



วารสาร

เกษตรพระจอมเกล้า

KING MONGKUT'S AGRICULTURAL JOURNAL

ปีที่ 39 ฉบับที่ 1

VOLUME 39 NUMBER 1

มกราคม – มีนาคม 2564

SSN 2651-2203 (Online)

January – March 2021

บทความวิจัย	สารบัญ	หน้า
□ สมบัติของดินนาภายใต้สภาวะอัลกัลลุ่มหรือน้ำชลประทานที่ไม่เหมาะสม	แสงดาว แลนรอด (เขาแก้ว) จริญญา อามาศย์มนตรี อภิษฎา ธรรมรุ่งโรจน์ และชัยภัทร คงแก้ว	1
□ ผลของโซเดียมเบนทอโนตต่อสมบัติทางเคมีของดินเปรี้ยวจัดพื้นที่ปอเลี้ยงปลา	ปวรรณรัตน์ วงษ์ที เสาวนุช อารพฤกษ์ ณัฐพล จิตมาตย์ ดาวจรัส เกตุโรจน์ สุรเชษฐ์ อร่ามรักษ์ ชุมพล ศรีทอง และสุรตัญญ์ อักษรถึง	11
□ คุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของไบโอแคลเซียมจากกากปลาพูนำโดยวิธีการสกัด	ภาวิตา จินตนาณภูมิตร ทวีศักดิ์ เตชะเกรียงไกร และพรทิพย์ พสุกมลเศรษฐ์	22
□ การขยายพันธุ์เอื้องแซะในหลอดทดลอง	กุลลาบทอง บัวสะหว่น วุฒิพงษ์ ทองใบ และรักษนก โคโต	30
□ ความสามารถในการรวมตัวของลักษณะผลผลิตและความต้านทานต่อเชื้อ <i>Pepper yellow leaf curl Thailand virus</i> ในพริก (<i>Capsicum annuum</i> L.)	ธวัชชัย มศิริยานันท์ หทัยรัตน์ กิ่งกำปัง สมศักดิ์ ครามโชติ สุชีลา เตชะวงศ์เสถียร นครินทร์ จี้อาติชัย Wen-Shi Tsai Sanjeet Kumar และพัชราภรณ์ สุวอ	39
□ ผลของระดับโปรตีนในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตคุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อของสุกรพื้นเมืองไทย	เนตรอนงค์ ผลเกตุ จันทรพร เจ้าทรัพย์ พรรณีภา ศิวะพิรุฬห์เทพ กมล จวีวรรณ วิไลวรรณ แทนธานี และระนชัย สิทธิไกรพงษ์	49
□ อิทธิพลของฤดูปลูกต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของแก่นตะวันพันธุอายุสั้น	รัตติกาล เสนน้อย สุติพร ต่ายสันเทียะ และวรากร อ่อนนนท์	57
□ แนวโน้มภาวะการทำประมงเกินศักยภาพการผลิตของประชากรปูม้า ในแหล่งประมงปูม้าพื้นบ้าน จังหวัดชลบุรี	จิราภรณ์ ไตรศักดิ์	65
□ การรับรู้ ความเข้าใจ และความเชื่อมั่นของผู้บริโภคผักสดต่อตราระบบการรับรองเกษตรอินทรีย์แบบมีส่วนร่วม	ชัชวาลย์ เผ่าเพ็ง เพียว ฝนสุข และสุลัดดา พงษ์อุทธา	74
□ ความพร้อมและความพึงพอใจการใช้งานต้นแบบแอปพลิเคชันการเกษตรบนโทรศัพท์มือถือ	สุภาวดี ชัยวิวัฒน์ตระกูล	82

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

- ผศ. ดร.ช่อแก้ว อนิลบล

ผู้ดูแลระบบ

- นายอภิสิทธิ์ แสนหล้า
- นายปิยวัฒน์ ศรีสวัสดิ์

กองบรรณาธิการ

- ศ. ดร.บัญชา สมบูรณ์สุข
- ศ. ดร.สุฤติ ประเทืองวงศ์
- ศ. ดร.อังศุมาลย์ จันทราบัตย์
- ศ. ดร.ฉลอง วชิรภากร
- รศ. ดร.กานต์ สุขสุแพทย์
- รศ. ดร.กำจร หลุยยะพงศ์
- รศ. ดร.จินดา ชลิตทอง
- รศ. ดร.จุฑารัตน์ เศรษฐกุล
- รศ. ดร.ชุกี หะยีสาม
- รศ. ดร.เนาวนิตย์ สงคราม
- รศ. ดร.ปรเมศ บันเทิง
- รศ. ดร.วรเดช จันทรส
- รศ. ดร.วรวิทย์ เทพานุติ
- รศ. ดร.ศิริชัย กัลยาณรัตน์
- รศ. ดร.สนธิชัย จันทรเปรม
- ผศ. ดร.จักรมาศ เลหาพนิช
- ผศ. ดร.พิสสรณ เจียมสมบัติ
- ผศ. ดร.เยาวรัตน์ ศรีวรรณันท์
- ผศ. ดร.วัชร จินตโกวิท
- ผศ. ดร.วีระณีย์ ทองศรี
- ผศ. ดร.เสาวคนธ์ เหมวงษ์
- คุณอัญชลี สุวจิตตานนท์
- รศ. ดร.พรหมมาศ คุณาภาณูจน์
- รศ. ดร.กัญจนา แซ่เตียว
- ผศ. ดร.นิตยา ผกามาศ
- ผศ. ดร.อัครวิ เรื่องเดช
- ผศ. ดร.จำลอง มิตรชาวไทย
- ผศ. ดร.กัลยาณี เต็งพงศธร
- ผศ. ดร.ดวงกมล ปานรศทิพ ธรรมาธิวัฒน์
- ผศ. ดร.สุณีพร สุวรรณณีนพงษ์
- ผศ. ดร.สมศักดิ์ ธรรมโชติ
- ผศ. ดร.มัลลิกา กิลลาโส
- ดร.ธนัท สมณคุปต์

เลขานุการและงานทะเบียน

นางสาวอาชูรา อูมา

ติดต่อสอบถามรายละเอียดได้ที่

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

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

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

ข้อความและบทความในวารสารนี้เป็นความคิดเห็นของผู้เขียนโดยเฉพาะ
กองบรรณาธิการไม่มีส่วนรับผิดชอบในเนื้อหาและข้อคิดเห็นนั้น ๆ แต่อย่างใด

บทบรรณาธิการ

สวัสดีค่ะ กลับมาพบกันครั้งนี้กับวารสารเกษตรพระจอมเกล้า ปีที่ 39 ฉบับที่ 1 กันนะคะ ในฉบับนี้ก็เช่นเคยค่ะ มีบทความที่น่าสนใจหลากหลายบทความ เริ่มกันที่งานทางด้านปฐพีวิทยา ซึ่งมีการศึกษาเกี่ยวกับสมบัติของดินนา ภายใต้สภาวะอัลกัลลูม หรือจะเป็นผลของโซเดียมบนท่อนโตต่อสมบัติทางเคมีของดินเปรี้ยวจัดพื้นที่บ่อเลี้ยงปลา รวมทั้งมีงานวิจัยทางการปรับปรุงพันธุ์พืช เช่น การปรับปรุงพันธุ์พริกให้ต้านทานโรค การคัดเลือกสายพันธุ์แก่นตะวันที่เหมาะสมต่อพื้นที่เพาะปลูก นอกจากนี้ยังมีบทความที่เข้ากับการเกษตรยุคใหม่ในปัจจุบัน ซึ่งเป็นเรื่องที่ศึกษาเกี่ยวกับความพึงพอใจของการใช้งานต้นแบบแอปพลิเคชันการเกษตรบนโทรศัพท์มือถือ รวมทั้งบทความต่าง ๆ ที่น่าสนใจอีกมากมาย กองบรรณาธิการหวังว่าวารสารฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อท่านผู้อ่าน และขอขอบคุณนักวิจัยที่ทุกท่านที่ให้ความสนใจและสนับสนุนวารสารมาอย่างต่อเนื่อง แล้วพบกันใหม่ฉบับหน้าค่ะ

กองบรรณาธิการ

สมบัติของดินนาภายใต้สภาวะอัลกัลบลูมหรือน้ำชลประทานที่ไม่เหมาะสม

Properties of Paddy Soils Affected by Algal Bloom or Unsuitable Irrigation Water

แสงดาว แลนรอต (เขาแก้ว)^{1,2*} จริยา อามตย์มนตรี² อภิชา ธรรมรุ่งโรจน์² และชัยภัทร คงแก้ว²
Saengdao Landrot (Khaokaew)^{1,2*}, Chariya Armartmontree², Apichaya Thammarongroj² and Chaipat Khongkaew²

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ทำการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินนาสองแปลงในเขตภาคกลาง เพื่อความเข้าใจที่ดีขึ้นถึงสาเหตุของการเจริญเติบโตที่ผิดปกติของข้าวที่ปลูกในบริเวณดังกล่าว เพื่อหาแนวทางป้องกันและแก้ไขปัญหาสำหรับการปลูกข้าวในรอบต่อไป โดยแปลงนาแปลงที่หนึ่งตั้งอยู่ที่อำเภอหันคา จังหวัดชัยนาท พบปัญหาสภาวะอัลกัลบลูมส่งผลให้การเจริญเติบโตและแตกกอของข้าวลดลงมาก แปลงนาแปลงที่สองตั้งอยู่ที่อำเภอเสนาห์ จังหวัดสระบุรี พบปัญหาการงอกและการเจริญเติบโตของข้าวต่ำมากในฤดูแล้งของทุกปีโดยเฉพาะในบริเวณที่พบอนุภาคสีขาวบนผิวดินจำนวนมาก แปลงนาแปลงที่หนึ่งทำการทดลองโดยเก็บตัวอย่างดินมาวิเคราะห์ค่า pH, ค่าการนำไฟฟ้า (EC), ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM), ไนโตรเจนทั้งหมด (total-N), ความเข้มข้นทั้งหมด (total concentration) และปริมาณที่สกัดได้ (extractable concentration) ด้วยสารสกัด Mehlich-III ของธาตุฟอสฟอรัส (P), โพแทสเซียม (K), แคลเซียม (Ca), แมกนีเซียม (Mg), ทองแดง (Cu), สังกะสี (Zn), แมงกานีส (Mn) และเหล็ก (Fe) ส่วนแปลงนาแปลงที่สองเก็บตัวอย่างดิน น้ำจากแปลงนาแปลงที่สอง และน้ำจากคลองชลประทานที่เกษตรกรในแปลงที่สองใช้ในฤดูแล้ง ทำการวิเคราะห์ค่า pH, EC, ปริมาณธาตุโซเดียม (Na), K, Ca, Mg และ Fe ทั้งหมดในดินและส่วนที่ละลายน้ำได้ ผลการศึกษาแปลงที่หนึ่งพบว่าดินมีสมบัติที่เหมาะสมต่อการเกิดอัลกัลบลูม คือ pH สูง (>7) EC ต่ำกว่า 1.2 dS/m ปริมาณ OM สูง (>5%) ไนโตรเจน (รูปแอมโมเนียม) ฟอสฟอรัส เหล็กทั้งหมด และรูปที่สกัดได้ด้วยสารสกัด Mehlich-III สูง ดินแปลงที่สองมีค่า pH ช่วง 4.11-6.35 ค่า EC และค่า sodium adsorption ratio (SAR) ต่ำกว่า 2 dS/m และ 13 ตามลำดับ ดังนั้นจึงไม่จัดว่าเป็นดินที่ได้รับผลกระทบจากเกลือ ส่วนน้ำพบปริมาณ Na (990 mg/L) และ Ca (1,129 mg/L) สูง ในน้ำที่เก็บจากคลองชลประทาน ค่าการนำไฟฟ้าและค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดสูงถึง 7.35 dS/m และ 3,558 mg/L ตามลำดับ ดังนั้นน้ำจากคลองชลประทานจัดเป็นน้ำที่ไม่เหมาะสมต่อการเกษตร และน่าจะเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้การเจริญเติบโตและการงอกของข้าวแปลงนาที่ 2 ผิดปกติ

คำสำคัญ: ดินนา สาหร่ายในนาข้าว ยูโทรฟิเคชัน น้ำเค็ม ดินเค็ม

Abstract

In this study, the chemical properties of two paddy soils located in a Central Region were determined. The goal was to better understand why abnormal rice growth occurred in this Thai region and to find possible practical solutions to tackle this problem for next rice production crop cycles. A blooming of algae prohibited rice growth and tilling in the first field, which was located in Hun Kha district, Chai Nat province. In the second field, located in Sao Hai district, Saraburi province, poor germination and growth of rice occurred during the drought season every year, especially in areas where numerous white particles can be found on the soil surface. Soil samples from the first field were collected to measure soil pH, EC, OM, total-N, total and Mehlich III-extractable concentrations of P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Mn, and Fe. Soil samples from the second field as well as a water sample from it, or its irrigation canal, were collected to determine pH, EC, total and water soluble concentrations of Na, K, Ca, Mg, and Fe. Results showed that the chemical properties of soils were favorable for algae growth in the first field, i.e. high pH (above 7), EC lower than 1.2 dS/m, high amount of OM (>5%), N (ammonium form), Mehlich-III extractable P and Fe contents. In the second field, soil pH ranged from 4.11 to 6.35, while ECs and SAR were lower than 2 and 13 dS/m, respectively. Therefore, it could not be considered as a salt-affected soil. High amounts of

¹ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

² Department of Plant Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Ladkrabang, Bangkok 10520

² ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

² Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

*Corresponding author, Email: agrsdk2@yahoo.com

Na (990 mg/L) and Ca (1,129 mg/L) were found in the water collected from the irrigation canal. The EC and total dissolved solids in this water was up to 7.35 dS/m and 3,558 mg/L, respectively. Thus, the water from this canal was considered as unsuitable to irrigate agriculture fields and could be a main cause of abnormal rice growth in the second field.

Keywords: paddy soil, algae in paddy soil, eutrophication, salt water, saline soil

คำนำ

แม้การปลูกข้าวเป็นวัฒนธรรมคู่กับคนไทยยาวนานมาตั้งแต่อดีต แต่จนถึงปัจจุบันเกษตรกรยังคงประสบปัญหาต่าง ๆ เกี่ยวกับการเจริญเติบโตของข้าวที่เกษตรกรไม่ทราบสาเหตุอยู่เสมอ สมบัติทางเคมีของดินเป็นสมบัติของดินที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช การที่ดินมีสมบัติทางเคมีของดินไม่เหมาะสม หรือไม่สมดุล เช่น เป็นกรดจัด ด่างจัด หรือเค็มจัด หรือมีธาตุอาหารไม่สมดุลอาจส่งผลกระทบต่อเจริญเติบโตของพืชได้ ทั้งผลกระทบทางตรงหรือทางอ้อม ดังตัวอย่างของเกษตรกรสองท่านในเขตภาคกลาง โดยเกษตรกรท่านแรกอยู่จังหวัดชัยนาท พบปัญหาการเจริญเติบโตของสาหร่าย (algae) จำนวนมาก (Figure 1) คล้ายสภาวะอัลกัลบลูม (algal blooms) และท่านที่สองอยู่จังหวัดสระบุรีพบปัญหาคราบสีชาวนดิน ในฤดูแล้งคล้ายที่พบในดินที่ได้รับผลกระทบจากเกลือ (Figure 2) ส่งผลกระทบต่อเจริญเติบโตของข้าวอย่างมาก เกษตรกรไม่ทราบสาเหตุ ผลกระทบ และวิธีการป้องกันแก้ไข สาเหตุของการเจริญเติบโตของสาหร่ายในแปลงนาเกษตรกรจำนวนมากนั้นส่วนหนึ่งอาจเป็นผลมาจากสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะการมีปริมาณธาตุอาหารบางธาตุ เช่น ไนโตรเจน หรือ ฟอสฟอรัส มีรายงานการศึกษาพบว่าแหล่งน้ำที่อุดมสมบูรณ์ด้วยธาตุอาหารดังกล่าวสามารถพบปัญหาการเจริญเติบโตของสาหร่ายจำนวนมาก (Wang et al., 2017) เนื่องจากธาตุอาหารเหล่านี้จำเป็นต่อการเจริญเติบโตสำหรับแปลงกักตอนพืชและสาหร่าย ซึ่งสามารถนำไปสู่ภาวะอัลกัลบลูมและยูโทรฟิเคชัน (eutrophication) ได้ (Corkal, 2002; Sink, 2014; Wang et al., 2017) ไซยาโนแบคทีเรีย (cyanobacteria) หรือสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน เป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีและพบในภาวะยูโทรฟิเคชัน ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายกลุ่มนี้มีหลายประการ เช่น เจริญเติบโตได้ดีในสภาวะที่เป็นด่าง ไซยาโนแบคทีเรียโดยเฉพาะที่เป็นเส้นสายเจริญเติบโตได้ดีในดินที่มี pH 7 หรือสูงกว่า ต้องการธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส เหล็ก และสารอินทรีย์เพื่อการเจริญเติบโต (Bhattacharya et al., 2013)



Figure 1 Pictures from a local farmer in Hun Kha district, Chai Nat province, showing the algal blooming phenomenon in the paddy soil and its impact on rice growth.

