์ที่ใช้สังเคราะห์สาร glycine betaine (GB) โดย GB จัดเป็นสาร osmoprotectant ซึ่งจะถูกผลิตและสะสมเมื่อพืชได้รับสภาวะเครียดจากแรงดันออสโมติก GB ทำหน้าที่ช่วยปกป้องเซลล์เมมเบรน ช่วยลดความเสียหายของเซลล์จากความเครียดเนื่องจากสูญเสียน้ำ และเป็นส่วนประกอบของลิพิดในเมมเบรนทำให้ใบมีความต้านทานต่อความเครียด (Liu et al., 2010; Zhang et al., 2012; Li et al., 2016) มีรายงานชนิดพืชที่ยีน *BADH* มีการตอบสนองต่อสภาวะแล้ง ได้แก่ ข้าวสาลี (*BADH1*) ข้าวบาร์เลย์ (*BADH1* และ *BADH2*) ข้าวฟ่าง (*BADH1* และ *BADH2*) แพร่ (total *BADH*) (Fitzgerald et al., 2009) ข้าวโพด (Zhang et al., 2012) และพบ *BADH* ในกลุ่มพืชทนเค็ม (halotolerant plants) (Wang et al., 2016) ข้าวหอมมะลิ 105 (Hasthanasombut et al., 2011)

จากการศึกษาในครั้งนี้สามารถจำแนกยีน *BADH2* จากปาล์มน้ำมันพันธุ์เทเนอร่าและให้ชื่อว่า *EgBADH2* โดยเป็นยีนที่มีขนาด 1,512 คู่เบส เมื่อแปลรหัสให้เป็นโปรตีนได้เป็นโปรตีนที่ประกอบด้วยกรดอะมิโน 503 กรดอะมิโน จากผลการวิเคราะห์ hydrophobic plot ด้วยโปรแกรม TM pred พบว่า โปรตีน *EgBADH2* มีส่วนประกอบของ transmembrane domain จำนวน 4 โดเมน โดยเชื่อมต่อกันด้วย loop A-C และพบมี NPA (Asn-Pro-Ala) boxes ซึ่งคล้ายกับในยีนกลุ่มสังเคราะห์โปรตีนชนิด AQP (aquaporins) ในปาล์มน้ำมัน เช่น ยีน *NIP6;1* และ *NIP5;1* (อัญชนา รอดวังนง และคณะ, 2560) เป็นตัวชี้ว่ายีน *EgBADH2* ในปาล์มน้ำมันมีการสร้างโปรตีนชนิด AQP คล้ายคลึงกับในยีนควบคุมการสังเคราะห์โปรตีนกลุ่ม major intrinsic protein (MIPs) ซึ่ง NPA boxes นั้นประกอบด้วยลำดับกรดอะมิโนสายสั้น ๆ ที่มีกรดอะมิโนบางตัวซ้ำกัน (high conserved of two NPA boxes) ได้แก่ NPA (Asn-Pro-Ala) NPL (Asn-Pro-Leu) และ APL (Ala-Pro-Leu) โดย Ishibashi (2006) รายงานว่ามีลำดับกรดอะมิโนที่ซ้ำกัน (repeat) ในตำแหน่ง First NPA boxes ของโปรตีนกลุ่ม aquaporins กล่าวคือ NPA พบในกลุ่มโปรตีน AQP ส่วนกรดอะมิโน NPL พบในกลุ่มโปรตีน SIP2.1 สำหรับกรดอะมิโน APL เป็นส่วนประกอบของโปรตีน Urch2 ทั้งนี้กลุ่มโปรตีน AQP โปรตีน SIP2.1 และกลุ่มโปรตีน Urch2 เป็นโปรตีน subcellular-aquaporins มีหน้าที่เกี่ยวกับโปรตีนช่องทางลำเลียงน้ำ (water channel protein) การลำเลียงน้ำ (water transport) และรูพรุนช่องทางเข้าออกของน้ำ (formation water permeating pore) ในการทดลองนี้ พบว่า มีกรดอะมิโน ได้แก่ NPA NPL และ APL คล้ายกับกรดอะมิโนที่พบอยู่ในโปรตีนกลุ่ม AQP SIP2.1 และ Urch2 ตามลำดับ ซึ่งพบได้ในกลุ่มพืชทนแล้ง (Ishibashi, 2006) นอกจากนี้ ในยีน *EgBADH2* พบ transmembrane domain จำนวน 4 โดเมน คาดว่าโครงสร้าง transmembrane domain ที่มีลักษณะเกลียว helix และมีหลาย loops อาจช่วยในการลำเลียงน้ำและลำเลียงสารโมเลกุลเล็กผ่านชั้นเมมเบรน lipid bilayer (Shivaraj et al., 2017) ส่วน NPA motif มีหน้าที่ส่งเสริมการสร้างรูพรุนสำหรับการเคลื่อนที่ผ่านเข้าออกของน้ำ (water-permeating pore) (Ishibashi, 2006)

จากการศึกษาความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการและสร้างเป็น phylogenetic tree โดยเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างยีน *EgBADH2* กับ *BADH2* ที่รายงานในพืชหลายชนิด ซึ่งบ่งชี้ได้ว่า ยีน *EgBADH2* จัดอยู่ในกลุ่มยีน *BADH2* โดยมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับยีน *pdBADH2* ในอินทผลัม ยีน *CnBADH2* ในมะพร้าว ยีน *AoBADH2* ในหน่อไม้ฝรั่ง ยีน *MaBADH2* ในกล้วยพันธุ์ *malaccensis* ยีน *ZmBADH* ในข้าวโพด และยีน *AnBADH2* ในสับปะรด ซึ่งได้รับการพิสูจน์แล้วว่ายีนในกลุ่มนี้ทำหน้าที่ควบคุมการสังเคราะห์เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ GB ที่เป็นสาร osmoprotectant ซึ่งถูกผลิตภายใต้สภาวะเครียด (Liu et al., 2010; Sithtisarn et al., 2009) ดังนั้นจึงอาจเป็นไปได้ว่ายีนที่จำแนกได้จากปาล์มน้ำมันเป็น *EgBADH2* มีรายงานก่อนหน้านี้ว่า พืชหลายชนิดในสภาวะขาดน้ำจะมีกิจกรรมและการแสดงออกของยีน *BADH* เพิ่มขึ้น เช่น ข้าวโพด (Zhang et al., 2012) อ้อย (บุศริน อิมอินทร์ และคณะ, 2555) และ sugarbeet (Li et al., 2016) แต่ในการศึกษานี้พบว่า ยีน *EgBADH2* ในใบของปาล์มน้ำมันที่อยู่ภายใต้สภาวะขาดน้ำจำลอง นาน 14 วัน มีการแสดงออกของยีนในระดับลดต่ำลงเมื่อเทียบกับต้นปกติ สอดคล้องกับ Nakamura et al. (1997) ที่รายงานว่าการได้รับความเค็มมีการแสดงออกของยีน *BADH* ต่ำ Wang et al. (2016) รายงานไว้ว่า สะดรา (Suaeda sp.) มีการแสดงออกของยีน *ScBADH* ในใบต่ำลง เมื่อได้รับ PEG 10% นาน 48 ชั่วโมง เมื่อเทียบกับต้นที่ได้รับน้ำปกติ ส่วนรากและลำต้นมีการแสดงออกของยีนลดต่ำลง หลังได้รับ PEG 10% นาน 48 ชั่วโมง

ปัจจัยที่อาจส่งผลต่อการแสดงออกของยีน *BADH* ในปาล์มน้ำมัน มีดังนี้ (1) การขาดน้ำทำให้โปรตีนเสียสภาพเนื่องจากขาดน้ำในการรักษาอุณหภูมิภายในเซลล์ ทำให้เซลล์มีอุณหภูมิสูง อาจส่งผลต่อการแสดงออกของยีนได้ สอดคล้องกับ Incharoensakdi and Kum-arb (1998) ที่รายงานว่าการขาดน้ำ 25-35 องศาเซลเซียส กิจกรรมของ *BADH* ลดต่ำลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ยิ่งเพิ่มอุณหภูมิมากขึ้นจะส่งผลให้กิจกรรมของ *BADH* ลดต่ำลงมากขึ้น Hasthanasombut et al. (2011) รายงานว่า ในข้าวพันธุ์หอมมะลิ 105 ที่ได้รับอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (heat stress) มีการแสดงออกของยีน *OsBADH1*

ลดลง (2) ความเข้มข้นเกลือภายในเซลล์หลังได้รับสภาวะขาดน้ำ เมื่อน้ำภายในเซลล์ลดลงทำให้เกิดและธาตุอาหารที่สะสมอยู่เข้มข้นมากขึ้นอาจยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ BADH โดย Oishi and Ebina (2005) รายงานว่า เมื่อถ่ายยีน *BADH* จากผักปวยเล้ง และหญ้า *zoysia* เข้าสู่จุลินทรีย์ *E. coli* เพื่อทดสอบผลของความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ต่อกิจกรรมของเอนไซม์ BADH พบว่า ความเข้มข้นของ NaCl ยิ่งสูงขึ้น กิจกรรมของเอนไซม์ BADH ยิ่งลดต่ำลง (3) โคแฟกเตอร์กับเอนไซม์อื่น ๆ ที่อยู่ในไมโทคอนเดรีย คลอโรพลาสต์ และไซโตซอล อาจได้รับความเสียหายภายใต้สภาวะขาดน้ำ จึงมีผลทำให้การแสดงออกของยีน *BADH* ลดลง ทั้งนี้ Fitzgerald et al. (2009) กล่าวว่า โคแฟกเตอร์ต่าง ๆ เช่น NAD^+ $NADP^+$ มีความสำคัญต่อกิจกรรมของเอนไซม์ BADH ซึ่ง BADH มีแอกติวิตีสูงในการใช้ NAD^+ เพื่อสังเคราะห์ GB (4) พืชอาจมีการสูญเสียฟังก์ชัน (loss of functional) ของยีน *BADH* ในบางอัลลีล (allele) เช่น ที่พบในข้าว (Fitzgerald et al., 2009) (5) กล้าปาล์มน้ำมันที่ปลูกเลี้ยงในระบบไฮโดรโปนิกส์โดยรากแช่ในสารละลาย PEG เป็นเวลานานทำให้ภายในเซลล์อาจได้รับออกซิเจนต่ำแล้วสังเคราะห์และสะสม acetaldehyde ซึ่งอาจมีผลไปยับยั้งการแสดงออกของยีน *BADH* โดย Mitsuya et al. (2009) รายงานว่า ในต้นกล้าข้าวสายพันธุ์ญี่ปุ่นที่ได้รับสภาพน้ำท่วมขังนาน 24 ชั่วโมง พบว่า การแสดงออกของยีน *BADH* ลดต่ำลง เนื่องจากเมื่อพืชจมน้ำกลไกในการหายใจมีการเปลี่ยน pyruvate ไปเป็น acetaldehyde และเอทานอล โดยมียีน *OsBADH1* ทำหน้าที่เปลี่ยน acetaldehyde ไปเป็น acetate และเข้าสู่วงจร glyoxylate นอกจากนี้ acetaldehyde ในพืชจะไปยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ BADH เนื่องจาก acetaldehyde เป็น analog ของ BA (betaine aldehyde) (Incharoensakdi and Kum-arb, 1998) จึงอาจทำให้ BADH ทำปฏิกิริยากับ BA ได้ไม่สมบูรณ์เท่าที่ควร ในปัจจุบันนี้ยังไม่ทราบข้อมูลเกี่ยวกับสารตั้งต้นที่จำเพาะ (substrate specificity) และกิจกรรมของ BADH ในพืชที่ชัดเจนมากนัก (Fitzgerald et al., 2009)

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาเพื่อจำแนกยีน *BADH* ในปาล์มน้ำมันพันธุ์เทนอราที่ได้รับสภาวะขาดน้ำ พบว่า ยีนนี้มีขนาด 1,512 คู่เบส และแปลงเป็นโปรตีนที่ประกอบด้วยกรดอะมิโน 503 กรดอะมิโน โดยให้ชื่อว่า *EgBADH2* และเมื่อนำมาสร้าง phylogenetic tree พบว่า *EgBADH2* มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดและอยู่ในกลุ่มเดียวกันกับยีน *BADH2* ในมะพร้าว อินทผลัม กล้วยพันธุ์ *malaccensis* หน่อไม้ฝรั่ง สับปะรด และข้าวโพด จึงมีความเป็นไปได้ว่ายีนนี้ในปาล์มน้ำมันเป็นยีนชนิด *EgBADH2* สำหรับการศึกษารูปแบบการแสดงออกของยีนนี้ในปาล์มน้ำมันที่ได้รับสภาวะขาดน้ำโดยใช้สารละลาย PEG6000 ความเข้มข้น 30% จำลองสภาวะขาดน้ำ พบว่า เมื่อปาล์มน้ำมันอยู่ในสภาวะขาดน้ำมีผลทำให้ระดับการแสดงออกของยีน *EgBADH2* ลดลง และเมื่อปาล์มน้ำมันอยู่ในสภาวะขาดน้ำนานขึ้นระดับการแสดงออกของยีน *EgBADH2* ก็ยิ่งต่ำลง และต่ำที่สุดในวันที่ 6 หลังได้รับสภาวะขาดน้ำ โดยรูปแบบการแสดงออกของยีน *EgBADH2* ในปาล์มน้ำมันมีการแสดงออกแบบลดลง (down regulation) เมื่อได้รับสภาวะขาดน้ำยาวนานขึ้น จากการศึกษาครั้งนี้ สะท้อนให้เห็นว่า *EgBADH2* มีบทบาทสำคัญในการตอบสนองต่อสภาวะขาดน้ำในปาล์มน้ำมัน ซึ่งจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อทราบถึงระดับการแสดงออกของยีนนี้ในปาล์มสายพันธุ์ต่าง ๆ ที่ได้รับสภาวะขาดน้ำ เพื่อหาความเชื่อมโยงของลักษณะทนทานหรืออ่อนแอต่อสภาวะขาดน้ำกับระดับการแสดงออกของยีน ซึ่งอาจสามารถพัฒนาเป็นเครื่องหมายโมเลกุลชนิด gene targeted marker เพื่อใช้ในการคัดเลือกปาล์มน้ำมันทนแล้งได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ศูนย์วิทยาการขั้นสูงเพื่อเกษตรและอาหาร และภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย และขอขอบคุณศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน และศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือ อุปกรณ์ และสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- บุศริน อิมอินทร์, นงลักษณ์ เทียนเสรี และสนธิชัย จันทน์เปรม. 2555. การบ่งชี้ยีนที่ควบคุมการสร้าง betaine aldehyde dehydrogenase ที่เกี่ยวข้องตอบสนองต่อสภาพขาดน้ำ. ใน *การประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9*. น. 2166-2173.
- อัญชนา รอดรุ่งนง, กนกวรรณ เทียงธรรม และสนธิชัย จันทน์เปรม. 2560. การจำแนก และรูปแบบการแสดงออกของยีน *NIP6;1* (Boric Acid channel for preferential transport of boron) ในปาล์มน้ำมันชนิดเทอเนร่า. *ว.วิทย์.เกษตร*. 48 (2): 174-185.
- Ali, Q., Ehahi, M., Hussain, B., Khan, N. H., Ali, F., and Elahi, F. 2011. Genetic improvement of maize (*Zea mays* L.) against drought stress: An overview. *Agri. Sci. Res. J.* 10: 228- 237.
- Amudha, J., and Balasubramani, G. 2011. Recent molecular advances to combat abiotic stress tolerance in crop plants. *Biotechnol. Mol. Biol. Rev.* 6 (2): 31-58.
- Beule, T., Camps, C., Debiesse, S., Tranchant, C., Dussert, S., Sabau, X., Jaligot, E., Alwee, S. S. R. S., and Tregear, J. W. 2011. Transcriptome analysis reveals differentially expressed genes associated with the mantled homeotic flowering abnormality in oil palm (*Elaeis guineensis*). *Tree Genetics & Genomes* 7: 169-182.
- Blumwald, E. 2000. Sodium transport and salt tolerance in plants. *Curr. Opin. Cell Biol.* 12: 431- 434.
- Bray, E. A., Bailey-Serres, J., and Weretilnyk, E. 2000. Responses to abiotic stresses. pp. 1158- 249. In: W. Gruissem, B. Buchanan, R. Jones, eds. *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*. American Society of Plant Physiologists.
- Fitzgerald, T. L., Waters, D. L. E., and Henry, R. J. 2009. Betaine aldehyde dehydrogenase in plants. *Plant Biol.* 11: 119-130.
- Hashtanasombut, S., Paisarnwipatpong, N., Triwitayakorn, K., Kirdmanee, C., and Supaibulwatana, K. 2011. Expression of *OsBADH1* gene in Indica rice (*Oryza sativa* L.) in correlation with salt, plasmolysis, temperature and light stresses. *POJ.* 4 (7): 400-407.
- Huakasin, W., Thongin, W., Petsean, K., Phongdara, A., and Nakkaew, A. 2013. Molecular cloning and characterization of the late embryogenesis abundant group 4 (*EgLEA4*) gene from oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Songklanakarin J. Sci. Technol.* 35 (3): 275-285.
- Incharoensakdi, A., and Kum-arb, U. 1998. Betaine aldehyde dehydrogenase from a halotolerant cyanobacterium *Aphanothece halophytica*: purification, properties, and regulation by salinity. 1998. *J. Sci. Soc.* 24: 231-240.
- Ishibashi, K. 2006. Aquaporin subfamily with unusual NPA boxes. *Biochim Biophys Acta.* 1758: 989-993.
- Jiang, T., Fountain, J., Davis, G., Kemerait, R., Scully, B., Lee, R. D., and Guo, B. 2012. Root morphology and gene expression analysis in response to drought stress in maize (*Zea mays*). *Plant Mol. Biol. Rep.* 30: 360-369.
- Laksana, C., and Chanprame, S. 2015. A simple and rapid method for RNA extraction from young and mature leaf of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). *ISSAAS J.* 21 (1): 96-106.
- Lam, M. K., Tan, K. T., Lee, K. T., and Mohamed, A. R. 2009. Malaysian palm oil: surviving the food versus fuel dispute for a sustainable future. *Renew Sust. Energy Rev.* 13: 1456-1464.
- Li, G., Wu, H., Sun, Y., and Zhang, S. 2016. Betaine aldehyde dehydrogenase (*BADH*) expression and betaine production in sugarbeet cultivars with different tolerances to drought stress. *Sugar Tech.* 18 (4): 420-423.
- Liu, J., Zeng, H., Li, X., Xu, L., Wang, Y., Tang, W., and Han, L. 2010. Isolation and characterization of the betaine aldehyde dehydrogenase gene in *Ophiopogon japonicus*. *Open Biotechnol J.* 4: 18-25.
- Lu, Y., Xu, J., Yuan, Z., Hao, Z., Xie, C., Li, X., Shah, T., Lan, H., Zhang, S., Rong, T., and Xu, Y. 2012. Comparative LD mapping using single SNPs and haplotypes identifies QTL for plant height and biomass as secondary traits of drought tolerance in maize. *Mol. Breeding.* 30 (1): 407-418.
- Mitsuya, S., Yokota, Y., Fujiwara, T., Mori, N., and Takabe, T. 2009. *OsBADH1* is possibly involved in acetaldehyde oxidation in rice plant peroxisomes. *FEBS Letters* 583: 3625-3629.
- Nakamura, T., Yokota, S., Muramoto, Y., Tsutsui, K., Oguri, Y., Fukui, K., and Takabe, T. 1997. Expression of a betaine aldehyde dehydrogenase gene in rice, a glycinebetaine non-accumulator, and possible localization of its protein in peroxisomes. *Plant J.* 11 (5): 1115-1120.
- Oishi, H., and Ebina, M. 2005. Isolation of cDNA and enzymatic properties of betaine aldehyde dehydrogenase from *Zoysia tenuifolia*. *J. Plant Physiol.* 162: 1077-1086.
- Parmentier-Line, C. M., Panta, G. R., and Rowland, L. J. 2002. Changes in dehydrin expression associated with cold, ABA and PEG treatments in blueberry cell cultures. *Plant Sci.* 162: 273-282.
- Rival, A., and Jaligot, E. 2010. Oil palm biotechnologies are definitely out of infancy. *O.C.L.* 17 (6): 368-374.
- Rodriguez, M., Canales, E., Borroto, C. J., Carmona, E., Lopez, J., Pujol, M., and Borrás-Hidalgo, O. 2006. Identification of genes induced upon water-deficit stress in a drought-tolerant rice cultivar. *J. Plant Physiol.* 163 (5): 577-584.
- Shivaraj, S. M., Deshmukh, R. K., Rai, R., Belanger, R., Agrawal, P. K., and Dash, P. K. 2017. Genome-wide identification, characterization, and expression profile of aquaporin gene family in Flax (*Linum usitatissimum*). *Sci. Rep.* 17 p.

- Sithtisarn, S., Harinasut, P., Pornbunlualap, S., and Cha-um, S. 2009. Accumulation of glycinebetaine and *betaine aldehyde dehydrogenase* activity in *Eucalyptus camaldulensis* clone T5 under *in vitro* salt stress. *Kasetsart J. (Nat Sci.)* 43 (5): 146-152.
- Sun, C. X., Cao, H. X., Shao, H. B., Lei, W. T., and Xiao, Y. 2011. Growth and physiological responses to water and nutrient stress in oil palm. *Afr. J. Biotech.* 10 (51): 10465-10471.
- Wang, F. W., Wang, M. L., Guo, C., Wang, N., Li, X. W., Chen, H., Dong, Y. Y., Chen, X. F., Wang, Z. M., and Li, H.Y. 2016. Cloning and characterization of a novel betaine aldehyde dehydrogenase gene from *Suaeda corniculata*. *Genet. Mol. Res.* 15 (2): 14.
- Yu, X., Bai, G., Liu, S., Luo, N., Wang, Y., Richmond, D. S., Pijut, P. M., Jackson, S. A., Yu, J., and Jiang, Y. 2013. Association of candidate genes with drought tolerance traits in diverse perennial ryegrass accessions. *J. Exp. Bot.* 64 (6): 1537-1551.
- Zhang, L., Gao, M., Hu, J., Zhang, X., Wang, K., and Ashraf, M. 2012. Modulation role of abscisic acid (ABA) on growth, water relations and glycine betaine metabolism in two maize (*Zea mays* L.) cultivars under drought stress. *Int. J. Mol. Sci.* 13: 3189-3202.

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

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 4 ต.ค. 61

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 7 พ.ย. 61

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการเป็นองค์กรอัจฉริยะของวิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่

Factors Related to Being a Smart Enterprise in the New Generation of Agricultural Community-based Enterprises

พัชราวดี ศรีบุญเรือง¹, สุทธิเทพ ศิริพิพัฒน์กุล² และภัทรพร ช้วยเมือง³
 Patcharavadee Sriboonruang¹, Sutitthep Siripattanakul² and Pattaraporn Chuymuang³

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ข้อมูลของผู้ดำเนินการวิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่ 2) ความคิดเห็นเกี่ยวกับองค์กรอัจฉริยะ 3) ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลของผู้ดำเนินงานวิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่กับความคิดเห็นเกี่ยวกับองค์กรอัจฉริยะ และ 4) ปัญหาและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการเป็นองค์กรอัจฉริยะของวิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่ กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้ดำเนินการวิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่ จำนวน 60 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลวิจัย คือ แบบสัมภาษณ์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทดสอบไคสแควร์ ผลการวิจัยพบว่า ผู้ดำเนินการวิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่ส่วนมากเป็นเพศหญิง อายุ 51 ปีขึ้นไป สถานภาพสมรส สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาหรือเทียบเท่า ผลการประเมินศักยภาพวิสาหกิจชุมชนอยู่ในระดับดี มีรายได้มากกว่า 300,000 บาท/ปี รายจ่ายน้อยกว่าหรือเท่ากับ 100,000 บาท/ปี มีประสบการณ์ในการดำเนินการวิสาหกิจชุมชน 1 ปี ภาพรวมความคิดเห็นของวิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่เกี่ยวกับองค์กรอัจฉริยะจัดอยู่ในระดับความคิดเห็นด้วยมากที่สุด (ค่าเฉลี่ยรวม 4.36) ผลการทดสอบสมมติฐานพบว่า รายได้เฉลี่ยมีความสัมพันธ์กับความคิดเห็นเกี่ยวกับองค์กรอัจฉริยะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ($p\text{-value}=0.046$) นอกจากนี้ ปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อการเป็นองค์กรอัจฉริยะของวิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่ คือ ปัญหาเรื่องความรู้ รองลงมาคือเรื่องเทคโนโลยี ข้อเสนอแนะจากการวิจัย ควรมีหน่วยงานภาครัฐและ/หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจัดสิ่งสนับสนุนความรู้และเทคโนโลยีให้แก่วิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่ เพื่อให้มีการสร้างองค์ความรู้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์และเกิดการรวมกลุ่มที่มีความสามารถในการแข่งขันได้ในอนาคต

คำสำคัญ: ปัจจัย องค์กรอัจฉริยะ วิสาหกิจชุมชน วิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่ เกษตรกร

Abstract

The objectives of the research were to study; 1) the operational practices of the new generational agricultural community-based enterprises, 2) opinions about smart agricultural community-based enterprises 3) the relationship between the operation of the new generational agricultural community-based enterprises and opinions about those enterprises and, 4) problems of and suggestions for new generational smart agricultural community-enterprises. The sample set consisted of 60 entrepreneurs who work in new generational agricultural community-based enterprises. Data were collected by interview, and were statistically analyzed using frequency, percentage, mean, standard deviation and Chi-square test. The results of the research revealed that almost all of the entrepreneurs were female, of age 51 years old and older, and were married. Further, most of them had completed secondary school or an equivalent, and their businesses were operating at a healthy level with income of more than 300,000 Baht/year, and expenses of less than or equal to 100,000 Baht/year. Most of them had been conducting their business for a year. The study of the overall opinion of entrepreneurs showed the high level (mean 4.36). Hypotheses testing revealed that average income was related to the opinion of the smart enterprise operators at the significance level of 0.05 ($p\text{-value} = 0.046$). Moreover, the results indicated that the main problems faced by the entrepreneurs who ran the new generational agricultural-based enterprises related to knowledge and technology. Finally, the suggestions of the study were that the government sector and/or related agencies should provide learning facilities and technology for the new-generational farmers to help them build up their knowledge base, to better develop new products, and to improve group cooperation in order to be more competitive in the future.

Keywords: factors, smart enterprise, community enterprise, new generational agriculture-based enterprise

¹ ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

² ภาควิชาเทคโนโลยีการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

³ กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

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

² Department of Education Technology, Faculty of Education, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

³ Department of Agricultural Extension, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Chatuchak, Bangkok 10900

*Corresponding author, Email: fagrpd@ku.ac.th, patch2161@gmail.com

คำนำ

แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564) ยึด “คนเป็นศูนย์กลางการพัฒนา” มุ่งสร้างคุณภาพชีวิตและสุขภาวะที่ดีสำหรับคนไทย พัฒนาคนให้มีความเป็นคนที่สมบูรณ์มีวินัย ใฝ่รู้ มีความรู้ มีทักษะ มีความคิดสร้างสรรค์ มีทัศนคติที่ดี มีความรับผิดชอบต่อสังคม มีจริยธรรมและคุณธรรม ยึด “หลักการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ ที่ลดความเหลื่อมล้ำและขับเคลื่อนการเจริญเติบโต จากการเพิ่มผลผลิตภาพการผลิตบนฐานของการใช้ภูมิปัญญาและนวัตกรรม” โดยมุ่งเน้นการนำความคิดสร้างสรรค์และการพัฒนานวัตกรรมเพื่อทำให้เกิดสิ่งใหม่ที่มีมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจ ทั้งในเรื่อง กระบวนการผลิต รูปแบบผลิตภัณฑ์ การบริการใหม่ ๆ การเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี รูปแบบการดำเนินธุรกิจ รวมถึงการใช้ นวัตกรรมสำหรับการพัฒนาสินค้าและบริการ ทั้งในระดับพื้นบ้านจนถึงระดับสูงซึ่งมีผลต่อคุณภาพชีวิตและความเป็นอยู่ของ ประชาชนในวงกว้าง (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2560)

นโยบายพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทย (ไทยแลนด์ 4.0) หรือ โมเดลพัฒนาเศรษฐกิจของรัฐบาล บวรวิสัยทัศน์ “มั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน” นำไปสู่เศรษฐกิจใหม่ โดยนำไปสู่ value-based economy หรือ เศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม โดยมีฐานคิดหลักคือ เปลี่ยนจากการผลิตสินค้า “โภคภัณฑ์” ไปสู่สินค้าเชิงนวัตกรรม เปลี่ยนจากการขับเคลื่อนประเทศด้วย ภาคอุตสาหกรรมไปสู่การขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยี ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม เปลี่ยนจากการเกษตรดั้งเดิมในปัจจุบัน ไปสู่การเกษตรสมัยใหม่ ที่เน้นการบริหารจัดการและเทคโนโลยี (smart farming) โดยเกษตรกรต้องรุ่งเรืองขึ้น และเกษตรกร เป็นผู้ประกอบการ โดยมุ่งเน้นการวิจัยในกลุ่มอาหาร เกษตร และเทคโนโลยีชีวภาพ เช่น การสร้างธุรกิจใหม่ (new startups) ด้านเทคโนโลยีเกษตรและเทคโนโลยีอาหาร เป็นต้น (สุวิทย์ เหมอินทรีย์, 2559) นอกจากนี้ Wriston (1992) ได้กล่าวไว้ว่า เศรษฐกิจยุคใหม่ไม่ใช่เพียงแค่เทคโนโลยีและเครือข่ายการสื่อสาร แต่สิ่งสำคัญคือความคิดของมนุษย์

การเล็งเห็นความสำคัญของเศรษฐกิจชุมชน ซึ่งเป็นพื้นฐานของการพัฒนาเศรษฐกิจแบบพอเพียง กระทรวงเกษตร และสหกรณ์ได้กำหนดยุทธศาสตร์การพัฒนากิจการเกษตรที่สำคัญตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 10 ซึ่งได้ให้ ความสำคัญกับชุมชนโดยการพัฒนาองค์ความรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อเป็นพื้นฐานและสร้างภูมิคุ้มกันในการพัฒนาเศรษฐกิจ เกษตรชุมชนอย่างยั่งยืน โดยใช้ขบวนการวิสาหกิจชุมชน ซึ่งวิสาหกิจชุมชนนี้ได้มีกฎหมายรองรับ คือ พระราชบัญญัติส่งเสริม วิสาหกิจชุมชน พ.ศ. 2548 มีเจตนารมณ์ในการพัฒนาวิสาหกิจชุมชนให้เป็นเศรษฐกิจชุมชนที่เข้มแข็ง ส่งเสริมความรู้ ภูมิปัญญาท้องถิ่น สร้างรายได้และพัฒนาตนเองไปสู่การเป็นผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมที่มีความพร้อม ในการแข่งขันทางการค้าในอนาคต (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2548)

วิสาหกิจชุมชนเป็นการรวมกลุ่มของเกษตรกรในการประกอบการเพื่อการจัดกร “ทุนของชุมชน” อย่างสร้างสรรค์ เพื่อการพึ่งตนเอง การประกอบกิจการชุมชนทั้งสินค้าและบริการเพื่อจัดหาทุนของชุมชน ทำการแปรรูปผลผลิตตามธรรมชาติ ที่มีอยู่ในชุมชนที่ไม่ได้มุ่งหวังกำไร เพื่อเป็นการสร้างรายได้ สร้างชุมชนให้เกิดความเข้มแข็ง ให้สังคมเกิดการเรียนรู้ สามารถ พึ่งพาตนเองได้ เพื่อพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม และการเรียนรู้ของชุมชน (เกษมพร พวงประยงค์, 2554) โดยในปี พ.ศ. 2558 กรมส่งเสริมการเกษตรได้จัดทำโครงการเสริมสร้างขีดความสามารถของวิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่ โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพเครือข่ายการผลิต การตลาด และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน มุ่งสู่ตลาดสากล สร้าง อัตลักษณ์เฉพาะแต่ละพื้นที่ รองรับความต้องการของตลาดในปัจจุบัน เพิ่มช่องทางการจำหน่ายและการตลาดให้แก่สินค้า และบริการ ซึ่งหากมีการนำการพัฒนาองค์การอัจฉริยะโดยมุ่งเน้นการเรียนรู้ให้มีการพัฒนาศักยภาพและขีดความสามารถของ คนทำงานอย่างสม่ำเสมอ โดยคำนึงถึงองค์กร ระบบงาน และคนทำงาน การพัฒนาองค์กรให้เป็นองค์กรอัจฉริยะได้นั้น ต้องมีกระบวนการบริหารที่มุ่งเน้นให้องค์กรและบุคลากรมีกระบวนการทำงานที่เต็มไปด้วยประสิทธิภาพ มีผลงานที่มีประสิทธิภาพ เชื่อมโยงกับการทำงานเป็นทีมเข้ากับกระบวนการเรียนรู้ ส่งเสริมให้เกิดบรรยากาศการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เพื่อให้เกิดศักยภาพ ของทีมงานในการพัฒนาผลิตภัณฑ์และการสร้างนวัตกรรม (บุญอนันต์ พินัยทรัพย์, 2552)

ทั้งนี้ การจะไปสู่องค์กรอัจฉริยะตามแนวคิดของ Wiig (1999) และบุญอนันต์ พินัยทรัพย์ (2552) ได้นั้น จะต้อง ประกอบด้วย 1) จุดเน้น 4 ประการ ได้แก่ การปฏิบัติงานที่ทันเวลาและแสดงศักยภาพขององค์กร การยึดการบริหารที่มี ความสัมพันธ์กับผู้บริหารทั้งภายในและภายนอกองค์กร การใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ และการมีนวัตกรรมที่สามารถ สร้างความสำเร็จต่อองค์กร 2) ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเป็นองค์กรอัจฉริยะ ได้แก่ ความรู้และทรัพยากรในองค์กร โอกาส ความมั่นคงของบุคลากร และแรงจูงใจ 3) สิ่งสำคัญที่ทำให้เป็นองค์กรอัจฉริยะ ได้แก่ การสร้างความคุ้นเคยใกล้ชิด การยอมรับ การเป็นผู้นำผลิตภัณฑ์ และการปฏิบัติงานอย่างเป็นเลิศ และ 4) ความสำเร็จขององค์กรทุกคนต้องปฏิบัติอย่างอัจฉริยะ ได้แก่ การเน้นประสิทธิภาพคนในองค์กร การเตรียมความพร้อมของคนในองค์กร การใช้กลยุทธ์ที่เหมาะสม การแก้ไขปัญหาอย่าง อัจฉริยะ และการตัดสินใจอย่างชัดเจน

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการเป็นองค์กรอัจฉริยะของวิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่ เพื่อนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาศักยภาพวิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่ของตนเองไปสู่การค้าเชิงพาณิชย์ ที่สามารถสร้างความมั่นคงและยั่งยืนต่อไปในอนาคตได้

วิธีการศึกษา

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ได้รวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) วิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่ ในพื้นที่เขต 2 ประกอบด้วย 4 จังหวัด ได้แก่ 1) สมุทรสงคราม 2) สมุทรสาคร 3) ฉะเชิงเทรา และ 4) นครปฐม จำนวนจังหวัดละ 15 คน รวม 60 คน เนื่องจากเป็นพื้นที่นำร่องในการศึกษาและเป็นกลุ่มที่ค่อนข้างมีศักยภาพในการดำเนินงาน ทั้งนี้วิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่อยู่ในระยะเริ่มต้นเพื่อขยายผลไปยังกลุ่มอื่น ๆ เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ แบบสอบถาม การทดสอบคุณภาพของเครื่องมือ ผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความตรง (validity) ของเครื่องมือและปรับปรุงแก้ไข จากนั้นได้นำแบบสอบถามไปทดลองใช้ (try out) จำนวน 30 ชุด กับกลุ่มที่ใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างแต่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง คือ วิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่ จ. จันทบุรี ทดสอบความเชื่อมั่นได้ (reliability) หาค่าสัมประสิทธิ์ตามวิธีของ Cronbach (Cronbach's Alpha Coefficient) โดยความคิดเห็นที่มีต่อองค์กรอัจฉริยะ ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.974 ซึ่งเป็นค่าที่สามารถนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลได้ (สุรินทร์ นิยมางกูร, 2553) จากนั้นจึงนำแบบสอบถามไปเก็บข้อมูลจริงในช่วงเดือนมีนาคม-เมษายน พ.ศ. 2561 จากนั้นนำแบบสอบถามไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบสมมติฐานโดยใช้สถิติ chi-square

แบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัยแบ่งเป็น 4 ตอน ได้แก่ 1) ข้อมูลของผู้ดำเนินการวิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่ 2) ความคิดเห็นเกี่ยวกับองค์กรอัจฉริยะของวิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่ 3) ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลของผู้ดำเนินการวิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่กับความคิดเห็นเกี่ยวกับองค์กรอัจฉริยะ และ 4) ปัญหาและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการเป็นองค์กรอัจฉริยะของวิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่

การแปลความหมายในส่วนของความคิดเห็นของวิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่เกี่ยวกับองค์กรอัจฉริยะ กำหนดการวัดแบบอันตรภาคชั้น (interval scale) (สุรินทร์ นิยมางกูร, 2553)

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนน	5	หมายถึง	มากที่สุด
คะแนน	4	หมายถึง	มาก
คะแนน	3	หมายถึง	ปานกลาง
คะแนน	2	หมายถึง	น้อย
คะแนน	1	หมายถึง	น้อยที่สุด

เกณฑ์การแปลผลความคิดเห็นแบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ

คะแนนเฉลี่ยระหว่าง	4.21 - 5.00	มีความเห็นด้วยมากที่สุด
คะแนนเฉลี่ยระหว่าง	3.41 - 4.20	มีความเห็นด้วยมาก
คะแนนเฉลี่ยระหว่าง	2.61 - 3.40	มีความเห็นด้วยปานกลาง
คะแนนเฉลี่ยระหว่าง	1.81 - 2.60	มีความเห็นด้วยน้อย
คะแนนเฉลี่ยระหว่าง	1.00 - 1.80	มีความเห็นด้วยน้อยที่สุด

โดยสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วย ค่าความถี่ (frequency) ค่าร้อยละ (percentage) ค่าเฉลี่ย (mean) ค่าต่ำสุด (minimum) ค่าสูงสุด (maximum) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) และค่า chi-square และกำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ทั้งนี้ ในส่วนของการหาค่า chi-square เพื่อให้การวิเคราะห์ค่าทางสถิติมีความน่าเชื่อถือ คือ ค่าความถี่ที่คาดว่าจะเป็น (expected count) ในแต่ละกลุ่มควรมีจำนวนไม่น้อยกว่า 5 หากมีการรวมกลุ่มกันแล้ว ยังมีกลุ่มที่มีความถี่ที่คาดว่าจะป็นค่าน้อยกว่า 5 จะอนุโลมให้ได้ไม่เกินร้อยละ 20 ของกลุ่มทั้งหมด (สุรินทร์ นิยมางกูร, 2553) ผู้วิจัยจึงแบ่งกลุ่มในส่วนของความคิดเห็นต่อองค์กรอัจฉริยะเป็น 2 ระดับ ได้แก่ มากที่สุด และมาก

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ข้อมูลของผู้ดำเนินการวิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่

ผู้ดำเนินการวิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่ส่วนมากเป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 61.7 อายุตั้งแต่ 51 ปีขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 35.0 สถานภาพสมรส คิดเป็นร้อยละ 66.7 ระดับการศึกษาสูงสุดอยู่ในระดับมัธยมศึกษาหรือเทียบเท่า คิดเป็นร้อยละ 46.7 ดำเนินกิจการด้านการผลิต คิดเป็นร้อยละ 96.7 ประเภทกิจการแปรรูปและผลิตภัณฑ์อื่น ๆ คิดเป็นร้อยละ 81.7 จำนวนสมาชิกในครอบครัว 4-6 คน คิดเป็นร้อยละ 38.3 ผลการประเมินศักยภาพอยู่ในระดับดี คิดเป็นร้อยละ 46.6 รายได้เฉลี่ยมากกว่า 300,000 บาท/ปี คิดเป็นร้อยละ 38.3 รายจ่ายเฉลี่ยน้อยกว่าหรือเท่ากับ 100,000 บาท/ปี คิดเป็นร้อยละ 40.0 ใช้แหล่งเงินทุนตนเอง คิดเป็นร้อยละ 80.0 ประสบการณ์ในการดำเนินการวิสาหกิจชุมชน 1 ปี คิดเป็นร้อยละ 36.7 สอดคล้องกับงานวิจัยของ จันทนา พงศ์สิทธิกาญจนา (2556) เรื่องตัวแบบการจัดการเพื่อการบริหารยุทธศาสตร์วิสาหกิจชุมชน จังหวัดนครปฐม ซึ่งพบว่า ผู้ดำเนินการวิสาหกิจชุมชนส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุเฉลี่ย 50 ปี สถานภาพสมรส

ความคิดเห็นเกี่ยวกับองค์กรอัจฉริยะของวิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่

ความคิดเห็นของวิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่เกี่ยวกับองค์กรอัจฉริยะ มีค่าเฉลี่ยรวม 4.36 จัดอยู่ในระดับความคิดเห็นมากที่สุด ในส่วนของจุดเน้น 4 ประการ (การปฏิบัติงานที่ทันเวลาและแสดงศักยภาพขององค์กร การยึดการบริหารที่มีความสัมพันธ์กับผู้บริโภคทั้งภายในและภายนอกองค์กร) การใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ และการมีนวัตกรรมที่สามารถสร้างความสำเร็จต่อองค์กร และปัจจัยที่ส่งต่อการเป็นองค์กรอัจฉริยะ มีค่าเฉลี่ย 4.38 จัดอยู่ในระดับความคิดเห็นมากที่สุด และสิ่งสำคัญที่ทำให้เป็นองค์กรอัจฉริยะ และความสำเร็จขององค์กรที่ทุกคนต้องปฏิบัติให้เป็นองค์กรอัจฉริยะ มีค่าเฉลี่ย 4.34 จัดอยู่ในระดับความคิดเห็นมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าวิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่เห็นด้วยกับการเป็นองค์กรอัจฉริยะ สอดคล้องกับแนวคิดวิถีสู่องค์กรอัจฉริยะ โดยการบริหารสู่องค์กรอัจฉริยะต้องอาศัยทุกคนในวิสาหกิจชุมชนที่ปฏิบัติงานอย่างเต็มใจและเต็มความสามารถอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ จนเกิดเป็นชุมชนที่ทำงานร่วมกันเป็นทีมและปฏิบัติงานอย่างมีประสิทธิภาพและสามารถตัดสินใจและแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับงานวิจัยของ วิจารย์ พานิช (2550) ที่เสนอกรอบแนวคิดการพัฒนางานองค์กรไปสู่องค์กรอัจฉริยะโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเป็นตัวช่วยต่อการจัดการความรู้ เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยในการพัฒนางานควบคู่ไปกับการดูดซับความรู้ สร้างความรู้ ใช้ความรู้ และยกระดับความรู้ ได้แก่ การจัดการเอกสาร คลังสารสนเทศเทคโนโลยีเพื่อการสื่อสารและการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ เทคโนโลยีเพื่อการค้นหาและการสร้างความรู้ และเทคโนโลยีเพื่อการจัดการคลังความรู้ ดัง Table 1

Table 1 Opinion of farmers toward intelligent enterprise of young smart farming community enterprises.

(n=60)			
The overall of opinion about intelligent enterprise	Mean	S.D.	Level of opinion
1. Four emphases factors include: on time process and potential of community enterprises, consumers management, usage of resources efficiency, and innovation	4.38	0.531	Very high
2. Factor affecting intelligent enterprise include: knowledge and resource, opportunity, and motivation	4.38	0.549	Very high
3. Important things toward intelligent enterprise include: familiar with others, appreciation, product leader, and best practice	4.34	0.530	Very high
4. Success things for everyone include: effective enterprises, readiness of staffs, appropriate strategies, solving problem, and decision making	4.34	0.575	Very high
Grand mean	4.36	0.499	Very high

ความสัมพันธ์ข้อมูลของผู้ดำเนินการวิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่กับความคิดเห็นเกี่ยวกับองค์กรอัจฉริยะ

จากการวิจัยพบว่า รายได้เฉลี่ยมีความสัมพันธ์กับความคิดเห็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ($p\text{-value}=0.046$) เนื่องจากการเป็นองค์กรอัจฉริยะอาจส่งผลให้มีรายได้เพิ่มขึ้น หรือช่วยลดรายจ่ายเพิ่มรายได้ให้แก่วิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่ โดยวิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่มีความสนใจหรือต้องการผลักดันให้วิสาหกิจชุมชนของตนเป็นองค์กรอัจฉริยะ อีกทั้งยังเป็นการสร้างแรงจูงใจ เพราะหากมีรายได้เพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อความเป็นอยู่ของสมาชิกในวิสาหกิจชุมชนด้วยเช่นกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ จันทนา พงศ์สิทธิกาญจนา (2556) ที่พบว่า การจัดการวิสาหกิจชุมชน ด้านการผลิต การจัดการด้านการตลาด การใช้ทรัพยากรกำลังคนอย่างประหยัดจะช่วยลดต้นทุนการผลิตและราคาจำหน่าย รวมถึงการแลกเปลี่ยนความรู้ ประสบการณ์ และภูมิปัญญาท้องถิ่น มีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกต่อการบรรลุนิเทศศาสตร์วิสาหกิจชุมชน จังหวัดนครปฐม มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน และภูมิปัญญาท้องถิ่น มีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกต่อการจัดการวิสาหกิจชุมชน ตามลำดับ อีกทั้งการจัดการทางการผลิตถือเป็นหัวใจสำคัญต่อการบรรลุนิเทศศาสตร์วิสาหกิจชุมชน อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ จิรพร มหาอินทร์ และคณะ (2554) ที่ศึกษาการดำเนินงานและการส่งเสริมศักยภาพของวิสาหกิจชุมชน พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลให้กลุ่มผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชนประสบผลสำเร็จคือ นโยบายของรัฐบาลที่เปิดโอกาสให้มีการสร้างงาน สร้างรายได้แก่คนในชุมชน และความร่วมมือขององค์กรในการร่วมคิด ร่วมวางแผน ร่วมปฏิบัติ ร่วมติดตามและประเมินผล ดัง Table 2

Table 2 The relationship between the operation of young smart farming community enterprise and the opinion of about intelligent enterprise.

(n=60)

Community enterprise information	Level of opinion		Total	χ^2	P-value
	Very high number (%)	High number (%)			
Gender					
Male	14 (60.9)	9 (39.1)	23 (100.0)	0.268 (ns)	0.604
Female	20 (54.1)	17 (45.9)	37 (100.0)		
Age					
20-42 years old	9 (47.4)	10 (52.6)	19 (100.0)	4.107 (ns)	0.128
43-50 years old	15 (75.0)	5 (25.0)	20 (100.0)		
More than 51 years old	10 (47.6)	11 (52.4)	21 (100.0)		
Marital status					
Single	7 (63.6)	4 (36.4)	11 (100.0)	0.867 (ns)	0.648
Married	21 (52.5)	19 (47.5)	40 (100.0)		
Divorce	6 (66.7)	3 (33.3)	9 (100.0)		
Educational level					
Primary school	2 (18.2)	9 (81.8)	12 (100.0)	4.926 (ns)	0.085
High school or equal	13 (32.5)	27 (67.5)	28 (100.0)		
Bachelor's degree or equal	4 (44.4)	5 (55.6)	20 (100.0)		

Table 2 (continued).

Community enterprise information	Level of opinion		Total	χ^2	P-value
	Very high number (%)	High number (%)			
Level of potential					
Good	15 (53.6)	13 (46.4)	28 (100.0)	0.725 (ns)	0.696
Moderate	14 (63.6)	8 (36.4)	22 (100.0)		
Fair	5 (50.0)	5 (50.0)	10 (100.0)		
Average income					
Less than or equal to 150,000 Baht/year	16 (76.2)	5 (23.8)	21 (100.0)	6.141*	0.046
150,001-300,000 Baht/year	9 (56.3)	7 (43.7)	16 (100.0)		
More than 300,000 Baht/year	9 (39.1)	14 (60.9)	23 (100.0)		
Average expense					
Less than or equal to 100,000 Baht/year	16 (66.7)	8 (33.3)	24 (100.0)	1.629 (ns)	0.443
100,001-200,000 Baht/year	10 (50.0)	10 (50.0)	20 (100.0)		
More than 200,000 Baht/year	8 (50.0)	8 (50.0)	16 (100.0)		
Experience in implementing community enterprise					
1 year	11 (50.0)	11 (50.0)	22 (100.0)	0.637 (ns)	0.727
2-3 years	12 (57.1)	9 (42.9)	21 (100.0)		
More than 3 years	11 (64.7)	6 (35.3)	17 (100.0)		

Ns = non-significant level at 0.05, * = significant level at 0.05.

ปัญหาและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการเป็นองค์กรอัจฉริยะของวิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่

ปัญหาในการเป็นองค์กรอัจฉริยะของวิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่ ส่วนมากเกิดจากเรื่องความรู้ คิดเป็นร้อยละ 26.56 รองลงมาคือ เรื่องเทคโนโลยี คิดเป็นร้อยละ 25.36 ซึ่งมีความจำเป็นอย่างยิ่งในยุคปัจจุบันที่เป็นยุค 4.0 หากวิสาหกิจชุมชนขาดความรู้และเทคโนโลยีก็อาจส่งผลกระทบต่อผลผลิตและการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อรายได้ของวิสาหกิจชุมชนที่ต้องแข่งขัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ จิรพร มหาอินทร์ และคณะ (2554) พบว่า ปัญหาการดำเนินงานของกลุ่มผู้ประกอบการกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผลิตภัณฑ์ผ้าและเครื่องแต่งกาย จังหวัดปทุมธานี ส่วนใหญ่เกิดจากผู้ประกอบการขาดความรู้และความชำนาญในการบริหารจัดการ การผลิตยังคงยึดภูมิปัญญาท้องถิ่น และสอดคล้องกับงานวิจัยของ จันทนา พงศ์สิทธิกาญจนา (2556) ที่พบว่า ปัจจัยด้านภูมิปัญญาท้องถิ่นมีองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดได้แก่ วิสาหกิจชุมชนที่มีการแลกเปลี่ยนความรู้ประสบการณ์ อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Schroeder et al. (1986) ที่กล่าวว่า การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์มีความสำคัญต่อการเพิ่มพูนทักษะความรู้ และความสามารถให้แก่บุคคลเพื่อที่จะทำงานในองค์กรได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล เพื่อให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงในปัจจุบัน

นอกจากนี้ วิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่ได้ให้ข้อเสนอแนะไว้ว่า การผลักดันให้วิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่เป็นองค์กร อัจฉริยะได้นั้น อาจต้องใช้เวลาในการพัฒนาค่อนข้างนาน เนื่องจากยังขาดความรู้และการสนับสนุนในหลายด้าน โดยวิสาหกิจ ชุมชนเกษตรรุ่นใหม่ต้องการให้มีการถ่ายทอดเทคโนโลยี ในประเด็นของการถนอมอาหาร ระบบสุญญากาศเพื่อรักษาคุณภาพ อาหาร การลดต้นทุน เทคโนโลยี มาตรฐานสมุนไพร อีกทั้งควรมีการรวมกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเพื่อให้สามารถจำหน่ายสินค้าเองได้ โดยไม่ต้องผ่านคนกลาง โดยมีรัฐบาลหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจัดนิทรรศการ/พื้นที่สำหรับจัดแสดงสินค้า โดยคิดค่าใช้จ่าย ในราคาไม่แพง รวมทั้งสนับสนุนโครงการของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนอย่างต่อเนื่อง และสิ่งสำคัญคือ การพัฒนาวิสาหกิจชุมชน อย่างต่อเนื่อง เนื่องจากการพัฒนาคนเป็นหัวใจสำคัญเพื่อสร้างความเข้มแข็งให้เป็นองค์กรอัจฉริยะ หรือพร้อมรับกับสถานการณ์ ที่เกิดขึ้นในปัจจุบันและการเปลี่ยนแปลงในอนาคต ดัง Figure 1

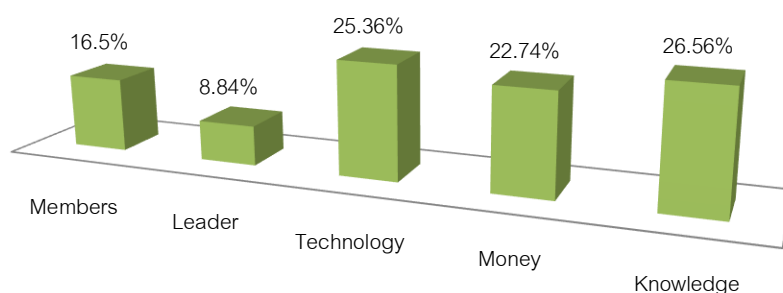


Figure 1 Problems and suggestions of young smart farming community enterprises.

สรุปผลการศึกษา

การส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพเครือข่ายการผลิต การตลาด และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันให้แก่กลุ่ม วิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่เพื่อให้เป็นองค์กรอัจฉริยะเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อให้สอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 และนโยบายพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทย (ไทยแลนด์ 4.0) บนวิสัยทัศน์ “มั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน” นำไปสู่ เศรษฐกิจใหม่ งานวิจัยชิ้นนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาเพื่อให้เป็นแนวทางในการพัฒนาวิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่ให้มุ่งสู่องค์กร อัจฉริยะ ซึ่งผลการศึกษาพบว่า ผู้ดำเนินการวิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่ส่วนมากเป็นเพศหญิง อายุตั้งแต่ 51 ปีขึ้นไป สถานภาพสมรส ระดับการศึกษาสูงสุดอยู่ในระดับมัธยมศึกษาหรือเทียบเท่า ดำเนินกิจการด้านการผลิต ประเภทกิจการแปรรูป และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ จำนวนสมาชิกในครอบครัว 4-6 คน ผลการประเมินศักยภาพอยู่ในระดับดี รายได้เฉลี่ย มากกว่า 300,000 บาท/ปี รายจ่ายเฉลี่ยน้อยกว่าหรือเท่ากับ 100,000 บาท/ปี ใช้แหล่งเงินทุนตนเอง ประสบการณ์ในการดำเนินการวิสาหกิจชุมชน 1 ปี

ความคิดเห็นของวิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่เกี่ยวกับองค์กรอัจฉริยะ มีเกี่ยวกับการเป็นองค์กรอัจฉริยะ อยู่ในระดับ ความคิดเห็นมากที่สุดในทุกด้าน รายได้เฉลี่ยมีความสัมพันธ์กับความคิดเห็นเกี่ยวกับการเป็นองค์กรอัจฉริยะ อย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ 0.05 ปัญหาในการเป็นองค์กรอัจฉริยะของวิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่ พบว่า วิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่ยังขาด ความรู้และเทคโนโลยี ในประเด็นของการถนอมอาหาร ระบบสุญญากาศเพื่อรักษาคุณภาพอาหาร การลดต้นทุน เทคโนโลยี มาตรฐานสมุนไพรมาช่วยสนับสนุนการผลิตและการดำเนินธุรกิจ

จากปัญหาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าวิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่เห็นด้วยกับการเป็นองค์กรอัจฉริยะ ซึ่งหากหน่วยงาน ที่เกี่ยวข้องนำข้อมูลไปใช้เป็นแนวทางในการสนับสนุนวิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่จะช่วยเพิ่มรายได้ให้แก่วิสาหกิจชุมชนเกษตร รุ่นใหม่ให้สามารถพึ่งพาตนเองและสามารถแข่งขันได้ในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

1. หน่วยงานภาครัฐและ/หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรให้ความรู้เกี่ยวกับการดำเนินธุรกิจ รวมทั้งสนับสนุนเกี่ยวกับเทคโนโลยีให้เข้ากับสถานการณ์ปัจจุบัน เพื่อให้วิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่สามารถพัฒนาตนเองเพื่อไปสู่องค์กรอัจฉริยะได้
2. หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น กรมส่งเสริมการเกษตร ควรเพิ่มบทบาทและให้ความสำคัญในการส่งเสริมวิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่ให้เป็นองค์กรอัจฉริยะ เพื่อพัฒนาวิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่ให้สามารถแข่งขันกับภาคเอกชนได้
3. ประเด็นของรายได้มีความสัมพันธ์กับความคิดเห็นต่อการเป็นองค์กรอัจฉริยะ ดังนั้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรส่งเสริมให้วิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่พัฒนาสินค้าและบริการให้มีรายได้เพิ่มมากขึ้น เพื่อจูงใจให้วิสาหกิจชุมชนเกษตรรุ่นใหม่หันมาพัฒนาหน่วยงานของตนให้มีความเข้มแข็งต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับทุนอุดหนุนวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (สวพ. มก.) ประจำปี 2560 ซึ่งเป็นทุนสนับสนุนนักวิจัยรุ่นใหม่

เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2548. พระราชบัญญัติส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน พ.ศ. 2548. กรุงเทพฯ: กองส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน กรมส่งเสริมการเกษตร.
- กษมาพร พวงประยงค์. 2554. แนวทางการพัฒนาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มการแปรรูปและผลิตภัณฑ์ จังหวัดสมุทรสงคราม. http://www.thapra.lib.su.ac.th/thesis/showthesis_th.asp?id=0000006943 (1 มิถุนายน 2561).
- จันทนา พงศ์สิทธิกาญจน์. 2556. ตัวแบบการจัดการเพื่อการบรรลุยุทธศาสตร์วิสาหกิจชุมชน จังหวัดนครปฐม. *วารสารดุสิตบัณฑิตทางสังคม* 3 (2): 8-21.
- จิรพร มหาอินทร์, อรุณี พึ่งวัฒนกุล, สุทินันท์ พงษ์คะเชนทร์ และขวัญฤทัย วงศ์คำแหงหาญ. 2554. การดำเนินงานและการส่งเสริมศักยภาพของวิสาหกิจชุมชน: กรณีศึกษา กลุ่มวิสาหกิจชุมชนผลิตภัณฑ์ผ้าและเครื่องแต่งงาน จังหวัดปทุมธานี. https://repository.rmutp.ac.th/bitstream/handle/123456789/1201/Bus_55_12.pdf?sequence=1&isAllowed=y (30 พฤษภาคม 2561).
- บุญอนันต์ พินัยทรัพย์. 2552. องค์การกับการจัดการความรู้: ศึกษาองค์การที่ประสบความสำเร็จในภาคธุรกิจ. *วารสารพัฒนบริหารศาสตร์* 49 (1) (พิเศษ): 127-156.
- วิจารณ์ พานิช. 2550. วิถีแห่งองค์กรอัจฉริยะ. <http://kmi.or.th/kmi-articles/prof-vicharn-panich/27-2010-04-05-0313-45.html> (30 พฤษภาคม 2561).
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2560. แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 http://www.nesdb.go.th/ewt_dl_link.php?nid=6422 (30 พฤษภาคม 2561).
- สุรินทร์ นิยมางกูร. 2553. การวิเคราะห์ข้อมูลตัวอย่างความพึงพอใจในสภาพความเป็นอยู่ปัจจุบันของเกษตรกรในชนบทแห่งหนึ่ง. น.177. กรุงเทพฯ: สถาบันคิด.
- สุวิทย์ เมษินทรีย์. 2559. นโยบายพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทย (ไทยแลนด์ 4.0). <http://www.sudpatapee.com/index.php/2014-08-15-15-18-27/item/176-4-0> (20 พฤษภาคม 2561).
- Schroeder, R. G., Anderson, J. C., and Clevenland, G. 1986. The content of manufacturing strategy: An empirical study. *Journal of Operations Management* 6 (4): 405-415.
- Wriston, W. 1992. *The Twilight of Sovereignty: How the Information Revolution in Transforming the World*. New York: Scribner.

วันรับบทความ (Received date) : 2 ก.ค. 61

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 19 ต.ค. 61

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 13 ธ.ค. 61

การประเมินผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรในอ้อยตอภายใต้สภาพการปลูกอ้อยข้ามแล้ง

โดยอาศัยน้ำฝนของพันธุ์อ้อยดีเด่น 16 พันธุ์

Evaluation of Cane Yield and Agronomic Traits of Ratoon Crops Grown in a Drought Period of 16 Rainfed Advanced Sugarcane Clones

เสวตฉัตร เศษโต¹ พัทชริน สงศรี^{1,2*} นันทวุฒิ จงรังกลาง^{1,2} และประสิทธิ์ ใจคิด²
Sawettachat Set-tow¹, Patcharin Songsri^{1,2*}, Nuntawoot Jongrunklang^{1,2} and Prasit Jaisil²

บทคัดย่อ

ความสามารถในการไว้ตอหรือการให้ผลผลิตของอ้อยตอในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยเหนือมักไม่เป็นไปตามศักยภาพของพันธุ์ สาเหตุอาจเนื่องมาจากความแห้งแล้งและพันธุ์ที่ใช้ไม่เหมาะสมกับพื้นที่ปลูก ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรของพันธุ์อ้อยดีเด่น 16 พันธุ์ในอ้อยตอภายใต้สภาพอาศัยน้ำฝน และหาความสัมพันธ์ระหว่างการให้ผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรภายใต้สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ ทดสอบพันธุ์อ้อยจำนวน 16 พันธุ์ ปลูกทดสอบพันธุ์ใน 2 พื้นที่คือ อ. หนองแสง จ. อุตรดิตถ์ (ดินร่วนปนทราย) และ อ. กุฉินารายณ์ จ. กาฬสินธุ์ (ดินทราย) ที่อายุ 12 เดือนหลังแต่งต่อ ตรวจวัดข้อมูลผลผลิตอ้อย ค่า ซี.ซี.เอส. จำนวนลำต่อไร่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำ และความยาวลำ พบว่า ทุกลักษณะที่ตรวจวัดมีความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบอิทธิพลของสภาพแวดล้อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในลักษณะจำนวนลำ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำ และผลผลิตอ้อย รวมทั้งมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และสภาพแวดล้อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อ้อยพันธุ์ KK3 เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงในอ้อยตอทั้งในพื้นที่สภาพดินร่วนปนทรายและสภาพดินทราย ส่วนพันธุ์อ้อยที่มีผลผลิตดีเฉพาะในดินทรายได้แก่ พันธุ์ CSB06-4-162 และ MPT02-458 ในขณะที่พันธุ์ KK06-501, 91-2-527, MPT03-166, RT2004-085 และ LK92-11 มีผลผลิตของอ้อยตอดีในดินร่วนปนทราย นอกจากนี้ ลักษณะทางการเกษตร เช่น จำนวนลำต่อไร่ ความยาวลำ มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลผลิตอ้อย ดังนั้นลักษณะเหล่านี้มีส่วนส่งเสริมให้อ้อยตอมีผลผลิตในสภาพอาศัยน้ำฝนภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้

คำสำคัญ: องค์ประกอบผลผลิต จำนวนลำ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำ ค่า ซี.ซี.เอส. การคัดเลือกพันธุ์

Abstract

The ratooning ability or cane yield of ratoon crops in the Northeast of Thailand is relatively low compared to the potential for the variety. This may be due to the prevailing drought conditions or due to the unsuitability of the varieties of sugarcane under plant. The objectives of this study were to evaluate the yield and agronomic traits of 16 advanced sugarcane clones that were ratoon-cropped during a drought period (and whose only source of water was rainfall) and to investigate the relationship between the yield and agronomic traits under different conditions. The field experiments were conducted in Nong Saeng district, Udon Thani province (sandy loam soil) and Kuchinarai district, Kalasin province (sandy soil). A randomized complete block design with 4 replications and 16 advanced sugarcane clones were used. The crops were harvested at 12 months and evaluated for yield, C.C.S., and various agronomic traits (millable cane, stalk diameter and stalk length). The sugarcane varieties showed significantly different traits, and environment was also significantly connected with variations in millable cane, stalk diameter, stalk length and cane yield. Furthermore, the interaction of genotype and location had significant influence on cane yield, C.C.S., millable cane, stalk diameter and stalk length. The sugarcane genotype KK3 showed high cane yield when grown in both sandy loam soil (Udon Thani) and sandy soil (Kalasin). Whereas the CSB06-4-162 and MPT02-458 types showed high yield when grown in sandy soil, the KK06-501, 91-2-527, MPT03-166, RT2004-085 and LK92-11 types showed high yield when grown in sandy loam soil. In addition, the agronomic traits, such as millable cane and stalk length, were positively correlated with ratoon crop yield. Therefore, based on the results, it can be concluded that the factors discussed above contribute to the ratooning ability or cane yield of ratoon for rain-fed sugar cane grown under drought conditions in the Northeast region of Thailand.

Keywords: yield component, stalk length, stalk diameter, C.C.S., varietal selection

¹ สาขาวิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ. เมือง จ. ขอนแก่น 40002

² ศูนย์วิจัยอ้อยและน้ำตาลภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ. เมือง จ. ขอนแก่น 40002

¹ Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Muang, Khon Kaen 40002

² Northeast Thailand Cane and Sugar Research Center, Khon Kaen University, Muang, Khon Kaen 40002

*Corresponding author, Email: patcharinso@kku.ac.th

คำนำ

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมน้ำตาลและอุตสาหกรรมต่อเนื่องต่าง ๆ ของโลก อีกทั้งยังเป็นพืชที่สร้างอาชีพและรายได้ให้กับประเทศไทยหลายแสนล้านบาท ปัจจุบันประเทศไทยมีการขยายโรงงานน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น รวมทั้งเกษตรกรเริ่มเปลี่ยนพื้นที่ปลูกพืชไปสู่การปลูกอ้อยโรงงาน มันสำปะหลัง ปาล์มน้ำมัน และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มากขึ้น ในปีการเพาะปลูก 2560/61 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งหมด 10.9 ล้านไร่ มีผลผลิตอ้อย 134 ล้านตัน โดยพื้นที่ผลิตอ้อยส่วนใหญ่อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือคิดเป็นร้อยละ 43.23 ของพื้นที่ปลูกอ้อยรวมทั้งประเทศ (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2560) แม้ว่าการผลิตอ้อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะเพิ่มขึ้น แต่ในขณะเดียวกันก็พบว่ามีความเสี่ยงต่อภัยแล้งและความสามารถในการไว้ต่อตำเมื่อเทียบกับศักยภาพของพันธุ์อ้อยที่ใช้ปลูก

การปลูกอ้อยของภาคตะวันออกเฉียงเหนือประสบปัญหาผลกระทบจากความแห้งแล้ง เนื่องจากพื้นที่ปลูกบริเวณนี้ร้อยละ 98.5 อาศัยน้ำฝนเป็นหลัก (สุทธพล วุ่นประเสริฐ และธีรยุทธ เกิดไทย, 2558) การกระจายตัวของฝนในพื้นที่ไม่สม่ำเสมอ และมีความแปรปรวนสูง (Limpinuntana, 2001) รวมทั้งสภาพดินที่เป็นดินทรายจัด มีความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ และสูญเสียความชื้นได้ง่าย (Venkataramana et al., 1986) เกษตรกรส่วนใหญ่ปลูกอ้อยปลายฤดูฝน เริ่มตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายนหรือก่อนความชื้นดินจะหมดจึงทำให้อ้อยมีโอกาสเสี่ยงสูงต่อการขาดน้ำ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อเจริญเติบโตและผลผลิต (Silva et al., 2012) การกระทบแล้งสามารถทำให้ผลผลิตอ้อยลดลงได้ถึง 60 เปอร์เซ็นต์ (Robertson et al., 1999) ความแห้งแล้งจึงเป็นข้อจำกัดที่สำคัญที่จำกัดการให้ผลผลิตอ้อย (Ishaq and Olaoye, 2008) รวมทั้งส่งผลให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำ ความสูง และผลผลิตน้ำตาลในอ้อยลดลง (Hagos et al., 2014) กระทั่งต่อระบบการปลูกอ้อยทำให้ไม่คุ้มค่าต่อการไว้ต่อ เกษตรกรจำเป็นต้องปลูกอ้อยใหม่ทุก 1 ถึง 2 ปี ผลที่ตามมาคือต้นทุนการผลิตอ้อยเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากการไถส่วนใหญ่ในระบบการผลิตอ้อยมาจากอ้อยต่อ

แนวทางหนึ่งที่สามารถช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้อย่างยั่งยืนคือการพัฒนาพันธุ์อ้อยให้มีความทนทานต่อความแห้งแล้ง มีความสามารถด้านการไว้ต่อดี และยังคงรักษาผลผลิตไว้ได้เมื่อปลูกในพื้นที่ที่มีสภาพดินที่แตกต่างกัน และมีน้ำจำกัดในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้เพื่อประเมินผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรของพันธุ์อ้อยดีเด่น 16 พันธุ์ในอ้อยต่อเขตอาศัยน้ำฝน และหาความสัมพันธ์ระหว่างการให้ผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรภายใต้สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

วิธีการศึกษา

ดำเนินการทดลองในสภาพไร่ ในฤดูปลูกปี 2558/2559 (อ้อยต่อ) ณ ต. นาเหล่า อ. หนองแสง จ. อุตรดิตถ์ พิกัดละติจูด $16^{\circ}32'18''$ เหนือ ลองจิจูด $104^{\circ} 3' 18''$ ตะวันออก ดินเป็นดินร่วนปนทราย (ดินทราย 70.0 เปอร์เซ็นต์ ดินร่วน 19.7 เปอร์เซ็นต์ และดินเหนียว 10.3 เปอร์เซ็นต์) ค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.91 ค่าการนำไฟฟ้า 0.048 เดซิซีเมนต่อเมตร ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน 1.01 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (ต่ำกว่า 1.5 เปอร์เซ็นต์) (ณรงค์ ตรีสุวรรณ, 2544) มีไนโตรเจน 0.30 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 17.22 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียม 81.12 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และที่ ต. เหล่าใหญ่ อ. กุฉินารายณ์ จ. กาฬสินธุ์ พิกัด ละติจูด $17^{\circ}10'3''$ เหนือ ลองจิจูด $102^{\circ} 46' 30''$ ตะวันออก ดินเป็นดินทราย (ดินทราย 89.7 เปอร์เซ็นต์ ดินร่วน 9.3 เปอร์เซ็นต์ และดินเหนียว 1.0 เปอร์เซ็นต์) ค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.72 ค่าการนำไฟฟ้า 0.04 เดซิซีเมนต่อเมตร ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเท่ากับ 0.59 เปอร์เซ็นต์ จัดอยู่ในกลุ่มดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีไนโตรเจน 0.01 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียม 16 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

แผนการทดลอง

ใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ โดยใช้พันธุ์อ้อยดีเด่นที่รวบรวมจากแหล่งต่าง ๆ ทั่วประเทศจำนวน 16 พันธุ์ ดังนี้ จากศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ได้แก่ KK06-501, KK07-478 และ KK3 จากกรมวิชาการเกษตร ได้แก่ NSUT08-22-3-13 และ RT2004-085 จากสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย ได้แก่ CSB06-2-15, CSB06-2-21, CSB06-4-162, CSB06-5-20 และ LK92-11 จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน ได้แก่ TBy27-1385, TBy28-0348 และ Kps01-12 จากบริษัท มิตรผลวิจัย พัฒนาอ้อยและน้ำตาล จำกัด ได้แก่ MPT02-458 และ MPT03-166 จากศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี คือ 91-2-527 เป็นพันธุ์ทดสอบ โดยมีพันธุ์ LK92-11, Kps01-12 และ KK3 เป็นพันธุ์ตรวจสอบ

การจัดการแปลงทดลอง

การทดลองนี้เป็นการประเมินผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรในอ้อยต่อภายใต้สภาพการปลูกโดยอาศัยน้ำฝน โดยดำเนินการทดลองในช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2558 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2559 ขนาดแปลงย่อย 6 x 8 เมตร (จำนวน 4 แถว) ใช้ระยะปลูก 1.5 x 0.5 เมตร หลังจากแต่งตอแล้วใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ในอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ 2 ครั้ง ครั้งแรกหลังจากแต่งตอ 1 สัปดาห์ และครั้งที่ 2 เมื่ออ้อยอายุ 5 เดือนหลังแต่งตอ กำจัดวัชพืชโดยใช้แรงงานดายหญ้าในช่วง 4 เดือนหลังแต่งตอ จากนั้นใช้สารพาราควอตฉีดพ่นในอัตรา 400 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 60 ลิตร กำจัดวัชพืชเมื่ออายุ 6 เดือนหลังแต่งตอ

ข้อมูลที่ตรวจวัด

ข้อมูลฟ้าอากาศและความชื้นในดิน

- ข้อมูลฟ้าอากาศรายวัน เช่น อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และปริมาณน้ำฝน โดยใช้ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาของสถานีตรวจอากาศที่อยู่ใกล้แปลงทดลองมากที่สุด ที่ จ. อุตรดิตถ์ ใช้ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยา ต. หนองขอนกว้าง อ. เมืองอุตรดิตถ์ จ. อุตรดิตถ์ ส่วน จ. กาฬสินธุ์ ใช้ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยา อ. กมลาไสย จ. กาฬสินธุ์

- ข้อมูลความชื้นในดิน ตรวจวัดด้วยวิธี gravimetric method ที่ระดับความลึก 6 ระดับ ได้แก่ 0-15, 15-30, 30-45, 45-60, 60-75 และ 75-90 เซนติเมตร โดยเก็บข้อมูลที่อายุ 4, 6 และ 8 เดือนหลังแต่งตอ แล้วคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ความชื้นดินโดยน้ำหนัก ระหว่างน้ำหนักดินที่เก็บจากแปลง (น้ำหนักดินเปียก) และน้ำหนักดินอบแห้งที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ตามสูตรดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้นดิน} = [(\text{น้ำหนักดินเปียก} - \text{น้ำหนักดินอบแห้ง}) / (\text{น้ำหนักดินอบแห้ง})] \times 100$$

ข้อมูลพืช

- ข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความงอกที่อายุ 45 วัน โดยนับหน่อที่งอกโผล่พ้นดินหลังแต่งตอ จาก 2 แถวกลาง แล้วคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ความงอก ตามสูตรดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความงอก} = (\text{จำนวนกออ้อยที่มีหน่ออกในอ้อยตอ} / \text{จำนวนกอที่ตัดเก็บเกี่ยวในอ้อยปลูก}) \times 100$$

- ข้อมูลผลผลิตของอ้อยตอที่อายุ 12 เดือน โดยนับจำนวนลำทั้งหมด (ลำต่อไร่) จาก 2 แถวกลาง ในพื้นที่เก็บเกี่ยว 24 ตารางเมตร และตัดอ้อยซึ่งน้ำหนักรวม แล้วคำนวณผลผลิตอ้อยเป็นตันต่อไร่

- ลักษณะทางการเกษตร ได้แก่ ความยาวลำ (เซนติเมตร) วัดจากโคนจนถึงจุดหักธรรมชาติโดยใช้ตลับเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำ (มิลลิเมตร) วัดด้วยเวอร์เนียที่ตำแหน่งโคน กลาง และปลาย โดยทั้งสองลักษณะสุ่มวัดจาก 8 ลำต่อแปลงย่อย แล้วหาค่าเฉลี่ย

- ค่า ซี.ซี.เอส สุ่มเก็บตัวอย่างจากแปลงย่อย แปลงละ 8 ลำ จากนั้นนำตัวอย่างส่งไปตรวจวัดค่า ซี.ซี.เอส ที่ห้องปฏิบัติการของศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น

- ผลผลิตสัมพัทธ์ (relative yield) หรือเปอร์เซ็นต์การเปรียบเทียบกับพันธุ์ตรวจสอบ คำนวณจากสูตรดังนี้

$$\text{ผลผลิตสัมพัทธ์ (relative yield)} = (\text{ผลผลิตพันธุ์ทดสอบ} / \text{ผลผลิตพันธุ์ตรวจสอบ}) \times 100$$

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) ในแต่ละสถานที่ และทดสอบ homogeneity of error variance ของทั้ง 2 สถานที่ โดยวิธี Bartlett's Test (Little and Hills, 1978) ก่อนที่จะวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม (combine analysis) ของลักษณะทั้งหมดที่ตรวจวัดของทั้ง 2 สถานที่ หลังจากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ MSTAT-C และหาสหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson correlation) ระหว่างการให้ผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ Statistix 10

ผลการศึกษาและวิจารณ์

สภาพอากาศและความชื้นดิน

จังหวัดอุดรธานี อ้อยต่อมีปริมาณน้ำฝนรวมตลอดฤดูปลูก 1,220.9 มิลลิเมตรต่อปี (Figure 1a) ในช่วง 4 เดือนครึ่ง (120 วันหลังแต่งตอ) เป็นระยะที่อ้อยแตกกอ ระยะนี้มีปริมาณน้ำฝนน้อยทำให้อ้อยประสบกับความแห้งแล้งในช่วงต้นของการเจริญเติบโต เมื่อเข้าสู่เดือนที่ 5 (150 วันหลังแต่งตอ) อ้อยได้รับน้ำอย่างสม่ำเสมอถึงเดือนที่ 10 (300 วันหลังแต่งตอ) ปริมาณน้ำฝนสูงสุด 35 มิลลิเมตร อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด 22.6 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด 33.4 องศาเซลเซียส มีความชื้นในดินเฉลี่ย 4, 6 และ 8 เดือนหลังแต่งตอ 7.8, 11.9 และ 12.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Figure 2)

จังหวัดกาฬสินธุ์ อ้อยต่อมีปริมาณน้ำฝนรวมตลอดฤดูปลูก 998.0 มิลลิเมตรต่อปี (Figure 1b) ในช่วง 4 เดือน (120 วันหลังแต่งตอ) เป็นระยะที่อ้อยแตกกอ ระยะนี้มีปริมาณน้ำฝนน้อยและไม่สม่ำเสมอทำให้อ้อยประสบกับความแห้งแล้งในช่วงต้นของการเจริญเติบโต และมีปริมาณน้ำฝนช่วงเดือนที่ 5 ถึง เดือนที่ 7 (150 ถึง 210 วันหลังแต่งตอ) ฝนทิ้งช่วงอีกครั้งเมื่อย่างเข้าเดือนที่ 8 (240 วันหลังแต่งตอ) หลังจากนั้นเริ่มมีปริมาณน้ำฝนอีกครั้งตั้งแต่เดือนที่ 8 ถึง เดือนที่ 10 (240 ถึง 300 วันหลังแต่งตอ) อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด 22.6 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด 33.4 องศาเซลเซียส มีความชื้นในดินเฉลี่ย 4, 6 และ 8 เดือนหลังแต่งตอ 6.8, 10.3 และ 10.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Figure 2) เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำฝนของทั้งสองแปลงพบว่า ปริมาณน้ำฝนที่จังหวัดอุดรธานีสูงกว่าจังหวัดกาฬสินธุ์ ส่งผลให้ความชื้นดินจังหวัดกาฬสินธุ์ต่ำกว่าจังหวัดอุดรธานีทั้งสามระยะ (4, 6 และ 8 เดือนหลังแต่งตอ)

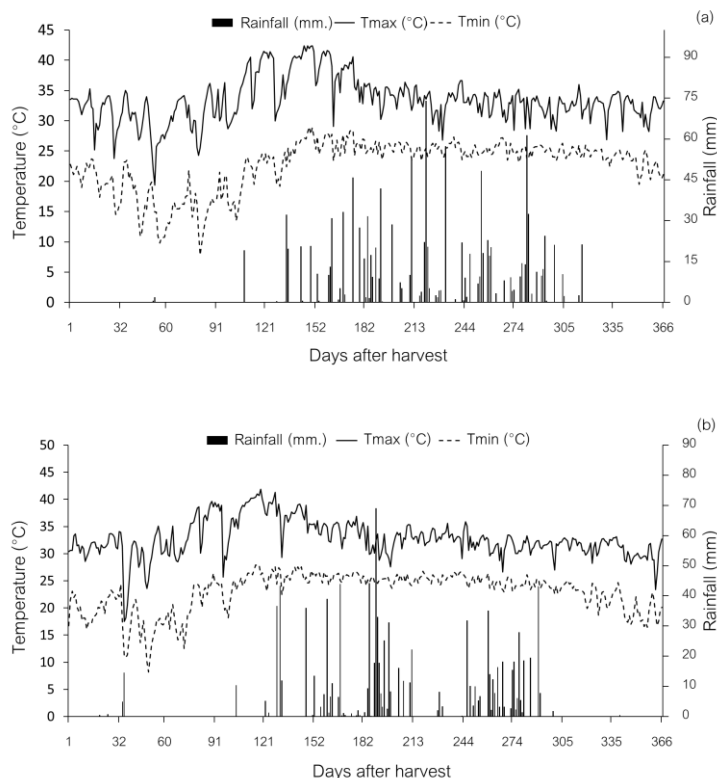


Figure 1 Rainfall, minimum and maximum temperature of ratoon crop at Udon Thani province (a) and Kalasin province (b) during 2015 to 2016.