สำหรับปัญหาการพบคราบสีชาวนดินในช่วงฤดูแล้ง (Figure 2) ของเกษตรกรรายที่ 2 จนส่งผลให้ข้าวที่ปลูกในบริเวณดังกล่าวไม่สามารถงอกและเจริญเติบโตได้ดี ซึ่งบางปีข้าวไม่ออกต้องไถปลูกใหม่ ผลผลิตเสียหายกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ คราบสีขาวที่พบคล้ายกับที่พบในดินที่ได้รับอิทธิพลจากเกลือ ดินที่ได้รับผลกระทบจากเกลือโดยทั่วไปสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ดินเค็ม ดินโซดิก และดินเค็มโซดิก โดยพิจารณาจากค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดิน (electrical conductivity, EC) ค่าร้อยละของโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable sodium percentage, ESP) และค่าอัตราส่วนการดูดซับโซเดียม (sodium adsorption ratio, SAR) (สมศรี อรุณินท์, 2539)



Figure 2 White-particles observed during a drought season on the surface of paddy soils in Sao Hai district, Saraburi province.

ดินที่ได้รับผลกระทบจากเกลือเป็นดินที่ไม่เหมาะต่อการนำมาปลูกพืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจ ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณเกลือที่มีอยู่มากในดินเค็มจะมีผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น พืชขาดน้ำเนื่องจากเกิดกระบวนการพลาสโมไลซิสและทำให้พืชตายในที่สุด (Khan and Panda, 2006; Soltania et al., 2006) ปริมาณธาตุอาหารพืชไม่สมดุลโดยธาตุอาหารพืชบางตัวมีมากเกินไปจนก่อให้เกิดความเป็นพิษ เช่น โซเดียม หรือขาดธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชบางธาตุ พืชส่วนใหญ่รวมทั้งข้าวจะได้รับอันตรายจากความเค็มตั้งแต่ในระยะที่เมล็ดพืชเริ่มงอก ผลกระทบของความเค็มต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชแต่ละชนิดแต่ละสายพันธุ์แตกต่างกัน (Hakim et al., 2010; Ologundudu et al., 2014) ดินที่ได้รับผลกระทบจากเกลือมีแหล่งกำเนิดใหญ่ ๆ 3 แหล่ง คือ แหล่งเกลือทะเล เป็นเกลือที่มาจากน้ำทะเลหรือมหาสมุทรทำให้เกิดดินเค็มชายทะเล แหล่งเกลือทางธรณี เป็นเกลือที่มาจากการสลายตัวของหินและแร่ทางธรณี ซึ่งมักก่อให้เกิดดินเค็มบก และเกลือที่มาจากแหล่งกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การทำนาเกลือ (สมศรี อรุณินท์, 2539) นอกจากนี้ดินเค็มที่เกิดขึ้นเป็นพื้นที่ใหญ่ ๆ อาจมีสาเหตุมาจากการใช้น้ำชลประทานที่คุณภาพไม่ดี (Sumner, 1995; Rietz and Haynes, 2003; Ologundudu et al., 2014)

ดังนั้นการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาลักษณะสมบัติเคมีบางประการของดินที่อาจเกี่ยวข้องกับการส่งเสริมการเจริญเติบโตของสาหร่ายในแปลงเกษตรกรรมที่พบปัญหาการเจริญเติบโตของสาหร่ายจำนวนมาก และสมบัติของดินและน้ำที่เกี่ยวข้องกับดินเค็มในแปลงเกษตรกรรมที่พบคราบเกลือสีขาวบนผิวดินในฤดูแล้งในพื้นที่ปลูกข้าว เพื่อให้ทราบสมบัติบางประการของดินและน้ำที่เกษตรกรใช้ และเพื่อให้คำแนะนำเบื้องต้นในการป้องกันและแก้ปัญหาให้กับเกษตรกรผู้ประสบปัญหา รวมทั้งเกษตรกรในพื้นที่อื่น ๆ ที่อาจประสบปัญหาดคล้ายคลึงกัน

วิธีการศึกษา

พื้นที่ศึกษาและการเก็บตัวอย่างดิน

ทำการศึกษในพื้นที่ปลูกข้าว 2 แปลง ที่ประสบปัญหาการเจริญเติบโตของข้าว โดยแปลงที่ 1 เป็นแปลงนาของ คุณยุทธ ชาวบ้านช่อง เกษตรกรตำบลสามง่ามท่าโบสถ์ อำเภอนาคู จังหวัดชัยนาท ปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 โดยปกติทำนาโดยใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวและมีการขังน้ำติดต่อกันเป็นช่วงระยะเวลาที่ยาวนาน แต่ในช่วง 1-2 ปีที่ผ่านมาได้มีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ (มากกว่า 400 กิโลกรัมต่อไร่) ร่วมกับปุ๋ยเคมี และพบปัญหาสาหร่ายฟุ้งขึ้นข้าว โดยทำการเก็บตัวอย่างดินระดับรากข้าว (ประมาณ 0-15 เซนติเมตร) จำนวน 4 ตัวอย่าง วันที่ 12 กันยายน พ.ศ. 2558 ในบริเวณที่พบสาหร่ายเจริญเติบโตปริมาณมาก (Figure 3) โดยในแต่ละจุดประกอบด้วย 3 ตัวอย่างย่อยแล้วนำมาผสมรวมกัน



Figure 3 Algae blooming in the first studied paddy field at Hun Kha district, Chai Nat province.



Figure 4 White-particles on soil surface, soil, and water samplings in the second studied paddy field at Sao Hai district, Saraburi province.

สำหรับแปลงที่ 2 นั้น ทำการศึกษาโดยใช้ตัวอย่างดินจากแปลงนา นายไฉน พักเขียว แปลงนาตั้งอยู่ในตำบลเรียวราง อำเภอสายบุรี จังหวัดสระบุรี (พิกัด 693876 E 1607694 N) ปลูกข้าวพื้นเมืองพันธุ์สายให้ พบปัญหาข้าวไม่ออก งอกไม่สม่ำเสมอ ข้าวตายหลังออก และพบคราบสีขาวบนผิวดินในช่วงฤดูแล้ง (Figure 4) เป็นเวลาต่อเนื่องหลายปี โดยเฉพาะในปีที่ฝนแล้ง โดยทำการเก็บตัวอย่างดินระดับรากข้าว (ประมาณ 0-15 เซนติเมตร) จำนวน 5 ตัวอย่าง แบบ composite sample โดยในแต่ละจุดประกอบด้วย 3 ตัวอย่างย่อย แล้วนำมาผสมรวมกันในแปลงนาที่พบปัญหา และเก็บตัวอย่างน้ำสองตัวอย่าง ตัวอย่างแรกเป็นตัวอย่างน้ำในแปลงนาที่เกษตรกรสูบน้ำจากคลองหนองสรวงเพื่อใช้ทำนาและพบปัญหาทำให้ข้าวตายหรือเหี่ยวแห้ง ตัวอย่างที่สองเป็นตัวอย่างน้ำจากคลองชลประทานส่งน้ำหนองสรวง ซึ่งเป็นคลองส่งน้ำหลักที่เกษตรกรใช้โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง (พิกัด 691659 E 1607213 N) โดยทำการเก็บตัวอย่างดินและน้ำในช่วงเดือนมีนาคม-เมษายน พ.ศ. 2560

การเตรียมดินและการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการของดิน

นำตัวอย่างดินที่เก็บมาจากแปลงเกษตรทั้งสองแปลงไปผึ่งในที่ร่ม เมื่อดินแห้งนำไปบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 และ 2 มิลลิเมตร แล้วทำการวิเคราะห์สมบัติดิน ดังนี้

แปลงที่ 1 แปลงที่พบสภาวะคล้ายอัลกัลลูม จึงวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (organic matter, OM) โดยวิธี Walkley and Black titration (Walkley and Black, 1934) วัดพีเอชและค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity, EC) โดยใช้ สัดส่วนดินต่อน้ำ เท่ากับ 1:5 ทำการวัดโดยใช้ pH meter และ EC meter (National Soil Survey, 2004) ปริมาณธาตุฟอสฟอรัส (P), โพแทสเซียม (K), แคลเซียม (Ca), แมกนีเซียม (Mg), ทองแดง (Cu), สังกะสี (Zn), แมงกานีส (Mn) และเหล็ก (Fe) ทำการวิเคราะห์ 2 ส่วน คือ ปริมาณความเข้มข้นทั้งหมด (total concentration) และปริมาณที่สกัดได้ (extractable concentration)

โดยการวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นทั้งหมดนั้นทำการย่อยด้วยกรดผสม aqua regia (Conc. $\text{HNO}_3:\text{HCl}$ อัตราส่วน 1:3) (Chen and Ma, 2001) สำหรับวิเคราะห์ปริมาณที่สกัดได้ใช้สารสกัด Mehlich III (Mehlich, 1984) โดยสารละลายที่สกัดได้นำไปวัดปริมาณความเข้มข้นของธาตุ K, Ca, Mg, Cu, Zn, Mn และ Fe ด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (AAS) ส่วนธาตุฟอสฟอรัสนั้นทำการวัดปริมาณโดยวิธีทำให้เกิดสีน้ำเงิน (molybdenum blue) แล้ววัดความเข้มของสีด้วยเครื่อง spectrophotometer สำหรับธาตุไนโตรเจนนั้นวิเคราะห์หาแอมโมเนียมและไนเตรต โดยใช้ชุดตรวจสอบ NPK แบบรวดเร็วที่ผลิตโดยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เนื่องจากเป็นชุดตรวจสอบที่เกษตรกรสามารถใช้ตรวจวิเคราะห์ได้เอง หากจำเป็นต้องใช้ในอนาคต

แปลงที่ 2 จากสภาพทางกายภาพในภาคสนามคาดว่าปัญหาที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวอาจได้รับผลกระทบมาจากเกลือ จึงทำการวิเคราะห์ค่า pH, EC, ปริมาณความเข้มข้นทั้งหมดของธาตุ Na, K, Ca, Mg และ Fe ด้วยกรดผสม aqua regia และส่วนที่สกัดได้ด้วยน้ำ (water extractable or water soluble) ในตัวอย่างดิน โดยค่าพีเอชและการนำไฟฟ้าทำการวิเคราะห์โดยใช้ตัวอย่างดินต่อน้ำในอัตราส่วน 1:1 และ 1:5 แล้ววัดค่าด้วยเครื่อง pH meter และ EC meter ตามลำดับ การวิเคราะห์ปริมาณธาตุต่าง ๆ ในส่วนที่สกัดหรือละลายได้ด้วยน้ำ สกัดด้วยน้ำโดยสัดส่วนของดินต่อสารสกัดเท่ากับ 1:5 เขย่าที่ความเร็ว 180 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที แล้ววัดความเข้มข้นของธาตุต่าง ๆ ในสารละลายด้วยเครื่อง AAS สำหรับตัวอย่างน้ำวิเคราะห์ค่า pH, EC และปริมาณธาตุต่าง ๆ ทุกธาตุ ด้วยวิธีการและเครื่องมือเช่นเดียวกับที่วิเคราะห์ตัวอย่างดิน

ผลการศึกษาและวิจารณ์

สมบัติของดิน

แปลงที่ 1

จากผลการทดลองพบว่า ตัวอย่างดินมีค่า pH อยู่ในช่วงที่เป็นด่างอ่อน ๆ มีอินทรีย์วัตถุมากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณแอมโมเนียมในระดับสูงถึงสูงมาก (Table 1) ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของสาหร่าย คือ ช่วงพีเอชที่เป็นด่าง โดยจะเจริญเติบโตได้ดีที่สุดที่ pH เท่ากับ 8.5 และไนโตรเจนเป็นปัจจัยหนึ่งที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย (Bhattacharya et al., 2013) นอกจากนี้ผลจากการศึกษาในครั้งนี้ยังพบว่าดินที่พบสาหร่ายจำนวนมากมีปริมาณเหล็กทั้งหมดและเหล็กที่สกัดได้ในระดับสูง ซึ่งธาตุเหล็กเป็นอีกปัจจัยที่จำเป็นและช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของสาหร่าย (Bhattacharya et al., 2013) โดยการแก้ปัญหการเจริญเติบโตของสาหร่ายจำนวนมากเกินความต้องการแบบเร่งด่วน สามารถทำได้โดยการฉีดพ่นสารประกอบทองแดง เช่น คอปเปอร์ซัลเฟต (Illinois State Water Survey, 1989; Corkal, 2002) โดยจากการทดลองในเบื้องต้นของเกษตรกร พบว่าการฉีดพ่นคอปเปอร์ซัลเฟตสามารถช่วยลดปริมาณสาหร่ายสีเขียวลงได้บ้าง คอปเปอร์หรือทองแดงเป็นธาตุที่นิยมนำมาใช้ในการกำจัดสาหร่าย (Gibson, 1972) เพราะสาหร่ายมีความอ่อนไหว (sensitive) ต่อธาตุนี้มาก เนื่องจากทองแดง (Cu (II)) มีผลต่อการตรึงไนโตรเจนและการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย โดยเฉพาะสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Gibson, 1972; Wurtsbaugh and Horne, 1982) สำหรับอัตราการใช้นั้น โดยปกติปริมาณที่แนะนำในกรณีเกิดภาวะอัลกัลบลูมในแหล่งน้ำทั่วไปอยู่ในช่วง 50 ถึง 2308 $\mu\text{g/L}$ (Dunst et al., 1974) โดยอัตราการใช้ทองแดงขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น รูปทางเคมีของทองแดง ชนิดและปริมาณคีเลต (chelate) ในน้ำ (Sunda and Gillard, 1976) โดยมีรายงานว่า การใช้ทองแดง (II) ในอัตราเพียง 5 $\mu\text{g/L}$ สามารถเป็นพิษต่อสาหร่ายในแหล่งทะเลธรรมชาติได้ เนื่องจากยับยั้งการตรึงไนโตรเจนของสาหร่าย (Horne and Goldman, 1974) สำหรับปริมาณการใช้ทองแดงในนาข้าวนั้นยังไม่มีการศึกษา ดังนั้นในเบื้องต้นหากเกษตรกรพบปัญหาควรใช้ในปริมาณที่ต่ำ ๆ ก่อน โดยจากรายงานของเกษตรกรเจ้าของแปลงที่ทำการศึกษานี้ได้ทดลองใช้สารประกอบทองแดงซัลเฟตแบบน้ำที่ซื้อจากร้านเคมีเกษตรในอัตราประมาณ 1 ลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร แล้วฉีดพ่นบริเวณที่พบสาหร่ายจำนวนมาก พบว่าสามารถลดปริมาณสาหร่ายในแปลงนาได้

นอกจากนี้เกษตรกรควรใช้จัดการน้ำในนาข้าวอย่างเหมาะสม คือ ควรใช้ระบบแห้งสลับเปียก จากการสอบถามการจัดการน้ำของเกษตรกรผู้ประสบปัญหา พบว่านอกจากมีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์และไนโตรเจนจำนวนมากในทุกฤดูการผลิตโดยไม่เคยวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดินก่อนแล้ว เกษตรกรยังทำนาแบบนิยมขังน้ำต่อเนื่องและขังน้ำสูงกว่า 5 เซนติเมตร เกือบตลอดช่วงฤดูการปลูก ทำให้ดินมีออกซิเจนต่ำหรือขาดออกซิเจนจนอยู่ในสภาวะรีดิวซ์ทำให้เกิดการละลายของสารประกอบเหล็กในดินได้มาก (ทัศนีย์ อัดตะนันท์, 2550; Khaokaew et al., 2016) ซึ่งธาตุเหล็กเป็นปัจจัยส่งเสริมการเจริญเติบโตของสาหร่าย ดังนั้นเพื่อเป็นการลดการละลายของสารประกอบเหล็กในดินซึ่งเป็นธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย เกษตรกรไม่ควรขังน้ำต่อเนื่องตลอดฤดูปลูกและควรควบคุมระดับการขังน้ำในนาข้าวไม่ให้มีน้ำสูงเกิน 5-10 เซนติเมตรจากผิวดิน

Table 1 Chemical properties of the four soil samples collected from the first paddy field.

Soil sample	pH	EC (dS/m)	%OM	N (Test kit)		P (mg/kg)		K (mg/kg)	
				NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	Total	Extract.	Total	Extract.
1	7.08	1.17	5.09	Very high	ND	39.50±2.90	16.92±1.50	1589±116	0.87±0.10
2	7.04	1.07	5.34	High	ND	44.09±6.10	14.84±4.40	1202±59	0.53±0.00
3	7.29	0.86	5.72	Very high	ND	43.17±2.90	26.38±1.82	1359±178	1.28±0.20
4	8.13	0.50	5.79	High	ND	57.34±2.10	17.04±1.00	1699±15	2.42±0.40

Soil sample	Ca (mg/kg)		Mg (mg/kg)		Mn (mg/kg)		Cu (mg/kg)		Fe (mg/kg)	
	Total	Extract.	Total	Extract.	Total	Extract.	Total	Extract.	Total	Extract.
1	2213±259	23.64±6.10	1898±121	8.44±1.40	162±7.60	0.67±0.00	14.50±0.00	0.15±0.00	14,949±846	191±31
2	2080±67	22.43±1.00	1718±89	6.93±2.60	160±5.00	0.61±0.00	14.50±0.00	0.12±0.00	14,981±966	69±5.40
3	1993±223	20.65±1.30	1948±229	5.56±1.00	148±23.10	0.47±0.00	16.17±2.90	0.21±0.00	15,381±2,532	131±23
4	6319±81	55.91±9.20	2395±38	12.4±2.00	1078±62.50	3.38±0.40	21.17±2.90	0.23±0.00	25,756±1,654	143±9.20

The sign ND means not detected.

แปลงที่ 2

ผลการศึกษพบว่า ตัวอย่างดินทั้ง 5 ตัวอย่าง มีค่า pH อยู่ในช่วง 4.11-6.65 และ ค่า EC ต่ำกว่า 1 dS/m ทั้งที่การสกัดที่สัดส่วนตัวอย่างดินต่อน้ำกลั่น 1:1 และ 1:5 และจากผลการคำนวณค่า SAR โดยใช้ค่าวิเคราะห์ปริมาณ Na, Ca และ Mg ในส่วนที่สกัดจากน้ำ (Table 2) พบว่าทุกตัวอย่างดินทุกจุดมีค่า SAR ต่ำกว่า 13 ดังนั้นเมื่อพิจารณาในภาพรวม จากค่า pH, EC และ SAR ดังรายงานใน สมศรี อรุณินท์ (2539) ดินทั้ง 5 จุดนี้ไม่จัดว่าเป็นดินที่ได้รับผลกระทบจากเกลือ อย่างไรก็ตาม ค่า EC ที่สกัดด้วยน้ำในสัดส่วนดินต่อน้ำ 1:5 ที่สูงกว่า 0.15 dS/m ในดินร่วนปนทรายถึงร่วน จัดว่ามีความเค็มเล็กน้อย สามารถส่งผลกระทบต่อพืชที่ไม่ทนเค็มได้ (AWRI, 2010) อย่างไรก็ตามตัวอย่างดินเหล่านี้มีปริมาณธาตุ Na และ Ca ในส่วนที่ละลายน้ำได้สูงถึง 97-166 และ 39-96 mg/kg ตามลำดับ โดยเฉพาะในจุดที่ข้าวตายและพบคราบสีขาวปริมาณมาก (จุดที่ 5) ที่จุดนี้มีค่าปริมาณ Ca ที่ละลายน้ำได้สูงเกือบ 100 mg/kg ซึ่งในจุดที่ 5 นี้ ยังมีปริมาณ Mg ที่ละลายน้ำได้สูงกว่าจุดอื่น ๆ อีกด้วย โดยสมบัติของดินที่ทำการศึกษสอดคล้องกับรายงานของ Khaokaew et al. (2017) ซึ่งจากการรายงานพบว่า ข้าวที่ปลูกในพื้นที่พบคราบสีขาวและข้าวที่มีอาการแห้งตายนี้มีปริมาณธาตุโซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียม เท่ากับ 1.01, 2.25 และ 0.39 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งการที่ข้าวได้รับเกลือในปริมาณที่มากเกินไปเกินความต้องการ อาจมีผลทำให้พืชสูญเสียน้ำ และตายได้ (Greenway and Osmond, 1972)

น้ำจากคลองหนองสรวงมีค่าการนำไฟฟ้าและค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดเท่ากับ 7.35 dS/m และ 3,558 mg/L ตามลำดับ จัดว่าเป็นน้ำที่ไม่เหมาะสมต่อการเกษตร (Chavez, 2008) ซึ่งมีการกำหนดค่าการนำไฟฟ้าและค่าของแข็งละลายน้ำ ระดับอันตรายมากไว้ที่ สูงกว่า 3 dS/m และ 1,920 mg/L ตามลำดับ (Hopkins et al., 2007) นอกจากนี้ปริมาณโซเดียมในน้ำ จากคลองหนองสรวงที่เกษตรกรใช้มีค่าสูงถึง 990 mg L⁻¹ หรือประมาณ 0.04 M ซึ่งนอกจากจะสูงกว่าค่ากำหนดคุณภาพน้ำ เพื่อการเกษตรแล้ว ยังเป็นค่าที่สูงมากที่สามารถทำให้เกิดอันตรายกับพืช จนถึงขั้นทำให้พืชตายได้ โดยจากการศึกษาในพืช ที่ไม่ทนเค็มทั่วไป ความเข้มข้นของโซเดียมในสารละลาย 0.1 M ถือว่าเป็นความเข้มข้นที่สามารถทำให้เอนไซม์ต่าง ๆ ในพืช หยุดทำงาน และทำให้เซลล์พืชตายได้ (Greenway and Osmond, 1972) ดังนั้นปัญหาการเกิดคราบสีขาวบนผิวดินและส่งผล ต่อการเจริญเติบโตของข้าวที่เกษตรกรพบในช่วงหน้าแล้งในแปลงทั้งสองนี้ น่าจะมีสาเหตุหลักมาจากคุณภาพน้ำชลประทาน ในคลองหนองสรวงในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการนำมาใช้เพื่อการเกษตร โดยเฉพาะพืชที่ทนเกลือได้ต่ำ เช่น ข้าวพันธุ์ที่ เกษตรกรปลูกปัจจุบัน ดังนั้นเกษตรกรควรหลีกเลี่ยงการใช้น้ำจากคลองชลประทานที่มีคุณสมบัติไม่เหมาะสมต่อการเกษตร โดยหากจำเป็นต้องใช้ หน่วยงานรัฐหรือผู้นำหมู่บ้านควรจัดหาเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในคลองหนองสรวงในช่วง หน้าแล้งเป็นระยะ ๆ และแจ้งแก่เกษตรกรในชุมชนก่อนการนำไปใช้ นอกจากนี้ในหน้าแล้ง เกษตรกรอาจเปลี่ยนมาปลูก พืชผักที่สามารถทนเกลือหรือความเค็มได้ดีกว่าข้าว หลีกเลี่ยงการใช้น้ำจากคลองในช่วงที่ข้าวอายุน้อยกว่า 30 วัน ควรทำนาดำ แทนการทำนาแบบหว่าน และควรปลูกข้าวพันธุ์ทนเค็มในช่วงฤดูแล้ง เพิ่มอินทรีย์วัตถุในดินให้อยู่ในระดับที่สูงขึ้น เช่น ประมาณ 3-5% จากแต่เดิมที่แปลงเกษตรกรมีอินทรีย์วัตถุต่ำกว่า 2%

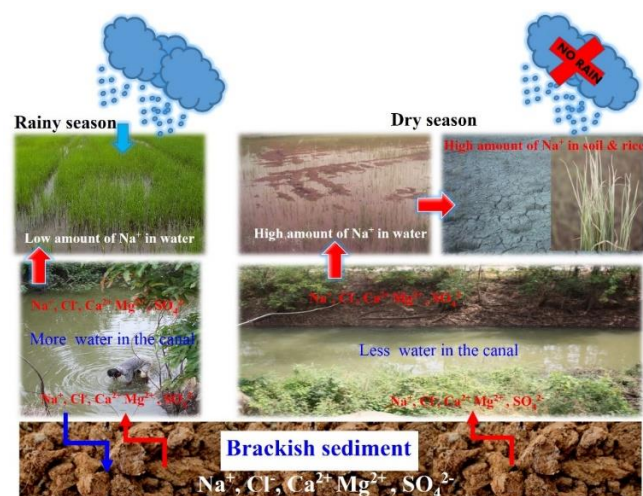


Figure 5 Diagram showing possible sources of soluble salts in soil and water samplings and their impacts on rice growth during drought (dry) and rainy seasons in the second paddy field at Sao Hai district, Saraburi province.

ดินแปลงที่ 2 จัดอยู่ในชุดดินท่าเรือ (Tha Rua series: Tr) (Khaokaew et al., 2017) และอยู่ในบริเวณที่เคยเป็นทะเลมาก่อน สำหรับสาเหตุที่ทำให้น้ำในคลองหนองสรวงมีค่าการนำไฟฟ้าสูงนั้นยังไม่ทราบชัดเจน โดยเบื้องต้นคาดว่าอาจเป็นผลมาจากการที่พื้นที่ด้านล่างคลองเป็นตะกอนน้ำกร่อย เคลื่อนด้านล่างอาจเกิดการละลายขึ้นมาสู่ผิวดินพร้อมกับน้ำ โดยไอออนที่ละลายออกมาส่งผลกระทบต่อมากในฤดูแล้งเนื่องจากน้ำในคลองน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงฤดูฝน ปริมาณไอออนที่มีในน้ำในฤดูร้อนจึงเข้มข้นมากกว่าฤดูฝน เมื่อเกษตรกรสูบน้ำจากคลองไปใช้จึงเกิดผลกระทบต่อเชิงลบกับข้าว ดังสมมติฐานแสดงเปรียบเทียบในภาพ (Figure 5) ซึ่งข้าวที่เห็นในภาพเป็นสภาพข้าวจริงที่เจริญเติบโตในแปลงเกษตรกรในฤดูร้อนและฤดูฝน

Table 2 Chemical properties of the five soil samples collected from the second paddy field.

Soil sample	pH		EC (dS/m)		ECe (EC 1:5x9.5) ^{1/}	SAR ^{2/}	K (mg/kg)	
	1:1	1:5	1:1	1:5			Total	Water Soluble
1	4.59	4.95	0.42	0.15	1.4	5.14	1952±148	8.31±0.06
2	4.11	4.51	0.82	0.20	1.9	7.77	2020±227	6.41±1.66
3	4.88	5.02	0.61	0.17	1.6	6.88	1759±136	7.70±0.29
4	4.21	4.46	0.60	0.20	1.9	7.76	2614±127	6.72±0.54
5	6.35	6.65	0.67	0.18	1.7	4.96	1709±48	12.29±1.37

Soil sample	Na (mg/kg)		Ca (mg/kg)		Mg (mg/kg)		Fe (mg/kg)	
	Total	Water Soluble	Total	Water Soluble	Total	Water Soluble	Total	Water Soluble
1	304±16	97±5	64±7	39±1	1490±93	9.25±0.30	4,408±804	ND
2	396±15	152±14	41±20	47±5	1473±121	6.85±0.09	3,042±250	ND
3	326±13	136±13	51±24	41±3	1481±188	10.98±0.20	4,717±674	ND
4	411±29	166±1	74±6	53±1	1730±583	10.30±0.97	3,200±583	ND
5	422±14	145±22	290±49	96±22	1923±450	20.61±4.98	2,425±282	ND

^{1/} Tha Rua series (Tr), soil texture: clay loam (Khaokaew et al., 2017).

9.5 (Agricultural Bureau of South Australia Inc., n.d.).

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$$

The sign ND means not detected.

Table 3 Chemical properties of water samples collected in the second paddy field and irrigation canal used by local farmers during drought seasons.

Water sample	pH	SAR ^{1/}	EC (dS/m)	TDS ^{2/} (mg/L)	Water soluble (mg/L)			
					Na	K	Ca	Mg
Paddy field	6.68	4.40	4.19	435	87	3.2	50	5.4
Irrigation canal	7.18	10.13	7.35	3,558	990	13.5	1,129	194

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$$

^{2/} Total Dissolved Solids (TDS), TDS mg/L = 640*ECw (dS/m) (Chavez, 2008).

สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษาดินแปลงที่หนึ่งที่พบปัญหาการเจริญเติบโตของสาหร่ายมากผิดปกติ พบว่าดินมีปริมาณธาตุไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียม อินทรีย์วัตถุ และเหล็กทั้งหมด และที่สกัดได้ด้วยสารสกัด Mehlich III ในระดับสูง มีฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในระดับปานกลางถึงสูง และมีค่า pH สูงกว่า 7 ซึ่งสภาพดังกล่าวเป็นสภาพที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย เช่น สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ดังนั้นจึงอาจเป็นสาเหตุที่ส่งเสริมให้พบสาหร่ายเจริญเติบโตจำนวนมากในแปลงนาข้าวในแปลงที่หนึ่งนี้ สำหรับแปลงที่สองนั้นพบว่าดินทุกตัวอย่างที่ทำการศึกษาไม่จัดว่าเป็นดินที่ได้รับผลกระทบจากเกลือ แต่พบว่ามีน้ำจากคลองหนองสรวงที่เกษตรกรใช้สำหรับการทำนาในฤดูแล้ง มีค่าการนำไฟฟ้าและค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดสูง โดยมีค่าเท่ากับ 7.35 dS/m และ 3,558 mg/L ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีโซเดียมที่ละลายน้ำได้สูงถึง 990 mg/L จัดว่าเป็นน้ำที่ไม่เหมาะสมต่อการเกษตร ดังนั้นการใช้น้ำที่ไม่เหมาะสมโดยเฉพาะการมีเกลือที่ละลายน้ำได้สูง ๆ จากคลองหนองสรวงในช่วงฤดูแล้งในการปลูกข้าวนี้จะเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดปัญหาข้าวตายและไม่ออกในแปลงเกษตรกรที่สอง สำหรับสาเหตุของแหล่งที่มาของเกลือที่ละลายได้ในคลองหนองสรวงที่ชัดเจนนั้นยังไม่มีการศึกษาแต่คาดว่าน่าจะเกิดมาจากอิทธิพลของตะกอนน้ำกร่อยที่อยู่ด้านล่าง เนื่องจากบริเวณที่แปลงนาและคลองหนองสรวงตั้งอยู่เคยเป็นทะเลมาก่อน

ข้อเสนอแนะ

ขอแนะนำในการแก้ปัญหาเบื้องต้นในปีต่อ ๆ ไป สำหรับแปลงที่ศึกษาที่หนึ่งซึ่งเจอปัญหาการเจริญเติบโตของสาหร่ายจำนวนมากในนาข้าว คือ ควรวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดินก่อนการใส่ปุ๋ย รวมทั้งลดปริมาณการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ลงจากเดิม เนื่องจากดินขณะนี้ปริมาณอินทรีย์วัตถุระดับสูงแล้ว เกษตรกรควรลดปริมาณและระยะเวลาการขังน้ำจากเดิมและใช้ระบบการให้น้ำแบบเปียกสลับแห้ง เพื่อลดการละลายของเหล็ก สำหรับแปลงที่สองกรณีที่เกิดปัญหาข้าวตายในฤดูแล้งในพื้นที่อำเภอเสนาให้จังหวัดสระบุรีนั้น เกษตรกรควรหลีกเลี่ยงการใช้น้ำจากคลองชลประทานหนองสรวงในการปลูกข้าวในฤดูแล้ง และควรรวมกลุ่มกันเพื่อจัดหาเครื่องวัดระดับความเค็มของน้ำมาใช้ในหมู่บ้าน เพื่อใช้ในการวัดระดับความเค็มของน้ำก่อนปล่อยเข้าพื้นที่นาของเกษตรกร ซึ่งหากอยู่ในช่วงที่ไม่เหมาะสมเกษตรกรไม่ควรใช้น้ำดังกล่าว หากเกษตรกรยังจำเป็นต้องใช้น้ำในการปลูกพืชควรเปลี่ยนมาปลูกพืชผักที่สามารถทนเกลือหรือความเค็มได้ดีกว่าข้าว หรือหากยังคงต้องการปลูกข้าวก็ควรหลีกเลี่ยงการใช้น้ำจากคลองในช่วงที่ข้าวอายุน้อยกว่า 30 วัน เกษตรกรควรทำนาคำแนะนำการทำนาแบบหวาน ควรปลูกข้าวพันธุ์ทนเค็มในช่วงฤดูแล้ง และควรมีการตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในคลองก่อนการนำน้ำไปใช้หรือสูบน้ำเข้าแปลงนา รวมทั้งควรมีการเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน เช่น การไม่เผาฟางข้าวไถกลบตอซัง ปลูกพืชบำรุงดิน หรือใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้ในท้องถิ่นร่วมอย่างเหมาะสมเนื่องจากแปลงนาเกษตรกรมีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำมาก ผลกระทบของเกลือเกิดขึ้นได้ง่ายแต่ไม่ควรใส่มากเกินไปในคราวเดียว เพราะหากมีปริมาณอินทรีย์วัตถุมากเกินไปแล้วมีการจัดการน้ำและปุ๋ยไนโตรเจนที่ไม่เหมาะสม อาจประสบปัญหาสาหร่ายเช่นแปลงนาแรกได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนายประยุทธ์ บ้านจ้อง และ นายไฉน พักเขียว เกษตรกรเจ้าของแปลงนาที่ศึกษา