ปริมาณน้ำฝนรายวันของทั้ง 2 สถานที่ ชี้ให้เห็นว่าในช่วงปลายปี 2558 จนถึงต้นปี 2559 รวมระยะเวลาประมาณ 4-5 เดือนหลังแต่งตอ ซึ่งอ้อยอยู่ในระยะแตกกอ เป็นช่วงที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยเนื่องจากเป็นช่วงฤดูแล้ง ทำให้อ้อยได้รับผลกระทบจากการขาดน้ำในช่วงต้นการเจริญเติบโต ซึ่งสอดคล้องกับความชื้นที่ตรวจวัดที่อายุ 4 เดือนหลังแต่งตอ และเมื่อเข้าสู่เดือนที่ 6 เริ่มมีวันที่ฝนตกเพิ่มขึ้นทำให้อ้อยรับน้ำในช่วงปลายของระยะแตกกอ ที่จังหวัดอุดรธานีมีความชื้นดินสูงกว่าจังหวัดกาฬสินธุ์ทั้งสามช่วงอายุคือ 4, 6 และ 8 เดือนหลังแต่งตอ (Figure 2) ซึ่งอาจเกิดจากปริมาณน้ำฝนและชนิดของดินที่แตกต่างกัน โดยที่ดินทรายจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำ (soil holding capacity) หรือความจุที่ระดับสนาม (field capacity) ที่ต่ำกว่าดินร่วนปนทราย

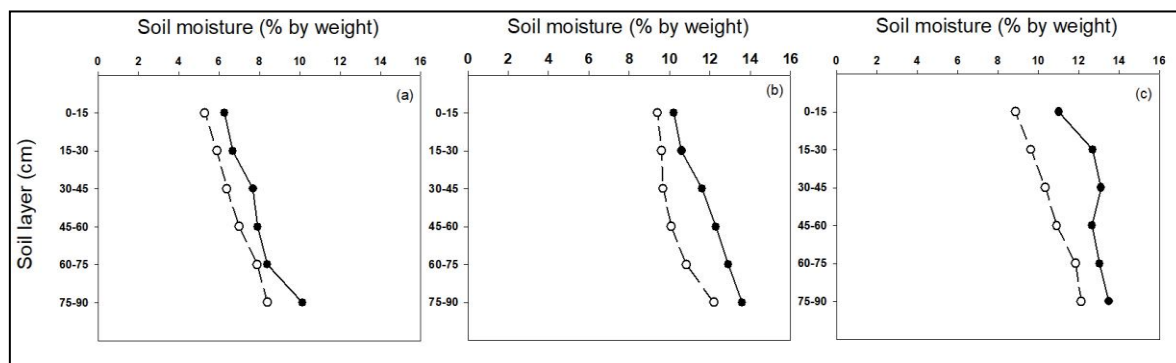


Figure 2 Soil moisture content at Udon Thani province (●) and Kalasin province (○) measured at 0-15, 15- 30, 30-45, 45-60, 60-75 and 75-90 cm of soil depth at 4 (a), 6 (b) and 8 (c) months in ratoon crop during 2015 to 2016.

การตอบสนองของพันธุ์และสภาพแวดล้อม

การวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมของแปลงย่อยต่อภายใต้สภาพอาศัยน้ำฝนทั้ง 2 พื้นที่ พบว่าสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อลักษณะจำนวนลำ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำ ความยาวลำ ผลผลิตอ้อย และเปอร์เซ็นต์ความงอกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ยกเว้นค่า ซี.ซี.เอส. ที่ไม่พบอิทธิพลของสภาพแวดล้อม ในขณะที่อ้อยทั้ง 16 พันธุ์ มีการตอบสนองในลักษณะผลผลิตจำนวนลำต่อไร่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำ ความยาวลำ ผลผลิตอ้อย ค่า ซี.ซี.เอส. และเปอร์เซ็นต์ความงอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่ามีการปฏิสัมพันธ์ระหว่างสภาพแวดล้อมและพันธุ์อ้อยในทุกลักษณะ (Table 1)

Table 1 Mean squares from combined analysis of millable cane, stalk diameter, stalk length, cane yield, C.C.S. and germination percentage at 12 months in ratoon crop of 16 sugarcane advance clones grown under rainfed conditions at Udon Thani province and Kalasin province during 2015 to 2016.

Source of variation	DF	Millable cane (stalk/rai)	Stalk diameter (mm)	Stalk length (cm)	Cane yield (ton/rai)	C.C.S.	Germination percentage
Location (L)	1	7476x10 ⁵ **	1246 **	2079x10 ² **	1150 **	0.23	3812.76 **
Rep. within L	6	2931x10 ²	5.43	269	1.01	0.79	30.71
Genotypes (G)	15	4162x10 ³ **	12.61 **	2114 **	5.08 **	10.18 **	200.88 **
G x L	15	3237x10 ³ **	5.14 **	471 *	4.77 **	5.78 **	201.63 **
Pool error	90	2458x10 ²	1.84	236	0.41	0.44	22.69
C.V. (%)		8.51	5.52	8.12	11.14	5.03	8.47

** , * = Significant at 0.01 and 0.05 probability levels, respectively.

ความแปรปรวนของผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรของอ้อยต่อ

ผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรของอ้อยต่อในพื้นที่ดินร่วนปนทราย (จังหวัดอุดรธานี)

พันธุ์ที่ให้ผลผลิตอ้อยต่อสูงในจังหวัดอุดรธานี ได้แก่ พันธุ์ MPT03-166, RT2004-085, KK06-501, KK3, 91-2-527 และ LK92-11 (Table 2) พันธุ์ที่มีค่า ซี.ซี.เอส. สูง ได้แก่ พันธุ์ NSUT08-22-3-13, RT2004-085, MPT02-458, LK92-11 และ KK3 พันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูง ได้แก่ พันธุ์ TBy27-1385, KK3, MPT02-458, CSB06-5-20, KK06-501, LK92-11 และ CSB06-4-162 ขณะเดียวกันในด้านลักษณะทางการเกษตร พบว่า พันธุ์ MPT03-166, RT2004-085, KK06-501, KK3, 91-2-527, LK92-11 และ TBy28-0348 มีจำนวนลำต่อไร่สูงไม่แตกต่างกันทางสถิติจากพันธุ์ KK3 และ LK92-11 ซึ่งเป็นพันธุ์ตรวจสอบ (Table 3) ลักษณะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำ พันธุ์ CSB06-2-15, MPT03-166 และ RT2004-085 มีค่าสูงกว่าพันธุ์ตรวจสอบ ส่วนพันธุ์ RT2004-085, KK06-501, Kps01-12, CSB06-4-162, MPT02-458, KK3, KK07-478, LK92-11, CSB06-5-20, 91-2-527 และ TBy28-0348 มีความดีเด่นในลักษณะความยาวลำที่สูง

ผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรของอ้อยโตในพื้นที่ดินทราย (จังหวัดกาฬสินธุ์)

การทดสอบผลผลิตในอ้อยโต พบว่า อ้อยพันธุ์ CSB06-4-162, MPT02-458 และ KK3 เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตอ้อยและค่า ซี.ซี.เอส. สูงทั้งสองลักษณะ (Table 2) ส่วนพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูง ได้แก่ พันธุ์ CSB06-4-162, KK3, CSB06-2-21 และ RT2004-085 ในขณะที่ลักษณะทางการเกษตร พบว่า พันธุ์ CSB06-4-162 มีจำนวนลำต่อไร่สูงสุดซึ่งแตกต่างจากพันธุ์ที่ตรวจสอบทั้ง 3 พันธุ์ (Table 3) ส่วนพันธุ์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำสูง คือ CSB06-4-162, RT2004-085, Kps01-12, MPT02-458, 91-2-527, TBy28-0348, KK3, CSB06-2-15, KK06-501 และ MPT03-166 นอกเหนือจากนี้พันธุ์ 91-2-527, MPT02-458, CSB06-4-162 และ KK3 เป็นพันธุ์ที่มีความดีเด่นในลักษณะความยาวลำที่สูง

จากการพิจารณาข้อมูลทั้ง 2 สถานที่ ซึ่งมีความแตกต่างกันทั้งด้านสภาพฟ้าอากาศและสภาพคุณสมบัติดิน พบว่าพันธุ์ KK3 เป็นพันธุ์ที่มีการปรับตัวได้ดีกว่าพันธุ์อื่น โดยเฉพาะด้านความยาวลำ เปอร์เซ็นต์ความงอก และค่า ซี.ซี.เอส. ส่วนจำนวนลำต่อไร่และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำมีความโดดเด่นในพื้นที่ดินร่วนปนทราย และดินทราย ตามลำดับ

Table 2 Cane yield, C.C.S. and germination percentage of 16 sugarcane advance clones in ratoon crop at Udon Thani province and Kalasin province during 2015 to 2016.

Variety	Cane yield (ton/rai)		C.C.S.		Germination percentage	
	Udon Thani	Kalasin	Udon Thani	Kalasin	Udon Thani	Kalasin
KK06-501	10.70 ab	1.10 g	13.10 de	15.00 a	68.80 abc	40.00 ef
KK07-478	9.00 cde	1.90 ef	13.87 b-e	9.67 f	64.47 bcd	48.00 cde
NSUT08-22-3-13	6.23 g	1.93 ef	15.37 a	14.67 ab	57.33 efg	44.67 def
RT2004-085	10.83 ab	2.47 cd	15.20 a	11.00 e	60.67 def	58.33 abc
CSB06-2-15	7.23 fg	1.50 fg	11.03 fg	12.00 de	59.17 d-g	52.00 bcd
CSB06-2-21	6.40 g	2.97 b	11.37 f	13.00 cd	49.33 h	60.00 ab
CSB06-4-162	9.17 cde	4.13 a	13.63 cde	15.33 a	67.70 abc	63.33 a
CSB06-5-20	9.50 b-e	1.17 g	12.87 e	13.67 bc	69.53 ab	42.33 def
TBy27-1385	9.43 b-e	1.67 ef	11.67 f	12.00 de	73.63 a	48.00 cde
TBy28-0348	9.50 b-e	1.77 ef	13.23 de	13.33 c	54.87 fgh	39.33 ef
MPT02-458	8.33 ef	3.90 a	15.03 ab	15.33 a	71.27 ab	52.33 bcd
MPT03-166	11.57 a	2.90 Bc	10.07 g	12.00 de	52.73 gh	52.33 bcd
91-2-527	10.43 abc	2.07 De	13.77 b-e	11.33 e	64.60 bcd	51.67 bcd
KK3	10.47 abc	3.83 A	14.27 a-d	14.67 ab	71.60 a	63.33 a
LK92-11	10.30 a-d	1.73 ef	14.70 abc	13.67 bc	68.33 abc	36.00 f
Kps01-12	9.10 cde	1.13 G	13.43 cde	15.00 a	62.40 cde	37.00 f
Mean	9.26	2.31	13.27	13.167	62.481	49.917
F-test	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	9.3	11.3	5.36	4.69	5.73	11.35

** Significant at 0.01 probability levels.

Mean in the same column followed by the same latter are not significantly different by DMRT at P=0.05.

Table 3 Millable cane, stalk diameter and stalk length of 16 sugarcane advance clones in ratoon crop at Udon Thani province and Kalasin province during 2015 to 2016.

Variety	Millable cane (stalk/rai)		Stalk diameter (mm)		Stalk length (cm)	
	Udon Thani	Kalasin	Udon Thani	Kalasin	Udon Thani	Kalasin
KK06-501	9,443 ab	1,667 h	29.13 bcd	21.00 abc	262.00 a	136.00 def
KK07-478	8,939 bc	2,800 ef	27.37 cd	20.00 bcd	240.70 a-e	149.70 bcd
NSUT08-22-3-13	6,141 g	2,533 fg	28.77 bc	20.00 bcd	195.60 f	119.00 fg
RT2004-085	9,590 ab	3,167 de	29.50 abc	22.67 ab	263.80 a	155.70 bcd
CSB06-2-15	7,128 efg	2,066 gh	31.57 a	21.67 ab	210.90 ef	112.70 g
CSB06-2-21	6,747 fg	3,800 c	27.63 bcd	18.33 cd	224.50 b-f	140.70 de
CSB06-4-162	9,010 bc	5,322 a	28.23 bcd	23.67 a	257.30 abc	168.30 ab
CSB06-5-20	8,844 bcd	1,933 h	24.83 e	18.67 cd	236.70 a-e	146.00 cd
TBY27-1385	8,674 bcd	2,133 gh	26.33 de	17.33 d	221.80 c-f	117.30 fg
TBy28-0348	9,113 abc	1,922 h	26.23 de	22.00 ab	231.80 a-e	143.70 cd
MPT02-458	7,707 def	4,400 b	29.20 bc	22.33 ab	253.50 abc	180.30 a
MPT03-166	10,260 a	3,667 cd	29.97 ab	21.00 abc	214.60 def	123.00 efg
91-2-527	9,354 abc	3,867 bc	27.23 cd	22.33 ab	233.30 a-e	180.30 a
KK3	9,365 abc	4,378 b	27.57 bcd	22.00 ab	249.90 a-d	163.00 abc
LK92-11	9,333 abc	2,067 gh	27.70 bcd	20.67 bc	237.00 a-e	124.00 efg
Kps01-12	8,273 cd	1,767 h	29.03 bc	22.67 ab	260.20 ab	140.30 de
Mean	8620.23	3038.92	28.14	20.938	235.77	142.79
F-test	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	7.23	10.59	4.46	6.92	8.05	7.41

** Significant at 0.01 probability levels.

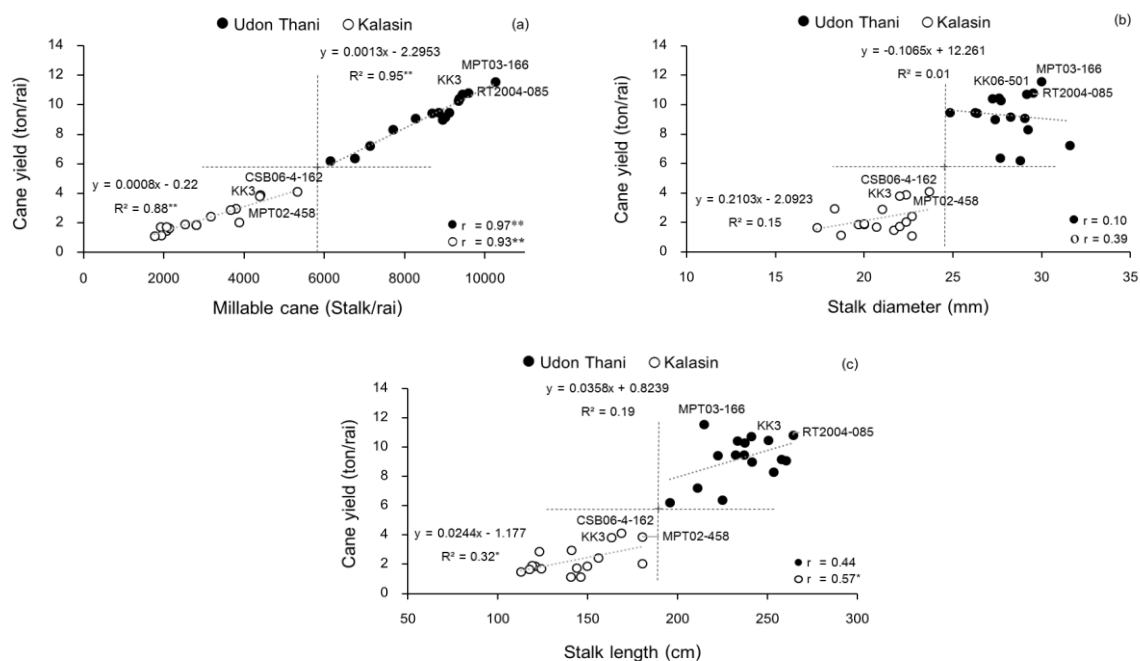
Mean in the same column followed by the same latter are not significantly different by DMRT at P=0.05.

เมื่อพิจารณาผลผลิตสัมพัทธ์ของพันธุ์ทดสอบ 13 พันธุ์เทียบกับพันธุ์ตรวจสอบ (KK3, LK92-11 และ Kps01-12) จังหวัดอุดรธานี (Table 4) พบว่า พันธุ์ KK06-501, RT2004-085 และ MPT03-166 ให้ผลผลิตน้อยกว่าพันธุ์ตรวจสอบทั้ง 3 พันธุ์ในอ้อยต่อ และเมื่อเปรียบเทียบผลผลิตอ้อยระหว่างพันธุ์ตรวจสอบด้วยกันเอง พบว่า พันธุ์ KK3 ให้ผลผลิตเทียบเท่าพันธุ์ LK92-11 และสูงกว่า Kps01-12 ในขณะที่ผลผลิตสัมพัทธ์ของพันธุ์ทดสอบ 13 พันธุ์เทียบกับพันธุ์ตรวจสอบของจังหวัดกาฬสินธุ์ พบว่า พันธุ์ KK06-501, KK07-478, NSUT08-22-3-13, RT2004-085, CSB06-2-21, TBy28-0348, MPT03-166 และ 91-2-527 ให้ผลผลิตน้อยกว่าพันธุ์ LK92-11 และ Kps01-12 ในขณะที่พันธุ์ CSB06-4-162 และ MPT02-458 ให้ผลผลิตน้อยกว่าพันธุ์ตรวจสอบทั้ง 3 พันธุ์ และเมื่อเปรียบเทียบผลผลิตอ้อยระหว่างพันธุ์ตรวจสอบด้วยกันเองพบว่าพันธุ์ LK92-11 ให้ผลผลิตสูงกว่า Kps01-12 ในขณะที่พันธุ์ KK3 ยังคงให้ผลผลิตสูงกว่า LK92-11 และ Kps01-12

จากการปลูกทดสอบทั้ง 2 สภาพแวดล้อม อ้อยแต่ละพันธุ์แสดงความคิดเห็นในแง่ของการให้ผลผลิตอ้อยที่แตกต่างกัน อ้อยพันธุ์ KK3 และ CSB06-4-162 มีเปอร์เซ็นต์การออกสูงทั้งสองแปลง รวมทั้งลักษณะทางการเกษตรยังมีส่วนสำคัญเป็นอย่างมากในการสนับสนุนให้อ้อยมีผลผลิตที่สูงขึ้น ซึ่งผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าการให้ผลผลิตอ้อยมีความสัมพันธ์สูงในทางบวกกับจำนวนลำต่อไร่จังหวัดอุดรธานี และจังหวัดกาฬสินธุ์ มีค่า $r=0.97$ ($P\leq 0.01$) และ 0.93 ($P\leq 0.01$) ตามลำดับ (Figure 3) รวมทั้งผลผลิตอ้อยมีความสัมพันธ์สูงในทางบวกกับความยาวลำที่จังหวัดอุดรธานี มีค่า $r=0.57$ ($P\leq 0.01$) จะเห็นได้ว่าลักษณะทางการเกษตรที่มีความสำคัญต่อการส่งเสริมและรักษาผลผลิตของอ้อยต่อให้ยังคงสูงอยู่ได้ คือ ลักษณะจำนวนลำต่อไร่ และความยาวลำ

Table 4 Relative yield compare to check varieties (KK3, LK92-11 and Kps01-12) at Udon Thani province and Kalasin province during 2015 to 2016.

Variety	KK3		LK92-11		Kps01-12	
	Udon Thani	Kalasin	Udon Thani	Kalasin	Udon Thani	Kalasin
KK06-501	105	50	105	110	118	168
KK07-478	88	50	88	110	99	168
NSUT08-22-3-13	61	50	61	112	68	171
RT2004-085	106	64	106	142	119	218
CSB06-2-15	70	39	70	87	79	132
CSB06-2-21	62	77	62	171	70	262
CSB06-4-162	89	108	89	238	101	365
CSB06-5-20	93	30	93	67	104	103
TBY27-1385	92	43	92	96	104	147
TBy28-0348	93	46	93	102	104	156
MPT02-458	81	102	81	225	92	344
MPT03-166	113	76	113	167	127	256
91-2-527	98	54	98	119	111	182
KK3	-	-	100	223	113	345
LK92-11	100	45	-	-	113	154
Kps01-12	88	29	88	65	-	-

**Figure 3** Relationship between cane yield and millable cane (a), stalk diameter (b) and stalk length (c) in ratoon crop at Udon Thani province (●) and Kalasin province (○) during 2015 to 2016.

ความสามารถการปรับตัวและความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์อ้อย และสถานที่ทดสอบ

การประเมินอ้อยต่อทั้ง 16 พันธุ์ในสภาพดินร่วนปนทรายและดินทรายสามารถแบ่งกลุ่มการตอบสนองต่อผลผลิตได้ 4 กลุ่มดังนี้ กลุ่มที่ให้ผลผลิตต่ำ ได้แก่ พันธุ์ NSUT08-22-3-13 และ CSB06-2-15 กลุ่มที่ให้ผลผลิตสูงเฉพาะพื้นที่ดินทราย ได้แก่ พันธุ์ CSB06-4-162 และ MPT02-458 กลุ่มที่ให้ผลผลิตสูงเฉพาะพื้นที่ดินร่วนปนทราย ได้แก่ พันธุ์ 91-2-527, KK06-501, LK92-11, RT2004-085 และ MPT03-166 และกลุ่มที่ให้ผลผลิตที่สูงทั้งสองสภาพดิน คือ พันธุ์ KK3 ข้อมูลเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าอ้อยแต่ละพันธุ์มีความสามารถในการตอบสนองต่อพื้นที่ที่แตกต่างกัน รวมถึงสภาพของดิน ความชื้นในดิน และสภาพอากาศเป็นปัจจัยสำคัญต่อการให้ผลผลิตอ้อย ซึ่งแปลงทดสอบที่จังหวัดอุดรธานี (ดินร่วนปนทราย) สามารถให้ผลผลิตอ้อยสูงกว่าแปลงทดสอบที่จังหวัดกาฬสินธุ์ (ดินทราย) สาเหตุมาจากแปลงปลูกที่จังหวัดกาฬสินธุ์มีเปอร์เซ็นต์การงอก (Table 2) และปริมาณน้ำฝน (Figure 1) ต่ำกว่าจังหวัดอุดรธานี รวมทั้งการกระจายตัวของฝนในเขตนี้น่าจะไม่สม่ำเสมอและมีความแปรปรวนสูง ประกอบกับสภาพดินเป็นดินทรายความอุดมสมบูรณ์ในดินต่ำ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ผลผลิตในอ้อยลดลงจากอ้อยปลูกเป็นอย่างมาก โดยที่จังหวัดอุดรธานีผลผลิตอ้อยต่อลดลง 33 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่จังหวัดกาฬสินธุ์ผลผลิตอ้อยต่อลดลงถึง 71 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับอ้อยปลูก

ด้านลักษณะทางการเกษตร อาทิ จำนวนลำ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำ และความยาวลำของจังหวัดกาฬสินธุ์ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับจังหวัดอุดรธานี (Table 2) สอดคล้องกับ Hagos et al. (2014) ที่รายงานว่า ภายใต้สภาพที่อ้อยขาดน้ำเป็นเวลานานมีผลทำให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำและความสูงของลำลดลง ซึ่งจากข้อมูลนี้สามารถสรุปได้ว่า พันธุ์ KK3 เป็นพันธุ์ที่มีการปรับตัวได้กว้างและมีผลผลิตสูง สามารถปลูกได้ดีในพื้นที่ดินร่วนปนทรายและดินทราย ส่วนพันธุ์ CSB06-4-162 และ MPT02-458 ควรมีการแนะนำในพื้นที่ปลูกอ้อยที่เป็นดินทราย และพันธุ์ MPT03-166, RT2004-085, 91-2-527, KK06-501 และ LK92-11 ควรมีการแนะนำในพื้นที่ดินร่วนปนทราย

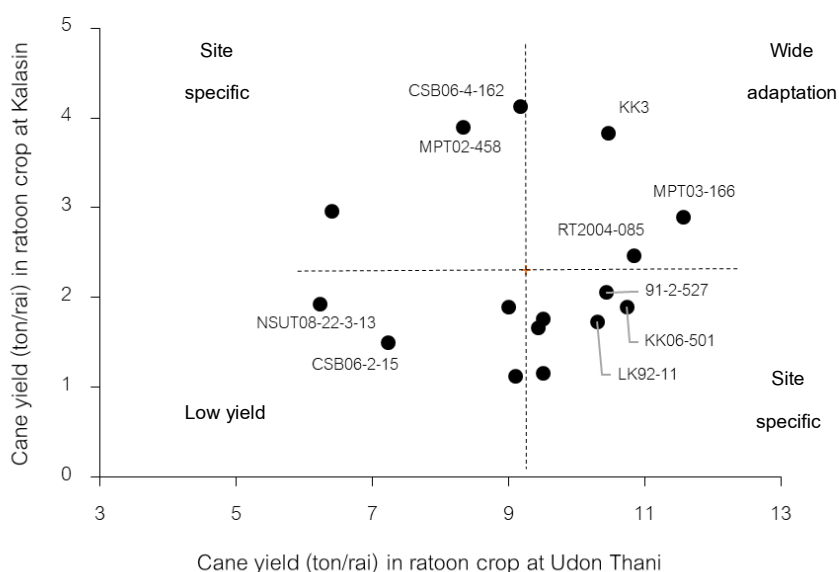


Figure 4 Relationship between cane yield at Udon Thani province and Kalasin province in ratoon crop during 2015 to 2016.

สรุปผลการศึกษา

ทุกลักษณะที่ตรวจวัดของอ้อย 16 พันธุ์ ทั้ง 2 สถานที่ทดสอบมีความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบอิทธิพลของสภาพแวดล้อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในลักษณะจำนวนลำ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำ และผลผลิตอ้อย รวมทั้งมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และสภาพแวดล้อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อ้อยโตในสภาพดินร่วนปนทรายให้ผลผลิตมากกว่าอ้อยโตในสภาพดินทราย อ้อยพันธุ์ KK3 เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงทั้งในพื้นที่สภาพดินร่วนปนทราย และสภาพดินทราย ส่วนพันธุ์ที่มีการปรับตัวได้ดีแบบเฉพาะถิ่นในดินทรายได้แก่ พันธุ์ CSB06-4-162 และ MPT02-458 ในขณะที่พันธุ์ 91-2-527, KK06-501, LK92-11, RT2004-085 และ MPT03-166 มีการปรับตัวได้ดีแบบเฉพาะถิ่นในดินร่วนปนทราย ลักษณะทางการเกษตร เช่น จำนวนลำต่อไร่ และความยาวลำ มีส่วนสำคัญในการสนับสนุนให้อ้อยต่อมีผลผลิตสูง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) และ ศูนย์วิจัยอ้อยและน้ำตาลภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มหาวิทยาลัยขอนแก่นที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัยครั้งนี้ และนอกจากนี้ขอขอบคุณบริษัทมิตรผล หรือ โรงงานน้ำตาลมิตรภาพสินธุ์ และไร่เทียมพืชผลที่สนับสนุนแปลงทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- ณรงค์ ตริสสุวรรณ. 2544. การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของชุดดินที่พบในประเทศไทย. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 483. น. 1-26.
กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน.
- สุดชล วุ่นประเสริฐ และธีรยุทธ เกิดไทย. 2558. การจัดการดินและน้ำเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยต่อในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.
<http://www.sutir.sut.ac.th:8080/sutir/bitstream/123456789/5869/2/Fulltext.pdf> (4 พฤษภาคม 2561).
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2560. พื้นที่การผลิตอ้อย. ใน รายงานพื้นที่ปลูกอ้อย 2559/60.
<http://www.ocsb.go.th/upload/journal/fileupload/923-9999.pdf> (1 พฤษภาคม 2561).
- Hagos, H., Worku, W., and Takele, A. 2014. Effect of drying off period and harvest age on quality and yield of ratoon cane (*Saccharum officinarum* L.). *Adv Crop Sci Tech.* 2 (3): 133.
- Ishaq, M. N., and Olaoeye, G. 2008. Expression of heterosis in sugarcane genotypes under moisture stressed condition. *Afr. J. Agric. Res.* 4 (2): 99-206.
- Limpinuntana, V. 2001. Physical factors related to Agricultural potential and limitations in Northeast Thailand. In: *Natural resource management issues in the Korat Basin of Northeast Thailand: an overview*. pp. 3-17. Proceeding of the Planning Workshop on Eco-regional Approaches to Natural Resource Management in the Korat Basin, Northeast Thailand: Toward Further Research Collaboration, held on 26-29 October 1999, Khon Kaen, Thailand. Los Banos: International Rice Research Institute.
- Little, T. M., and Hills, F. J. 1978. *Agricultural Experimentation Design and Analysis*. New York: John Wiley and Sons Inc..
- Robertson, M. J., Inman-Bamber, N. G., Mochow, R. C., and Wood, A. W. 1999. Physiology and productivity of sugarcane with early and mid-season water deficit. *Field Crops Res.* 64: 211-227.
- Silva, P. P., Soares, L., da Costa, J. G., da Silva, V. L., de Andrade, J. C. F., Gonçalves, E. R., dos Santos, J. M., et al. 2012. Path analysis for selection of drought tolerant sugarcane genotypes through physiological components. *Ind Crops Prod.* 37 (1): 11-19.
- Venkataramana, S., Guruja, R. P. N., and Naidu, K. M. 1986. The effects of water stress during the formative phase on stomatal resistance and leaf water potential and its relationship with yield in ten sugarcane varieties. *Field Crops Res.* 13: 345-353.

วันรับบทความ (Received date) : 25 ธ.ค. 61

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

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 2 มี.ค. 62

ปลาหมักเชื่อนอุบลรัตน์ : แนวทางการพัฒนาเพื่อยกระดับมาตรฐานการผลิตปลาหมัก ของวิสาหกิจชุมชนแปรรูปปลาบ้านโนนปอแดง อำเภอโนนสัง จังหวัดหนองบัวลำภู

Fermented Fish around the Ubol Ratana Dam: Development Approach for Enhancing Fermented Fish Production to Standard of Ban Non Por Daeng Fish Processing Community Enterprise, Non Sang District, Nong Bua Lamphu Province

สาริกา จันทร์ชมภู¹ กัญญา มิฆะมา² และยศ บริสุทธิ์^{3*}
Sarika Chanchomphu¹, Kanlaya Mikhama² and Yos Borisutdhi^{3*}

บทคัดย่อ

ปลาหมักเชื่อนอุบลรัตน์ เป็นสินค้าของชุมชนบริเวณเหนือเขื่อนที่ได้นำปลามาแปรรูป จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่า มีวิสาหกิจชุมชนในพื้นที่เหนือเขื่อนอุบลรัตน์จำนวนกว่า 115 วิสาหกิจชุมชน ที่ทำการแปรรูปปลาเป็นปลาหมัก และพบว่ามีเพียง 10 วิสาหกิจชุมชนเท่านั้น ที่แปรรูปปลาหมักได้รับการรับรองมาตรฐาน ส่วนวิสาหกิจชุมชนอื่นซึ่งรวมถึงวิสาหกิจชุมชนแปรรูปปลาบ้านโนนปอแดง อำเภอโนนสัง จังหวัดหนองบัวลำภู ยังมิได้รับการรับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์ปลาหมักที่แปรรูปแต่อย่างใด จึงเกิดความคิดริเริ่มโดยมีคำถามวิจัยว่า วิสาหกิจชุมชนแปรรูปปลาบ้านโนนปอแดงมีแนวทางในการพัฒนาการผลิตปลาหมักอย่างไร จึงจะสามารถยกระดับการผลิตปลาหมักให้ได้รับการรับรองมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง โดยได้ทำการวิจัยแบบมีส่วนร่วม เพื่อหาแนวทางในการพัฒนาการผลิตปลาหมักของวิสาหกิจชุมชน ในเดือนมิถุนายน 2556 ถึง เดือนกรกฎาคม 2557 พบว่า ชุมชนบ้านโนนปอแดงเป็นชุมชนเกษตรกรรม โดยวิสาหกิจชุมชนแปรรูปปลาบ้านโนนปอแดง เกิดจากการรวมกลุ่มกันภายใต้โครงการความรับผิดชอบต่อสังคม (CSR) ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยเขื่อนอุบลรัตน์ จากการวิเคราะห์ความจำเป็นพบว่า วิสาหกิจชุมชนมีประเด็นในการพัฒนา 4 ประเด็น ได้แก่ 1) การพัฒนาโรงเรือนในการผลิต 2) การพัฒนาการผลิตสู่การผลิตที่ได้มาตรฐาน 3) การพัฒนาการบริหารจัดการ และ 4) การขยายการตลาด ซึ่งได้มีการเตรียมความพร้อมในการพัฒนาการผลิตปลาหมักให้ได้มาตรฐาน โดยการประสานหน่วยงานภาคี เพื่อให้คำปรึกษาเบื้องต้นด้านการพัฒนาการผลิตปลาหมัก และพัฒนาความรู้ด้านการพัฒนาการผลิตปลาหมัก และศึกษาดูงานวิสาหกิจชุมชนแปรรูปปลาที่ประสบความสำเร็จ ได้รับการรับรองมาตรฐานการผลิต ได้ร่วมกันวางแผนการพัฒนาเพื่อยกระดับการผลิตปลาหมักให้ได้มาตรฐาน ตลอดจนได้แนวทางในการพัฒนาเพื่อยกระดับการผลิตปลาหมักของวิสาหกิจชุมชน 4 ประเด็น ประกอบด้วย 1) การพัฒนาอาคารสถานที่ โดยการพัฒนาโรงเรือนตามหลัก Primary GMP 2) การพัฒนาการผลิต โดยการพัฒนาการผลิตให้ได้มาตรฐานอาหารและยา (อย.) มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มาตรฐาน OTOP และมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง 3) พัฒนาการบริหารจัดการ โดยการระดมทุนและขยายสมาชิกเพิ่มเติม และ 4) การพัฒนาการตลาด โดยการขยายช่องทางการตลาดในรูปแบบตลาดออนไลน์

คำสำคัญ: ส่งเสริมและพัฒนากษะเกษตร มาตรฐาน Primary GMP มาตรฐานอาหารและยา มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มาตรฐาน OTOP

Abstract

Fermented fish is an important agricultural product that is made by various communities that are based around the Ubol Ratana Dam (URD). A preliminary study of the community enterprises based around the URD showed that there were 115 community businesses that processed fish into fermented fish. However, only 10 of those enterprises had and were following standards' certification. The other community-based enterprises, such as the Ban Non Por Daeng (BNPD) fish processing community enterprise located in Kok Yai sub-district, Non Sang district, Nong Bua Lam Phu province, operate their fermented fish products businesses without certification of

¹ สำนักงานเกษตรจังหวัดหนองบัวลำภู อ. เมือง จ. หนองบัวลำภู 39000

² คณะเกษตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนครพนม อ. เมือง จ. นครพนม 48000

³ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ. เมือง จ. ขอนแก่น 40002

¹ Nong Bua Lam Phu Provincial Agricultural Extension Office, Muang, Nong Bua Lamphu 39000

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

standards. These observations led the researchers to examine how communities such as the Ban Non Por Daeng Fish Processing Community Enterprise (BNPD-FPCE) could take steps to ensure that their fermented fish production took place according to the relevant certified standards. Therefore, participatory research was conducted over the period of June 2013 to July 2014 in order to identify and decide upon fermented fish production development guidelines for the involved community-based enterprises. The results revealed that BNPD community was an agricultural community that operated under the corporate social responsibility (CSR) guidelines of the Electricity Generating Authority of Thailand at URD. The needs assessment conducted indicated that the BNPD-FPCE faced 4 main developmental issues, which were as follows: 1) the need to improve production buildings and facilities 2) the need to bring production into line with standards 3) the need to develop better management and 4) the need to improve and expand product marketing. An initial action plan prepared to bring fermented fish production into line with standards includes the steps of coordination with agency partners, obtaining advice from fermented fish production experts in order to improve knowledge and skills, visiting fermented fish community enterprises that currently have and operate according to standards certification, and lastly collaboration by all parties to obtain certification and upgrade production processes according to those standards. Finally, the research points to the following 4 points of action that need to be followed in order to raise the BNPD-FPCE fermented fish production to standard; 1) buildings should be developed according to the guidelines of primary GMP 2) product and production methods need to be improved to meet food and drug (FDA) standards, local product standards, OTOP standards and relevant certification standards 3) management should be developed through increased funding and staff members and 4) marketing activities should be improved by expanding marketing staff and increased use of online resources.

Keywords: agricultural extension and development, Primary GMP standard, FAD standard, local product standard, OTOP standard

คำนำ

เขื่อนอุบลรัตน์ เป็นเขื่อนปิดกั้นแม่น้ำพองซึ่งเป็นแม่น้ำสาขาย่อยของแม่น้ำชี โดยกั้นแม่น้ำพองที่ไหลผ่านระหว่างช่องเขาที่เป็นแนวต่อระหว่างเทือกเขาภูเก้าและภูพานคำในพื้นที่ตำบลเขื่อนอุบลรัตน์ อำเภออุบลรัตน์ จังหวัดขอนแก่น โดยเป็นเขื่อนที่สร้างขึ้นเพื่อผลิตไฟฟ้าและการเกษตรกรรม ซึ่งพื้นที่เหนือเขื่อนอุบลรัตน์มีอาณาเขตติดกับ 2 จังหวัด คือ จังหวัดขอนแก่น ประกอบด้วย 4 อำเภอ ได้แก่ อำเภออุบลรัตน์ อำเภอหนองเรือ อำเภอภูเวียง อำเภอหนองนาคำ และจังหวัดหนองบัวลำภู ประกอบด้วย 2 อำเภอ ได้แก่ อำเภอโนนสัง อำเภอศรีบุญเรือง

ชุมชนบริเวณพื้นที่อ่างเก็บน้ำเหนือเขื่อนอุบลรัตน์ของทั้ง 2 จังหวัดได้ใช้ประโยชน์จากพื้นที่เก็บน้ำเหนือเขื่อนอุบลรัตน์ เช่น การทำนาปีและนาปรัง เลี้ยงโคกระบือ ประมง และการแปรรูปปลา โดยการส่งเสริมพัฒนาการเกษตรจากหน่วยงานภาคีที่เกี่ยวข้อง เช่น การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยเขื่อนอุบลรัตน์ องค์การบริหารส่วนตำบลในพื้นที่ สำนักงานเกษตรอำเภอในพื้นที่ ตลอดจนหน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่เกี่ยวข้อง

การแปรรูปเป็นปลาสดเป็นการนำปลาสดมาแปรรูปด้วยการหมักชนิดหนึ่ง (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2557) ซึ่งวิสาหกิจชุมชนแปรรูปปลาบริเวณเหนือเขื่อนอุบลรัตน์นิยมทำการผลิต เนื่องจากเป็นที่ต้องการของตลาด โดยในช่วงฤดูฝนวิสาหกิจชุมชนจะนำปลาที่จับได้จากเขื่อนอุบลรัตน์มาแปรรูป ส่วนฤดูแล้งได้นำปลาจากภาคกลางเข้ามาเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต ทั้งนี้เพราะความต้องการปลาสดในฤดูแล้งมีมากกว่าฤดูฝน เนื่องจากในฤดูฝนมีปลาธรรมชาติจากท้องถิ่นและลำห้วยจำนวนมากทำให้ความต้องการบริโภคปลาสดมีจำนวนน้อย

การส่งเสริมอาชีพการแปรรูปปลาในชุมชนบริเวณพื้นที่อ่างเก็บน้ำเหนือเขื่อนอุบลรัตน์ จากการศึกษาเบื้องต้น พบว่ามีการส่งเสริมอาชีพโดยการสนับสนุนการจัดตั้งกลุ่มผู้ผลิตเป็นวิสาหกิจชุมชน โดยมีวิสาหกิจชุมชนที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปปลากว่า 115 วิสาหกิจชุมชน เป็นวิสาหกิจชุมชนใน 4 อำเภอเขตจังหวัดขอนแก่น จำนวน 85 แห่ง และ 2 อำเภอเขตจังหวัดหนองบัวลำภู จำนวน 30 แห่ง และพบว่าการแปรรูปปลาของวิสาหกิจชุมชนเกือบทั้งหมด เช่น ปลาข้าว ปลาสด ปลาหมัก ปลาหมัก ปลาเค็ม ปลาแดดเดียว ยังไม่ผ่านการรับรองวิธีการที่ดีในการผลิตอาหาร (Good Manufacturing Practice: GMP) มาตรฐานอาหารและยา (อย.) หรือ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) และพบว่า มีวิสาหกิจเพียง 10 แห่งเท่านั้น ที่สามารถแปรรูปปลา

ที่ผ่านการรับรองมาตรฐานอาหารและยา (อย.) และมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ซึ่งจากรายงานของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (2555) พบว่า จังหวัดหนองบัวลำภู มีวิสาหกิจชุมชนเพียง 3 แห่งเท่านั้นที่ผ่านการรับรองดังกล่าว ได้แก่ วิสาหกิจชุมชนแปรรูปปลาตราหนึ่งเดียวบ้านห้วยบง 1 วิสาหกิจชุมชนแปรรูปปลาบ้านโคกกลาง และวิสาหกิจชุมชนแปรรูปปลาห้วยบง 3

วิสาหกิจชุมชนแปรรูปปลาบ้านโนนปอแดง หมู่ที่ 4 ตำบลโคกใหญ่ อำเภอโนนสัง จังหวัดหนองบัวลำภู เป็นหนึ่งใน 115 วิสาหกิจชุมชนที่ตั้งเหนืออ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่า ได้เริ่มดำเนินการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 (คณะกรรมการส่งเสริมวิสาหกิจชุมชนจังหวัดหนองบัวลำภู, 2558) โดยทำการแปรรูปปลาเป็นปลาส้มหลายชนิด เช่น ปลาส้มตัว ปลาส้มสายเดี่ยว หมู่าไข่ปลา หมู่าไส้ปลา อย่างไรก็ตามการผลิตปลาส้มของวิสาหกิจชุมชนแห่งนี้ยังไม่ได้รับรองมาตรฐานการผลิตใด ๆ ทั้งมาตรฐานวิธีการที่ดีในการผลิตอาหาร มาตรฐานอาหารและยา หรือ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน และจากการศึกษาเบื้องต้นพบว่า วิสาหกิจชุมชนแห่งนี้มีความต้องการที่จะพัฒนาการผลิตของวิสาหกิจชุมชนให้ได้มาตรฐานอาหารและยา (อย.) และมีศักยภาพในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการผลิตปลาส้มให้ได้มาตรฐาน ซึ่งสอดคล้องกับปรัชญาของการพัฒนา คือ ทุกคนมีเกียรติมีศักดิ์ศรี ทุกคนมีโอกาสที่จะพัฒนาได้ถ้าให้โอกาส ดังนั้น การสร้างเสริมโอกาสในการพัฒนาเพื่อยกระดับการผลิตปลาส้มของวิสาหกิจชุมชนแห่งนี้ จึงนำมาสู่ความคิดริเริ่มการศึกษาแนวทางในการพัฒนาการแปรรูปปลาของวิสาหกิจชุมชนบ้านโนนปอแดง โดยมีคำถามวิจัยว่า วิสาหกิจชุมชนแปรรูปปลาบ้านโนนปอแดงมีแนวทางการพัฒนาการผลิตปลาส้มอย่างไร จึงจะสามารถยกระดับการผลิตปลาส้มให้ได้รับการรับรองมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งแนวทางดังกล่าวเปรียบเสมือนแผนการดำเนินงานที่นำไปสู่การพัฒนาวิสาหกิจชุมชนแปรรูปปลาบ้านโนนปอแดง

วิธีการศึกษา

พื้นที่ศึกษา

วิสาหกิจชุมชนแปรรูปปลาบ้านโนนปอแดง หมู่ที่ 4 ตำบลโคกใหญ่ อำเภอโนนสัง จังหวัดหนองบัวลำภู (Figure 1)

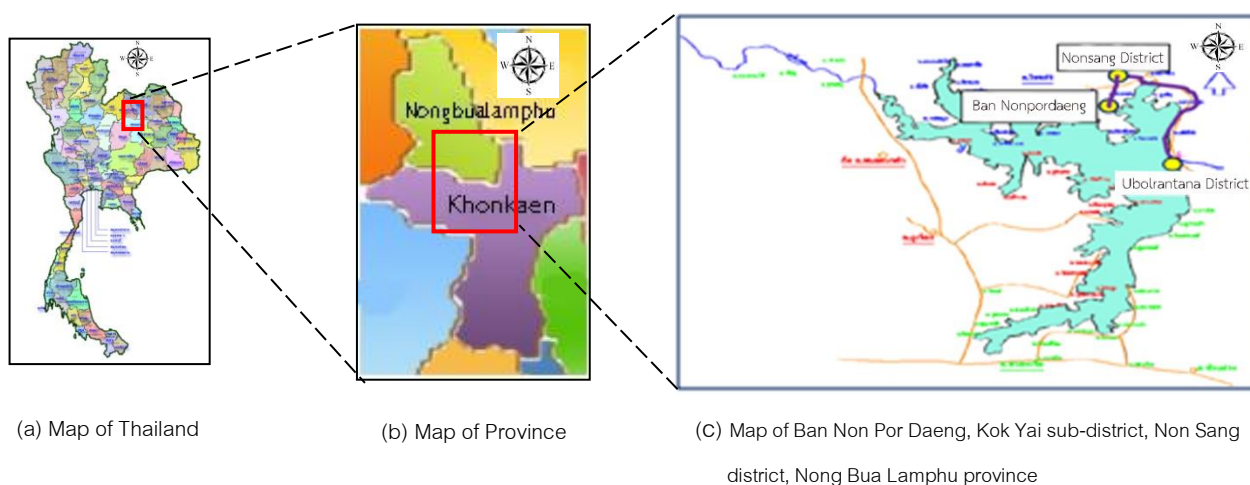


Figure 1 Map of study site.

ขั้นตอนการศึกษา

การวิจัยนี้ได้ดำเนินการ 2 ระยะดังนี้

1) ศึกษาบริบทชุมชนเหนือเขื่อนอุบลรัตน์ บริบทชุมชนบ้านโนนปอแดง และบริบทของวิสาหกิจชุมชนแปรรูปปลาบ้านโนนปอแดง : ดำเนินการโดยเริ่มต้นจากการสร้างกรอบประเด็น (sub-topics) เพื่อเป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล ตามวิธีการของ ยศ บริสุทธิ์ (2558) จากนั้นทำการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ (secondary data) ที่เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ (primary data) จากผู้รู้ (key informants: KIs) สมาชิกวิสาหกิจชุมชน ผู้นำหมู่บ้าน โดยกลั่นกรองกลุ่ม มีผู้เข้าร่วม 40 คน ณ ศาลากลาง บ้านโนนปอแดง พร้อมทั้งสังเกตและสำรวจบริบทของชุมชนและวิสาหกิจชุมชน โดยการศึกษาดำเนินการในช่วง วันที่ 15 มิถุนายน 2556 ถึงวันที่ 25 กันยายน 2556

2) วิเคราะห์และวางแผนพัฒนาการผลิตปลาส้มของวิสาหกิจชุมชนแปรรูปปลาบ้านโนนปอแดง : นำผลการศึกษาจากขั้นตอนที่ 1) มาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการสร้างกรอบประเด็นเพื่อเป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูลตามวิธีการของ ยศ บริสุทธิ์ (2558) ซึ่งกรอบประเด็นดังกล่าวประกอบด้วย 1) การวิเคราะห์ความจำเป็นเบื้องต้นในการพัฒนาการผลิตของวิสาหกิจชุมชน 2) การเตรียมความพร้อมของวิสาหกิจชุมชนแบบมีส่วนร่วมในการพัฒนาการผลิตปลาส้มตามมาตรฐานอาหารและยา และ 3) การวางแผนพัฒนาวิสาหกิจชุมชนแปรรูปปลาบ้านโนนปอแดง จากนั้นทำการดำเนินการศึกษาตามลำดับ ดังนี้

(1) จัดเวทีแลกเปลี่ยนวิเคราะห์ประเด็นความต้องการ มีสมาชิกวิสาหกิจชุมชน จำนวน 20 คน (วิสาหกิจชุมชนมีสมาชิกรวมทั้งหมด 20 คน) โดยการศึกษาดำเนินการในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2556 ณ ศาลากลางบ้านโนนปอแดง

(2) การเตรียมความพร้อมของวิสาหกิจชุมชน โดยนำผลจากการศึกษาตามข้อ (1) มาเป็นพื้นฐานในการดำเนินการ ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวได้มีกิจกรรมการศึกษาฐานวิสาหกิจชุมชนที่ผ่านการรับรองมาตรฐานอาหารและยา (อย.) ซึ่งมีสมาชิกวิสาหกิจชุมชนเข้าร่วมกิจกรรม จำนวน 20 คน และการประสานหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาการผลิตปลาส้มตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง โดยการศึกษาดำเนินการในช่วง เดือนธันวาคม 2556 ถึง เดือนมิถุนายน 2557 ณ ที่ทำการวิสาหกิจชุมชนแปรรูปปลาบ้านโนนปอแดง

(3) จัดเวทีวางแผนการพัฒนาวิสาหกิจชุมชนแปรรูปปลาบ้านโนนปอแดง โดยนำผลจากการศึกษาตามข้อ (1) และ (2) มาเป็นพื้นฐานในการศึกษา โดยผู้เข้าร่วมมีสมาชิกวิสาหกิจชุมชน จำนวน 20 คน และเจ้าหน้าที่จากหน่วยงานภาคีจำนวน 5 หน่วยงาน ซึ่งการศึกษานี้ดำเนินการในช่วงเดือนกรกฎาคม 2557 ณ ศาลากลางบ้านโนนปอแดง

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การผลิตปลาส้มของชุมชนเหนือเขื่อนอุบลรัตน์

พื้นที่อ่างเก็บน้ำของเขื่อนอุบลรัตน์ มีอาณาเขตติดกับ 2 จังหวัด คือ จังหวัดขอนแก่น จำนวน 4 อำเภอ ได้แก่ อำเภออุบลรัตน์ อำเภอหนองเรือ อำเภอภูเวียง อำเภอหนองนาคำ และจังหวัดหนองบัวลำภู จำนวน 2 อำเภอ ได้แก่ อำเภอโนนสังและอำเภอศรีบุญเรือง ซึ่งชุมชนที่มีพื้นที่ติดกับพื้นที่อ่างเก็บน้ำของเขื่อนอุบลรัตน์ นอกจากจะได้รับการส่งเสริมและพัฒนาอาชีพจากหน่วยงานราชการหรือเอกชนอื่น ๆ แล้ว ยังได้รับการส่งเสริมและพัฒนาอาชีพจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตเขื่อนอุบลรัตน์ ภายใต้โครงการชีวิตวิถี และมีการส่งเสริมให้เกิดการรวมกลุ่มชีวิตวิถีและจัดตั้งเป็นวิสาหกิจชุมชน

การแปรรูปปลาหรือการผลิตปลาส้ม เป็นกิจกรรมการผลิตหนึ่งในการผลิตของวิสาหกิจชุมชนที่มีพื้นที่ติดกับพื้นที่ของอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ ปลาส้มจึงเป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปปลาอย่างหนึ่งที่ได้รับการตอบรับจากผู้บริโภค และมีความต้องการของตลาดสูง จนทำให้ปลาที่จับได้จากอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ไม่เพียงพอต่อการแปรรูปเป็นปลาส้ม ทำให้ต้องนำเข้าปลาสดจากภาคกลางเพื่อนำมาแปรรูปปลาเป็นปลาส้ม รวมถึงการแปรรูปปลาอื่นด้วย เช่น ปลาร้า ปลาแดดเดียว หม่าไขปลา หม่าปลา

บริบทชุมชนบ้านโนนปอแดง

ชุมชนบ้านโนนปอแดง ตำบลโคกใหญ่ อำเภอโนนสัง จังหวัดหนองบัวลำภู เป็นชุมชนติดกับพื้นที่อ่างเก็บน้ำเหนือเขื่อนอุบลรัตน์ โดยห่างจากตัวจังหวัดหนองบัวลำภูไปทางทิศใต้ ประมาณ 50 กิโลเมตร และห่างจากตัวอำเภอโนนสังไปทางทิศใต้ประมาณ 6 กิโลเมตร

ชุมชนบ้านโนนปอแดง ตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2491 ประชากรส่วนใหญ่อพยพมาจากอำเภอม่วงสามสิบ จังหวัดอุบลราชธานี โดยแต่เดิมชุมชนตั้งอยู่ห่างจากลำน้ำพองประมาณ 10 กิโลเมตร ต่อมาปี พ.ศ. 2508 ได้มีการสร้างเขื่อนอุบลรัตน์ขึ้นลำน้ำพองทำให้บ้านโนนปอแดงเกิดน้ำท่วม จึงได้มีการย้ายหมู่บ้านมาตั้งอยู่ ณ ที่ตั้งปัจจุบัน โดยห่างจากหมู่บ้านเดิม 10 กิโลเมตร

ปัจจุบัน (2560/2561) บ้านโนนปอแดง มีประชากรทั้งหมด 60 ครัวเรือน ประชากรจำนวน 335 คน ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ประกอบอาชีพหลักทำนาทั้งนาปีและนาปรัง อาชีพรองเลี้ยงโคและกระบือ อาชีพเสริมหาปลาจากอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์และแปรรูปปลา และรายได้ส่วนใหญ่ของบ้านโนนปอแดงมาจากการที่ลูกหลานคนรุ่นใหม่แทบทุกครัวเรือนทำงานรับจ้างภาคอุตสาหกรรมทางภาคตะวันออก เขตจังหวัดชลบุรี ซึ่งเป็นแหล่งเงินทุนที่หมุนเวียนในหมู่บ้าน

บริบทวิสาหกิจชุมชนแปรรูปปลาบ้านโนนปอแดง

วิสาหกิจชุมชนแปรรูปปลาบ้านโนนปอแดง เกิดจากกลุ่มชีวิตวิถีบ้านโนนปอแดง เมื่อปี พ.ศ. 2555 ภายใต้โครงการชีวิตวิถีซึ่งเป็นโครงการความรับผิดชอบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมขององค์กร (Corporate Social Responsibility: CSR) ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยเขื่อนอุบลรัตน์ โดยมีสมาชิกเริ่มก่อตั้ง 20 คน กิจกรรมที่กลุ่มดำเนินการ ได้แก่ ปลูกผักสวนครัวเพาะเห็ด เลี้ยงปลา กบ ไก่ไข่ และจักสาน โดยกิจกรรมบางส่วนประสบความสำเร็จและกิจกรรมบางส่วนไม่ประสบความสำเร็จ

และในปลายปี พ.ศ. 2555 ได้มีการทดลองนำปลาจากเชือกอุบลรัตน์มาทำการผลิตปลาสามและแปรรูปปลาอื่น ๆ ซึ่งได้รับการตอบรับจากผู้บริโภคพอสมควร

ด้วยความสำเร็จจากการแปรรูปปลาเป็นปลาสาม ในปี พ.ศ. 2555 กลุ่มชีวิตบ้านโนนปอแดง ได้ยกระดับกลุ่มโดยการจดทะเบียนเป็นวิสาหกิจชุมชน ชื่อ วิสาหกิจชุมชนสามปลาหน้ากระเทียมบ้านโนนปอแดง โดยเน้นการแปรรูปปลาโดยเฉพาะปลาสามเพื่อจำหน่ายในชุมชนและพื้นที่ใกล้เคียง โดยผลิตภัณฑ์ปลาสามที่ทำการผลิต ได้แก่ สามปลาตะเพียน สามปลาหน้ากระเทียมหรือสามสายเดี่ยว (แหนมปลา) สามไข่ปลา และหม่าไข่ปลา

สภาพการผลิตและการจำหน่ายปลาสามของวิสาหกิจชุมชนแปรรูปปลาบ้านโนนปอแดง (ก่อนการวางแผน)

1) สภาพการผลิตปลาสาม

จากการสัมภาษณ์สมาชิกวิสาหกิจชุมชนแปรรูปปลาบ้านโนนปอแดง พบว่า วิสาหกิจชุมชนแปรรูปปลาบ้านโนนปอแดง รวมกันผลิตปลาสาม ได้แก่ สามปลาดัว สามไข่ปลา หม่าไข่ปลา และสามปลาหน้ากระเทียม วัตถุดิบเป็นวัตถุดิบที่ได้จากท้องถิ่น บรรจุงูพาสติกเพื่อจำหน่าย มีฉลากตราสัญลักษณ์ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยเชือกอุบลรัตน์ ซึ่งเป็นผู้สนับสนุน จัดทำให้ และสนับสนุนงบประมาณในการผลิต โดยผู้นำวิสาหกิจชุมชนได้เห็นชอบให้ใช้ที่ดินของตนเองซึ่งติดกับถนนสายหลักของชุมชนเป็นพื้นที่ในการผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์ของวิสาหกิจ ซึ่งในปี พ.ศ. 2556 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เชือกอุบลรัตน์ได้สนับสนุนงบประมาณ จำนวน 100,000 บาท เพื่อสร้างโรงเรือนในการผลิตปลาสามให้ได้มาตรฐาน และสามารถขอรับการรับรองมาตรฐานอาหารและยา จากสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดหนองบัวลำภู เพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือและปลอดภัยต่อผู้บริโภค

2) สภาพการจำหน่าย

ผลิตภัณฑ์ปลาสามของวิสาหกิจชุมชนที่ผลิตในช่วงแรก ได้แก่ สามปลาดัว สามปลาตะเพียน สามไข่ปลา และสามปลาหน้ากระเทียม กำลังการผลิตขึ้นอยู่กับการหาวัตถุดิบได้ในท้องถิ่น การจำหน่ายแบบขายตรงถึงบ้านลูกค้าทำให้ยอดขายการจำหน่ายดีขึ้นเรื่อย ๆ โดยเฉพาะช่วงเทศกาล เช่น ออกพรรษา ลอยกระทง เทศกาลปีใหม่ มีการซื้อเป็นของฝากสำหรับลูกค้าที่อยู่ต่างจังหวัด จนทำให้สินค้าไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด ประกอบกับวัตถุดิบในท้องถิ่น เช่น ปลาสด มีไม่เพียงพอ

จากผลการศึกษาข้างต้น หากพิจารณาสภาพทางการตลาดร่วมกับสภาพการผลิต เห็นได้ว่า วิสาหกิจชุมชนแห่งนี้มีความพร้อมในการพัฒนาเพื่อยกระดับการผลิตปลาสามของตัวเอง ประกอบกับปลาสามที่ผลิตมีความต้องการทางการตลาด ดังนั้นจึงเป็นสิ่งที่ท้าทายในการพัฒนาการผลิตปลาสามของวิสาหกิจชุมชนแห่งนี้

ความต้องการที่จำเป็นในการพัฒนาการผลิตปลาสาม

จากการจัดเวทีประชุมเชิงปฏิบัติการ การสนทนากลุ่มของสมาชิกวิสาหกิจชุมชนแปรรูปปลาบ้านโนนปอแดง เพื่อเสนอประเด็นความต้องการที่จำเป็น (need) พบว่า วิสาหกิจชุมชนมีประเด็นความต้องการที่จำเป็น จำนวน 4 ประเด็น และได้ร่วมกันจัดลำดับความสำคัญของทั้ง 4 ประเด็นตามลำดับ ดังนี้

1) **การพัฒนาโรงเรือนหรือสถานที่ผลิต** : โรงเรือนหรือสถานที่ที่ใช้ในการผลิตไม่เป็นสัดส่วน มีความต้องการปรับปรุงโรงเรือนที่มีอยู่ให้เป็นสัดส่วน ซึ่งจะเอื้อต่อการขอรับการรับรองมาตรฐานอาหารและยาได้

2) **การพัฒนาการผลิตสู่การผลิตที่ได้มาตรฐาน** : กระบวนการผลิตยังไม่ได้เข้าสู่การรับรองมาตรฐานตามหลักการผลิตอาหารที่ดี โดยมีความต้องการในการพัฒนาองค์ความรู้ ศึกษาดูงาน และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันกับวิสาหกิจชุมชนหรือกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตปลาสามที่ได้รับการรับรองมาตรฐานอาหารและยาแล้ว

3) **การพัฒนาการบริหารจัดการ** : การบริหารจัดการยังประสบปัญหาด้านการจัดการเงิน และเงินทุนที่มีอยู่ยังขาดสภาพคล่องสำหรับใช้ในการหมุนเวียน

4) **การขยายการตลาด** : การจำหน่ายส่วนใหญ่ยังจำหน่ายเฉพาะในชุมชนหรือท้องถิ่นเท่านั้น และมีความต้องการขยายตลาดไปยังพื้นที่อื่น แต่สินค้าต้องได้รับการรับรองมาตรฐานการผลิตที่เกี่ยวข้องจึงจะสามารถขยายการตลาดได้ดี

การเตรียมความพร้อม ก่อนการวางแผนการพัฒนา

จากประเด็นความต้องการที่จำเป็นในการพัฒนาข้างต้น ที่ประชุมได้มีมติว่า หากจะดำเนินการวางแผนการพัฒนา ควรมีการประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นเครือข่ายความร่วมมือในการพัฒนา และควรจัดให้มีการพัฒนาองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนการศึกษาดูงาน เพื่อเป็นการเปิดโลกทัศน์ มุมมอง และแลกเปลี่ยนเรียนรู้เบื้องต้นกับกลุ่มเกษตรกรหรือวิสาหกิจชุมชนที่ประสบความสำเร็จในการผลิตปลาสามที่ได้มาตรฐาน

1) การประสานหน่วยงานภาคีที่เกี่ยวข้อง

วิสาหกิจชุมชนและพี่เลี้ยง ได้ทำการประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาการผลิตปลาส้ม กว่า 20 หน่วยงาน ทั้งภาครัฐบาล รัฐวิสาหกิจ และเอกชน พร้อมทั้งขอรับการสนับสนุนด้านวิชาการและงบประมาณที่จำเป็น

2) การขอคำปรึกษาเบื้องต้นด้านการพัฒนาการผลิตปลาส้ม

หลังจากได้ทำการประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องแล้ว วิสาหกิจชุมชนได้ขอคำปรึกษาจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง อาทิ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดหนองบัวลำภู กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานเกษตรจังหวัดหนองบัวลำภู สำนักงานเกษตรอำเภอโนนสัง สำนักงานพัฒนาชุมชนอำเภอโนนสัง ตลอดจนหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง โดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้แนะนำให้พัฒนาโรงเรียนหรือสถานที่ก่อนเป็นอันดับแรก เนื่องจากการผลิตปลาส้มให้ได้มาตรฐานที่เกี่ยวข้องนั้น ประการแรกที่วิสาหกิจชุมชนต้องทำการพัฒนา คือการพัฒนาโรงเรียนหรือสถานที่ผลิตให้สอดคล้องกับข้อกำหนดของมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง โดยต่างก็ได้คำแนะนำให้ทำการจัดการโรงเรียนหรือสถานที่ผลิตออกเป็นสัดส่วน ได้แก่ 1) ห้องรับวัตถุดิบ 2) ห้องเตรียมวัตถุดิบ 3) ห้องปรุง 4) ห้องบรรจุ และ 5) ห้องเก็บสินค้า

3) การพัฒนาความรู้ด้านการพัฒนาการผลิตปลาส้มมาตรฐาน

ก่อนการดำเนินการวางแผนการพัฒนาการผลิตปลาส้ม วิสาหกิจชุมชนมีมติเห็นว่า ควรมีการพัฒนาความรู้หรือการฝึกอบรมด้านการพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์ปลาส้มให้ได้มาตรฐานก่อน เนื่องจากเห็นว่าหากไม่มีความรู้เหล่านี้ ก็อาจทำให้การวางแผนการดำเนินงานไม่เหมาะสมได้

การพัฒนาความรู้ด้านการพัฒนาการผลิตปลาส้มมาตรฐานของวิสาหกิจชุมชน วิสาหกิจชุมชนได้ร่วมโครงการพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์ปลาส้มสู่การรับรองมาตรฐาน (การอบรมเชิงปฏิบัติการโครงการพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์ปลาส้มสู่การรับรองมาตรฐาน) ของกรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ร่วมกับภาคีจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อวันที่ 7 มีนาคม 2557 ณ โรงแรมเซ็นทาราขอนแก่นเซ็นเตอร์ จังหวัดขอนแก่น โดยประเด็นที่พัฒนาองค์ความรู้หรือฝึกอบรมประกอบด้วยประเด็นที่สำคัญ ได้แก่ (1) การผลิตอาหารตามมาตรฐานวิธีการที่ดีในการผลิต GMP / Primary GMP (2) การขออนุญาตรับรองมาตรฐานอาหารและยา (อย.) และ (3) มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ผลจากการพัฒนาความรู้หรือฝึกอบรม ทำให้สมาชิกวิสาหกิจชุมชนมีความตระหนักถึงการผลิตอาหารที่ปลอดภัยให้กับผู้บริโภค เข้าใจขั้นตอนในการขอรับรองมาตรฐานอาหารและยา (อย.) และมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.)