เอกสารอ้างอิง

- ทัศนีย์ อัดตะนันท์. 2550. *ดินที่ใช้ปลูกข้าว*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สมศรี อรุณินท์. 2539. *ดินเค็มในประเทศไทย*. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน.
- Agricultural Bureau of South Australia Inc. n.d. Standard soil test methods & guidelines for interpretation of soil results. https://www.naturalresources.sa.gov.au/files/sharedassets/south_east/get_involved/land/140916-standard-tests-and-interpretation-guidelines-fact.pdf (3 January 2019).
- AWRI. 2010. Vineyard activity guides, Measuring soil salinity. https://www.researchgate.net/profile/Prem_Baboo/post/soil_salinity_readings_urgent/attachment/5db86b11cfe4a777d4eb4441/AS%3A819381248462854%401572367121559/download/v_activity_soil_measure.pdf (3 January 2019).
- Bhattacharya, S., Rath, J., and Ray, S. 2013. Effects of pH and varying concentrations of nitrate, phosphate and iron on morphology, growth and nitrogenase activity in a soil-crust cyanobacterium *Scytonema coactile montagne ex born, et flah*. *Phytomorphology: An International Journal of Plant Morphology* 63: 101-111.
- Chavez, C. 2008. Electrical conductivity or salt in the soil. USDA-NRCS. https://prod.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs144p2_067096.pdf (30 January 2019).
- Chen, M., and Ma, L. Q. 2001. Comparison of three aqua regia digestion methods for twenty Florida soils. *Soil Science Society American Journal* 65: 491-499.

- Corkal, P. F. 2002. Copper treatment for dugouts. [http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/wqe11302/\\$FILE/copperupdatede.pdf](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/wqe11302/$FILE/copperupdatede.pdf) (30 January 2019).
- Dunst, R. D., Born, S. M., Uttormark, P. D., Smith, S. A., Nichols, S. A., Peterson, J. O., Knauer, D. R., Serns, S. L., Winter, D. R., and Wirth, T. L. 1974. Survey of lake rehabilitation techniques and experiences. <https://dnr.wi.gov/files/PDF/pubs/ss/SS0075.pdf> (3 January 2019).
- Gibson, C. E. 1972. The algicidal effect of copper on a green and a blue-green alga and some ecological implications. *Journal of Applied Ecology* 9: 513-518.
- Greenway, H., and Osmond, C. B. 1972. Salt responses of enzymes from species differing in salt tolerance. *Plant Physiology* 49: 256-259.
- Hakim, M. A., Juraimi, A. S., Begum, M., Hanafi, M. M., Ismail, M. R., and Selamat, A. 2010. Effect of salt stress on germination and early seedling growth of rice (*Oryza sativa* L.). *African Journal of Biotechnology* 9(13): 1911-1918.
- Hopkins, B. G., Horneck, D. A., Stevens, R. G., Ellsworth, J. W., and Sullivan, D. M. 2007. Managing Irrigation Water Quality for crop production in the Pacific Northwest. Pacific Northwest Extension publication. <https://catalog.extension.oregonstate.edu/sites/catalog/files/project/pdf/pnw597.pdf> (3 January 2019).
- Horne, A. J., and Goldman, C. R. 1972. Nitrogen fixation in Clear Lake, California. I. Seasonal variation and the role of heterocysts. *Limnology and Oceanography* 17: 678-692.
- Illinois State Water Survey. 1989. Using copper sulfate to control algae in water supply impoundments <https://www.isws.illinois.edu/pubdoc/MP/ISWSMP-111.pdf> (3 January 2019).
- Khan, M. A., and Panda, I. A. 2006. Effects of salinity on growth, water relations and ion accumulation of the subtropical perennial halophyte, *Atriplex griffithii* var. *stocksii*. *Annals of Botany* 85: 225-232.
- Khaokaew, S., Landrot, G., and Sparks, D. L. 2016. Speciation and release kinetics of cadmium and zinc in paddy soils. In *Trace Elements in Waterlogged Soils and Sediments*, J. Rinklebe, A. S. Knox, and M. Paller, eds. pp. 77-95. Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Khaokaew, S., Takrattanasaran, N., Lachitavong, K., and Landrot, G. 2017. Decrease in rice production during the dry season in a central region of Thailand: linking water, paddy soil, and rice properties. Goldschmidt 2017, August 13-18, Paris, France.
- Mehlich, A. 1984. Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. *Communication in Soil Science and Plant Analysis* 15(12): 1409-1416.
- National Soil Survey Center. 1996. Soil survey laboratory methods manual. In *Soil Survey Investigations Report No. 42, Version 3.0*. Natural Conservation Service. United States Department of Agriculture. http://www.swcst.or.th/Report/cooperative/Soil%20Survey%20Lab%20Methods%20-%20SSIR%2042/SSIR_42_v4.pdf (2 January 2018).
- Ologundudu, F., Adekunle, A. A., and Akinwale, R. 2014. Effect of salt stress on germination and growth parameters of rice (*Oryza sativa* L.). *Notulae Scientia Biologicae* 6(2): 237-243.
- Rietz, D. N., and Haynes, R. J. 2003. Effects of irrigation-induced salinity and sodicity on soil microbial activity. *Soil Biology & Biochemistry* 35: 845-854.
- Sink, T., Gwinn, J., Gerke, H., and House, M. 2014. Managing and controlling algae in ponds. Texas A&M AgriLife Extension Service. <https://agrillifecdn.tamu.edu/fisheries/files/2013/09/Managing-and-Controlling-Algae-in-Ponds-Manual-format.pdf> (3 January 2019).
- Soltania, A., Gholipoorb, M., and Zeinali, E. 2006. Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. *Environmental and Experimental Botany* 55: 195-200.
- Sumner, M. E., 1995. Sodic soils: new perspectives. In *Australian Sodic Soils: Distribution, Properties and Management*, Naidu, R., Sumner, M. E., Rengasamy, P., eds. pp. 1-34. Melbourne: CSIRO.
- Sunda, W. G., and Guillard, R. R. L. 1976. The relationship between cupric ion activity and the toxicity of copper to phytoplankton. *Journal of Marine Research* 34: 511-529.
- Walkley, A., and Black, C. A. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chroma acid titration method. *Soil Science* 37: 29-35.
- Wang, L., Wang, X., Jin, X., Xu, J., Zhang, H., Yu, J., Sun, Q., Gao, C., and Wang, L. 2017. Analysis of algae growth mechanism and water bloom prediction under the effect of multi-affecting factor. *Saudi Journal of Biological Sciences* 24: 556-562.
- Wurtsbaugh, W., and Horne, A. J. 1982. Effects of copper on nitrogen fixation and growth of blue-green algae in natural plankton associations. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 39: 1636-1641.

วันรับบทความ (Received date) : 11 ก.พ. 62

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 25 ก.ค. 62

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

ผลของโซเดียมเบนทอไนต์ต่อสมบัติทางเคมีของดินเปรี้ยวจัดพื้นบ่อเลี้ยงปลา

Effect of Sodium Bentonite on Acid Sulfate Soil Chemical Property of Fish Pond Base

ปวรรณรัตน์ วงษ์ที¹ เสาวนุช ทาวอร์พฤกษ์¹ ณัฐพล จิตมัตย์¹
ดาวจรัส เกตุโรจน์¹ สุรเชษฐ์ อร่ามรักษ์¹ ชุมพล ศรีทอง² และสุรณัย อักษรถึง³
Pawannarat Wongtee¹, Saowanuch Tawornpruek¹, Natthapol Chittamart¹,
Daojarus Ketrot¹, Surachet Aramrak¹, Chumpol Srithong² and Suradanai Augsornlung³

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของโซเดียมเบนทอไนต์ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินเปรี้ยวจัดพื้นบ่อเลี้ยงปลา ทำการศึกษาในชุดดินองครักษ์ (Ok) บริเวณตำบลเมืองใหม่ อำเภอราชสาส์น จังหวัดฉะเชิงเทรา เก็บตัวอย่างดินล่างที่ระดับความลึก 40-130 เซนติเมตรจากผิวดิน เพื่อวิเคราะห์สมบัติดินก่อนการทดลอง หลังจากนั้นทำการชุดบ่อเลี้ยงปลาละพง 12 บ่อ ขนาด กว้าง x ยาว x ลึก เท่ากับ 3 x 3 x 1.5 ลูกบาศก์เมตร วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก 4 ดำเนินการทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ ดังนี้ 1) ไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน (T1) 2) โซเดียมเบนทอไนต์อัตรา 440 กรัม ต่อดิน 1,000 กรัม (T2-BT) 3) โดโลไมต์ 10 กรัม ต่อดิน 1,000 กรัม (T3-DL) และ 4) โซเดียมเบนทอไนต์ร่วมกับโดโลไมต์ ในสัดส่วนครึ่งหนึ่งของ T2 และ T3 (T4-BT+DL) ทำการเก็บตัวอย่างดินที่พื้นบ่อปลาในสัปดาห์ที่ 1, 2, 6 และ 12 สัปดาห์หลังปล่อยปลา ผลการศึกษาพบว่า T2-BT ดินมีค่าพีเอชเพิ่มสูงสุด โดยเมื่อสัปดาห์ที่ 12 มีค่า 6.32 และ T1 มีค่าพีเอชดินต่ำที่สุด เท่ากับ 3.55, 3.34, 3.92 และ 4.17 ในสัปดาห์ที่ 1, 2, 6 และ 12 หลังปล่อยปลาตามลำดับ แต่ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC 1:5) พบว่าในทุกตัวรับ การทดลองมีค่าไม่แตกต่างทางสถิติ แต่มีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลา สมบัติทางเคมีของดินพื้นบ่อปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (สัปดาห์ที่ 12) พบว่า ปริมาณโซเดียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ใน T2-BT มีค่าสูงสุด เท่ากับ 13.63, 11.26, 21.67 และ 0.87 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ รวมทั้งอัตราส่วนการดูดซับโซเดียม (31.15) และอัตราร้อยละ โซเดียมแลกเปลี่ยนได้ (39.58%) แต่มีปริมาณอะลูมิเนียมที่สกัดได้และร้อยละความอิ่มตัวอะลูมิเนียมต่ำที่สุด (0.03 เซนติโมลต่อ กิโลกรัม และ 0.05% ตามลำดับ) ดังนั้นการใช้โซเดียมเบนทอไนต์จะช่วยปรับปรุงสมบัติทางเคมีของดินเปรี้ยวจัดพื้นบ่อเลี้ยงปลา โดยการยกระดับค่าพีเอชของดิน ลดความเป็นกรดของดิน และความเป็นพิษของอะลูมิเนียมได้ แต่อาจส่งผลให้โซเดียมมีค่าสูงขึ้นในดิน

คำสำคัญ: ดินเปรี้ยวจัด โซเดียมเบนทอไนต์ ความต้องการปูน ดินพื้นบ่อปลา

Abstract

The objective of this research was to study the effects of Na-bentonite on the chemical properties of fishpond base acid sulfate soil. The study was conducted in the Ongkharak soil series (Ok) at Tamai subdistrict, Rachasan district, Chachoengsao province. Soil samples were collected at a soil depth of 40-130 cm from the soil surface to determine soil properties before starting the experiment. Twelve fishponds with the dimensions of width x length x depth of 3x3x1.5 m³ were used in the research. The experiment was of randomized complete block design (RCBD), with 4 treatments and 3 replications. The treatments were 1) control (T1), 2) Na-bentonite 440 g : soil 1,000 g (T2-BT), 3) dolomite 10 g : soil 1,000 g (T3-DL) and 4) a half of T2 and T3 (T4-BT+DL). The collection of soil samples at the fishpond bases was performed in weeks 1, 2, 6, and 12 after feeding. The results revealed that T2-BT produced the highest soil pH at week 12 with a value of 6.32. Conversely, T1 produced the lowest soil pH with values of 3.55, 3.34, 3.92, and 4.17 at 1, 2, 6, and 12 weeks after feeding, respectively. However, the electrical conductivity (EC 1:5) for all treatments was not significantly different and tended to decrease with time. With respect to the soil chemical properties of fishpond base after fish harvesting (week 12), it was found that whereas T2 had

¹ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

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

² ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

² Department of Aquaculture, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

³ ฝ่ายจัดการสิ่งแวดล้อมโครงการ บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) กรุงเทพฯ 10900

³ Project Environmental Management Department, PTT Public Company Limited, Bangkok 10900

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

the significantly highest exchangeable Na, Ca, Mg and K (13.63, 11.26, 21.67 and 0.87 cmol_c kg⁻¹, respectively), and included were SAR (31.15), and ESP (39.58%), it also had the significantly lowest extractable Al (2.33 cmol_c kg⁻¹) and Al saturation (0.05%). T1, in contrast, had the significantly highest extractable Al (1,293.05 cmol_c kg⁻¹) and Al saturation (49.79%). Therefore, the use of Na-Bentonite can improve the chemical properties of fishpond base acid sulfate soil by raising soil pH, reducing soil acidity, and aluminum toxicity, but may cause an increase in the Na content of the soil.

Keywords: acid sulfate soil, sodium bentonite, lime requirement, fish pond base

คำนำ

โซเดียมเบนทอนไต์เป็นแร่เบนทอนไต์ชนิดหนึ่ง ลักษณะเนื้อเหมือนดินหรือเป็นฝุ่น หรือเป็นเม็ดเล็ก ๆ ละเอียดคล้ายดิน โดยทั่วไปจะมีสีเหลืองอมน้ำตาลหรือสีแดงอ่อน (ราชบัณฑิตยสถาน, 2544) น้ำหนักเบา สูตรเคมี ((1/2Ca,Na) (Al,Mg,Fe)₄ (Si,Al)₈O₂₀(OH)₄.nH₂O) จัดเป็นแร่ทุติยภูมิ ประกอบด้วยแร่ในกลุ่มสเมกไทต์ (smectite) เป็นส่วนใหญ่ มีโครงสร้างเป็นรูปพุ่ม สามารถพองตัวด้วยน้ำได้ (swelling property) มีสมบัติเฉพาะตัวที่สามารถขยายตัวได้สูงถึง 15-20 เท่าจากปริมาตรเดิม สามารถแลกเปลี่ยนไอออนได้ดี การแทนที่ของอะตอมประจุไฟฟ้าบวกด้วยธาตุที่มีวาเลนซ์ต่ำกว่า เช่น การแทนที่ของ Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ หรือ H⁺ ใน Si⁴⁺ และ Al³⁺ รวมทั้งการมีพื้นผิวสัมผัสต่อปฏิกิริยาทางเคมีมาก ความสามารถในการดึงดูดน้ำเข้ามาเป็นส่วนประกอบหนึ่งของโมเลกุลทำให้น้ำคงอยู่ในดินได้เป็นระยะเวลานานและมีสมบัติแบบซีโอไลต์ (zeolitic property) คือสามารถแลกเปลี่ยนและดูดซับไอออนหรือโมเลกุลต่าง ๆ ได้ สมบัติในการดูดซับที่ดีทำให้สามารถดึงอนุมูลของปุ๋ยต่าง ๆ โดยเฉพาะปุ๋ยในน้ำและดินได้ดี สมบัติด้านการซึมผ่าน การเคลือบผิว อุดช่องว่างในชั้นหิน หรือชั้นหินพูน ป้องกันการซึมผ่านของน้ำเป็นตัวหล่อลื่น และป้องกันการแพร่ผ่าน ทำให้นิยมใช้เป็นตัวผสมทำโคลนเจาะในการเจาะสำรวจต่าง ๆ (เลิศลักษณ์ สุพฤตนิพนธ์, 2539; กรมทรัพยากรธรณี, 2556; ภาควิชาวิทยาศาสตร์พื้นพิภพ, 2558) โดยเฉพาะการวางระบบท่อส่งก๊าซธรรมชาติ ในกรณีนี้จำเป็นต้องใช้วิธีการขุดแบบการเจาะลอด (horizontal directional drilling, HDD) เพื่อเจาะลอดสิ่งกีดขวางขนาดใหญ่ เช่น ชุมชน แหล่งน้ำ และถนน เป็นต้น ซึ่งในการขุดเจาะลอดต้องใช้โซเดียมเบนทอนไต์เป็นตัวหล่อลื่นให้กับหัวเจาะ สำหรับการวางระบบท่อส่งก๊าซธรรมชาติบนบกเส้นที่ 5 จากจังหวัดระยองถึงปลายทางที่จังหวัดนนทบุรี ที่ดำเนินการโดยบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) นั้น จำเป็นต้องพาดผ่านพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทราบริเวณที่เป็นดินเปรี้ยวจัดหรือดินกรดกำมะถัน โดยปัจจุบันมีการใช้พื้นที่ดังกล่าวในการทำการเกษตร เช่น นาข้าวและพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (เช่น ปลากระพง และกุ้ง เป็นต้น) ซึ่งดินเปรี้ยวจัด จัดว่าเป็นดินที่เป็นปัญหา เนื่องจากเมื่อแร่ไฟโรต์ในดินเปรี้ยวจัดสัมผัสกับอากาศจะถูกออกซิไดซ์ได้เพอรอกไซด์และกรดกำมะถัน ซึ่งจะทำให้ดินเป็นกรดรุนแรง (พีเอชต่ำมากและมักต่ำกว่า 4.0) มีอะลูมิเนียมที่ละลายได้สูง และอาจส่งผลทำให้การละลายได้ของธาตุพืชในดินเพิ่มสูงขึ้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544; ทศนิยม อุตตะนันท์, 2550) โดยทั่วไปการแก้ไขความเป็นกรดของดินเปรี้ยวจัดคือการใส่วัสดุปรับปรุงดิน เช่น วัสดุที่มีความเป็นด่าง อย่างเช่น วัสดุปูน Attanada (1971) ได้ทำการศึกษาวิถัยการใส่ปูนเพื่อลดความเป็นกรด การใส่ปูนเป็นวิธีที่ง่ายที่สุดที่จะลดความเป็นกรดแล้วยังเป็นวิธีที่ปฏิบัติได้ไม่ยากนัก โดยโซเดียมเบนทอนไต์เป็นวัสดุที่เป็นด่างซึ่งอาจช่วยยกระดับพีเอชของดินได้ จึงได้ศึกษาผลของโซเดียมเบนทอนไต์ที่ใช้เป็นวัสดุหล่อลื่นในการขุดแบบการเจาะลอดเพื่อวางระบบท่อส่งก๊าซธรรมชาติต่อสมบัติดินทางเคมีของดินเปรี้ยวจัดในบริเวณใกล้เคียงกับพื้นที่แนวท่อส่งก๊าซธรรมชาติบนบกเส้นที่ 5 โดยในการศึกษาในครั้งนี้ได้จำลองพื้นที่สำหรับการเลี้ยงปลา

วิธีการศึกษา

พื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่ใกล้เคียงกับพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำซึ่งเป็นชุดดินองครักษ์ (Ok) บริเวณตำบลเมืองใหม่ อำเภอรามราช จังหวัดฉะเชิงเทรา (พิกัด 47P 0743956 E และ 1519390 N) โดยก่อนการทดลองได้ทำการเก็บตัวอย่างดินล่างที่ระดับความลึก 40-130 เซนติเมตรขึ้นไป เนื่องจากเป็นระดับความลึกดินที่จะทำการขุดบ่อเลี้ยงปลา เก็บดินแบบการรบกวนโครงสร้าง (disturbed sample) เก็บตัวอย่างดิน นำไปใส่ตู้เย็น เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำตัวอย่างดินไปผึ่งลมให้แห้งในร่ม บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร นำส่วนที่ร่อนผ่านตะแกรงมาศึกษาสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ เนื้อดิน (soil texture) ด้วยวิธี pipette method และสมบัติทางเคมี ได้แก่ pH ดิน (1:1 H₂O) ค่าการนำไฟฟ้า (EC 1:5 H₂O) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (organic carbon) ด้วยวิธี wet digestion and titration method ปริมาณเบสที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable

bases; Ca, Mg, K, Na) ด้วยวิธี 1 M NH_4OAc pH 7.0 ปริมาณกรดที่สกัดได้ด้วย Barium chloride triethanolamine pH 8.2 และวิเคราะห์ด้วยวิธี back titration ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity, CEC) ด้วยวิธี 1 M NH_4OAc pH 7.0 ความต้องการปูนของดิน (lime requirement, LR) เพื่อยกระดับพีเอชดินให้ได้ 6.0 ด้วยวิธีของ Dunn (Dunn, 1943) ปริมาณเหล็กที่สกัดได้ (extractable Fe) ด้วย 0.005 M DTPA pH 7.3 (ประกอบด้วย 0.005 M DTPA, 0.005 M CaCl_2 และ 0.1 M TEA) ปริมาณอะลูมิเนียมที่สกัดได้ (extractable Al) ด้วย 1 M KCl (Blakemore et al., 1987) ร้อยละความอิ่มตัวของอะลูมิเนียม (aluminum saturation percentage) (Landon, 1991; Ikiriko et al., 2016) อัตราส่วนการดูดซับโซเดียม (sodium adsorption ratio, SAR) และปริมาณร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้ (exchangeable sodium percentage, ESP) โดยรายละเอียดวิธีการวิเคราะห์สมบัติดินแสดงใน National Soil Survey Center (2014)

สำหรับวัสดุทดลอง ได้แก่ โซเดียมเบนทอไนต์ และโดโลไมต์ ได้ทำการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี โดยผลการวิเคราะห์แสดงดัง Table 1 โดยวิธีการวิเคราะห์ที่ใช้วิธีเดียวกันกับการวิเคราะห์ดิน ยกเว้นพีเอชที่ใช้อัตราส่วนตัวอย่างต่อน้ำเป็น 1:10 และการวิเคราะห์ค่า calcium carbonate equivalent (CCE) ใช้วิธี HCl dissolution and black titration (USSSL, 1954)

Table 1 Chemical properties of sodium bentonite and dolomite.

Chemical properties	Na-bentonite	Dolomite
pH (1:10 H_2O)	9.54	8.85
EC (1:5) (dS m^{-1})	0.82	0.85
Exch Ca ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)	1.68	1.71
Exch Mg ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)	2.17	0.10
Exch K ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)	0.52	0.001
Exch Na ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)	3.60	0.31
CEC ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)	71.20	2.00
CCE (%)	19.24	100.21
ESP (%)	6,983	10
SAR	287	0.32

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (Randomized Complete Block Design, RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ มี 4 ตำรับทดลองดังนี้คือ

ตำรับที่ 1 ไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน (T1)

ตำรับที่ 2 ใส่โซเดียมเบนทอไนต์อัตรา 440 กรัมต่อดิน 1,000 กรัม (T2-BT)

ตำรับที่ 3 ใส่โดโลไมต์อัตรา 10 กรัมต่อดิน 1,000 กรัม (T3-DL)

ตำรับที่ 4 ใส่โซเดียมเบนทอไนต์ร่วมกับโดโลไมต์ ในสัดส่วนครึ่งหนึ่งของ T2 และ T3 (T4-BT+DL)

โดยอัตราการใส่โซเดียมเบนทอไนต์ (T2-BT) คำนวณจากการวิเคราะห์ค่า pH buffering capacity (pHBC) ของดิน (Aitken and Moody, 1994; Chittamart et al., 2018) และปริมาณโดโลไมต์ใส่ในอัตรา 1.5 เท่า จากค่าความต้องการปูนของดิน โดยการใส่โดโลไมต์นี้เพื่อทำการเปรียบเทียบโซเดียมเบนทอไนต์กับวัสดุปูนที่ใช้ทั่วไป ทำการขุดบ่อทดลองขนาด 3×3 เมตร ลึก 1.5 เมตร จำนวนทั้งหมด 12 บ่อ ใช้ดินที่ขุดจากบ่อทำคันบ่อ โดยตรงกลางบ่อจะทำการขุดร่องลึกจากพื้นบ่อประมาณ 50 เซนติเมตร แล้วนำมวลดินในร่องดังกล่าววางไว้ข้างบ่อ ฝั่งซ้ายดินแห้งประมาณ 2 สัปดาห์ (เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของแร่ไฟโรไซต์) แล้วนำดินดังกล่าวผสมกับโซเดียมเบนทอไนต์และโดโลไมต์อัตราส่วนตามตำรับการทดลองให้เข้ากัน แล้วนำดินที่ผสมแล้วเหล่านั้นกลับไปกลบปิดร่องไว้ตามเดิม (จำลองการขุดดินเพื่อวางท่อส่งก๊าซ) หลังจากนั้นทำการปูแผ่นพลาสติกโพลีเอทิลีน (PE) ภายในบ่อ ยกเว้นบริเวณกลางบ่อที่ได้ทำการผสมดินกับวัสดุทดลองไว้ ทั้งนี้ การปูแผ่น PE เพื่อลดผลกระทบของกรดจากดินด้านข้างบ่อและน้ำใต้ดิน ทำการเติมน้ำ ปรับสภาพน้ำ และทำการเลี้ยงปลากระพง เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

ทำการเก็บตัวอย่างดินพื้นบ่อทุกบ่อที่แห้งแล้วก่อนการผสม และหลังผสม (ดินพื้นบ่อ 130 เซนติเมตร) จากทุกตำรับการทดลองในสัปดาห์ที่ 1, 2, 6 และ 12 เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงค่า pH (1:1 H_2O) และค่า EC (1:5 H_2O) และทำการวิเคราะห์สมบัติดินทางเคมีของตัวอย่างดินหลังการทดลอง (สัปดาห์ที่ 12) ได้แก่ ปริมาณเบสที่แลกเปลี่ยนได้ อัตราส่วน

การดูดซับโซเดียม อัตราร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้ ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่สกัดจากดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (ECe) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน ปริมาณกรดที่สกัดได้ ปริมาณเหล็กและอะลูมิเนียมที่สกัดได้ อัตราร้อยละความอิ่มตัวของอะลูมิเนียม วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) เพื่อหาค่า F-test พร้อมทั้งเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ DMRT (Duncan's Multiple Range Tests) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ขึ้นไป

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการวิเคราะห์สมบัติของดินก่อนทดลอง

ผลของการวิเคราะห์สมบัติทางประชากรของชุดดินองครักษ์ที่ใช้ศึกษา (Table 2) ดินล่างเป็นดินเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay) ดินมีค่า pH 3.05 เป็นกรดรุนแรงมาก มีค่าการนำไฟฟ้า (EC) (1:5 H₂O) เท่ากับ 1.25 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินอยู่ในระดับสูงมาก (5.29 เปอร์เซ็นต์) โดยทั่วไปแล้วดินเหนียวและอินทรีย์วัตถุสูงซึ่งมีประจุลบเป็นจำนวนมากและมีความสามารถในการดูดซับแคตไอออนสูงจะมีความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงพีเอชได้ดี (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) ดังนั้นดินที่ทำการศึกษา (ดินล่าง) จึงจำเป็นต้องใช้วัสดุปูนจำนวนมากเพื่อยกระดับพีเอชของดินให้สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่าความต้องการปูนของดิน (LR) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2,198 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนปริมาณแคลเซียม (Exch. Ca) และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch. K) ในดินอยู่ในระดับต่ำ มีค่าเท่ากับ 1.68 และ 0.52 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ แต่มีปริมาณแมกนีเซียม (Exch. Mg) และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch. Na) อยู่ในระดับสูง (2.17 และ 3.60 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ) เนื่องจากวัตถุต้นกำเนิดดินเป็นตะกอนทะเลเก่า ซึ่งตะกอนน้ำกร่อยมีปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Keren, 2000; Havlin et al., 2005) ปริมาณกรดที่สกัดได้ (EA) มีค่าอยู่ในระดับที่สูงมาก (49 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) มีค่าอยู่ในระดับสูงมาก (35.50 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ปริมาณเหล็กที่สกัดได้ (Extr. Fe) ในดินอยู่ในระดับต่ำ (0.36 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ปริมาณอะลูมิเนียมที่สกัดได้ (Extr. Al) ในดินอยู่ในระดับสูง (34.47 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ร้อยละความอิ่มตัวของอะลูมิเนียมในดิน มีค่าเท่ากับ 81.22 เปอร์เซ็นต์ สามารถใช้ทำนายความเป็นพิษของอะลูมิเนียมได้แม่นยำว่าการใช้อะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้เพียงอย่างเดียว (Kamprath, 1984) สำหรับอัตราส่วนโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (SAR) ในดินนั้น พบว่าดินมีสัดส่วนการดูดซับโซเดียมอยู่ในระดับต่ำและไม่เป็นดินเค็มโซดิก และมีปริมาณร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้ (ESP) อยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายถึงอันตรายเล็กน้อย

Table 2 Soil properties of Ongkharak soil series before the experiment.

Soil properties	Value	Interpretation
Soil texture	Silty clay	-
pH (1:1 H ₂ O)	3.05	Ultra acid
EC (1:5 H ₂ O) (dS m ⁻¹)	1.25	-
Organic carbon (%)	5.29	Very high
LR (kg CaCO ₃ rai ⁻¹)	2,198	-
Exch. Ca (cmol _c kg ⁻¹)	1.68	Very low
Exch. Mg (cmol _c kg ⁻¹)	2.17	Moderate
Exch. K (cmol _c kg ⁻¹)	0.52	Moderate
Exch. Na (cmol _c kg ⁻¹)	3.60	Very high
EA (cmol _c kg ⁻¹)	49	Very high
CEC (cmol _c kg ⁻¹)	35.50	Very high
Extr. Fe (cmol _c kg ⁻¹)	0.36	Low
Extr. Al (cmol _c kg ⁻¹)	34.47	High
% Al saturation (%)	81.22	-
SAR	9.20	Saline soil
ESP (%)	10.15	None to slight

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสมบัติดินในบ่อทดลอง

พีเอชดิน (soil pH)

การใช้โซเดียมเบนโทไนต์ โดโลไมต์ และโซเดียมเบนโทไนต์ร่วมกับโดโลไมต์ ในช่วงเริ่มต้นทดลอง (สัปดาห์ที่ 0) พบว่า ค่าพีเอชของดินก่อนผสมโซเดียมเบนโทไนต์ และโดโลไมต์ เพื่อปรับสภาพดินพื้นบ่อเลี้ยงปลาในแต่ละตำรับการทดลอง มีค่าใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างทางสถิติ ซึ่งมีค่าพีเอชดินในพิสัย 3.30-3.92 เมื่อทำการผสมวัสดุตามตำรับการทดลอง ในสัปดาห์ที่ 1 พบว่า T2-BT และ T4-BT+DL ค่าพีเอชดินสูงกว่า T1 และ T3-DL อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.59, 6.69, 4.66 และ 3.55 ตามลำดับ (Figure 1a) นอกจากนี้ พบว่า ค่าพีเอชดินของทุกตำรับการทดลองในสัปดาห์ที่ 2, 6 และ 12 ของ T2-BT และ T4-BT+DL มีค่าพีเอชดินสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าเท่ากับ 6.05, 6.53, 6.32 และ 5.85, 5.80, 5.83 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง พบว่า ใน T2-BT และ T4-BT+DL มีค่าพีเอชดินลดลงเล็กน้อยเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลจากการเติมโซเดียมเบนโทไนต์และโซเดียมเบนโทไนต์ร่วมกับการใส่ปูนโดโลไมต์ อาจส่งผลทำให้ดินมีความจุ ด้านทานการเปลี่ยนแปลงพีเอชเพิ่มขึ้นหลังจากการปรับพีเอชด้วยวัสดุทั้งสอง ในขณะที่ T1 ค่าพีเอชดินเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ทั้งนี้ เป็นผลมาจากการระบวณการรีดักชันที่ใช้โปรตอนในสภาพที่ดินขังน้ำ ซึ่งโดยปกติในดินที่มีค่าพีเอชต่ำจะทำให้ดินมีค่าพีเอชดินสูงขึ้นซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Patrick and Wyatt (1964) และ Yamane (1985) ที่พบว่าในระยะเวลาที่ขังน้ำ พีเอชของดิน กรดจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น การที่เกิดการเปลี่ยนแปลงเช่นนี้ เป็นผลจาก (Fe^{3+}) ถูกรีดิวซ์เป็น (Fe^{2+}) จากกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน ร่วมกับกระบวนการออกซิเดชัน-รีดักชัน นอกจากนี้ยังมีสารประกอบธาตุอื่นอีก เช่น แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) เพอร์ริสไอออน (Fe^{2+}) แมงกานีส (Mn^{2+}) ทำให้ดินมีปริมาณไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) และ CO_2 เพิ่มขึ้น ค่า pH ดินจึงเพิ่มขึ้นไปด้วย

ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC 1:5 H₂O)

ค่าการนำไฟฟ้าในดินเป็นค่าบ่งชี้ปริมาณเกลือที่ละลายได้และระดับความเค็มของดิน (salinity) (Figure 1b) พบว่า ในช่วงเริ่มต้นทดลอง ดินหลังปรับสภาพพื้นบ่อเลี้ยงปลาในทุกตำรับการทดลองมีค่าใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างทางสถิติ เมื่อพิจารณาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงตามช่วงระยะเวลาหลังการผสม (สัปดาห์ที่ 1, 2, 6 และ 12) พบว่า การใช้โซเดียมเบนโทไนต์ โดโลไมต์ และโซเดียมเบนโทไนต์ร่วมกับโดโลไมต์ไม่มีผลทำให้ค่าการนำไฟฟ้าของดินเปลี่ยนแปลงมากนัก จากผลการศึกษา ดินก่อนศึกษาและดินหลังการทดลอง พบว่า ในทุกตำรับการทดลองมีค่าการนำไฟฟ้าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกช่วงเวลาของการเก็บตัวอย่างดิน ค่าการนำไฟฟ้าที่ลดลงและเพิ่มขึ้นในระยะแรกอาจจะอธิบายได้ว่า ในสภาพขังน้ำจะทำให้การปลดปล่อย ธาตุอาหารพวกเหล็ก แมงกานีส แอมโมเนีย แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม โซเดียม และซัลเฟต และเมื่อขังน้ำระยะเวลานานขึ้นค่าการนำไฟฟ้าจะลดลงอาจจะเป็นผลจากการรวมตัวกันทางเคมีระหว่างเหล็กและแมงกานีสกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรเจนซัลไฟด์แล้วตกตะกอน (IRRI, 1964)

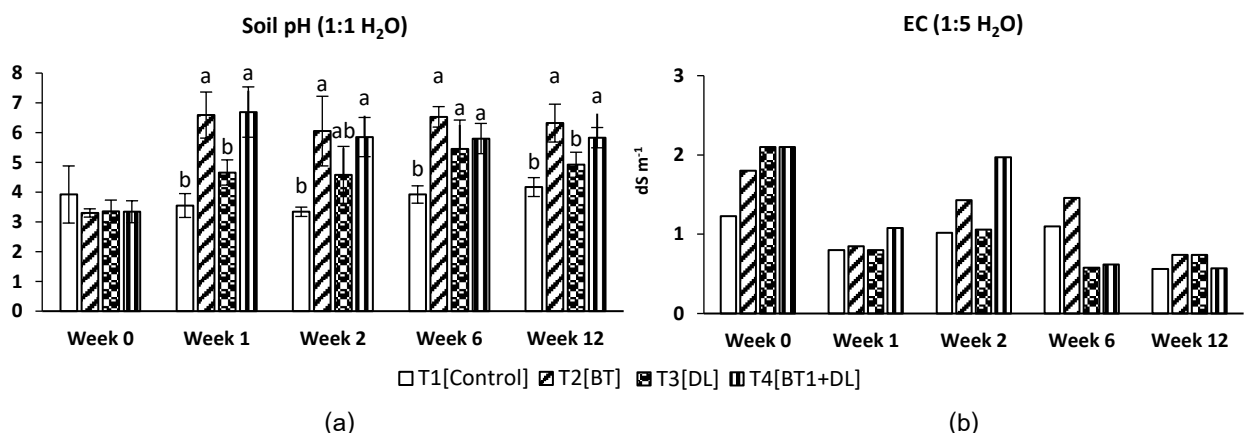


Figure 1 Soil pH (1:1 H₂O) (a) and electrical conductivity (EC 1:5 H₂O) (b) of the fish pond bases soils during the experiment. The values with the same letter above the bars are not significantly different at 5% level by DMRT.

ปริมาณเบสที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable bases)

เมื่อครบ 12 สัปดาห์ พบว่าการใช้โซเดียมเบนโทไนต์ โดโลไมต์ และโซเดียมเบนโทไนต์ร่วมกับโดโลไมต์ ในการปรับสภาพพื้นบ่อเลี้ยงปลาส่งผลต่อปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (Figure 2a) โดย T2-BT มีปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้

สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 13.63 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ส่วน T4-BT+DL มีค่ารองลงมา เท่ากับ 7.28 เซนติโมลต่อกิโลกรัม แต่ไม่แตกต่างกับ T3-DL ที่มีค่าเท่ากับ 4.74 เซนติโมลต่อกิโลกรัม และ T1 ที่มีค่าน้อยที่สุด เท่ากับ 3.54. เซนติโมลต่อกิโลกรัม นอกจากนี้ T2-BT ยังมีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับค่าการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 11.26 เซนติโมลต่อกิโลกรัม สำหรับ T4-BT+DL มีค่ารองลงมา โดยมีค่าเท่ากับ 6.96 เซนติโมลต่อกิโลกรัม แต่ไม่แตกต่างกับ T3-DL โดยมีค่าเท่ากับ 4.74 เซนติโมลต่อกิโลกรัม และ T1 มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 4.01 เซนติโมลต่อกิโลกรัม (Figure 2b) สำหรับปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้พบว่า T2-BT, T3-DL และ T4-BT+DL ค่าเท่ากับ 21.67, 21.62 และ 19.81 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่า T1 ที่มีค่าเท่ากับ 7.23 เซนติโมลต่อกิโลกรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 2c)

การใช้โซเดียมเบนทอไนต์ และโดโลไมต์ส่งผลให้ดินมีปริมาณโซเดียม แมกนีเซียม และแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าสูงกว่าค่าควบคุม เนื่องจากโซเดียมเบนทอไนต์ และโดโลไมต์มีสารประกอบของโซเดียม แมกนีเซียม และแคลเซียมอยู่ในโครงสร้าง สำหรับโซเดียมเบนทอไนต์โมเลกุลของน้ำและแคตไอออนต่าง ๆ เช่น Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ , K^+ และ Li^+ จะแทรกซึมเข้าไปดูดซับอยู่ที่ผิวภายในหลืบ (internal surface) ได้โดยง่าย ทำให้พื้นที่ผิวดูดซับโมเลกุลของน้ำและแคตไอออนได้มาก เมื่อถูกละลายจึงส่งผลให้มีปริมาณแคตไอออนถูกปลดปล่อยออกมาจากโครงสร้าง จึงส่งผลให้มีปริมาณโซเดียมถูกปลดปล่อยออกมาจากโครงสร้างของวัสดุ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544; Chittamart et al., 2018) รวมถึงผลจากการใช้โซเดียมเบนทอไนต์ และโดโลไมต์ซึ่งมีฤทธิ์เป็นด่างกับดินกรดแล้วทำให้ดินมีพีเอชสูงขึ้น เมื่อค่าพีเอชของดินเพิ่มสูงขึ้น และอยู่ในระดับที่เหมาะสม จึงส่งผลให้แคลเซียมละลายออกมาเพิ่มมากขึ้น (Weil and Brady, 2017) แต่จะสังเกตได้ว่าในค่าการควบคุมที่ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดินมีปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับที่สูงมากเช่นกัน เนื่องจากอิทธิพลของวัตถุดิบกำเนิดเป็นดินตะกอนทับถมของตะกอนน้ำกร่อย (van Breemen, 1993; Dent and Pons, 1995; Pant and Reddy, 2001) จึงทำให้พบปริมาณโซเดียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีปริมาณเพิ่มขึ้นไปอีก

ส่วนปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินหลังการทดลอง (สัปดาห์ที่ 12) พบว่าปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของ T2-BT และ T3-DL มีค่าสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับ T1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 0.87 และ 0.80 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างอย่างชัดเจนกับ T4-BT+DL ที่มีค่าเท่ากับ 0.74 เซนติโมลต่อกิโลกรัม และใน T1 มีค่าน้อยที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 0.59 เซนติโมลต่อกิโลกรัม (Figure 2d)

การใส่วัสดุปรับปรุงดินชนิดต่าง ๆ ส่งผลให้ดินมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าเพิ่มสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับดินก่อนทดลอง เนื่องจากเมื่อค่าพีเอชของดินเพิ่มสูงขึ้น และอยู่ในระดับที่เหมาะสมจึงส่งผลให้โพแทสเซียมละลายออกมาเพิ่มมากขึ้น (Weil and Brady, 2017)

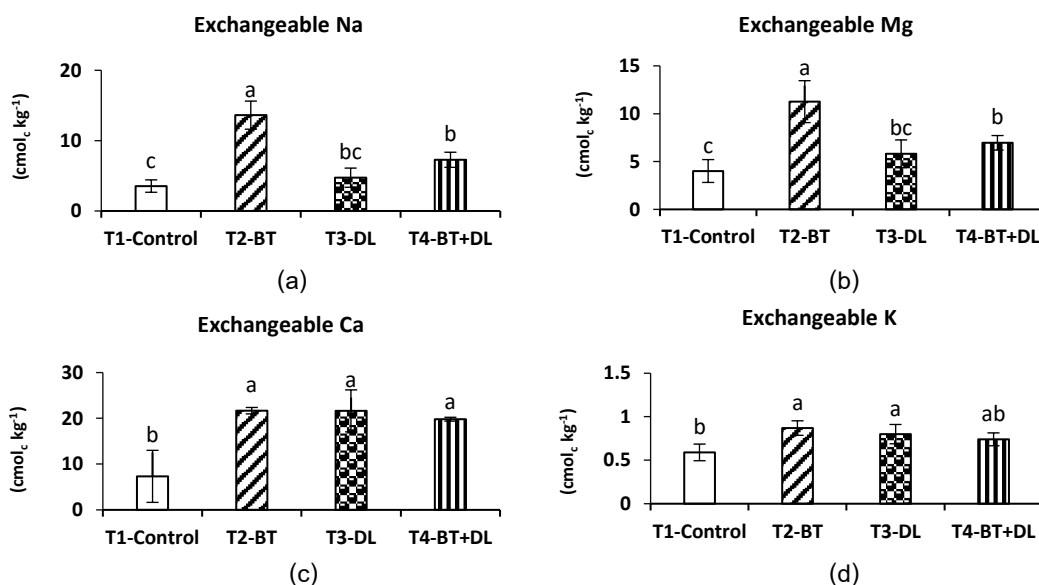


Figure 2 Exchangeable bases of the fish pond base soils after fish harvested (week12). The values with the same letter above the bars are not significantly different at 5% level by DMRT.

อัตราส่วนการดูดซับโซเดียม (SAR) อัตราร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้ (ESP) และค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่สกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (ECe)

การใช้โซเดียมเบนโทไนต์ โดโลไมต์ และโซเดียมเบนโทไนต์ร่วมกับโดโลไมต์ ในการปรับสภาพดินพื้นบ่อเลี้ยงปลา ส่งผลต่อ SAR และ ESP แสดงไว้ Figure 3a และ 3b พบว่า T2-BT มีค่าสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 39.58 และ 31.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับ T4-BT+DL มีค่ารองลงมา โดยมีค่าเท่ากับ 28.27 และ 18.93 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และ T3-DL มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติกับ T1 เนื่องจาก ESP มีค่าเพิ่มสูงขึ้นและมีค่ามากกว่าร้อยละ 15 ทุกตำรับการทดลอง อาจส่งผลให้เป็นดินโซดิกได้

การใช้โซเดียมเบนโทไนต์เพียงอย่างเดียวส่งผลให้ดินมี SAR มีค่าสูงสุด เนื่องจากโซเดียมเบนโทไนต์มีสารประกอบโซเดียมอยู่ในโครงสร้างของวัสดุ เมื่อถูกละลายจึงส่งผลให้มีปริมาณโซเดียมถูกปลดปล่อยออกมาจากโครงสร้างของวัสดุ และมีสัดส่วนมากกว่าแคลเซียมและแมกนีเซียมทำให้ SAR มีค่าสูง เนื่องจากค่า SAR ของดินมีความสัมพันธ์กับสัดส่วนของแคตไอออนชนิดต่าง ๆ ในระบบดิน โดยเฉพาะโซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (ไพบูลย์ ประพุดิธรรม, 2528) ดังนั้นการที่ดินมีค่า SAR สูงก็สอดคล้องกับปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ซึ่งมีค่าสูงด้วย ซึ่งการที่ดินมีสัดส่วนของโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้มากกว่าแคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ก็จะส่งผลให้ SAR และ ESP สูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับค่าวิเคราะห์ของดินก่อนการทดลอง

การใช้โซเดียมเบนโทไนต์ โดโลไมต์ และโซเดียมเบนโทไนต์ร่วมกับโดโลไมต์ ในการปรับสภาพดินพื้นบ่อเลี้ยงปลา ไม่มีผลต่อค่า ECe ที่แตกต่างกันทางสถิติ (Figure 3c) อย่างไรก็ตาม T2-BT มีค่าสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับ T1, T3-DL และ T4-BT+DL โดยมีค่าเท่ากับ 5.79, 3.32, 4.66 และ 3.85 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ตามลำดับ

การใส่วัสดุปรับปรุงดินชนิดต่าง ๆ ไม่ส่งผลต่อค่า ECe ต่อเนื่องจากสมบัติของดินดั้งเดิมมีค่า ECe ค่อนข้างสูงหรือจัดเป็นดินโซดิก เนื่องจากอิทธิพลของวัตถุต้นกำเนิดเป็นดินตะกอนทับถมของตะกอนน้ำกร่อย (van Breemen, 1993; Dent and Pons, 1995; Pant and Reddy, 2001) รวมถึงความชื้นของดิน ชนิดของพืชพรรณ ระดับน้ำใต้ดิน และกิจกรรมของมนุษย์ด้วย (Szabolcs, 1989; Gupta and Abrol, 1990)

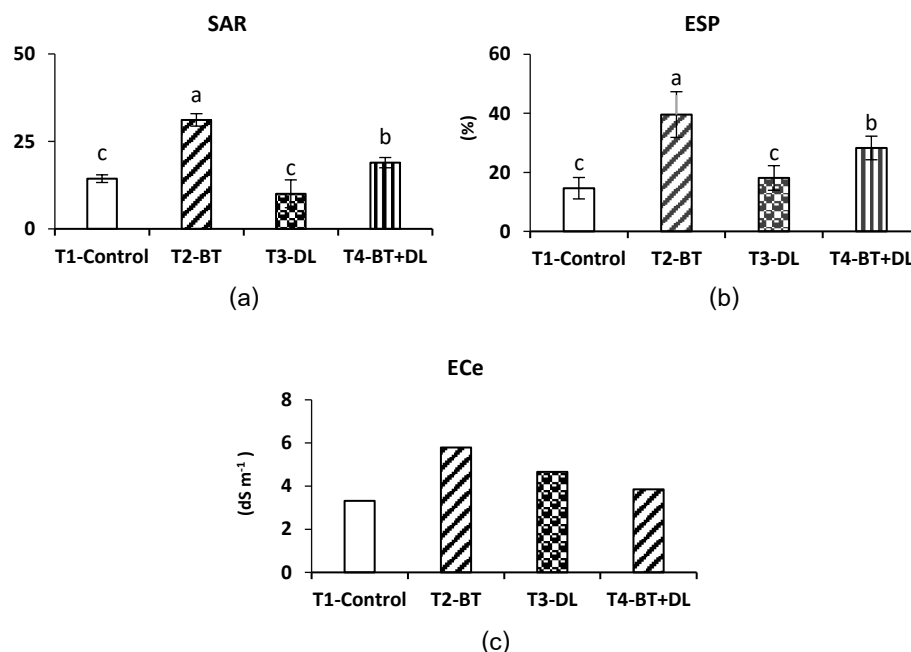


Figure 3 SAR, ESP and ECe of the fish pond base soils after fish harvested (week12). The values with the same letter above the bars are not significantly different at 5% level by DMRT.

ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) และปริมาณกรดที่สกัดได้ (EA)

ค่า CEC และ ค่า EA ของดินในแต่ละดำรับการทดลองในการปรับสภาพดินพื้นบ่อเลี้ยงปลา พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Figure 4a) อย่างไรก็ตาม T2-BT มีค่าสูงสุด (34.66 เซนติโมลต่ออิกิโลกรัม) เมื่อเปรียบเทียบกับ T1, T3-DL และ T4-BT+DL โดยมีค่าเท่ากับ 24.30, 25.90 และ 26.46 เซนติโมลต่ออิกิโลกรัม ตามลำดับ จัดอยู่ในระดับที่สูงถึงสูงมาก การใส่โซเดียมเบนทอไนต์ ส่งผลให้ค่า CEC ของดินสูงขึ้น เนื่องจากโซเดียมเบนทอไนต์ จัดเป็นแร่ดินเหนียวในกลุ่มสมกไทต์ (smectite group) ซึ่งเป็นแร่ดินเหนียวประเภท 2:1 ประกอบด้วยแผ่นซิลิกา 2 แผ่น ประกบกับแผ่นอะลูมินา 1 แผ่น (2:1 type clay) แผ่นโครงสร้างและหลักระหว่างแผ่นที่ซ้อนทับกันมีความหนา 9-21 Å มีความสามารถในการยืดหดขยายตัวสูง มีพื้นที่จำเพาะสูง โดยประจุลบในพื้นที่ผิวของแร่ดินเหนียวสามารถดูดซับแคตไอออนได้เพิ่มมากขึ้น ส่วนในดำรับควบคุมมีค่า CEC อยู่ในระดับสูง เนื่องจากมีอนุภาคขนาดดินเหนียวและปริมาณอินทรีย์วัตถุสูง (Table 2) โดยขึ้นอยู่กับชนิดของคอลลอยด์ ขนาดอนุภาคของคอลลอยด์ และแร่ที่เป็นองค์ประกอบ (Tisdale et al., 1993; Bayer et al., 2001; Weil and Brady, 2017)

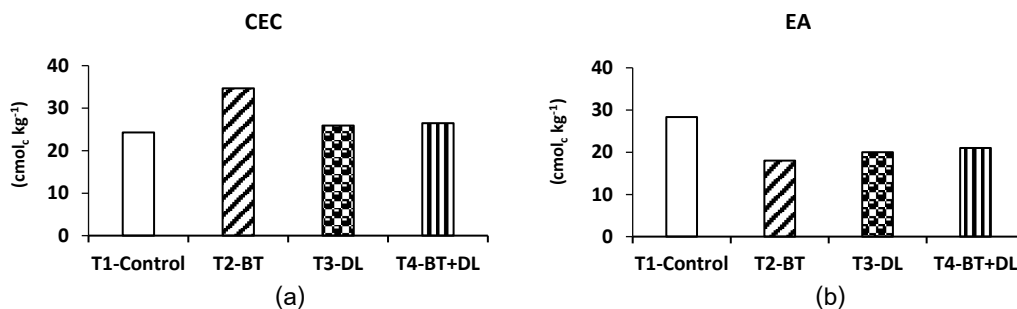


Figure 4 CEC and EA of the fish pond base soils after fish harvested (week12). The values with the same letter above the bars are not significantly different at 5% level by DMRT.

การใช้โซเดียมเบนทอไนต์ โดโลไมต์ และโซเดียมเบนทอไนต์ร่วมกับโดโลไมต์ ในการปรับสภาพดินพื้นบ่อเลี้ยงปลา ไม่มีผลต่อการทำให้ปริมาณกรดที่แลกเปลี่ยนได้แตกต่างทางสถิติ (Figure 4b) อย่างไรก็ตาม T1 มีปริมาณกรดที่แลกเปลี่ยนได้สูงที่สุด (28.33 เซนติโมลต่ออิกิโลกรัม) เมื่อเปรียบเทียบกับดำรับทดลองอื่น เนื่องจากการชั่งน้ำส่งผลให้ระดับค่าพีเอชเพิ่มสูงขึ้นทั้งนี้เป็นผลมาจากกระบวนการรีดักชันที่ใช้โปรตอนในสภาพที่ดินขังน้ำ ซึ่งโดยปกติในดินที่มีค่าพีเอชต่ำจะทำให้ดินมีค่าพีเอชดินสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Patrick and Wyatt (1964) และ Yamane (1985) เนื่องจากมีการแตกตัวของประจุมีไฮดรอกไซด์ไอออน (OH⁻) เดิมเข้าไปในระบบ จึงส่งผลให้ปริมาณกรดที่แลกเปลี่ยนได้ลดลงตามไปด้วย อย่างไรก็ตามการใส่วัสดุปรับปรุงดินชนิดต่าง ๆ ส่งผลให้ปริมาณกรดที่แลกเปลี่ยนได้ลดลงเมื่อเทียบกับดินก่อนการทดลอง เนื่องจากระดับค่าพีเอชที่เพิ่มสูงขึ้นจากการใส่วัสดุปรับปรุงดินมีความสามารถในการสะเทินความเป็นกรด ส่งผลให้ปริมาณกรดที่แลกเปลี่ยนได้ลดลง

ปริมาณเหล็กที่สกัดได้ (extractable Fe)

การใช้โซเดียมเบนทอไนต์ โดโลไมต์ และโซเดียมเบนทอไนต์ร่วมกับโดโลไมต์ ในการปรับสภาพดินพื้นบ่อเลี้ยงปลา ไม่ส่งผลต่อปริมาณเหล็กที่สกัดได้ในดิน (Figure 5a) เช่นเดียวกับกับปริมาณกรดที่สกัดได้ ทั้งนี้ปริมาณเหล็กที่สกัดได้ในดินมีปริมาณใกล้เคียงกับปริมาณเหล็กที่สกัดได้ในดินล่างที่ระดับความลึก 52-145 เซนติเมตรของดินเปรี้ยวจัด (1.67 เซนติโมลต่ออิกิโลกรัม) (สิริลักษณ์ พลายนแก้ว, 2559) อย่างไรก็ตาม T1 มีแนวโน้มของปริมาณเหล็กที่สกัดได้สูงที่สุด (1.41 เซนติโมลต่ออิกิโลกรัม) เมื่อพิจารณาปริมาณเหล็กที่สกัดได้เทียบกับเกณฑ์ของระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารพืช (Davidescu and Davidescu, 1982; Bennett, 1993) พบว่าอยู่ในระดับเพียงพอถึงเป็นพืชต่อพืช ซึ่งหากดินมีปริมาณเหล็กมากเกินไป จะส่งผลในทางอ้อมให้เกิดความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำได้ Dent (1986) รายงานว่า ที่ระดับพีเอชต่ำ (<pH 4.0) จะมีผลทำให้ปริมาณเหล็กไอออน (Fe²⁺) ซึ่งเป็นไอออนและสารประกอบที่มีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ เช่น กุ้ง ปลากระพง ความเป็นพิษจากเหล็กโดยเฉพาะดินเปรี้ยวจัดซึ่งมีเหล็กไอออนในสารละลายดินสูงมาก ธาตุเหล็กที่เกิดขึ้นในดินเปรี้ยวจัดเป็นสาเหตุสำคัญในการยับยั้งการดูดใช้ฟอสฟอรัส เนื่องจากฟอสฟอรัสตกตะกอนกับเหล็กในสารละลายดิน โดยเกิดเป็นสารประกอบเหล็กฟอสเฟต ซึ่งดูดยึดอยู่ที่ผิวของแร่ดินเหนียว หรือสารที่มีการแลกเปลี่ยนประจุ (Ponnamperuma and Solivas, 1981)

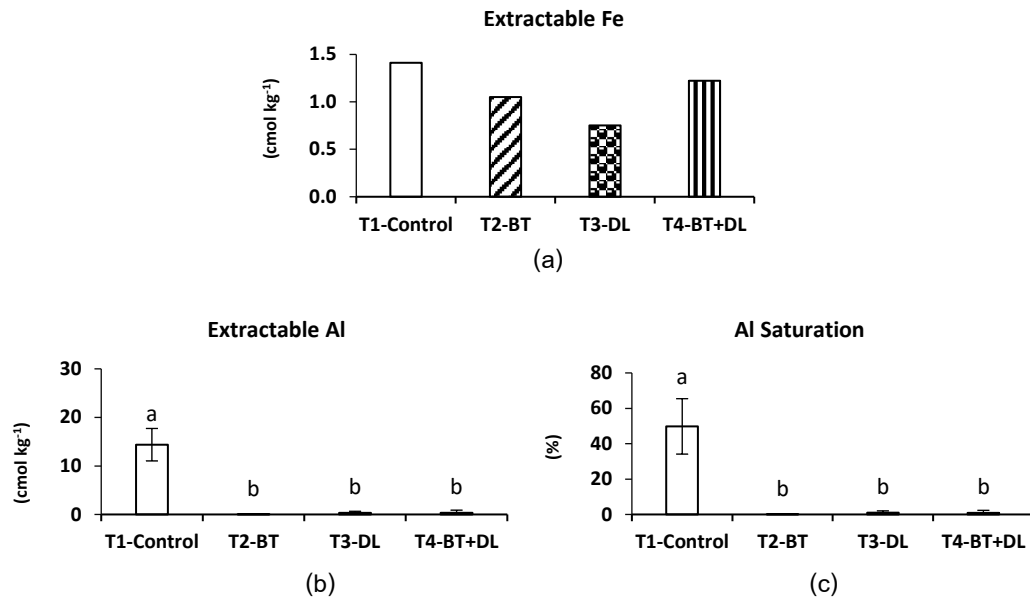


Figure 5 Extractable Fe and Al and Al saturation of the fish pond base soils after fish harvested (week12). The values with the same letter above the bars are not significantly different at 5% level by DMRT.

ปริมาณอะลูมิเนียมที่สกัดได้ (extractable Al) และอัตราร้อยละความอิ่มตัวของอะลูมิเนียม (Al saturation)

การใช้โซเดียมเบนโทไนต์ โดโลไมต์ และโซเดียมเบนโทไนต์ร่วมกับโดโลไมต์ในการปรับสภาพดินพื้นบ่อเลี้ยงปลา ส่งผลต่อปริมาณอะลูมิเนียมที่สกัดได้ในดิน (Figure 5b) พบว่า T1 มีค่าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 14.37 เซนติโมลต่อกิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับทดลองอื่น โดย T2-BT, T3-DL และ T4-BT+DL มีค่าเท่ากับ 0.03, 0.33 และ 0.34 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ปริมาณอะลูมิเนียมที่สกัดได้อยู่ในระดับสูงมาก เนื่องจากดินมีค่าพีเอชต่ำมาก ดินเป็นกรดรุนแรงทำให้อะลูมิเนียมสามารถละลายและแจกกระจายอยู่ในดินได้ในปริมาณมาก (เอิบ เขียววันรณณ์, 2550; van Breemen, 1976; Dent and Pons, 1995; Fanning, 2006; Kawahigashi et al., 2012) พีเอชของดินเป็นปัจจัยหลักในการควบคุมรูปและการละลายของอะลูมิเนียมในดิน โดยอาจพบในรูปของอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์หรืออะลูมิเนียมซัลเฟต ซึ่งจะสามารถละลายได้ในดินที่มีพีเอชต่ำกว่า 4.5 โดยปริมาณอะลูมิเนียมที่สกัดได้เพียง 2-3 เซนติโมลต่อกิโลกรัม จะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชได้หลายชนิด (Kesar et al., 1977)

การใส่วัสดุปรับปรุงดินชนิดต่าง ๆ ส่งผลให้ดินมีปริมาณอะลูมิเนียมในสารละลายดินมีค่าลดลง เนื่องจากระดับค่าพีเอชมีผลต่อปริมาณอะลูมิเนียมที่อยู่ในสารละลายดิน เมื่อค่าพีเอชของดินเพิ่มสูงขึ้น การละลายของธาตุอะลูมิเนียมจึงลดต่ำลงเมื่อเทียบกับค่าวิเคราะห์ของดินก่อนการทดลอง พบว่ามีปริมาณอะลูมิเนียมที่สกัดได้ในดินลดต่ำลง และในตำรับที่ไม่มีใส่วัสดุปรับปรุง การขังน้ำส่งผลให้ระดับค่าพีเอชเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการแตกตัวของประจุ มีไฮดรอกไซด์ไอออนเติมเข้าไปในระบบ จึงส่งผลให้ปริมาณอะลูมิเนียมที่สกัดได้ลดลงตามไปด้วย อย่างไรก็ตาม ปริมาณอะลูมิเนียมที่ละลายได้ในสารละลายดินจะลดลงเมื่อดินมีการขังน้ำมากขึ้น เนื่องจากอะลูมิเนียมจะทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสแล้วเปลี่ยนเป็นรูปสารประกอบเชิงซ้อนหรือพอลิเมอร์ซึ่งจะไม่ละลายและมักจะตกตะกอนได้ง่าย (ยงยุทธ โสภณสภา, 2552; Wallance and Anderson, 1984; Lenoble et al., 1996; Tahara et al., 2008) หากมีปริมาณอะลูมิเนียมมากเกินไปจะส่งผลในทางอ้อมให้เกิดความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ Dent (1986) รายงานว่าที่ระดับพีเอชต่ำจะมีผลทำให้ปริมาณอะลูมิเนียมไอออน (Al³⁺) ซึ่งเป็นไอออนและสารประกอบที่มีความเป็นพิษต่อสัตว์

อัตราร้อยละความอิ่มตัวของอะลูมิเนียม โดยพบว่า T1 มีค่าสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับ T2-BT, T3-DL และ T4-BT+DL อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 49.79, 0.05, 1.01 และ 0.90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Figure 5c) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณอะลูมิเนียมที่สกัดได้ นอกจากนี้ สามารถนำอัตราร้อยละความอิ่มตัวของอะลูมิเนียมมาใช้กำหนดระดับความเป็นพิษของอะลูมิเนียม (aluminium toxicity) โดยถ้าดินมีอัตราร้อยละความอิ่มตัวของอะลูมิเนียมสูงกว่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน ประสิทธิภาพจะส่งผลในทางอ้อมให้เกิดความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ เช่น กุ้ง ปลากระพง (ฐานันดร ทัดตานนท์, 2539; Kamprath, 1984; Landon, 1991)