4) การศึกษาดูงาน

เพื่อให้แผนการพัฒนาการผลิตปลาส้มของวิสาหกิจชุมชนมีความชัดเจนและสามารถนำไปสู่การปฏิบัติได้ วิสาหกิจชุมชนจึงมีมติร่วมกันว่า ควรมีการศึกษาดูงานเพิ่มเติม โดยทำการศึกษาดูงานวิสาหกิจชุมชนที่ได้รับรองมาตรฐานอาหารและยา (อย.) เพื่อเปิดโลกทัศน์ โดยได้เลือกวิสาหกิจชุมชนที่ประสบความสำเร็จ ได้รับการรับรองมาตรฐานอาหารและยา และอยู่ใกล้คือ วิสาหกิจชุมชนแปรรูปปลาบ้านห้วยบง 3 ในครั้งนี้ได้มีคณะกรรมการวิสาหกิจชุมชนและผู้รับผิดชอบหลักของแต่ละงานย่อยในการผลิตปลาส้มของวิสาหกิจชุมชนบ้านโนนปอแดง ได้เดินทางไปศึกษาดูงาน ณ วิสาหกิจชุมชนแปรรูปปลาบ้านห้วยบง 3 อำเภอโนนสัง จังหวัดหนองบัวลำภู เมื่อวันที่ 30 มีนาคม 2557 ซึ่งผลจากการศึกษาดูงานดังกล่าว ทำให้วิสาหกิจชุมชนแปรรูปปลาบ้านโนนปอแดงมีความมั่นใจว่าตนเองก็สามารถทำการผลิตปลาส้มให้ได้มาตรฐานที่เกี่ยวข้องได้เช่นกัน โดยสิ่งที่จำเป็นคือ การพัฒนาโรงเรียนหรือสถานที่ผลิต การพัฒนากระบวนการผลิต และการแบ่งหน้าที่การทำงานของสมาชิกวิสาหกิจชุมชน ซึ่งการจัดให้มีการศึกษาดูงานดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดการมีส่วนร่วมของประชาชน ของ โกวิท พงงาม (2554) ที่กล่าวว่า การจัดทัศนศึกษาเป็นการให้ประชาชนได้เข้าร่วมตรวจสอบข้อเท็จจริง ณ จุดดำเนินการ ก่อนให้มีการตัดสินใจอย่างใดอย่างหนึ่ง

การวางแผนการพัฒนา : แนวทางการพัฒนาเพื่อยกระดับการผลิตปลาส้ม

หลังจากวิเคราะห์ความต้องการที่จำเป็น และการเตรียมความพร้อมในการพัฒนาการผลิตปลาส้มดังที่กล่าวมาแล้ว วิสาหกิจชุมชน ผู้นำชุมชน ตลอดจนหน่วยงานภาคีที่เกี่ยวข้อง จำนวน 35 คน ได้ร่วมกันวางแผนการพัฒนาเพื่อยกระดับการผลิตปลาส้ม เมื่อวันที่ 24 กรกฎาคม 2557 ณ ศาลากลางบ้านโนนปอแดง โดยมีมติร่วมกันว่า ต้องการพัฒนาการผลิตปลาส้มให้ได้มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง โดยมุ่งไปที่มาตรฐาน (1) Primary GMP (2) มาตรฐานอาหารและยา (อย.) และ (3) มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.)

การพัฒนาการผลิตปลาส้มเพื่อให้ได้มาซึ่งมาตรฐานข้างต้น วิสาหกิจชุมชนได้จัดทำแผนในการพัฒนาการผลิตปลาส้มของตนเอง ดังนี้

1) การพัฒนาโรงเรียนหรือสถานที่ผลิต

การพัฒนาโรงเรียนหรือสถานที่ผลิต ได้มีวัตถุประสงค์พัฒนาโรงเรียนให้เป็นสัดส่วนตามหลัก Primary GMP โดยในแผนการดำเนินงานดังกล่าว ได้มีโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลโคกใหญ่ สำนักงานสาธารณสุขอำเภอ และสำนักงานสาธารณสุขจังหวัด กรมวิทยาศาสตร์บริการ องค์การบริหารส่วนตำบลโคกใหญ่ ตลอดจนสำนักงานเกษตรจังหวัดหนองบัวลำภู ได้ร่วมเป็นพี่เลี้ยงและร่วมพัฒนา โดยกำหนดงบประมาณในการดำเนินงาน จำนวน 67,800 บาท ระยะเวลาในการดำเนินการ 6 เดือน คือ ตั้งแต่เดือนมีนาคม ถึง เดือนสิงหาคม 2558

2) การพัฒนาการผลิต พัฒนาการบรรจุภัณฑ์ และตราสัญลักษณ์

การพัฒนาการผลิต มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการผลิตและการบรรจุภัณฑ์ให้เป็นไปตาม 3 มาตรฐาน คือ มาตรฐานอาหารและยา (อย.) มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) และ มาตรฐาน OTOP ซึ่งผลิตภัณฑ์ปลาต้มที่วางแผนพัฒนาการผลิต ได้แก่ ส้มปลาตะเพียน ปลาต้มหน้ากระเทียม (แหนมปลา) ส้มไข่ปลา โดยผลิตภัณฑ์เหล่านี้เรียกรวมกันว่า “ปลาต้ม”

สำหรับการพัฒนาการบรรจุภัณฑ์ ได้มีวัตถุประสงค์มุ่งความเป็นอัตลักษณ์เฉพาะของผลิตภัณฑ์ แตกต่างจากวิสาหกิจชุมชนอื่น นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาตราสัญลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ที่เน้นการง่ายและมีเนื้อหาที่ชี้ให้เห็นความโดดเด่นของผลิตภัณฑ์

แผนการพัฒนาการผลิต พัฒนาการบรรจุภัณฑ์ และตราสัญลักษณ์ข้างต้น ได้มีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเข้ามาเป็นพี่เลี้ยงและร่วมพัฒนา อาทิ สำนักงานเกษตรจังหวัดหนองบัวลำภู สำนักงานพัฒนาชุมชนอำเภอโนนสัง สำนักงานสาธารณสุขอำเภอ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดหนองบัวลำภู กรมวิทยาศาสตร์บริการ สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดหนองบัวลำภู และสำนักงานพัฒนาชุมชนอำเภอโนนสัง โดยกำหนดงบประมาณในการดำเนินงาน จำนวน 50,000 บาท มีระยะเวลาในการดำเนินการ คือ ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2557 ถึง เดือนพฤษภาคม 2558

จากผลการศึกษาข้างต้น ชี้ให้เห็นว่า มาตรฐานการผลิต การพัฒนาความเป็นอัตลักษณ์ รวมถึงการบรรจุภัณฑ์ และการสร้างตราสัญลักษณ์ข้างต้น สอดคล้องกับ ชินญาณ สระแก้ว และชัยชาญ วงศ์สามัญ (2556) ที่กล่าวว่า สมาชิกกลุ่มที่แปรรูปผลิตภัณฑ์จากพืชและเนื้อสัตว์มีความต้องการมากในด้านการยกระดับมาตรฐานสินค้าสู่มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง นอกจากนี้ การพัฒนาความเป็นอัตลักษณ์ การบรรจุภัณฑ์ และการสร้างตราสัญลักษณ์ ยังเป็นการสร้างความน่าเชื่อถือและความน่าสนใจให้กับผู้ซื้อ ซึ่งเป็นวิธีการตลาดอีกวิธีการหนึ่งที่สามารถช่วยเพิ่มยอดขายได้

3) การพัฒนาการบริหารจัดการองค์กร

การพัฒนาการบริหารจัดการองค์กร มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการบริหารจัดการโครงสร้างองค์กรและการจัดการทรัพยากรบุคคล (การแบ่งภาระหน้าที่) การระดมทุน การจัดทำบัญชี และการแบ่งปันผลประโยชน์ ทั้งนี้ในแผนการพัฒนาดังกล่าวนี้ ได้มีหน่วยงานเข้ามาเป็นพี่เลี้ยงหลายหน่วยงาน เช่น สำนักงานเกษตรอำเภอ/จังหวัดหนองบัวลำภู สำนักงานตรวจบัญชีสหกรณ์ มีระยะเวลาดำเนินการ คือ ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2557 ถึง เดือนสิงหาคม 2558

4) การพัฒนาการตลาด

การพัฒนาการตลาด มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาด้านการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ปลาต้ม ทั้งตลาดในชุมชน ตลาดในท้องถิ่น (ในตำบล) และตลาดต่างถิ่น (ระดับอำเภอ จังหวัด และต่างจังหวัด) นอกจากนี้ ได้มีแผนการขยายช่องทางการตลาด โดยมีแผนการตลาดผ่านระบบออนไลน์ เช่น เว็บไซต์ เฟซบุ๊ก และไลน์ โดยมีหน่วยงานเข้ามาเป็นพี่เลี้ยงหลายหน่วยงาน เช่น สำนักงานพาณิชย์จังหวัดหนองบัวลำภู สำนักงานเกษตรจังหวัดหนองบัวลำภู มีระยะเวลาดำเนินการ คือ ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2557 ถึง เดือนกันยายน 2558

ผลจากการศึกษาข้างต้น ชี้ให้เห็นว่า การกำหนดแนวทางและการวางแผนการพัฒนาเพื่อยกระดับมาตรฐานการผลิต ปลาต้มของวิสาหกิจชุมชนข้างต้น เป็นแนวทางที่มาจากกระบวนการมีส่วนร่วม ซึ่งสอดคล้องกับ ปันณณ์ธัช ธนัทพรขรัตน์ (2558) ที่กล่าวว่า ควรนำกระบวนการมีส่วนร่วมของการพัฒนาไปใช้ในพื้นที่ชุมชนเพื่อพัฒนาให้เกิดผลสัมฤทธิ์ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ ศศิวิมล จุลศิลป์ (2553) ที่กล่าวว่า การมีส่วนร่วมทำให้คนในชุมชนส่วนใหญ่รู้สึกภาคภูมิใจและรู้สึกเป็นเกียรติที่ได้มีส่วนร่วม และ Thrupp et al. (1994) ที่กล่าวว่า ควรสนับสนุนวิธีการมีส่วนร่วมในการวางแผนและเปิดโอกาสให้คนในท้องถิ่นได้รับทักษะและความสามารถที่เป็นประโยชน์ในการพัฒนาตนเอง

ดังนั้น แผนการพัฒนาข้างต้นจึงเป็นแนวทางในการยกระดับการผลิตปลาต้มสำหรับวิสาหกิจชุมชนแปรรูปปลาบ้านโนนปอแดง ซึ่งหากสามารถนำไปสู่การพัฒนาและสำเร็จได้แล้ว จะก่อให้เกิดการเรียนรู้เพื่อการพัฒนาตนเองของวิสาหกิจชุมชนและเศรษฐกิจชุมชนพึ่งตนเองได้ อันเป็นไปตามเจตนารมณ์ของพระราชบัญญัติการพัฒนาวิสาหกิจชุมชน พ.ศ. 2548

สรุปผลการศึกษา

วิสาหกิจชุมชนแปรรูปปลาบ้านโนนปอแดง ตำบลโคกใหญ่ อำเภอโนนสัง จังหวัดหนองบัวลำภู รวมตัวกันเพื่อประกอบอาชีพเสริมรายได้ ตามโครงการชีวิตวิถีของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตเขื่อนอุบลรัตน์ โดยใช้ปลาซึ่งเป็นทรัพยากรที่มีอยู่ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์แปรรูปเป็นปลาต้ม และได้สะท้อนปัญหาและความต้องการเพื่อพัฒนาการผลิตและยกระดับการผลิตให้ได้รับการรับรองมาตรฐานอาหารและยา (อย.) มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) และมาตรฐาน OTOP ได้มีการเตรียมความพร้อมด้วยการฝึกทักษะการผลิต การศึกษาดูงานวิสาหกิจชุมชนแปรรูปปลาบ้านห้วยบง 3 อำเภอโนนสัง จังหวัดหนองบัวลำภู ซึ่งผ่านการรับรองมาตรฐานอาหารและยา (อย.) และประสานหน่วยงานภาคี ทั้งภาครัฐบาลและเอกชนร่วมกันสะท้อนความต้องการที่จำเป็นและวางแผนหาแนวทางพัฒนา ได้แนวทางการพัฒนาวิสาหกิจชุมชนแปรรูปปลาบ้านโนนปอแดง ใน 4 ประเด็น คือ 1) การพัฒนาอาคารสถานที่ โดยการพัฒนาโรงเรือนตามหลัก Primary GMP 2) การพัฒนาการผลิต โดยพัฒนาการผลิตให้ได้มาตรฐานอาหารและยา มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มาตรฐาน OTOP และมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง 3) พัฒนาการบริหารจัดการ โดยการระดมทุนและขยายสมาชิกเพิ่มเติม และ 4) การพัฒนาการตลาด โดยการขยายช่องทางการตลาดในรูปแบบตลาดออนไลน์ ดังนั้น วิสาหกิจชุมชนแปรรูปปลาบ้านโนนปอแดงและหน่วยงานภาคีควรร่วมกันนำแนวทางการพัฒนาดังกล่าวไปสู่การขับเคลื่อนการพัฒนาการผลิตปลาต้มให้ได้มาตรฐาน และเป็นไปตามเจตนารมณ์ของพระราชบัญญัติส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน พ.ศ. 2548

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้นำและประชาชนบ้านโนนปอแดง สมาชิกวิสาหกิจชุมชนแปรรูปปลาบ้านโนนปอแดง นักพัฒนาอิสระหน่วยงานภาคีจังหวัดหนองบัวลำภู กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาส่งเสริมการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนการขับเคลื่อนงานวิจัยนี้และให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- โกวิทย์ พวงงาม. 2545. *การเสริมสร้างความเข้มแข็งของชุมชน*. กรุงเทพฯ: เสมาธรรม.
- คณะกรรมการส่งเสริมวิสาหกิจชุมชนจังหวัดหนองบัวลำภู. 2558. *รายงานข้อมูลวิสาหกิจชุมชนจังหวัดหนองบัวลำภู*. หนองบัวลำภู: สำนักงานเกษตรจังหวัดหนองบัวลำภู กรมส่งเสริมการเกษตร.
- ชินญาณ สระแก้ว และชัยชาญ วงศ์สำญ. 2556. ความต้องการฝึกอบรมด้านการแปรรูปอาหารและการตลาดของสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดขอนแก่น. *แก่นเกษตร* 14 (พิเศษ): 673-677.
- ปณณณัฏฐ์ ธนพิพรรษรัตน์. 2558. การพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์สินค้าชุมชนโดยใช้วิธีการวิจัยแบบมีส่วนร่วม กรณีศึกษา: ผลิตภัณฑ์ของใช้ในครัวเรือน บ้านคลองเคียวพัฒนา ตำบลท่ามะนาว อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี. *วิจัยเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่* 7: 76-89.
- ยศ บริสุทธิ์. 2558. *การศึกษารูปแบบการวิจัยและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์*. ขอนแก่น: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ศศิวิมล จุลศิลป์. 2553. การพัฒนารูปแบบการมีส่วนร่วมของชุมชนในการนำภูมิปัญญาท้องถิ่นมาใช้จัดการศึกษาตามปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงในสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน: การประยุกต์ใช้กระบวนการเอไอซีที. *วารสารเทคโนโลยีสุรนารี* 4 (2): 17-31.
- สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2555. *คู่มือการขออนุญาตอาหารแปรรูปที่บรรจุในภาชนะพร้อมจำหน่าย ตามหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตอาหาร (Primary GMP)*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2557. *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน: ปลาต้ม มผช. 26/2557*. กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.
- Thrupp, L., Cabarle, B., and Zazueta, A. 1994. Participatory methods in planning & political processes: Linking the grassroots & policies for sustainable development. *Agriculture and Human Values* 11 (2): 77-84.

วันรับบทความ (Received date) : 10 พ.ค. 61

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 31 ต.ค. 61

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 16 พ.ค. 61

การรับรู้และการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกร ผู้ปลูกองุ่นรับประทานสด

Awareness of and Adaptation to Climate Change among Table Grape Farmers

ธัญลักษณ์ ศรีโชค¹ เฉลิมพล จตุพร² พัฒนา สุขประเสริฐ^{1*} และสุวิสา พัฒนเกียรติ³
Thanyaluck Srichok¹, Chalermpon Jatuporn², Patana Sukprasert^{1*} and Suwisa Pattanakiat³

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการรับรู้และการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรผู้ปลูกองุ่นรับประทานสด ประชากร คือ เกษตรกรผู้ปลูกองุ่นรับประทานสด ในจังหวัดราชบุรี สมุทรสาคร นครราชสีมา นครปฐม และสระบุรี กลุ่มตัวอย่างจำนวน 86 ราย ได้จากการสุ่มแบบง่าย โดยใช้แบบสัมภาษณ์เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล และสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการถดถอยพหุคูณด้วยวิธีการกำจัดแบบถอยหลัง ผลการศึกษา 1) ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชายร้อยละ 73.30 มีอายุเฉลี่ย 46.82 ปี ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับประถมศึกษาหรือต่ำกว่าร้อยละ 50.00 เกษตรกรปลูกองุ่นเป็นอาชีพหลักร้อยละ 81.40 และมีประสบการณ์ปลูกองุ่นเฉลี่ย 10.15 ปี 2) ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ พบว่า เกษตรกรมีผลผลิตเฉลี่ย 34.83 ตันต่อปี มีรายได้จากการปลูกองุ่นเฉลี่ย 1,770,663 บาทต่อปี ต้นทุนเฉลี่ย 647,383 บาทต่อปี และรายได้สุทธิเฉลี่ย 1,123,280 บาทต่อปี 3) ปัจจัยด้านสังคม พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่เคยได้รับการอบรมเกี่ยวกับการปลูกองุ่นร้อยละ 80.23 และร้อยละ 84.88 ไม่ได้เป็นสมาชิกกลุ่ม 4) ปัจจัยการผลิตองุ่น พบว่า เกษตรกรปลูกองุ่นพันธุ์แบล็กโอบอลและองุ่นพันธุ์ไวท์มิลเลอร์ มีพื้นที่ปลูกเฉลี่ย 10.31 ไร่ ปลูกบนพื้นที่ดอนร้อยละ 60.47 และร้อยละ 55.81 ปลูกองุ่นแบบไม่มีหลังคาพลาสติกและกางมุ้ง 5) ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการรับรู้ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกร ได้แก่ การประกอบอาชีพ การเป็นสมาชิกกลุ่ม รูปแบบการปลูก และผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้านกายภาพในกิจกรรมการผลิตองุ่น และ 6) ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกร ได้แก่ การประกอบอาชีพ ประสบการณ์ปลูกองุ่น รายได้สุทธิจากการผลิตองุ่น การได้รับการฝึกอบรมเกี่ยวกับการปลูกองุ่น พันธุ์องุ่นรับประทานสด การรับรู้ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้านกายภาพในกิจกรรมการผลิตองุ่น และความอุดมสมบูรณ์ของดิน นอกจากนี้ ข้อค้นพบแสดงให้เห็นว่าการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรผู้ปลูกองุ่นรับประทานสด คือ เกษตรกรเปลี่ยนรูปแบบการปลูกองุ่นโดยมีหลังคาพลาสติกและกางมุ้ง รวมไปถึงย้ายพื้นที่ปลูก จากการปลูกองุ่นในพื้นที่ลุ่มเป็นพื้นที่ดอน

คำสำคัญ : การรับรู้ การปรับตัว การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ องุ่นรับประทานสด

Abstract

The objective of this study was to analyze the factors affecting the perception of and adaptation to climate change of table grape farmers. The sample population was 86 table grape farmers from Ratchaburi, Samut Sakhon, Nakhon Ratchasima, Nakhon Pathom and Saraburi provinces. Simple random sampling was employed. Data was collected via construct-interview. The statistical testing consisted of percentage, mean, standard deviation, and multiple regression (with backward elimination). The results were as follows: 1. Basic data. Most of the farmers (73.30%) were male, and their average age was 46.82 years. Half of them (50.00%) had a primary school or lower education level. For most of them (81.40%), grape growing was their main occupation, and they had an average of 10.15 years of experience in the grape growing field. 2) Economic factors. The farmers produced an average yield of 34.83 tons per year. Their average gross income from grape production was 1,770,663 Baht per year, and their average cost of grape production was 647,383 Baht per year, leaving them with average net income from grape production of 1,123,280 Baht per year. 3) Social factors. Most of the farmers (80.23%) had never received any form

¹ ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

² สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช อ. ปากเกร็ด จ. นนทบุรี 11120

³ สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

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

² School of Economics, Sukhothai Thammarat Open University, Pakkret, Nonthaburi 11120

³ Extension and Training Office, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

*Corresponding author, Email: patanapom@hotmail.com, agrpasu@ku.ac.th

of grape production training and most of them (84.88%) had never been members of a group. 4) Cultivation. The most common varieties of grapes grown were the Black Opal and White Malacca ones, and the average size of plantation was 10.31 rai. Most farmers (60.47%) planted grapes on the upland and 55.81% of them did not use plastic roofs and nets. 5) Factors that related to the farmers' perception of climate change included occupation, group membership, planting method and physical evidence for climate change. 6) Factors that related to the farmers' adaptation to climate change included occupation, grape growing experience, net income from grape production, training, grape varieties, physical signs of climate change on the grapes and their production, and soil fertility. The findings indicate that the farmers consider there are two ways of adapting to climate change, and these are to use plastic roofs and nets and to move their areas of cultivation from lowland to upland areas.

Keywords : perception, adaptation, climate change, table grape

คำนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยได้รับผลกระทบจากเหตุการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เช่น อุณหภูมิที่สูงขึ้น น้ำท่วม ภาวะภัยแล้ง และพายุ เป็นผลให้ภาคเกษตรได้รับความเสียหายอย่างมาก เนื่องจากภาคการเกษตรมีความอ่อนไหวมากที่สุดต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และจำเป็นต้องพึ่งพาสภาพภูมิอากาศเป็นปัจจัยสำคัญ เพราะพืชแต่ละชนิดมีความสามารถในการทนต่อความแล้ง ความต้องการปริมาณน้ำฝน แสงแดด อุณหภูมิ ปริมาณธาตุอาหาร และลักษณะดินที่แตกต่างกัน (เกรียงไกร แสงทวีสุข, 2561) และปัจจัยเสี่ยงในการผลิตพืชและเพาะปลูกพืช ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝน การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ การเกิดวิกฤตภัยธรรมชาติ (คณะกรรมการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้านการเกษตร, 2561)

องุ่น เป็นผลไม้ที่คนไทยนิยมบริโภค เนื่องจากมีรสชาติดี มีรสหวานอมเปรี้ยว สามารถรับประทานได้หลากหลายรูปแบบ ทั้งผลสด ผลแห้ง หรือทำเป็นไวน์ ทั้งยังเป็นผลไม้ที่นิยมให้เป็นของขวัญในเทศกาลสำคัญอีกด้วย องุ่นจึงเป็นผลไม้ที่มีปริมาณการนำเข้าจากต่างประเทศสูงมาก สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร มีรายงาน ว่า ในปี พ.ศ. 2559 ประเทศไทยนำเข้าองุ่นปริมาณ 167,368 ตัน มูลค่ากว่า 6,500 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561) ทั้งนี้สถานการณ์การปลูกองุ่นภายในประเทศปี พ.ศ. 2558 พบว่า มีแหล่งปลูกที่สำคัญ คือ จังหวัดราชบุรี สมุทรสาคร นครราชสีมา นครปฐม และสระบุรี มีเกษตรกรผู้ปลูกจำนวน 754 ราย เนื้อที่ปลูกองุ่นทั่วประเทศ 12,277 ไร่ และผลผลิตรวม 34,175 ตันต่อปี (ระบบสารสนเทศการผลิตทางด้านการเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร, 2559) โดยส่วนใหญ่เกษตรกรจะนิยมปลูกองุ่นไว้เพื่อรับประทานผลสด โดยมีรูปแบบการปลูก คือ ปลูกแบบยกร่องสวน และปลูกบนพื้นที่เนินเขา แม้ว่าองุ่นจะเป็นพืชที่สามารถปลูกได้ในประเทศไทย แต่การผลิตองุ่นเพื่อบริโภคภายในประเทศยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภคมากนัก เนื่องจากการทำสวนองุ่นเป็นอาชีพที่ต้องทำด้วยความรู้ความชำนาญ การปลูกองุ่นจึงไม่ได้รับความนิยมเมื่อเทียบกับพืชเศรษฐกิจอื่น ๆ เพราะองุ่นเป็นพืชที่ต้องการการดูแลรักษาและเอาใจใส่เป็นอย่างมาก เช่น การน้ำ ให้ปุ๋ย การตัดแต่งกิ่ง และการพรวนดิน

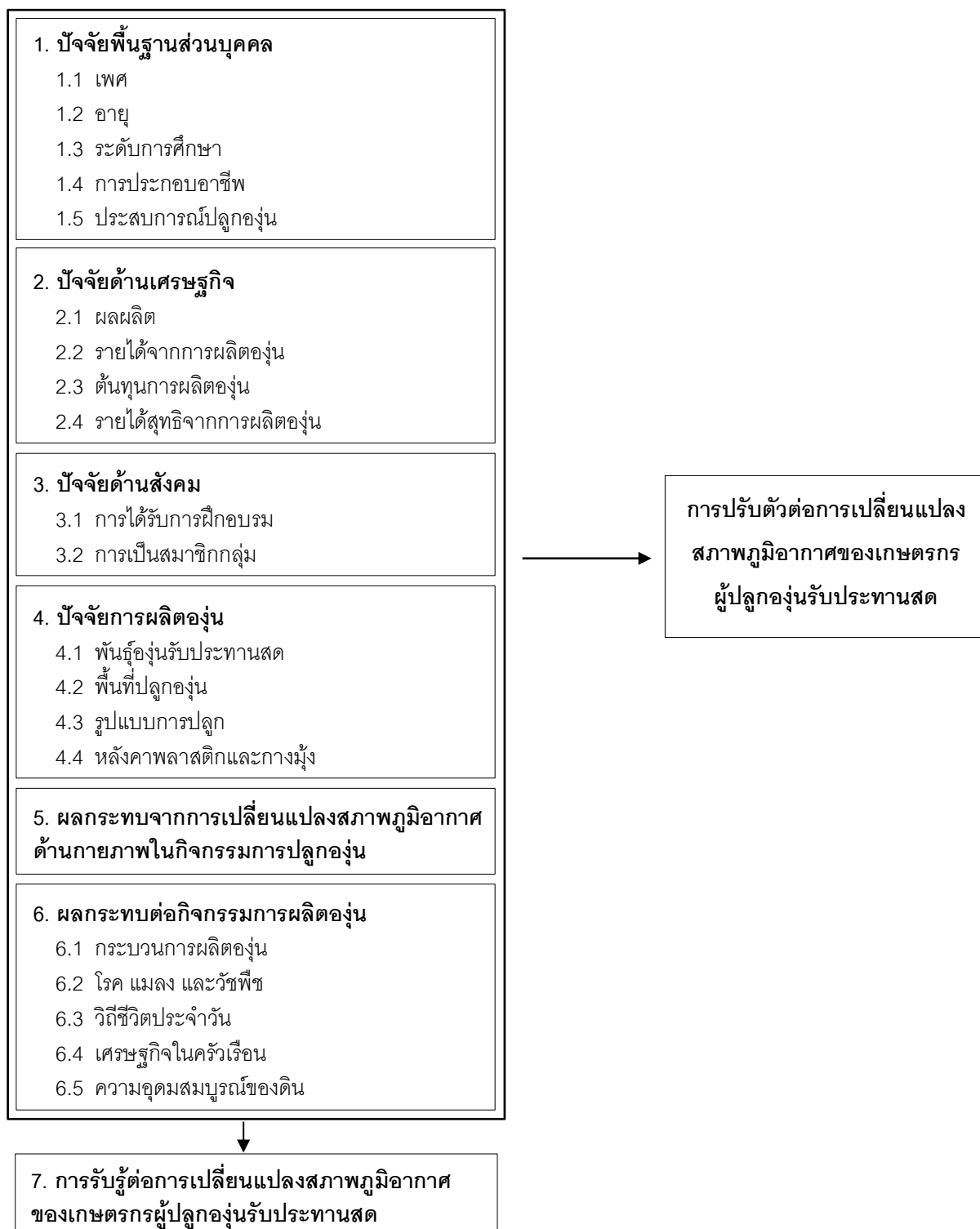
นอกจากนี้ การปลูกองุ่นให้ประสบความสำเร็จเกษตรกรจะต้องคำนึงสภาพปัจจัยแวดล้อมเป็นสำคัญ โดยเฉพาะสภาพอากาศที่มีผลต่อการผลิตองุ่น เนื่องจากองุ่นชอบที่ที่มีอุณหภูมิค่อนข้างสูง แสงแดดจัด และความชื้นต่ำ ในขณะที่ประเทศไทยมีปริมาณฝนตกชุกหลายเดือน ความชื้นในอากาศสูงตลอดทั้งปี การระบาดของโรคและแมลงศัตรูขององุ่นจึงมีมาก โดยเฉพาะโรคที่เกิดกับใบและผลเป็นปัญหาที่สำคัญมาก ทำให้เกษตรกรต้องฉีดยาทุก ๆ 5-7 วัน และบางแห่งฉีดยาทุกครั้งที่ฝนตก ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายสูงมากไม่คุ้มค่างบที่ลงทุน รวมทั้งปัญหาอื่น ๆ เช่น ฝนตก ทำให้ผลแตก คุณภาพของผลไม่ดี หรือไม่สามารถบังคับการออกดอกขององุ่นได้มากนัก (วัฒนา สวรรยาธิบัติ, 2561) อีกทั้งปัจจัยทางด้านสภาพภูมิอากาศจะมีผลหลายด้านต่อการปลูกองุ่นเพื่อการค้า ซึ่งถ้าช่วงดอกบาน หากสภาพภูมิอากาศไม่เอื้ออำนวย เช่น ฝนตกหนัก อากาศร้อนจัด และแห้งแล้งจัด จะทำให้การติดผลขององุ่นไม่ดี หรือมีการสูญเสียมาก ดอกและผลร่วงมาก ทั้งนี้สภาพภูมิอากาศมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของส่วนประกอบในผลและเป็นตัวกำหนดคุณภาพของผลองุ่น ในช่วงระยะเวลาที่ผลกำลังเติบโต มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสารต่าง ๆ ในตอนผลสุก ได้แก่ น้ำตาล กรด และสารแทนนิน ซึ่งทำให้เกิดรสฝาด และกลิ่นของผล เป็นต้น (แจ่มจันทร์ มีมานะ, 2552) จากปัญหาดังกล่าว จะเห็นได้ว่า การลงทุนทำสวนองุ่นต้องลงทุนดำเนินการสูง อีกทั้งปัจจัยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อกิจกรรมการผลิตองุ่นเพื่อการค้าของเกษตรกรเป็นอย่างมาก ซึ่งเกษตรกรไม่สามารถควบคุมปัจจัยนี้ได้ ส่งผลให้มีเกษตรกรล้มเลิกการปลูกและเปลี่ยนชนิดพืชอื่น ๆ แทน และมีเกษตรกรผู้ปลูกองุ่นเริ่มหาแนวทางการปรับตัว คือ การประยุกต์ใช้หลังคาพลาสติกกางมุ้งเพื่อลดผลกระทบที่เกิดขึ้น สอดคล้องกับ นวลปรางค์ ไชยตะขบ

(2559) ที่ได้ศึกษาการใช้หลังคาพลาสติกคลุมต้นองุ่นพันธุ์ Perlette ที่ขนาดความหนาต่างกัน พบว่า ต้นองุ่นที่ไม่คลุมหลังคาพลาสติกไม่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้เลย ผลเน่าเสียหายในช่วงฤดูฝน ขณะที่การใช้หลังคาพลาสติกคลุมต้นองุ่นพันธุ์ Perlette ทำให้ได้ผลผลิต และเกิดความเสียหายของผลผลิตน้อยกว่าการไม่ใช้หลังคา เมื่อฝนตกหนักในช่วงใกล้เก็บเกี่ยว ทั้งยังช่วยลดปริมาณการใช้สารเคมีและความเสี่ยงจากฝนอีกด้วย

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการรับรู้และการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงต่อสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรผู้ปลูกองุ่นรับประทานสด ในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี สมุทรสาคร นครราชสีมา นครปฐม และสระบุรี เพื่อให้หน่วยงานภาครัฐเข้าอบรมสร้างความตระหนักรู้ สะท้อนผลกระทบ และหาแนวทางรูปแบบปรับตัวที่เหมาะสมต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในการปลูกองุ่นให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด และสามารถผลิตองุ่นเพื่อการค้าได้อย่างยั่งยืน โดยมีกรอบแนวคิดการวิจัยดังนี้

ตัวแปรอิสระ

ตัวแปรตาม



วิธีการศึกษา

ประชากรและการสุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ เกษตรกรผู้ปลูกองุ่นรับประทานสดในประเทศไทย จำนวน 754 คน จากรายงานข้อมูลภาวะการผลิตพืช กรมส่งเสริมการเกษตร ประจำปี 2558 ผู้วิจัยได้ลงพื้นที่เก็บข้อมูลในจังหวัดราชบุรี นครปฐม สมุทรสาคร สระบุรี และนครราชสีมา จากการสำรวจเกษตรกรนิยมปลูกองุ่นพันธุ์แบล็กโอปอลและพันธุ์ไวท์มะละกา และพบว่าเกษตรกรที่ปลูกองุ่นในพื้นที่ลุ่ม แอ่งน้ำภาคตะวันออกซึ่งเป็นพื้นที่ปลูกองุ่นร้อยละ 80 ของประเทศ เกษตรกรได้เลิกปลูกองุ่นโดยได้เปลี่ยนชนิดพืชปลูก เนื่องจากได้รับผลกระทบจากภัยธรรมชาติและการเข้าระบาดของโรคและแมลง และมีเกษตรกรบางส่วนย้ายพื้นที่การผลิไปยังภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา เนื่องด้วยลักษณะพื้นที่เป็นเนินเขาและมีลักษณะสภาพภูมิอากาศที่เอื้ออำนวยกว่า การศึกษาครั้งนี้จึงกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ เท่ากับ 0.10 เพื่อคำนวณหาขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตร Cochran (1963) สามารถแสดงได้ ดังนี้

$$n = \frac{NZ^2P(1-P)}{NE^2 + Z^2P(1-P)} = \frac{754(1.96)^2(0.50)(1-0.50)}{754(0.1)^2 + (1.96)^2(0.50)(1-0.50)} \quad (1)$$

กำหนดให้

n หมายถึง จำนวนขนาดกลุ่มตัวอย่าง

N หมายถึง จำนวนประชากรที่ใช้ในการศึกษา

Z หมายถึง ระดับความเชื่อมั่นของสถิติ Z ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 เท่ากับ 1.96

E หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ เท่ากับ 0.10

P หมายถึง สัดส่วนประชากรที่ต้องการสุ่มร้อยละ 50 เท่ากับ 0.50

การคำนวณกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธี Cochran ในสมการที่ (1) ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างของเกษตรกรผู้ปลูกองุ่นในจังหวัดราชบุรี นครปฐม สมุทรสาคร สระบุรี และนครราชสีมา เท่ากับ 86 ราย เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง ซึ่งมีลักษณะคำถามเป็นคำถามปลายปิด (close-ended question) และคำถามปลายเปิด (open-ended question) ที่มีการทดสอบความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม (try-out) กับเกษตรกรผู้ปลูกองุ่น 30 ราย ในพื้นที่จังหวัดสมุทรสาคร ซึ่งได้ค่าความเชื่อมั่น (Cronbach's alpha) ของแบบสอบถามเท่ากับ 0.83 และเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีการสุ่มแบบง่าย (simple random sampling) ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงเก็บข้อมูลจากเกษตรกรผู้ปลูกองุ่นพันธุ์ไวท์มะละกาและพันธุ์แบล็กโอปอล ระหว่างเดือนมิถุนายน ถึง เดือนกันยายน พ.ศ. 2559

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) ได้แก่ ค่าร้อยละ (percentage) ค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) เพื่อบรรยายสภาพข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคล ข้อมูลด้านเศรษฐกิจ ข้อมูลด้านสังคม และข้อมูลการผลิตองุ่น

สถิติเชิงอนุมาน (inferential statistic) ได้แก่ การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (multiple regression analysis) ด้วยการนำตัวแปรอิสระ เข้าสู่การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณด้วยวิธีการกำจัดแบบถอยหลัง (backward elimination) โดยขจัดตัวแปรอิสระที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติออกทีละตัว จากนั้นจึงตรวจสอบข้อสมมติฐานบางประการในการสร้างแบบจำลองการถดถอยพหุคูณที่อาจเกิดขึ้นหากมีการเพิกเฉย (ยูทท ไทยวรรณ, 2556) ได้แก่ ปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างกันของตัวแปรอิสระ (multicollinearity) พิจารณาโดยสถิติสหสัมพันธ์สัมพัทธ์ (correlation statistics) พิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระต้องไม่เกิน 0.8 (Stevens, 1992) ปัญหาความไม่คงที่ของความแปรปรวนในตัวแปรสุ่ม (heteroskedasticity) พิจารณาโดยสถิติ White-heteroskedasticity โดยรูปแบบจำลองสมการถดถอยพหุคูณสามารถแสดงได้ตามรูปแบบสมการ ดังนี้

สมการที่ (2) รูปแบบสมการถดถอยพหุคูณ การรับรู้ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรผู้ปลูกองุ่นรับประทานสดในประเทศไทย

$$Y_1 = \alpha_1 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_{20} X_{20} + \beta_{21} X_{21} + \epsilon_1 \quad (2)$$

สมการที่ (3) รูปแบบสมการถดถอยพหุคูณ การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรผู้ปลูกองุ่นรับประทานสดในประเทศไทย

$$Y_2 = \alpha_2 + \gamma_1 X_1 + \gamma_2 X_2 + \gamma_3 X_3 + \dots + \gamma_{20} X_{20} + \gamma_{21} X_{21} + \gamma_{22} X_{22} + \epsilon_2 \quad (3)$$

โดยกำหนดให้ Y คือ ตัวแปรตาม (Y_1 คือ การรับรู้ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรผู้ปลูกองุ่นรับประทานสด, Y_2 คือ การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรผู้ปลูกองุ่นรับประทานสด), α_1, α_2 คือ ค่าคงที่, β, γ คือ สัมประสิทธิ์ตัวประมาณค่าพารามิเตอร์, ϵ_1, ϵ_2 คือ ความคลาดเคลื่อน, X คือ ตัวแปรอิสระ โดยรายละเอียดของตัวแปรอิสระที่ใช้ในสมการได้แสดงไว้ใน (Table 1)

การวัดค่าของระดับการรับรู้ ระดับผลกระทบ และระดับการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้านกายภาพ ในกิจกรรมการผลิตองุ่น และผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในกิจกรรมการผลิตองุ่น วิธีการอิงเกณฑ์ในการคำนวณหาความกว้างของช่วงชั้น โดยใช้ช่วงคะแนนในการคำนวณ มีคะแนนต่ำสุดคือ 0 และคะแนนสูงสุดคือ 3 โดยใช้สูตร (ค่าสูงสุด-ค่าต่ำสุด)/จำนวนอันตรภาคชั้น ได้เกณฑ์ดังนี้

ระดับการรับรู้	ระดับผลกระทบ	ระดับการปรับตัว	ระดับคะแนน
รับรู้มาก	ผลกระทบมาก	ปรับตัวมาก	2.26-3.00
รับรู้ปานกลาง	ผลกระทบปานกลาง	ปรับตัวปานกลาง	1.51-2.25
รู้น้อย	ผลกระทบน้อย	ปรับตัวน้อย	0.76-1.50
ไม่รับรู้	ไม่กระทบ	ไม่ปรับตัว	0.00-0.75

Table 1 Detail of variables using in multiple regression equation.

Variables	Description
Sex (X_1)	Male = 0, female = 1
Age (X_2)	Years
Graduated (X_3)	Primary school or below = 0, Junior high school or equivalent = 1, Senior high school or equivalent = 2, Bachelor's degree or higher = 3
Occupation (X_4)	Main occupation = 0, Part time = 1
Experience (X_5)	Years
Yield (X_6)	Tons per year
Income from grape production (X_7)	Baht per year
Cost from grape production (X_8)	Baht per year
Net income from grape production (X_9)	Baht per year
Grape training (X_{10})	No = 0, Yes = 1
Group member (X_{11})	No = 0, Yes = 1
Table grape varieties (X_{12})	White Malaga = 1, Black Opal = 0
Planted grape area (X_{13})	Rai
Planted method (X_{14})	Lowland area = 0, upland area = 1

Table 1 (continued).

Variables	Description
Plastic roofs and net (X_{15})	No = 0, Yes = 1
Effect of climate change on grape production in physical (X_{16})	No = 0, less = 1, Moderate = 2, high = 3
Perception of climate change on grape production (X_{17})	No = 0, less = 1, Moderate = 2, high = 3
Perception of climate change on insect and weed (X_{18})	No = 0, less = 1, Moderate = 2, high = 3
Perception of climate change on life style (X_{19})	No = 0, less = 1, Moderate = 2, high = 3
Perception of climate change on household economy (X_{20})	No = 0, less = 1, Moderate = 2, high = 3
Perception of climate change on soil fertility (X_{21})	No = 0, less = 1, Moderate = 2, high = 3
Perception of climate change on grape production in physical (X_{22})	No = 0, less = 1, Moderate = 2, high = 3

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การศึกษาการรับรู้และการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรผู้ปลูกองุ่นรับประทานสด มีรายละเอียดผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคม

ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคลของเกษตรกร

เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชายร้อยละ 73.30 และเพศหญิงร้อยละ 26.70 มีอายุเฉลี่ย 46.82 ปี (S.D. = 10.38) ได้รับความศึกษาระดับประถมศึกษาหรือต่ำกว่าร้อยละ 50 ระดับมัธยมศึกษาหรือ ปวช. ร้อยละ 33.70 ระดับอนุปริญญาหรือ ปวส. ร้อยละ 3.50 และระดับปริญญาตรีหรือสูงกว่าร้อยละ 12.80 เกษตรกรส่วนใหญ่ปลูกองุ่นเป็นอาชีพหลักร้อยละ 81.40 และปลูกองุ่นเป็นอาชีพเสริมร้อยละ 18.60 และเกษตรกรมีประสบการณ์ปลูกองุ่นเฉลี่ย 10.50 ปี (S.D. = 8.61)

ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ

เกษตรกรมีผลผลิตองุ่นเฉลี่ย 34.83 ตันต่อปี (S.D. = 38.21) มีรายได้จากการผลิตองุ่นเฉลี่ย 1,770,664 บาทต่อปี (S.D. = 1,782,294) ต้นทุนการผลิตองุ่นเฉลี่ย 647,383 บาท (S.D. = 925,129) และมีรายได้สุทธิจากการผลิตองุ่นเฉลี่ย 1,123,280 บาทต่อปี (S.D. = 1,235,653)

ปัจจัยด้านสังคม

เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่เคยได้รับการอบรมเกี่ยวกับการปลูกองุ่นร้อยละ 80.23 และเคยได้รับการอบรมเกี่ยวกับการปลูกองุ่นร้อยละ 19.77 และเกษตรกรส่วนใหญ่ไม่ได้เข้าร่วมกลุ่มสมาชิกร้อยละ 84.88 และเข้าร่วมกลุ่มสมาชิกร้อยละ 15.12

ข้อมูลการผลิตองุ่น

ปัจจัยการผลิตองุ่น

เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมปลูกองุ่นพันธุ์แบล็กโอปอลและปลูกองุ่นพันธุ์ไวท์มะละกา มีพื้นที่ปลูกองุ่นเฉลี่ย 10.31 ไร่ (S.D. = 8.80) ปลูกองุ่นบนพื้นที่ดอนร้อยละ 60.47 และปลูกองุ่นบนพื้นที่ลุ่มร้อยละ 39.53 และเกษตรกรปลูกองุ่นแบบมีหลังคาพลาสติกและกางมุ้งร้อยละ 44.19 และปลูกองุ่นแบบไม่มีหลังคาพลาสติกและกางมุ้งร้อยละ 55.81

ข้อมูลความคิดเห็นด้านการรับรู้ ด้านผลกระทบ ด้านการปรับตัว ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้านกายภาพ ในกิจกรรมการผลิตองุ่น

ปัจจัยด้านการรับรู้ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้านกายภาพในกิจกรรมการผลิตองุ่น

เกษตรกรรับรู้การเปลี่ยนแปลงด้านกายภาพในกิจกรรมการผลิตองุ่นอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 2.38) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน เกษตรกรรับรู้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระดับมาก ได้แก่ ด้านฤดูกาล ($\bar{x}$ = 2.60) ด้านอุณหภูมิ ($\bar{x}$ = 2.58) ด้านปริมาณน้ำฝน ($\bar{x}$ = 2.57) ด้านกระแสลม ($\bar{x}$ = 2.49) ด้านความเข้มของแสง ($\bar{x}$ = 2.38) และด้านความชื้น ($\bar{x}$ = 2.31) ตามลำดับ และเกษตรกรรับรู้การเปลี่ยนแปลงด้านปริมาณน้ำใต้ดินในระดับปานกลาง ($\bar{x}$ = 1.71)

ปัจจัยด้านผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้านกายภาพในกิจกรรมการผลิตองุ่น

เกษตรกรได้รับผลกระทบการเปลี่ยนแปลงด้านกายภาพในกิจกรรมการผลิตองุ่นอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 2.34$) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน เกษตรกรได้รับผลกระทบการเปลี่ยนแปลงในระดับมาก ได้แก่ ด้านอุณหภูมิ ($\bar{x} = 2.67$) ด้านฤดูกาล ($\bar{x} = 2.60$) ด้านปริมาณน้ำฝน ($\bar{x} = 2.59$) ด้านความชื้น ($\bar{x} = 2.37$) และด้านกระแสลม ($\bar{x} = 2.37$) ตามลำดับ และเกษตรกรได้รับผลกระทบการเปลี่ยนแปลงในระดับปานกลาง ได้แก่ ด้านความเข้มของแสง ($\bar{x} = 2.15$) และด้านปริมาณน้ำใต้ดิน ($\bar{x} = 1.59$) ตามลำดับ

ปัจจัยด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้านกายภาพในกิจกรรมการผลิตองุ่น

เกษตรกรปรับตัวเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงด้านกายภาพในกิจกรรมการผลิตองุ่นอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x} = 2.04$) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน เกษตรกรปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงในระดับมาก ได้แก่ ด้านฤดูกาล ($\bar{x} = 2.34$) และด้านปริมาณน้ำฝน ($\bar{x} = 2.27$) ตามลำดับ ปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงในระดับปานกลาง ได้แก่ ด้านความชื้น ($\bar{x} = 2.22$) ด้านความเข้มของแสง ($\bar{x} = 2.12$) ด้านอุณหภูมิ ($\bar{x} = 2.02$) และด้านกระแสลม ($\bar{x} = 1.88$) ตามลำดับ และเกษตรกรปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงด้านปริมาณน้ำใต้ดินในระดับน้อย ($\bar{x} = 1.42$)

ข้อมูลความคิดเห็นด้านผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อกิจกรรมการผลิตองุ่น

ปัจจัยด้านผลกระทบต่อกิจกรรมการผลิตองุ่น

เกษตรกรได้รับผลกระทบต่อกิจกรรมการผลิตองุ่นอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x} = 1.86$) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน เกษตรกรได้รับผลกระทบต่อกิจกรรมการผลิตองุ่นในระดับปานกลาง ได้แก่ ด้านเศรษฐกิจในครัวเรือน ($\bar{x} = 2.14$) การเปลี่ยนแปลงด้านกระบวนการผลิต ($\bar{x} = 2.07$) การเปลี่ยนแปลงด้านโรค แมลง และวัชพืช ($\bar{x} = 2.04$) และการเปลี่ยนแปลงด้านความอุดมสมบูรณ์ของดิน ($\bar{x} = 1.70$) ตามลำดับ และเกษตรกรได้รับผลกระทบต่อกิจกรรมการผลิตองุ่นด้านวิถีชีวิตประจำวันในระดับน้อย ($\bar{x} = 1.36$)

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการรับรู้ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรผู้ปลูกองุ่นรับประทานสด

ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการรับรู้ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรผู้ปลูกองุ่นรับประทานสด ดังแสดงใน Table 2 พบว่า

Table 2 A perception to climate change of table grape.

Variable	Coefficient	S.E	T-statistics	Prob.
α_0	0.171	0.266	0.759	0.449
X_4	0.270	0.088	3.050	0.031**
X_{11}	0.245	0.093	2.638	0.010***
X_{14}	-0.123	0.069	-1.773	0.079*
X_{16}	0.866	0.083	10.316	0.000**

R-squared = 0.602, Durbin-Watson (D.W.) statistics = 1.802, F-statistics = 30.675 (Prob. = 0.000), White heteroskedasticity (χ^2) statistics = 16.677 (Prob. = 1.618).

* Significant at the level 0.10, ** significant at the level 0.05, *** significant at the level 0.01.

การตรวจสอบข้อสมมติฐานบางประการในการสร้างแบบจำลองการถดถอยพหุคูณที่อาจเกิดขึ้นใน Table 2 พบว่า การทดสอบไม่เกิดปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรอิสระ (ไม่นับรวมตัวแปรหุ่น) เนื่องจากทุกคู่ความสัมพันธ์ไม่เกินไปกว่า 0.80 และผลการทดสอบปัญหาความไม่คงที่ของความแปรปรวนตัวแปรสุ่ม สถิติที่ใช้ทดสอบคือ สถิติ White-heteroskedasticity (χ^2) statistics พบว่า ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0 : แบบจำลองไม่มีปัญหาความไม่คงที่ของความแปรปรวนในตัวแปรสุ่ม) จึงสรุปได้ว่า แบบจำลองไม่เกิดปัญหาความไม่คงที่ของความแปรปรวนในตัวแปรสุ่ม แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นอธิบายการรับรู้ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรผู้ปลูกองุ่นรับประทานสดในประเทศไทยได้ถึงร้อยละ 60.20 และในส่วนที่เหลือเกิดจากปัจจัยอื่น ๆ ทั้งนี้ผลการทดสอบพบว่า ปัจจัยด้านการรับรู้ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรผู้ปลูกองุ่นรับประทานสดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01, 0.05 และ 0.10 ได้แก่ การประกอบอาชีพ (X_4) การเป็นสมาชิกกลุ่ม (X_{11}) รูปแบบการปลูก (X_{14}) และผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้านกายภาพในกิจกรรมการผลิตองุ่น (X_{16}) สามารถอธิบายได้ ดังนี้

หากเกษตรกรประกอบอาชีพปลูกองุ่นเป็นอาชีพหลัก (X_4) จะทำให้เกษตรกรรับรู้ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมากกว่าเกษตรกรผู้ปลูกองุ่นเป็นอาชีพเสริม ($p \leq 0.05$) โดยการรับรู้มีความสัมพันธ์ในทิศทางบวกกับการประกอบอาชีพองุ่นเป็นหลัก เนื่องด้วยประสบการณ์และความชำนาญของเกษตรกรผู้ปลูกองุ่นเป็นอาชีพหลักใช้เวลาในการดูแลและสังเกตการเปลี่ยนแปลงองุ่นที่ปลูกในแปลงมากกว่า ทำให้เกษตรกรผู้ปลูกองุ่นเป็นอาชีพหลักรับรู้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจากผลกระทบที่เกิดขึ้นได้ดีกว่า

หากเกษตรกรเข้าร่วมกลุ่ม (X_{11}) จะทำให้เกษตรกรรับรู้ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมากกว่าเกษตรกรที่ไม่ได้เข้าร่วมกลุ่ม ($p \leq 0.01$) โดยการรับรู้มีความสัมพันธ์ในทิศทางบวกกับการเข้าร่วมกลุ่ม เนื่องจากการเข้าร่วมกลุ่มคือ ช่องทางการเปิดโอกาสให้หน่วยงานภาครัฐหรือหน่วยงานต่าง ๆ สามารถสนับสนุนการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสาร การฝึกอบรม การศึกษาดูงาน และสนับสนุนเอกสารเผยแพร่ เพื่อพัฒนาทักษะความรู้และกระตุ้นให้เกิดการรับรู้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมากขึ้น สอดคล้องกับ หทัยชนก มากมิ่งจวน (2554) ที่กล่าวว่า การรวมกลุ่มจะทำให้เกษตรกรรับรู้และแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับเพื่อนเกษตรกรด้วยกันเอง และจะทำให้ได้รับการช่วยเหลือจากหน่วยงานของรัฐบาลและหน่วยงานเอกชนที่เกี่ยวข้อง

เกษตรกรผู้ปลูกองุ่นบนพื้นที่ดอน (X_{14}) จะรับรู้ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศน้อยกว่าเกษตรกรผู้ปลูกองุ่นบนพื้นที่ลุ่ม ($p \leq 0.10$) โดยการรับรู้มีความสัมพันธ์ในทิศทางลบกับการปลูกองุ่นบนพื้นที่ดอน เนื่องจากพื้นที่การปลูกองุ่นบนพื้นที่ดอน นิยมปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือ ด้วยสภาพภูมิอากาศที่อานวยและรูปแบบการปลูกนิยมใช้หลังคาพลาสติกกางมุ้งช่วยลดความเสี่ยงต่อผลองุ่นได้ดีกว่าพื้นที่การปลูกองุ่นในพื้นที่ลุ่ม ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นดินเหนียว และสภาพอากาศร้อน มักเกิดภัยธรรมชาติมากกว่า อาทิ ลมตะวันตก ก่อให้เกิดการพัดดอกร่วงเสียหายและการระบาดของโรคน้ำค้าง สอดคล้องกับ บุญยง สุขโต (2542) พบว่า ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น จังหวัดนครราชสีมา พื้นที่ที่มีความเหมาะสมต่อการปลูกองุ่น ด้วยลักษณะของพื้นที่เป็นภูเขา มีสภาพอากาศเย็น และมีปริมาณฝนต่ำ ทำให้ช่วงการเก็บเกี่ยวปลอดภัย คุณภาพผลผลิตดี ไม่เน่าเสียเนื่องจากเชื้อรา

หากเกษตรกรได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้านกายภาพในกิจกรรมการปลูกองุ่นมากขึ้น (X_{16}) จะทำให้เกษตรกรรับรู้ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.01$) โดยการรับรู้มีความสัมพันธ์ในทิศทางบวกกับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้านกายภาพในกิจกรรมการปลูกองุ่น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน ฤดูกาล ปริมาณน้ำใต้ดิน ความเข้มของแสง ความชื้นในอากาศ และกระแสลม ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อกระบวนการผลิตองุ่น อาทิ การผสมเกสร การออกดอก คุณภาพผลผลิตด้านสี รสชาติ ความกรอบ รวมทั้งการระบาดของโรคและแมลง เมื่อเกษตรกรได้รับผลกระทบเหล่านี้เกษตรกรต้องลงทุนในการดูแลรักษามากขึ้น ทำให้เกษตรกรรับรู้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ สมพร คุณวิจิต และคณะ (2558) ที่พบว่า ชาวนาในพื้นที่บ้านทุ่งสงวนมีการรับรู้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจากผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ คือ อากาศร้อนขึ้น เกิดลมพายุบ่อย ฤดูกาลไม่แน่นอน ขาดน้ำ และน้ำท่วม และทุกครั้งที่ฝนตกน้อยและน้ำน้อย น้ำทะเลจะเข้ามาแทนที่ที่ดินบริเวณนั้นเค็ม ส่งผลต่อต้นข้าว ทำให้ต้นข้าวตายและได้ผลผลิตน้อย

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรผู้ปลูกองุ่นรับประทานสด
ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรผู้ปลูกองุ่นรับประทานสด
ดังแสดงใน Table 3 พบว่า

Table 3 Adaptation to climate change of table grape.

Variable	Coefficient	S.E.	T-statistics	Prob.
α_0	0.922	0.296	3.107	0.002
X_4	-0.265	0.219	-2.055	0.043**
X_5	-0.011	0.006	-1.696	0.093*
X_9	0.000	4.16E	2.215	0.029**
X_{10}	0.262	0.129	2.025	0.046**
X_{12}	0.200	0.112	1.779	0.079*
X_{16}	0.333	0.113	2.945	0.004***
X_{21}	0.266	0.076	2.943	0.004***

R-squared = 0.374, Durbin-Watson (D.W.) statistics = 1.998, F-statistics = 6.662 (Prob. = 0.000), White heteroskedasticity (χ^2) statistics = 21.479 (Prob. = 0.921).

*Significant at the level 0.10, ** significant at the level 0.05, *** significant at the level 0.01.

การตรวจสอบข้อสมมติฐานบางประการในการสร้างแบบจำลองการถดถอยพหุคูณที่อาจเกิดขึ้นใน Table 3 พบว่าการทดสอบไม่เกิดปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรอิสระ (ไม่นับรวมตัวแปรหุ่น) เนื่องจากทุกคู่ความสัมพันธ์ไม่เกินไปกว่า 0.80 และผลการทดสอบปัญหาความไม่คงที่ของความแปรปรวนตัวแปรสุ่ม สถิติที่ใช้ทดสอบคือ สถิติ White-heteroskedasticity (χ^2) statistics พบว่า ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0 : แบบจำลองไม่มีปัญหาความไม่คงที่ของความแปรปรวนในตัวแปรสุ่ม) จึงสรุปได้ว่า แบบจำลองไม่เกิดปัญหาความไม่คงที่ของความแปรปรวนในตัวแปรสุ่ม แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถอธิบายความแปรปรวนของการรับรู้ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรผู้ปลูกองุ่นรับประทานสดในประเทศไทย ได้ร้อยละ 37.40 และส่วนที่เหลือเกิดจากปัจจัยอื่น ๆ ทั้งนี้ผลการทดสอบพบว่า ปัจจัยด้านการปรับตัวที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรผู้ปลูกองุ่นรับประทานสดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01, 0.05 และ 0.10 ได้แก่ การประกอบอาชีพ (X_4) ประสบการณ์ปลูกองุ่น (X_5) รายได้สุทธิจากการผลิตองุ่น (X_9) การได้รับการฝึกอบรม (X_{10}) พันธุ์องุ่นรับประทานสด (X_{12}) การรับรู้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้านกายภาพในกิจกรรมการผลิตองุ่น (X_{16}) และความอุดมสมบูรณ์ของดิน (X_{21}) สามารถอธิบายได้ ดังนี้

หากเกษตรกรประกอบอาชีพปลูกองุ่นเป็นอาชีพหลัก (X_4) จะทำให้เกษตรกรปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศน้อยกว่าเกษตรกรผู้ปลูกองุ่นเป็นอาชีพเสริม ($p \leq 0.05$) โดยการปรับตัวของเกษตรกรมีความสัมพันธ์ในทิศทางลบกับการประกอบอาชีพ เนื่องจากเกษตรกรผู้ปลูกองุ่นเป็นอาชีพเสริมขาดทักษะความรู้ในการสังเกตการณ์และวางแผนรับมือในการผลิตองุ่น ในด้านโรคและแมลงศัตรูพืชระบาด หรือผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศจึงต้องใส่ใจและดูแลกระบวนการผลิตมากกว่า ในขณะที่เกษตรกรผู้ปลูกองุ่นเป็นอาชีพหลักมีความเคยชินกับการปรับเปลี่ยนและดูแลสวนจึงไม่ต้องปรับตัวมากนัก

หากเกษตรกรมีประสบการณ์ปลูกองุ่นเป็นระยะเวลานาน (X_5) จะทำให้เกษตรกรปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศน้อยกว่าเกษตรกรที่มีประสบการณ์ปลูกองุ่นน้อย ($p \leq 0.10$) โดยการปรับตัวของเกษตรกรมีความสัมพันธ์ในทิศทางลบกับประสบการณ์ปลูก เนื่องจากเกษตรกรที่ปลูกองุ่นเป็นระยะเวลานานสามารถใช้ประสบการณ์และเทคนิคในการผลิตองุ่นในการรับมือต่อความเสี่ยงด้านสภาพภูมิอากาศได้ดีกว่า ซึ่งเกษตรกรที่มีประสบการณ์สูงจะนิยมปลูกองุ่นนอกฤดูกาลหรือบังคับให้ผลผลิตออกทั้งปี เพื่อเพิ่มรายได้และป้องกันองุ่นล้นตลาดในฤดูกาล สอดคล้องกับ สุภาวดี จันทนป (2560) ที่พบว่าหากเกษตรกรเพิ่มพูนประสบการณ์ในการปลูกองุ่นให้เหมาะสมกับพื้นที่ จะทำให้เกษตรกรสามารถเพิ่มผลผลิตได้ถึงร้อยละ 26.62

หากเกษตรกรมีรายได้สุทธิจากการผลิตเพิ่มขึ้น (X_9) จะทำให้เกษตรกรปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ($p \leq 0.01$) โดยการปรับตัวของเกษตรกรมีความสัมพันธ์ในทิศทางบวกกับรายได้สุทธิจากการผลิต เนื่องมาจากเมื่อเกษตรกรมีรายได้เพิ่มมากขึ้น เกษตรกรจะมีแรงจูงใจในการประกอบอาชีพและใส่ใจดูแลสวนองุ่นให้มีประสิทธิภาพ ซึ่งจะส่งผลต่อปริมาณผลผลิต รสชาติ และความสวยงามของผลให้เป็นที่ต้องการของตลาด และสามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์องุ่นให้ได้รับรองมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหาร ได้แก่ มาตรฐาน “Q” มาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) เป็นต้น สอดคล้องกับ ไพรัตน์ พรหมชน (2561) พบว่า หากเกษตรกรมีรายได้จากการผลิตเพิ่มขึ้น 1,000 บาท จะทำให้การผลิตเพิ่มขึ้น 0.006 ตัน โดยเกษตรกรอาจมีการลงทุนเพื่อขยายกำลังการผลิตหรือลงทุนในด้านอื่น ๆ

หากเกษตรกรได้เข้ารับการฝึกอบรมเกี่ยวกับการปลูกองุ่น (X_{10}) จะทำให้เกษตรกรปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมากกว่าเกษตรกรที่ไม่ได้เข้าร่วมอบรม ($p \leq 0.05$) โดยการปรับตัวของเกษตรกรมีความสัมพันธ์ในทิศทางบวกกับการได้รับการฝึกอบรมเกี่ยวกับการปลูกองุ่น เนื่องจากเกษตรกรที่เข้ารับการฝึกอบรมจะได้รับความรู้และเรียนรู้เทคนิควิธีการใหม่ ๆ รวมทั้งมีโอกาสแลกเปลี่ยนเรียนรู้ แลกเปลี่ยนประสบการณ์กับผู้เชี่ยวชาญหรือเกษตรกรด้วยกันเอง ทำให้เกษตรกรมีเครือข่ายก่อให้เกิดการรวมกลุ่มสามารถนำความรู้ไปพัฒนาต่อยอดในการผลิตหรือการตลาดได้ สอดคล้องกับ นายนาดิ บุญขำงาม เกษตรกรผู้ปลูกข้าวได้เข้าร่วมโครงการสร้างและการจัดการแก้ปัญหาทางการเกษตร ทำให้เกิดการเรียนรู้เกี่ยวกับการเก็บและการใช้ข้อมูลดินฟ้าอากาศ นำมาซึ่งสามารถจัดการทรัพยากรในครัวเรือนได้อย่างมีประสิทธิภาพ (อรรถชัย จินตะเวช, 2560)

เกษตรกรผู้ปลูกองุ่นพันธุ์แบล็กโอปอล (X_{12}) จะปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมากกว่าเกษตรกรผู้ปลูกองุ่นพันธุ์ไวท์มะละกา ($p \leq 0.10$) โดยการปรับตัวของเกษตรกรมีความสัมพันธ์ในทิศทางบวกกับพันธุ์องุ่นรับประทานสด เนื่องจากลักษณะพื้นที่การปลูกองุ่นทั้งสองชนิดแตกต่างกัน โดยองุ่นพันธุ์แบล็กโอปอลปลูกบนพื้นที่ดอน การใช้ดินพันธุ์องุ่นมีระยะเวลานาน และมีความเสี่ยงในการเกิดโรคและแมลงศัตรูพืช จึงมีการปรับตัวในการทำหลังคาพลาสติกกางมุ้งเพื่อลดความเสี่ยงต่อโรคพืชที่มีผลต่อองุ่น และองุ่นพันธุ์ไวท์มะละกาปลูกบนพื้นที่ลุ่ม ด้วยลักษณะของพื้นที่เป็นดินเหนียวซึ่งมีการปรับหน้าดินทุก ๆ 3 ปี การใช้ดินพันธุ์องุ่นในระยะเวลาดั้งเดิมมีข้อจำกัดและต้องลงทุนใหม่ทุกครั้ง ส่งผลให้เกษตรกรผู้ปลูกองุ่นพันธุ์ไวท์มะละกาปรับตัวน้อยกว่า และเกษตรกรผู้ปลูกองุ่นพันธุ์ไวท์มะละกามีการปรับตัวด้วยการเปลี่ยนชนิดพืชปลูกหลังจากการปรับหน้าดิน และมีการย้ายพื้นที่การปลูกไปในแถบจังหวัดสระบุรีและนครราชสีมา

หากเกษตรกรมีการรับรู้ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้านกายภาพในกิจกรรมการปลูกองุ่นเพิ่มขึ้น (X_{16}) จะทำให้เกษตรกรปรับตัวเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.01$) โดยการปรับตัวของเกษตรกรมีความสัมพันธ์ในทิศทางบวกกับการรับรู้ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้านกายภาพในกิจกรรมการปลูกองุ่น เนื่องจากเมื่อเกษตรกรทราบการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน ฤดูกาล ปริมาณน้ำใต้ดิน ความเข้มของแสง ความชื้นในอากาศ และกระแสลม เกษตรกรจะหาวิธีรองรับความเสี่ยงเพื่อป้องกันปัญหาด้านโรคและแมลง และคุณภาพผลผลิตไม่ได้มาตรฐาน สอดคล้องกับ วรางคณา สารพันธ์ และสุรินทร์ อ้นพรหม (2559) ที่พบว่าเกษตรกรหมู่บ้านปางยาง จำนวน 52 ครัวเรือน มีการรับรู้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ สภาพอากาศที่ร้อนขึ้น รูปแบบการตกของฝนที่เปลี่ยนแปลง ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างวัน ความแห้งแล้ง และความรุนแรงของลม

หากเกษตรกรได้รับผลกระทบต่อกิจกรรมการผลิตด้านความอุดมสมบูรณ์ของดิน (X_{21}) จะทำให้เกษตรกรปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.01$) โดยการปรับตัวของเกษตรกรมีความสัมพันธ์ในทิศทางบวกกับผลกระทบต่อกิจกรรมการผลิตด้านความอุดมสมบูรณ์ของดิน เนื่องจากความอุดมสมบูรณ์ของดินด้านกายภาพ ได้แก่ ความเป็นกรดด่างของดิน ปริมาณธาตุอาหารในดิน และความชื้นในดิน เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้นองุ่น เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงด้านกายภาพของดิน เกษตรกรต้องปรับตัวโดยเลือกใช้ทรัพยากรดินที่เหมาะสมกับพื้นที่ และเพิ่มธาตุอาหารหรือการใส่ปุ๋ยให้เพียงพอเพื่อบำรุงและเพิ่มผลผลิต สอดคล้องกับ นภาพร พันธุ์กมลศิลป์ (2558) กล่าวว่า เกษตรกรต้องเลือกใช้ดินให้เหมาะสมและรู้จักดินในพื้นที่ของตนเอง เนื่องจากสภาพภูมิประเทศมีความสัมพันธ์กับสภาพภูมิอากาศ และมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อระบบน้ำใต้ดินและลักษณะของดิน

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการรับรู้และการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรผู้ปลูกองุ่นรับประทานสด พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ร้อยละ 73.30 มีอายุเฉลี่ย 46.82 ปี ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับประถมศึกษาหรือต่ำกว่าร้อยละ 50.00 เกษตรกรปลูกองุ่นเป็นอาชีพหลักร้อยละ 81.40 มีประสบการณ์ปลูกองุ่นเฉลี่ย 10.15 ปี เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่เคยได้รับการอบรมเกี่ยวกับการปลูกองุ่นร้อยละ 80.23 และร้อยละ 84.88 ไม่ได้เป็นสมาชิกกลุ่ม เกษตรกรปลูกองุ่นพันธุ์แบล็กโอบอลและองุ่นพันธุ์ไวท์มะละกา พื้นที่ปลูกเฉลี่ย 10.31 ไร่ ปลูกบนพื้นที่ดอน ร้อยละ 60.47 และร้อยละ 55.81 ปลูกองุ่นแบบไม่มีหลังคาพลาสติกและกางมุ้ง โดยมีผลผลิตเฉลี่ย 34.83 ตันต่อปี มีรายได้จากการปลูกองุ่นเฉลี่ย 1,770,663 บาทต่อปี ต้นทุนเฉลี่ย 647,383 บาทต่อปี โดยเกษตรกรรับรู้การเปลี่ยนแปลงด้านกายภาพในกิจกรรมการผลิตองุ่นในระดับมาก ($\bar{x} = 2.38$) ได้รับผลกระทบการเปลี่ยนแปลงด้านกายภาพในกิจกรรมการผลิตองุ่นอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 2.34$) และปรับตัวเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงด้านกายภาพในกิจกรรมการผลิตองุ่นอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x} = 2.04$) และเกษตรกรได้รับผลกระทบต่อกิจกรรมการผลิตองุ่นอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x} = 1.86$) โดยผลการศึกษาสามารถอธิบายได้ว่า 1) ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการรับรู้การเปลี่ยนแปลงของเกษตรกร ได้แก่ การประกอบอาชีพ การเป็นสมาชิกกลุ่ม พื้นที่ปลูกองุ่น และผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้านกายภาพในกิจกรรมการปลูกองุ่น 2) ปัจจัยที่มีอิทธิพลในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกร ได้แก่ ประสบการณ์ปลูกองุ่น การประกอบอาชีพ รายได้สุทธิจากการผลิตองุ่น การได้รับการฝึกอบรม พันธุ์องุ่นรับประทานสด การรับรู้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกร ผู้ปลูกองุ่นรับประทานสดในประเทศไทย และความอุดมสมบูรณ์ของดิน นอกจากนี้ข้อค้นพบแสดงให้เห็นว่าการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรผู้ปลูกองุ่นรับประทานสด คือ เกษตรกรเปลี่ยนรูปแบบการปลูกองุ่นโดยมีหลังคาพลาสติกและกางมุ้ง รวมไปถึงย้ายพื้นที่ปลูกจากการปลูกองุ่นในพื้นที่ลุ่มเป็นพื้นที่ดอน

ข้อเสนอแนะ

1. การได้รับการฝึกอบรม จากการศึกษาจะเห็นได้ว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่ได้เข้ารับการอบรมเกี่ยวกับองุ่น เนื่องจากแต่เดิมองุ่นเป็นพืชเศรษฐกิจสำหรับเกษตรกรรายใหญ่ที่มีเงินทุนลงทุนสูง แต่ในปัจจุบันมีเกษตรกรรายใหม่เพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะในแถบจังหวัดนครราชสีมา ที่ได้เปลี่ยนพืชที่ปลูกจากพืชเศรษฐกิจเชิงเดี่ยวผันตนเองมาปลูกองุ่น ดังนั้นภาครัฐควรเข้ามามีบทบาทในการพัฒนาทักษะความรู้ของเกษตรกรรายใหม่ โดยเน้นการอบรมและฝึกปฏิบัติจริงให้เกิดความเชี่ยวชาญตลอดกระบวนการผลิต การเก็บเกี่ยว การตลาด และการแปรรูป อีกทั้งควรเน้นการอบรมความรู้ วิธีการรับมือ และวิธีแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยใช้เทคโนโลยีเพื่อเป็นทางเลือกในการแก้ไขปัญหา
2. การเป็นสมาชิกกลุ่ม จากการศึกษาจะเห็นได้ว่า เกษตรกรผู้ปลูกองุ่นส่วนใหญ่ไม่ได้เข้าร่วมกลุ่มสมาชิก เนื่องจากขาดผู้ริเริ่มในการก่อตั้งกลุ่มและโอกาสการรวมกลุ่มในพื้นที่มีน้อย ดังนั้นภาครัฐควรสนับสนุนการก่อตั้งกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกองุ่นในรูปแบบวิสาหกิจขนาดกลาง ขนาดย่อม เพื่อประโยชน์ในการสร้างเครือข่าย และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างสมาชิกด้วยกันเอง อีกทั้งยังเปิดโอกาสให้ภาคเอกชนเข้ามาร่วมสนับสนุนเพื่อขยายตลาดและสร้างมูลค่าของผลิตภัณฑ์ต่อไป
3. การเข้าถึงความรู้และเทคโนโลยี จากการศึกษาจะเห็นได้ว่า ปัญหาและอุปสรรคของเกษตรกร คือ การเข้าถึงแหล่งความรู้ เนื่องจากชุดความรู้ที่มีในปัจจุบันล้าหลังไปมาก ภาครัฐควรบริหารจัดการและอัปเดตชุดความรู้ด้านกระบวนการผลิตองุ่น และเทคโนโลยีการผลิตองุ่นที่เหมาะสมในประเทศไทยให้ทันสมัยมากขึ้น เช่น เทคโนโลยีการปลูกองุ่นบนพื้นที่ดอน
4. การรับรู้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรผู้ปลูกองุ่นรับประทานสด จากการศึกษาข้างต้นจะเห็นได้ว่า เกษตรกรสามารถรับรู้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจากผลกระทบที่เกิดจากกระบวนการผลิต โรคและแมลงศัตรูพืช และความอุดมสมบูรณ์ของดิน ดังนั้นการพัฒนาความรู้และเสริมสร้างขีดความสามารถในการปรับตัวต่อผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรผู้ปลูกองุ่น โดยร่วมหาแนวทางและวิธีป้องกันเพื่อช่วยลดความเสี่ยง เช่น การซื้อปัจจัยการผลิตเพื่อการเกษตร การจ้างแรงงาน การกระจายข้อมูลข่าวสารที่ทันเหตุการณ์ เช่น สถานการณ์น้ำท่วม น้ำแล้ง ภัยธรรมชาติ รวมถึงการเตือนภัยต่าง ๆ จึงเป็นเรื่องที่ภาครัฐหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต้องรีบดำเนินการ เนื่องจากผลกระทบที่เกิดขึ้นส่งผลต่อรายได้และความเป็นอยู่ของเกษตรกรโดยตรง

เอกสารอ้างอิง

- เกรียงไกร แสนทวิสุข. 2561. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสภาวะโลกร้อน.
<http://www.wing2rtaf.net/department/weather/images/commander/2.4%20.pdf> (9 ธันวาคม 2561).
- คณะอนุกรรมการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศด้านการเกษตร. 2561. ยุทธศาสตร์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้านการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (พ.ศ. 2560-2564). [http://www.oae.go.th/assets/portals/1/files/ebook/Climatechange2560-2564\(1\).pdf](http://www.oae.go.th/assets/portals/1/files/ebook/Climatechange2560-2564(1).pdf) (3 ธันวาคม 2561).
- แจ่มจันทร์ มีมานะ. 2552. สวนองุ่น. กรุงเทพฯ: ชมรมไม้ผลแห่งประเทศไทย.
- นภาพร พันธุ์กมลศิลป์. 2558. คิดเหมือนกัน แต่ไม่เหมือนกัน ความจริงต้องรู้. *เกษตรกรรม* 2 (8): 20-22.
- นวลประคัล ไชยตะขบ. 2559. การผลิตองุ่นพันธุ์ Perlette ภายใต้หลังคาพลาสติกที่ขนาดความหนาต่างกัน. *วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์* 3 (1): 43-48.
- บุญยง สุขโต. 2542. การศึกษาศักยภาพพื้นที่เพื่อใช้ในการปลูกองุ่นทำไวน์ในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยมหิดล.
- ไพรัตน์ พรหมชน. 2561. ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตองุ่นรับประทานสด: การวิเคราะห์เบื้องต้น. *วารสารสยามวิชาการ* 19 (2): 1-13.
- ยุทธ ไกยวรรณ. 2556. *การวิเคราะห์สถิติหลายตัวแปรสำหรับงานวิจัย*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ระบบสารสนเทศการผลิตทางการเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร. 2559. สถานการณ์การปลูกองุ่น ปี 2558.
<http://www.agriinfo.doae.go.th/year59/plant/rortor/fruit2/grape.pdf> (15 พฤษภาคม 2559).
- รวงคณา สารพันธ์ และสุรินทร์ อ้นพรม. 2559. การรับรู้และยุทธศาสตร์การปรับตัวตามการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของชุมชนบนพื้นที่สูง: กรณีศึกษาหมู่บ้านปางยาง ตำบลภูคา อำเภอปัว จังหวัดน่าน. ใน *รายงานการประชุมการป่าไม้ ประจำปี พ.ศ. 2559 เศรษฐกิจเชิงนิเวศบนฐานการป่าไม้*. น. 161-171. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วัฒนา สวรรยาธิปติ. 2561. การปลูกองุ่น. http://eto.ku.ac.th/neweto/e-book/plant/tree_fruit/grape.pdf (3 ธันวาคม 2561).
- สมพร คุณวิจิต, ยุพิน รามณีย์ และบัญชา สมบูรณ์สุข. 2558. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับวิถีชีวิตของมนุษย์ : ศึกษาผลกระทบและการปรับตัวของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา. คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2561. ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าสินค้าเกษตรและอาหาร ปี 2559.
http://impexp.oae.go.th/service/report_product01.php?S_YEAR=2561&i_type=1&PRODUCT_ID=1273&wf_search=&WF_SEARCH=Y#export (3 ธันวาคม 2561).
- สุภาวดี จันทนป. 2560. ประสิทธิภาพทางเทคนิคการผลิตของเกษตรกร ตำบลพังทวย อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น โดยวิธี Stochastic Frontier Production Approach. *แก่นเกษตร* 45 (2): 307-312.
- หทัยชนก มากมิ่งจวน. 2554. ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเข้าร่วมโครงการฟาร์มกึ่งอย่างยั่งยืนของสมาชิกชมรมผู้เลี้ยงกุ้งสุราษฎร์ธานี. วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.
- อรรถชัย จินตะเวช. 2560. การผลิตข้าวไทยอย่างแม่นยำภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและสังคม: จะร่วมมือวิจัยพัฒนาและนำไปให้เป็นระบบอย่างไร?. *แก่นเกษตร* 45 (1): 186-196.
- Cochran, W. G. 1963. *Sampling Technique*. 2nd edition. New York: John Wiley and Sons Inc.
- Stevens, J. 1992. *Applied multivariate statistics for the social science*. 2nd edition. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associate.

วันรับบทความ (Received date) : 7 ส.ค. 61

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 17 ม.ค. 62

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 5 มี.ค. 62

การตอบสนองของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนา ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนต่อการจัดการธาตุอาหาร เฉพาะพื้นที่ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์

Response of Maize Planted after Rice Harvesting to Site-Specific Nutrient Management with Organic Fertilizer at Kamphaeng Saen

ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย¹ พิชญา คณะชัย¹ จิรวัดน์ พุ่มเพชร¹ และศิริสุดา บุตรเพชร¹
Tawatthai Inboonchuay¹, Pitchaya Kane¹, Jirawat Phumpetch¹ and Sirisuda Bootpetch¹

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศที่รุนแรงขึ้นโดยเฉพาะภัยแล้ง รวมทั้งการจัดการธาตุอาหารไม่เหมาะสมทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้ประสิทธิภาพการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลดลง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่ร่วมกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ต่อการตอบสนองของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกหลังนาในชุดดินกำแพงแสน โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ 9 ตำรับการทดลอง พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าปริมาณธาตุอาหารหลักของข้าวโพดที่ติดไปกับผลผลิต ส่งผลให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือก (2,134.55 กก./ไร่) น้ำหนักฝักเปลือก (1,736.28 กก./ไร่) น้ำหนักเปลือก (398.26 กก./ไร่) และน้ำหนักเมล็ด (1,491.22 กก./ไร่) สูงที่สุด รองลงมาคือการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ (น้ำหนักฝักทั้งเปลือก 2,070.20 กก./ไร่ น้ำหนักฝักเปลือก 1,723.94 กก./ไร่ และน้ำหนักเมล็ด 1,464.72 กก./ไร่) นอกจากนี้การจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ มีผลให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนในเมล็ดสูงที่สุด ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบและเมล็ดอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในลำต้นสูงที่สุด อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยเคมีทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ส่งผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินหลังปลูก มีปริมาณสูงขึ้นเมื่อเทียบกับดินก่อนปลูก ที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าปริมาณธาตุอาหารหลักของข้าวโพดที่ติดไปกับผลผลิต สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตและผลตอบแทนของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สูงที่สุด (10,461.24 บาท/ไร่)

คำสำคัญ: ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ ชุดดินกำแพงแสน ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์

Abstract

At present, maize production is being affected by various aspects of worsening climate change, especially drought. Drought in combination with improper nutrient management during maize production not only results in increased product costs but also leads to reduced productivity. Therefore, the objective of this study was to investigate the effects of nutrient management and organic fertilizer on the response of maize that was grown in fields in Kamphaeng Saen from which rice had just been harvested. Randomized complete block design (RCBD) with 4 replications and 9 treatments were used. It was found that the application of chemical fertilizer based on crop removal tended to give the highest values for ear weight (2,134.55 kg/rai), ear without husk weight (1,736.28 kg/rai), husk weight (398.26 kg/rai) and grain weight (1,491.22 kg/rai). Next best was the application of chemical fertilizers based on soil analysis combined with organic fertilizer, and this system produced values of ear weight (2,070.20 kg/rai), ear without husk weight (1,723.94 kg/rai), and grain weight (1,464.72 kg/rai). In addition, site-specific nutrient management alone, or in combination with organic fertilizer, resulted in the highest N concentration in the grains and P concentration in the leaves. The highest K concentration was found in the stems. However, the use of chemical fertilizers alone or in combination with organic fertilizers also increased the concentrations of OM, Available P, Exchangeable K, Ca and Mg in soil after planting compared with levels in the soil before planting to a 20 cm depth. Finally, the application of chemical fertilizer based on crop removal increased yield and gave the highest economic return for maize production (10,461.24 Baht/rai).

Keywords: maize, chemical fertilizer, organic fertilizer, Kamphaeng Saen soil series, economic return

¹ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

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

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

คำนำ

ในปัจจุบันความต้องการใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้มีความต้องการที่จะนำเข้าในปริมาณที่มากขึ้น โดยในปี 2561 ประเทศไทยมีปริมาณการนำเข้าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มากถึง 153,662 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561) ดังนั้นแนวทางที่จะเพิ่มปริมาณการผลิตข้าวโพดที่มีคุณภาพให้เพียงพอต่อความต้องการคือการขยายพื้นที่ปลูกข้าวโพดในพื้นที่ที่มีศักยภาพในการผลิต โดยเฉพาะพื้นที่นาหลังเก็บเกี่ยวข้าว (สมชาย บุญประดับ, 2541) ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายของรัฐบาลที่ส่งเสริมให้เกษตรกรลดพื้นที่การทำนาปรัง โดยเฉพาะพื้นที่นาในเขตชลประทานเนื่องจากปัญหาการขาดแคลนน้ำสำหรับการเกษตรกรรมในฤดูแล้ง ในขณะเดียวกันคุณภาพข้าวที่ได้ค่อนข้างต่ำ ราคาไม่ดี ประกอบกับมีการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและหอยเชอรี่ในนาข้าว ทำให้ความเสียหายให้แก่พื้นที่ปลูกข้าวเป็นจำนวนมาก (Boonpradub et al., 1998) ดังนั้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์นับว่ามีศักยภาพที่จะใช้ปลูกในฤดูแล้งหลังเก็บเกี่ยวข้าว เนื่องจากใช้น้ำน้อยกว่าการทำนา และให้ผลตอบแทนสูง (สมชาย บุญประดับ, 2538; Granados et al., 1994)

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในพื้นที่นาที่ผ่านมายังคงให้ผลผลิตอยู่ในเกณฑ์ต่ำ (Eskasingh et al., 2003) เมื่อเปรียบเทียบกับศักยภาพในการให้ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในช่วงฤดูแล้ง ทำให้เกษตรกรมีผลตอบแทนค่อนข้างต่ำ สาเหตุหนึ่งอาจเกิดจากการนำผลผลิตออกไปจากพื้นที่ (crop removal) ส่งผลให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ลดลง กอบเกียรติ โปศาลเจริญ และคณะ (2551) พบว่า ธาตุอาหารที่สูญเสียออกไปกับผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 2 ที่ปลูกในชุดดินังสะพุง ประกอบด้วยไนโตรเจน 13.1 กก./ไร่ ฟอสฟอรัส 7.7 กก./ไร่ และ โพแทสเซียม 5.4 กก./ไร่ ในขณะที่ Matsumoto et al. (2002) พบว่าการปลูกข้าวโพดในดินร่วนปนทราย จังหวัดขอนแก่น ทำให้ไนโตรเจนสูญเสียไปจากพื้นที่ 6.24 กก./ไร่/ปี นอกจากนี้ หลังจากเก็บเกี่ยวข้าวโพดแล้วมีการปลูกพืชตามโดยไม่มีการจัดการปุ๋ยอย่างเหมาะสมก็เร่งให้ดินเสื่อมโทรมเร็วขึ้น ในขณะเดียวกัน เกษตรกรบางพื้นที่ยังยึดติดกับการใช้ปุ๋ยเคมีแบบเดิม ๆ และใช้ปุ๋ยตามคำแนะนำจากหน่วยงานภาครัฐซึ่งเป็นคำแนะนำแบบกว้าง ๆ ไม่จำเพาะในแต่ละชุดดิน ทำให้บางครั้งมีการใช้ปุ๋ยเคมีมากเกินไปจนความจำเป็น (ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และ ประทีป วีระพัฒนนิรันดร์, 2559) ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตของข้าวโพดเพิ่มสูงขึ้น ในปัจจุบันการใช้ปุ๋ยตามเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินถือเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยให้เกษตรกรลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีลงได้ สุภาภรณ์ ล้วนมณี และคณะ (2558) ชี้ให้เห็นว่าการใช้ปุ๋ยเคมีในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกบนชุดดินตาคลี ให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุนมากที่สุด เมื่อใช้ปุ๋ยที่ให้ปริมาณธาตุอาหาร 10-5-2.5 กก./ไร่ เนื่องจากดินในแต่ละพื้นที่มีความอุดมสมบูรณ์และมีปริมาณธาตุอาหารแตกต่างกัน จึงจำเป็นต้องประเมินสมบัติเบื้องต้นของดิน ขณะที่ วีระพงษ์ พรหมสวัสดิ์ (2553) ศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 999 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน ในด้านผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ระยะเก็บเกี่ยว พบว่า การใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับยิปซัมมีผลให้จำนวนฝักสมบูรณ์ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มากที่สุด ในขณะที่ค่าควบคุมมีผลให้จำนวนฝักสมบูรณ์ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ต่ำที่สุด นอกจากนี้ ควรใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์ช่วยปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินให้ร่วนซุยระบายน้ำหรือดูดซับน้ำได้ดี อีกทั้งยังช่วยเพิ่มปริมาณธาตุอาหารพืชที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ส่งผลให้พืชมีผลผลิตและคุณภาพดีขึ้น (ประเสริฐ สองเมือง, 2543; สมปอง หมั่นแจ้ง และคณะ, 2549)

ปัจจุบันมีคำแนะนำการใช้ปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ รวมทั้งคำแนะนำที่เป็นซอฟต์แวร์ประยุกต์ (application software) จากหน่วยงานภาครัฐ ได้แก่ การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ปุ๋ยสั่งตัด ปุ๋ยรายแปลง รวมถึงการใช้ปุ๋ยตามปริมาณธาตุอาหารที่ติดไปกับผลผลิต ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการตอบสนองของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนาต่อการจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่ในรูปแบบต่าง ๆ ในชุดดินกำแพงแสน ซึ่งดินนี้ได้แพร่กระจายเป็นบริเวณกว้างบริเวณด้านตะวันตกของที่ราบลุ่มภาคกลาง มีศักยภาพทางการเกษตรค่อนข้างสูง อีกทั้งยังเป็นแนวทางในการเลือกใช้เทคโนโลยีการจัดการธาตุอาหารสำหรับการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่เหมาะสมแก่เกษตรกร ทดแทนการทำนาปรัง และปรับปรุงประสิทธิภาพการจัดการธาตุอาหารพืชให้ได้ผลตอบแทนสูงสุดเพื่อการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนาอย่างยั่งยืนต่อไป

วิธีการศึกษา

ศึกษาผลการตอบสนองของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนา ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนภายใต้การจัดการจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ รวมทั้งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินบางประการ ในช่วงเดือนมกราคม-เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2561 ณ แปลงทดลองของภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม ซึ่งเป็นชุดดินกำแพงแสน (Kamphaeng Saen soil series, Ks; Typic Haplustalfs; fine-silty, mixed, semiactive, isohyperthermic (Soil Survey Staff, 2003) งานทดลองนี้ประกอบด้วย 36 แปลงย่อย แต่ละแปลงย่อยมีขนาดกว้าง 4.0 เมตร และยาว 4.0 เมตร จำนวน 7 แถว มีระยะห่างระหว่างแถว 0.60 เมตร โดยปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์แปซิฟิก 339 เก็บข้อมูลผลผลิตของข้าวโพดเฉพาะ 3 แถวกลาง เว้นหัวและท้ายแถวประมาณ 0.5 เมตร โดยมีพื้นที่เก็บเกี่ยวในแต่ละแปลงย่อยเท่ากับ 2.0×2.0 ตารางเมตร วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block จำนวน 4 ซ้ำ 9 ดำรับทดลอง โดยรายละเอียดของดำรับทดลอง ได้แสดงไว้ใน Table 1 ดำเนินการเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกและหลังปลูกในแต่ละแปลงย่อยที่ระดับความลึก 0-20 ซม. เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน โดยใช้วิธีมาตรฐาน (Nation Soil Survey Center, 1996) ประกอบด้วย การกระจายของอนุภาคดิน โดยวิธีไฮโดรเมตริก พีเอชดิน โดยใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ เท่ากับ 1:1 สภาพการนำไฟฟ้าที่สกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (electrical conductivity: ECe) อินทรีย์คาร์บอน โดยวิธี Walkley and Black titration อินทรีย์วัตถุ คำนวณจากอินทรีย์คาร์บอนคูณด้วย 1.724 ไนโตรเจนรวม โดยวิธี Kjeldahl method ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โดยวิธี Bray II โพแทสเซียมและเบสที่แลกเปลี่ยนได้โดยสกัดด้วย 1 M NH_4OAc pH 7.0

การผลิตปุ๋ยอินทรีย์เพื่อการค้าไดมอนต์ทรี เครื่องหมายการค้าตราฟุ่มเพชรเขียว วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตได้แก่ มูลเป็ด มูลไก่ และโดโลไมต์ อัตราส่วนเท่ากับ 40:40:20 มีกระบวนการผลิตโดยเริ่มจากนำมูลเป็ดและมูลไก่ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน ทำการหมักไว้กลางแจ้งเป็นระยะเวลา 3-6 เดือน และทำการกลับกองปุ๋ยหมัก ทุก ๆ 15 วัน จากนั้นนำปุ๋ยหมักที่ได้ผสมคลุกเคล้ากับโดโลไมต์ พร้อมทำการฉีดพ่นน้ำเป็นฝอยเพื่อให้ปุ๋ยมีความชื้น หลังจากนั้นลำเลียงปุ๋ยหมักเข้าเครื่องอัดเม็ด เม็ดปุ๋ยที่ได้จะถูกลำเลียงไปยังท่ออบร้อนและท่ออบเย็น แล้วถูกลำเลียงไปยังตะแกรงคัดเม็ด เม็ดที่ได้ขนาดจะถูกบรรจุลงในกระสอบ ส่วนเม็ดที่ไม่ได้ขนาดจะถูกนำกลับไปผสมใหม่ จากนั้นทำการวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์ตามมาตรฐาน ได้แก่ pH (ปุ๋ย:น้ำ เท่ากับ 1:2) AOAC (2000) สภาพการนำไฟฟ้า (electrical conductivity: EC) (ดิน:น้ำ เท่ากับ 1:10) (Jackson, 1958) อินทรีย์วัตถุ (organic matter, OM) โดยวิธี Walkley-Black (Walkley and Black, 1934) ไนโตรเจน (total N) โดยวิธี Kjeldahl Method ฟอสฟอรัส (total P_2O_5) โดยการย่อยด้วยกรด $\text{HClO}_4:\text{HNO}_3$ (1:1) จากนั้นทำให้เกิดสีด้วยสารละลาย ammonium metavanadate วัดความเข้มข้นด้วยเครื่อง spectrophotometer และโพแทสเซียม (total K_2O) โดยการย่อยด้วยกรด $\text{HClO}_4:\text{HNO}_3$ (1:1) (AOAC, 2000) แคลเซียม (total Ca) และแมกนีเซียม (total Mg) (AOAC, 1990) (Table 2) ซึ่งปุ๋ยอินทรีย์มีสมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารตรงตามข้อกำหนดมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร (กรมวิชาการเกษตร, 2557) จากผลการวิเคราะห์สภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินชั้นพื้นฐานของพื้นที่ทดลองซึ่งจำแนกตามข้อกำหนดที่ใช้ในการประเมินระดับสมบัติทางเคมีและการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน (เอิบ เขียวรัตน์ธม, 2548; Soil Survey Division Staff, 1993) พบว่า ดินมีความเป็นด่างปานกลาง (pH 7.9) ปริมาณอินทรีย์วัตถุปานกลาง (2.1%) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงมาก (78.5 มก./กก.) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงมาก (161.8 มก./กก.) (Table 1) จากคำดังกล่าวนำมากำหนดอัตราปุ๋ยตามความต้องการของพืช ได้แก่ ดำรับการทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ย ดำรับการทดลองที่ 2 ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตรา 10-5-5 กก. $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$ /ไร่ (กรมวิชาการเกษตร, 2553) ดำรับการทดลองที่ 3 ปุ๋ยสังเคราะห์อัตรา 8-1.5-2 กก. $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$ /ไร่ โดยใช้โปรแกรม Simcorn (ทัศนีย์, 2555) ดำรับการทดลองที่ 4 ปุ๋ยรายแปลงอัตรา 5-0.1-0.06 กก. $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$ /ไร่ โดยใช้โปรแกรม Onfarm Thai LDD (กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน, 2553) ดำรับการทดลองที่ 5 ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าปริมาณธาตุอาหารหลักของข้าวโพดที่ติดไปกับผลผลิตคือ 15.6-2.9-3.8 กก. $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$ /ไร่ (ยงยุทธ โสสถสภา และคณะ, 2554) และคาดการณ์ปริมาณผลผลิตที่ 1,000 กก./ไร่ ขณะที่ดำรับการทดลองที่ 6 ถึง 9 เป็นการใส่ปุ๋ยเคมีรูปแบบต่าง ๆ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 50 กก./ไร่ ซึ่งผลวิเคราะห์สมบัติทางเคมีตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ (กรมวิชาการเกษตร, 2557) (Table 2)

Table 1 Initial properties of soil and organic fertilizer used in this experiment.

Properties	Values	Interpretation	Properties	Organic fertilizer	Standard*
pH (1:1)	7.95	Moderately alkaline	pH (1:2)	6.93	5.5-8.5
ECe (dS/m)	0.61	Non-saline	EC (1:10 dS/m)	4.23	<10
Organic matter (%) ^{1/}	2.10	Moderate	Organic matter (%)	25.51	≥20
Total N (%) ^{2/}	0.05	Very low	Total N (%)	0.74	≥1.0
Avai. P (mg/kg) ^{3/}	78.52	Very high	Total P ₂ O ₅ (%)	1.34	≥0.5
Exch. K (mg/kg) ^{4/}	161.88	Very high	Total K ₂ O (%)	1.00	≥0.5
Exch. Ca (mg/kg) ^{4/}	1274.11	High	Total Mg (%)	1.01	
Exch. Mg (mg/kg) ^{4/}	197.81	High	Total Ca (%)	0.85	
Texture (%) ^{5/}	-	Loamy sand			

Remark: ^{1/} = Walkley and Black method (Walkley and Black, 1934),

^{2/} = Kjeldahl method (Jackson, 1965),

^{3/} = Bray II method (Bray and Kurtz, 1945),

^{4/} = Extracted with NH₄OAc pH 7.0 (Pratt, 1965),

^{5/} = Pipette method (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548).

* กรมวิชาการเกษตร (2557).

เตรียมดินโดยใช้รถแทรกเตอร์และปรับพื้นที่ปลูกให้เป็นร่อง ซึ่งมีสันร่องสูงประมาณ 20 ซม. จากนั้น ปลูกข้าวโพด โดยหยอดเมล็ดหลุมละ 2-3 เมล็ด ซึ่งแต่ละหลุมห่างกัน 0.35 เมตร เมื่อข้าวโพดอายุได้ 15 วัน ถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อหลุม ใส่ปุ๋ยเคมี ได้แก่ ยูเรีย (46-0-0; 46%N) ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (18-46-0; 46%P₂O₅) และโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60; 60%K₂O) โดยแบ่งใส่ปุ๋ยยูเรีย 2 ครั้ง ครั้งละครึ่งอัตราในแต่ละครั้งรับทดลอง เมื่อข้าวโพดมีอายุได้ 20 และ 40 วันหลังปลูก ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1 ครั้งต่ออายุ 20 วันหลังปลูก จากนั้นใช้จอบสับและคลุกเคล้าวัสดุผสมดังกล่าวให้เข้ากับดิน

ทำการเก็บข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยสุ่มเก็บตัวอย่างพืช 8 ต้นต่อแปลงย่อย ได้แก่ น้ำหนักฝักทั้งเปลือก น้ำหนักฝักเปลือก น้ำหนักเมล็ด น้ำหนักชัง และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด จากนั้นแยกชีวมวล ส่วนเหนือดินเป็น 5 ส่วน คือ เมล็ด ชัง เปลือก ลำต้น และใบของข้าวโพด นำไปวิเคราะห์ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งหมด นำข้อมูลผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และความเข้มข้นของธาตุอาหารวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance) พร้อมทั้งเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% การคำนวณผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์โดยใช้อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio: BCR) สามารถนำมาใช้เพื่อพิจารณามูลค่าผลตอบแทนที่มีมากกว่าหรือน้อยกว่ามูลค่าต้นทุน โดยการจัดการธาตุอาหาร เฉพาะพื้นที่ที่เหมาะสมต้องมีค่า BCR มากกว่า 1 หมายความว่า ผลตอบแทนที่ได้จากการลงทุนจะมีมากกว่าต้นทุนที่ต้องเสียไป หรืออย่างน้อยที่สุดเท่ากับ 1 หมายความว่า ผลตอบแทนที่ได้จากการลงทุนมีค่าเท่ากับค่าใช้จ่ายที่เสียไปพอดี (จรัญธรร บุญญานุภาพ และคณะ, 2561) โดยที่

$$BCR = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}}$$

Table 2 Detail of treatments.

Treatments	Describes	Symbols	(Kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai)
T1	Control	Control	0-0-0
T2	Chemical fertilizer based on soil analysis (DOA) ^{1/}	IF _{DOA}	10-5-5
T3	Tailor made fertilizer ^{2/}	TMF	8-1.5-2
T4	Onfarm Thai LDD ^{3/}	IF _{LDD}	5-0.1-0.06
T5	Chemical fertilizer based on crop removal ^{4/}	IF _{CR}	15.6-2.9-3.8
T6	Chemical fertilizer based on soil analysis (DOA) + organic fertilizer of 50 kg/rai	IF _{DOA} + OF	10.4-5.8-5.5
T7	Tailor made fertilizer + organic fertilizer of 50 kg/rai	TMF + OF	8.4-2.3-2.5
T8	Onfarm Thai LDD + organic fertilizer of 50 kg/rai	IF _{LDD} + OF	5.4-0.9-0.56
T9	Chemical fertilizer based on crop removal + organic fertilizer of 50 kg/rai	IF _{CR} + OF	16.0-3.7-4.3

Remark: ^{1/} กรมวิชาการเกษตร (2553), ^{2/} ทศนิยม อัตราต้นทุน (2555), ^{3/} กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน (2553), ^{4/} Estimating fertilizer rates based on crop nutrient removal (N, P and K) in maize grain after harvest (15.6-2.9-3.8 kg N-P₂O₅-K₂O/rai) (ยังยุทธ โสภสสภ และคณะ, 2554).

ผลการศึกษาและวิจารณ์

องค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

การจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่รูปแบบต่าง ๆ ส่งผลให้องค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แตกต่างกันทางสถิติ พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าปริมาณธาตุอาหารหลักของข้าวโพดที่ติดไปกับผลผลิต (IF_{CR}) ส่งผลให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือก (2,134.55 กก./ไร่) น้ำหนักฝักเปลือก (1,736.28 กก./ไร่) น้ำหนักเปลือก (398.26 กก./ไร่) และน้ำหนักเมล็ดสูงที่สุด (1,491.22 กก./ไร่) รองลงมาคือ การใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ (IF_{DOA} + OF) และการใส่ปุ๋ยเคมีตามปริมาณธาตุอาหารที่ติดไปกับผลผลิตร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ (IF_{CR} + OF) อย่างไรก็ตาม มีข้อสังเกตว่าการใส่ปุ๋ยเคมีรูปแบบต่าง ๆ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์มีผลให้น้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับงานวิจัยของ Ripusudan et al. (2000) ชัยสิทธิ์ ทองจุ และปจรรย์ แนนนา (2552) และชัยวัฒน์ วงษ์ไร และคณะ (2558) ทั้งนี้เป็นไปได้ว่าปุ๋ยเคมีสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารให้กับข้าวโพดได้อย่างรวดเร็ว (อุไรวรรณ ทองแกมแก้ว และคณะ, 2561) ในระยะแรกของการเจริญเติบโต ขณะที่ปุ๋ยอินทรีย์จะปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาอย่างช้า ๆ ซึ่งสอดคล้องกับกิจกรรมการย่อยสลายของจุลินทรีย์ดิน โดยกิจกรรมการย่อยสลายของจุลินทรีย์ดินจะสูงที่สุดเมื่อมีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ และเมื่อเวลาผ่านไปกิจกรรมการย่อยสลายจะค่อย ๆ ลดลง ในขณะที่ปริมาณธาตุอาหารที่ปลดปล่อยออกมาจากปุ๋ยจะมีค่าต่ำที่สุดเมื่อเริ่มใส่ปุ๋ย เมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่งจึงจะเริ่มมีการปลดปล่อยธาตุอาหารออกมา และการปลดปล่อยธาตุอาหารนี้จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ให้พืชดูดใช้ได้ (พัชร์เพ็ญ ภูมิพันธ์ และคณะ, 2560) และยังส่งผลให้สมบัติทางกายภาพของดินดีขึ้นอีกด้วย (ธนสมณท์ กุลการณย์เลิศ และคณะ, 2561; อุไรวรรณ ทองแกมแก้ว และคณะ, 2561) นอกจากนี้ดินที่ใช้ในการทดลองเป็นดินเนื้อหยาบ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์อาจช่วยลดการสูญเสียธาตุอาหารโดยการชะล้างไปจากดินและเพิ่มความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารได้สูงขึ้น (บัญญัติ รัตน์, 2552)

Table 3 Effects of fertilizer application on grain yield and yield components of maize.

Treatments	Ear weight (kg/rai)	Ear without husk weight (kg/rai)	Husk weight (kg/rai)	Cob weight (kg/rai)	Grain weight (kg/rai)	1,000 Grain weight (kg/rai)
Control	1,749.64 ^b	1,376.74 ^b	372.90 ^a	128.82 ^b	1,247.91 ^{abc}	321.73 ^a
IF _{DOA}	1,898.02 ^{ab}	1,524.96 ^{ab}	373.05 ^a	166.95 ^{ab}	1,358.01 ^{abc}	295.65 ^{ab}
TMF	1,708.91 ^b	1,366.15 ^b	342.76 ^{ab}	245.35 ^a	1,120.79 ^c	278.60 ^b
IF _{LDD}	1,744.76 ^b	1,390.95 ^b	353.80 ^{ab}	174.69 ^{ab}	1,216.26 ^{abc}	280.56 ^b
IF _{CR}	2,134.55 ^a	1,736.28 ^a	398.26 ^a	245.06 ^a	1,491.22 ^a	321.20 ^a
IF _{DOA} + OF	2,070.20 ^{ab}	1,723.94 ^a	356.25 ^{ab}	259.21 ^a	1,464.72 ^{ab}	307.50 ^{ab}
TMF + OF	1,730.78 ^b	1,347.03 ^b	383.74 ^a	165.22 ^{ab}	1,181.80 ^{bc}	297.50 ^{ab}
IF _{LDD} + OF	1,777.68 ^{ab}	1,583.26 ^{ab}	191.42 ^b	268.52 ^a	1,314.73 ^{abc}	280.70 ^b
IF _{CR} + OF	1,946.59 ^{ab}	1,640.32 ^{ab}	306.26 ^{ab}	192.92 ^{ab}	1,447.39 ^{ab}	309.03 ^{ab}
F-test ^{1/}	**	**	**	**	**	**
CV (%)	11.49	13.33	26.90	15.65	13.30	7.04

^{1/}Mean within the same column followed by some letter indicated no statistical difference using DMRT.

** = Significant difference at 99% level of confidence.

ความเข้มข้นของธาตุอาหารในองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าปริมาณธาตุอาหารหลักของข้าวโพดที่ติดไปกับผลผลิต (IF_{CR}) ส่งผลให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนที่สะสมในเมล็ด (0.86%) สูงที่สุด (Table 4) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่มีอัตราสูงกว่าค่ารับการทดลองอื่น ๆ ซึ่งพืชส่วนใหญ่เมื่อมีการเจริญเติบโตจนกระทั่งให้เมล็ดแล้ว ไนโตรเจนในส่วนต่าง ๆ ของพืชจะเคลื่อนย้ายมาอยู่ในส่วนของเมล็ดเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากเป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน คลอโรฟิลล์ กรดนิวคลีอิก และเอนไซม์ในพืช ช่วยในการเพิ่มปริมาณโปรตีนและผลผลิตพืชที่ให้เมล็ดและผล (ยงยุทธ โสสถสภา, 2543) รองลงมาคือ การใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ (IF_{DOA} + OF) ในขณะที่ค่าควบคุม (control) มีผลให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนที่สะสมในเมล็ดต่ำที่สุด อย่างไรก็ตามการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์มีแนวโน้มให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว อาจเนื่องจากการย่อยสลายปลดปล่อยธาตุอาหารจากปุ๋ยอินทรีย์จึงทำให้มีการสะสมของไนโตรเจนในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มากขึ้น การใช้ปุ๋ยสังเคราะห์ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ (TMF + OF) ส่งผลให้ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่สะสมในลำต้น (0.21%) และเมล็ด (0.18%) สูงที่สุด ฟอสฟอรัสช่วยในการออกดอกและสร้างเมล็ดของพืชจึงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงที่เมล็ดสะสมแป้ง (ยงยุทธ โสสถสภา, 2543) ซึ่ง Ghosh et al. (2010) รายงานว่า การใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยคอกมีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น เนื่องจากปุ๋ยคอกเมื่อสลายตัวแล้วจะให้ organic ligand จึงช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสต่อพืช ในขณะที่การใช้ปุ๋ยสังเคราะห์ (TMF) ส่งผลให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่สะสมในลำต้นสูงที่สุด (2.17%) ทั้งนี้เนื่องจากส่วนใหญ่โพแทสเซียมจะสะสมในลำต้นและใบข้าวโพด (หริ่ง มีสวัสดิ์, 2540; กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ และคณะ, 2551) รองลงมาคือการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ (2.02%) และปุ๋ยรายแปลงร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ (2.02%) อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักในใบข้าวโพดที่ระยะเก็บเกี่ยวอยู่ในระดับวิกฤติขาดแคลน (Reuter and Robinson, 1997) อาจเนื่องจากพื้นที่ทดลองเป็นดินเนื้อหยาบทำให้ง่ายต่อการสูญเสียธาตุอาหารจากการชะล้าง

Table 4 Concentration of N, P and K in stem, leaf, husk, cob and grain of maize at maturity stage.

Treatments	Total N (%)					Total P (%)					Total K (%)				
	Stem	Leaf	Husk	Cob	Grain	Stem	Leaf	Husk	Cob	Grain	Stem	Leaf	Husk	Cob	Grain
Control	0.11 ^b	0.37 ^a	0.12	0.21 ^a	0.71 ^b	0.18 ^{ab}	0.157	0.023	0.018 ^{ab}	0.165	1.99 ^{ab}	0.28	0.43	0.018 ^{ab}	0.42 ^{ab}
IF _{DOA}	0.16 ^a	0.39 ^a	0.14	0.18 ^{ab}	0.79 ^{ab}	0.14 ^{ab}	0.162	0.025	0.014 ^{ab}	0.167	1.76 ^b	0.34	0.51	0.014 ^{ab}	0.42 ^{ab}
TMF	0.13 ^{ab}	0.37 ^a	0.14	0.17 ^{ab}	0.79 ^{ab}	0.16 ^{ab}	0.167	0.028	0.009 ^b	0.179	2.17 ^a	0.32	0.42	0.009 ^b	0.42 ^{ab}
IF _{LDD}	0.12 ^{ab}	0.12 ^b	0.13	0.17 ^{ab}	0.72 ^{ab}	0.20 ^{ab}	0.184	0.026	0.014 ^{ab}	0.165	1.84 ^{ab}	0.23	0.43	0.014 ^{ab}	0.42 ^{ab}
IF _{CR}	0.13 ^{ab}	0.43 ^a	0.14	0.18 ^{ab}	0.86 ^a	0.10 ^b	0.180	0.011	0.012 ^{ab}	0.166	1.83 ^{ab}	0.39	0.45	0.012 ^{ab}	0.39 ^b
IF _{DOA} + OF	0.11 ^b	0.40 ^a	0.14	0.18 ^{ab}	0.82 ^{ab}	0.13 ^{ab}	0.173	0.014	0.017 ^{ab}	0.167	2.02 ^{ab}	0.37	0.46	0.017 ^{ab}	0.40 ^{ab}
TMF + OF	0.12 ^{ab}	0.41 ^a	0.15	0.15 ^b	0.76 ^{ab}	0.21 ^a	0.171	0.014	0.016 ^{ab}	0.187	1.86 ^{ab}	0.31	0.41	0.016 ^{ab}	0.44 ^a
IF _{LDD} + OF	0.11 ^b	0.41 ^a	0.13	0.16 ^{ab}	0.77 ^{ab}	0.14 ^{ab}	0.163	0.012	0.014 ^{ab}	0.169	2.02 ^{ab}	0.36	0.49	0.014 ^{ab}	0.40 ^b
IF _{CR} + OF	0.13 ^{ab}	0.45 ^a	0.14	0.20 ^{ab}	0.76 ^{ab}	0.12 ^{ab}	0.167	0.010	0.020 ^a	0.168	1.87 ^{ab}	0.33	0.49	0.020 ^a	0.39 ^b
F-test	*	**	ns	*	*	**	ns	ns	*	ns	*	ns	ns	*	*
CV (%)	22.11	28.26	18.90	17.35	12.36	37.76	13.72	60.38	38.58	8.04	13.21	35.43	13.46	35.58	6.66

^{1/} Mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using DMRT.

** = Significant difference at 99% level of confidence.

* = Significant difference at 95% level of confidence.

ns = no statistical difference.

การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของดินหลังปลูกที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตร

การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินหลังปลูกที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 5) อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่าง ๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์มีแนวโน้มให้ค่า pH ของดินต่ำกว่าค่าควบคุม ทั้งนี้เป็นไปได้เนื่องจากปุ๋ยเคมีที่ใช้เป็นปุ๋ยยูเรียซึ่งเมื่อใส่ลงไปในดิน อาจให้ผลตกค้างของความเป็นกรดเกิดขึ้นกับดินได้ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) อย่างไรก็ตาม ค่า pH ที่เปลี่ยนแปลงจะอยู่ในระดับเป็นกลางถึงเป็นด่างเล็กน้อย (Soil Survey Division Staff, 1993) นอกจากนี้การจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่รูปแบบต่าง ๆ ยังส่งผลให้ทุกตำรับการทดลองมีปริมาณธาตุอาหารสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับดินก่อนการทดลอง ขณะที่ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินไม่แตกต่างจากดินก่อนการทดลอง อย่างไรก็ตาม การดูดใช้ธาตุอาหารของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นสาเหตุหนึ่งในการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดิน เนื่องจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จำเป็นต้องใช้ธาตุอาหารในระยะที่มีการเจริญเติบโตทางลำต้น โดยเฉพาะไนโตรเจน (N) และฟอสฟอรัส (P) ในขณะที่โพแทสเซียม (K) มีการสูญเสียอย่างมาก สอดคล้องกับรายงานของเกษม สุขสถาน และคณะ (2527) และ พรทิศา คล้ายเดช (2557) ที่พบว่า ปัญหาการขาดธาตุโพแทสเซียมไม่รุนแรงเหมือนธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัส แม้ว่าข้าวโพดต้องการโพแทสเซียมสูงก็ตาม ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จะใช้โพแทสเซียมในปริมาณมากในช่วงออกไหมจนถึงระยะแก่เต็มที่เท่านั้น โดยส่วนใหญ่จะสะสมที่ลำต้นและเมล็ด

Table 5 Chemical properties of soil after planting at depth 0-20 cm.

Treatments	pH (1:1)	EC _e (dS/m)	OM (%)	TN (%)	Avai.P Exch.K Exch.Ca Exch.Mg (mg/kg)			
					Avai.P	Exch.K	Exch.Ca	Exch.Mg
Control	7.71	0.068	2.18	0.068	74.00	257.04	2805.55	303.87
IF _{DOA}	7.59	0.084	2.10	0.068	90.16	269.15	2752.82	330.89
TMF	7.59	0.084	2.21	0.064	85.00	264.84	3383.80	294.09
IF _{LDD}	7.30	0.078	2.13	0.065	83.55	241.15	2644.66	321.61
IF _{CR}	7.61	0.082	2.12	0.064	72.46	277.89	3077.70	312.92
IF _{DOA} + OF	7.50	0.098	2.22	0.064	88.75	268.11	3118.82	296.12
TMF + OF	7.68	0.081	2.08	0.063	89.76	251.51	2545.08	299.15
IF _{LDD} + OF	7.60	0.076	2.19	0.061	79.43	277.06	2588.75	303.04
IF _{CR} + OF	7.55	0.080	2.00	0.066	63.84	250.34	3013.26	299.19
F-test ^{1/}	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	2.94	18.20	7.76	11.03	22.28	14.46	15.32	7.06

^{1/} Mean within the same column followed by some letter indicated no statistical difference using DMRT.

ns = no statistical difference.

ผลตอบแทนหลังหักต้นทุนในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

การทดลองนี้มีค่าใช้จ่ายหลักที่เท่ากันทุกตัวรับการทดลอง (ประมาณ 4,100 บาท/ไร่) โดยแยกเป็นค่าแรงในการเตรียมแปลงรวมทั้งการปลูกและการดูแลรักษาประมาณ 1,500 บาท/ไร่ ค่าเมล็ดพันธุ์ประมาณ 950 บาท/ไร่ และค่าอุปกรณ์ในระบบน้ำหยดประมาณ 750 บาท/ไร่ ค่าเก็บเกี่ยวประมาณ 900 บาท/ไร่ ในส่วนของปุ๋ยที่ใช้ ได้แก่ ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ประมาณกระสอบละ 579 บาท ปุ๋ยไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (18-46-0) ประมาณกระสอบละ 917 บาท ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) ประมาณกระสอบละ 787 บาท ปุ๋ยอินทรีย์กระสอบละ 300 บาท และราคาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ความชื้นไม่เกิน 14.5% เฉลี่ยกิโลกรัมละ 8.72 บาท ของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรปี 2561 ดังนั้น สามารถสรุปกำไรสุทธิโดยภาพรวมของการทดลองได้ คือ การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าปริมาณธาตุอาหารหลักของข้าวโพดที่ติดไปกับผลผลิตสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตและผลตอบแทนของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สูงสุด (10,461.24 บาท/ไร่) ขณะที่ค่ารับควบคุมให้ผลผลิตและผลตอบแทนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์น้อยที่สุด (7,905.17 บาท/ไร่) (Table 6) Xu et al. (2014) ศึกษาการจัดการปุ๋ยในข้าวโพดในมณฑลเหอหนาน ประเทศจีน พบว่า การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินให้ผลตอบแทนเท่ากับ 18,288 บาท/ไร่ ซึ่งสูงกว่าการใส่ปุ๋ยตามที่อยู่อาศัยแนะนำในการผลิตข้าวโพด (16,881 บาท/ไร่) และใส่ปุ๋ยตามวิธีการของเกษตรกร (16,037 บาท/ไร่) นอกจากนี้อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) ของทุกตัวรับการทดลองมีค่ามากกว่า 1 แสดงให้เห็นว่าทุกตัวรับการทดลองคุ้มค่าแก่การดำเนินการ แต่อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าปริมาณธาตุอาหารหลักของข้าวโพดที่ติดไปกับผลผลิตมีอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) สูงที่สุด (3.23) เนื่องจากได้ผลผลิตสูงสุดและมีต้นทุนการผลิตไม่สูงมากนัก

Table 6 Effects of fertilizer application on production cost and economic returns of maize.

Treatments	Fertilizer value (Baht/rai)		Labor and other costs	Unhusked ear yield (kg/rai)	Yield value (Baht/rai)	Economic return over fertilizer cost (Baht/rai)	Benefit-Cost Ratio (BCR)
	Chemical fertilizer	Organic fertilizer					
Control	-	-	4,100.00	1,376.74	12,005.17	7,905.17	2.92
IF _{DOA}	532.93	-	4,632.93	1,524.96	13,297.65	8,664.72	2.87
TMF	298.97	-	4,398.97	1,366.15	11,912.82	7,513.85	2.70
IF _{LDD}	130.37	-	4,230.37	1,390.95	12,129.08	7,898.71	2.86
IF _{CR}	579.12	-	4,679.12	1,736.28	15,140.36	10,461.24	3.23
IF _{DOA} + OF	532.93	300	4,932.93	1,723.94	15,032.75	10,099.82	3.04
TMF + OF	298.97	300	4,698.97	1,347.03	11,746.10	7,047.13	2.49
IF _{LDD} + OF	130.37	300	4,530.37	1,583.26	13,806.02	9,275.65	3.04
IF _{CR} + OF	579.12	300	4,979.12	1,640.32	14,303.59	9,324.47	2.87

Remarks: Urea (46-0-0) 579 Baht per 50 kg bags, DAP (18-46-0) 917 Baht per 50 kg bags, KCl (0-0-60) 787 Baht per 50 kg bags, maize grain price of 8.72 Baht/kg (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561).

สรุปผลการศึกษา

การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าปริมาณธาตุอาหารหลักของข้าวโพดที่ติดไปกับผลผลิตส่งผลให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือก น้ำหนักฝักปอกเปลือก น้ำหนักเปลือก น้ำหนักชัง และน้ำหนักเมล็ดสูงสุด รองลงมาคือการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ นอกจากนี้ การจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ มีผลให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนในเมล็ดสูงสุด ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบและเมล็ดอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในลำต้นสูงสุด อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยเคมีทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ส่งผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในดินหลังปลูกมีปริมาณสูงขึ้นเมื่อเทียบกับดินก่อนปลูก ที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าปริมาณธาตุอาหารหลักของข้าวโพดที่ติดไปกับผลผลิตสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตและผลตอบแทนของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สูงสุด (10,461.24 บาท/ไร่) ในขณะที่การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมด้วยไม่ส่งผลทำให้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีผลผลิตและผลตอบแทนเพิ่มขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยจากภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปีงบประมาณ 2561

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2553. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. เอกสารวิชาการลำดับที่ 001/2553. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมวิชาการเกษตร. 2557. กำหนดเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550. ใน *ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 129 ตอนที่พิเศษ 59 ง. น. 12-14*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์คณะรัฐมนตรีและราชกิจจานุเบกษา.
- กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน. 2553. *โปรแกรมคำแนะนำการจัดการดินและปุ๋ยรายแปลง (Version 3)*. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ, อัจฉรา นันทกิจ, สมปอง หมั่นแจ้ง และไพโรจน์ พันธุ์พุทธรักษา. 2551. การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยชีวภาพกับการผลิตข้าวโพดสายพันธุ์นครสวรรค์ 2 ในชุดดินวังสะพุง. *ว. วิชาการเกษตร* 1 (1): 82-90.
- เกษม สุขสถาน, นพพร สายัมพล, รังสฤษฎ์ กาวิตะ, วันชัย จันทน์ประเสริฐ, สว่าง พุกษาชีวะ, อุดม พูลเกษ, งามชื่น รัตนศิลป์ และคณะ. 2527. *พืชเศรษฐกิจ เล่ม 2*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. *ปฐพีวิทยาเบื้องต้น*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จรัญธร บุญญาภาพ, วันวิสาข์ ปันศักดิ์ และกัญจน์นา น้าลือ. 2561. การวิเคราะห์ดินทุนและผลตอบแทนเชิงสิ่งแวดล้อมของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในสวนยางพาราบริเวณพื้นที่ลาดชันของจังหวัดน่าน. *ว. มหาวิทยาลัยนเรศวร: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี* 26 (3): 80-97.
- ชัยวัฒน์ วงษ์ไกร, ชัยสิทธิ์ ทองจุ, สุรวุฑ รุ่งเมฆารัตน์, ชาลินี คงสุด, ธีรยุทธ คล้าชื่น, ปิยพงศ์ เขตปิยรัตน์, ธนศมณท์ กุลการณย์เลิศ และคณะ. 2558. ผลของกากตะกอนยีสต์จากโรงงานเอทานอลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 999. ใน *การประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติครั้งที่ 4 "ธรรมชาติของดินและความจริงของปุ๋ยเพื่อการเกษตรอย่างยั่งยืน"*. สงขลา.
- ชัยสิทธิ์ ทองจุ และปาริชาติ แนนหนา. 2552. ผลของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 80 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน (ปีที่ 1). *วารสารดินและปุ๋ย* 31 (1): 6-26.
- ทัศน์ย์ อัดตะนันท์ และประทีป วีระพัฒนนิรันดร์. 2559. ปุ๋ยสั่งตัด. <http://www.ssnm.info>. (12 มิถุนายน 2561).
- ทัศน์ย์ อัดตะนันท์. 2555. การจัดการธาตุอาหารเฉพาะที่สำหรับข้าวโพด. <http://www.ssnm.info>. (24 พฤษภาคม 2561).
- ธนศมณท์ กุลการณย์เลิศ, ชัยสิทธิ์ ทองจุ, จุฑามาศ ร่มแก้ว และธวัชชัย อินทร์บุญช่วย. 2561. การใช้ประโยชน์ผลพลอยได้โรงงานผงชูรส (อามิ-อามิ) และซีเฝ้าลอยต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า* 36 (1): 40-49.
- ธีระพงษ์ พรมสวัสดิ์, ชัยสิทธิ์ ทองจุ และจุฑามาศ ร่มแก้ว. 2553. ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับยิปซัมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน. ใน *การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 7 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ*. น. 43-53. นครปฐม.
- บัญชา รัตนทิ. 2552. ปุ๋ยอินทรีย์พื้นฟูสภาพดิน. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์* 1 (2): 1-16.
- ประเสริฐ สองเมือง. 2543. การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในนาข้าว. *กลุ่มงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดิน และปุ๋ยข้าวและธัญพืชเมืองหนาว* กรุงเทพฯ: กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร.
- พรทิวา คล้ายเดช. 2557. การเปรียบเทียบผลของการใช้ปุ๋ยสูตรต่าง ๆ เพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. *วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช*.
- พัศตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์, วรภัทร ลัดคนิถวงศ์, ชวินทร์ ปลื้มเจริญ และภิรญา ชมพูผิว. 2560. ผลของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงต่อการผลิตข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี* 25 (2): 248-259.
- ยงยุทธ ไธสงสภา, อรรถศิษฐ์ วงศ์ภักดิ์ และชวลิต ยังประยูร. 2554. *ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ยงยุทธ ไธสงสภา. 2543. *ธาตุอาหารพืช*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศุภกาญจน์ ล้วนมณี, สมควร คล้อยข้าง, สมฤทัย ต้นเจริญ, ชัยชนพร เกื้อหนู, ณัฐพงศ์ ศรีสมบัติ, นงลักษณ์ บันลาย, รัชดา ปรัชเจริญชัย และคณะ. 2558. การตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ดีเด่นในพื้นที่ต่าง ๆ. ใน *รายงานโครงการวิจัยเทคโนโลยีการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่เหมาะสมในสภาพแห้งแล้ง*. น. 11-48. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร.
- สมชาย บุญประดับ. 2538. การผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในฤดูแล้งเพื่อทดแทนนาปรัง. *กสิกร* 68 (4): 172-176.
- สมชาย บุญประดับ. 2541. ข้าวโพดไร่นาทางเลือกใหม่ของเกษตรกรไทย. *กสิกร* 71 (6): 574-578.
- สมชาย บุญประดับ. 2544. การปลูกข้าวโพดในนา. ใน *เอกสารประกอบการฝึกอบรมเรื่อง การปลูกข้าวโพดฝักอ่อนนานาชาติ ครั้งที่ 1 แก่เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรและผู้นำเกษตรกรจากประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว จำนวน 15 คน*. น.1-8. ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท, ชัยนาท.
- สมปอง หมั่นแจ้ง, สุพันธ์ รัตนรัตน์, สมบูรณ์ ประภาพรรณพงศ์, กาวนา ลิกขนานนท์ และไพฑูรย์ พูลสวัสดิ์. 2549. *คู่มือปุ๋ยอินทรีย์ (ฉบับนักวิชาการ)*. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2561. *สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2559-2561*. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

- หรั่ง มีสวัสดิ์. 2540. *การจัดการดินและการใช้ปุ๋ยกับข้าวโพด*. กรุงเทพฯ: กลุ่มงานวิจัยและความอุดมสมบูรณ์ของดินและปุ๋ยพืชไร่ กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร.
- อุไรวรรณ ทองแกมแก้ว, ไอลา หวังเบญญ์หมัด, สิริพัชร ภิมรัมย์พร, วรณดี ชูสวัสดิ์ และพงษ์ศักดิ์ ณ นคร. 2561. ผลของการใส่ปุ๋ยที่ต่างกันต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดข้าวเหนียว 4 สายพันธุ์. *ว.พืชศาสตร์สงขลานครินทร์* 5 (2): 25-31.
- เอิบ เขียวรัตน์. 2548. *การสำรวจดิน*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- AOAC. 1990. *Official methods of analysis*. 15th edition. Washington DC: The Association of Official Analytical Chemists.
- AOAC. 2000. *Official method of analysis of AOAC international*. 17th edition. Washington DC: The Association of Official Analytical Chemists.
- Boonpradub, S., Chatairi, M., and Senanarong, N. 1998. Maize cultivation in paddy field research in Thailand. pp. 399-406. In S.K. Vasal, eds. *Proc. the 7th Asian Regional Maize Workshop*. PCARRD, Laguna, Philippines.
- Bray, R. H., and Kurtz, N. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soil. *Soil Sci.* 59: 39-45.
- Eskasingh B., Gypmantasiri, P., and Thong-Ngam, K. 2003. *Maize production potentials and research prioritization in Thailand*. Chiang Mai: Chiang Mai University.
- Ghosh, S., Wilson, B., Ghoshal, S. K., Senapati, N., and Mandal, B. 2010. Management of soil quality and carbon sequestration with long-term application of organic amendments. In *Proc. the 19th World Congress of Soil Science*. pp.146-149. Brisbane, Australia.
- Granados, G., Kitbamroong, C., Tavarasook, C., Chatasiri, M., Grudloyma, P., Chotichun, S., and Boonpradab, S. 1994. Winter maize in paddy fields research conducted in Thailand in 1992-1994. pp. 26.
- Jackson, M. L. 1958. *Soluble Salt Analysis for Soils and Water, Soil Chemical Analysis*. New Jersey: Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs.
- Jackson, M. L. 1965. *Soil Chemical Analysis (Advanced Course)*. Wisconsin: Department of Soils, University of Wisconsin.
- Matsumoto, N., Paisancharoen, K., Wongwiwatchai, C., and Chairaj, P. 2002. Nitrogen cycles and nutrient balance in agro-ecosystems in Northeast Thailand. In *Development of sustainable agricultural system in Northeast Thailand through local resource utilization and technology improvement, JIRCAS Working Report No.30*. Ito and N. Matsumoto, eds. pp. 49-53. Ibaraki: JIRCAS.
- National Soil Survey Center. 1996. Soil Survey Laboratory Methods Manual. In *Soil Survey Investigation No. 42, Version 3*. United States: Department of Agriculture, National Soil Survey Center.
- Pratt, P. F. 1965. Potassium. In *Methods of Soil Analysis, Part II*. C. A. Black, ed. pp. 1022-1030. Wisconsin: Amer. Soc. of Agron, Inc.
- Ripusudan, L. P., Gonzalo, G., Honor, R. L., and Alejandro, D. V. 2000. Tropical maize improvement and production. FAO plant production and protection series No. 28.
- Soil Survey Division Staff. 1993. *Soil Survey Manual, United States Department of Agriculture Handbook No. 18*. Washington, DC.: United States Government Printing Office.
- Soil Survey Staff. 2003. *Key to Soil Taxonomy*. Ninth Edition. Washington, DC.: Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service.
- Walkey, A., and Black, I. A. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chronic acid titration method. *Soil Sci.* 37: 29-38.
- Xu, X., He, P., Qiu, S., Pampolino, M. F., Zhao, S., Johnston, A. M. and Zhou, W. 2014. Fertilizer recommendation for maize in China based on yield response and agronomic efficiency. *Field Crop Res.* 157: 27-34.

วันรับบทความ (Received date) : 13 ก.พ. 62

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 17 มี.ค. 62

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 15 เม.ย. 62

ความยั่งยืนในการดำเนินงานของสหกรณ์การเลี้ยงปศุสัตว์ กรป.กลาง โพนยางคำ จำกัด

The Operational Sustainability of Pon Yang Kham Livestock Cooperatives

พรรณราย ละตา¹ จันทรเพ็ญ ธงไชย² ปาพิต ศรีสว่างวงศ์³ และรวิ กลางประพันธ์⁴
Pannarai Lata¹, Chanpen Thongchai², Papapit Srisawangwong³ and Ravi Klangpraphan⁴

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ค้นหาความหมายของความยั่งยืนในการดำเนินงานของสหกรณ์ 2) ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลให้การดำเนินงานของสหกรณ์เกิดความยั่งยืน 3) เพื่อคาดการณ์แนวโน้มในการดำเนินงานของสหกรณ์ในอนาคต เป็นการศึกษาที่มุ่งเน้นการวิจัยเชิงคุณภาพ เพื่อหาข้อสรุปเชิงทฤษฎีที่จะนำไปสู่การสร้างทฤษฎีฐานราก (grounded theory) จากมุมมองของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องหลักในการดำเนินงานของสหกรณ์ จำนวน 15 คน การเลือกพื้นที่ในการศึกษาใช้วิธีการเลือกเชิงทฤษฎี (theoretical sampling) คือ สหกรณ์การเลี้ยงปศุสัตว์ กรป.กลาง โพนยางคำ จำกัด ซึ่งมีความสอดคล้องตามวัตถุประสงค์และคำถามของการวิจัยมากที่สุด การเก็บรวบรวมข้อมูลใช้วิธีสัมภาษณ์เชิงลึก การสังเกตและจดบันทึก และการศึกษาจากเอกสาร ผลการวิจัยพบว่า 1) ความยั่งยืนในการดำเนินงานของสหกรณ์ หมายถึง ระยะเวลาในการดำรงอยู่ของสหกรณ์อย่างยาวนานที่เป็นผลมาจากการมีวิสัยทัศน์ของผู้บริหาร ความรู้ความชำนาญเฉพาะด้าน วัฒนธรรมองค์กร การใช้หลักธรรมาภิบาลในการบริหารงาน มีผลการดำเนินงานที่ดี คุณภาพผลิตภัณฑ์ผ่านกระบวนการที่มีมาตรฐาน เป็นทั้งผู้ผลิตและจำหน่ายเนื้อโคที่มีคุณภาพในระดับแนวหน้าของประเทศ สมาชิกมีความเชื่อมั่นและความจงรักภักดีต่อสหกรณ์ และเป็นต้นแบบของการรวมกลุ่มผู้ผลิตที่มีการบริหารจัดการตลอดจนห่วงโซ่อุปทาน สอดคล้องกับการดำเนินชีวิตตามหลักเศรษฐกิจพอเพียง 2) ปัจจัยที่ส่งผลให้การดำเนินงานของสหกรณ์เกิดความยั่งยืน ประกอบด้วย คุณภาพผลิตภัณฑ์ ประสิทธิภาพของการบริหารจัดการ และคุณภาพชีวิตของสมาชิกสหกรณ์ 3) แนวโน้มการดำเนินงานในอนาคตของสหกรณ์นั้นขึ้นอยู่กับปริมาณโคที่มีอยู่ หากมีการป้อนโคเข้าสู่สหกรณ์อย่างสม่ำเสมอจะทำให้เกิดการหมุนเวียนทางธุรกิจเป็นไปอย่างต่อเนื่องและสหกรณ์ต้องรักษาคุณภาพเนื้อและมาตรฐานของกระบวนการผลิตให้คงที่ต่อไป

คำสำคัญ: ความยั่งยืนในการดำเนินงาน คุณภาพผลิตภัณฑ์ ประสิทธิภาพการบริหารจัดการ คุณภาพชีวิตของสมาชิกสหกรณ์

Abstract

The purposes of this study were 1) to define the meaning of sustainability in the operations of a cooperative, 2) to indicate the key factors that have a positive effect on the operational sustainability of a cooperative, and 3) to forecast trends in cooperative operation. The study, which was a qualitative one, was focused on producing conclusions that can be used to generate a Grounded Theory for livestock breeding cooperatives. The theory is then ultimately based on the observations and perspectives of 15 key stakeholders who are involved with the Pon Yang Kham Livestock Cooperatives. Theoretical sampling techniques most consistent with the research objectives were chosen, and the area of the study was the Pon Yang Kham livestock breeding cooperatives. The study used purposive sampling and snowball sampling techniques to decide on the sample population. The data were collected through in-depth interview, observation, note-taking, and documentary studies. The first result was that operational sustainability refers to the long-term existence of a cooperative associated with the vision of its leaders, specialized knowledge, organizational culture, good governance, good performance, high quality standards of production and products, excellent corporate objective awareness, and market leadership. Its members trust in and are loyal to the cooperative. This cooperative should feature an integration of management

¹ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตระยอง อ. บ้านค่าย จ. ระยอง 21120

² คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000

³ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อ. เมือง จ. มหาสารคาม 44000

⁴ คณะบริหารธุรกิจและการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี อ. เมือง จ. อุบลราชธานี 34000

¹ Faculty of Business Administration, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Rayong Campus, Ban Khai, Rayong, 21120

² Faculty of Business Administration, Rajamangala University of Technology Isan, Muang, Nakhon Ratchasima, 30000

³ Faculty of Management Science, Rajabhat Maha Sarakham University, Muang, Maha Sarakham, 44000

⁴ Faculty of Business Administration and Management, Ubon Ratchathani Rajabhat University, Mueang, Ubon Ratchathani, 34000

*Corresponding author, Email: pannarai.r@fba.kmutnb.ac.th

and production processes that proceeds following the guidelines of the Sufficiency Economy. The second result was that the factors that affect the operational sustainability of a cooperative are 1) product quality 2) management effectiveness, and 3) the life-quality of cooperative members. The third finding was that future operational directions of a cooperative depend primarily on a steady availability of beef cattle. If there is a continuous supply of cattle, a cooperative should be able to function sustainably. Success in the market place will also be determined by the ability of the cooperative to maintain the quality of beef and production process.

Keywords: operational sustainability, product quality, management effectiveness, the life-quality of cooperative members

คำนำ

ทฤษฎีสถานฐานราก (grounded theory) เป็นหัวใจสำคัญของการวิจัยเชิงคุณภาพอีกวิธีหนึ่ง โดยเริ่มต้นจากข้อมูลเชิงประจักษ์ก่อนที่จะมีการสร้างสมมติฐานและกรอบแนวคิดสำหรับอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา ดำเนินการวิจัยโดยวิธีอุปนัยที่เริ่มจากข้อมูลจากประชากรตัวอย่างที่เจาะจงเลือกมาจำนวนหนึ่ง แล้วจึงวิเคราะห์หาข้อสรุปหรือคำอธิบายเชิงทฤษฎีที่มีลักษณะทั่วไปจากข้อมูลนั้น มุ่งเน้นการตีความข้อมูลเพื่อหาคำอธิบายสำหรับปรากฏการณ์ที่ศึกษา ผลลัพธ์ของการตีความคือข้อสรุปเชิงแนวคิดทฤษฎี (ชาย โพธิ์สีตา, 2556; Charmaz, 2006) มีลักษณะเป็นนามธรรมและมีฐานมาจากข้อมูลโดยตรงวิธีการดำเนินการวิจัย เริ่มจากการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลไปพร้อม ๆ กัน สร้างมโนทัศน์จากข้อมูลด้วยเทคนิคการกำหนดรหัสหลายแบบ ใช้การเปรียบเทียบเพื่อจำแนกประเภท และหาความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ นักวิจัยเขียนบันทึกเพื่อเก็บความคิดทุกอย่างที่เกิดขึ้นจากกระบวนการกำหนดรหัสและการเปรียบเทียบ ความคิดเหล่านี้จะช่วยหล่อหลอมกรอบแนวคิดและทฤษฎีได้ดี ตรวจสอบความเหมาะสมและความถูกต้องของทฤษฎีที่สร้างขึ้นด้วยข้อมูลที่รวบรวมมาใหม่ โดยเลือกผู้ให้ข้อมูลที่เหมาะสมด้วยวิธีการที่เรียกว่า theoretical sampling สร้างกรอบแนวคิดทฤษฎีและบูรณาการเข้ากับข้อมูลจริงเพื่อนำเสนอผลการวิจัย (Charmaz, 2014) การวิจัยโดยใช้ทฤษฎีสถานฐานรากมีความจำเป็นและสำคัญต่อการเกษตรของประเทศไทย เนื่องจากการวิจัยไม่ได้มุ่งเน้นที่ตัวเลข กราฟ หรือการแสดงผลด้านจำนวนมากหรือน้อย แต่เป็นการอธิบายด้วยหลักการและเหตุผล โดยเป็นการมองสถานการณ์และปรากฏการณ์ของสิ่งที่ผู้วิจัยสังเกตเห็นในงานภาคสนามและต้องสามารถเชื่อมโยงประเด็น มิติ และองค์ประกอบต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ข้อมูลจากประชากรตัวอย่างที่เจาะจงเลือกมาจำนวนหนึ่ง เช่น ภาคเกษตรที่ประสบความสำเร็จเป็นที่ยอมรับเชิงประจักษ์ของคนทั่วประเทศย่อมเป็นผู้ให้แนวทางที่สำคัญต่อเกษตรกรอื่น ๆ ได้ดีกว่าการให้ข้อมูลโดยภาพรวมที่เกิดจากการวิจัยเชิงปริมาณ นอกจากนั้น ความรู้จริงที่เกิดจากการลงมือปฏิบัติของผู้ให้ข้อมูลหลักที่ประสบความสำเร็จภายใต้ปัญหาตามบริบทของประเทศไทย ย่อมเป็นตัวอย่างที่ดีที่เกษตรกรรุ่นใหม่สามารถนำผลการวิจัยไปปรับใช้ปฏิบัติภายใต้ข้อจำกัดที่มีอยู่ในสภาพแวดล้อมของประเทศไทยอย่างแท้จริง องค์ความรู้ที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญถือว่าเป็นแหล่งความรู้ที่ถูกพัฒนาจากประสบการณ์และสามารถนำไปใช้ได้จริง

สำหรับประเทศไทยโคเนื้อจัดเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่สำคัญ 1 ใน 5 ของสาขาปศุสัตว์ ยุทธศาสตร์การส่งเสริมและพัฒนาอุตสาหกรรมโคเนื้อไทยทั้งระบบในปี 2561 ระบุว่า อุตสาหกรรมโคเนื้อจะมีจำนวนโคเนื้อในระบบทั้งสิ้น 4.4 ล้านตัว มีโรงฆ่าสัตว์ที่ได้มาตรฐาน (Good Manufacturing Practice: GMP) 25 แห่ง กำลังการผลิต 180,000 ตัวต่อปี ห่วงโซ่ปาลายทางเนื้อโคไทยมีมูลค่าการตลาด 41,810 ล้านบาท โคเนื้อมีชีวิตส่งออกมูลค่าตลาดถึง 5,250 ล้านบาท นอกจากนั้นยังพบสถานการณ์ขาดแคลนโคเนื้อมีชีวิตเข้าโรงฆ่าสัตว์และมีการลักลอบนำเข้าสูงถึง 7,000 ล้านบาท หากไม่มีการเร่งรัดการพัฒนาระบบการผลิตโคจากต้นน้ำสู่ปลายน้ำให้มีประสิทธิภาพและเพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภคอาจส่งผลให้เกิดการลักลอบนำเข้าเพิ่มสูงขึ้น (สำนักกรมวิชาการ 1, 2561) รัฐบาลได้มีนโยบายส่งเสริมการเลี้ยงโคเนื้อและเป็นโครงการหนึ่งในแผนปรับโครงสร้างระบบการผลิตการเกษตร โดยคาดว่าจะการเลี้ยงโคเนื้อจะเป็นอาชีพที่ทำรายได้ให้กับเกษตรกรได้อย่างสม่ำเสมอ (กรมปศุสัตว์, 2555) แหล่งที่มีการเลี้ยงโคมากที่สุด ได้แก่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รองลงมาคือ ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้ ตามลำดับจากการจัดลำดับคุณภาพเนื้อโคขุนที่มีคุณภาพสูงในประเทศไทย ส่วนใหญ่มาจากเกษตรกรรายย่อยที่มีการรวมกลุ่มและบริหารจัดการในรูปแบบของสหกรณ์ เช่น สหกรณ์โคเนื้อมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จำกัด จังหวัดนครปฐม ในนามเนื้อโคกำแพงแสน และสหกรณ์การเลี้ยงปศุสัตว์ กรป.กลาง โพนยางคำ จำกัด จังหวัดสกลนคร ในนามเนื้อโคขุนโพนยางคำ “Thai-French Beef” ที่ผลิตโดยเกษตรกรรายย่อยในประเทศไทยและได้รับความเชื่อถือถือว่าเป็นเนื้อที่มีคุณภาพ สะอาดปลอดภัย ทัดเทียมกับเนื้อโคที่นำเข้าจากต่างประเทศ และมีระบบตรวจสอบย้อนกลับที่เชื่อถือได้ (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2561) สหกรณ์การเลี้ยงปศุสัตว์ กรป.กลาง โพนยางคำ จำกัด เป็นสหกรณ์โคเนื้อที่มีขนาดใหญ่ มีกำลังการผลิตเนื้อประมาณ

8,000 ตัวต่อปี ภายใต้แบรนด์ “เนื้อไทยเฟรนช์ Thai-French Beef” ที่ผลิตจากโคเนื้อลูกผสมระหว่างสายพันธุ์ไทยและชาร์โรเลส์ ในปัจจุบันสหกรณ์มีสมาชิกเพิ่มขึ้นเป็นจำนวน 5,200 ราย กระจายอยู่ในทุกอำเภอในจังหวัดสกลนคร รวมทั้งบางอำเภอของจังหวัดหนองคายและจังหวัดนครพนม มีวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานในการส่งเสริมให้เกษตรกรมารวมตัวกันเพื่อเลี้ยงโคเนื้อคุณภาพดีอันจะช่วยเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรอย่างยั่งยืน โดยคุณภาพเนื้อโคขุนของสหกรณ์ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค กระบวนการผลิตที่เป็นไปตามมาตรฐาน ถูกหลักอนามัย มีความอร่อย และมีระบบการตรวจสอบย้อนกลับ (traceability) มีโอกาสสูงในการขยายธุรกิจจากการเติบโตอย่างช้า ๆ แต่ก้าวอย่างมั่นคง ทั้งนี้ยังมุ่งเน้นความสม่ำเสมอในคุณภาพสินค้าสร้างความมั่นใจให้แก่ลูกค้าทุกระดับ นับได้ว่าสหกรณ์ฯ โพนยางคำเป็นผู้ผลิตและจำหน่ายเนื้อโคคุณภาพในระดับแนวหน้าของประเทศ เป็นต้นแบบของการรวมกลุ่มผู้ผลิตที่มีการบริหารจัดการตลอดห่วงโซ่การผลิตสอดคล้องกับการดำเนินชีวิตตามหลักเศรษฐกิจพอเพียงระดับชุมชนอย่างแท้จริง สมาชิกของสหกรณ์มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น มีจำนวนสมาชิกและผลกำไรที่เพิ่มขึ้นทุกปี และมีระยะเวลาการดำเนินงานมาแล้วกว่า 30 ปี (สหกรณ์การเลี้ยงปศุสัตว์ กรป.กลาง โพนยางคำ จำกัด, 2561)

มีงานวิจัยจำนวนมากที่มุ่งศึกษาความสำเร็จและผลการดำเนินงานของสหกรณ์ทั้งในระดับประเทศและระดับภูมิภาค ซึ่งให้ผลการศึกษาในภาครวมว่าสหกรณ์โดยรวมประสบความสำเร็จได้อย่างไร เกิดจากปัจจัยใดบ้างในภาพรวม แต่ยังขาดการศึกษาแบบมุ่งเป้าไปที่สหกรณ์ที่ประสบความสำเร็จจริง ๆ และได้รับการยอมรับจากประชาชนว่าเป็นองค์กรที่มีความยั่งยืนในระยะยาว ดังนั้นในการศึกษานี้ สหกรณ์การเลี้ยงปศุสัตว์ กรป.กลาง โพนยางคำ จำกัด จึงถูกพิจารณาว่าเป็นสหกรณ์ที่ประสบความสำเร็จ และได้รับการยอมรับจากประชาชนในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งมีคุณลักษณะที่เหมาะสมในการเป็นตัวอย่างที่ใช้ตอบคำถามงานวิจัยได้เป็นอย่างดีเนื่องจากงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาโดยอาศัยวิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ (qualitative research) เพื่อหาข้อสรุปเชิงทฤษฎีที่จะนำไปสู่การสร้างทฤษฎีฐานราก (grounded theory) ต่อไป โดยมีคำถามหลักในการวิจัยคือ รูปแบบจำลองโครงสร้างทางทฤษฎีของสหกรณ์ที่มีความยั่งยืนในการดำเนินงานเป็นอย่างไร โดยมีวัตถุประสงค์หลักดังนี้ 1) เพื่อค้นหาความหมายของความยั่งยืนในการดำเนินงานของสหกรณ์ 2) เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลให้การดำเนินงานของสหกรณ์เกิดความยั่งยืน และ 3) เพื่อคาดการณ์แนวโน้มในการดำเนินงานของสหกรณ์ในอนาคต

วิธีการศึกษา

การออกแบบการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (qualitative research methodology) เพื่อสร้างทฤษฎีฐานราก (grounded theory) เป็นแนวทางการศึกษาเชิงปรากฏการณ์นิยม (phenomenology) ข้อมูลที่นำมาศึกษาเป็นข้อมูลที่ทำให้รายละเอียดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางสังคมในเรื่องที่ศึกษาอย่างรอบด้าน การบันทึกข้อมูลในลักษณะนี้อาศัยการบรรยายเหตุการณ์ ประสบการณ์ของคน เรื่องเล่าสภาพสังคมอย่างละเอียด การบรรยายอย่างละเอียดนี้เป็นความพยายามที่จะทำความเข้าใจความหมาย ประสบการณ์ และเหตุการณ์ต่าง ๆ เพื่อช่วยให้ผู้วิจัยตีความปรากฏการณ์นั้น ๆ ได้ตรงตามความหมายของสิ่งที่เกิดขึ้น อันจะนำไปสู่ความเข้าใจปรากฏการณ์นั้น ๆ นอกจากนี้ การสร้างทฤษฎีฐานรากยังเหมาะสมในการทำความเข้าใจในมุมมองของผู้ให้สัมภาษณ์เกี่ยวกับเรื่องที่เขาเองมีความรู้ความเชี่ยวชาญ สามารถประยุกต์ข้อมูลเพื่อใช้ประโยชน์ในอนาคตและนำไปสู่การสร้างทฤษฎีจากข้อมูลเหล่านั้นได้ (Strauss and Corbin, 1990) สำหรับการคาดการณ์สถานการณ์ของสหกรณ์ในอนาคต ผู้วิจัยใช้แนวทางการพยากรณ์ถึงสถานการณ์ที่เป็นไปได้มากที่สุด แนวทางนี้มักจะใช้กับผู้ที่มีความเชี่ยวชาญ ผู้บริหารระดับสูง หรือผู้ที่มีส่วนในการตัดสินใจ ภายใต้แนวคิดว่าการศึกษานาคตเป็นเรื่องที่สามารถทำได้อย่างเป็นระบบ มนุษย์สามารถสร้างอนาคตได้ และความเชื่อของมนุษย์มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจในอนาคต การวิจัยอนาคตจึงมีประโยชน์ในแง่การกำหนดนโยบาย การวางแผน และการตัดสินใจในการปฏิบัติเพื่อที่จะนำไปสู่อนาคตที่พึงประสงค์

ขอบเขตการวิจัย

1. ขอบเขตด้านเนื้อหา ประกอบด้วย 3 ด้าน คือ 1) การให้ความหมายของความยั่งยืนในการดำเนินงานของสหกรณ์ 2) การค้นหาปัจจัยที่ส่งผลให้การดำเนินงานของสหกรณ์เกิดความยั่งยืน และ 3) แนวโน้มการดำเนินงานของสหกรณ์ในอนาคต เพื่อประโยชน์ในการกำหนดนโยบาย การวางแผน และการตัดสินใจในการปฏิบัติที่จะนำไปสู่การสร้างอนาคตอันจะนำไปสู่ความยั่งยืนในการดำเนินงานของสหกรณ์ ผ่านการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับหลักการและวิธีการสหกรณ์ ประสิทธิภาพ ประสิทธิผล ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของสหกรณ์ในแง่มุมต่าง ๆ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. ขอบเขตด้านพื้นที่ใช้วิธีการเลือกเชิงทฤษฎี (theoretical sampling) มีหลักการที่สำคัญ คือ เป็นพื้นที่ที่สอดคล้องและตรงตามวัตถุประสงค์และปัญหางานวิจัย เป็นสหกรณ์ที่มีความสำเร็จและยอมรับจากบุคคลทั่วไป ทั้งในกระบวนการผลิตคุณภาพของสินค้าและการบริหารจัดการซึ่งสอดคล้องกับการดำเนินงานของสหกรณ์การเลี้ยงปศุสัตว์ กรป.กลาง โพนยางคำ

จำกัด เนื่องจากในปัจจุบันสหกรณ์ประสบความสำเร็จในการดำเนินงานโดยเป็นที่รู้จักและยอมรับจากผู้บริโภคและผู้ประกอบการในตลาดเนื้อโคขุน มีเนื้อที่มีคุณภาพสูง มีมาตรฐานในกระบวนการผลิต ตั้งแต่การเลี้ยงโคของสมาชิก การจัดหาพันธุ์ การผลิตอาหารขึ้น การฆ่าและ และตัดแต่งตามหลักสากล ตลอดจนการบริหารจัดการจนได้เนื้อโคที่มีคุณภาพ สะอาด ปลอดภัยสำหรับผู้บริโภค สร้างจุดเด่นโดยการนำใช้กลยุทธ์ทางการตลาดแบบปากต่อปากและการเร่งสร้างตราสินค้าในนามเนื้อไทยเฟรนช์ “Thai-French Beef” ให้เป็นที่รู้จักของผู้บริโภค สร้างความมั่นใจให้แก่ลูกค้าทุกระดับ นับได้ว่าเป็นผู้ผลิตและจำหน่ายเนื้อโคคุณภาพในระดับแนวหน้าของประเทศ เป็นต้นแบบของการรวมกลุ่มผู้ผลิตที่มีการบริหารจัดการตลอดห่วงโซ่ การผลิตสอดคล้องกับการดำเนินชีวิตตามหลักเศรษฐกิจพอเพียงระดับชุมชนอย่างแท้จริง สมาชิกของสหกรณ์มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น มีจำนวนสมาชิกและผลกำไรที่เพิ่มสูงขึ้นทุกปี และมีระยะเวลาการดำเนินงานมาแล้วกว่า 33 ปี คุณลักษณะดังกล่าวมีความสอดคล้องกับคำถามในการวิจัยครั้งนี้ การเข้าถึงพื้นที่ที่ศึกษานั้น ผู้วิจัยขอความอนุเคราะห์จากสหกรณ์ในการเข้าทำการศึกษา จากนั้นทีมผู้วิจัยเข้าไปสำรวจพื้นที่และหาผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องหลักที่สามารถให้ข้อมูลที่ครอบคลุมตามจุดมุ่งหมายและคำถามงานวิจัย จากนั้นได้ทำการแจ้งและขออนุญาตกลุ่มผู้ให้ข้อมูลหลักและสหกรณ์ เพื่อแจ้งให้ทราบถึงวัตถุประสงค์ก่อนทำการเก็บรวบรวมข้อมูล พร้อมทั้งได้มีการนัดหมายเวลาก่อนสัมภาษณ์

ผู้ให้ข้อมูลหลัก

ผู้ให้ข้อมูลหลักในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ มุ่งเน้นเลือกเฉพาะผู้ที่สามารถให้ข้อมูลตามคำถามงานวิจัยเกี่ยวกับการให้ความหมายของความยั่งยืนในการดำเนินงานของสหกรณ์ ปัจจัยแห่งความสำเร็จในการดำเนินงานของสหกรณ์ และคาดการณ์แนวโน้มการดำเนินงานของสหกรณ์ในอนาคต ดังนั้นผู้ที่ให้ข้อมูลหลักในงานวิจัย ได้แก่ ผู้บริหารสหกรณ์ ผู้ช่วยผู้จัดการฝ่ายผลิต พนักงานของสหกรณ์ ลูกค้าสำคัญของสหกรณ์ สหกรณ์จังหวัด ผู้สอบบัญชีสหกรณ์ และสมาชิกสหกรณ์ เนื่องจากบุคคลเหล่านี้มีความรู้ ความเข้าใจ และมีส่วนเกี่ยวข้องในการดำเนินงานสหกรณ์มากกว่า 15 ปี สามารถให้ข้อมูลและแสดงการมีส่วนร่วมต่อการดำเนินงานของสหกรณ์ (participant) ได้อย่างชัดเจน และเพื่อใช้ในการสร้างทฤษฎีที่ต้องการศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่สำคัญในการวิจัย คือ แบบสอบถามกึ่งโครงสร้างเพื่อสัมภาษณ์ผู้ให้ข้อมูลหลัก ผู้วิจัยได้เตรียมแนวคำถามในการวิจัยที่สร้างจากกรอบแนวคิดและทฤษฎีโดยใช้คำถามปลายเปิด รวมถึงการเข้าร่วมสังเกตการณ์การดำเนินงานสหกรณ์ และพูดคุยกับผู้ที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องบันทึกเสียง วิดีโอ กล้องถ่ายรูป สมุดบันทึก และปากกา สำหรับการทำวิจัยภาคสนาม

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยและเก็บข้อมูลมี 3 วิธีหลัก คือ

1. การสัมภาษณ์เชิงลึก (in-depth interview) กับผู้ให้ข้อมูลหลักจำนวน 15 คน เพื่อนำข้อมูลไปสร้างทฤษฎีฐานราก (Creswell, 1998) โดยผู้วิจัยเป็นผู้มีบทบาทหลักในการเก็บข้อมูล ด้วยแนวคำถามการสัมภาษณ์ (interview guide) โดยผู้ให้ข้อมูลหลัก คือ ผู้บริหารสหกรณ์ พนักงานของสหกรณ์ ผู้ควบคุมการผลิต ลูกค้ารายใหญ่ในจังหวัดสกลนคร ตัวแทนสำนักงานสหกรณ์ ผู้สอบบัญชีสหกรณ์ และตัวแทนสมาชิกสหกรณ์

2. การสังเกตการณ์และจดบันทึก (observation and field-note) ผู้วิจัยเข้าไปศึกษาข้อมูลด้วยการสังเกต โดยเลือกใช้วิธีการสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วม โดยผู้วิจัยใช้เครื่องบันทึกภาพและเสียงในการสนทนาทุกครั้ง โดยให้ความสำคัญกับน้ำเสียงและคำพูดประกอบการสังเกตท่าทาง และมีการจดบันทึกในประเด็นสำคัญที่จำเป็นต่อการสร้างทฤษฎีโดยพยายามจัดการข้อมูลในรูปแนวคิดและโครงสร้างต่าง ๆ

3. การศึกษาเอกสาร (document analysis) เป็นการเตรียมตัวทั้งก่อนและระหว่างการเก็บรวบรวมข้อมูล รวมถึงภายหลังที่เก็บข้อมูลแล้ว เป็นการวิเคราะห์เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยจากหลายแหล่ง (theoretical triangulation) และบางครั้งกลุ่มตัวอย่างเชิงทฤษฎีซึ่งเป็นผู้ที่เกี่ยวข้องกับสหกรณ์ได้มอบเอกสารที่เกี่ยวข้องและเป็นประโยชน์ต่อการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล

ลักษณะที่สำคัญของการวิจัยแบบสร้างทฤษฎีฐานรากอยู่ที่การตั้งสมมติฐานและทำการวิเคราะห์ข้อมูลไปพร้อม ๆ กับการรวบรวมข้อมูลจนกว่าจะถึงจุดอิ่มตัว การจัดการข้อมูลในการวิจัย เริ่มต้นด้วยการถอดการบันทึกเสียงการสัมภาษณ์ออกมาในรูปข้อความและนักวิจัยอ่านข้อมูลทั้งหมดเพื่อให้เห็นภาพคร่าว ๆ จัดพิมพ์ข้อมูลใน Microsoft Word โดยกำหนดให้บรรทัดแรกเป็นชื่อของผู้ให้สัมภาษณ์ เวลาที่ใช้ในการสัมภาษณ์ ประเด็นคำถาม และคำตอบ โดยแยกข้อมูลออกเป็นรายบุคคล จากนั้นจึงวิเคราะห์ข้อมูลโดยมี 4 ขั้นตอนตาม Strauss and Corbin (1990) ดังนี้ 1) การเปิดรหัส (open coding) เป็นการวิเคราะห์อย่างละเอียดเพื่อหาความสอดคล้องที่สะท้อนให้เห็นแก่นที่อยู่ในข้อมูล และจัดหมวดหมู่ของข้อมูล (categorize data)

ตามคุณสมบัติ (properties) ของมโนทัศน์ (concept) ของแต่ละกลุ่ม และแยกข้อมูลที่มีความสามารถใช้อธิบายเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลให้การดำเนินงานของสหกรณ์เกิดความยั่งยืนและแนวโน้มการดำเนินงานของสหกรณ์ในอนาคต 2) การหาแก่นของรหัส (axial coding) เป็นการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล 3) การเลือกรหัส (selective coding) เป็นการจัดหมวดหมู่ต่าง ๆ นำข้อมูลที่จัดหมวดหมู่ได้แล้วมาตีความ (interpretation) แล้วเขียนคำอธิบายเกี่ยวกับความหมาย เงื่อนไข บริบท ความสัมพันธ์ และกระบวนการของปรากฏการณ์ โดยอาศัยความไวทางทฤษฎี (theoretical sensitivity) จากประสบการณ์ในการศึกษาแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง หลังจากนั้น ผู้วิจัยได้ตรวจสอบข้อมูลโดยใช้วิธีการการตรวจสอบสามเส้าด้านข้อมูล (data triangulation) เพื่อยืนยันข้อมูลที่ได้มา โดยพิจารณาจากช่วงเวลา สถานที่ และบุคคลที่แตกต่างกัน และการตรวจสอบสามเส้าด้านผู้วิจัย (investigator triangulation) โดยมีผู้ช่วยวิจัยเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลอีกครั้งเพื่อให้แน่ใจว่าให้ข้อมูลเหมือนหรือต่างกัน และการตรวจสอบข้อมูลเรื่องเดียวกันจากวิธีการที่แตกต่างกัน จากนั้นพยายามสร้างมโนทัศน์ (concept) ที่แตกต่างไปจากข้อมูลที่ได้มาแล้ว (negative case) จนกระทั่งข้อมูลไม่มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มเติมหรือเรียกว่าข้อมูลถึงจุดอิ่มตัว (theoretical saturation) และนำหมวดหมู่ที่ได้มาสร้างการอธิบายปรากฏการณ์ 4) การสร้างทฤษฎี (theory generation) เป็นการนำเสนอทฤษฎีในรูปข้อความเพื่ออธิบายปรากฏการณ์

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ข้อสรุปเชิงทฤษฎีของการวิเคราะห์ข้อมูล ประกอบไปด้วย ปัจจัยที่ส่งผลให้การดำเนินงานของสหกรณ์เกิดความยั่งยืน และสถานการณ์ในอนาคตของสหกรณ์การเลี้ยงปลาสลิด กรป.กลาง โพนยางคำ จำกัด มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ความหมายของความยั่งยืนในการดำเนินงานของสหกรณ์

ความหมายของความยั่งยืนในการดำเนินงานของสหกรณ์ คือ การดำรงอยู่ของสหกรณ์ที่มีมาแล้วกว่า 30 ปี สืบเนื่องจากการมีวิสัยทัศน์ของผู้บริหาร มีความรู้ความชำนาญเฉพาะด้าน วัฒนธรรมองค์กรที่ถูกสร้างขึ้น การใช้หลักธรรมาภิบาลในการบริหารงาน มีผลการดำเนินงานที่ดี คุณภาพผลิตภัณฑ์ผ่านกระบวนการที่มีมาตรฐาน เป็นทั้งผู้ผลิตและจำหน่ายเนื้อโคในระดับแนวหน้าของประเทศ สมาชิกมีความเชื่อมั่นและความจงรักภักดีต่อสหกรณ์ และเป็นต้นแบบของการรวมกลุ่มผู้ผลิตที่มีการบริหารจัดการ ตลอดจนห่วงโซ่การผลิตสอดคล้องกับการดำเนินชีวิตตามหลักเศรษฐกิจพอเพียง

ปัจจัยที่ส่งผลให้การดำเนินงานของสหกรณ์เกิดความยั่งยืน

พบว่า การดำเนินงานเพื่อก่อให้เกิดความยั่งยืนของสหกรณ์มีปัจจัยสำคัญที่ค้นพบ 3 ประการ ได้แก่ 1) คุณภาพของผลิตภัณฑ์ คือ ปัจจัยนำเข้าและกระบวนการผลิตที่มีคุณภาพ 2) คุณภาพการบริหารจัดการ คือ การบริหารทางการเงินและการบริหารองค์รอย่างมีคุณภาพ และ 3) คุณภาพชีวิตของสมาชิกสหกรณ์ คือ สมาชิกมีรายได้และค่าตอบแทนจากการเลี้ยงโค รวมไปถึงการได้รับทุนการศึกษานูต การได้รับความรู้และการบริการจากสหกรณ์ และการมีส่วนร่วมในการดำเนินงาน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

คุณภาพของผลิตภัณฑ์ คือ ปัจจัยนำเข้าและกระบวนการผลิตที่มีคุณภาพ

ปัจจัยนำเข้า

สายพันธุ์โค คือ โคพันธุ์ลูกผสมสายเลือดชาร์โรเลส์เป็นหลักในการเลี้ยงขุน

อายุ เพศ ขนาด และน้ำหนัก มีน้ำหนักไม่น้อยกว่า 350 กิโลกรัม รอบอกไม่น้อยกว่า 63 นิ้ว มีสุขภาพสมบูรณ์ โคไม่พิการ ไม่เป็นโรค หากเป็นโคเพศผู้จะต้องมีอายุไม่เกิน 4 ปี และมีฟันแท้ไม่เกิน 6 ซี่ แต่ถ้าเป็นโคเพศเมียจะไม่จำกัดอายุแต่จะต้องไม่ตั้งท้อง และไม่มีลูกอ่อนกินนม

การตรวจสุขภาพก่อนขุน ก่อนที่สมาชิกจะดำเนินการขุนโคต้องให้สัตวแพทย์ประจำสหกรณ์มาตรวจสุขภาพโค โดยเฉพาะโรคผิวหนัง ถ้าผ่านการตรวจโรคผิวหนัง จากนั้นจะฉีดยาถ่ายพยาธิและฆ่าเห็บในเข็มเดียวกันฉีดวัคซีนป้องกันโรคปากและเท้าเปื่อย และวัคซีนโรคคอบวม

การติตราและขึ้นทะเบียน โคที่จะนำมาทำการขุนต้องตอนก่อน ติเบอรูข้างขวาโค (สัณฐาน) หมายเลขเบอร์หูขวาของโคต้องตรงกับใบแจ้งขุน เสียค่าธรรมเนียมการแจ้งขุนตัวละ 50 บาท เฉพาะโคแรกเกิดเท่านั้นที่ไม่ต้องเสียค่าธรรมเนียม เมื่อแจ้งขุนแล้วจึงออกไปขุนโคให้กับเจ้าของโคพร้อมเซ็นรับใบเอกสาร

กระบวนการผลิต

สถานที่เลี้ยง คอกมีขนาดประมาณ 2x3 เมตร ทำด้วยไม้หรือเหล็กแป๊บกลมขนาด 1-2 นิ้ว ทำเป็นช่อง ๆ ขุนช่องละ 1 ตัว ปล่อยโคอยู่ในช่องโดยไม่ผูกเชือก แต่ต้องสนสพายไว้ทุก ๆ ตัว พื้นของคอกจะต้องยกพื้นให้สูงเพื่อไม่ให้

น้ำขังโดยเฉพาะในฤดูฝน หรือเทพื้นเป็นซีเมนต์หนา 7x8 เซนติเมตรเพื่อทำความสะอาดพื้นได้ง่าย และพื้นซีเมนต์ยังช่วยฝนเล็ดโคให้สั้น ทำให้โคยืนกินและกินอาหารได้มาก หลังคาสูงประมาณ 2.50 เมตร รางอาหารแบ่งส่วนออกเป็นรางอาหารหญ้าหรือฟางข้าว รางอาหารข้น และรางกาน้ำตาล ต้องทำความสะอาดรางอาหารเป็นประจำทุก ๆ วัน ต้องมีถ้ำน้ำหรือรางน้ำสะอาดให้กินตลอดเวลา

อาหารและเลี้ยงดู การให้อาหารโคโดยการให้กินอาหารข้นวันละ 7 กิโลกรัมต่อวัน หลังจากนั้นให้อาหารหยาบ เช่น หญ้าและฟาง ส่วนการให้กาน้ำตาลเพื่อเสริมไขมัน จะให้เมื่อโคได้รับการขุนไปแล้วประมาณ 5 เดือน จึงเริ่มให้กินกาน้ำตาล ระหว่างนั้นเจ้าหน้าที่ส่งเสริมจะออกไปฉีดยาถ่ายและวัคซีนซ้ำทุก ๆ 5 เดือน จนกว่าจะขายโคขุนให้กับสหกรณ์

การคัดโคเข้าโรงฆ่าชำแหละ สมาชิกขุนโคประมาณ 10-12 เดือน เมื่อพร้อมที่จะขายก็จะแจ้งไปยังสหกรณ์ จากนั้นสหกรณ์จะส่งเจ้าหน้าที่มาคัดว่าโคได้ขนาดตามเกณฑ์ที่กำหนดหรือไม่ หากได้ขนาดตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้จะมีการออกเอกสารให้นำโคไปขายที่สหกรณ์ โดยต้องมีคุณสมบัติเบื้องต้นคือ เป็นโคที่อ่อนสมบูรณ์และปราศจากโรคหรือแผล เป็นโคที่แข็งแรงสมบูรณ์โดยแสดงใบแจ้งขุนพร้อมหมายเลขประจำตัวโค ทั้งที่สักไว้ที่หูซ้ายและที่ปรากฏบนป้ายประจำตัวโค เป็นโคที่ไม่ได้รับการฉีดวัคซีนหรือยาปฏิชีวนะเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 1 เดือน วิธีการคัดโคจะมีการให้คะแนนตามความสมบูรณ์ของโค เมื่อเสร็จสิ้นการคัดโคทุกกลุ่ม สหกรณ์จะทำการรวบรวมคะแนนและจัดอันดับคะแนนโดยเรียงลำดับจากมากไปน้อย โดยสหกรณ์จะออกไปส่งโคเข้าชำแหละให้แก่สมาชิกเจ้าของโคที่ถูกคัดเลือก โดยผ่านประธานกลุ่มล่วงหน้า 1 สัปดาห์และเจ้าของโคต้องนำโคเข้ามาถึงสหกรณ์ก่อนเวลา 18.00 น. ก่อนวันชำแหละเป็นเวลา 1 วัน

การฆ่าชำแหละโค ก่อนทำการฆ่าชำแหละโค สมาชิกจะต้องนำโคพักในคอกพักสัตว์ของสหกรณ์ 1 วัน ห้ามให้อาหารทุกชนิดแก่โค ยกเว้นน้ำ เจ้าของโคจะต้องดูแลและรับผิดชอบโคจนกระทั่งโคได้ชั่งน้ำหนักและนำโคเข้าของพักเรียบร้อยแล้ว สำหรับการชั่งน้ำหนักโคนั้นจะทำให้ทราบถึงน้ำหนักขั้นต้นของโค เมื่อถึงขั้นตอนการชำแหละโค พนักงานโรงฆ่าชำแหละจะนำโคขุนจากคอกพักสัตว์มาที่ของสำหรับฆ่าในโรงฆ่าสัตว์ ใช้เลื่อยไฟฟ้าผ่าซากเป็นสองชิ้น ตัดแต่งซากโคและนำซากเข้าห้องเย็นเพื่อรอให้ไขมันส่วนเกินออก และล้างซาก ชั่งน้ำหนัก ก่อนทำการซื้อขาย

การบ่มซากโค ซากโคต้องบ่มในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิในช่วงนี้เพื่อเป็นการถนอมคุณภาพเนื้อให้ดี ไม่เกิดเชื้อจุลินทรีย์ในเนื้อและไม่มีกลิ่น ใช้ระยะเวลาในการบ่มซากอย่างน้อย 7 วัน จะทำให้นเนื้อมีความนุ่ม ไม่เหนียว และมีรสชาติดี และการบ่มไม่ควรเกิน 21 วันเพราะจะทำให้เนื้อโคเหม็นและมีรสชาติไม่ดี

การตัดเกรดไขมัน การให้คะแนนไขมันถือเป็นหลักฐานการคำนวณราคาซื้อโคขุน สหกรณ์ให้คะแนนเกรดไขมันหลังจากบ่มซากโคไปแล้ว 7 วัน มาตรฐานกำหนดคะแนนไขมัน ตำแหน่งดูไขมันต้องตัดซากโคตรงเนื้อซี่โครงระหว่างซี่โครงที่ 12 และซี่โครงที่ 13 สังเกตไขมันที่แทรกในเนื้อแดง ตรงรอยที่ตัด การกำหนดคะแนนไขมันต้องดูภาพเปรียบเทียบการแทรกไขมันรูปมาตรฐาน จะมีการให้เกรดไขมันแทรกตั้งแต่ 1-5 คะแนน โดยคะแนนเฉลี่ยส่วนมากจะอยู่ที่ 3-3.5 คะแนน

การตัดแต่งเนื้อ สำหรับซากโคที่มีอายุการบ่ม 7 วันขึ้นไป สามารถตัดแต่งเป็นชิ้นส่วนแล้วส่งไปจำหน่ายได้ ในการตัดแต่งชิ้นส่วนเนื้อออกเป็น 17 ชิ้นส่วน ในขั้นตอนนี้จะต้องทำด้วยความรวดเร็ว เพราะการทำการตัดแต่งเนืวนอกห้องบ่มที่มีอุณหภูมิมากกว่า 20°C อาจทำให้นเนื้อเน่าเสียได้

การตรวจสอบย้อนกลับ ระบบการตรวจสอบย้อนกลับด้วยการเชื่อมโยงข้อมูลประวัติผู้เลี้ยงโคและโคที่นำมาขุนจะถูกบันทึกลงในระบบคอมพิวเตอร์ที่ได้เชื่อมโยงรหัสประจำตัวโคที่เข้าชำแหละ รหัสประจำตัวนี้จะใช้ในการเชื่อมโยงจนกระทั่งโคผ่านการชำแหละ การตัดแต่งเนื้อ บรรจุลงหีบห่อ และปรากฏใบรับรองแหล่งผลิต ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกนี้จะย้อนกลับไปสู่การตรวจสอบระบบการเลี้ยงโคของสมาชิก เช่น พ่อ-แม่พันธุ์ที่ใช้ คุณภาพของเนื้อโค และค้นหาสาเหตุของปัญหาในการเลี้ยงเพื่อพัฒนาการเลี้ยงโคของสมาชิก

คุณภาพการบริหารจัดการ คือ การบริหารทางการตลาด การบริหารการเงิน และการบริหารองค์กรที่มีคุณภาพ

การบริหารทางการตลาด

เป็นต้นน้ำทางธุรกิจ สหกรณ์เป็นผู้เริ่มต้นการดำเนินงานธุรกิจผลิตเนื้อ โดยเริ่มจากการผสมโค การคัดโค ขุน เชือด บ่มซาก ก่อนที่จะส่งจำหน่ายไปยังปลายทาง

ตราสินค้า “ชื่อสัญลักษณ์โคยูค” เป็นที่รู้จักและได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคและผู้ประกอบการ และการจัดทำป้ายแนะนำส่วนต่าง ๆ ของโคแบรนด์ “เนื้อไทยเฟรนช์ Thai-French Beef” (Figure 1)



Figure 1 The “Thai-French Beef” brand of Pon Yang Kham livestock cooperatives.

กลยุทธ์การตลาด “สร้างแบรนด์ด้วยกลยุทธ์ปากต่อปาก”

สถานที่จัดจำหน่าย ตลาดหลัก ได้แก่ ตลาดขายส่งของสหกรณ์ที่สำนักงานใหญ่จังหวัดสกลนคร สาขาตัวเมืองสกลนคร สาขาปทุมธานี สาขาสุโขทัย ตลาดรอง ได้แก่ ตัวแทนจำหน่ายและผู้ประกอบการร้านอาหาร เช่น วิลล่ามาร์เก็ต ฟาร์มโชคชัย โรงแรมโอเรียนเต็ล ฟู้ดแลนด์ ร้านอาหาร ร้านกาแฟ โรงแรมดุสิต ร้านสะดวกซื้อ และลูกค้าทั่วไป

อุปสงค์ทางการตลาด ตลาดมีความต้องการเนื้อโคขุนที่มีคุณภาพดี

การบริหารการเงิน

ขนาดและเงินทุนของสหกรณ์ จัดเป็นสหกรณ์ที่มีขนาดใหญ่ โดยพิจารณาจากทุนดำเนินงาน รายได้ของธุรกิจ และจำนวนสมาชิก

สภาพคล่องทางการเงินสูง สหกรณ์มีสภาพคล่องในการดำเนินงานสูง โดยพิจารณาจาก อัตราส่วนทุนหมุนเวียนซึ่งส่วนใหญ่สินทรัพย์จะอยู่ในรูปแบบของเงินสดและเงินฝากธนาคาร โดยสหกรณ์ได้มีการสำรองกำไร สะสมตามกฎหมายและเพื่อการขยายกิจการในอนาคต

ความเสี่ยงในการดำเนินงาน สหกรณ์มีผลการประเมินความเสี่ยงในภาพรวมอยู่ในระดับต่ำ โดยพิจารณาจากสภาพแวดล้อมการควบคุม การเงินการบัญชี ธุรกิจจัดหาสินค้ามาจำหน่าย ธุรกิจการรวบรวมผลิตผลและการแปรรูป เงินลงทุน ที่ดินอาคารและอุปกรณ์ สมาชิกและทุนเรือนหุ้น

ผลการดำเนินงาน อยู่ในเกณฑ์ดี ในปี 2559 สหกรณ์มีกำไรสุทธิ 44,028,687.30 บาท มีแนวโน้มการเติบโตเพิ่มสูงขึ้นตั้งแต่ปี 2554-2557 และปรับลดลงในปี 2558 แต่กลับมาเพิ่มสูงขึ้นในปี 2559 ตามลำดับ ปริมาณธุรกิจส่วนใหญ่เกิดจากการจัดหาสินค้ามาจำหน่ายถึง 160,825,505.69 บาท กำไรเฉลี่ยต่อสมาชิก 9,441 บาทต่อคน

มีระบบบัญชีและการควบคุมภายในที่ดี มีการกำหนดกฎระเบียบในการรับจ่ายเงิน มีการออกเอกสารหลักฐานให้ผู้ที่เกี่ยวข้องทุกครั้ง ใช้เครื่องบันทึกเงินสดในการรับเงินจากการขาย เครื่องชั่งน้ำหนักเนื้อแบบคอมพิวเตอร์ สามารถพิมพ์ราคาออกมาแบบอัตโนมัติ และนำโปรแกรมสำเร็จรูปมาใช้ในการจัดทำบัญชี ปีงบประมาณเงินฝากธนาคารทุกวัน และมีระบบควบคุมเพื่อตรวจทานการทำงานของแต่ละบุคคล และสหกรณ์มีผู้ตรวจสอบกิจการซึ่งได้รับเลือกตั้งจากที่ประชุมใหญ่ เข้าไปปฏิบัติงานตรวจสอบกิจการเป็นประจำ โดยตรวจสอบทั้งด้านการเงินการบัญชีและการบริหารงานทั่วไป พร้อมให้ข้อสังเกตและข้อเสนอแนะต่อที่ประชุมคณะกรรมการดำเนินการอย่างสม่ำเสมอจากผู้สอบบัญชีสหกรณ์

การบริหารองค์กร

มีการวางแผนดำเนินงาน กำหนดทิศทางที่ชัดเจน โดยได้มีการจัดทำแผนการดำเนินงานและงบประมาณรายจ่ายที่ผ่านการอนุมัติจากที่ประชุมใหญ่ ในการกำหนดแผนทุกครั้งจะคำนึงถึงโคที่มีในแต่ละรอบปี

มีความรู้ความชำนาญการ มีความรู้และความชำนาญในการบริหารงาน พัฒนาความรู้โดยการส่งพนักงานไปอบรม/ศึกษาเพิ่มเติมทั้งในและต่างประเทศ เช่น การคัดแยกเนื้อสัตว์ ปศุสัตว์ การผสมเทียม และทักษะต่าง ๆ

ธุรกิจครบวงจร เริ่มจากการจัดหาอาหารโคมาบริการขายแก่สมาชิก กรณีที่เป็นเงินซื้อสหกรณ์ ก็จะมีการจดบันทึก เมื่อมีการขายจึงจะหักเงินค่าอาหารโคจากสมาชิก การให้บริการผสมพันธุ์โค การให้บริการด้านปศุสัตว์ ทำการผลิตเอง การกำหนดราคาเอง และการจัดจำหน่ายเอง

วัฒนธรรมองค์กร มีระบบการทำงานแบบตะวันตก การบริหารที่เน้นความประหยัด มีการประชุมก่อนทำงานทุกวัน การใช้เวลาอย่างคุ้มค่า มีความตรงต่อเวลา ให้ความสำคัญในทุกรายละเอียด

เปิดบริการทุกวัน สหกรณ์ฯ โยนยาคำ เปิดทำการและให้บริการทุกวัน

มีโครงสร้างองค์กรและการแบ่งแยกหน้าที่ความรับผิดชอบ โครงสร้างแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ โครงสร้างองค์กร และโครงสร้างการดำเนินงานของสหกรณ์ ซึ่งโครงสร้างองค์กรจะได้อำนาจจากกระบวนการเลือกตั้งจากสมาชิกที่ประกอบไปด้วย ประธานสหกรณ์ รองประธาน คณะกรรมการ เภรณญิก และประธานกลุ่ม 22 กลุ่ม ส่วนโครงสร้างการดำเนินงานสหกรณ์ ประกอบด้วย ผู้จัดการ ผู้ช่วยผู้จัดการ และแผนกต่าง ๆ การแบ่งแยกหน้าที่ความรับผิดชอบเป็นไปอย่างเหมาะสม เมื่อครบ 1 ปี จะมีการปรับเปลี่ยนหมุนเวียนพนักงานแต่ละแผนกเพื่อให้สามารถปฏิบัติงานแทนกันได้ทุกแผนก

การกำหนดกฎระเบียบและการลงโทษ สหกรณ์มีการกำหนดระเบียบที่เป็นไปตาม พรบ. สหกรณ์ และกำหนดระเบียบให้สอดคล้องกับการทำงานเพื่อถือปฏิบัติร่วมกัน และเมื่อตรวจพบการกระทำผิดของพนักงานจะทำการลงโทษขั้นสูงสุดทันที

มีความโปร่งใสในการทำงาน กระบวนการซื้อขายผ่านระบบการประมวลจากหน่วยงานภายนอก และกระบวนการสรรหาที่ผ่านกระบวนการเลือกตั้งจากสมาชิก มีการแต่งตั้งประธานกลุ่มเพื่อเป็นตัวแทนในการเข้าร่วมการประชุมทุกครั้ง

มีระบบสวัสดิการพนักงานที่ดี การจ้างงานเป็นไปตามกฎหมายแรงงาน การปรับเงินเดือนตามอัตราของรัฐ ไม่เน้นที่วุฒิการศึกษา เน้นประสบการณ์ในการทำงาน มีระบบประกันสังคม มีเงินพิเศษ เบี้ยขยัน เบี้ยส่งเสริมการขายให้แต่ละสาขา มีโบนัสประจำปี (5 เดือน) ของยอดเงินเดือน โดยขึ้นอยู่กับผลกำไรและมีบำเหน็จเมื่อเกษียณ

ความเสียสละของบุคลากร พนักงานในสหกรณ์มีความเสียสละ หุ่นกำลังร่างกายเพื่อให้สหกรณ์ประสบความสำเร็จ ทำงานทุกวัน มีความสามารถในการทำงานได้ทุกด้าน ซื่อสัตย์ และมีความอดทนสูง

การสร้างเครือข่ายและความร่วมมือ มีความสัมพันธ์ที่ดีกับสหกรณ์ทั้งในและนอกพื้นที่ เป็นพันธมิตรกับองค์กร กลุ่มอาชีพและหน่วยงานต่าง ๆ เพื่อแสวงหาและแลกเปลี่ยนความรู้และความร่วมมือในการดำเนินงาน

มีระบบสารสนเทศที่ดี นำระบบการคำนวณขึ้นส่วนและการกำหนดน้ำหนักเนื้อโคโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มีโปรแกรมสำเร็จรูปทางการบัญชีที่พัฒนาและใช้เฉพาะในสหกรณ์ มีการจัดทำเว็บไซต์ในการเผยแพร่และแนะนำสหกรณ์

คุณภาพชีวิตของสมาชิกสหกรณ์

รายได้และค่าตอบแทนการเลี้ยงโค สมาชิกมีรายได้จากการขายโคหลังหักหนี้คงค้างกับสหกรณ์แล้วประมาณตัวละ 10,000 บาท และได้รับค่าตอบแทนก่อนขุนที่สหกรณ์มอบเงินให้แก่สมาชิกเมื่อมีลูกโคคลอดแล้วแจ้งไปยังสหกรณ์ จำนวน 2,000-3,000 บาทต่อตัว และรวมไปถึงค่าตอบแทนจากความเอาใจใส่โคของสมาชิกโดยพิจารณาจากไขมันแทรกในเนื้อ คอกเลี้ยง และการให้อาหาร

เงินเฉลี่ยคืนและเงินปันผล เงินเฉลี่ยคืนให้แก่สมาชิกตามส่วนธุรกิจที่สมาชิกได้ทำไว้กับสหกรณ์ในระหว่างปี โดยคำนวณจากการขายโคขุนของสมาชิกให้แก่สหกรณ์ การซื้ออาหารสัตว์ สหกรณ์จะจ่ายเงินเฉลี่ยคืนตามอัตราที่ประชุมใหญ่อนุมัติเป็นรายปี และจะจ่ายเงินปันผล (ตามหุ้น) ตามอัตราที่ประชุมใหญ่อนุมัติเป็นรายปี

เงินสงเคราะห์สมาชิกและโค กรณีที่ผู้เป็นสมาชิกสหกรณ์หรือคู่สมรสเสียชีวิตลง สหกรณ์จะจ่ายเงินฌาปนกิจสงเคราะห์ให้กับทายาทของสมาชิก ถือเป็นสวัสดิการที่ดูแลสมาชิกเท่าที่ดูแลได้ และมีการจ่ายเงินสงเคราะห์โคกรณีโคที่เป็นโรค

ทุนการศึกษาบุตร ทุนการศึกษาให้กับบุตรที่กำลังศึกษาต่อในระดับประถมศึกษา มัธยมศึกษาตอนต้น มัธยมศึกษาตอนปลาย และอุดมศึกษา ตามลำดับ

การให้ความรู้และการบริการจากสหกรณ์ การให้ความรู้ในการเลี้ยงโคเพื่อให้ได้โคขุนที่มีคุณภาพ และการให้บริการแก่สมาชิก เช่น บริการผสมเทียม จำหน่ายอาหารสัตว์/อาหารข้นให้กับสมาชิก ส่งเสริมการเลี้ยง รับซื้อโคขุน บริการรักษาสัตว์ของสมาชิก จัดการแปรรูปและจำหน่ายเนื้อโคขุน และขยายพันธุ์หญ้าเพื่อจำหน่ายให้กับสมาชิก

มีส่วนร่วมในการดำเนินงาน สมาชิกมีส่วนร่วมในการดำเนินงานของสหกรณ์ เช่น การเข้าร่วมประชุมใหญ่ทุกปี การเลือกตั้งตัวแทนกลุ่มเพื่อรับข่าวสารจากทางสหกรณ์และบอกกล่าวปัญหาผ่านตัวแทนกลุ่มไปยังสหกรณ์เพื่อนำปัญหาเข้าประชุมของคณะกรรมการต่อไป

การคาดการณ์แนวโน้มการดำเนินงานในอนาคต

การคาดการณ์แนวโน้มการดำเนินงานในอนาคตของสหกรณ์จากความคิดเห็นของผู้ให้ข้อมูล สามารถสรุปได้ว่าสหกรณ์จะประสบความสำเร็จและดำเนินงานได้อย่างยั่งยืนในอนาคตต่อไป ขึ้นอยู่กับ ปริมาณของโคที่ป้อนเข้าสหกรณ์อย่างต่อเนื่อง

เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของตลาด ประสิทธิภาพการบริหารจัดการงานตามวาระการบริหารงานของแต่ละทีมที่ได้รับการเลือกตั้งให้เข้ามาดำรงตำแหน่ง และการรักษาคุณภาพและมาตรฐานของผลิตภัณฑ์อย่างเข้มงวด โดยมีรายละเอียดดังนี้

ปริมาณโคที่สอดคล้องกับความต้องการของตลาด ถ้ามีโคป้อนเข้ามาอย่างต่อเนื่องก็จะสามารถวางแผนในการฆ่าและจำหน่ายได้ ทำให้เกิดการหมุนเวียนธุรกิจได้ตลอดทั้งปี

การบริหารงานตามวาระ คณะกรรมการบริหารเปลี่ยนตามวาระตามข้อบังคับของสหกรณ์ โดยคณะกรรมการมีความเข้มแข็ง มีความรู้ ความเข้าใจในการบริหารจัดการ และสามารถสร้างความเชื่อมั่นให้กับบุคลากรและสมาชิกสหกรณ์ได้

การรักษาคุณภาพให้คงที่ เน้นการรักษามาตรฐานของเนื้อให้มีคุณภาพคงที่ และควบคุมกระบวนการปฏิบัติงานให้มีประสิทธิภาพและเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของสหกรณ์ตามที่กำหนด

สรุปผลการศึกษา

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ดังนี้ 1) เพื่อค้นหาความหมายของความยั่งยืนในการดำเนินงานของสหกรณ์ 2) เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลให้การดำเนินงานของสหกรณ์เกิดความยั่งยืน 3) เพื่อคาดการณ์แนวโน้มในการดำเนินงานของสหกรณ์ในอนาคต เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ เพื่อหาข้อสรุปเชิงทฤษฎีที่จะนำไปสู่การสร้างทฤษฎีฐานราก (grounded theory) จากมุมมองของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องหลักในการดำเนินงานของสหกรณ์ จำนวน 15 คน สหกรณ์การเลี้ยงปลุสสัตว์ กรป.กลาง โพนยางคำ จำกัด คือพื้นที่ที่ศึกษา เนื่องจากเป็นสหกรณ์ที่มีความสอดคล้องตามวัตถุประสงค์และคำถามของการวิจัยมากที่สุด เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีสัมภาษณ์เชิงลึก การสังเกตและจดบันทึก และการศึกษาจากเอกสาร ผลการศึกษาที่ 1 ความยั่งยืนในการดำเนินงานของสหกรณ์ หมายถึง ระยะเวลาในการดำรงอยู่ของสหกรณ์อย่างยาวนานที่เป็นผลมาจากการมีวิสัยทัศน์ของผู้บริหาร ความรู้ ความชำนาญเฉพาะด้าน วัฒนธรรมองค์กร การใช้หลักธรรมาภิบาลในการบริหารงาน มีผลการดำเนินงานที่ดี คุณภาพผลิตภัณฑ์ผ่านกระบวนการที่มีมาตรฐาน เป็นทั้งผู้ผลิตและจำหน่ายเนื้อโคที่มีคุณภาพในระดับแนวหน้าของประเทศ สมาชิกมีความเชื่อมั่นและความจงรักภักดีต่อสหกรณ์ และเป็นต้นแบบของการรวมกลุ่มผู้ผลิตที่มีการบริหารจัดการ ตลอดจนห่วงโซ่การผลิตสอดคล้องกับการดำเนินชีวิตตามหลักเศรษฐกิจพอเพียง ผลการศึกษาที่ 2 พบว่าปัจจัยที่มีผลให้การดำเนินงานของสหกรณ์เกิดความยั่งยืนมี 3 ด้าน ได้แก่ 1) คุณภาพด้านการผลิต ประกอบด้วย การนำเข้า และกระบวนการผลิต 2) คุณภาพการบริหารจัดการ ประกอบด้วย การบริหารองค์กร การบริหารการเงิน และการบริหารทางการตลาด 3) คุณภาพชีวิตของสมาชิกสหกรณ์ ประกอบด้วย รายได้และค่าตอบแทนการเลี้ยงโค เงินเฉลี่ยคืนและเงินปันผล การส่งเสริมสมาชิกและโค ทุนการศึกษาบุตร การให้ความรู้และการบริการจากสหกรณ์ และการมีส่วนร่วมในการดำเนินงาน ผลการศึกษาที่ 3 พบว่า แนวโน้มการดำเนินงานในอนาคตขึ้นอยู่กับปริมาณโคจากสมาชิกที่ป้อนเข้ามาอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดการหมุนเวียนธุรกิจได้ตลอดทั้งปี ประสิทธิภาพการบริหารงานของคณะกรรมการบริหารที่ได้รับการสรรหา การรักษามาตรฐานของเนื้อให้มีคุณภาพคงที่ และควบคุมกระบวนการปฏิบัติงานให้มีประสิทธิภาพ โดยรูปแบบจำลองโครงสร้างทางทฤษฎีของสหกรณ์ที่มีความยั่งยืนในการดำเนินงาน ดัง Figure 2

ปัจจัยที่มีผลให้การดำเนินงานของสหกรณ์เกิดความยั่งยืน ประกอบด้วย คุณภาพผลิต คุณภาพการบริหารจัดการ และคุณภาพชีวิตของสมาชิกสหกรณ์ ซึ่งสอดคล้องกับ กรมส่งเสริมสหกรณ์ (2552) ที่ระบุว่า ปัจจัยแห่งความสำเร็จของสหกรณ์การเกษตร คือ 1) การวางระบบการจัดการ 2) การดำเนินธุรกิจทางการตลาด 3) การระดมทุนและการจัดการสินเชื่ออย่างมีประสิทธิภาพ 4) การให้คำแนะนำแก่สมาชิก 5) การจัดตั้งกลุ่ม 6) การให้บริการเครื่องจักรกลและสิ่งอำนวยความสะดวกร่วมกัน และ 7) การให้การศึกษอบรม นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานของ สุพจน์ วัฒนวิเชียร และคณะ (2552) ที่พบว่าปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการทำงานสหกรณ์ คือ 1) การวางแผนการดำเนินงาน 2) เงินช่วยเหลือจากภาครัฐบาล 3) การฝึกอบรม 4) ศักยภาพผู้จัดการสหกรณ์ 5) เงินรับฝาก 6) ศักยภาพกรรมการสหกรณ์ และ 7) เงินช่วยเหลือพนักงานสหกรณ์

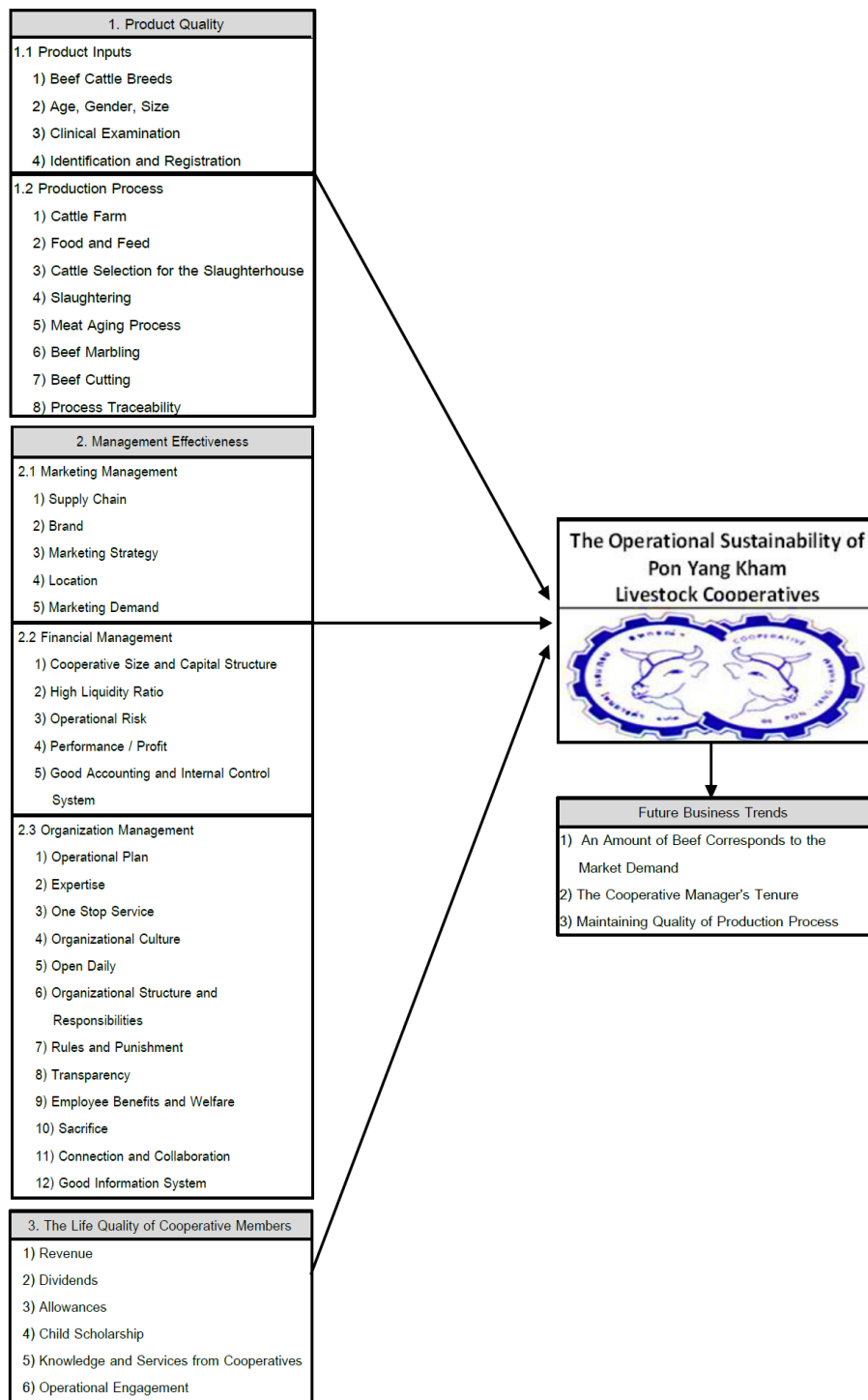


Figure 2 A conceptual model of the operational sustainability of Pon Yang Kham livestock cooperatives.

ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ

ข้อจำกัดของงานวิจัยครั้งนี้คือ 1) การสัมภาษณ์เชิงลึกต้องใช้ระยะเวลาในภาคสนามยาวนานมาก 2) นักวิจัยหลายท่านมีความแตกต่างกันด้านทัศนคติ ประสบการณ์ และภูมิหลัง ส่งผลให้การวิเคราะห์ข้อมูลหรือข้อค้นพบแตกต่างกันตามมุมมองของแต่ละคน 3) ผลการวิจัยเป็นจริงในสถานการณ์ที่เฉพาะเจาะจงอาจขาดความเป็น generalization ในการนำผลงานวิจัยไปใช้ในวงกว้าง ดังนั้นงานวิจัยในอนาคตควรนำรูปแบบจำลองโครงสร้างทางทฤษฎีความยั่งยืนในการดำเนินงานของสหกรณ์ที่สร้างขึ้นจากการวิจัยนี้ไปยืนยันผล (confirm) โดยการวิจัยเชิงปริมาณกับกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและยืนยันทฤษฎีที่สร้างขึ้นในวงกว้างต่อไป โดยใช้สถิติในการวิเคราะห์ เช่น Factor Analysis Path Analysis SEM

เอกสารอ้างอิง

- กรมปศุสัตว์. 2555. แผนยุทธศาสตร์การพัฒนาโคเนื้อปี 2555-2559. กองส่งเสริมและพัฒนาการปศุสัตว์. <http://extension.dld.go.th/th1/images/stories/article/ThaicattleStrategy55-59.pdf> (15 ธันวาคม 2560).
- กรมส่งเสริมสหกรณ์. 2552. รายงานผลการวิจัยเรื่องปัจจัยความสำเร็จของสหกรณ์ดีเด่นในปี 2517 ศึกษาเฉพาะกรณีสหกรณ์การเกษตรสูงเนิน จำกัด. กรุงเทพฯ: กองวิชาการ กรมส่งเสริมสหกรณ์.
- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2561. ข่าวประชาสัมพันธ์: สศก. มั่นใจพร้อมรับมือผลกระทบหลังสิ้นสุด SSG ไทย-ออสเตรเลีย ชูกองทุน FTA พร้อมช่วยเกษตรกร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. <https://www.moac.go.th/news-preview-401891791647> (17 มกราคม 2561).
- ชาย โพธิ์สีดา. 2556. ศาสตร์และศิลป์แห่งการวิจัยเชิงคุณภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้ง.
- สหกรณ์การเลี้ยงปศุสัตว์ กรป.กลาง โพนยางคำ จำกัด. 2561. ประวัติสหกรณ์และเนื้อโคขุนโพนยางคำ. สหกรณ์การเลี้ยงปศุสัตว์ กรป.กลาง โพนยางคำ จำกัด. <http://www.thaifrenchbeef.com/WhatPYK.html> (5 สิงหาคม 2561).
- สำนักกรรมวิธีการ 1 สำนักงานเลขาธิการวุฒิสภา. 2561. รายงานการพิจารณาศึกษาของคณะกรรมการการเกษตรและสหกรณ์ สภานิติบัญญัติแห่งชาติ เรื่อง "ยุทธศาสตร์การส่งเสริมและพัฒนาอุตสาหกรรมโคเนื้อไทยทั้งระบบ. สำนักพิมพ์: สำนักงานเลขาธิการวุฒิสภาปฏิบัติหน้าที่สำนักงานเลขาธิการสภานิติบัญญัติแห่งชาติ.
- สุพจน์ วัฒนวิเชียร, รังสรรค์ สิงห์เลิศ, สุวกิจ ศรีปัดดา และเกรียงศักดิ์ ไพรวรรณ. 2552. การพัฒนาการดำเนินงานของสหกรณ์การเกษตร ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือประเทศไทย. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม 3: 35-44.
- Charmaz, K. 2006 .*Constructing Grounded Theory: A Practical Guide through Qualitative Analysis*. California: Sage Publication.
- Charmaz, K. 2014 .*Constructing Grounded Theory*, 2nd ed. Thousand Oaks, CA: Sage Publication.
- Creswell, J. W. 1998. *Qualitative Inquiry and Research Design Choosing Among Five Tradition*. London: Sage Publication.
- Strauss, A. L., and Corbin, J. M. 1990. *Basic of Qualitative Research: Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory*. 2nd ed. California: Sage Publication.

วันรับบทความ (Received date) : 22 ธ.ค. 60

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 7 ส.ค. 61

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

การผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากลีโอนาร์ไดต์ตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์กรมวิชาการเกษตร

Leonardite-based Organic Fertilizer Production Complying

with the Organic Fertilizer Standard of the Department of Agriculture

แสงดาว แลนรอต (खाकाव)^{1*}, จริยา อามาศย์มนตรี¹, ชัยภัทร คงแก้ว¹ และคนพล จุฑามณี¹
 Saengdao Landrot (Khaokaew)^{1*}, Chariya Armartmontree¹, Chaipat Khongkaew¹ and Kanapol Jutamane¹

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติของลีโอนาร์ไดต์และปุ๋ยอินทรีย์ 8 สูตร ที่ได้จากลีโอนาร์ไดต์ผสมกับ ถ่านกลบไบโอชาร์ กากถั่วเหลือง (โปรตีน 43 เปอร์เซ็นต์) รำละเอียด โดโลไมต์ น้ำปราศจากไอออน และกากน้ำตาล ตามข้อกำหนดมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร ผลการทดลองพบว่าปุ๋ยทุกสูตรมีค่าอินทรีย์วัตถุสูงกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ต่ำกว่า 25:1 สมบัติทุกประการของปุ๋ยทุกสูตรผ่านเงื่อนไขของกรมวิชาการเกษตร ยกเว้นค่าพีเอช ค่า C/N ratio และค่าการย่อยสลายสมบูรณ์ สูตรผสมที่ดีที่สุดที่ทำให้ปุ๋ยมีสมบัติทุกประการผ่านมาตรฐาน กำหนดของกรมวิชาการเกษตรคือ สูตรที่ได้จากการผสม 45, 35 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ลีโอนาร์ไดต์ ถ่านกลบไบโอชาร์ และกากถั่วเหลือง ตามลำดับ การลดถ่านกลบไบโอชาร์ลง 10 เปอร์เซ็นต์ แล้วแทนด้วยโดโลไมต์ในสูตรนี้ ทำให้ค่าการย่อยสลายสมบูรณ์ ของปุ๋ยลดลงจาก 96 เปอร์เซ็นต์ เป็น 66-70 เปอร์เซ็นต์ สำหรับปุ๋ยสูตรที่ใช้รำละเอียดแทนการใช้กากถั่วเหลืองสมบัติปุ๋ยผสมที่ได้ ใกล้เคียงกับการใช้กากถั่วเหลืองแต่มีค่าพีเอชต่ำกว่า ค่าการย่อยสลายสมบูรณ์ และค่า C/N ratio สูงกว่าปุ๋ยสูตรที่ได้จากการ ผสมกับกากถั่วเหลือง การผสมกากน้ำตาลลงไปในสูตรการผสมส่งผลให้ค่าการย่อยสลายสมบูรณ์ของปุ๋ยลดลง

คำสำคัญ: ลีโอนาร์ไดต์ ปุ๋ยอินทรีย์ ถ่านกลบไบโอชาร์ กากถั่วเหลือง กากน้ำตาล

Abstract

This research aimed to determine the properties of leonardite and eight leonardite-based organic fertilizers obtained by mixing leonardite with various additives including rice husk biochar, soybean meal (43 percent protein), rice bran, diatomite, deionized water and molasses and to analyze these mixtures according to the organic fertilizer standard of the Department of Agriculture. The results showed that all fertilizer formulas had organic matter contents higher than 40 percent and a C/N ratio of less than 25:1. The properties of the fertilizers were generally in accord with the organic fertilizer standard; however, some were outside the standard for pH, C/N ratio, and germination index values. The best mixture had the composition of 45:35:20 leonardite, rice husk biochar and soybean meal, respectively. All the properties of this mixture complied with the organic fertilizer standard of the Department of Agriculture. Substituting 10 percent of the rice husk biochar content in this mixture with dolomite reduced its germination index value from 96 to 66-70 percent. Using rice bran instead of soybean meal in the fertilizer formulation provided similar results, but the resultant fertilizer had a lower pH, and a higher germination index and C/N value. Adding molasses to the fertilizer formula resulted in a dramatic decrease of the fertilizer's germination index value.

Keywords: leonardite, organic fertilizer, rice husk biochar, soybean meal, molasses

¹ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

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

*Corresponding author, Email: agrsdk@ku.ac.th or agrsdk@yahoo.co.th

คำนำ

ปัจจุบันประเทศไทยให้ความสำคัญกับการทำเกษตรอินทรีย์มากขึ้น จึงทำให้ปุ๋ยอินทรีย์เป็นที่ต้องการของเกษตรกร แม้เกษตรกรจำนวนหนึ่งจะสามารถผลิตปุ๋ยอินทรีย์ในแบบชาวบ้านใช้เองได้ แต่เกษตรกรอีกจำนวนหนึ่งก็ยังคงพึ่งปุ๋ยอินทรีย์ที่มีในท้องตลาด ซึ่งปุ๋ยอินทรีย์จำนวนมากที่มีขายโดยทั่วไปไม่มีการแสดงผลการวิเคราะห์หรือแสดงค่าวิเคราะห์สมบัติใด ๆ เกษตรกรหรือผู้ซื้อทั่วไปจึงไม่สามารถมั่นใจได้ว่าปุ๋ยอินทรีย์ที่ซื้อมานั้นมีสมบัติอย่างไรและได้มาตรฐานตามที่หน่วยงานราชการกำหนดหรือไม่ ซึ่งปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้มาตรฐานในท้องตลาดนั้นหายาก (หทัยชนก นันทพานิช และภาสกร นันทพานิช, 2555) ดังนั้นหากประเทศไทยจะก้าวเข้าสู่การเป็นประเทศผู้นำในการผลิตอาหารจากระบบเกษตรอินทรีย์ สังคมควรมีข้อมูลและทางเลือกในการหาปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้มาตรฐานจำหน่ายในท้องตลาด หรือมีข้อมูลแนวทางผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้มาตรฐานที่เกษตรกรสามารถผลิตหรือผสมใช้เองได้ โดยเฉพาะการใช้ประโยชน์จากวัสดุที่มีในพื้นที่หรือวัสดุพลอยได้จากกิจการต่าง ๆ ที่หาได้ง่าย ปลอดภัย และราคาไม่แพง

ลีโอนาร์โดต์ (leonardite) เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติโดยการออกซิเดชันของถ่านหินลิกไนต์ (Kalaitzidi et al., 2003; Olivella et al., 2011) และเป็นวัสดุพลอยได้จากการผลิตกระแสไฟฟ้า คำว่า “ลีโอนาร์โดต์” ตั้งขึ้นตามชื่อนักธรณีวิทยาผู้ค้นพบและศึกษาลีโอนาร์โดต์คนแรกคือ Dr. Arthur Gray Leonard ที่ค้นพบลีโอนาร์โดต์จากแหล่งถ่านหินในรัฐดาโกตาเหนือ ประเทศสหรัฐอเมริกา (Odzoba et al., 2001) ลีโอนาร์โดต์มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในรูปสารฮิวมิกสูง (Hoffman et al., 1993; Tan, 2003; Simandl et al., 2001) ทำการศึกษาสมบัติของลีโอนาร์โดต์ที่ได้จากบริเวณเหมือง Red Lake ในบริติชโคลัมเบีย ประเทศแคนาดา พบว่าลีโอนาร์โดต์ประกอบด้วยกรดฮิวมิกประมาณ 5.8-75 เปอร์เซ็นต์ ลีโอนาร์โดต์สามารถพบอยู่ทั่วไปในบริเวณที่มีแหล่งถ่านหินลิกไนต์ โดยแหล่งลีโอนาร์โดต์ขนาดใหญ่ตั้งอยู่ที่ประเทศสหรัฐอเมริกา ประเทศแคนาดา และประเทศกรีซ (Hoffman et al., 1993; Simandl et al., 2001) สำหรับประเทศไทย ลีโอนาร์โดต์แหล่งใหญ่ตั้งอยู่ที่ภาคเหนือในอำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการทำเหมืองแร่ลิกไนต์ขนาดใหญ่ มีลีโอนาร์โดต์อยู่ประมาณ 1 ล้านตัน นอกจากนี้พบลีโอนาร์โดต์กระจายอยู่จังหวัดอื่น ๆ ที่พบถ่านหินลิกไนต์ เช่น ลำพูน พะเยา และกระบี่ (วิวัฒน์ โตริทธิกุล และคณะ, 2552)

สำหรับทางด้านเกษตรลีโอนาร์โดต์ถูกนำมาใช้ประโยชน์ เนื่องจากลีโอนาร์โดต์สามารถช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชหลายชนิด อีกทั้งยังช่วยปรับปรุงสมบัติของดินหลายประการ เช่น ช่วยเพิ่มธาตุอาหารใน *Arnica montana* L. (Sugier et al., 2013) เพิ่มผลผลิตคาโนลา (Akinremi et al., 2000) เพิ่มความสูง น้ำหนักสดของต้น และรากต้นมะเขือเทศ (Pertuit et al., 2001) เพิ่มผลผลิตข้าว และปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน (Yolcu et al., 2011) เพิ่มผลผลิตและคุณภาพของ *Rhodiola rosea* L. รวมทั้งทำให้ดินมีความพรุน และส่งผลให้รากพืชมีการเจริญเติบโตที่ดี และช่วยส่งเสริมให้มีเอ็นไซม์ dehydrogenase, acid phosphatase, urease และ protease โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อปลูกในดินทราย (Kolodziej et al., 2013) อีกทั้งยังช่วยเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของมันฝรั่ง (Sanli et al., 2013) ลีโอนาร์โดต์ที่พบในประเทศไทยมีสมบัติที่ดีต่อการเกษตรหลายประการ Pochadom et al. (2013) ทำการศึกษาสมบัติของลีโอนาร์โดต์จากเหมืองแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ซึ่งสุ่มมาจากลีโอนาร์โดต์ที่มีทั้งหมดของเหมืองแม่เมาะ จังหวัดลำปาง โดยผลการศึกษพบว่า ค่าพีเอช และการนำไฟฟ้า ของลีโอนาร์โดต์ที่วัดโดยการใช้น้ำในสัดส่วนลีโอนาร์โดต์ต่อสารสกัด 1 ต่อ 5 มีค่าเท่าในช่วง 3.3-4.9 และ 3.8-4.6 เดซิซีเมนต/เมตร (dS/m) ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) ทั้งหมด เท่ากับ 0.59, 0.10 และ 0.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณธาตุอาหารรอง ได้แก่ แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และกำมะถัน (S) มีค่า 2.3, 0.39 และ 3.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณธาตุอาหารเสริม ได้แก่ แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) และนิเกิล (Ni) เท่ากับ 11, 92, 64, 40 และ 29 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (มก./กก.) ตามลำดับ และค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity: CEC) เท่ากับ 57 เซนติโมลต่อกิโลกรัม (cmol kg⁻¹) มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (organic matter: OM) สูงถึง 24 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ในช่วง 23-26 ปริมาณธาตุอันตรายที่เป็นองค์ประกอบในลีโอนาร์โดต์จากเหมืองแม่เมาะ คือ แคดเมียม (Cd) โครเมียม (Cr) ตะกั่ว (Pb) และอาร์เซนิก (As) อยู่ในระดับที่ไม่เกินค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ที่กรมวิชาการเกษตรกำหนด นอกจากนี้ ธรรพ สมจันทร์ และอรรธรณ ชัตรสิริรุ่ง (2557) รายงานว่า ลีโอนาร์โดต์จากเหมืองแม่เมาะ มีกรดฮิวมิกเป็นองค์ประกอบสูงถึง 57.96 เปอร์เซ็นต์ โดยจากรายงานของ ภาสินี สืบสวน และคณะ (2560) ที่ศึกษาผลของการใช้ลีโอนาร์โดต์กับดาวเรืองพบว่าให้ผลดีเช่นเดียวกับการใช้มูลโคแต่ต้องใช้ร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจน นอกจากนี้การใช้ลีโอนาร์โดต์ยังมีผลทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุ แมกนีเซียม และซัลเฟอร์ส่วนที่สกัดได้ในดินสูงขึ้นด้วย แต่การใช้ลีโอนาร์โดต์โดยตรงมีผลทำให้พีเอชของดินลดลง เนื่องจากลีโอนาร์โดต์มีพีเอชต่ำมาก ชาญยุทธ รัตนพรหมณี และคณะ (2560) รายงานว่า การใส่ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียวหรือใส่ร่วมกับลีโอนาร์โดต์สามารถเพิ่มระดับอินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ได้ประมาณสองเท่าเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ดังนั้นจากสมบัติของลีโอนาร์โดต์ ถือว่าเป็นวัสดุธรรมชาติที่มีศักยภาพในการนำมาใช้ผลิต

ปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้มาตรฐานตามกรมวิชาการเกษตรได้หากมีการเลือกวัสดุผสมที่เหมาะสม การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดลองผสมลีโอนาร์ไดต์กับวัสดุต่าง ๆ ที่อนุญาตให้ใช้ได้ในช่วงกำหนดของเกษตรอินทรีย์และวิเคราะห์สมบัติของปุ๋ยอินทรีย์ที่ผสมแล้วตามมาตรฐานกรมวิชาการเกษตร (กรมวิชาการเกษตร, 2548, 2551, และ 2557; ทัศนกิจกรวลัย ฤทธิ์เรืองเดช, 2554) เพื่อให้ทราบความเป็นไปได้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้มาตรฐานโดยใช้ลีโอนาร์ไดต์เป็นวัสดุผสมหลัก ซึ่งข้อมูลเชิงวิชาการดังกล่าวจะเป็นประโยชน์แก่เกษตรกรและวิสาหกิจชุมชนในพื้นที่ หรือผู้ที่สนใจนำลีโอนาร์ไดต์จากเหมืองแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ไปใช้ในการเกษตร

วิธีการศึกษา

การเตรียมตัวอย่างลีโอนาร์ไดต์และคัดเลือกวัสดุผสมอื่น ๆ

ทำการศึกษาโดยใช้ตัวอย่างลีโอนาร์ไดต์ (Leo) จากเหมืองแม่เมาะ จังหวัดลำปาง เป็นวัสดุหลักในการผสมปุ๋ยนำตัวอย่างลีโอนาร์ไดต์ที่ได้มาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม เมื่อตัวอย่างลีโอนาร์ไดต์แห้งทำการบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร แล้วนำตัวอย่างที่ได้ไปใช้ในการทดลองและการวิเคราะห์สมบัติต่าง ๆ ตามข้อกำหนดมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามพระราชบัญญัติปุ๋ยกรมวิชาการเกษตร ทำการคัดเลือกวัสดุอื่นจากสมบัติเด่นของวัสดุนั้น ๆ ที่คาดว่าจะมีส่วนส่งเสริมให้สมบัติของปุ๋ยลีโอนาร์ไดต์ให้มีสมบัติผ่านมาตรฐานตามข้อกำหนดของกรมวิชาการเกษตรได้ โดยอาศัยการศึกษาสมบัติเบื้องต้นจากเอกสารทางวิชาการในรูปแบบต่าง ๆ จนได้เลือกวัสดุมาผสม 4 ชนิด (Figure 1) คือ 1) แกลบไบโอชาร์ (rice husk biochar: RHB) ที่ได้จากการเผาแกลบดิบด้วยเตาเผาแนวตั้งแบบชาวบ้าน เนื่องจากมีสมบัติเป็นด่าง มีค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณธาตุอินทรีย์ต่ำ และเกษตรกรสามารถผลิตได้เอง (อัจริยา ควรสงวน, 2559) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยจำนวนมากแสดงถึงข้อดีของการใช้ไบโอชาร์ในการปรับปรุงสมบัติต่าง ๆ ของดิน (Liang et al., 2006; Laird et al., 2010; Sohi, 2012; Wang et al., 2013; Sun and Lu, 2014) 2) กากถั่วเหลืองแห้ง (soybean meal: SBM) และรำข้าวละเอียดยแห้ง (rice bran: RB) เนื่องจากวัสดุอินทรีย์ทั้งสองเป็นด่าง มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและปริมาณอินทรีย์วัตถุสูง มีค่า C/N ratio ต่ำกว่า 20 จึงเป็นวัสดุที่น่าจะสามารถช่วยทำให้ปริมาณธาตุอาหาร และ ค่า C/N ratio ของปุ๋ยผสมมีโอกาสผ่านเกณฑ์มาตรฐานได้ อีกทั้งยังเป็นวัสดุที่สามารถหาซื้อได้ทั่วไปและเป็นวัสดุที่แนะนำให้ใช้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงสูตรต่าง ๆ ของกรมพัฒนาที่ดิน 3) โดโลไมต์ (dolomite: Dolo) เนื่องจากเป็นวัสดุที่เป็นด่างน่าจะช่วยปรับค่าพีเอชของปุ๋ยที่ผสมให้พีเอชที่เหมาะสม เนื่องจากลีโอนาร์ไดต์มีพีเอชต่ำมาก และ 4) กากน้ำตาล (molasses: Molas) เนื่องจากมีปริมาณโพแทสเซียมสูงและเกษตรกรสามารถหาซื้อได้ทั่วไป

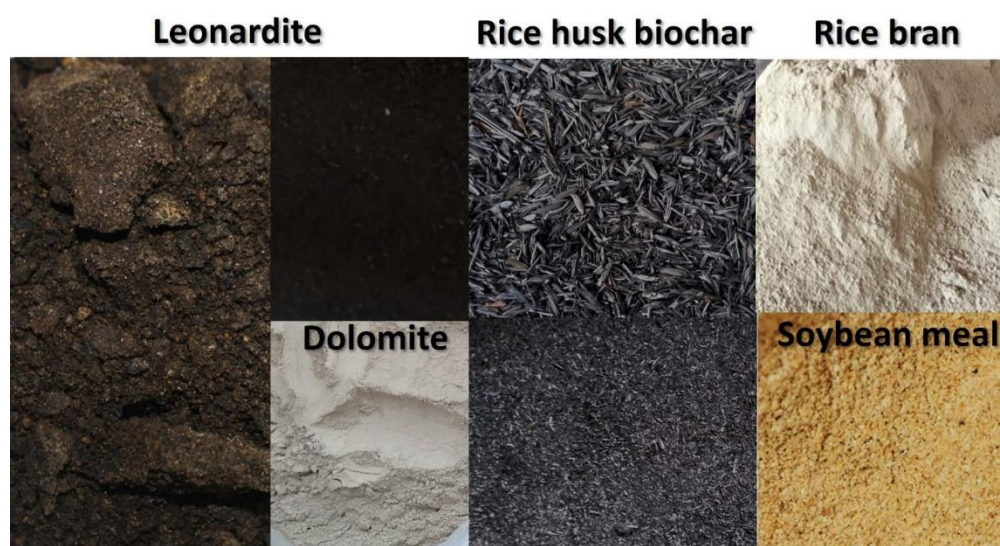


Figure 1 Materials used to produce leonardite-based organic fertilizers.

การคัดเลือกสัดส่วนวัสดุในการผสมปุ๋ย การกำหนดสูตรปุ๋ย และการผสมปุ๋ย

ในการคัดเลือกสัดส่วนการผสมของวัสดุแต่ละประเภท โดยการทดลองนี้แบ่งปุ๋ยเป็น 8 สูตร ตามเงื่อนไขการผสม ได้แก่ สัดส่วนวัสดุ การรดน้ำเปล่า หรือรดกากน้ำตาล (Table 1 และ Figure 2) ใช้หลักการพิจารณาดังนี้ 1) สำหรับวัสดุผสมหลัก คือลีโอนาร์ไดต์ พิจารณาจากค่าวิเคราะห์ต่าง ๆ ได้แก่ ค่าพีเอช ปริมาณธาตุอาหารหลัก และปริมาณอาร์เซนิกที่รายงานโดย Pochadom et al. (2013) โดยสำหรับอาร์เซนิกนั้นแม้ค่าที่รายงาน (40 มก./กก.) ต่ำกว่าค่าสูงสุดที่กำหนดให้มีได้ในปุ๋ยอินทรีย์ตามพระราชบัญญัติปุ๋ยของกรมวิชาการเกษตรปี พ.ศ. 2550 ซึ่งกำหนดไว้ที่ 50 มก./กก. (กรมวิชาการเกษตร, 2548 และ 2551; กัญจน์กรวลัย ฤทธิ์เรืองเดช, 2554; นริลักษณ์ ชูวรเวช, 2548) แต่นักวิจัยต้องการให้ค่านี้ต่ำกว่าค่าที่กรมวิชาการกำหนดอย่างน้อย 20 มก./กก. จึงกำหนดการใช้ลีโอนาร์ไดต์สำหรับงานทดลองในครั้งนี้ที่ 45 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก 2) แกลบไบโอชาร์ ใช้เป็นตัวเติมให้ครบ 100 เปอร์เซ็นต์ หลังจากได้ค่าปริมาณเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของลีโอนาร์ไดต์ กากถั่วเหลืองหรือรำข้าว และโดโลไมต์ โดยใช้ 25 เปอร์เซ็นต์ สำหรับสูตรปุ๋ยที่ 1-6 และ 35 เปอร์เซ็นต์ สำหรับสูตรปุ๋ยที่ 7-8 3) ปริมาณกากถั่วเหลืองและรำข้าว ใช้การคำนวณในเบื้องต้นจากค่าวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่มีในรายงานกรมพัฒนาที่ดิน เพื่อให้มีโอกาสได้ค่าปริมาณ Total-N, Total-K₂O และ Total-P₂O₅ เมื่อรวมกับลีโอนาร์ไดต์ 45 เปอร์เซ็นต์ แล้วเกิน 2 เปอร์เซ็นต์ ตามมาตรฐานกำหนดของกรมวิชาการเกษตร โดยจะเลือกใช้เพียงกากถั่วเหลือง ในสูตรปุ๋ยที่ 1-3 และ 7 และรำข้าวในสูตรปุ๋ยที่ 4-6 ซึ่งในงานทดลองนี้ใช้กากถั่วเหลืองหรือรำข้าว 20 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก 4) โดโลไมต์ ใช้อัตรา 10 เปอร์เซ็นต์ สำหรับสูตรปุ๋ยที่ 1-6 ใช้ 10 เปอร์เซ็นต์ และ 0 เปอร์เซ็นต์ สำหรับสูตรปุ๋ยที่ 7 และ 8 และ 5) กากน้ำตาล ใช้เฉพาะสูตรปุ๋ยที่ 2 และ 5 อัตรา 5 เปอร์เซ็นต์ แต่เนื่องจากเป็นของเหลวจึงไม่นับรวมใน 100 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของสูตรปุ๋ย สำหรับสูตรที่มีการใส่กากน้ำตาลจะใช้กากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร สำหรับปุ๋ยผสม 100 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก โดยนำกากน้ำตาลมาผสมกับน้ำกลั่นอีก 55 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร เพื่อให้ได้รวม 60 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสูตรที่ใส่น้ำจะใช้น้ำกลั่นเพียงอย่างเดียว 60 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้ได้ความชื้นที่ 60 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตรต่อปุ๋ย 100 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ซึ่งความชื้นที่ 60 เปอร์เซ็นต์ เป็นค่าที่ใช้ในการบ่มปุ๋ยหมัก (ณรรต สมจันทร์ และอรรณณ ฉัตรสีรุ่ง, 2557) โดยสูตรปุ๋ยที่มีการเติมน้ำหรือน้ำผสมกากน้ำตาล จะทำการผสมโดยกวนให้เข้ากันประมาณ 5 นาที แล้วผึ่งตัวอย่างปุ๋ยให้แห้งในที่ร่มทันที โดยไม่ทำการหมักปุ๋ยข้ามคืน โดยการผลิตปุ๋ยแต่ละสูตรทำสองซ้ำที่น้ำหนักปุ๋ย 500 กรัม

Table 1 Fertilizer formula, type and amount of material used for each leonardite-based organic fertilizer formula.

Fertilizer	Percentage used for each formula						
Formula	Leonardite	Rice husk biochar	Soybean meal	Dolomite	Rice bran	Molasses	DI-Water
1	45%	25%	20%	10%	-	-	-
2	45%	25%	20%	10%	-	5%	55%
3	45%	25%	20%	10%	-	-	60%
4	45%	25%	-	10%	20%	-	-
5	45%	25%	-	10%	20%	5%	55%
6	45%	25%	-	10%	20%	-	60%
7	45%	35%	20%	-	-	-	-
8	45%	35%	-	-	20%	-	-

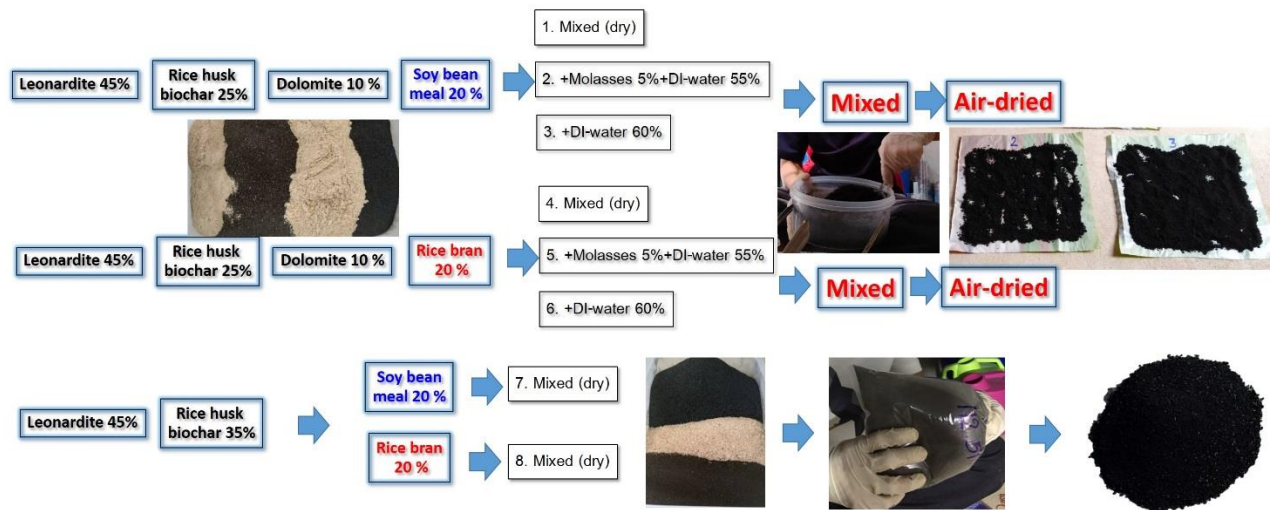


Figure 2 Procedures to make eight leonardite based-organic fertilizers.

การวิเคราะห์สมบัติของวัสดุหลัก วัสดุผสม ปุ๋ยสูตรต่าง ๆ การแปลงผล และการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์สมบัติต่าง ๆ ใช้ตามวิธีการวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อขึ้นทะเบียนของกรมวิชาการเกษตร (กรมวิชาการเกษตร, 2548 และ 2551; นริลลักษณ์ ชูรวเวช, 2548; กัญจนกรวลย์ ฤทธิเรืองเดช, 2554) ตัวอย่างวัสดุผสมหลักคือ ลิโณนาร์ไดต์ ทำการวิเคราะห์ค่า pH และ EC โดยใช้อัตราส่วนของปุ๋ยหรือวัสดุต่อน้ำปราศจากไอออน (deionized water: DI) เท่ากับ 1 : 2 และ 1 : 10 แล้ววัดด้วย pH meter และ EC มิเตอร์ สำหรับค่า pH และ EC ตามลำดับ ทำการวิเคราะห์อย่างละ 3 ซ้ำ วิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุโดยวิธีของ Walkley and Black ในโตรเจนทั้งหมด (Total-N) โดยวิธี Kjeldahl method วิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P_2O_5 (Total- P_2O_5) และโพแทสเซียมในรูป K_2O (Total- K_2O) ทั้งหมด โดยการสกัดด้วยกรดผสม $HClO_4$: HNO_3 (อัตรา 1 : 1) วิเคราะห์ปริมาณ Cd Cr Cu และ Pb โดยการสกัดด้วยกรดผสม ผสม HCl : HNO_3 (อัตรา 3 : 1) ปริมาณ As ด้วยกรดผสม H_2SO_4 : $HClO_4$: HNO_3 อัตรา (0.4 : 1 : 4) และ Hg ด้วย H_2SO_4 : HNO_3 (อัตรา 1.5-2.5 : 1) ส่วนการวิเคราะห์การย่อยสลายที่สมบูรณ์ (germination index: GI) ของปุ๋ยใช้วิธีการทดสอบดัชนีการงอกของเมล็ด ใช้ตัวอย่างปุ๋ยด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วนปุ๋ย : น้ำ เท่ากับ 1 : 10 เขย่าด้วยความเร็ว 180 ครั้งต่อนาที นาน 1 ชั่วโมง กรองตัวอย่างด้วยกระดาษกรองแล้วนำสารละลายที่ได้ไปทดสอบอัตราการงอกของเมล็ดผักในจานเพาะ โดยส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการกลางแห่งประเทศไทย ตัวอย่างแกลบไบโอชาร์ทำการวิเคราะห์ Total-N, Total- P_2O_5 , Total- K_2O , GI, OM, C/N ratio และ Na ตัวอย่างกากถั่วเหลืองและรำข้าว Total-N, Total- P_2O_5 , Total- K_2O , GI, OM และ C/N ratio กากน้ำตาล วิเคราะห์ค่า GI และ Total- K_2O ตัวอย่างโดโลไมต์วิเคราะห์ค่า GI และ Total- P_2O_5 ตัวอย่างปุ๋ยทั้ง 8 สูตร ทำการวิเคราะห์ Total-N, Total- P_2O_5 , Total- K_2O , GI, OM และ C/N ratio แต่บางสูตรที่มีส่วนผสมเหมือนกันแตกต่างกันเฉพาะการผสมน้ำหรือ กากน้ำตาลทำการวิเคราะห์เฉพาะค่า GI และ Total- K_2O เท่านั้น เนื่องจากค่าอื่น ๆ ใกล้เคียงกับสูตรที่ผสมแบบแห้งไม่เติมน้ำ (dried-mix) โดยค่าทั้งหมดดังกล่าวส่งวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการกลางแห่งประเทศไทย สำหรับค่าอื่น ๆ ได้แก่ ความชื้น ขนาดของปุ๋ย ปริมาณหิน กรวด พีเช การนำไฟฟ้า และตัวเลขการวิเคราะห์อื่น ๆ ที่นำเสนอทำการวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิตินั้น เนื่องจากวัตถุประสงค์ การวิจัยต้องการหาสูตรปุ๋ยที่มีสมบัติผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร ดังนั้นตัวเลขที่ได้จากการวิเคราะห์ จะนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนดสำหรับปุ๋ยอินทรีย์ตามพระราชบัญญัติปุ๋ยอินทรีย์ฉบับล่าสุดของกรมวิชาการเกษตร และประเมินว่าสูตรใดให้ค่าวิเคราะห์ผ่านเกณฑ์ที่กรมวิชาการเกษตรกำหนดหรือไม่ จึงไม่ทำการวิเคราะห์ตารางแสดงความแปรปรวนของข้อมูล ประกอบกับการวางสูตรปุ๋ยไม่ได้ต้องการเปรียบเทียบระหว่างสูตรและการวิเคราะห์ว่าแตกต่างทางสถิติ หรือไม่ ไม่ได้ให้ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการอธิบายผลในการเลือกสูตรปุ๋ย เพราะต้องการเปรียบเทียบค่ากับมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ ตามกรมวิชาการเกษตรกำหนดเท่านั้น

ผลการศึกษาและวิจารณ์

สมบัติของลีโอนาร์โดและวัสดุผสม

ผลการศึกษสมบัติต่าง ๆ ของลีโอนาร์โดและวัสดุที่ใช้ในการผสมเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร (กรมวิชาการเกษตร, 2548, 2551 และ 2557; ทัศนวิมลวิทย์ ฤทธิเรืองเดช, 2554) แสดงใน Table 2 โดยพบว่า ลีโอนาร์โดมีค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุ 34.9 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นสมบัติที่ดีและสูงกว่าค่าที่กรมวิชาการเกษตรกำหนดสำหรับปุ๋ยอินทรีย์ ลีโอนาร์โดมีค่าการนำไฟฟ้า 4.5 dS/m ปริมาณธาตุ Na, As, Cd, Cr, Cu, Pb และค่า Hg ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน แต่ปริมาณธาตุอาหารหลักรวมทั้งสามธาตุหลักต่ำกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ ฟิโอสเท่ากับ 2.6 ค่า GI ต่ำกว่าศูนย์ และมีค่า C/N ratio สูงถึง 68 ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์ของกรมวิชาการเกษตร โดยผลการศึกษาของค่าวิเคราะห์หาค่าคล่องกับรายงานของ Pochadom et al. (2013) ยกเว้นสัดส่วน C/N ratio และปริมาณธาตุอาหารหลักซึ่งแตกต่างกัน ซึ่งอาจเป็นผลมาจากวิธีการวิเคราะห์ เนื่องจากการศึกษานี้ใช้วิธีการวิเคราะห์สำหรับการวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์ตามมาตรฐานกรมวิชาการเกษตร แต่การศึกษาดังกล่าวจะใช้การวิเคราะห์โดยวิธีสำหรับดิน แต่ค่า C/N ratio ที่ได้นั้นสอดคล้องกับค่าวิเคราะห์ลีโอนาร์โดจากนิวแม็กซ์โก (Pertuit et al., 2001) สำหรับตัวอย่างกากถั่วเหลืองและรำละเอียดพบว่าปริมาณธาตุอาหารหลักสอดคล้องกับรายงานของกรมพัฒนาที่ดินที่แนะนำให้แนะนำสำหรับการผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง โดยเฉพาะกากถั่วเหลืองแห้งนั้นมีธาตุไนโตรเจนสูงมาก จึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นแหล่งเพิ่มไนโตรเจนให้กับปุ๋ยลีโอนาร์โด ส่วนถ่านแกลบใบโศขนั้นมีค่า GI สูงถึง 93 เปอร์เซ็นต์ มี C/N ratio ต่ำ ซึ่งใบโศขรมีสมบัติที่ดีหลายประการ เช่น คงตัว มีความพรุน และมีพื้นที่ผิวสัมผัสสูง (Lehmann et al., 2003) เป็นค่า (Wang et al., 2013) เพิ่มค่า CEC และการดูดซับธาตุอาหารในดิน (Laird et al., 2010; Sun and Lu., 2014) และเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ (Liang et al., 2006) จึงเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะใช้ผสมกับลีโอนาร์โด ส่วนกากน้ำตาลนั้นพบว่ามีความฟิโอส และ GI ต่ำ และค่าการนำไฟฟ้าสูง จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาเป็นวัสดุผสมกับลีโอนาร์โด

สมบัติของปุ๋ยผสมสูตรต่าง ๆ เปรียบเทียบกับมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์กรมวิชาการเกษตร

ผลการวิเคราะห์สมบัติตัวอย่างปุ๋ยทั้ง 8 สูตร พบว่าปุ๋ยทุกสูตรมีค่า EC ต่ำกว่า 5 dS/m ปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณธาตุอาหารหลักรวมกันสูงกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณธาตุ Na, As, Cd, Cr, Cu, Pb และค่า Hg ความชื้น ขนาดของปุ๋ย ปริมาณหิน กรวด และสารปนเปื้อนทางกายภาพอื่น ผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร แต่สำหรับค่าวิเคราะห์ที่ทำให้ปุ๋ยบางสูตรมีสมบัติไม่ผ่านตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตรคือ ค่าฟิโอส, GI และค่า C/N ratio โดยเมื่อพิจารณาจากค่าทั้งสามพบว่า มีเพียงปุ๋ยสูตรที่ 7 เท่านั้น ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร (Table 2 และ Figure 3) ซึ่งหากแยกพิจารณาสูตรที่ไม่ผ่านเกณฑ์ (สูตรที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 8) เป็น 2 กลุ่มหลัก คือ กลุ่มที่หนึ่งสูตรที่ผสมด้วยกากถั่วเหลือง (สูตรที่ 1, 2 และ 3) ค่าที่ทำให้ปุ๋ยไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานมีเพียงค่า GI ในขณะที่กลุ่มที่สองสูตรคือ กลุ่มที่ผสมด้วยรำละเอียด (4, 5, 6 และ 8) พบว่าค่าหลักที่ทำให้ปุ๋ยไม่ผ่านเกณฑ์ คือ ค่าฟิโอส และค่า C/N ratio (สูตรที่ 4, 6 และ 8) ยกเว้นสูตรที่ 5 ซึ่งไม่ผ่านทั้งค่าฟิโอส GI และ C/N ratio แต่ค่า GI ของปุ๋ยสูตรที่ 5 นี้ สูงกว่าสูตรที่ 2 (ลีโอนาร์โดผสมกากน้ำตาลและกากถั่วเหลือง) มากแม้ผสมกากน้ำตาลเท่ากัน ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการที่รำละเอียดมีขนาดละเอียดมากกว่ากากถั่วเหลืองจึงมีพื้นที่ผิวในการจับไออนที่มาจากกากน้ำตาลได้มากกว่า ส่งผลให้ปุ๋ยสูตรที่ 5 มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำกว่าสูตรที่ 2 ส่วนการที่ปุ๋ยที่ผสมด้วยรำละเอียดอัตรา 20 เปอร์เซ็นต์ มีค่า C/N ratio สูงกว่า 20 : 1 นั้น เป็นผลจากการที่ปุ๋ยมีค่า Total-N ต่ำกว่าสูตรที่ใช้กากถั่วเหลือง อย่างไรก็ตาม แม้ค่า C/N ratio ของปุ๋ยบางสูตรจะสูงกว่าที่กรมวิชาการเกษตรกำหนด แต่ปุ๋ยทุกสูตรมีค่า C/N ratio ต่ำกว่า 25 : 1 โดยเฉพาะในสูตรที่ 5 และ 6 ที่สัดส่วน C/N เพียง 21 : 1 เท่านั้น ซึ่งสัดส่วนคาร์บอนและไนโตรเจนช่วง 20-30 : 1 ถือเป็นสัดส่วนที่เหมาะสมสำหรับการย่อยสลายที่ดี (Priya et al., 2017) นอกจากนี้ในขนาดคอกอาจมีการปรับปริมาณรำละเอียดเพิ่มขึ้นเป็น 25-30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอาจทำให้ค่าไนโตรเจนเพิ่มขึ้นและทำให้ค่า C/N ต่ำกว่า 20 : 1 ได้ สำหรับค่าฟิโอสของปุ๋ยทุกสูตรนั้นใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานกำหนดของกรมวิชาการเกษตร อีกทั้งจากการทดลองเพิ่มเติมสูตรที่มีฟิโอสต่ำกว่า 5.5 ที่มีการเติมโดโลไมต์ พบว่าค่าฟิโอสจะเพิ่มขึ้น (6-7) หากหมักไว้ที่ความชื้น 60 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 7 วัน นอกจากนี้ปุ๋ยที่มีฟิโอสต่ำกว่า 5.5 นี้ เป็นปุ๋ยที่น่าจะเหมาะสมกับการใช้ในพื้นที่ที่มีฟิโอสสูง เช่น ดินเหนียวหรือดินตลิ่งจัด หรือบริเวณที่ใช้น้ำบาดาลที่มีฟิโอสสูง ดังนั้นหากผู้ผลิตไม่มีจุดประสงค์นำไปขึ้นทะเบียนแต่เป็นการผลิตเพื่อใช้เองรายย่อยก็ยังคงสามารถใช้สัดส่วนการผสมของสูตรอื่น ๆ ได้เกือบทุกสูตรจากการศึกษานี้ยกเว้นสูตรที่ 2 และ 5 ซึ่งมีค่า GI ต่ำมาก ซึ่งปุ๋ยอินทรีย์ลีโอนาร์โดจากการศึกษานี้ถือเป็นทางเลือกในการผสมปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้มาตรฐานที่ไม่ยุ่งยากสำหรับเกษตรกรที่สนใจและอยู่ใกล้แหล่งลีโอนาร์โด โดยปุ๋ยอินทรีย์ลีโอนาร์โดที่มีจุดเด่นคือมีปริมาณ OM สูงกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าเกณฑ์มาตรฐานของกรมวิชาการเกษตรด้วย ซึ่งโดยทั่วไปปุ๋ยที่มีค่า OM สูงผ่านตามมาตรฐานกรมวิชาการเกษตรในท้องตลาดนั้นหาได้ยาก (หทัยชนก นันทพานิช และภาสกร นันทพานิช, 2555) โดยจากการสำรวจตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์จำนวน

22 ตัวอย่างที่จำหน่ายในเขตภาคกลาง จาก 19 โรงงานปุ๋ยอินทรีย์ในประเทศไทย พบว่ามีเพียง 18 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด แต่หากนำทั้งสมบัติทางกายภาพและเคมีมาพิจารณาร่วมกันพบว่าไม่มีปุ๋ยตัวใดเลยที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานพระราชบัญญัติปุ๋ยปี พ.ศ. 2550 ซึ่งชนิดของวัสดุอินทรีย์ที่นำมาผสมปุ๋ยมีความสำคัญต่อคุณภาพปุ๋ยอินทรีย์มากเมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการผลิตปุ๋ย (กัญจน์กรวลัย ฤทธิ์เรืองเดช, 2554) ดังนั้นลีโอนาร์ไดต์จึงถือเป็นวัตถุดิบที่มีศักยภาพในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์เป็นอย่างยิ่ง นอกจากลีโอนาร์ไดต์เป็นวัสดุธรรมชาติที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงและมีสมบัติดังรายงานใน Table 2 แล้ว ลีโอนาร์ไดต์ยังมีสารฮิวมิก (Landrot et al., 2014) และมีธาตุอาหารพืชประกอบหลายธาตุจากการวิเคราะห์พบว่าลีโอนาร์ไดต์มีธาตุกำมะถัน (5.0-6.7 เปอร์เซ็นต์) แคลเซียม (1.5-2.7 เปอร์เซ็นต์) แมกนีเซียม (0.3-0.5 เปอร์เซ็นต์) เหล็ก (3.2-6.5 เปอร์เซ็นต์) แมงกานีส (72-141 มก./กก.) และสังกะสี (27-59 มก./กก.) ซึ่งกำมะถันนั้นถือเป็นธาตุที่สำคัญต่อกระบวนการเจริญเติบโตของพืชและพืชต้องการปริมาณมากเช่นเดียวกับไนโตรเจน (Abdallah et al., 2010) และเป็นธาตุที่สำคัญในการออกตาดอกของพืช (Hinnawy, 1956) แม้จะยังไม่มีผลของการทดลองปุ๋ยกับพืชอย่างเป็นทางการ แต่จากสมบัติของวัสดุผสมหลักคือลีโอนาร์ไดต์และแกลบไบโอชาร์ รวมทั้งการทดลองใช้แบบไม่เป็นทางการในเบื้องต้นพบว่าปุ๋ยที่ผสมช่วยให้การเจริญเติบโตของไม้ดอกและการติดลูกของมะนาวดีขึ้น โดยเฉพาะจำนวนดอกพบว่าเพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ Sugier et al. (2013) ที่พบว่าการใช้ลีโอนาร์ไดต์ช่วยเพิ่มตาดอก ใน *Arnica montana* L.



Figure 3 Physical appearances of leonardite-based organic fertilizers of formulas 3, 4 and 7.

Table 2 Properties of eight organic fertilizers and raw materials used to make leonardite-based organic fertilizers as well as value of DOA standard for each fertilizer parameter. The sign ND means not detected and the sign hyphen (-) means not analyzed.

Parameter		Standard value by DOA		Leo	RHB	SBM	RB	Dolo	Molas	Leonardite-based fertilizer formula							
										1	2	3	4	5	6	7	8
1	Total-N (%)	>1	Or all	0.3	0.3	7.6	2.1	-	-	2.7	2.4	2.6	1.3	1.2	1.2	2.6	1.2
2	Total-P ₂ O ₅ (%)	>0.5	com	ND	ND	1.1	4.0	ND	-	0.6	0.6	0.6	0.7	0.6	0.7	0.6	<0.5
3	Total K ₂ O (%)	>0.5	bined	ND	0.72	2.5	1.5	-	2.7	0.48	0.81	0.71	0.68	0.65	0.60	0.55	0.73
			≥2%														
4	OM (%)	20		34.9	11	72.6	89.9	-	-	42.6	42.6	42.6	44.2	44.2	44.2	44.5	49.5
5	C/N ratio	<20:1		68:1	21:1	6:1	25:1	-	-	9:1	10:1	10:1	20:1	21:1	21:1	10:1	24:1
6	GI (%)	>80		ND	93	22.9	34.4	61.6	7.6	69.8	26.7	66.3	85.8	52.2	96.8	96.2	81.9
7	pH	5.5-8.5		2.6	7.3	6.3	6.2	8.3	4.0	5.8	6.4	6.5	5.2	5.7	5.4	5.6	5.1
8	EC (dS/m)	<10		4.5	0.2	5.6	2.3	0.1	8.0	3.8	4.2	3.8	2.7	3.6	3.4	4.0	2.6
9	Na (%)	<1		0.15	0.07	-	-	-	-	<1% Based on materials used to make fertilizer							
10	Sieving size (mm)	<12.5x12.5		All fertilizer sizes were less than 2 mm.													
11	Gravel size >5 mm (%)	<2		None													
12	Moisture content (%)	<30		<30% All fertilizers were air-dried													
13	As (mg/kg)	<50		32.57	0.46	-	-	ND	-	<20							
14	Cd (mg/kg)	<5		0.18	0.75	-	-	ND	-								
15	Cr (mg/kg)	<300		15.98	12.0	-	-	ND	-								
16	Cu (mg/kg)	<500		41.68	6.4	-	-	ND	-	Below maximum value allowed by DOA based on materials							
17	Pb (mg/kg)	<500		8.31	11.7	-	-	ND	-	used to make fertilizer							
18	Hg (mg/kg)	< 2		0.18	ND	-	-	ND	-								

สรุปผลการศึกษา

ลีโอนาร์โดเป็นวัสดุรรวมชาติที่เป็นผลพลอยได้จากการผลิตกระแสไฟฟ้าที่มีสมบัติเหมาะสมต่อการนำมาใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์หลายประการ เช่น มีปริมาณ OM สูงกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ มีธาตุอาหารพืชหลายธาตุ มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำกว่า 5 dS/m มีปริมาณธาตุอินทรีย์ต่าง ๆ ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ที่กรมวิชาการเกษตรกำหนด แต่ลีโอนาร์โดเพียงอย่างเดียว นั้น ยังไม่สามารถผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่มีสมบัติทุกประการผ่านมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตรได้ โดยเฉพาะค่าพีเอช, C/N ratio และ GI ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเลือกวัสดุที่เหมาะสมมาผสมร่วมกับลีโอนาร์โด เพื่อช่วยให้สมบัติของปุ๋ยผสมลีโอนาร์โดที่มีสมบัติทุกประการผ่านมาตรฐาน โดยในการศึกษานี้พบว่าการใช้กากถั่วเหลืองแห้งเกรดคุณภาพ (โปรตีน 43 เปอร์เซ็นต์) เป็นวัสดุผสมสามารถช่วยเพิ่มปริมาณไนโตรเจนให้กับปุ๋ย เนื่องจากกากถั่วเหลืองมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงกว่า 7 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดค่า C/N ratio ให้กับปุ๋ยได้ ทำให้ปุ๋ยมีค่า C/N ratio ไม่เกิน 20 : 1 ส่วนรำละเอียดนั้น มีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสสูงกว่ากากถั่วเหลืองมาก แต่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่ากากถั่วเหลืองมาก การนำมาผสมในอัตราเท่ากันกับกากถั่วเหลืองแม้จะทำให้ผลรวมของปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมของปุ๋ยเกิน 2 เปอร์เซ็นต์ ตามมาตรฐานกำหนด แต่ค่า C/N ratio ที่ได้ยังสูงกว่า 20 : 1 ดังนั้นหากจะทำให้ค่า C/N ratio ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมวิชาการเกษตรจำเป็นต้องใช้รำละเอียดในปริมาณที่สูงกว่ากากถั่วเหลือง สำหรับแกลบไบโอชาร์นั้นมีสมบัติที่ดีหลายประการและที่เด่นคือมีค่าพีเอชสูง และมีค่า GI สูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ จึงมีส่วนช่วยให้ค่าดังกล่าวของปุ๋ยลีโอนาร์โดที่ผสมออกมาผ่านเกณฑ์มาตรฐานได้ ส่วนกากน้ำตาลนั้นเป็นวัสดุที่ไม่เหมาะสมในการนำมาใช้ผสมกับลีโอนาร์โดเพราะทำให้ค่า GI ของปุ๋ยลดลง โดยสรุปปุ๋ยที่ผสมได้ทุกสูตรมีสมบัติเกือบทุกประการผ่านมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร แต่สามสมบัติหลักที่ทำให้ปุ๋ยบางสูตรไม่ผ่านมาตรฐานคือ ค่าพีเอช, C/N ratio และ GI สำหรับในการศึกษานี้ปุ๋ยผสมที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมวิชาการเกษตรทุกสมบัติคือ สูตรที่ 7 ซึ่งได้จากการผสมลีโอนาร์โด 45 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับกากถั่วเหลืองแห้งเกรดคุณภาพ (โปรตีน 43 เปอร์เซ็นต์) 20 เปอร์เซ็นต์ และแกลบไบโอชาร์ 35 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสัดส่วนและวัสดุที่ใช้ในการผสมดังกล่าวทั้งหมดเป็นสิ่งที่เกษตรกรสามารถทำและสามารถหาได้ไม่ยากหากมีลีโอนาร์โดสำหรับกากถั่วเหลืองนั้นแม้มีการใช้ในด้านปุ๋ยสัตว์ด้วย แต่การผสมใช้เพียง 20 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น ดังนั้นผู้วิจัยเชื่อมั่นว่าแนวทางการผสมปุ๋ยอินทรีย์ลีโอนาร์โดที่นำเสนอในการศึกษานี้เป็นทางเลือกในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงที่ได้มาตรฐาน โดยไม่จำเป็นต้องผ่านกระบวนการหมักที่เกษตรกรสามารถผสมใช้ได้เอง ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากกับเกษตรกรหรือกลุ่มวิสาหกิจชุมชนโดยเฉพาะที่อยู่ใกล้จังหวัดลำปางซึ่งเป็นแหล่งลีโอนาร์โดที่สำคัญของประเทศไทย อย่างไรก็ตามก่อนนำสูตรปุ๋ยไปใช้ในการผลิตขนาดใหญ่หรือทำในระดับการค้าควรมีการทดลองผสมปุ๋ยในระดับที่ใหญ่ขึ้นก่อน รวมทั้งการนำปุ๋ยไปทดลองใช้กับพืชต่าง ๆ และอาจมีการทดลองปรับสูตรเพิ่มเติม เช่น ปรับปริมาณรำละเอียดในสูตรปุ๋ย หรือหาวัสดุผสมอื่นที่มีสมบัติใกล้เคียงกับแกลบไบโอชาร์ที่มีหรือสามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่น เพื่อให้เกิดความหลากหลายและสะดวกในการผลิตปุ๋ยและนำไปใช้สำหรับแต่ละพื้นที่

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณทุนสนับสนุนจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เหมือนแม่เมาะ จังหวัดลำปาง

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2548. *ประกาศกรมวิชาการเกษตร: เรื่องมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2548*. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมวิชาการเกษตร. 2551. การขอขึ้นทะเบียน การออกใบสำคัญการขึ้นทะเบียน การขอแก้ไขรายการทะเบียน และแก้ไขรายการทะเบียนปุ๋ยอินทรีย์ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550. *ประกาศกรมวิชาการเกษตร เล่ม 125 ตอนพิเศษ 67 ง: 13-49*.
- กรมวิชาการเกษตร. 2557. กำหนดเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 (2555, 29 มีนาคม). *ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 129 ตอนพิเศษ 59 ง*.
- กาญจน์กรวลัย ฤทธิ์เรืองเดช. 2554. การประเมินลักษณะและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ที่จำหน่ายในเขตภาคกลางและผลของกระบวนการบ่มเม็ดต่อคุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชาญยุทธ รัตนพรหมณี, กิวิพร จินะจินดา และอรรณณ ฉัตรสิริรุ่ง. 2560. ผลของลีโอนาร์โดต่อการปรับปรุงคุณภาพดินและผลผลิตข้าว. *วารสารเกษตร 33 (2): 215-224*.

- ณรรต สมจันทร์ และอรรณณ ด้ตรสีรุ่ง. 2557. การปรับปรุงคุณภาพลิโณนาร์ไต์สำหรับเป็นวัสดุปรับปรุงดิน. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจร* 37 (1): 33-43.
- นริศกษณ์ ขวรวะ. 2548. *เอกสารวิชาการเรื่อง ความรู้เกี่ยวกับปุ๋ยอินทรีย์*. กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ภาสินี สืบสวน, ศรัณย์ สืบกระแสร, ศตวรรษ บุญมี และสุกัญญา แย้มประชา. 2560. ผลของการใช้ลิโณนาร์ไต์และปุ๋ยมูลโคต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตของดอกดาวเรือง และการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินหลังปลูก ใน *รายงานการประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติ ครั้งที่ 5. ขับเคลื่อนนวัตกรรมด้านดินและปุ๋ย ก้าวสู่...เกษตร 4.0*. น. 52-61. โรงแรมเซ็นทารา บาย เซ็นทารา ศูนย์ราชการและคอนเวนชันเซ็นเตอร์ แจ้งวัฒนะ, กรุงเทพฯ.
- วิวัฒน์ ไตรภัก, พลยุทธ สุขสมบัติ และจินดารัตน์ ไตกลมธรรม. 2552. *การเตรียมสารประกอบเกลือฮิวเมตจากดินปนถ่านหินจากเหมืองลิกไนต์ แม่เมาะ จังหวัดลำปาง*. กรุงเทพฯ: สำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต 3 กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ กระทรวงอุตสาหกรรม.
- หทัยชนก นันทพานิช และภาสกร นันทพานิช. 2555. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตปุ๋ยอินทรีย์เพื่อการค้าประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555. มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.
- อัจฉิมา ควรสวน. 2559. ผลของการใช้วัสดุปลูกและถ่านแกลบไบโอชาร์ต่อผลผลิตข้าว การเปลี่ยนแปลง ปริมาณของธาตุฟอสฟอรัส อะลูมิเนียม และ จุลธาตุในดินนากรดจัด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Abdallah, M., Dubousset, L., Meuriot, F., Etienne, P., Avice, J. C., and Ourry, A. 2010. Effect of mineral sulphur availability on nitrogen and sulphur uptake and remobilization during the vegetative growth of *Brassica napus* L. *Journal of Experimental Botany* 61 (10): 2635-2646.
- Akinremi, O. O., Janzen, H. H., Lemke, R. L., and Larney, F. J. 2000. Response of canola, wheat and green beans to leonardite additions. *Canadian Journal of Soil Science* 80 (3): 437-443.
- Hinnawy, E. I. E. 1956. Some aspect of mineral nutrition and flowering. pp. 51. <http://edepot.wur.nl/290950>.
- Hoffman, G. L., Nikols, D. J., Stuhec, S., and Wilson, R. A. 1993. Evaluation of leonardite (humalite) resources of Alberta. *Alberta Research Council Open file report*, pp. 45.
- Kalaitzidis, S., Papazisimou, S., Giannouli, A., Bouzinos, A., and Christanis, K. 2003. Preliminary comparative analyses of two Greek leonardites. *Fuel* 82: 859-861.
- Kolodziej, B., Sugier, D., and Bielinska, E. 2013. The effect of leonardite application and various plantation modalities on yielding and quality of roseroot (*Rhodiola rosea* L.) and soil enzymatic activity. *Journal of Geochemical Exploration*. 129: 64-69.
- Laird, D., Flemming, P., Wang, B., Horton, R., and Karlen, D. 2010. Biochar impact on nutrient leaching from a mid-western agricultural soil. *Geoderma* 158 (3-4): 436-442.
- Landrot, G., Jutamanee, K., Sooksamiti, P., and Khaokaew, S. 2014. Capacity of humic acids extracted at the large scale from Mae-Moh leonardite to be used as soil amendments based on their chemical properties. In *Proceeding of the 20th World Congress of Soil Science*. pp. 424. Korean Society of Soil Science and Fertilizer, Jeju, South Korea.
- Lehmann, J., da Silva, Jr. J. P., Steiner, C., Nehls, T., Zech, W., and Glaser, B. 2003. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendment. *Plant and Soil* 249: 343-357.
- Liang, B., Lehmann, J., Solomon, D., Kinyangi, J., Grossman, J., O'Neill, B., Skjemstad, J. O., et al. 2006. Black carbon increase cation exchange capacity in soils. *Soil Science Society of America Journal* 70 (5): 1719-1730.
- Ozdoba, D. M., Blyth, J. C., Engler, R. F., Dinel, H., and Schnitzer, M. 2001. Leonardite and humified organic matter. In *Humic Substances: Structures, Models and Functions (Special Publication)*. Ghabbour, E. A. and Davies, G., eds. pp. 388. Cambridge: Royal Society of Chemistry.
- Olivella, M. A, Sole, M., Gorchs, R., Lao, C., and Heras, F. X. C. D. 2011. Geochemical characterization of a spanish leonardite coal. *Archives of Mining Sciences* 56 (4): 789-804.
- Pertuit, A. J., Jerry, J. B., Dudley, Jr., and Toler, J. E. 2001. Leonardite and fertilizer levels influence tomato seedling growth. *Horticultural Science* 5: 913-915.
- Pochadom, S., Khaokaew, S., Sooksamiti, P., Jutamanee, K., and Landrot, G. 2013. Chemical Characterizations of Leonardite from Mae Moh Mine for Agricultural Applications. In *The 51st Kasetsart University Annual Conference*. pp. 243-249. Kasetsart University, Bangkok, Thailand.
- Priya, V., Lokesh, M., Kesavan, D., Komathi, G., and Naveena, S. 2017. Evaluating the perfect carbon: nitrogen (C:N) ratio for decomposing compost. *International Research Journal of Engineering and Technology* 4 (9): 1144-1147.
- Sanli, A., Karadogan, T., and Tonguc, M. 2013. Effect of leonardite applications on yield and some quality parameters of potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *Turkish Journal of Field Crops* 18: 20-26.
- Simandl, G. J., Simandl, J., and Ayles, P. B. 2001. Leonardite-type material at red lake diatomite deposit, Kamloops area, BC. In *Geological Fieldwork 2000: A Summary of Field Activities and Research*. pp. 371-378. Ministry of Energy and Mines.
- Sohi, S. P. 2012. Carbon storage with benefit. *Science* 338: 1034-1035.

- Sugier, D., Kolodziej, B., and Bielinska, E. 2013. The effect of leonardite application on *Arnica montana* L. yielding and chosen chemical properties and enzymatic activity of the soil. *Journal of Geochemical Exploration* 129: 76-81.
- Sun, F., and Lu, S. 2014. Biochars improve aggregate stability, water retention and porespace properties of clayey soil. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 177: 26-33.
- Tan, K. H. 2003. *Humic Matter in Soil and the Environment: Principles and Controversies*. Florida: CRC Press.
- Wang, Y., Hu, Y., Zhao, X., Wang, S., and Xing, G. 2013. Comparisons of biochar properties from wood material and crop residues at different temperatures and residence times. *Energy Fuel* 27: 5890-5899.
- Yolcu, H., Seker, H., Gullap, M. K., Lithourgidis, A., and Gunes, A. 2011. Application of cattle manure, zeolite and leonardite improves hay yield and quality of annual ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) under semiarid conditions. *Australian Journal of Crop Science* 5: 926-931.

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

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 16 มี.ค. 62

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 18 มิ.ย. 62

การประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่น

Coastal Water Quality Assessment Using Dominant Genera of Phytoplankton

ชลี ไพบูลย์กิจกุล¹, ชุตติรัตน์ โตหมื่นไวย¹, ทศวรรณ แดงจันทร์¹ และเบญจมาศ ไพบูลย์กิจกุล¹
Chalee Paibulkichakul¹, Chutirat Tomuenwai¹, Tatsawan Tangjan¹ and Benjamas Paibulkichakul¹

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเกณฑ์ประเมินคุณภาพน้ำบริเวณชายฝั่งทะเล โดยใช้แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่นเป็นดัชนีบ่งชี้ ดำเนินการรวบรวมข้อมูลคุณภาพน้ำและสกุลแพลงก์ตอนพืชที่พบบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกในช่วงปี พ.ศ. 2547-2556 จากหน่วยวิจัยทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมทางทะเล คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา นำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดแพลงก์ตอนพืชกับความเข้มข้นแอมโมเนีย ไนไตรต์ และออร์โธฟอสเฟต ด้วยวิธีสหสัมพันธ์ จากนั้นนำค่าความสัมพันธ์ที่ได้มาปรับให้เป็นคะแนนของแพลงก์ตอนพืชแต่ละสกุล และทำการกำหนดช่วงคะแนนแพลงก์ตอนพืชเพื่อใช้ในการบ่งชี้คุณภาพน้ำ เพื่อสร้างการประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่น ทำการทดสอบเกณฑ์การประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่นที่จัดทำขึ้น โดยการเก็บตัวอย่างน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งจังหวัดจันทบุรี พบว่ามีความถูกต้องมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ การประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่นมีความเหมาะสมสำหรับการประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่งทะเล

คำสำคัญ: คุณภาพน้ำชายฝั่ง แพลงก์ตอนพืช การประเมิน

Abstract

This aim of this study was to create coastal water quality assessment criteria by the use of dominant phytoplankton genera as indicators. Water quality data and listed information about phytoplankton genera over the period 2004-2013 was collected from the Marine Resources and Environment Research Unit, Faculty of Marine Technology, Burapha University. The relationships between each genus of phytoplankton and various parameters of water quality including ammonia, nitrite, and orthophosphate concentrations were calculated by correlation analysis. The correlation values were then adjusted to be the scores of each genus of phytoplankton. The accuracy of this method for determining water quality assessment criteria was then tested by sampling and testing water samples along the coast of Chanthaburi province, and the accuracy was found to be more than 80 percent. In conclusion, assessment of coastal water quality using dominant types of phytoplankton was appropriate for coastal water quality assessment.

Keywords: coastal water quality, phytoplankton, assessment

คำนำ

การประเมินคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งมีทั้งการประเมินทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ แต่การประเมินคุณภาพน้ำทางเคมีได้รับความนิยมมากที่สุด ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลส่วนใหญ่ได้รับการกำหนดค่าทางเคมี (คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2560) การประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพโดยใช้สิ่งมีชีวิตที่มีการปรับตัวเพื่อให้สามารถอยู่รอดในระบบนิเวศนั้น เป็นดัชนีประเมินคุณภาพน้ำที่มีการศึกษาในสิ่งมีชีวิตหลายกลุ่ม ได้แก่ แพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ ตัวอ่อนของแมลง สัตว์หน้าดิน และปลา (Willen, 2000; Bianchi et al., 2003; Rosenberg et al., 2004; Mouillot et al., 2005; Padisak et al., 2006; Salmaso et al., 2006; Peerapompisal et al., 2007; Case et al., 2008; Sagert et al., 2008; Shekhar et al., 2008; Jaanus et al., 2009; Jeppersen et al., 2011; Popovskaya et al., 2012; Visinskiene and Bernotiene, 2012; Govenor et al., 2017; da Silva and Petrucio, 2018; Obolowski et al., 2018) โดยกลุ่มของแพลงก์ตอนพืชและสัตว์หน้าดินจะมีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำได้รวดเร็วกว่ากลุ่มสิ่งมีชีวิตอื่น (Willen, 2000; Hellawell, 2012)

¹ หน่วยวิจัยทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมทางทะเล คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี อ. ท่าใหม่ จ. จันทบุรี 22170

¹ Marine Resources and Environment Research Unit, Faculty of Marine Technology, Burapha University, Chanthaburi Campus, Tha Mai, Chanthaburi 22170

*Corresponding author, Email: pchalee@buu.ac.th

แพลงก์ตอนพืชสามารถใช้เป็นดัชนีบ่งบอกคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติทั้งทะเลสาบ บริเวณพื้นที่ที่มีน้ำไหลช้า แหล่งน้ำชายฝั่งทะเล ดัชนีตรวจสอบคุณภาพน้ำทั้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม Peerapompisal et al. (2007) ได้กำหนดเกณฑ์การประเมินคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำนิ่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นด้วย Assessment of water quality in standing water by using dominant phytoplankton (AARL-PP score) เพื่อใช้ชนิดแพลงก์ตอนพืชที่พบในแหล่งน้ำประเมินคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำนิ่ง เป็นการให้คะแนน แพลงก์ตอนพืชแต่ละสกุลเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำในระดับต่าง ๆ โดยคะแนนคุณภาพน้ำจะแบ่งตามสถานะสารอาหารและคุณภาพน้ำทั่วไป ในส่วนของคะแนนแพลงก์ตอนพืชที่นำมาใช้เป็นดัชนีทางชีวภาพบ่งชี้คุณภาพน้ำซึ่งจะเป็นแพลงก์ตอนพืชสกุลเด่นที่เจริญอย่างมากในแหล่งน้ำที่มีคุณภาพต่างกัน โดยจะกำหนดช่วงของคะแนน คือ คะแนนน้อยแสดงถึงสกุลที่บ่งชี้คุณภาพน้ำดี คะแนนปานกลางบ่งชี้คุณภาพน้ำปานกลาง และคะแนนมากบ่งชี้คุณภาพน้ำไม่ดี ซึ่งเกณฑ์การประเมินที่เผยแพร่ออกมาได้มีการนำไปใช้ในการประเมินคุณภาพน้ำหลายรายงาน (สุเทพ เจริญ และคณะ, 2553; สิริพร ยศแสน และปริญญา มูลสิน, 2558; ศรีญา ยัมย่อง, 2561) ซึ่งการประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นตามวิธี AARL-PP score นี้เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของสกุลของแพลงก์ตอนกับคุณภาพน้ำในบริเวณแหล่งน้ำนิ่งและแหล่งน้ำจืดเป็นหลัก ในขณะที่ความสัมพันธ์ของชนิดแพลงก์ตอนพืชกับคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งยังไม่มีรายงาน ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้าเพื่อศึกษาการประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่งด้วยการใช้ข้อมูลของแพลงก์ตอนพืชสกุลเด่น

วิธีการศึกษา

ทำการรวบรวมและเรียบเรียงข้อมูลสกุลของแพลงก์ตอนพืช และคุณภาพน้ำที่พบบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก จังหวัดชลบุรี ระยอง จันทบุรี และตราด ในช่วงปี พ.ศ. 2547-2556 จากหน่วยวิจัยทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมทางทะเล คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา คุณภาพน้ำทางเคมีที่ทำการวิเคราะห์ คือ แอมโมเนีย (NH_3) ไนไตรต์ (NO_2) และออร์โทฟอสเฟต (PO_4) การวิเคราะห์ตามวิธีของ Parsons et al. (1984) และจำแนกชนิดแพลงก์ตอนพืชตามวิธีของ ลัดดา วงศ์รัตน์ (2544) คุณภาพน้ำทางเคมีและการจำแนกชนิดแพลงก์ตอนพืชดำเนินการพร้อมกันในการเก็บข้อมูลแต่ละครั้ง

การกำหนดคะแนนของแพลงก์ตอนพืชแต่ละสกุล คำนวณโดยหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำทางเคมีกับจำนวนแพลงก์ตอนพืชที่พบแต่ละชนิดด้วยวิธีวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (correlation analysis) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรม R (Crawley, 2012) นำค่าสหสัมพันธ์ที่คำนวณได้เปลี่ยนเป็นคะแนนแพลงก์ตอนพืชโดยนำค่าสหสัมพันธ์บวกหนึ่งแล้วคูณด้วยห้าเพื่อปรับค่าสหสัมพันธ์ให้มีอยู่ในช่วง 0-10

การกำหนดเกณฑ์คุณภาพน้ำ ดำเนินการโดยนำค่าสหสัมพันธ์ที่วิเคราะห์ได้มากำหนดคะแนนของแพลงก์ตอนพืชแต่ละสกุล นำข้อมูลทั้งสองส่วนมาสร้างเกณฑ์การประเมินคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง เรียกว่า การประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่น ในการประเมินคุณภาพน้ำโดยการนำข้อมูลของแพลงก์ตอนพืช จะทำการพิจารณาแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น 3 ชนิด ในตัวอย่างนี้ที่ต้องการประเมิน แปลงสกุลแพลงก์ตอนพืชที่พบให้เป็นคะแนน โดยการหาค่าเฉลี่ยของคะแนนแพลงก์ตอนพืชทั้งสามสกุล คะแนนของแพลงก์ตอนพืชแต่ละสกุลแสดงดัง Table 2 นำคะแนนเฉลี่ยที่ได้มาเทียบกับเกณฑ์คุณภาพน้ำ

การประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่น (Coastal water quality assessment using dominant genus of phytoplankton) ประกอบด้วยข้อมูล 2 ส่วน คือ ชนิดแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นในแหล่งน้ำ และตารางคะแนนคุณภาพน้ำ การใช้งานการประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่น สามารถทำได้โดยเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชด้วยถุงลากแพลงก์ตอนพืชขนาด 20 μm หรือเก็บตัวอย่างน้ำที่ต้องการศึกษา นำมาส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์ทำการประเมินชนิดแพลงก์ตอนพืชที่เด่น 3 สกุล โดยนำชนิดแพลงก์ตอนพืชทั้ง 3 สกุล มาเปรียบเทียบกับตารางคะแนนการประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่น เพื่อหาค่าเฉลี่ยคะแนน (Table 2) นำคะแนนที่ได้เปรียบเทียบกับตารางคะแนนคุณภาพน้ำ (Table 1)

การทดสอบความถูกต้องของเกณฑ์ที่พัฒนาขึ้นโดยการเก็บตัวอย่างน้ำและแพลงก์ตอนพืชจากบริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดจันทบุรี จำนวน 10 จุด นำมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำและจัดจำแนกแพลงก์ตอนพืชในระดับสกุล ในห้องปฏิบัติการ ห้องปฏิบัติการ คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี จากนั้นนำข้อมูลมาประเมินตามเกณฑ์ที่สร้างขึ้น และเปรียบเทียบความถูกต้องของการประเมิน

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำ และสกุลของแพลงก์ตอนพืชจากฐานข้อมูลย้อนหลัง ข้อมูลสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 คะแนนแพลงก์ตอนพืชเพื่อใช้ในการบ่งชี้คุณภาพน้ำ และส่วนที่ 2 เกณฑ์ประเมินคุณภาพน้ำ โดยใช้สกุลของแพลงก์ตอนพืช คะแนนคุณภาพน้ำแยกตาม trophic level และแยกตามคุณภาพน้ำทั่วไปแสดงดัง Table 1 และคะแนนของแพลงก์ตอนพืชแต่ละสกุลแสดงดัง Table 2

Table 1 Water quality score separated by trophic level and general water quality.

Score	Water quality by trophic level	General water quality
1.0-3.0	Oligotrophic status	Clean
3.1-4.0	Oligo-mesotrophic status	Clean-moderate
4.1-6.0	Mesotrophic status	Moderate
6.1-8.0	Meso-eutrophic status	Moderate-polluted
8.1-10.0	Eutrophic status	Polluted

Source: Modified from Peerapompisal et al. (2007).

Table 2 Score of each genus of phytoplankton.

Genus	Score	Genus	Score
<i>Achnantheidium</i>	5.1	<i>Achnathes</i>	4.7
<i>Actinocyclus</i>	6.5	<i>Actinoptychus</i>	3.4
<i>Alexandrium</i>	4.3	<i>Amphidinium</i>	5.6
<i>Amphipleura</i>	5.1	<i>Amphisolenia</i>	4.6
<i>Amphora</i>	5.1	<i>Anabaena</i>	6.0
<i>Anomoeoneis</i>	4.8	<i>Asterionella</i>	5.6
<i>Asteromphalus</i>	4.6	<i>Aulacoseira</i>	5.0
<i>Bacillaria</i>	4.1	<i>Bacteriastrum</i>	6.2
<i>Bambusina</i>	5.6	<i>Bellerochea</i>	4.9
<i>Biddulphia</i>	4.9	<i>Campylodiscus</i>	4.9
<i>Cerataulina</i>	4.8	<i>Ceratium</i>	5.8
<i>Chaetoceros</i>	6.0	<i>Chorella</i>	5.2
<i>Chroococcus</i>	4.2	<i>Climacodium</i>	4.3
<i>Climacosphenia</i>	5.9	<i>Closteriopsis</i>	4.6
<i>Closterium</i>	4.1	<i>Cocconeis</i>	5.0
<i>Coelastrum</i>	5.1	<i>Coelosphaerium</i>	4.3
<i>Corethron</i>	6.1	<i>Coscinodiscus</i>	5.2

Table 2 (continued).

Genus	Score	Genus	Score
<i>Cosmarium</i>	4.8	<i>Craticula</i>	5.2
<i>Cyclotella</i>	4.4	<i>Cylindrotheca</i>	9.1
<i>Cymatosira</i>	5.0	<i>Cymbella</i>	4.6
<i>Cystodinium</i>	4.7	<i>Dactyliosolen</i>	4.8
<i>Desmidium</i>	4.8	<i>Detonula</i>	3.3
<i>Diatoma</i>	3.9	<i>Dictyllum</i>	4.6
<i>Dictyocha</i>	4.8	<i>Dinobryon</i>	5.9
<i>Dinophysis</i>	4.6	<i>Diploneis</i>	4.6
<i>Distigma</i>	4.9	<i>Ditylum</i>	5.9
<i>Dunaliella</i>	4.4	<i>Entomoneis</i>	7.9
<i>Epithemia</i>	4.9	<i>Eraticula</i>	5.1
<i>Eucampia</i>	5.1	<i>Euqlena</i>	7.7
<i>Eunotia</i>	5.0	<i>Fragilariforme</i>	4.8
<i>Fragilariopsis</i>	4.9	<i>Franceia</i>	5.7
<i>Frustulia</i>	7.3	<i>Geminella</i>	4.8
<i>Gloeocapha</i>	3.8	<i>Gonvaux</i>	5.4
<i>Grammatophora</i>	4.9	<i>Guinardia</i>	4.5
<i>Gymnodinium</i>	6.2	<i>Gyrodinium</i>	5.0
<i>Gyrosigma</i>	4.1	<i>Halosphaera</i>	5.0
<i>Haslea</i>	5.0	<i>Helicotheca</i>	5.1
<i>Hemiaulus</i>	6.1	<i>Hyalotheca</i>	4.7
<i>Hymenomonas</i>	6.1	<i>Kirchneriella</i>	4.8
<i>Lauderia</i>	4.7	<i>Lepocinclis</i>	5.0
<i>Licmophora</i>	9.0	<i>Lioloma</i>	4.9
<i>Lynceba</i>	4.8	<i>Mallomonas</i>	5.6
<i>Melosira</i>	6.7	<i>Menoidium</i>	4.9
<i>Merismopedia</i>	6.1	<i>Mesotaenium</i>	4.4
<i>Mestogloia</i>	5.0	<i>Micrasterias</i>	4.2
<i>Micromonas</i>	4.9	<i>Navicula</i>	4.3
<i>Neostreptotheca</i>	5.1	<i>Netrium</i>	5.1
<i>Nitzschia</i>	5.7	<i>Noctiluca</i>	8.7

Table 2 (continued).

Genus	Score	Genus	Score
<i>Odontella</i>	5.5	<i>Oedogonium</i>	5.1
<i>Oscillatoria</i>	7.0	<i>Pandorina</i>	4.9
<i>Paralia</i>	5.7	<i>Pediastrum</i>	4.5
<i>Penium</i>	5.3	<i>Peranema</i>	5.2
<i>Peridinium</i>	4.5	<i>Peronia</i>	5.0
<i>Phacus</i>	6.9	<i>Phaeocystis</i>	6.1
<i>Phaeodactylum</i>	4.9	<i>Phormidium</i>	7.6
<i>Pinnularia</i>	4.0	<i>Planktoniella</i>	4.7
<i>Pleurosiama</i>	6.7	<i>Pleurotaenium</i>	5.1
<i>Podosira</i>	5.0	<i>Prorocentrum</i>	4.4
<i>Protoperidinium</i>	4.8	<i>Pseudogalenia</i>	4.9
<i>Psuedo-nitzschia</i>	5.2	<i>Pyrocystis</i>	5.0
<i>Pyrodinium</i>	4.5	<i>Pvrophacus</i>	5.8
<i>Raphidiopsis</i>	4.5	<i>Rhabdonema</i>	5.1
<i>Rhizosolenia</i>	7.1	<i>Scenedesmus</i>	4.8
<i>Sellaphora</i>	4.1	<i>Skeletonema</i>	6.2
<i>Sphaerosozma</i>	4.3	<i>Staurastrum</i>	4.7
<i>Stauroneis</i>	4.8	<i>Stenopterobia</i>	4.4
<i>Stephanodiscus</i>	7.5	<i>Striatella</i>	5.1
<i>Strombomonas</i>	4.2	<i>Surirella</i>	5.1
<i>Tetraedron</i>	4.9	<i>Thalassionema</i>	4.9
<i>Thalassiosira</i>	4.8	<i>Thalassiothrix</i>	4.3
<i>Toxaria</i>	4.9	<i>Triceratium</i>	5.0
<i>Ulothrix</i>	5.8	<i>Uroelenopsis</i>	5.1
<i>Urosolenia</i>	4.9	<i>Volvox</i>	7.5
<i>Xanthidium</i>	5.1		

การทดสอบความถูกต้องของเกณฑ์การประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่น พบว่าคุณภาพน้ำที่ประเมินได้จากการใช้เกณฑ์การประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่น มีความถูกต้องมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ รายละเอียดแสดงดัง Table 3 ผลการประเมินพบว่าคุณภาพน้ำส่วนใหญ่อยู่ในระดับ Moderate และ Moderate-polluted เนื่องจากการเก็บตัวอย่างน้ำที่นำมาใช้ตรวจสอบการประเมินในช่วงเวลาเดียวกันแต่ต่างพื้นที่ ซึ่งอาจทำให้คุณภาพน้ำในแต่ละตัวอย่างมีคุณภาพใกล้เคียงกัน

การประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่น ที่พัฒนาขึ้นจากฐานข้อมูลคุณภาพน้ำและสกุลแพลงก์ตอนพืชบริเวณทะเลชายฝั่งนี้ เหมาะสมสำหรับใช้ประเมินคุณภาพน้ำบริเวณชายฝั่งทะเล ในขณะที่การประเมินคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำนิ่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นด้วย AARL-PP score เหมาะสมสำหรับคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำนิ่ง (Peerapornpisal et al., 2007)

คะแนนแพลงก์ตอนพืชแต่ละสกุลอาจแตกต่างจากเกณฑ์การประเมินคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำนิ่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นด้วย AARL-PP score (Peerapornpisal et al., 2007) เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนแพลงก์ตอนพืชที่พบกับคุณภาพน้ำมีความแตกต่างกัน และมีความแตกต่างกันในแต่ละระบบนิเวศ (Hellawell, 2012) รวมถึงสกุลแพลงก์ตอนพืชที่พบในตัวอย่างน้ำอาจแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ ซึ่งอาจพบแพลงก์ตอนพืชบางสกุลไม่มีการกำหนดคะแนนไว้ในตาราง คณะผู้จัดทำน้อมรับและพร้อมจะดำเนินการปรับปรุงและพัฒนาฐานข้อมูลในโอกาสต่อไป

Table 3 Water quality assessment using coastal water quality assessment with dominant genus of phytoplankton.

St	Latitude	Longitude	Location	Dominant genus	Average score	General water quality
1	12.60644°N	101.87293°E	Kung Viman Beach	<i>Nitzschia</i> <i>Plurosigma</i> <i>Gyrosigma</i>	5.5	Moderate
2	12.60352°N	101.87671°E	Kung Viman Beach	<i>Nitzschia</i> <i>Plurosigma</i> <i>Oscillatoria</i>	6.5	Moderate-polluted
3	12.58782°N	101.88432°E	Kung Viman Beach	<i>Chaetoceros</i> <i>Nitzschia</i> <i>Oscillatoria</i>	6.2	Moderate-polluted
4	12.58164°N	101.89093°E	Kung Krabaen Bay	<i>Chaetoceros</i> <i>Oscillatoria</i> <i>Anabaena</i>	6.3	Moderate-polluted
5	12.57278°N	101.89361°E	Laem Sadet Beach	<i>Chaetoceros</i> <i>Plurosigma</i> <i>Oscillatoria</i>	6.6	Moderate-polluted
6	12.55954°N	101.91206°E	Laem Sadet Beach	<i>Psuedo-nitzschia</i> <i>Bacteriastrum</i> <i>Noctiluca</i>	6.7	Moderate-polluted
7	12.53456°N	101.92751°E	Chao Lao Beach	<i>Chaetoceros</i> <i>Cosinodiscus</i> <i>Nitzschia</i>	5.6	Moderate
8	12.53289°N	101.94322°E	Chao Lao Beach	<i>Bellerochea</i> <i>Odontella</i> <i>Haslea</i>	5.1	Moderate
9	12.53876°N	101.94963°E	Chao Lao Beach	<i>Chaetoceros</i> <i>Pleurosigma</i> <i>Asterionella</i>	6.1	Moderate-polluted
10	12.52171°N	101.94957°E	Khaem Nu Estuary	<i>Chaetoceros</i> <i>Oscillatoria</i> <i>Gyrosigma</i>	5.7	Moderate

สรุปผลการศึกษา

การประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่งโดยใช้แฟลงก์ตอนพืชสกุลเด่น (Coastal water quality assessment using dominant genus of phytoplankton) ที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมในการประเมินคุณภาพชายฝั่งทะเล สามารถใช้ประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่งทะเลได้โดยการหาคะแนนเฉลี่ยจากแฟลงก์ตอนพืชสกุลเด่น 3 สกุล ที่พบในตัวอย่างน้ำแล้วนำไปเทียบกับตารางคุณภาพน้ำ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 121/2561

เอกสารอ้างอิง

- คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2560. ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล. ใน *ราชกิจจานุเบกษา* เล่ม 134 ตอนพิเศษ 288 ง.
- ลัดดา วงศ์รัตน์. 2544. แฟลงก์ตอนพืช. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศรัณญา ยิ้มย่อง. 2561. ดัชนีชีวภาพเพื่อบ่งชี้คุณภาพของระบบนิเวศน้ำจืด. *วารสารวิทยาศาสตร์ มข.* 46 (3): 408-417.
- สิริพร ยศแสน และปริญญา มูลสิน. 2558. การใช้แฟลงก์ตอนพืชชนิดเด่นในการบ่งชี้คุณภาพน้ำในห้วยสำราญ จังหวัดศรีสะเกษ. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจร.* 38: 295-309.
- สุเทพ เจือละออง, สุทธิดา กาญจน์อดิเรกถาก และมิคมีนทร์ จารุจินดา. 2553. การใช้แฟลงก์ตอนพืชชนิดเด่นในการชี้วัดคุณภาพน้ำบริเวณแม่น้ำประแส จังหวัดระยอง. *วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง* 41 (1): 126-140.
- Bianchi, F., Acri, F., Aubry, F. B., Berton, A., Boldrin, A., Camatti, E., Cassin, D., and Comaschi, A. 2003. Can plankton communities be considered as bio-indicators of water quality in the Lagoon of Venice?. *Marine Pollution Bulletin* 46 (8): 964-971.
- Casé, M., Leça, E. E., Leitão, S. N., Sant, E. E., Schwamborn, R., and de Moraes Junior, A. T. 2008. Plankton community as an indicator of water quality in tropical shrimp culture ponds. *Marine Pollution Bulletin* 56 (7): 1343-1352.
- Crawley, M. J. 2012. *The R book*. West Sussex: John Wiley & Sons.
- Da Silva, A. L. L., and Petrucio, M. M. 2018. Relationships between aquatic invertebrate communities, water-level fluctuations and different habitats in a subtropical lake. *Environmental Monitoring and Assessment* 190 (9): 548.
- Govenor, H., Krometis, L. A. H., and Hession, W. C. 2017. Invertebrate-based water quality impairments and associated stressors identified through the US Clean Water Act. *Environmental Management* 60 (4): 598-614.
- Hellawell, J. M. 2012. *Biological indicators of freshwater pollution and environmental management*. Berlin: Springer Science & Business Media.
- Jaanus, A., Toming, K., Hällfors, S., Kaljurand, K., and Lips, I. 2009. Potential phytoplankton indicator species for monitoring Baltic coastal waters in the summer period. *Hydrobiologia* 629 (1): 157-158.
- Jeppesen, E., Nöges, P., Davidson, T. A., Haberman, J., Nöges, T., Blank, K., Lauridsen, T. L., et al. 2011. Zooplankton as indicators in lakes: a scientific-based plea for including zooplankton in the ecological quality assessment of lakes according to the European Water Framework Directive (WFD). *Hydrobiologia* 676 (1): 279.
- Mouillot, D., Laune, J., Tomasini, J. A., Aliaume, C., Brehmer, P., Dutrieux, E., and Do Chi, T. 2005. Assessment of coastal lagoon quality with taxonomic diversity indices of fish, zoobenthos and macrophyte communities. *Hydrobiologia* 550 (1): 121-130.
- Obolewski, K., Glińska-Lewczuk, K., Bakowska, M., Szymanska, M., and Mrozibska, N. 2018. Patterns of phytoplankton composition in coastal lakes differed by connectivity with the Baltic Sea. *Science of The Total Environment* 631: 951-961.
- Padisák, J., Borics, G., Grigorczyk, I., and Soroczki-Pinter, E. 2006. Use of phytoplankton assemblages for monitoring ecological status of lakes within the Water Framework Directive: the assemblage index. *Hydrobiologia* 553(1): 1-14.
- Parsons, T. R., Maita, Y., and Lalli, C. M. 1984. *A manual of chemical and biological methods for seawater analysis*. Great Britain: Pergamon Press.
- Peerapornpisal, Y., Pekkoh, J., Powangprasit, D., Tonkhamdee, T., Hongsirichat, A., and Kunpradid, T. 2007. Assessment of water quality in standing water by using dominant phytoplankton (AARL-PP Score). *Journal of Fisheries Technology Research* 2 (1): 71-81.
- Popovskaya, G. I., Firsova, A. D., Bessudova, A. Y., Sakirko, M. V., Suturin, A. N., and Likhoshway, Y. V. 2012. Phytoplankton of the Irkutsk Reservoir as an indicator of water quality. *Oceanological and Hydrobiological Studies* 41 (2): 29-38.
- Rosenberg, R., Blomqvist, M., Nilsson, H. C., Cederwall, H., and Dimming, A. 2004. Marine quality assessment by use of benthic species-abundance distributions: a proposed new protocol within the European Union Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin* 49 (9-10): 728-739.

- Sagert, S., Rieling, T., Eggert, A., and Schubert, H. 2008. Development of a phytoplankton indicator system for the ecological assessment of brackish coastal waters (German Baltic Sea coast). *Hydrobiologia* 611 (1): 91-103.
- Salmaso, N., Morabito, G., Buzzi, F., Garibaldi, L., Simona, M., and Mosello, R. 2006. Phytoplankton as an indicator of the water quality of the deep lakes south of the Alps. *Hydrobiologia* 563 (1): 167-187.
- Shekhar, T. S., Kiran, B. R., Puttaiah, E. T., Shivaraj, Y., and Mahadevan, K. M. 2008. Phytoplankton as index of water quality with reference to industrial pollution. *Journal of Environmental Biology* 29 (2): 233-236.
- Višinskiene, G., and Bernotiene, R. 2012. The use of benthic macroinvertebrate families for river quality assessment in Lithuania. *Open Life Sciences* 7 (4): 741-758.
- Willén, E. 2000. Phytoplankton in water quality assessment - an indicator concept. In *Hydrological and limnological aspects of lake monitoring*. Heinonen, P., Ziglio, G., and Van Der Beken, A. (eds). P.56-80. New York: John Wiley & Sons Inc.

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

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 7 มี.ค. 62

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 21 มิ.ย. 62

ศักยภาพของนักส่งเสริมการเกษตรในพื้นที่ภาคตะวันออก

ในการปฏิบัติงานส่งเสริมและพัฒนากการเกษตร

The Potential of Agricultural Promotion Officers

to Promote and Develop Agriculture in the Eastern Region

นภาพรรณ โตสติ¹ จินดา ขลิบทอง¹ เฉลิมศักดิ์ ตุ่มหิรัญ¹ และสุรพล เศรษฐบุตร²
 Napawan Tosati¹, Jinda Khlibtong¹, Chalerm Sak Tumhirun¹ and Suraphol Sreshtaputra²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ดังนี้ 1) เพื่อศึกษาสภาพพื้นฐานทางสังคม เศรษฐกิจ และคุณลักษณะของนักส่งเสริมการเกษตร 2) เพื่อวิเคราะห์ศักยภาพของนักส่งเสริมการเกษตรในการปฏิบัติงานส่งเสริมและพัฒนากการเกษตรตามสมรรถนะ 3) เพื่อสังเคราะห์แนวทางการพัฒนาศักยภาพนักส่งเสริมการเกษตร 4) เพื่อพัฒนาโมเดลศักยภาพของนักส่งเสริมการเกษตร สุ่มตัวอย่างนักส่งเสริมการเกษตร จำนวน 194 ราย เกษตรกรต้นแบบ 9 ราย ผู้เชี่ยวชาญด้านการส่งเสริมการเกษตร 8 ราย เก็บข้อมูลจากการสอบถาม การสัมภาษณ์ วิเคราะห์ด้วยสถิติพรรณนา สหนาคกลุ่ม สถิติเปรียบเทียบ factor analysis และวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ผลการศึกษาพบว่า 1) นักส่งเสริมการเกษตร ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีสถานภาพโสด สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี มีภูมิลำเนาอยู่ในภาคตะวันออก สังกัดสำนักงานเกษตรอำเภอ ปฏิบัติงานในตำแหน่งระดับปฏิบัติการ มีเงินเดือนเฉลี่ย 22,268 บาท รายได้อื่น ๆ เฉลี่ยต่อคนเดือนละ 2,168 บาท ภาระหนี้สินเฉลี่ยต่อคนเดือนละ 8,188.13 บาท และมีประสบการณ์ในการทำงานส่งเสริมการเกษตรเฉลี่ย 7.86 ปี 2) จากการเปรียบเทียบสมรรถนะของนักส่งเสริมการเกษตร ที่ระดับการปฏิบัติงานและระดับความจำเป็น พบว่า การถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตร และการพัฒนาองค์กรเกษตรกรวิสาหกิจชุมชน และเครือข่ายมีความแตกต่างกันมากที่สุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) แนวทางการพัฒนาศักยภาพของนักส่งเสริมการเกษตร ควรมีการพัฒนาความรู้ด้านเทคโนโลยีการผลิตพืช การเพิ่มการดูแลด้านกฎหมาย การฝึกอบรม และการกำหนดคุณสมบัติที่ครอบคลุมกับงาน 4) โมเดลศักยภาพของนักส่งเสริมการเกษตรต่อการปฏิบัติงานส่งเสริมและพัฒนากการเกษตรโดยพัฒนาตามหลักแนวคิดของ David C. McClelland และทฤษฎีสองปัจจัยของเอิร์ชเบอร์ก (two-factor theory) ประกอบด้วย 4.1) มโนทัศน์ส่วนบุคคล (self-concept) 4.2) ทศคติต่องาน (attitude) 4.3) บุคลิกลักษณะประจำตัวของบุคคล (traits) และ 4.4) ทักษะ (skills)

คำสำคัญ : ศักยภาพ นักส่งเสริมการเกษตร การปฏิบัติงานส่งเสริมและพัฒนากการเกษตร

Abstract

The objectives of this researcher were to 1) study the basic socio-economic conditions and characteristics of agricultural promotion officers, 2) analyze the potential of agricultural promotion officers in light of their competencies, 3) synthesize guidelines for the professional development of agricultural promotion officers, 4) develop a potential model for the professional development of agricultural promotion officials. The samples were 194 agricultural promotional officers, 9 model farmers, and 8 agricultural promotion experts. Data was collected by interview and questionnaire and was analyzed with descriptive statistics such as statistical comparison, factor analysis and content analysis. The results showed that 1) most of the agricultural promotional officials were single females. They had graduated with bachelor's degrees. Most were born in the eastern region. The officers worked under the district agricultural promotions office and held practitioner level positions. Their average monthly salary was 22,268 Baht with other additional average income of 2,168 Baht per month. The average debt of the officers was 8,188.13 Baht per month. Furthermore, the average working experience of the officers was 7.86 years. 2) The comparison of the current operating level of competence of the officers and the necessary or ideal level was significantly different (significance level of 0.05) in the areas of agricultural technology transfer, agricultural organization, community enterprise and network development. 3) The guidelines suggested by the research defined

¹ ภาควิชาส่งเสริมการเกษตร วิชาเอกส่งเสริมและพัฒนากการเกษตร มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช อ. ปากเกร็ด จ. นนทบุรี 11120

² ภาควิชาพัฒนาเศรษฐกิจการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ. เมือง จ. เชียงใหม่ 50200

¹ Program in Agricultural Extension, School of Agriculture and Cooperatives, Sukhothai Thammathirat OpenUniversity, Pakkret, Nonthaburi 11120

² Department of Agricultural Economy and Development, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Mueang, Chiang Mai 50200

*Corresponding author, Email: sriwhite@hotmail.com

plant production technology, law, and training. 4) A potential model for the professional development of agricultural promotion officers was developed using the approach of David C. McClelland and the two-factor theory of Herzberg. The model covers the domains of 4.1) self-concept 4.2) attitude 4.3) characteristics and 4.4) skills.

Keywords: potential, agricultural extension official, agricultural extension and development operation

คำนำ

ประเทศไทยมีอาชีพหลักส่วนใหญ่อยู่ในสาขาเกษตรกรรม (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2559) ซึ่งเป็นสาขาที่มีความสำคัญในการพัฒนาประเทศในด้านเศรษฐกิจ สังคม และความมั่นคง การส่งเสริมการเกษตรจึงเป็นสิ่งที่สำคัญยิ่งในการพัฒนาเกษตรกรรมของไทย งานส่งเสริมการเกษตรของไทยได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ท่ามกลางกระแสความเปลี่ยนแปลงของการพัฒนาการเกษตรและปรับเปลี่ยนแนวคิดของเกษตรกรจากการผลิตเพื่อการบริโภคสู่การผลิตเพื่อการค้า ในปัจจุบันการส่งเสริมการเกษตรของไทยมีแนวโน้มที่กว้างขึ้น เน้นการทำงานแบบผสมผสานระหว่างเทคโนโลยีสมัยใหม่กับภูมิปัญญาของเกษตรกร และเชื่อมโยงการทำงานหลายภาคส่วน ซึ่งจะต้องอาศัยนักส่งเสริมการเกษตรที่มีศักยภาพสูง หมายถึง คุณสมบัติที่แฝงในตัวนักส่งเสริมการเกษตร ซึ่งสามารถแสดงออกเมื่อต้องปฏิบัติงาน โดยใช้ความสามารถสูงสุดที่มีในตัวและพร้อมที่จะพัฒนาความสามารถให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงาน แต่ขณะนี้เมื่อนักส่งเสริมการเกษตรที่มีความรู้อยู่ในขอบเขตที่จำกัดตามคุณวุฒิ เช่น เศรษฐศาสตร์เกษตร เทคโนโลยีสิ่งแวดลอม ประกอบกับต้องดำเนินงานตามนโยบายรัฐบาล ทำให้การส่งเสริมการเกษตรต้องรับบทบาทหน้าที่มากขึ้นนอกเหนือจากการส่งเสริมการเกษตร (ยุพเรศ เชาววิทยา, 2556) ส่งผลให้ปฏิบัติงานได้ไม่เต็มความสามารถตามตำแหน่งนักส่งเสริมการเกษตร สะท้อนถึงการแสดงบทบาทของนักส่งเสริมการเกษตรที่ไม่ชัดเจนในสายตาของคนทั่วไป (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2557) ดังนั้น นักส่งเสริมการเกษตรจึงควรได้รับการพัฒนาศักยภาพในการปฏิบัติงานของตนเองต่อการส่งเสริมและพัฒนากการเกษตร เพื่อนำไปปรับใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะการทำงานตามบทบาทและหน้าที่ความรับผิดชอบ ส่งผลให้เกิดแนวทางการพัฒนาศักยภาพของนักส่งเสริมการเกษตร เพื่อประโยชน์ของเกษตรกร และเกิดประโยชน์สูงสุดขององค์กรและสังคม ในด้านการบริหารจัดการทรัพยากรมนุษย์ต่อไป

วิธีการศึกษา

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ นักส่งเสริมการเกษตร ในสังกัดสำนักงานเกษตรจังหวัดและสำนักงานเกษตรอำเภอ มีการปฏิบัติงานกับเกษตรกร ครอบคลุมพื้นที่ 9 จังหวัด ดังนี้ จันทบุรี ตราด ระยอง ชลบุรี ปราจีนบุรี นครนายก ฉะเชิงเทรา สระแก้ว และสมุทรปราการ จำนวน 375 ราย ทำการสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (stratified random sampling) ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 194 ราย เกษตรกรต้นแบบ คือ เกษตรกรที่รับการส่งเสริมจากนักส่งเสริมการเกษตร ดำรงตำแหน่งประธานศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตรระดับจังหวัด เลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) จำนวน 9 ราย จาก 9 จังหวัด และผู้เชี่ยวชาญด้านการส่งเสริมการเกษตร นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรระดับชำนาญการพิเศษ จากสำนักงานส่งเสริมและพัฒนากการเกษตรเขต 3 จังหวัดระยอง และนักวิชาการส่งเสริมการเกษตรระดับชำนาญการ ที่ปฏิบัติงาน ณ สำนักงานส่งเสริมและพัฒนากการเกษตรเขต 3 จังหวัดระยอง และสำนักงานเกษตรจังหวัด จันทบุรี ตราด นครนายก ปราจีนบุรี เลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) จำนวน 8 ราย

การวิเคราะห์ข้อมูล 1) วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ จากข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ และสถิติ การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองประชากร (pair sample t-test) ของสภาพการปฏิบัติงานส่งเสริมและพัฒนากการเกษตรตามสมรรถนะของนักส่งเสริมการเกษตร และข้อมูลศักยภาพ (บุคลิกลักษณะประจำตัว ทักษะ) ของนักส่งเสริมการเกษตรที่เป็นอยู่และที่ต้องการพัฒนา 2) วิเคราะห์ปัจจัยและจัดกลุ่มปัจจัยต่าง ๆ เป็นองค์ประกอบที่มีความสัมพันธ์กัน จากปัจจัยประเภทต่าง ๆ โดยใช้สถิติ factor analysis วิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อสภาพการปฏิบัติงานส่งเสริมและพัฒนากการเกษตรตามสมรรถนะของนักส่งเสริมการเกษตร โดยหาว่า 1) ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร โดยใช้สถิติ KMO (Kaiser-Meyer-Olkin measure of sampling adequacy) 2) องค์ประกอบ (factor extraction) โดยใช้วิธี (principal component analysis) โดยพิจารณาค่าไอแกน (eigenvalue) ซึ่งเป็นค่าความผันแปรของตัวแปรทั้งหมดในแต่ละองค์ประกอบ 3) เพื่อให้การแปลความหมายชัดเจนยิ่งขึ้น ผู้วิจัยได้ใช้วิธีหมุนแกนองค์ประกอบแบบออร์ทोगอนอล (orthogonal) ด้วยวิธีแวนแมกซ์ (varimax) เพื่อให้ตัวแปรสัมพันธ์กับองค์ประกอบชัดเจนมากยิ่งขึ้น และ 3) วิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (content analysis) และการสนทนากลุ่ม (focus group)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

1) สภาพพื้นฐานทางสังคมและเศรษฐกิจของนักส่งเสริมการเกษตร พบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 61.3 มีอายุเฉลี่ย 36.79 ปี คิดเป็นร้อยละ 53.1 สถานภาพโสด คิดเป็นร้อยละ 52.3 จบระดับการศึกษาระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 73.2 มีภูมิลำเนาอยู่ในภาคตะวันออก ร้อยละ 52.6 สังกัดสำนักงานเกษตรอำเภอ ร้อยละ 63.9 ปฏิบัติงานในตำแหน่งระดับปฏิบัติการ ร้อยละ 58.8 มีเงินเดือนเฉลี่ย 22,268 บาท โดยส่วนมากอยู่ในช่วงต่ำกว่าหรือเท่ากับ 20,000 บาท ร้อยละ 50.5 และมีรายได้อื่น ๆ ค่าเฉลี่ยเดือนละ 2,168 บาท ส่วนมากอยู่ในช่วงต่ำกว่าหรือเท่ากับ 10,000 บาท ร้อยละ 96.4 ภาวะหนี้สินยอดรวมทั้งหมด ณ ปัจจุบัน เป็นเงิน 503,885 บาท เฉลี่ยเดือนละ 8,188.13 บาท คิดเป็นร้อยละ 46.4 (คิดจากเกณฑ์การกู้เงิน สหกรณ์ออมทรัพย์กรมส่งเสริมการเกษตร ระยะปานกลาง อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 6.25 ต่อปี ค่าผ่อนจากเงินต้น 503,885 บาท และจำนวนงวดผ่อนชำระ 19 งวด) และนักส่งเสริมการเกษตรส่วนมากมีประสบการณ์ในการทำงานส่งเสริมการเกษตรเฉลี่ย 7.86 ปี ส่วนมากอยู่ในช่วงต่ำกว่าหรือเท่ากับ 10 ปี ร้อยละ 78.4

2) ศักยภาพของนักส่งเสริมการเกษตรในการปฏิบัติงานส่งเสริมและพัฒนากการเกษตรตามสมรรถนะ

2.1) สภาพการปฏิบัติงานส่งเสริมและพัฒนากการเกษตรตามสมรรถนะของนักส่งเสริมการเกษตร พบว่า การส่งเสริมเศรษฐกิจพอเพียง และการจัดการศัตรูพืชในงานส่งเสริมการเกษตร มีระดับการปฏิบัติงานในระดับมาก ($\bar{X} = 4.12$, $\bar{X} = 3.85$) และมีระดับความจำเป็นในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.43$, $\bar{X} = 4.28$) และจากการเปรียบเทียบระดับการปฏิบัติงานและระดับความจำเป็น พบว่า การถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตร และการพัฒนาองค์กรเกษตรกร วิสาหกิจชุมชน และเครือข่ายที่ระดับการปฏิบัติงาน และที่ระดับความจำเป็น มีความแตกต่างกันมากที่สุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และจากการวิเคราะห์ปัจจัยและจัดกลุ่มปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กัน พบองค์ประกอบของปัจจัย จำนวน 9 กลุ่ม ได้แก่ 1) กระบวนการสนับสนุนการทำงานส่งเสริมการเกษตร 2) การถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตร 3) การพัฒนาองค์กรเกษตรกร วิสาหกิจชุมชน และการพัฒนาเครือข่าย 4) การจัดการศัตรูพืชในการส่งเสริมการเกษตร 5) การสื่อสารเพื่องานส่งเสริมการเกษตร 6) การจัดกระบวนการเรียนรู้ 7) การจัดทำแผนพัฒนาการเกษตรแบบมีส่วนร่วม 8) การวิเคราะห์สถานการณ์ด้านการเกษตร และ 9) การปรับเปลี่ยนเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน ทั้งนี้ การจัดกระบวนการเรียนรู้เป็นปัจจัยที่เกษตรกรระบุว่ามีการปฏิบัติงานและมีความจำเป็นอยู่ในระดับมาก (Table 1)

Table 1 The analysis of the elements of working conditions, promote and develop agriculture according to potential of agricultural promoters.

Factor analysis	Initial eigenvalues	% of variance
1. The process of supporting agricultural extension work	12.976	15.634
2. Agricultural technology transfer	8.591	10.350
3. Development of farmer organization community enterprise and network development	5.530	6.663
4. Pest management in agricultural extension	5.323	6.413
5. Communication of agricultural extension work	5.233	6.305
6. Organizing the learning process	4.020	4.843
7. Preparation of participatory agricultural development plans	3.740	4.506
8. Agricultural situation analysis	3.672	4.424
9. Modification of sustainable development	3.558	4.287

2.2) มโนทัศน์ส่วนบุคคล (self-concept) พบว่า นักส่งเสริมการเกษตรมีความคิดเห็นในภาพรวมต่อมโนทัศน์ส่วนบุคคล ในระดับมาก ($\bar{X} = 3.48$) ส่วนเกษตรกรต้นแบบมีความคิดเห็นต่อมโนทัศน์ส่วนบุคคลในระดับมากที่สุด โดยทั้งนักส่งเสริมการเกษตรและเกษตรกรต้นแบบเห็นตรงกันในระดับมากที่สุด ว่างานส่งเสริมการเกษตรเป็นการปฏิบัติงานที่ได้ช่วยเหลือเกษตรกรอย่างแท้จริง ($\bar{X} = 4.08, \bar{X} = 4.33$) และมีหน่วยงานในสังกัดที่กระจายตัวอยู่ทั่วทุกภูมิภาค/มีเครือข่ายในการทำงานมากขึ้น ($\bar{X} = 3.98, \bar{X} = 4.33$) แต่มี 1 ประเด็นที่นักส่งเสริมการเกษตรและเกษตรกรต้นแบบเห็นต่างคือการโยกย้ายตำแหน่งของนักส่งเสริมการเกษตรบ่อย ทั้งนี้ นักส่งเสริมการเกษตรเห็นว่ามโนทัศน์ด้านนี้จะก่อให้เกิดการสร้างเครือข่ายในการทำงานระหว่างเกษตรกรและหน่วยงานอื่น ๆ แต่เกษตรกรต้นแบบกลับเห็นว่า การโยกย้ายดังกล่าวก่อให้เกิดความไม่ต่อเนื่องในการทำงาน และข้อเสนอแนะจากการสนทนากลุ่ม แสดงความคิดเห็นต่อศักยภาพของนักส่งเสริมการเกษตรว่า ควรมีความมั่นใจในตนเองต่อการปฏิบัติงาน และการมีความรู้ทางเทคโนโลยีการผลิตที่ทันสมัย เพื่อตอบสนองความต้องการของเกษตรกร ประกอบการดำเนินงานส่งเสริมการเกษตร (Table 2)

Table 2 Potential of agriculture extension officials to work in Agricultural Extension and Development of self-concept. (n=194)

Self-concept	Level of comment		
	$\bar{X}$	S.D.	Level of opinion
1. Actions that truly help farmers	4.08	0.86	High
2. Received cooperation from many sectors in the operation	3.79	0.85	High
3. There are agencies that spread all over the region to work as a network with a network to work	3.98	0.78	High
Total	3.48	0.64	High

2.3) ทศคติต่องาน (attitude) นักส่งเสริมการเกษตรมีทัศนคติเชิงบวกต่อการปฏิบัติงานด้านเพื่อนร่วมงานมากที่สุด โดยมีทัศนคติอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 3.62$) รองลงมาคือ ด้านค่าตอบแทน/สวัสดิการและรางวัล มีทัศนคติอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X} = 3.16$) ทั้งนี้รายละเอียดด้านเพื่อนร่วมงาน นักส่งเสริมการเกษตรมองว่า เพื่อนร่วมงานให้ความสนิทสนมและความช่วยเหลือหรือสนับสนุนในการปฏิบัติภารกิจ หน้าที่ และผลงานอยู่ในระดับมากเช่นเดียวกัน ($\bar{X} = 3.74$) สำหรับรายละเอียดด้านค่าตอบแทน/สวัสดิการและรางวัล นักส่งเสริมการเกษตรมองว่า มีความสะดวกรวดเร็วในการใช้สิทธิการเบิกค่ารักษาพยาบาล และค่าสวัสดิการต่าง ๆ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 3.47$) นักส่งเสริมการเกษตรมีทัศนคติเชิงลบต่อการปฏิบัติงานด้านเพื่อนร่วมงานมากที่สุด โดยมีระดับทัศนคติอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.05$) รองลงมาคือ ด้านผู้บังคับบัญชา มีทัศนคติอยู่ในระดับน้อย ($\bar{X} = 2.56$) ทั้งนี้รายละเอียดด้านเพื่อนร่วมงาน นักส่งเสริมการเกษตรมองว่า ผู้ปฏิบัติและเพื่อนร่วมงาน มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.57$) สำหรับรายละเอียดด้านผู้บังคับบัญชา นักส่งเสริมการเกษตรมองว่า ผู้บังคับบัญชาเป็นแบบอย่างที่ดีในการถ่ายทอด แบ่งปันความรู้ ให้มีการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X} = 2.96$) สำหรับความคิดเห็นของเกษตรกรต้นแบบที่มีต่อการปฏิบัติงานของนักส่งเสริมการเกษตรในภาพรวมพบว่าอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีรายละเอียดคือ การปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายเป็นการดำเนินงานตามนโยบายของรัฐบาลอยู่ในระดับมากที่สุด สำหรับความคิดเห็นของเกษตรกรต้นแบบที่มีต่อการปฏิบัติงานของนักส่งเสริมการเกษตรในระดับน้อยที่สุด ได้แก่ งานส่งเสริมการเกษตร ศึกษา วิจัย และพัฒนางานด้านการเกษตรและบูรณาการการทำงานกับทุกภาคส่วน และงานเสริมการเกษตรส่งเสริมและพัฒนาเกษตรกรให้มีขีดความสามารถในการผลิตและจัดการสินค้าเกษตรให้ตรงกับความต้องการของตลาด ข้อเสนอแนะจากการสนทนากลุ่ม แสดงความคิดเห็นต่อศักยภาพของนักส่งเสริมการเกษตรว่า 1) สวัสดิการ ที่ควรมีการดูแลด้านกฎหมายเพื่อรองรับการปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับระเบียบของราชการ 2) เพื่อนร่วมงาน ผู้บริหาร สถานที่ทำงาน เป็นปัจจัยที่มีผลต่อทัศนคติของนักส่งเสริมการเกษตร และส่งผลต่อการปฏิบัติงาน (Table 3)

Table 3 Potential of agriculture extension officials to work in Agricultural Extension and Development of attitude.

(n=194)

Attitude	Level of attitude							
	Negative			Neutral		Positive		
	$\bar{X}$	S.D.	Level of opinion	Number	Percent	$\bar{X}$	S.D.	Level of opinion
1. Colleagues	4.05	1.38	High	10	5.15	3.62	1.05	High
- Practitioners and colleagues exchange opinions and suggestions	4.57	1.13	Highest	3	1.55	3.72	1.03	High
- Colleagues give intimacy, help or support in the mission and work outcome	4.25	1.49	Highest	3	1.03	3.74	1.02	High
2. Supervisor	2.56	1.42	Low	63	32.47	3.38	1.11	Moderate
- The supervisor must be a good model for conveying and sharing knowledge to create continuous learning	2.96	1.46	Moderate	7	3.61	3.50	1.21	High
3. Compensation / welfare and awards	2.43	1.45	Low	65	33.51	3.16	1.12	Moderate
- There Is a convenient and fast process in utilizing the right to claim medical expenses and other welfare fees	3.15	1.21	Moderate	10	5.51	3.47	1.21	High
Total	2.57	0.68	Low	38	19.59	3.41	0.18	High

2.4) บุคลิกลักษณะประจำตัวของบุคคล (traits) นักส่งเสริมการเกษตรมีระดับลักษณะประจำตัวของนักส่งเสริมการเกษตรอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 3.90$) และมีระดับความจำเป็นอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.35$) โดยมีคุณลักษณะอยู่ในระดับมากและมีความจำเป็นในระดับมากที่สุด ได้แก่ 1) ด้านมนุษยสัมพันธ์กับเกษตรกร ($\bar{X} = 4.39$, $\bar{X} = 4.58$) 2) การเป็นผู้บริการ ($\bar{X} = 4.04$, $\bar{X} = 4.36$) และ 3) ความสามารถในการติดต่อสื่อสาร/ประชาสัมพันธ์ ($\bar{X} = 3.90$, $\bar{X} = 4.32$) ทั้งนี้ในด้านมนุษยสัมพันธ์กับเกษตรกร พบว่า มีความบริสุทธิ์ใจต่อเกษตรกรระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.51$) และระดับความจำเป็นมากที่สุด ($\bar{X} = 4.65$) ด้านการเป็นผู้บริการ พบว่า มีทัศนคติที่ดีต่อการบริการระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.22$) และระดับความจำเป็นมากที่สุด ($\bar{X} = 4.45$) ด้านความสามารถในการติดต่อสื่อสาร/ประชาสัมพันธ์ พบว่า ความรับผิดชอบและตรงต่อเวลาระดับมาก ($\bar{X} = 4.14$) และระดับความจำเป็นมากที่สุด ($\bar{X} = 4.42$) และจากการเปรียบเทียบค่า t คำนวณได้เท่ากับ -9.97 ซึ่งน้อยกว่าค่า t วิฤติ (.05 t = 1.76) และค่า Sig (2-tailed) เท่ากับ 0.00 แสดงว่า ศักยภาพของนักส่งเสริมการเกษตรในการปฏิบัติงานส่งเสริมและพัฒนาการเกษตรด้านบุคลิกลักษณะประจำตัวของนักส่งเสริมการเกษตรมีความสัมพันธ์กับสมรรถนะของนักส่งเสริมการเกษตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนเกษตรกรต้นแบบแสดงความคิดเห็นต่อบุคลิกลักษณะของนักส่งเสริมการเกษตรในระดับมากเช่นเดียวกัน ข้อเสนอแนะจากการสนทนากลุ่ม มีการแสดงความคิดเห็นต่อศักยภาพของนักส่งเสริมการเกษตรว่า การบริการ งานส่งเสริมการเกษตรในปัจจุบันเป็นอีกหนึ่งรูปแบบของการบริการ นักส่งเสริมที่ดีควรมีใจในการให้บริการ (Table 4)

Table 4 Potential of agriculture extension officials to work in Agricultural Extension and Development of traits.

(n = 194)

Traits	Level of Traits			Level of necessity			T	Sig.
	$\bar{X}$	S.D.	Level of opinion	$\bar{X}$	S.D.	Level of opinion		
1. Communication / PR capability	3.90	0.59	High	4.32	0.63	Highest	-9.18	0.00
- Responsible and punctual	4.14	0.73	High	4.42	0.71	Highest	-4.86	0.00
2. Being a service person	4.04	0.55	High	4.36	0.65	Highest	-7.12	0.00
- Have a good attitude towards service	4.22	0.69	Highest	4.45	0.71	Highest	-5.09	0.00
3. Human relations with farmers	4.39	0.55	High	4.58	0.65	Highest	-7.12	0.00
- Be since with farmers	4.51	0.63	Highest	4.65	0.56	Highest	-4.03	0.00
Total	3.90	0.59	High	4.35	0.56	Highest	-9.97	0.00

2.5) ทักษะ (skills) ในภาพรวมทักษะของนักส่งเสริมการเกษตรที่ใช้ในการส่งเสริมการเกษตรอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.12$) และมีระดับความจำเป็นอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.42$) โดยมีรายละเอียดทักษะอยู่ในระดับมาก และระดับความจำเป็นอยู่ในระดับมากที่สุดเช่นเดียวกัน ได้แก่ 1) ทักษะการพูด ($\bar{X} = 4.07$, $\bar{X} = 4.49$) 2) ทักษะการอ่าน ($\bar{X} = 4.01$, $\bar{X} = 4.38$) 3) ทักษะการฟัง ($\bar{X} = 3.97$, $\bar{X} = 4.42$) 4) ทักษะการเขียน ($\bar{X} = 3.90$, $\bar{X} = 4.32$) 5) การบริหารจัดการ ($\bar{X} = 3.86$, $\bar{X} = 4.30$) และ 6) การใช้สื่อ ($\bar{X} = 3.60$, $\bar{X} = 4.23$) ทั้งนี้ในด้านทักษะการพูด พบว่า การให้เกียรติผู้ฟัง มีกิริยาท่าทางการพูด ให้เกียรติผู้ฟังมีทักษะอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.24$) และระดับความจำเป็นมากที่สุด ($\bar{X} = 4.55$) ด้านทักษะการอ่าน มีการจดประเด็นสำคัญอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.03$) และระดับความจำเป็นมากที่สุด ($\bar{X} = 4.56$) ด้านทักษะการฟัง มีการตั้งเป้าหมายในการฟังอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.04$) และระดับความจำเป็นมากที่สุด ($\bar{X} = 4.38$) ด้านทักษะการเขียน ทักษะการสะกดคำถูกเรียบเรียงถ้อยคำให้สื่อความหมายได้ชัดเจนและรู้จักการแบ่งวรรคตอนให้ถูกต้องอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.04$) และระดับความจำเป็นมากที่สุด ($\bar{X} = 4.29$) ด้านการบริหารจัดการ การตัดสินใจดำเนินงานต่าง ๆ ที่บรรลุเป้าหมายอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 3.89$) และระดับความจำเป็นมากที่สุด ($\bar{X} = 4.30$) และด้านการใช้สื่อ ทักษะการผลิตสื่อที่ช่วยกระตุ้นและสร้างความสนใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 3.65$) และระดับความจำเป็นมากที่สุด ($\bar{X} = 4.29$) ส่วนเกษตรกรต้นแบบแสดงความคิดเห็นต่อบุคลิกลักษณะของนักส่งเสริมส่งเสริมการเกษตรในระดับมากเช่นเดียวกัน และจากการเปรียบเทียบศักยภาพของนักส่งเสริมการเกษตร ในการปฏิบัติงานส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร ด้านทักษะของนักส่งเสริมการเกษตรที่ใช้ในการส่งเสริมการเกษตร มีความสัมพันธ์กับสมรรถนะของนักส่งเสริมการเกษตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ข้อเสนอแนะจากการสนทนากลุ่ม แสดงความคิดเห็นต่อศักยภาพของนักส่งเสริมการเกษตรว่า ทักษะการเขียนของนักส่งเสริมการเกษตรถูกนำมาใช้น้อยลง ประกอบกับเทคโนโลยีที่พัฒนา มีการใช้เครื่องมือในการรวบรวมข้อมูลเพื่อให้เกิดความรวดเร็ว (Table 5)

Table 5 Potential of agriculture extension officials to work in Agricultural Extension and Development of skills.

(n=194)

Skills	Level of skills			Level of necessity			T	Sig.
	$\bar{X}$	S.D.	Level of opinion	$\bar{X}$	S.D.	Level of opinion		
1. Listening skill	3.97	0.65	High	4.42	0.64	Highest	-8.45	0.00
- Set goals for listening	4.04	0.68	High	4.38	0.73	Highest	-5.57	0.00
2. Speaking skill	4.07	0.61	High	4.49	0.62	Highest	-9.14	0.00
- Use gestures Speaking to honor the listener	4.24	0.63	Highest	4.55	0.61	Highest	-6.55	0.00
3. Reading skill	4.01	0.63	High	4.38	0.89	Highest	-5.99	0.00
- Note important issues	4.03	0.74	High	4.56	2.3	Highest	-3.22	0.00
4. Writing skill	3.90	0.71	High	4.32	0.72	Highest	-7.19	0.00
- Use correct word spelling. Have a good word organizing to convey meaning, be clear and know how to divide punctuation correctly	4.04	0.75	High	4.29	0.78	Highest	-4.82	0.00
5. Use of media	3.60	0.89	High	4.23	0.86	Highest	-9.91	0.00
- Produce media that stimulate and create interest	3.65	0.94	High	4.29	0.88	Highest	-9.10	0.00
6. Management	3.86	0.78	High	4.30	0.80	Highest	-7.48	0.00
- Have decision making to achieve goals	3.89	0.87	High	4.30	0.84	Highest	-6.90	0.00
Total	4.12	0.65	High	4.42	0.56	Highest	-9.17	0.00

3) แนวทางการพัฒนาศักยภาพนักส่งเสริมการเกษตรที่เหมาะสมในการส่งเสริมและพัฒนากการเกษตร ตามประเด็นการสนทนากลุ่มจากผู้เชี่ยวชาญด้านการส่งเสริมการเกษตร แบ่งได้ตามประเด็นดังนี้

3.1) มโนทัศน์ส่วนบุคคล (self-concept) ควรมีแนวทางการพัฒนาได้แก่ 1) การกำหนดหน้าที่บทบาทการปฏิบัติงานประจำตำแหน่งที่ครอบคลุม และบ่งชี้ถึงลักษณะการปฏิบัติงานจริง 2) เพิ่มเติมความรู้เทคโนโลยีการผลิต

3.2) ทศคติต่องาน (attitude) ควรมีแนวทางการพัฒนาได้แก่ 1) การให้การดูแลด้านกฎหมาย สร้างมั่นคงในการประกอบอาชีพ 2) การสร้างทีมพี่เลี้ยงสำหรับการช่วยเหลือ/ให้คำปรึกษา

3.3) บุคลิกลักษณะประจำตัวของบุคคล (traits) ควรมีแนวทางการพัฒนาได้แก่ การฝึกอบรมที่มุ่งการพัฒนาการปฏิบัติงาน

3.4) ทักษะ (skills) ควรมีแนวทางการพัฒนาได้แก่ 1) การกำหนดคุณสมบัติที่ครอบคลุมการกับปฏิบัติงาน 2) การคัดเลือกที่ใช้หลักการพิจารณาของศักยภาพ

3.5) สภาพการปฏิบัติงานส่งเสริมและพัฒนากการเกษตรตามสมรรถนะของนักส่งเสริมการเกษตร ควรมีแนวทางในการส่งเสริมและสนับสนุนการทำงานของนักส่งเสริมการเกษตร โดยเน้นหนักในประเด็นการถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตร และการพัฒนาองค์กรเกษตรกร วิสาหกิจชุมชน และเครือข่าย

4) โมเดลศักยภาพของนักส่งเสริมการเกษตรในการปฏิบัติงานส่งเสริมและพัฒนากการเกษตร จากผลการวิจัย พบว่า ศักยภาพของนักส่งเสริมการเกษตร ประกอบไปด้วย มโนทัศน์ส่วนบุคคล (self-concept) ทศคติต่องาน (attitude) บุคลิกลักษณะประจำตัวของบุคคล (traits) และทักษะ (skills) มีความสัมพันธ์กับสมรรถนะของนักส่งเสริมการเกษตร จากการสกัดองค์ประกอบใหม่ด้วยวิธี factor analysis และจากการสนทนากลุ่มมาปรับปรุงโมเดลอีกครั้ง และทำการประเมินโมเดลโดยผู้เชี่ยวชาญ จึงสามารถสรุปเป็นโมเดลการพัฒนา ศักยภาพของนักส่งเสริมการเกษตรต่อการปฏิบัติงานส่งเสริมและพัฒนากการเกษตร ตามหลักแนวคิดของ David C. McClelland (David C. McClelland, 1973 อ้างใน พชร สันทัด, 2557: 22) นอกจากนี้ยังมีทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของบุคคล คือ ทฤษฎีสองปัจจัยของเฮิร์ซเบิร์ก (two-factor theory) เฟรดเดอริค เฮิร์ซเบิร์ก (Frederick Herzberg, 1959 อ้างใน ศิริวรรณ เสรีรัตน์ และคณะ, 2550) ประกอบด้วย ปัจจัยด้านตัวกระตุ้น/ปัจจัยจูงใจ (motivator factors) เป็นปัจจัยที่กระตุ้นให้เกิดแรงจูงใจในการทำงาน ทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ผลผลิตเพิ่มขึ้น ทำให้บุคคลเกิดความพึงพอใจในการทำงาน (job satisfaction) และปัจจัยด้านการบำรุงรักษา/ปัจจัยอนามัย (hygiene factors) จนวนนำไปสู่กระบวนการจัดการทรัพยากรมนุษย์ ตั้งแต่การได้คนมาทำงานในองค์กร (acquisition) การดูแลรักษาให้คนในองค์กรทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ (retention) ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้ (Figure 1)

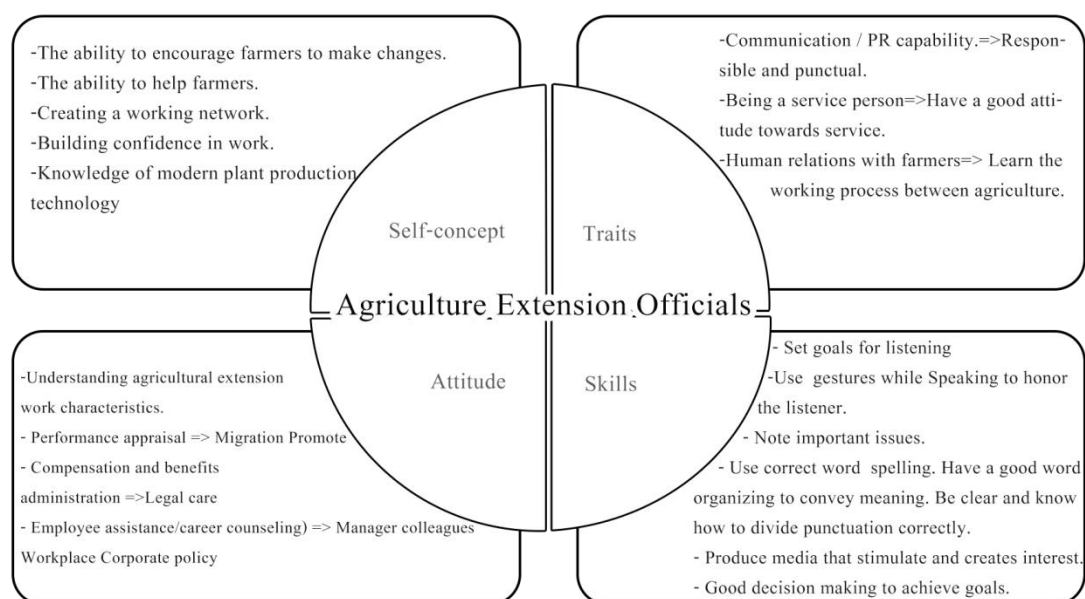


Figure 1 Model of potential of agriculture extension officials to work to Agriculture Extension and Development.

สรุปผลการศึกษา

ศักยภาพของนักส่งเสริมการเกษตรในการปฏิบัติงานส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร สรุปได้ดังนี้

1) สภาพการปฏิบัติงานส่งเสริมและพัฒนาการเกษตรตามสมรรถนะของนักส่งเสริมการเกษตร ในด้านการถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตร และการพัฒนาองค์กรเกษตรกร วิสาหกิจชุมชน และเครือข่าย และมีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชไม่ส่งผลต่อการปฏิบัติงานของนักส่งเสริมการเกษตร (ชัยญานัก หล้าแหล่ง, 2559)

2) ศักยภาพของนักส่งเสริมการเกษตรในการปฏิบัติงานส่งเสริมและพัฒนาการเกษตรตามสมรรถนะของนักส่งเสริมการเกษตร สามารถแบ่งประเด็นได้ดังนี้

2.1) นักส่งเสริมการเกษตรจำเป็นต้องมีทัศนคติส่วนบุคคล (self-concept) เพื่อใช้ในการปฏิบัติงานส่งเสริมการเกษตร ได้แก่ (1) การกระตุ้นให้เกษตรกรเกิดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งเป็นหนึ่งในคุณสมบัติของงานส่งเสริมการเกษตรที่มุ่งให้การช่วยเหลือเกษตรกรอย่างแท้จริง (2) การสร้างเครือข่ายการทำงาน ด้วยลักษณะงานส่งเสริมการเกษตรที่ได้รับความร่วมมือจากหลายภาคส่วน และ (3) มีการโยกย้ายตำแหน่งของนักส่งเสริมการเกษตรบ่อย

2.2) ปัจจัยที่ส่งผลต่อการแสดงทัศนคติของนักส่งเสริมการเกษตร ได้แก่ (1) เพื่อนร่วมงาน จะต้องให้ความสนิทสนม ให้ความช่วยเหลือหรือสนับสนุนในการปฏิบัติภารกิจหน้าที่และผลงาน (2) ด้านค่าตอบแทน/สวัสดิการและรางวัล จะต้องมีความสะดวกรวดเร็วในการใช้สิทธิการเบิกค่ารักษาพยาบาลและค่าสวัสดิการต่าง ๆ (3) ควรมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของเพื่อนร่วมงาน และการเป็นแบบอย่างที่ดีในการถ่ายทอด แบ่งปันความรู้ ให้มีการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องของผู้บังคับบัญชา (4) การกำหนดแนวทางการดำเนินงานตามนโยบายของหน่วยงาน เน้นการศึกษา วิจัยและพัฒนางานด้านการเกษตร รวมทั้งบูรณาการการทำงานกับทุกภาคส่วน และ (5) การกำหนดบทบาทหน้าที่ของหน่วยงานให้มีขีดความสามารถในการผลิตและจัดการสินค้าเกษตรให้ตรงกับความต้องการของตลาด

2.3) นักส่งเสริมการเกษตรควรมีบุคลิกลักษณะประจำตัวของบุคคล ได้แก่ (1) การมีมนุษยสัมพันธ์กับเกษตรกร เรียนรู้กระบวนการทำงานระหว่างเกษตรกร สร้างความสัมพันธ์อันดีระหว่างกัน ส่งผลให้มีผลการปฏิบัติงานที่มีประสิทธิภาพ สามารถตอบสนองต่อความต้องการของเกษตรกร (2) การเป็นผู้บริการ และ (3) ความสามารถในการติดต่อสื่อสาร/ประชาสัมพันธ์ สามารถสร้างความเชื่อมั่นให้แก่เกษตรกรได้

2.4) ทักษะของนักส่งเสริมการเกษตรที่ใช้ในการส่งเสริมการเกษตร (skills) ได้แก่ (1) ทักษะการพูด ได้แก่ การให้เกียรติผู้ฟัง มีกิริยาท่าทาง การพูดให้เกียรติผู้ฟัง (2) ทักษะการอ่าน ได้แก่ มีการจดประเด็น (3) ทักษะการฟัง ได้แก่ การตั้งเป้าหมายในการฟัง (4) ทักษะการเขียน ได้แก่ การสะกดคำ เรียบเรียงถ้อยคำให้สื่อความหมายได้ชัดเจน และรู้จักแบ่งวรรคตอนให้ถูกต้อง (5) การบริหารจัดการ ได้แก่ การตัดสินใจดำเนินงานต่าง ๆ ที่บรรลุเป้าหมาย และ (6) การใช้สื่อ ได้แก่ การผลิตสื่อที่ช่วยกระตุ้นและสร้างความเข้าใจ

3) ความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะกับศักยภาพของนักส่งเสริมการเกษตร โมเดลการพัฒนาศักยภาพของนักส่งเสริมการเกษตรต่อการปฏิบัติงานส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร สรุปได้ดังนี้

3.1) มโนทัศน์ส่วนบุคคล (self-concept) ของนักส่งเสริมการเกษตร ควรมีความมั่นใจในตนเองต่อการปฏิบัติงาน และการมีความรู้ทางเทคโนโลยีการผลิตที่ทันสมัย เพื่อตอบสนองความต้องการของเกษตรกร ประกอบการดำเนินงานส่งเสริมการเกษตร

3.2) ทัศนคติต่องาน (attitude) ประเด็นปัจจัยที่มีผลต่อทัศนคติของนักส่งเสริมการเกษตร ได้แก่ (1) สวัสดิการที่ควรมีการดูแลด้านกฎหมายเพื่อรองรับการปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับระเบียบของราชการ และ (2) เพื่อนร่วมงาน ผู้บริหาร สถานที่ทำงาน เป็นปัจจัยที่มีผลต่อทัศนคติของนักส่งเสริมการเกษตร และส่งผลต่อการปฏิบัติงาน

3.3) บุคลิกลักษณะประจำตัวของบุคคล (traits) ประเด็นในส่วนของการบริการงานส่งเสริมการเกษตรในปัจจุบัน เป็นอีกหนึ่งรูปแบบของการบริการ นักส่งเสริมการเกษตรที่ดีควรมีใจในการให้บริการ

3.4) ทักษะ (skills) ด้วยภาระงานปัจจุบัน และปัจจัยแวดล้อมในการปฏิบัติงานของนักส่งเสริมการเกษตร ทำให้ประเด็นทักษะการเขียนของนักส่งเสริมการเกษตรถูกนำมาใช้น้อยลง ประกอบกับเทคโนโลยีที่พัฒนา มีการใช้เครื่องมือในการรวบรวมข้อมูลเพื่อให้เกิดความรวดเร็ว

ตามหลักแนวคิดของ David C. McClelland ศักยภาพประกอบด้วย ทักษะ (skills) มโนทัศน์ส่วนบุคคล (self-concept) บุคลิกลักษณะประจำตัวของบุคคล (traits) ทัศนคติต่องาน (attitude) ดวงเดือน จันทรเจริญ (2549) กล่าวถึง ศักยภาพเพื่อใช้ในการสร้างกรอบแนวคิด พฤติกรรม ความเชื่อของคนในองค์กรให้ไปในทิศทางเดียวกันกับวิสัยทัศน์ ภารกิจ และกลยุทธ์ขององค์กร ช่วยสร้างวัฒนธรรมองค์กร โดยกำหนดกรอบของพฤติกรรมของบุคลากรในองค์กร นอกจากนี้ยังช่วยในการบริหาร

ทรัพยากรมนุษย์ให้มีประสิทธิภาพ และมีทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของบุคคล คือ ทฤษฎีสองปัจจัยของเฮอร์ซเบิร์ก (two-factor theory) เฟรดเดอริก เฮอร์ซเบิร์ก (Frederick Herzberg) ตามที่มีการกำหนดแนวทางพัฒนาศักยภาพของทรัพยากรมนุษย์ 1) ยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ. 2561-2580) ด้านการพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพทรัพยากรมนุษย์ 2) ยุทธศาสตร์เกษตรและสหกรณ์ ระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2560-2579) ว่าด้วยการพัฒนาองค์ความรู้ของเกษตรกรสู่เกษตรกรมืออาชีพ และ 3) แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 ว่าด้วยการส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรม จะเห็นได้ว่าทุกแนวทางการพัฒนาศักยภาพทรัพยากรมนุษย์ของประเทศไทย มุ่งเน้นการพัฒนาเกษตรกร อันเป็นประชากรกลุ่มใหญ่ของประเทศให้มีชีวิตความเป็นอยู่ที่ดีพึ่งพาตนเองได้ การส่งเสริมการเกษตรเป็นอีกหนึ่งช่องทางในการพัฒนาภาคการเกษตรของประเทศผ่านนักส่งเสริมการเกษตรที่มีศักยภาพพร้อมในการปฏิบัติงานเพื่อประโยชน์สูงสุดของเกษตรกร

จากการนำผลการวิจัยวิเคราะห์สภาพแวดล้อม (SWOT analysis) นำไปสู่การกำหนดกลยุทธ์ (TOWS matrix) เพื่อหาแนวทางการบริหารทรัพยากรบุคคล ดังมีรายละเอียดดังนี้

- 1) ด้านความสอดคล้องเชิงกลยุทธ์ คือ การสร้างความเข้าใจงานส่งเสริมการเกษตรให้กับนักส่งเสริมการเกษตรรุ่นใหม่ผ่านการจัดอบรมหลักสูตร (ระยะยาว) และทดลองปฏิบัติงานระดับพื้นที่ เพื่อพัฒนามโนทัศน์ส่วนบุคคลและบุคลิกลักษณะประจำตัวของนักส่งเสริมการเกษตร
- 2) ด้านประสิทธิภาพการบริหารทรัพยากรบุคคล คือ การสร้างสื่อการเรียนรู้เรื่องเทคโนโลยีการผลิตพืชที่สำคัญ และสนับสนุนเครื่องมือที่ช่วยส่งเสริมการทำงานของนักส่งเสริมการเกษตร เพื่อการพัฒนาทักษะในการถ่ายทอดเทคโนโลยีทางการเกษตรของนักส่งเสริมการเกษตร
- 3) ด้านประสิทธิผลการบริหารทรัพยากรบุคคล คือ การสร้างทีมพี่เลี้ยงในงานส่งเสริมการเกษตรให้กับนักส่งเสริมการเกษตรรุ่นใหม่ การถ่ายทอดเทคโนโลยีทางการเกษตร เพื่อพัฒนามโนทัศน์ส่วนบุคคล และการส่งเสริมการทำวิจัยเพื่อพัฒนาทักษะด้านการเขียน
- 4) ด้านคุณภาพชีวิต ความสมดุลระหว่างชีวิตและการทำงาน คือ การสร้างระบบสวัสดิการ (ด้านกฎหมาย) สนับสนุนการทำงาน เพื่อการพัฒนาทัศนคติที่ดีต่องานของนักส่งเสริมการเกษตร

เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2557. นโยบายกรมส่งเสริมการเกษตร ปี 2558. กรุงเทพฯ: กองแผนงาน กรมส่งเสริมการเกษตร.
- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2560. ยุทธศาสตร์เกษตรและสหกรณ์ ระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2560-2579). กรุงเทพฯ: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.
- ชัยญากัก หล้าแหล่ง. 2559. การวิเคราะห์ต้นทุน ผลตอบแทน และประสิทธิภาพการผลิตพืชเศรษฐกิจของภาคใต้. วารสารวิชาการ 36 (4) : 1-17.
- ดวงเดือน จันทรเจริญ .2549. การใช้ Competency พัฒนาบุคลากร. วารสารการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ 2 (1): 304-314.
- พชร สันต์. 2557. ศาสตร์และศิลป์ การบริหารการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์. สยามส่งเสริมคุณธรรม. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ยุพเรศ เชาววิทยา. 2556. การปฏิบัติงานตามระบบส่งเสริมการเกษตรของเกษตรตำบลในจังหวัดสุราษฎร์ธานี. ปริญญาเกษตรศาสตรมหาบัณฑิต, แขนงวิชา ส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- ศิริวรรณ เสรีรัตน์, สมชาย หิรัญภิตติ และธนวรรธ ตั้งสินทรัพย์ศิริ. 2550. การจัดการและพฤติกรรมองค์การ. กรุงเทพฯ: ธีระฟิล์มและไซเท็กซ์.
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2559. แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ สิบสอง (พ.ศ. 2560-2564). สำนักนายกรัฐมนตรี.
- สำนักงานเลขาธิการของคณะกรรมการยุทธศาสตร์ชาติ. 2561. ยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ. 2561-2580). พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักงานเลขาธิการของคณะกรรมการยุทธศาสตร์ชาติ สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.
- สำนักงานสถิติแห่งชาติ. 2559. ข้อมูลสำมะโนประชากร. สำนักส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้และคุณภาพเยาวชน. <http://www.qlf.or.th/Home/Contents/594>. (1 มิถุนายน 2559).

วันรับบทความ (Received date) : 30 ธ.ค. 61

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 18 มี.ค. 62

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

การใช้น้ำเพื่อการเลี้ยงสัตว์น้ำในพื้นที่รับน้ำจากคลองชลประทานในอำเภอบางบาล จังหวัดชลบุรี

Irrigation Water Usage for Aquaculture in Phan Thong District, Chon Buri Province

วันชนะ ประภาวิชา¹ และเมธี แก้วเนิน¹
Wanchana Prapawicha¹ and Methee Kaewnerm¹

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้น้ำในการเลี้ยงสัตว์น้ำบริเวณพื้นที่รับน้ำจากคลองชลประทาน ด้วยวิธีวิจัยเชิงสำรวจในพื้นที่ อ. บางบาล จ. ชลบุรี จาก 6 บ่อตัวอย่างที่เลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งขาว และ 6 บ่อตัวอย่างที่เลี้ยงปลาเบญจพรรณร่วมกับกุ้งขาว โดยรวบรวมข้อมูลการใช้น้ำต่อการเลี้ยง นอกจากนี้ได้ทำการประเมินปริมาณน้ำที่ได้รับจากคลองชลประทานในระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 และทำการสัมภาษณ์ตัวแทนผู้เลี้ยงสัตว์น้ำจำนวน 78 ราย โดยใช้วิธีการสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างเพื่อศึกษารูปแบบการใช้น้ำ นอกจากนี้ทำการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากกรมประมง ผลการศึกษาพบว่า การเลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งขาว มีการใช้น้ำ 12,133,136.00 ลบ.ม. ต่อรอบการเลี้ยง และการเลี้ยงปลาเบญจพรรณร่วมกับกุ้งขาว มีการใช้น้ำ 2,022,006.33 ลบ.ม. ต่อรอบการเลี้ยง โดยพบว่าการใช้น้ำมากที่สุดในเดือนมกราคม และปริมาณน้ำที่ได้รับจากระบบชลประทาน 9,398,735.28 ลบ.ม. ต่อเดือน โดยเดือนเมษายนมีปริมาณน้ำที่ได้รับมากที่สุด ทั้งนี้ผลการศึกษาพบว่าปริมาณการใช้น้ำเพื่อการเลี้ยงสัตว์น้ำในเดือนมกราคม สิงหาคม ตุลาคม และพฤศจิกายน คิดเป็นสัดส่วนประมาณร้อยละ 40.8, 47.2, 24.4 และ 60.4 ของปริมาณน้ำที่ได้รับตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำจากระบบชลประทานเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีสัดส่วนค่อนข้างสูง อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำที่ได้รับต่อการเลี้ยงเพียงพอต่อการใช้น้ำของผู้เลี้ยงสัตว์น้ำในพื้นที่ศึกษา หากมีปัญหาลดการขาดแคลนน้ำผู้เลี้ยงสัตว์น้ำร้อยละ 55.1 จะลดการเติมน้ำในบ่อเลี้ยง ร้อยละ 32.1 มีการสลับกันสูบน้ำ และลดจำนวนบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำแต่ยังคงเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยความหนาแน่นเท่าเดิม (ร้อยละ 12.8)

คำสำคัญ: การเลี้ยงปลานิล การเลี้ยงสัตว์น้ำหลายชนิดหรือแบบรวม การใช้น้ำ การจัดการทรัพยากรน้ำ

Abstract

This survey research method-based study aimed to investigate water usage in aquaculture in an area that received water from an irrigation canal in Phan Thong district, Chon Buri. Water usage per crop was investigated in 6 ponds in which tilapia fish and white-legged shrimps were grown and in another six ponds in which a polyculture of fish and white-legged shrimp were grown. In addition, the amount of water received from the irrigation canal over the period January to December 2018 was investigated. A total of 78 farmer representatives were interviewed using structured interview methods to study water usage patterns. In addition, related information from the Department of Fisheries was collected. The study found that raising tilapia fish together with white-legged shrimp used 12,133,136.00 m³.crop⁻¹ of water, whereas raising the polyculture of fish together with white-legged shrimp used 2,022,006.33 m³.crop⁻¹ of water. The results also showed that the highest water usage occurred in January. The amount of water received from the irrigation system in the month of April was 9,398,735.28 m³, which was the highest monthly figure over the time of the study. The study found that the amount of water used for aquaculture in January, August, October and November accounted for 40.48%, 47.2%, 24.4% and 60.4% respectively of the amount of water received. This result showed that the use of water from irrigation systems for aquaculture was relatively large. However, the amount of water received per cycle was sufficient for the fish culture in this study area. In the event of a shortage of water, 55.1% of farmers will reduce the level of water filled into the culture ponds, 32.1% of farmers will alternate water pumping and 12.8% will reduce the number of aquaculture ponds used whilst maintaining the same stocking density.

Keywords: tilapia culture, polyculture, water usage, water resource management

¹ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹ Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

*Corresponding author, Email: samurai_vai@hotmail.com

คำนำ

น้ำเป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างแหล่งอาหาร ตั้งแต่การผลิตในไร่นาไปจนถึงทุกขั้นตอนในห่วงโซ่อาหาร (FAO, 2019) น้ำจึงเป็นแหล่งกำเนิดของสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ อีกทั้งเป็นทรัพยากรที่สำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์ การจัดการน้ำเพื่อการเกษตรกรรมกำลังกลายเป็นปัญหาที่สำคัญในหลาย ๆ ส่วนของโลก และนโยบายน้ำที่มีประสิทธิภาพจะต้องมีการควบคุมการใช้น้ำ (Graveline, 2019) กรมชลประทาน (2557ก) รายงานว่า ความต้องการใช้น้ำทุกภาคส่วนของประเทศไทยมีประมาณปีละ 162,150 ล้านลูกบาศก์เมตร ในความต้องการใช้น้ำนี้ เป็นการใช้น้ำเพื่อการเกษตรมากถึง 106,169 ล้านลูกบาศก์เมตร หรือร้อยละ 65 ของความต้องการน้ำทั้งหมด ซึ่งอยู่ในเขตที่มีแหล่งเก็บกักน้ำและระบบชลประทานอยู่แล้ว 45,054 ล้านลูกบาศก์เมตร ส่วนที่เหลืออีก 61,116 ล้านลูกบาศก์เมตร เป็นความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรที่อยู่นอกเขตชลประทานโดยอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก รองลงมา เป็นการใช้น้ำเพื่อรักษาระบบนิเวศร้อยละ 18 การอุปโภค ร้อยละ 15 ใช้ในระบบอุตสาหกรรมร้อยละ 1.6 และปศุสัตว์ร้อยละ 0.4 สำหรับการใช้น้ำเพื่อการเลี้ยงสัตว์น้ำแต่ละรอบมีการใช้น้ำของแต่ละบ่อเลี้ยงเป็นปริมาณมากกว่าการเกษตรทั่วไป (Boyd, 1982) และเนื่องด้วยอำเภอพานทอง จังหวัดชลบุรี มีผู้เลี้ยงสัตว์น้ำ 418 ราย พื้นที่ในการเลี้ยงสัตว์น้ำมากกว่า 3,500 ไร่ (กรมประมง, 2559) และใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำคลองหลวงรัชชโลธรเพียงแหล่งเดียวเท่านั้น (กรมชลประทาน, 2559) เพราะไม่มีแม่น้ำไหลผ่าน ซึ่งอาจเกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำในหน้าแล้งได้ (กรมชลประทาน, 2557ข) การมีน้ำในปริมาณที่ไม่เพียงพอจะส่งผลกระทบต่อ การเลี้ยงสัตว์น้ำในพื้นที่ นอกจากนี้การใช้น้ำเพื่อการเลี้ยงสัตว์น้ำในสัดส่วนที่สูงยังอาจส่งผลกระทบต่อกิจกรรมอื่นได้ การใช้น้ำเพื่อการเลี้ยงสัตว์น้ำอย่างมีประสิทธิภาพจึงเป็นประเด็นที่สำคัญที่ผู้เกี่ยวข้องควรให้ความสนใจ (Sharma et al., 2013) การมีข้อมูลเกี่ยวกับการใช้น้ำในอำเภอพานทอง จังหวัดชลบุรี จึงมีความสำคัญต่อเกษตรกรและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานเกี่ยวกับการใช้น้ำเพื่อการเลี้ยงสัตว์น้ำในอำเภอพานทอง จังหวัดชลบุรี และมีการส่งเสริมโครงการแปลงใหญ่โดยพื้นที่อำเภอพานทองเป็นพื้นที่นำร่อง เพื่อลดต้นทุนเพิ่มผลผลิตในชื่อโครงการปลานิลแปลงใหญ่ (กรมประมง, 2559) ดังนั้น จึงจำเป็นที่จะต้องมีการศึกษารูปแบบและกิจกรรมการใช้น้ำในการเลี้ยงสัตว์น้ำในพื้นที่ดังกล่าว เพื่อเป็นการรวบรวมข้อมูลสำหรับใช้ในการจัดการทรัพยากรน้ำ และทำให้ทราบถึงปริมาณน้ำที่ผู้เลี้ยงสัตว์น้ำใช้ต่อรอบการเลี้ยง นอกจากนี้ยังสามารถใช้ประโยชน์ในการพัฒนาส่งเสริมให้เกษตรกรใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดต่อไป

วิธีการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้ ใช้วิธีวิจัยเชิงสำรวจ (survey research) ในพื้นที่อำเภอพานทอง จังหวัดชลบุรี โดยจำแนกผู้เลี้ยงสัตว์น้ำออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ เกษตรกรที่เลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งขาวซึ่งเป็นเกษตรกรที่อยู่ในโครงการปลานิลแปลงใหญ่ และเกษตรกรที่เลี้ยงปลาเบญจพรรณร่วมกับกุ้งขาว (polyculture of fish with white leg shrimp) ซึ่งเป็นผู้เลี้ยงสัตว์น้ำที่อยู่นอกโครงการปลานิลแปลงใหญ่ โดยการรวบรวมข้อมูลและการเก็บข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์ ตั้งแต่เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2560 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 โดยมีรายละเอียดดังนี้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูล แบ่งเป็น 3 รูปแบบ ได้แก่

- 1) ข้อมูลเกี่ยวกับผู้เลี้ยงสัตว์น้ำในพื้นที่ศึกษาจากแหล่งข้อมูลทุติยภูมิคือ กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมประมง และสำนักงานประมงอำเภอพานทอง จังหวัดชลบุรี โดยข้อมูลที่ทำการรวบรวม ได้แก่ ข้อมูลจำนวนผู้เลี้ยงสัตว์น้ำ รูปแบบการเลี้ยงสัตว์น้ำของผู้เลี้ยงสัตว์น้ำในพื้นที่ ขนาดพื้นที่บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำของผู้เลี้ยงสัตว์น้ำแต่ละราย
- 2) ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้เลี้ยงสัตว์น้ำโดยการสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง (structured interview) ด้วยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้นภูมิ (stratified random sampling) ในทุกตำบลของอำเภอพานทองที่มีการเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยคำนวณหาขนาดตัวอย่างจากสูตร (สำนักนโยบายและวิจัยสถิติ, มปป)

$$\begin{aligned} \text{ขนาดประชากรตัวอย่าง} &= \left[\frac{Z_{\alpha/2}}{d} \right]^2 pq \\ \text{ขนาดตัวอย่างในการศึกษา} &= \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{1 + n_0}} \end{aligned}$$

การหาขนาดตัวอย่างดำเนินการดังนี้

ก. คำนวณหาขนาดประชากรเริ่มต้น

เมื่อ	n_0	คือ	จำนวนผู้เลี้ยงสัตว์น้ำทั้งหมดจำนวน 418 ราย
	p	คือ	จำนวนผู้เลี้ยงปลาชนิดร่วมกับกุ้งขาว ร้อยละ 55
	q	คือ	จำนวนผู้เลี้ยงสัตว์น้ำที่เลี้ยงปลาเบญจพรรณร่วมกับกุ้งขาว ร้อยละ 45
	d	คือ	ขอบเขตความผิดพลาดที่ยอมรับได้ร้อยละ 10
	z	เท่ากับ	1.96 ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

ข. ในการหา n_0 ได้ตัวแทนผู้เลี้ยงสัตว์น้ำทั้งหมด 78 ราย ซึ่งมีผู้เลี้ยงสัตว์น้ำที่เลี้ยงปลาชนิดร่วมกับกุ้งขาว จำนวน 43 ราย และผู้เลี้ยงสัตว์น้ำที่เลี้ยงปลาเบญจพรรณร่วมกับกุ้งขาว จำนวน 35 ราย

3) ข้อมูลปริมาณน้ำในบ่อสำรวจภาคสนาม ในช่วงเดือน มกราคม-ธันวาคม พ.ศ. 2561 โดยทำการเลือกบ่อสำรวจแบบเจาะจง (purposive sampling) เพื่อให้ครอบคลุมรูปแบบการเลี้ยงปลาชนิดที่มี 2 รูปแบบคือ เลี้ยงปลาชนิดร่วมกับกุ้งขาว และเลี้ยงปลาเบญจพรรณร่วมกับกุ้งขาว โดยแบ่งบ่อสำรวจของแต่ละรูปแบบออกเป็น 2 ขนาด คือ บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำขนาดเล็ก (พื้นที่ผิวน้ำน้อยกว่า 6.25 ไร่) และบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำขนาดใหญ่ (พื้นที่ผิวน้ำที่เท่ากับหรือมากกว่า 6.25 ไร่) ทำการวัดความกว้างและความยาวของพื้นที่ผิวน้ำและพื้นที่ก้นบ่อ พร้อมทั้งวัดความลึกด้วยเครื่องมือ depth meter รุ่น Laylin SM-5 Specifications เพื่อคำนวณหาปริมาณของน้ำในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ

4) วัดพื้นที่หน้าตัดประตูกันน้ำที่มาจากระบบชลประทาน รวมทั้งใช้เครื่องวัดความเร็วกระแสในระบบใบพัด (flow probe) รุ่น GW FP-111 และวัดความลึกของน้ำโดยใช้เครื่องมือ (depth meter) รุ่น Laylin SM-5 Specifications ในทุกเดือน เพื่อหาปริมาณน้ำที่เข้าสู่อ่างกักเก็บน้ำที่ประตูกันน้ำที่ได้รับจากระบบชลประทาน

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลจากการสัมภาษณ์

การวิเคราะห์ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ใช้ค่าสถิติพรรณนา โดยใช้ค่าการแจกแจงความถี่ ค่าร้อยละ ค่ากลาง โดยใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ ในกรณีที่ข้อมูลมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ ใช้ค่ามัธยฐานและค่าส่วนเบี่ยงเบนควอไทล์ในการอธิบายข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลการใช้สถิติอนุมานทดสอบความแตกต่างของปริมาณการใช้น้ำในการเลี้ยงปลาชนิดร่วมกับกุ้งขาว และการเลี้ยงปลาเบญจพรรณร่วมกับกุ้งขาวของผู้เลี้ยงสัตว์น้ำ โดยทำการทดสอบด้วยสถิติ t-test

การวิเคราะห์ข้อมูลจากบ่อสำรวจ

การวิเคราะห์ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ เพื่อหาปริมาณการใช้น้ำในการเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยคำนวณจาก สมการที่ 1

$$V = h/3[(Au+Al) + (Au+Al)^{1/2}] \quad (1)$$

เมื่อ	V	=	ปริมาณน้ำในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ
	h	=	ระยะห่างระหว่างพื้นที่ผิวน้ำและพื้นที่ก้นบ่อ
	Au	=	พื้นที่ผิวน้ำ
	Al	=	พื้นที่ก้นบ่อ

การคำนวณอัตราการส่งน้ำและระบายน้ำ ปริมาณน้ำที่ส่งเข้าและออกจากบ่อ และงบดุลน้ำเพื่อหาปริมาณน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงต่อการอบการเลี้ยง จากสมการที่ 2

$$Storage_{i+1} = Storage_i + In_i + R_i - Out_i - E_i \quad (2)$$

เมื่อ	$Storage_{i+1}$	=	ปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิต
	$Storage_i$	=	ปริมาณน้ำในบ่อที่เริ่มศึกษา
	In_i	=	ปริมาณน้ำส่งเข้าบ่อ
	R_i	=	ปริมาณฝน
	Out_i	=	ปริมาณน้ำที่ระบายออกจากบ่อ
	E_i	=	ปริมาณการระเหยและการซึม

ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่ศึกษาไม่มีการระบายน้ำออกจากบ่อ จึงประยุกต์สมการที่ 2 เป็นสมการที่ 3 ดังนี้

$$Storage_{i+1} = Storage_i + In_i + R_i - E_i \quad (3)$$

การคำนวณปริมาณน้ำที่มาจากระบบชลประทาน (สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ, 2553) จาก สมการที่ 4

$$Q = V \times A \quad (4)$$

เมื่อ	Q	=	น้ำที่มาจากระบบชลประทานต่อหน่วยเวลา (ลบ.ม./วินาที)
	V	=	ความเร็วของกระแส น้ำ (เมตร/วินาที)
	A	=	พื้นที่หน้าตัดของประตูกันน้ำที่มาจากระบบชลประทาน

การวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณความต้องการใช้น้ำและปริมาณน้ำที่ได้รับ

วิเคราะห์ปริมาณการใช้น้ำได้จากการนำข้อมูลที่ได้จากข้อมูลทุติยภูมิ ได้แก่ ข้อมูลพื้นที่การเลี้ยงสัตว์น้ำของผู้เลี้ยงสัตว์น้ำแต่ละราย และรูปแบบการเลี้ยงสัตว์น้ำของผู้เลี้ยงสัตว์น้ำ คูณกับปริมาณน้ำจากค่าเฉลี่ยของรูปแบบการเลี้ยงในขนาดต่าง ๆ

วิเคราะห์ปริมาณน้ำที่ได้รับจากระบบชลประทาน นำข้อมูลค่า Q ที่คำนวณได้จากสมการที่ 4 คูณเวลาที่น้ำไหลผ่านในที่นี้ใช้หน่วยเวลาเป็นเดือน

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ข้อมูลของผู้เลี้ยงสัตว์น้ำ

ผลการศึกษาพบว่า ผู้เลี้ยงสัตว์น้ำทั้งหมด 418 ราย เป็นผู้เลี้ยงสัตว์น้ำที่เข้าร่วมโครงการปลานิลแปลงใหญ่ ซึ่งเลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งขาวจำนวน 228 ราย โดยมีพื้นที่บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำขนาดเล็ก 259.25 ไร่ บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำขนาดใหญ่ 2,789.5 ไร่ และเป็นผู้เลี้ยงปลาเบญจพรรณร่วมกับกุ้งขาว ซึ่งเป็นเกษตรกรที่ไม่ได้เข้าร่วมโครงการปลานิลแปลงใหญ่จำนวน 190 ราย โดยมีพื้นที่บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำขนาดเล็ก 457.76 ไร่ บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำขนาดใหญ่ 638.643 ไร่ ซึ่งอำเภอพานทองมีพื้นที่ในการเลี้ยงสัตว์น้ำทั้งหมด 3,428.143 ไร่

ปริมาณน้ำที่อำเภอพานทองได้รับจากอ่างเก็บน้ำคลองหลวงรัชชโลธร

ปริมาณน้ำที่ผู้เลี้ยงสัตว์น้ำในอำเภอพานทองได้รับผ่านระบบชลประทาน พบว่า ได้รับน้ำมากที่สุดในเดือนเมษายน โดยมีปริมาณน้ำประมาณ 35 ล้านลูกบาศก์เมตร รองลงมาคือ เดือนพฤษภาคมประมาณ 23 ล้านลูกบาศก์เมตร เดือนมกราคมประมาณ 22 ล้านลูกบาศก์เมตร และได้รับน้ำน้อยที่สุดในเดือนพฤศจิกายนประมาณ 5 แสนลูกบาศก์เมตร (Figure 1)

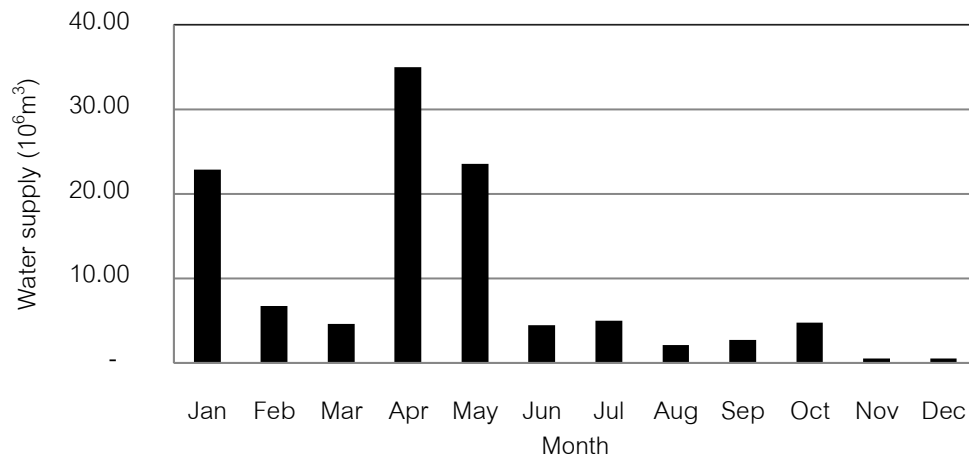


Figure 1 Water supply from Khlong Luang Rachalothorn reservoir in 2018.

ปริมาณน้ำที่ผู้เลี้ยงสัตว์น้ำใช้เติมในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ

จากการสัมภาษณ์ตัวอย่างผู้เลี้ยงสัตว์น้ำ พบว่า แหล่งน้ำหลักที่ใช้ในการเลี้ยงสัตว์น้ำมาจากอ่างเก็บน้ำคลองหลวง รัชชโลธรที่ส่งน้ำมาตามระบบชลประทาน โดยบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำส่วนใหญ่มีระยะห่างจากคลองชลประทานอยู่ระหว่าง 2-30 เมตร โดยเครื่องสูบน้ำที่ใช้เป็นเครื่องสูบน้ำแบบท่อพญานาคเครื่องยนต์ขนาด 90-110 แรงม้า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อดูดน้ำ 8-10 นิ้ว ขนาดท่อส่งน้ำ 8-10 นิ้ว โดยในภาพรวมผู้เลี้ยงสัตว์น้ำมีการเติมน้ำเพื่อเริ่มเลี้ยงสัตว์น้ำ ส่วนใหญ่เริ่มเลี้ยงเดือนมกราคม ร้อยละ 47.4 รองลงมาเป็นเดือนกุมภาพันธ์ ร้อยละ 30.8 เดือนมีนาคม ร้อยละ 16.7 และเดือนเมษายน ร้อยละ 2.6

เมื่อพิจารณาการเติมน้ำตามรูปแบบการเลี้ยงทั้งสองรูปแบบ ซึ่งใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงประมาณ 12 เดือนต่อการเลี้ยง พบว่า ผู้เลี้ยงปลาชนิดร่วมกับกุ้งขาว มีการเติมน้ำ 2 ครั้งต่อการรอบการเลี้ยง (ร้อยละ 41.9) รองลงมาเป็นการเติมน้ำ 3 ครั้งต่อการรอบการเลี้ยง (ร้อยละ 27.9) มีการเติมน้ำ 1 ครั้งต่อการรอบการเลี้ยง (ร้อยละ 16.3) และมีการเติมน้ำมากกว่า 4 ครั้งต่อการรอบการเลี้ยง (ร้อยละ 13.9) ผู้เลี้ยงปลาเบญจพรรณร่วมกับกุ้งขาวมีการเติมน้ำ 1 ครั้งต่อการรอบการเลี้ยง (ร้อยละ 80.0) รองลงมา มีการเติมน้ำ 2 ครั้งและ 3 ครั้ง มีการเติมน้ำเท่ากันคือ ร้อยละ 8.6 และมีการเติมน้ำมากกว่า 4 ครั้งต่อการรอบการเลี้ยง ร้อยละ 2.9 ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการเติมน้ำของผู้เลี้ยงปลาชนิดร่วมกับกุ้งขาวส่วนมากใช้เวลาตั้งแต่ 0-6 ชั่วโมง ร้อยละ 60.5 รองลงมาใช้เวลาในการเติมน้ำ ตั้งแต่ 6-12 ชั่วโมง ร้อยละ 37.2 และมีการเติมน้ำมากกว่า 12 ชั่วโมงขึ้นไป ร้อยละ 2.3 ส่วนเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาเบญจพรรณร่วมกับกุ้งขาวส่วนมากมีเวลาในการเติมน้ำตั้งแต่ 0-6 ชั่วโมง ร้อยละ 68.6 รองลงมาใช้เวลาในการเติมน้ำตั้งแต่ 6-12 ชั่วโมง ร้อยละ 31.4 และไม่พบผู้เลี้ยงสัตว์น้ำที่มีการเติมน้ำมากกว่า 12 ชั่วโมง

บ่อเลี้ยงปลาชนิดร่วมกับกุ้งขาวมีการเติมน้ำในเดือนเมษายน ร้อยละ 67.4 รองลงมาจะมีการเติมน้ำในเดือนกรกฎาคม สิงหาคม ตุลาคม พฤษภาคม มิถุนายน มีนาคม ธันวาคม กันยายน พฤศจิกายน และกุมภาพันธ์ ร้อยละ 39.5, 34.9, 27.9, 18.6, 16.3, 11.6, 7, 4.7, 4.7 และ 2.3 ตามลำดับ การเติมน้ำเข้าบ่อเลี้ยงปลาเบญจพรรณร่วมกับกุ้งขาว พบว่ามีการเติมน้ำในช่วงเดือนเมษายนมากที่สุด ร้อยละ 45.7 รองลงมาจะมีการเติมน้ำในเดือนพฤษภาคม กรกฎาคม สิงหาคม กันยายน มิถุนายน มีนาคม และตุลาคม ร้อยละ 31.4, 25.7, 11.4, 8.6, 5.7, 2.9 และ 2.9 ตามลำดับ โดยตัวอย่างผู้เลี้ยงสัตว์น้ำทั้งสองรูปแบบ มีการเติมน้ำมากช่วงเดือนเมษายนเพราะเป็นฤดูร้อน มีการระเหยของน้ำในปริมาณมาก และสังเกตเห็นว่าผู้เลี้ยงปลาชนิดร่วมกับกุ้งขาวจะมีการเติมน้ำเพิ่มขึ้นอีกครั้งในช่วงเดือนกรกฎาคมและสิงหาคม เนื่องจากเป็นช่วงที่เกษตรกรเพิ่มการให้อาหารเพื่อเร่งการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ จึงมีการเติมน้ำเพื่อเจือจางการสะสมของสารอินทรีย์ในบ่อ หลังจากนั้นไม่มีการเติมน้ำอีกเนื่องจากจะเข้าสู่ช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิต (Figure 2)

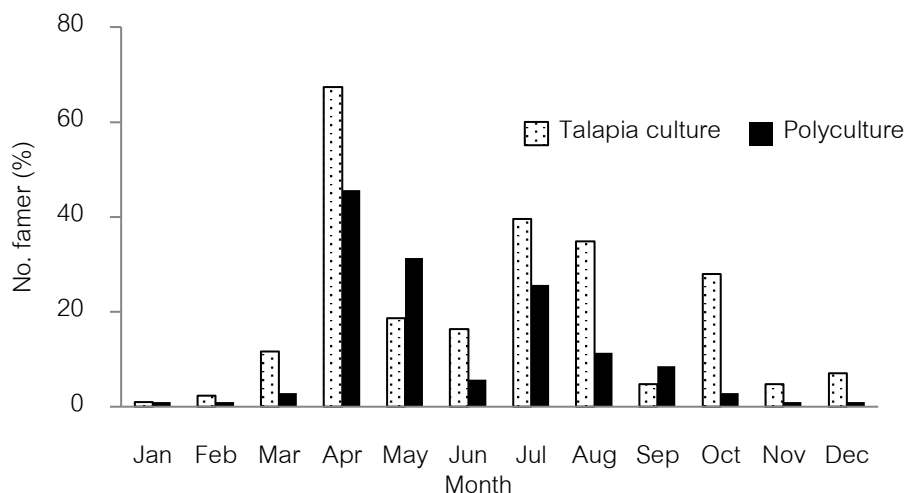


Figure 2 Percentage of famer who pumped water into culture pond by month.

การศึกษาปริมาณน้ำที่ใช้สำหรับการเลี้ยงสัตว์น้ำในอำเภอฟานทอง จังหวัดชลบุรี

ผลการศึกษากาใช้น้ำ พบว่า ผู้เลี้ยงสัตว์น้ำมีการใช้น้ำ ดังนี้

1. การเลี้ยงปลาในบ่อร่วมกับกุ้งขาวในบ่อเลี้ยงขนาดเล็ก (น้อยกว่า 6.25 ไร่) พื้นที่ในการเลี้ยงสัตว์น้ำ 259.25 ไร่ มีการใช้น้ำมากที่สุดในเดือนมกราคม ซึ่งเป็นเดือนที่เริ่มต้นเลี้ยงสัตว์น้ำ ใช้น้ำทั้งหมด 1,791,376.02 ลูกบาศก์เมตร รองลงมาเป็นการใช้น้ำในเดือนสิงหาคม 165,933 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งใช้น้ำปริมาณเฉลี่ย 1,042,668.93 ลูกบาศก์เมตรต่อการเลี้ยง

2. การเลี้ยงปลาในบ่อร่วมกับกุ้งขาวในบ่อเลี้ยงขนาดใหญ่ (เท่ากับหรือมากกว่า 6.25 ไร่) พื้นที่ในการเลี้ยงสัตว์น้ำ 2,789.5 ไร่ มีการใช้น้ำมากที่สุดในเดือนมกราคม ซึ่งเป็นเดือนที่เริ่มต้นเลี้ยงสัตว์น้ำ ใช้น้ำทั้งหมด 7,533,433 ลูกบาศก์เมตร รองลงมาเป็นการใช้น้ำในเดือนเมษายน 2,110,765 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งใช้น้ำปริมาณเฉลี่ย 12,221,680 ลูกบาศก์เมตรต่อการเลี้ยง

3. การเลี้ยงปลาเบญจพรรณร่วมกับกุ้งขาวในบ่อเลี้ยงขนาดเล็ก (น้อยกว่า 6.25 ไร่) พื้นที่ในการเลี้ยงสัตว์น้ำ 457.76 ไร่ มีการใช้น้ำมากที่สุดในเดือนมกราคม ซึ่งเป็นเดือนที่เริ่มต้นเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยใช้น้ำทั้งหมด 878,129 ลูกบาศก์เมตร รองลงมาเป็นการใช้น้ำในเดือนตุลาคม 232,170 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งใช้ปริมาณน้ำเฉลี่ย 1,631,716 ลูกบาศก์เมตรต่อการเลี้ยง

4. การเลี้ยงปลาเบญจพรรณร่วมกับกุ้งขาวในบ่อเลี้ยงขนาดใหญ่ (มากกว่า 6.25 ไร่) พื้นที่ในการเลี้ยงสัตว์น้ำ 180.83 ไร่ มีการใช้น้ำมากที่สุดในเดือนมกราคม ซึ่งเป็นเดือนที่เริ่มต้นเลี้ยงสัตว์น้ำ ใช้น้ำทั้งหมด 332,312 ลูกบาศก์เมตร รองลงมาจะเป็นการใช้น้ำในเดือนเมษายน 141,701 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งใช้น้ำปริมาณเฉลี่ย 1,631,716 ลูกบาศก์เมตรต่อการเลี้ยง (Table 1)

ผลการศึกษาปริมาณการใช้น้ำของผู้เลี้ยงสัตว์น้ำ อำเภอฟานทอง จังหวัดชลบุรี พบว่า การเลี้ยงปลาในบ่อร่วมกับกุ้งขาว มีการใช้น้ำ 12,133,136.00 ลบ.ม. ต่อรอบการเลี้ยง และการเลี้ยงปลาเบญจพรรณร่วมกับกุ้งขาว มีการใช้น้ำ 2,022,006.33 ลบ.ม. ต่อรอบการเลี้ยง การเลี้ยงปลาในบ่อร่วมกับกุ้งขาว บ่อขนาดเล็ก 3 บ่อ มีการใช้น้ำเฉลี่ย 4,021.87 ลูกบาศก์เมตร/ไร่/รอบการเลี้ยง บ่อขนาดใหญ่ 3 บ่อ มีการใช้น้ำเฉลี่ย 3,975.79 ลูกบาศก์เมตร/ไร่/รอบการเลี้ยง การเลี้ยงปลาเบญจพรรณร่วมกับกุ้งขาว บ่อขนาดเล็ก 3 บ่อ มีการใช้น้ำเฉลี่ย 3,070.91 ลูกบาศก์เมตร/ไร่/รอบการเลี้ยง บ่อขนาดใหญ่ 3 บ่อ มีการใช้น้ำเฉลี่ย 3,406.99 ลูกบาศก์เมตร/ไร่/รอบการเลี้ยง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปริมาณการใช้น้ำในการเลี้ยงปลาในบ่อร่วมกับกุ้งขาวในบ่อทั้งสองขนาด มีการใช้น้ำมากกว่าการเลี้ยงปลาเบญจพรรณร่วมกับกุ้งขาว มีการจัดการการปล่อยที่หนาแน่น มีการให้อาหารในปริมาณมาก จึงจำเป็นต้องมีการเติมน้ำเพื่อเจือจางการสะสมของสารอินทรีย์ในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ การเลี้ยงปลาในบ่อร่วมกับกุ้งขาวของโครงการ ปลานิลแปลงใหญ่มีการให้อาหารเม็ดแบบแขวนสวิง (เป็นการให้อาหารเม็ดลงในสวิงที่แขวนไว้ในบ่อ) แต่การเลี้ยงปลาเบญจพรรณร่วมกับกุ้งขาวเป็นการให้อาหารที่จากรำข้าว ปลาขี้ขาว มูลไก่ และอาศัยอาหารจากธรรมชาติ ทั้งปริมาณอาหารที่ให้นั้นแต่ละครั้งมีไม่มาก ทำให้น้ำเสียช้ากว่าการเลี้ยงปลาในบ่อร่วมกับกุ้งขาว (Table 1)

Table 1 Water usage for aquaculture in Phan Thong district, Chon Buri province.

Culture method	Pond size	Averaged water usage /rai/crop	No. of farmer	Total area (rai)	Total usage water /rai/crop
Tilapia + shrimp	< 6.25 Rai	4,021.87	67	259.25	1,042,669.80
	≥ 6.25 Rai	3,975.79	161	2,789.5	11,090,466.20
<i>Subtotal</i>			228	3,048.75	12,133,136.00
Polyculture of fish + shrimp	< 6.25 Rai	3,070.91	129	457.76	1,405,739.76
	≥ 6.25 Rai	3,406.99	61	180.883	616,266.57
<i>Subtotal</i>			190	638.643	2,022,006.33
Total usage water of aquaculture			418	3,428.143	14,155,142.33

ความแตกต่างของการใช้น้ำตามรูปแบบการเลี้ยงสัตว์น้ำ พบว่า ปริมาณการใช้น้ำไม่แตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) ในทุกคู่เปรียบเทียบดังต่อไปนี้ ปริมาณการใช้น้ำของการเลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งขาวในบ่อเลี้ยงขนาดเล็กและในบ่อเลี้ยงขนาดใหญ่ ปริมาณการใช้น้ำของการเลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งขาวและการเลี้ยงปลาเบญจพรรณร่วมกับกุ้งขาวในบ่อเลี้ยงขนาดเล็ก ปริมาณการใช้น้ำของการเลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งขาวในบ่อเลี้ยงขนาดเล็กและการเลี้ยงปลาเบญจพรรณร่วมกับกุ้งขาวในบ่อเลี้ยงขนาดใหญ่ ปริมาณการใช้น้ำของการเลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งขาวในบ่อเลี้ยงขนาดใหญ่และการเลี้ยงปลาเบญจพรรณร่วมกับกุ้งขาวในบ่อเลี้ยงขนาดเล็ก ปริมาณการใช้น้ำของการเลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งขาวในบ่อเลี้ยงขนาดใหญ่และการเลี้ยงปลาเบญจพรรณร่วมกับกุ้งขาวในบ่อเลี้ยงขนาดใหญ่ ปริมาณการใช้น้ำของการเลี้ยงปลาเบญจพรรณร่วมกับกุ้งขาวในบ่อเลี้ยงขนาดเล็กและการเลี้ยงปลาเบญจพรรณร่วมกับกุ้งขาวในบ่อเลี้ยงขนาดใหญ่

เมื่อทำการเปรียบเทียบการศึกษาปริมาณการใช้น้ำที่ได้รับจากระบบชลประทานกับปริมาณน้ำที่ผู้เลี้ยงสัตว์น้ำมีการใช้น้ำในแต่ละเดือน พบว่า ปริมาณน้ำที่ผู้เลี้ยงสัตว์น้ำได้รับสูงกว่าปริมาณน้ำที่ใช้สำหรับการเลี้ยงสัตว์น้ำในทุกเดือน โดยพิจารณาเป็นรายเดือน พบว่า ปริมาณการใช้น้ำเพื่อการเลี้ยงสัตว์น้ำในเดือนมกราคม สิงหาคม ตุลาคม และพฤศจิกายน คิดเป็นประมาณร้อยละ 40.8, 47.2, 24.4 และ 60.4 ของปริมาณน้ำที่ได้รับตามลำดับ ในขณะที่ในเดือนอื่น ๆ มีปริมาณการใช้น้ำเพื่อการเลี้ยงสัตว์น้ำคิดเป็นสัดส่วนน้อยกว่าร้อยละ 10 ของปริมาณน้ำที่ได้รับ อย่างไรก็ตามน้ำที่ได้รับจากระบบชลประทานดังกล่าวมีการใช้ประโยชน์จากกิจกรรมอื่นด้วย แต่เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณการใช้น้ำและความเห็นจากตัวอย่างผู้เลี้ยงสัตว์น้ำ พบว่า ปริมาณน้ำในปี พ.ศ. 2561 ที่ได้รับจากระบบชลประทานเพียงพอต่อการใช้น้ำเพื่อการเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งในเดือนมกราคมมีปริมาณการใช้น้ำมาก เพราะใช้ปริมาณน้ำจากบ่อสำรวจที่เริ่มเลี้ยงสัตว์น้ำในการคำนวณหาปริมาณน้ำเฉลี่ยต่อไร่ ในเดือนเมษายนมีปริมาณการใช้น้ำมากที่สุด ซึ่งเป็นช่วงเดือนที่ปริมาณน้ำที่ได้รับสูงที่สุดเช่นกัน เพราะเป็นช่วงที่ประเทศไทยเข้าสู่ฤดูร้อนและมีอากาศร้อนในตอนกลางวันอย่างต่อเนื่อง (กรมอุตุฯ, 2561) โดยพบว่ามีการใช้น้ำมากที่สุดในเดือนมกราคม ปริมาณน้ำที่ได้รับจากระบบชลประทาน 9,398,735.28 ลบ.ม. ต่อเดือน และเดือนเมษายนมีปริมาณน้ำที่ได้รับมากที่สุด ทำให้เกิดการระเหยของน้ำในปริมาณมาก และในเดือนสิงหาคม พฤศจิกายน และธันวาคม ปริมาณน้ำที่ได้รับและปริมาณการใช้น้ำมีความใกล้เคียงกัน อาจทำให้เกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำในภายหลังได้ เพราะปริมาณน้ำที่ได้รับต้องใช้สำหรับการเกษตรด้านอื่นด้วย ไม่เพียงแต่การเลี้ยงสัตว์น้ำเท่านั้น (Figure 3)

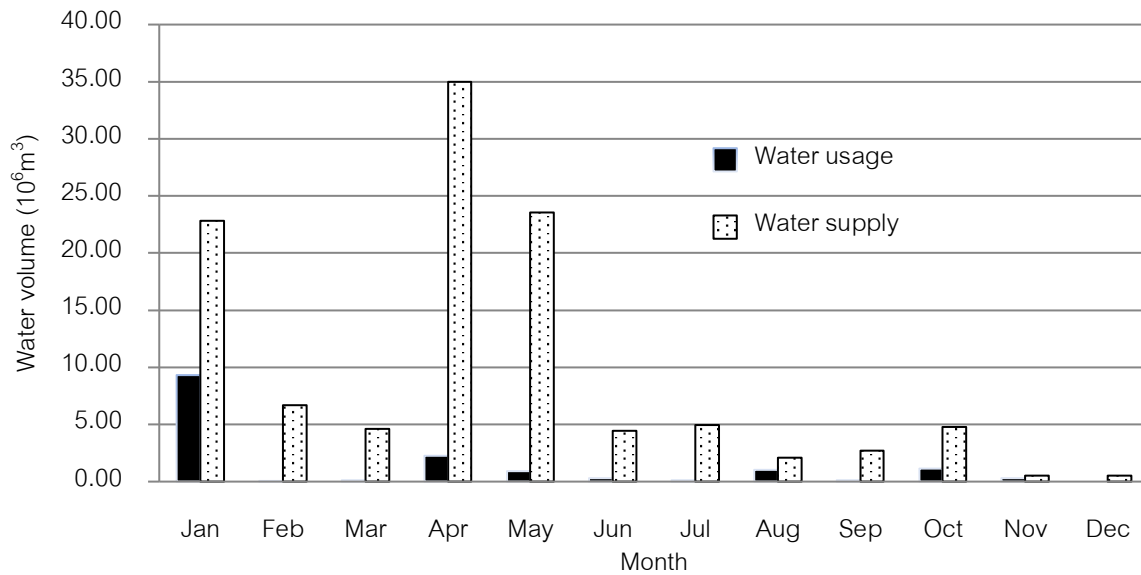


Figure 3 Water usage and water supply for aquaculture in Pan Thong district.

การจัดการน้ำในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ

การศึกษาค้นคว้าเบื้องต้นสามารถนำมาศึกษาความสมดุลน้ำในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยแทนค่าในสมการเพื่อให้ทราบปริมาณการใช้น้ำในบ่อเลี้ยงขนาดต่าง ๆ ในการใช้น้ำว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ โดยศึกษาจากหลักงบดุลน้ำซึ่งน้ำที่ได้รับควรมีความสมดุลกับปริมาณน้ำที่ใช้ ซึ่งการลดปริมาณน้ำทั้งเป็นวิธีการประหยัดน้ำที่มีประสิทธิภาพที่สุด และไม่เพียงแต่ช่วยลดการใช้น้ำแต่ยังช่วยลดโอกาสการเกิดมลพิษของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในบ่อด้วย (Boyd and Gross, 2000)

ผลการศึกษางบดุลน้ำจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำที่ทำการสำรวจ ในอำเภอบางบาล จังหวัดลพบุรี ในสองรูปแบบการเลี้ยงพบว่า การเลี้ยงปลาในบ่อร่วมกับกุ้งขาวในบ่อเลี้ยงขนาดเล็กมีปริมาณการใช้น้ำในการผลิตสัตว์น้ำมากที่สุดคือ เฉลี่ย 3,804.78 ลูกบาศก์เมตร/ไร่/รอบการเลี้ยง รองลงมาเป็นการเลี้ยงปลาในบ่อร่วมกับกุ้งขาวในบ่อเลี้ยงขนาดใหญ่ เฉลี่ย 3,389.94 ลูกบาศก์เมตร/ไร่/รอบการเลี้ยง (Table 2) การเลี้ยงปลาเบญจพรรณร่วมกับกุ้งขาวในบ่อเลี้ยงขนาดใหญ่ เฉลี่ย 3,108.83 ลูกบาศก์เมตร/ไร่/รอบการเลี้ยง และการใช้น้ำในการผลิตสัตว์น้ำน้อยที่สุดคือ การเลี้ยงปลาเบญจพรรณร่วมกับกุ้งขาวในบ่อเลี้ยงขนาดเล็ก เฉลี่ย 2,728.97 ลูกบาศก์เมตร/ไร่/รอบการเลี้ยง (Table 3) ซึ่งผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของ ปฏิพัทธ์ ตอพรหม (2559) ที่พบว่าการใช้น้ำฟาร์มเลี้ยงของการเลี้ยงปลาในบ่อร่วมกับกุ้งขาวในบ่อเลี้ยงขนาดใหญ่มีการใช้น้ำต่อไร่มากกว่าบ่อเลี้ยงขนาดเล็ก ทั้งนี้อาจเกิดขึ้นจากหลายปัจจัย ได้แก่ ลักษณะการให้อาหารที่แตกต่างกัน ลักษณะของบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ รวมถึงลักษณะดินของพื้นที่ที่แตกต่างกัน

การเลี้ยงสัตว์น้ำในสองรูปแบบมีการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากไม่มีการใช้น้ำในด้านอื่นเลย (เช่น การใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อการเกษตรกรรม) นอกจากการใช้น้ำเพื่อเลี้ยงสัตว์น้ำ และปริมาณน้ำที่สูญเสียจากการระเหยและการซึมเท่านั้น การใช้น้ำมากที่สุดพบในบ่อเลี้ยงปลาในบ่อร่วมกับกุ้งขาวในบ่อเลี้ยงขนาดเล็ก ทั้งนี้เกิดจากการให้อาหารที่ให้สม่ำเสมอและคงที่ ส่งผลให้บ่อเลี้ยงขนาดเล็กน้ำเสียง่ายกว่าบ่อเลี้ยงขนาดใหญ่ ทำให้มีการใช้น้ำในปริมาณมาก ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ ผุสดี ศรีทรงราช (2548) ที่พบว่า ประสิทธิภาพการใช้น้ำของฟาร์มเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพเนื่องจากในทุกฟาร์มมีการใช้น้ำเลี้ยงกุ้งเพียงกิจกรรมเดียว ไม่ได้ใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่น

Table 2 Water balance in tilapia with white leg shrimp culture pond.

Pond size	Storage _{i+1} (m ³ .rai ⁻¹)	In _i (m ³ .rai ⁻¹)	R _i (m ³ .rai ⁻¹)	E _i (m ³ .rai ⁻¹)
< 6.25 rai				
Pond no.1	3,522.34	3,352.69	368.00	198.35
Pond no.2	3,423.25	3,152.51	315.20	44.46
Pond no.3	4,468.74	4,461.20	416.00	408.46
Average	3,804.78	3,655.47	366.40	217.09
≥ 6.25 rai				
Pond no.1	3,139.01	3,237.35	112.00	210.34
Pond no.2	3,880.12	4,251.90	16.00	381.78
Pond no.3	3,750.69	4,246.13	64.00	559.44
Average	3,589.94	3,911.79	64.00	385.85

Table 3 Water balance in polyculture of fish with white leg shrimp culture pond.

Pond size	Storage _{i+1} (m ³ .rai ⁻¹)	In _i (m ³ .rai ⁻¹)	R _i (m ³ .rai ⁻¹)	E _i (m ³ .rai ⁻¹)
< 6.25 rai				
Pond no.1	2,116.62	2,219.19	184.00	286.57
Pond no.2	3,855.99	3,761.24	304.00	209.25
Pond no.3	2,214.30	2,280.29	464.00	529.99
Average	2,728.97	3,753.57	317.33	341.94
≥ 6.25 rai				
Pond no.1	3,196.27	3,469.61	160.00	433.34
Pond no.2	2,499.94	2,654.99	16.00	171.05
Pond no.3	3,630.28	3,856.38	64.00	290.10
Average	3,108.83	3,326.99	80.00	298.16

Remarks: Storage_{i+1} = Storage water in pond, In_i = water pumping into pond, R_i = precipitation, E_i = evaporation.

ผลจากการสัมภาษณ์ตัวอย่างผู้เลี้ยงสัตว์น้ำด้านการบริหารจัดการน้ำในการเลี้ยงสัตว์น้ำ ปี พ.ศ. 2561 พบว่า ผู้เลี้ยงสัตว์น้ำส่วนมากไม่พบปัญหาเกี่ยวกับการขาดแคลนน้ำสำหรับการเลี้ยงสัตว์น้ำ ปัญหาน้ำท่วม ปัญหาความไม่พอเพียงของปริมาณน้ำของการเลี้ยงสัตว์น้ำ และปัญหาของคุณภาพน้ำ (ร้อยละ 78.2, 73.1, 82.1 และ 70.6 ตามลำดับ) ในส่วนของประเด็นปัญหาที่พบว่าผู้เลี้ยงสัตว์น้ำประสบอยู่ คือ ประเด็นปัญหาอาหารปลาที่มีราคาสูง (ร้อยละ 64.1) ซึ่งส่งผลให้ผู้เลี้ยงสัตว์น้ำไม่สามารถที่จะให้อาหารปริมาณมากได้ในทุก ๆ เดือน ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการเติมน้ำเพื่อเจือจางการสะสมของสารอินทรีย์ในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำที่ไม่ได้รับการเติมน้ำเพื่อเจือจางในทุกเดือน

อย่างไรก็ตามหากผู้เลี้ยงสัตว์น้ำมีปัญหาการขาดแคลนน้ำสำหรับการเลี้ยงสัตว์น้ำ ผู้เลี้ยงสัตว์น้ำมากกว่าครึ่งหนึ่งจะลดการเติมน้ำ (ร้อยละ 55.1) รองลงมาเป็นการสลับกันสูบน้ำ (ร้อยละ 32.1) และลดจำนวนบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำแต่ยังคงเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยความหนาแน่นเท่าเดิม (ร้อยละ 12.8) หากเกิดภาวะน้ำท่วม พบว่า ผู้เลี้ยงสัตว์น้ำจะมีการกันตาข่ายรอบบ่อเพื่อป้องกันสัตว์น้ำออกจากบ่อ (ร้อยละ 43.6) ในขณะที่ผู้เลี้ยงสัตว์น้ำบางส่วนจะสูบน้ำออกจากบ่อเลี้ยง (ร้อยละ 28.2) และปล่อยให้น้ำท่วมบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (ร้อยละ 28.2) หากเกิดปัญหาน้ำเน่าเสียจากระบบชลประทาน พบว่า สองในสามของตัวอย่างผู้เลี้ยงสัตว์น้ำจะลดการเติมน้ำจากคลองส่งน้ำธรรมชาติ (ร้อยละ 65.4) รองลงมาคือไม่เติมน้ำจากคลองส่งน้ำ (ร้อยละ 32.1) และพักน้ำที่บ่อน้ำบาดาล (ร้อยละ 2.6)

สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษาสรุปได้ว่า ผู้เลี้ยงสัตว์น้ำในอำเภอนาทอง จังหวัดชลบุรี มีจำนวนทั้งสิ้น 418 ราย พบการเลี้ยงสัตว์น้ำ 2 รูปแบบ คือ การเลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งขาว จำนวน 228 ราย และการเลี้ยงปลาเบญจพรรณร่วมกับกุ้งขาว จำนวน 190 ราย ตามลำดับ มีการใช้น้ำในการเลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งขาว 12,133,136.00 ลูกบาศก์เมตรต่อรอบการเลี้ยง และมีการใช้น้ำในการเลี้ยงปลาเบญจพรรณร่วมกับกุ้งขาว 2,022,006.33 ลูกบาศก์เมตรต่อรอบการเลี้ยง โดยอำเภอนาทอง จังหวัดชลบุรี มีการใช้น้ำในการเลี้ยงสัตว์น้ำทั้งหมด 14,155,142.34 ลูกบาศก์เมตรต่อรอบการเลี้ยง ผลการศึกษาพบว่า การเลี้ยงสัตว์น้ำที่มีขนาดบ่อและรูปแบบการเลี้ยงที่แตกต่างกันมีปริมาณการใช้น้ำต่อไร่ไม่แตกต่างกัน ปริมาณน้ำที่ได้รับต่อรอบการเลี้ยงเพียงพอต่อการใช้น้ำของผู้เลี้ยงสัตว์น้ำในพื้นที่ศึกษา อย่างไรก็ตามหากรัฐบาลมีการส่งเสริมให้มีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพิ่มขึ้น อาจประสบปัญหาขาดแคลนน้ำในช่วงเดือนที่การใช้น้ำจากระบบชลประทานเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีสัดส่วนค่อนข้างสูง

เอกสารอ้างอิง

- กรมชลประทาน. 2557ก. รายงานประจำปี 2557 เรื่อง ความต้องการน้ำ. http://www.rid.go.th/2009/_data/docs/AnnualRID57.pdf (3 ธันวาคม 2560).
- กรมชลประทาน. 2557ข. โครงการพัฒนาแหล่งน้ำอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. <http://www.rid.go.th/royalproject/> (3 ธันวาคม 2560).
- กรมชลประทาน. 2559. โครงการอ่างเก็บน้ำคลองหลวงรัชชโลธร. <http://rachalothorn.blogspot.com/> (3 ธันวาคม 2560).
- กรมประมง. 2559. โครงการเพิ่มประสิทธิภาพการเพาะเลี้ยงปลานิลแบบครบวงจรตามแผนการปรับโครงสร้างและพัฒนาสินค้าประมง ปีงบประมาณ 2558-2559. กรุงเทพฯ: กองวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมอุตุนิยมวิทยา. 2561. การเข้าสู่ฤดูร้อนของประเทศไทย พ.ศ. 2561. <https://www.tmd.go.th/programs/uploads/weatherclimate/ประกาศเริ่มต้นฤดูร้อน2561.pdf> (12 เมษายน 2562).
- ปฏิพัทธ์ ตอพรหม. 2559. การจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อการประมงและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอ่างเก็บน้ำละหานลูกนก จังหวัดชัยภูมิ. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. สาขาวิชาการจัดการประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สำนักงานนโยบายและวิธีสถิติ. มปป. เทคนิคการสุ่มตัวอย่างและประมาณค่า. สำนักงานสถิติแห่งชาติ. <http://service.nso.go.th/nso/nsopublish/Toneminute/files/55/A3-16.pdf> (3 ธันวาคม 2560).
- สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ. 2553. คู่มือการประมาณค่าการไหลของน้ำด้วยวิธี Manning's formula. กรุงเทพฯ: กลุ่มงานสารสนเทศและทรัพยากรน้ำส่วนอุทกวิทยา.
- มุสดี ศรีทองราช. 2548. การจัดการฟาร์มเลี้ยงกุ้งก้ามกราม : กรณีศึกษา อำเภอนาทอง จังหวัดเชียงราย. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. สาขาวิชาการจัดการประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Boyd, C. E. 1982. Hydrology of small experimental fishponds at auburn, Alabama. *Transactions of the American Fisheries Society*. 111: 638-644.
- Boyd, C. E., and Gross, A. 2000. Water use and conservation for inland aquaculture ponds. *Fisheries Management Ecology*. 7: 55-63.
- FAO. 2019. The importance of sustainable water management. <http://www.fao.org/land-water/water/en/> (4 April 2019).
- Graveline, N. 2019. Combining flexible regulatory and economic instruments for agriculture water demand control under climate change in Beauce. *Water Resources and Economics*. <https://www.sciencedirect.com/journal/water-resources-and-economics/about/aims-and-scope>.
- Sharma, K. K., Mohapatra, B. C., Das, P. C., Sarkar, B., and Chand, S. 2013. Water budgets for freshwater aquaculture ponds with reference to effluent volume. *Agricultural Sciences*. 4 (8): 353-359.

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

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 27 มิ.ย. 62

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 10 ก.ค. 62

**การตรวจสอบสารเคมีตกค้างกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในผักสด
ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาและประสิทธิภาพในการล้างผักต่อสารเคมีตกค้างในผักคะน้า**
**Detection of Organophosphate and Carbamate Pesticide Residues in Fresh Vegetables
in Phra Nakhon Si Ayutthaya Province and
Effectiveness of Washing Methods on Pesticide Residues in Kale**

วิจิตรา เหลียวตระกูล¹ วชิรญา เหลียวตระกูล¹ ปริญญช เพียนเลี้ยงชีพ¹ และรวีวรรณ เต็มขันธ์มณี²
Wijitra Liaotrakoon¹, Vachiraya Liaotrakoon¹, Priyanoot Peanleangchep¹ and Raweewon Duamkhanmanee²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสารเคมีตกค้างในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในผักสดที่ปลูก และจำหน่ายในพื้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และศึกษาประสิทธิภาพการล้างผักต่อสารเคมีตกค้างในผักคะน้า โดยใช้ชุดทดสอบ เอ็ม เจ พี เค ตรวจสอบการตกค้างของสารเคมีในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในผักตัวอย่างจำนวน 150 ตัวอย่าง จากผัก 21 ชนิด เป็นตัวอย่างผักที่ปลูกในพื้นที่จำนวน 65 ตัวอย่าง และผักจากแหล่งจำหน่ายในพื้นที่จำนวน 85 ตัวอย่าง ผลการวิจัยด้วยชุดทดสอบพบว่า จากตัวอย่างผักทั้งหมด 150 ตัวอย่าง พบตัวอย่างที่มีสารเคมีตกค้างในระดับปลอดภัยจำนวน 81 ตัวอย่าง (ร้อยละ 54 ของผักทั้งหมด) เป็นผักที่ปลูกและจำหน่ายในพื้นที่จำนวน 45 และ 36 ตัวอย่าง ตามลำดับ ตัวอย่างที่มีสารเคมีตกค้างในระดับไม่ปลอดภัยจำนวน 69 ตัวอย่าง (ร้อยละ 46 ของผักทั้งหมด) เป็นผักที่ปลูกและจำหน่ายในพื้นที่จำนวน 20 และ 49 ตัวอย่าง ตามลำดับ จากการทดสอบพบว่า ชะอม ผักสลัด มะระ และเห็ด พบสารเคมีตกค้างในระดับปลอดภัยเป็นร้อยละ 100 ของจำนวนผักแต่ละชนิดที่นำมาทดสอบ แต่ผักที่ตรวจพบสารเคมีตกค้างในระดับไม่ปลอดภัยมากที่สุดคือ ตะไคร้ ผักหวาน และผักชี (ร้อยละ 80, 80 และ 71 ตามลำดับ) รองลงมาคือ คะน้า ใบมะกรูด และถั่วพู (ร้อยละ 67) นอกจากนี้ยังพบว่า วิธีการล้างผักคะน้ามีผลต่อสารเคมีตกค้างเมื่อเทียบกับผักคะน้าสด ดังนี้ การล้างคะน้าด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรต์ และโฟแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตสามารถล้างสารเคมีในตัวอย่างผักคะน้าให้อยู่ในระดับปลอดภัยได้ ในขณะที่วิธีการล้างผักคะน้าด้วยน้ำส้มสายชู น้ำเกลือ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ น้ำชาข้าว การล้างผักโดยให้น้ำไหล การปอกเปลือกชั้นนอกและแช่น้ำ และการลวกนั้นไม่สามารถกำจัดสารเคมีตกค้างในคะน้าให้อยู่ในระดับปลอดภัยได้

คำสำคัญ: ผัก สารเคมีตกค้าง การล้างผัก จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

Abstract

The aim of the study was to detect organophosphate and carbamate pesticide residues in fresh vegetables in Phra Nakhon Si Ayutthaya province, and to examine the effectiveness of washing methods on the removal of pesticide residues in kale. A total of 150 samples of 21 vegetable types, which were collected from the planting area (65 samples) and from the distribution sources (85 samples) in the province, were tested with an MJPk test-kit to detect the residues of organophosphate and carbamate insecticides. From the total of the 150 vegetable samples, 81 samples (54% of total vegetable samples) were found to have a safe level. 45 samples of these safe vegetables were locally grown and the other 36 were sold in the province. Of the 69 vegetables determined to contain pesticide residues at an unsafe level (46% of total vegetable samples), 20 of them were grown in the area, while the rest on sale in the area. The pesticide residues in climbing wattle, salad, bitter cucumber and mushroom were determined to be at safe levels (100% of samples of each vegetable type), whereas unsafe levels of residue were found in lemon grass, Phak-Wan, and coriander (80, 80 and 71% determined as being at unsafe level, respectively), followed by

¹ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ อ. พระนครศรีอยุธยา จ. พระนครศรีอยุธยา 13000

² สาขาวิชาพืชศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ อ. พระนครศรีอยุธยา จ. พระนครศรีอยุธยา 13000

¹ Program in Food Science and Technology, Faculty of Agriculture and Agro-Industry, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Phra Nakhon Si Ayutthaya, Phra Nakhon Si Ayutthaya 13000

² Program in Plant Science, Faculty of Agriculture and Agro-Industry, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Phra Nakhon Si Ayutthaya, Phra Nakhon Si Ayutthaya 13000

*Corresponding author, Email: L_wijitra@hotmail.com

kale, kaffir lime leaves and winged beans (67%). In addition, it was found that the washing methods used to remove pesticide residues from kale had varying levels of effectiveness. Washing with sodium bicarbonate and potassium permanganate reduced pesticide levels to a safe level. On the other hand, washing with vinegar, brine, hydrogen peroxide, water leftover from washing uncooked rice proved ineffective and did not reduce the pesticide residues in kale to a safe level. Moreover, rinsing with water, peeling the outer layers of the vegetable, soaking in water, and blanching also were ineffective methods of washing off pesticide residues.

Keywords: vegetables, pesticide residues, vegetable washing, Phra Nakhon Si Ayutthaya province

คำนำ

ผักสดเป็นผลิตผลทางการเกษตรที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคและมีการบริโภคในปริมาณสูง เนื่องจากผักอุดมด้วยแร่ธาตุและวิตามินที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ถือเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ แต่อย่างไรก็ตามยังมีการตรวจพบการตกค้างของสารเคมีที่เกินมาตรฐานในพืชผักสดหลายชนิดอันอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค เนื่องจากเกษตรกรยังคงมีการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในปริมาณสูงและมีการใช้อย่างต่อเนื่อง ไม่เว้นระยะการให้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิต ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญ หากการเพาะปลูกไม่ได้มาตรฐานและมีการใช้สารเคมีในปริมาณมาก จะส่งผลให้ผลผลิตทางการเกษตรและอาหารพบความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนสารเคมีต่าง ๆ (คณะกรรมการอาหารแห่งชาติ, 2556) การบริโภคอาหารที่มีสารเคมีตกค้างจะทำให้เกิดพิษสะสมระยะยาว เนื่องจากการได้รับสารเคมีกำจัดศัตรูพืชอย่างต่อเนื่อง และพบว่าจากปี พ.ศ. 2551 ถึงปี พ.ศ. 2556 คนไทยมีอัตราการเจ็บป่วยจากโรคมะเร็งเพิ่มสูงขึ้น 1.5 เท่า และโรคมะเร็งยังเป็นสาเหตุอันดับหนึ่งของการตายของคนไทยมากกว่า 10 ปี (กลุ่มภารกิจด้านข้อมูลข่าวสารสุขภาพ, 2560) ทั้งนี้อาจเกิดการปนเปื้อนหรือการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชปนเปื้อนในผลผลิตเกษตรและสิ่งแวดล้อม และมีการตกค้างสะสมในห่วงโซ่อาหาร ซึ่งการตกค้างของสารเคมีในอาหารและการสะสมมลพิษในสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นส่งผลกระทบต่อความมั่นคงทางอาหารและสุขภาพของผู้บริโภค

สารเคมีกำจัดศัตรูพืชสามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มออร์กาโนคลอรีน (organochlorine) เป็นกลุ่มที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบ เป็นสารเคมีที่มีพิษต่อแมลงทุกชนิดและค่อนข้างจะสลายตัวช้า ทำให้ตกค้างในห่วงโซ่อาหารและสิ่งแวดล้อมนาน กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (organophosphate) เป็นกลุ่มที่มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบ มีพิษรุนแรงมากกว่ากลุ่มอื่น โดยเป็นพิษทั้งกับแมลงและสัตว์อื่น ๆ ทุกชนิด แต่สารในกลุ่มนี้จะย่อยสลายได้เร็วกว่ากลุ่มออร์กาโนคลอรีน กลุ่มคาร์บาเมต (carbamate) มีคาร์บาซิลเป็นองค์ประกอบสำคัญ มีความเป็นพิษต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมน้อยกว่ากลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และกลุ่มสารสังเคราะห์ไพรีทรอยด์ (synthetic pyrethroids) เป็นสารเคมีกลุ่มที่สังเคราะห์ขึ้นโดยมีความสัมพันธ์ตามโครงสร้างของไพรีทริน ซึ่งเป็นสารธรรมชาติที่สกัดได้จากพืชไพรีทรัม สารเคมีในกลุ่มนี้มีความเป็นพิษต่อแมลงสูง แต่มีความเป็นพิษต่อสัตว์เลือดอุ่นต่ำ สารเคมีกลุ่มนี้มีราคาแพงจึงไม่เป็นที่นิยม โดยกลุ่มสารเคมีที่ใช้มากในเกษตรกรรม คือ กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต โดยเฉพาะสารคลอร์ไพริฟอส (chlorpyrifos) และกลุ่มคาร์บาเมต สารเคมีในกลุ่มนี้มีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส (cholinesterase) ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนแอซิติลโคลีน (acetylcholine) ไปเป็นโคลีน (choline) และแอซิเตต (acetate) จึงทำให้เกิดการสะสมของแอซิติลโคลีนที่มีผลต่อระบบประสาทได้ (พรหมเกษม แผ่นพร, 2540; สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2556; พัชรียาภคขมา และคณะ, 2559) จึงสามารถใช้ชุดทดสอบ เอ็ม เจ พี เค ในการทดสอบสารเคมีตกค้างเหล่านี้ได้ ถึงแม้ว่าการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในผักเป็นปัญหาสำคัญของประเทศไทย แต่เกษตรกรยังมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืช เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพตามความต้องการของตลาดและผู้บริโภค เช่น ทำให้ผักมีลักษณะสวย ไม่มีร่องหรือรู สีสด ผลผลิตมีขนาดใหญ่ และได้ผลผลิตมากขึ้นในระยะเวลาอันสั้น (วนิดา แจ่มจันทร์, 2546; ดนัย ศิริพรพุม, 2547; สิริภัสรา คำนาน, 2552) นอกจากนี้การใช้สารกำจัดศัตรูพืชที่ไม่ถูกต้องทำให้สารพิษเข้าสู่ร่างกายของเกษตรกรหรือผู้ใช้ ส่งผลให้มีสารพิษตกค้างในผลผลิตทางการเกษตรก่อให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพของผู้บริโภค และมีผลต่อความเชื่อมั่นของผู้บริโภคและการส่งออกสินค้าอาหารของประเทศไทย ดังนั้นเกษตรกรและผู้ประกอบการควรคำนึงถึงคุณภาพ ความปลอดภัย และสุขภาพของผู้บริโภค (คณะกรรมการอาหารแห่งชาติ, 2556)

โดยทั่วไปสถานการณ์ความปลอดภัยในผักในประเทศไทยยังมีความเสี่ยงต่อการบริโภค โดยสำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข (2560) ได้ทำการเฝ้าระวังเป็นพิเศษสำหรับสารเคมีตกค้างในผักสดที่คนไทยนิยมบริโภค ได้แก่ ผักคะน้า กวางตุ้ง และผักบุ้ง ตามลำดับ ทั้งนี้มีรายงานพบสารฆ่าแมลงตกค้างในต้นหอมและผักคะน้าในจังหวัดสุราษฎร์ธานี (จิราพร ใจเกลี้ยง และคณะ, 2555) ผักในภาคตะวันออกเจียงเหนือตอนบนมีการตกค้างของสารเคมีสูงเกินค่ามาตรฐานเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 19 ถึง 30 ในปี พ.ศ. 2554 ถึงปี พ.ศ. 2556 โดยผักที่มักพบการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ได้แก่ กะหล่ำปลี ขึ้นฉ่าย ถั่วฝักยาว

ผักกาดขาวปลี ผักชี พริก มะเขือ แตงกวา คื่นช่าย ผักแพว มะนาว และเห็ด (จารุพงศ์ ประสพสุข และคณะ, 2557) การตกค้างของสารเคมีกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในผักที่จำหน่ายในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการอยู่ในระดับที่ไม่ปลอดภัยค่อนข้างสูง โดยเฉพาะแตงกวา มะเขือเปราะ ถั่วฝักยาว คื่นช่าย และพริกสด (พัชร ภคกษมา และคณะ, 2559) เครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช (Thai-PAN) ได้สุ่มตรวจผักที่ผู้บริโภคนิยม ได้แก่ ถั่วฝักยาว คื่นช่าย พริกแดง และกะเพรา มีสารเคมีตกค้างเกินมาตรฐานร้อยละ 64 การตกค้างของสารเคมีในผลผลิตทางการเกษตรส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของประชาชน ทำให้ประเทศคู่ค้าตีกลับสินค้าและเกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจ บางกรณีเกษตรกรไม่ได้ใช้สารเคมีในการเพาะปลูกหรือมีการใช้ที่ถูกต้อง แต่อาจมีการปนเปื้อนของสารเคมีในสิ่งแวดล้อมที่ทำการเกษตร จึงทำให้พบสารเคมีตกค้างในผักเกินค่ามาตรฐานได้ (สาคร ศรีมุข, 2556) สอดคล้องกับรายงานการนำเข้าสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของประเทศไทยที่มากขึ้น (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) จากการตรวจพบสารเคมีตกค้างในผักสด ผู้บริโภคจึงควรหลีกเลี่ยงการบริโภคผักสดที่มีสารเคมีตกค้าง หากไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ หรือเพื่อความปลอดภัยในการบริโภค การล้างผักที่มีประสิทธิภาพจะช่วยลดปริมาณสารเคมีที่ตกค้างในผักสดก่อนนำมาบริโภค (กองพัฒนาศักยภาพผู้บริโภค, 2553; วนิดา จันทรม, 2556; ราเมศ กรณีย์ และพิมพ์ใจ ปรางสุวงศ์, 2559)

จังหวัดพระนครศรีอยุธยาเป็นจังหวัดที่มีความอุดมสมบูรณ์ด้านทรัพยากรน้ำ จึงเป็นพื้นที่ที่สามารถทำการเกษตรโดยเฉพาะปลูกข้าว ผักผลไม้ และพืชไร่ได้ดี โดยมีพื้นที่เกษตรกรรมถึงร้อยละ 62 ของพื้นที่ทั้งหมด แต่พบว่าในปี พ.ศ. 2557 แหล่งผลิตพืชอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ข้าวที่ยังไม่ได้รับการรับรองมาตรฐานมีจำนวนมากถึงร้อยละ 99 ของจำนวนเกษตรกรทั้งหมด (สำนักงานเกษตรจังหวัดพระนครศรีอยุธยา, 2558) อีกทั้งจังหวัดพระนครศรีอยุธยายังมีนักท่องเที่ยวจากทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศมากมาย ความปลอดภัยทางอาหารจึงอาจส่งผลกระทบต่อความเชื่อมั่นของผู้บริโภคและภาพลักษณ์ของจังหวัดได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสารเคมีตกค้างในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตด้วยชุดทดสอบ เอ็ม เจ พี เค ในตัวอย่างผักที่ปลูกและจำหน่ายในพื้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และศึกษาประสิทธิภาพการล้างผักต่อสารเคมีตกค้างในผักคื่นช่าย ซึ่งเป็นผักที่มีปริมาณการบริโภคสูงในประเทศไทย

วิธีการศึกษา

การสุ่มและเตรียมตัวอย่างผัก

ทำการสุ่มตัวอย่างผักสดจากแหล่งผลิตและแหล่งจำหน่ายทั้งตลาดขนาดเล็กและตลาดขนาดใหญ่ ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาแบบไม่เจาะจง จำนวน 150 ตัวอย่าง จาก 16 อำเภอในพื้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และนำตัวอย่างผักสดมาหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาดไม่เกิน 0.5 เซนติเมตร ใส่ลงในขวดเก็บตัวอย่างประมาณ 10 กรัม/ขวด ทำตัวอย่างละ 2 ขวด แล้วมาทดสอบสารเคมีตกค้างในผักตัวอย่างโดยใช้ชุดทดสอบ เอ็ม เจ พี เค

การทดสอบสารเคมีตกค้างของผักด้วยชุดทดสอบ เอ็ม เจ พี เค

การทดสอบสารเคมีตกค้างกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในตัวอย่างผักสดโดยใช้ชุดทดสอบ เอ็ม เจ พี เค (MJPK) ซึ่งเป็นชุดทดสอบที่ทำงานด้วยหลักการยับยั้งเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส (colorimetric cholinesterase inhibitor assay) ให้ผลการทดสอบได้ถูกต้องร้อยละ 85 โดยให้ผลบวกลงร้อยละ 15 ผลลบลงร้อยละ 0 มีความจำเพาะร้อยละ 81 ความไวร้อยละ 100 ปริมาณต่ำสุดในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ของชุดทดสอบเท่ากับร้อยละ 15 ซึ่งเป็นปริมาณที่ทำให้ร่างกายเกิดอาการพิษเล็กน้อย จัดว่าไม่ปลอดภัย และระดับต่ำสุดที่ตรวจได้คือ 0.05 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (ผลิตและรายงานโดยห้างหุ้นส่วนจำกัด เอ็มแอนด์พี อิมแพ็กซ์, กรุงเทพฯ)

นำตัวอย่างผักมาทดสอบสารเคมีตกค้างกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต โดยใช้ชุดทดสอบ เอ็ม เจ พี เค ทำการทดสอบตัวอย่างละ 2 ขวด เทียบกับหลอดควบคุมคือ การทดสอบที่ไม่มีตัวอย่างผัก ดังนี้ เติมน้ำยาสกัด 6 มิลลิลิตรลงในตัวอย่างผักที่อยู่ในขวดสกัดตัวอย่าง ผสมให้เข้ากันและเทเฉพาะน้ำยาสกัดลงในหลอดแก้ว นำไปประเหยในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสให้เหลือน้ำยาประมาณ 1 หยด จากนั้นเติมน้ำยาทดสอบ 1 ที่อยู่ในชุดทดสอบ เอ็ม เจ พี เค และน้ำยาทดสอบ 2 ที่อยู่ในชุดทดสอบ เอ็ม เจ พี เค ลงในหลอดตัวอย่างและหลอดควบคุม หลอดละ 3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 5 นาที และเทน้ำยาจากหลอดแก้วลงในหลอดพลาสติก เติมน้ำยาทดสอบ 3 ที่อยู่ในชุดทดสอบ เอ็ม เจ พี เค จำนวน 2 หยดลงในหลอดตัวอย่างและหลอดควบคุม เขย่าให้เข้ากัน และอ่านผลการทดสอบสีสารละลายที่เกิดขึ้นในหลอดตัวอย่างเปรียบเทียบกับหลอดควบคุมทันที โดยทำการแปลผลระดับความปลอดภัย ดังนี้ ถ้าสีที่เกิดขึ้นเป็นสีส้มเข้มถือว่าผักอยู่ในระดับปลอดภัย ถ้าเป็นสีส้มปนชมพู อยู่ในระดับไม่ปลอดภัย (ชุดทดสอบยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ร้อยละ 15) และถ้าเปลี่ยนเป็นสีชมพู ถือว่าอยู่ในระดับไม่ปลอดภัยมาก

การศึกษาประสิทธิภาพการล้างผักต่อสารเคมีตกค้างในผักคะน้า

การเตรียมตัวอย่างผักคะน้าโดยปลูกผักคะน้าที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์พระนครศรีอยุธยา หันตรา ขณะเพาะปลูกได้ทำการพ่นสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต เมื่ออายุผักคะน้าครบกำหนด 45 วัน จึงทำการเก็บตัวอย่างผักคะน้า และนำมาทำการศึกษาประสิทธิภาพการล้างผักต่อสารเคมีตกค้างในผักคะน้าโดยใช้ชุดทดสอบ เอ็ม เจ พี เค ทำการทดลองวิธีละ 2 ซ้ำ เทียบกับตัวอย่างผักคะน้าสด โดยนำผักคะน้ามาทำการล้าง 9 วิธีตามสภาวะที่กำหนด ใน Table 1 (ดัดแปลงจากกองพัฒนาศักยภาพผู้บริโภค, 2553; นันทิรา หงษ์ศรีสุวรรณ, 2557; ราเมศ กรณีย์ และพิมพ์ใจ ปรางสุรางค์, 2559) และทำการเตรียมตัวอย่างสำหรับการทดสอบสารเคมีตกค้างต่อไป

Table 1 The conditions of kale washing methods.

Washing method	Concentration (%)	Washing time (min)
Sodium bicarbonate (NaHCO_3 , baking soda)	0.08	15
Vinegar ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$)	0.5	15
Sodium chloride (NaCl)	0.4	10
Hydrogen peroxide (H_2O_2)	0.1	10
Potassium permanganate (KMnO_4)	0.6	10
Water leftover from washing uncooked rice (pH 5.4)	-	10
Water flows through leaf vegetables	-	2
Peeling the outer layer and soaking in water	-	15
Blanching in boiled water	-	0.5

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการทดสอบสารเคมีตกค้างของผักสดในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ตัวอย่างผักที่ปลูกและจำหน่ายในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 21 ชนิด ทั้งหมด 150 ตัวอย่าง โดยเป็นตัวอย่างผักที่ปลูกในพื้นที่ จำนวน 65 ตัวอย่าง จากแหล่งที่เก็บตัวอย่างจากตลาดชุมชนหรือตลาดขนาดเล็ก จำนวน 37 ตัวอย่าง และจากแหล่งที่เก็บตัวอย่างจากตลาดอำเภอหรือตลาดขนาดใหญ่ จำนวน 48 ตัวอย่าง ผลการทดสอบสารเคมีตกค้างที่ใช้ในการฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในผักตัวอย่างแสดงดัง Table 2 พบว่า จากตัวอย่างผักสดทั้งหมด 150 ตัวอย่าง พบตัวอย่างที่มีการตกค้างของสารฆ่าแมลงในระดับไม่ปลอดภัยจำนวน 69 ตัวอย่าง (ร้อยละ 46 ของจำนวนผักที่นำมาทดสอบ) ระดับปลอดภัยจำนวน 81 ตัวอย่าง (ร้อยละ 54 ของจำนวนผักที่นำมาทดสอบ) โดยผักส่วนใหญ่ที่มาจากแปลงปลูกมีการตกค้างของสารฆ่าแมลงในระดับปลอดภัย (ร้อยละ 69) ในขณะที่ผักที่จำหน่ายในตลาดขนาดเล็กและขนาดใหญ่ พบการตกค้างของสารฆ่าแมลงในระดับปลอดภัยเพียงร้อยละ 29 และ 53 ตามลำดับ

Table 2 Pesticides residues in organophosphate and carbamate detected by test-kit MJPK in fresh vegetables grown and sold in Phra Nakhon Si Ayutthaya province.

Sources of vegetable	Residues detection				Total (number of samples)
	Safe level		Unsafe level		
	Number of samples	%	Number of samples	%	
Field	45	69	20	31	65
Small market	11	29	27	71	38
Big market	25	53	22	47	47
Total	81	54	69	46	150

จากผักสด 21 ชนิดที่นำมาทำการทดสอบสารเคมีตกค้างที่ใช้ในการฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต ได้ผลแสดงดัง Table 3 พบว่า ชะอม ผักสลัด มะระ และเห็ด มีผลการตรวจพบสารฆ่าแมลงตกค้างในระดับปลอดภัยมากที่สุด คือ ร้อยละ 100 ของจำนวนผักตัวอย่างที่ทดสอบในแต่ละชนิด ส่วนผักที่ตรวจพบสารเคมีฆ่าแมลงตกค้างกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และคาร์บาเมตในระดับปลอดภัยน้อยที่สุดคือ ตะไคร้ และผักหวาน (ร้อยละ 20) รองลงมาคือ ผักชี (ร้อยละ 29) และคะน้า ใบมะกรูด และถั่วพู (ร้อยละ 33) ตามลำดับ จากการทดสอบสารเคมีตกค้างในตะไคร้จำนวน 15 ตัวอย่าง มาจากแปลงปลูก 4 ตัวอย่าง มีการตกค้างของสารฆ่าแมลงในระดับปลอดภัยจำนวน 2 ตัวอย่าง มาจากตลาดขนาดเล็กจำนวน 4 ตัวอย่าง พบตัวอย่างที่มีการตกค้างของสารฆ่าแมลงในระดับปลอดภัยจำนวน 1 ตัวอย่าง ในขณะที่ตะไคร้ที่มาจากตลาดขนาดใหญ่ พบว่า มีการตกค้างของสารฆ่าแมลงในระดับไม่ปลอดภัยทั้งหมด (7 ตัวอย่าง) ทั้งนี้เนื่องจากอาจมีการปนเปื้อนในระหว่างการเพาะปลูกจากน้ำที่ใช้ เพราะเป็นแหล่งน้ำสาธารณะที่ใกล้กับพื้นที่ปลูกข้าวและพื้นที่การเกษตรอื่นที่มีการใช้สารเคมี จึงอาจมีการปนเปื้อนได้ และเกษตรกรบางรายใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชเพื่อกำจัดหญ้าและเตรียมดินก่อนปลูกตะไคร้ ส่วนผักชีที่นำมาทดสอบจำนวน 7 ตัวอย่าง มีการตกค้างของสารฆ่าแมลงในระดับปลอดภัยเพียง 2 ตัวอย่าง ซึ่งเป็นตัวอย่างที่ได้จากตลาดขนาดใหญ่ เช่นเดียวกับผักหวานจาก 5 ตัวอย่าง มีเพียง 1 ตัวอย่างที่ปลอดภัย ซึ่งมาจากตลาดขนาดใหญ่เช่นเดียวกัน อาจเป็นเพราะตลาดขนาดใหญ่บางตลาดมีมาตรการควบคุมการตกค้างของสารเคมีในผักที่จำหน่ายในเบื้องต้น

Table 3 Pesticides residues in organophosphate and carbamate detected by test-kit MJPk in fresh vegetables in Phra Nakhon Si Ayutthaya province, as categorized by vegetable types.

Vegetable types	Number of samples	Residues detection			
		Safe level		Unsafe level	
		Number of samples	%	Number of samples	%
Basil	7	5	71	2	29
Bitter cucumber	5	5	100	0	0
Ma-Ra-Kee-Nok	5	2	40	3	60
Cantonese	10	4	40	6	60
Chili	9	6	67	3	33
Climbing wattle	6	6	100	0	0
Coriander	7	2	29	5	71
Cucumber	8	4	50	4	50
Eggplant	5	3	60	2	40
Kaffir lime leaves	6	2	33	4	67
Kale	9	3	33	6	67
Lemon grass	15	3	20	12	80
Luffa	8	4	50	4	50
Morning glory	6	3	50	3	50
Mushroom	7	7	100	0	0
Phak-Wan	5	1	20	4	80
Salad	5	5	100	0	0
Sweet basil	7	4	57	3	43
Thai eggplant	6	4	67	2	33
Winged bean	6	2	33	4	67
Yard long bean	8	6	75	2	25
Total	150	81	54	69	46

การตรวจพบสารเคมีตกค้างในผักขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น วิธีการทำการเกษตร ลักษณะพื้นที่เพาะปลูกและแหล่งน้ำ การวิเคราะห์คุณภาพดินและน้ำก่อนนำมาใช้ รวมทั้งความรู้และทัศนคติของเกษตรกรในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช มีรายงานว่า วิธีการทำการเกษตรมีผลต่อสารเคมีตกค้างในผัก โดยพบว่าผักที่ปลูกแบบอินทรีย์นั้นไม่พบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้าง ส่วนผักที่ปลูกแบบทั่วไป และ ผักคะน้าและผักกาดหอมที่ปลูกแบบปลอดสารพิษ พบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้าง (ภาณุพันธุ์ อินแก้ว และสยาม อรุณศรีมรกต, 2558) และมีรายงานการทำการเกษตรแบบผสมผสานในพื้นที่ตำบลต้นผึ้ง อำเภอพังโคน จังหวัดสกลนครนั้น ทำให้ไม่พบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในขมิ้นชัน ไพล ขมิ้น อ้อย ชিং กระเจี๊ยบ และตะไคร้ (ไกรศรี ศรีทัพไทย, 2561) นอกจากนี้ยังมีรายงานการตรวจพบสารฆ่าแมลงตกค้างกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในผักสวนครัวและผักพื้นบ้านในประเทศไทย เช่น ต้นหอม ผักคะน้า ผักชี กะหล่ำดอก กวางตุ้ง หอระพา แดงกวา มะเขือเปราะ ถั่วฝักยาว คะน้า พริก ขึ้นฉ่าย ผักแขยง และย่านาง (จิราพร ใจเกลี้ยง และคณะ, 2555; สุภาพร ใจการุณ และคณะ, 2556; จารุงศ์ ประสพสุข และคณะ, 2557; พัชรี ภคกษมา และคณะ, 2559)

ประสิทธิภาพการล้างผักต่อสารเคมีตกค้างของผักคะน้า

ประสิทธิภาพการล้างผักต่อสารเคมีตกค้างของผักคะน้าทั้งหมด 9 วิธีตาม Table 1 เทียบกับตัวอย่างผักคะน้าสด ได้ผลการทดสอบตาม Table 4 และเมื่อเปรียบเทียบผลของประสิทธิภาพการล้างผักต่อสารเคมีตกค้างของผักคะน้าพบว่าการล้างผักคะน้าด้วยน้ำส้มสายชูที่มีกรดแอซิติกความเข้มข้นร้อยละ 0.5 การล้างด้วยเกลือความเข้มข้นร้อยละ 0.4 การล้างด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 การล้างด้วยน้ำชาข้าว การล้างผักโดยให้น้ำไหล การลอกหรือปอกเปลือก ขึ้นนอกของผักทั้ง และการลวกนั้นยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอในการกำจัดสารเคมีตกค้างในคะน้าให้อยู่ในระดับปลอดภัยได้ ส่วนการล้างคะน้าด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนตความเข้มข้นร้อยละ 0.08 และโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตหรือด่างทับทิมความเข้มข้นร้อยละ 0.6 นั้นเป็นวิธีการล้างผักที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดหรือลดปริมาณสารเคมีตกค้างในตัวอย่างผักคะน้าให้อยู่ในระดับปลอดภัยได้ เมื่อเทียบกับผักคะน้าสดเริ่มต้นที่ตรวจพบสารเคมีตกค้างในระดับไม่ปลอดภัย ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ นันทิรา หงษ์ศรีสุวรรณ (2557) และ มาหามะรุณี ยามี่ (2558) นอกจากนี้ยังพบว่า วิธีการล้างด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนต มีประสิทธิภาพในการขจัดสารเคมีกำจัดแมลงตกค้างในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตมากที่สุดสำหรับผักคะน้า ผักกวางตุ้ง และ ผักกาดขาวปลี รองลงมาคือ วิธีการล้างด้วยน้ำ (ราเมศ กรณีย์ และพิมพ์ใจ ปรางสุรางค์, 2559) ส่วนการล้างผักกะหล่ำปลี และ ผักกาดขาวด้วยน้ำด่างทับทิม สามารถชะล้างสารพิษตกค้างได้ดีที่สุด รองลงมาคือ การล้างด้วยน้ำปูนใส และการล้างด้วยน้ำปราชจากโอโซน ตามลำดับ (วนิดา จันทรสม, 2556) อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของวิธีการล้างขึ้นอยู่กับชนิดของผัก ปริมาณสารเคมีตกค้างเริ่มต้นในผักสด และสภาวะการเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษา อาจส่งผลต่อการกำจัดหรือลดปริมาณสารเคมีตกค้างในผักได้

Table 4 The effectiveness of washing methods on pesticide residues of kale detected by test-kit MJPK.

Washing method	Residues detection*
Fresh kale	-
Sodium bicarbonate (NaHCO ₃ , baking soda)	+
Vinegar (C ₂ H ₄ O ₂)	-
Sodium chloride (NaCl)	-
Hydrogen peroxide (H ₂ O ₂)	-
Potassium permanganate (KMnO ₄)	+
Water leftover from washing uncooked rice (pH 5.4)	-
Water flows through leaf vegetables	-
Peeling the outer layer and soaking in water	-
Blanching in boiled water	-

* + means residues detection in kale as safe level, and - means residues detection in kale as unsafe level by test-kit MJPK.

สรุปผลการศึกษา

จากการทดสอบสารเคมีตกค้างในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในผักที่ปลูกและจำหน่ายในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา พบว่า ร้อยละ 54 ของผักที่ทำการทดสอบทั้งหมด มีสารเคมีตกค้างในระดับที่ปลอดภัย โดยผักสดจากแปลงปลูกส่วนใหญ่มีการตกค้างของสารฆ่าแมลงในระดับปลอดภัย (ร้อยละ 69) ในขณะที่ผักที่จำหน่ายในตลาดขนาดเล็กและขนาดใหญ่ในพื้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยาพบการตกค้างของสารฆ่าแมลงในระดับปลอดภัยร้อยละ 42 ส่วนชะอม ผักสลัด มะระ และเห็ดมีการตกค้างของสารฆ่าแมลงในระดับปลอดภัย (ร้อยละ 100 ของจำนวนผักแต่ละชนิดที่นำมาทดสอบ) แต่ผักที่ตรวจพบสารเคมีฆ่าแมลงตกค้างกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในระดับไม่ปลอดภัยมากกว่าร้อยละ 67 ได้แก่ ตะไคร้ ผักหวาน ผักชี กระเทียม ใบมะกรูด และถั่วพู ดังนั้นผู้บริโภคควรล้างหรือเตรียมผักให้ถูกวิธีก่อนรับประทาน ซึ่งจะช่วยลดปริมาณสารเคมีที่ตกค้างหรือปนเปื้อนในผักได้ จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า วิธีที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดสารเคมีตกค้างกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในผักกระเทียมให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อการบริโภค คือ ใช้น้ำโซเดียมไฮคาร์บอเนตความเข้มข้นร้อยละ 0.08 และโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตหรือด่างทับทิมความเข้มข้นร้อยละ 0.6

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิที่สนับสนุนงบประมาณภายใต้สัญญาเลขที่ RDG60A0002/17

เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มภารกิจด้านข้อมูลข่าวสารสุขภาพ. 2560. สถิติสาธารณสุข ฉบับเต็ม ปี พ.ศ. 2550-2556. <http://bps.ops.moph.go.th/Healthinformation/index.htm>.
- กองพัฒนาศักยภาพผู้บริโภค. 2553. *หลากหลายวิธีลดสารพิษตกค้างในผักและผลไม้*. นนทบุรี: กองพัฒนาศักยภาพผู้บริโภค
- สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข.
- ไกรศรี ศรีพิทย. 2561. การตรวจสอบสารพิษตกค้างพืชสมุนไพร กรณีศึกษากลุ่มเกษตรกร ตำบลต้นผึ้ง อำเภอพังโคน จังหวัดสกลนคร. *วารสารแก่นเกษตร* 46 (1): 841-846.
- คณะกรรมการอาหารแห่งชาติ. 2556. *กรอบยุทธศาสตร์การจัดการด้านอาหารของประเทศไทย*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการส่งเสริมสุขภาพ (สสส.).
- จารุพงศ์ ประสพสุข, ปริญญา สายสุพรรณ และวัชรพร ศรีสว่างวงศ์. 2557. การวิเคราะห์สารพิษตกค้างในผักและผลไม้เพื่อการรับรองระบบการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชในภาคตะวันออกเชิงเหินตอนบน. *วารสารแก่นเกษตร* 42 (2): 430-439.
- จิราพร ใจเกลี้ยง, ศิริพร จันทรมณี และอรพรรณ หนูแก้ว. 2555. การตรวจหาสารฆ่าแมลงตกค้างในผักจากตลาดในอำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี. ใน *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50: สาขาวิทยาศาสตร์ สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม*. น. 263-271. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ดนัย ศิริพรหม. 2547. ความตระหนักต่อปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการใช้เทคโนโลยีทางการเกษตรของเกษตรกรผู้ปลูกกะหล่ำปลี อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- นันทิรา หงษ์ศรีสุวรรณ. 2557. ความปลอดภัยจากสารเคมีตกค้างในผักปลอดภัย. *วารสาร มจร.วิชาการ* 18 (35): 107-117.
- พรหมเกษม แผ่นพร. 2540. สารกำจัดแมลง. *วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์การแพทย์* 11 (2): 157-166.
- พัชรี ภคชมา, สุวรรณี สายสิน และศรมน สุทิน. 2559. การตรวจสอบสารเคมีฆ่าแมลงตกค้างของสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในผักในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ. *วารสารวิชาการสมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)* 5 (1): 22-30.
- ภาณุพันธุ์ อินแก้ว และสยาม อรุณศรีมรกต. 2558. การศึกษาเปรียบเทียบสารกำจัดแมลงตกค้างในผักใบเขียวของการปลูกพืชแบบทั่วไปแบบปลอดภัย และแบบอินทรีย์ในจังหวัดนครปฐม. *วารสารร่วมฤกษ์ มหาวิทยาลัยเกริก* 33 (3): 54-73.
- มาหามะฐิ ยามี. 2558. สารฆ่าแมลง ภัยใกล้ตัว. *วารสารพยาบาลสาธารณสุข* 29 (2): 110-116.
- รามศ กรณีย์ และพิมพ์ใจ ปรางสุรางค์. 2559. การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการล้าง เพื่อกำจัดสารเคมีกำจัดแมลงตกค้างในผักสด. *วารสารอาหารและยา* 23 (1): 34-42.
- วนิดา จันทรม. 2556. การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการล้างผักกะหล่ำปลี และผักกาดขาวเพื่อลดปริมาณสารพิษตกค้างกลุ่มไพรีทรอยด์. *ธรรมชาติศาสตร์เวชสาร* 13 (1): 71-78.
- วนิดา แจ่มจันทร์. 2546. ความตระหนักและพฤติกรรมในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในการปลูกผักของเกษตรกรในอำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา. วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สาคร ศรีมุข. 2556. *ผลกระทบจากการใช้สารเคมีทางการเกษตรของประเทศไทย*. กรุงเทพฯ: สำนักวิชาการสำนักงานเลขาธิการวุฒิสภา.
- สำนักงานเกษตรจังหวัดพระนครศรีอยุธยา. 2558. ด้านเกษตรกรรมข้อมูลด้านพืช. <http://www.ayutthaya.go.th/Ayu/Agriculture.html>.
- สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2556. โครงการเฝ้าระวังความปลอดภัยของผักสดปลอดภัย. http://www.Thailabonline.com/food_safety.htm.

สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข. 2560. สถานการณ์ปัญหาด้านความปลอดภัยอาหาร ปีงบประมาณ 2555-2556.

https://www.m-society.go.th/article_attach/12609/16900.doc.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560. ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าสารกำจัดศัตรูพืชปี 2551-2555.

http://www.oae.go.th/ewt_news.php?nid=146.

สิริกัลยา คำนาน. 2552. ความตระหนักของเกษตรกรเกี่ยวกับปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการปลูกข้าวโพดในตำบลป่าแลวหลวง อำเภอสันติสุข จังหวัดน่าน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สุภาพร ใจการุณ, สัจवाल สมบูรณ์ และสามารณ วันชนะนะ. 2556. การตกค้างของสารเคมีฆ่าแมลงในผักพื้นบ้านอีสานและอาหารท้องถิ่น.

วารสารวิจัยสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 6 (3): 122-129.

วันรับบทความ (Received date) : 28 เม.ย. 62

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

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 1 ต.ค. 62

KING MONGKUT'S AGRICULTURAL JOURNAL

Research Articles:

Page

❑	Effects of Glutinous Rice Flour Substitution with Durian Rind Powder on the Quality of Craft Dough	Apirat Sorose, Nion Daochareonporn and Rungrutai Rampungjit	1
❑	Survival Rates and Heat Shock 70 Gene Expression in the Fibroblast Cell Lines of 3 Types of Beef Cattle Bred under Hydrothermal Conditions	Thammanoon Thanee and Payungsuk Intawicha	8
❑	Aroma Compounds in Citrus aurantium var. aurantium Peel from Different Extraction Methods	Wanwarang Watcharananant, Tongchai Puttongsiri and Kittiphong Huangrak	16
❑	Identification and Expression Pattern of <i>EgBADH2</i> , <i>Betaine aldehyde dehydrogenase</i> in Tenera Oil Palm	Jirasak Wichasawasdi, Anuruck Arunyanark and Sontichai Chanprame	24
❑	Factors Related to Being a Smart Enterprise in the New Generation of Agricultural Community-based Enterprises	Patcharavadee Sriboonruang, Sutithep Siripipattanakul and Pattaraporn Chuymuang	34
❑	Evaluation of Cane Yield and Agronomic Traits of Ratoon Crops Grown in a Drought Period of 16 Rainfed Advanced Sugarcane Clones	Sawettachai Set-tow, Patcharin Songsri, Nuntawoot Jongrunklang and Prasit Jaisil	42
❑	Fermented Fish around the Ubol Ratana Dam: Development Approach for Enhancing Fermented Fish Production to Standard of Ban Non Por Daeng Fish Processing Community Enterprise, Non Sang District, Nong Bua Lamphu Province	Sarika Chanchomphu, Kanlaya Mikhama and Yos Borisutdhi	52
❑	Awareness of and Adaptation to Climate Change among Table Grape Farmers	Thanyaluck Srichok, Chalermpon Jatuporn, Patana Sukprasert and Suwisa Pattanakiat	60
❑	Response of Maize Planted after Rice Harvesting to Site-Specific Nutrient Management with Organic Fertilizer at Kamphaeng Saen	Tawatchai Inboonchuay, Pitchaya Kane, Jirawat Phumpetch and Sirisuda Bootpetch	72
❑	The Operational Sustainability of Pon Yang Kham Livestock Cooperatives	Pannarai Lata, Chanpen Thongchai, Papapit Srisawangwong and Ravi Klangpraphan	82
❑	Leonardite-based Organic Fertilizer Production Complying with the Organic Fertilizer Standard of the Department of Agriculture	Saengdao Landrot (Khaokaew), Chariya Armartmontree, Chaipat Khongkaew and Kanapol Jutamanee	93
❑	Coastal Water Quality Assessment Using Dominant Genera of Phytoplankton	Chalee Paibulkichakul, Chutirat Tomuenwai, Tatsawan Tangjan and Benjamas Paibulkichakul	104
❑	The Potential of Agricultural Promotion Officers to Promote and Develop Agriculture in the Eastern Region	Napawan Tosati, Jinda Khlibtong, Chalernsak Tumhirun and Suraphol Sreshthaputra	112
❑	Irrigation Water Usage for Aquaculture in Phan Thong District, Chon Buri Province	Wanchana Prapawicha and Methee Kaewnern	121
❑	Detection of Organophosphate and Carbamate Pesticide Residues in Fresh Vegetables in Phra Nakhon Si Ayutthaya Province and Effectiveness of Washing Methods on Pesticide Residues in Kale	Wijitra Liaotrakoon, Vachiraya Liaotrakoon, Priyanoot Peanleangchep and Raweewon Duamkhanmanee	131