- Davidescu, D., and Davidescu, V. 1982. *Evaluation of fertility by plant and soil analysis*. Tunbridge Wells, Kent, England: Abacus Press.
- Dent, D. 1986. *Acid sulphate soils: A baseline for research and development*. Wageningen: International Institute for Land Reclamation and Improvement ILRI.
- Dent, D., and Pons, L. J. 1995. A world perspective on acid sulphate soils. *Geoderma* 67: 263-276.
- Dunn, L. E. 1943. Lime requirement determination of soils by means 2 of titration curves. *Soil Science* 56: 341-351.
- Fanning, D. S. 2006. Acid sulfate soils. *Encyclopedia of Soil Science* 1: 11-13.
- Gupta, R. K., and Abrol, I. P. 1990. Salt-affected soils: Their reclamation and management for crop production. *Advances in Soil Science* 11: 223-288.
- Havlin, J. L., Beaton, J. D., Tisdale, S. M., and Nelson, W. L. 2005. *Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management*. 7th ed. Upper Saddle River, New York: Pearson Prentice Hall Inc.
- Ikiriko, M. E., Omueti, J. A. I., and Thomas, E. Y. 2016. Examination of percentage aluminium saturation as a criterion for liming tropical acid soils of Nigeria. *Journal of Agricultural Science and Technology* 1(5): 118-124.
- IRRI. 1964. Annual report. Los Baños, Philippines: International Rice Research Institute.
- Kamprath, E. J. 1984. Crop response to lime on soils in the tropics. In *Soil Acidity and Liming*, second edition, F. Adams, ed. pp. 349-368. Madison, Wisconsin: Am. Soc. of Agron.
- Kawahigashi, M., Do, N. M., Nguyen, B. V., and Sumida, H. 2012. Effective land and water management for controlling solutes from acid sulfate soils in Mekong delta paddy fields. *Pedologist* 55: 458-465.
- Keren, R. 2000. Salinity. In *Handbook of Soil Science*, M. E. Sumner, ed. pp. G3-G21. Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Keser, M., Neubauer, B. F., Hutchison, F. E., and Verril, D. H. 1977. Differential aluminum tolerance of sugarbeet cultivars, as evidenced by anatomical structure. *Journal of Agronomy* 69: 347-350.
- Landon, J. R. 1991. *Booker of tropical soil manual*. London: Booker Tate, Longman Scientific and technical.
- Lenoble, M. E., Blevins, D. G., Sharp, R. E., and Cumbie, B. G. 1996. Prevention of aluminum toxicity with supplement boron. I. Maintenance of root elongation and cellular structure. *Plant Cell and Environment* 19: 1132-1142.
- National Soil Survey Center. 2014. *Soil survey laboratory methods manual. Soil survey investigations report no. 42, version 5.0*. Lincoln, Nebraska: U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service.
- Pant, H. K., and Reddy, K. R. 2001. Phosphorus sorption characteristics of estuarine sediments under different redox conditions. *Journal of Environmental Quality* 30: 1474-1480.
- Patrick, W. H., and Wyatt, R. 1964. Soil nitrogen loss as a result of alternate submergence and drying. *Soil Science Society of America Proceedings* 28: 647-653.
- Ponnamperuma, F. N., and Solivas, J. L. 1981. Field amelioration of an acid sulfate soil for rice with manganese dioxide and lime. In *Proceedings of the Bangkok Symposium on Acid Sulphate Soils: Second International Symposium on Acid Sulphate Soils*. pp. 213-222. Wageningen, Netherlands: ILRI pub.
- Szabolcs, I. 1989. *Salt affected soils*. Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Tahara, K., Ymahoshita, T., Norisada, M., Hasegawa, I., Kasshima, H., Sasak, S., and Kojma, K. 2008. Aluminum distribution and reactive oxygen species accumulation in root tips of two melaleuca trees differing in aluminum resistance. *Plant and Soil* 307: 167-178.
- Tisdale, S. L., Nelson, W. L., Beaton, J. D., and Havlin, J. L. 1993. *Soil fertility and fertilizers*. 5th ed. New York: Macmillan.
- USSL (U.S. Salinity Laboratory Staff). 1954. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Washington, D.C.: Government Printing Office.
- Van Breemen, N. 1976. *Genesis and solution chemistry of acid sulfate soils in Thailand*. Wageningen, Netherlands: Centre for Agricultural Publishing and Documentation.
- Van Breemen, N. 1993. Acid sulfate soils. In *Selected Papers of the Ho Chi Minh City Symposium on Acid Sulphate Soils*. Dent, D. L., van Mensvoort, M. E. F., and Sullivan, L. A., eds. pp. 391-402. Wageningen, Netherlands: International Institute for Land Reclamation and Improvement.
- Wallance, S., and Anderson, U. 1984. Aluminum toxicity and DNA synthesis in wheat roots. *Journal of Agronomy* 76: 5-8.
- Weil, R. R., and Brady, N. C. 2017. *The nature and properties of soils*. 15th ed. New York, USA: Pearson Education.
- Yamane, I. 1958. Metabolism in muck paddy soil. 2. Determination of gases evolved from paddy and field estimation of decomposable organic matter. *Soil Science and Plant Nutrition* 4(1): 25-31.

วันรับบทความ (Received date) : 29 เม.ย. 63

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 27 พ.ค. 63

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

คุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของไบโอแคลเซียมจากก้างปลาทูน่าโดยวิธีการสกัด

Physicochemical Characteristics of Bio-Calcium Powder from Tuna Bones by Extraction Methods

ภาวิดา จินตนาณฤมิตร¹ ทวีศักดิ์ เตชะเกรียงไกร¹ และพรทิพย์ พสุกมลเศรษฐ์^{1*}
Pawita Jintananarumit¹, Taweesak Techakriengkrai¹ and Porntip Pasukamonset^{1*}

บทคัดย่อ

ก้างปลาทูน่า คือ ผลพลอยได้จากกระบวนการแปรรูปซึ่งในปัจจุบันมีผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ปลาทูน่ากระป๋องเพิ่มขึ้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาการนำก้างปลาทูน่ามาสกัดเป็นผงไบโอแคลเซียมโดยใช้วิธีอัลคาไลน์ ซึ่งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์จากก้างปลาทูน่า ด้วยเหตุนี้ทำให้ปริมาณโปรตีนและไขมันในผงไบโอแคลเซียมลดลง ปริมาณเถ้าเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการที่มีปริมาณไขมันต่ำจะช่วยลดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดกลิ่นหืน และส่งผลต่ออายุการเก็บรักษา ผงไบโอแคลเซียมควรมีสีขาว และปราศจากกลิ่นคาว งานวิจัยนี้ได้มีการนำก้างปลาทูน่ามาสกัดเป็นผงไบโอแคลเซียมโดยวิธีการสกัด 4 วิธี ได้แก่ 1) วิธีอัลคาไลน์ 2) วิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อน 3) วิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนและมีการกำจัดไขมันและการฟอกสีเป็นกระบวนการเสริม และ 4) วิธีอัลคาไลน์และมีการกำจัดไขมันเป็นกระบวนการเสริม ผลการวิจัยพบว่าผงไบโอแคลเซียมอุดมไปด้วยแคลเซียม (18.74%-21.45%) และฟอสฟอรัส (9.46%-10.28%) องค์ประกอบทางเคมีและค่าสีของผงไบโอแคลเซียมพบว่า วิธีอัลคาไลน์และมีการกำจัดไขมันเป็นกระบวนการเสริมมีค่าโปรตีนสูงที่สุด (29.94%) ค่าไขมันต่ำที่สุด (0.84%) ค่า b* ต่ำที่สุด (12.48%) และค่า L* ต่ำกว่าวิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนและมีการกำจัดไขมันและการฟอกสีเป็นกระบวนการเสริมอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) จากผลลัพธ์นี้แสดงให้เห็นถึงคุณลักษณะทางกายภาพ เคมี และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผงไบโอแคลเซียมที่ยอมรับได้

คำสำคัญ: ก้างปลาทูน่า คุณลักษณะทางกายภาพ คุณลักษณะทางเคมี ไบโอแคลเซียม การสกัด

Abstract

Tuna bone is a by-product of tuna processing, which is a growth industry that has attracted more manufacturers that produce canned tuna products. The objective of this research was to study the extraction of bio-calcium powder from tuna bone using the alkaline method. This method is an effective technique to get rid of organic substances from the bone. This method produces a decrease in the quantity of protein and fat in extracted bio-calcium powder, and a corresponding increase in the amount of ash. One positive effect of the reduction in fat content is lower susceptibility to oxidative rancidity and thus shelf life extension. The bio-calcium powders are white in color and without any undesirable fishy odor. In this study, bio-calcium powder was extracted from tuna bone via the following four methods: the alkaline (AK) method, the heat-treated alkaline (HAK) method, the heat-treated alkaline with fat removal and bleaching supplementary method (HAK-FB), and the alkaline with fat removal supplementary (AK-F) method. The results showed that bio-calcium powder from tuna bone was rich in calcium (18.74%-21.45%) and phosphorus (9.46%-10.28%). The proximate and LAB color results of the bio-calcium powder indicated that the AK-F method obtained a higher protein (29.94%), lower fat (0.84%), lower b* value (12.48%) and lower b* value than did the HAK-FB method ($P < 0.05$). Besides, this method produced bio-calcium powder of satisfactory physicochemical characteristics. Furthermore, the powder performed well in sensory evaluations.

Keywords: fishbone, physical characteristics, chemical characteristics, bio-calcium, extraction

¹ ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹ Department of Home Economics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

* Corresponding author, Email: pasukamonset@gmail.com

คำนำ

ปัจจุบันประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกอาหารทะเลกระป๋องและแปรรูปเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญอันดับหนึ่งของประเทศไทย (กระทรวงพาณิชย์, 2561) นอกจากนี้ความต้องการผลิตภัณฑ์ปลาทุ่นำกระป๋องเพิ่มมากขึ้นทั้งตลาดในประเทศและนอกประเทศ ทำให้มีผลิตภัณฑ์ปลาทุ่นำกระป๋องหลากหลาย เช่น ปลาทุ่นำในน้ำมันหรือน้ำเกลือ ปลาทุ่นำในเครื่องแกงหรือซอสประเภทต่าง ๆ ส่งผลให้เกิดการแปรรูปปลาทุ่นำเพิ่มขึ้น จึงเกิดเศษเหลือ ได้แก่ หัว ไล่ ก้าง และหนังจากกระบวนการแปรรูปปลาทุ่นำกระป๋อง จากงานวิจัยที่ผ่านมารายงานว่าการผลิตปลาทุ่นำกระป๋องส่งออก ทำให้เกิดเศษเหลือจากกระบวนการแปรรูปปลาทุ่นำประมาณ 10-15% (Benjakul et al., 2017) ซึ่งปริมาณวัตถุดิบของเศษเหลือจากกระบวนการแปรรูปปลาทุ่นำกระป๋องนั้นสามารถนำมาแปรรูปเพื่อให้ได้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ เช่น เศษปลา เครื่องในปลา ก้างปลานำไปผลิตปลาป่น น้ำนึ่งปลานำไปผลิตซอสปรุงรสหรือน้ำมันทูน่า (Sayana and Sirajudheen, 2017) เป็นต้น

ก้างปลาจัดเป็นผลพลอยได้ของเศษเหลือจากกระบวนการแปรรูปปลาทุ่นำกระป๋อง มีองค์ประกอบในด้านโภชนาการที่สำคัญ จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่ากระดูกปลาโอดำและกระดูกปลาทุ่นำกระป๋องมีโปรตีน 27.93% และ 26.29% ไขมัน 0.26% และ 0.19% และเถ้า 69.68% และ 69.54% ตามลำดับ (Benjakul et al., 2017) และพบปริมาณของแคลเซียมสูงถึง 24.56% (Nemati et al., 2017) แคลเซียมจัดเป็นแร่ธาตุที่มีความสำคัญอย่างมากต่อสุขภาพร่างกาย โดยเป็นสารอาหารหลักภายในร่างกายพบที่ในฟันและกระดูกถึง 99% ดังนั้นแคลเซียมจึงมีประโยชน์ต่อสุขภาพฟันและกระดูก และในระบบอื่น ๆ ของร่างกาย เช่น สุขภาพและการทำงานของเส้นประสาทและเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ (Beto, 2015) ดังนั้นการหันมารับประทานอาหารเสริมแคลเซียมจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่ส่งผลดีต่อสุขภาพ

ในปัจจุบันจึงมีผลิตภัณฑ์เสริมแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อการเพิ่มปริมาณแคลเซียมในร่างกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มประชากรที่มีการบริโภคแคลเซียมไม่เพียงพอ ซึ่งผลิตภัณฑ์เสริมแคลเซียมทั่วไป เช่น นม แبنกาลี แبنกาลีโพด เกลือน้ำตาล ไขมัน และน้ำมัน เป็นต้น ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ได้เสริมแคลเซียมในรูปของเกลือแคลเซียม เช่น แคลเซียมคาร์บอเนต แคลเซียมซิเตรต และไตรแคลเซียมฟอสเฟต เป็นต้น แต่ทั้งนี้การได้รับแคลเซียมจากธรรมชาติก็เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ก้างปลา เป็นแหล่งของแคลเซียมฟอสเฟต ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับส่วนประกอบของกระดูกมนุษย์ (Nemati et al., 2017) ซึ่งก้างปลานั้นมีไขมันและโปรตีนอยู่ในปริมาณที่เพียงพอ ไขมันของก้างปลาอยู่ในรูปของไตรกลีเซอไรด์ซึ่งสามารถย่อยสลายได้เมื่อถูกความร้อนในสภาวะความเป็นด่าง (Talib et al., 2014) โดยวิธีอัลคาไลน์ คือ วิธีที่สามารถกำจัดโปรตีนและไขมันออกจากก้างปลาทุ่นำ เพื่อที่จะให้ได้เถ้าซึ่งเป็นเกณฑ์สำคัญจากก้างปลาทุ่นำ ผลของโซเดียมไฮดรอกไซด์ในระหว่างกระบวนการผลิตผงก้างปลาทุ่นำทำให้เกิดการละลายและกำจัดสารอินทรีย์จากก้างปลา จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้โปรตีนและไขมันในผงก้างปลาลดลงและเถ้าเพิ่มขึ้น จะเห็นได้ว่าวิธีอัลคาไลน์เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์เพื่อให้ได้ผงก้างปลาที่มีความบริสุทธิ์สูง ยิ่งไปกว่านั้นวิธีการนี้เป็นวิธีที่ง่ายและประหยัดต้นทุน (Nemati et al., 2017) จากงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการสกัดแคลเซียมจากก้างปลาโดยการนำเอาก้างปลาและเสริมในข้าวเกรียบข้าวสาลีเพื่อเป็นแหล่งอาหารเพื่อสุขภาพที่อุดมไปด้วยแคลเซียมโดยวิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อน และมีการกำจัดไขมันและการฟอกสีเป็นกระบวนการเสริม การฟอกสีจะช่วยให้ a* และ b* ลดลง ทำให้แคลเซียมจากก้างปลาไม่ผลกระทบโดยตรงต่อสีของข้าวเกรียบข้าวสาลี (Benjakul and Kamjanapratum, 2018) นอกจากนี้มีงานวิจัยที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมแคลเซียมจากก้างปลาทุ่นำและคุณลักษณะทางโภชนาการโดยวิธีอัลคาไลน์เป็นการกำจัดโปรตีนและไขมันจากก้างปลาลงเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์เสริมแคลเซียมจากก้างปลาทุ่นำที่มีความบริสุทธิ์สูง (Nemati et al., 2017) จากงานวิจัยที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่าการสกัดแคลเซียมจากก้างปลาด้วยวิธีที่แตกต่างกันแต่ได้ผลลัพธ์ออกมาในทำนองเดียวกัน ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการศึกษาหาวิธีที่เหมาะสมในการเตรียมผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาทุ่นำ โดยทำการทดลองใช้วิธีการเตรียมผงไบโอแคลเซียมที่แตกต่างกัน 4 วิธี และทำการศึกษาค่าผลผลิต คุณลักษณะทางเคมี กายภาพ และองค์ประกอบทางเคมีของผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาทุ่นำ เพื่อใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบแคลเซียมสกัดจากธรรมชาติต่อไป

วิธีการศึกษา

วัตถุดิบ

เศษก้างปลาทุ่นำสายพันธุ์ *Thunnus albacares*, *Euthynnus affinis*, *Katsuwonus pelamis* และ *Thunnus tonggol* จากบริษัท เข้าส์อีสต์เอเชียนแพคเกจจิ้งแอนด์แคนนิ่ง จำกัด จังหวัดสมุทรสาคร

การเตรียมวัตถุดิบ

ดัดแปลงขั้นตอนการทำความสะอาดจาก Abbey et al. (2017) นำก้างปลาทูน่ามาล้างทำความสะอาด สะเด็ดน้ำ จากนั้นหั่นเป็นท่อนขนาด 1-2 เซนติเมตร บรรจุถุงพลาสติกปิดสนิท เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส

วิธีการสกัดผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาทูน่า

ทำการสกัดผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาทูน่า ด้วยวิธีสกัดทั้งหมด 4 วิธี ได้แก่ 1) วิธีอัลคาไลน์ (AK) ดัดแปลงขั้นตอนการสกัดจาก ผกาวิทย์ ภูจันทร์ (2559) 2) วิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อน (HAK) โดยดัดแปลงขั้นตอนการสกัดจาก Nemati et al. (2017) 3) วิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนและมีการกำจัดไขมันและการฟอกสี (HAK-FB) เป็นกระบวนการเสริมดัดแปลงขั้นตอนการสกัดจากวิธีการของ Benjakul and Karnjanapratum (2018) และ 4) วิธีอัลคาไลน์และมีการกำจัดไขมัน (AK-F) เป็นกระบวนการเสริมดัดแปลงขั้นตอนการสกัดจาก ผกาวิทย์ ภูจันทร์ (2559) และ Benjakul and Karnjanapratum (2018) (Figure 1)

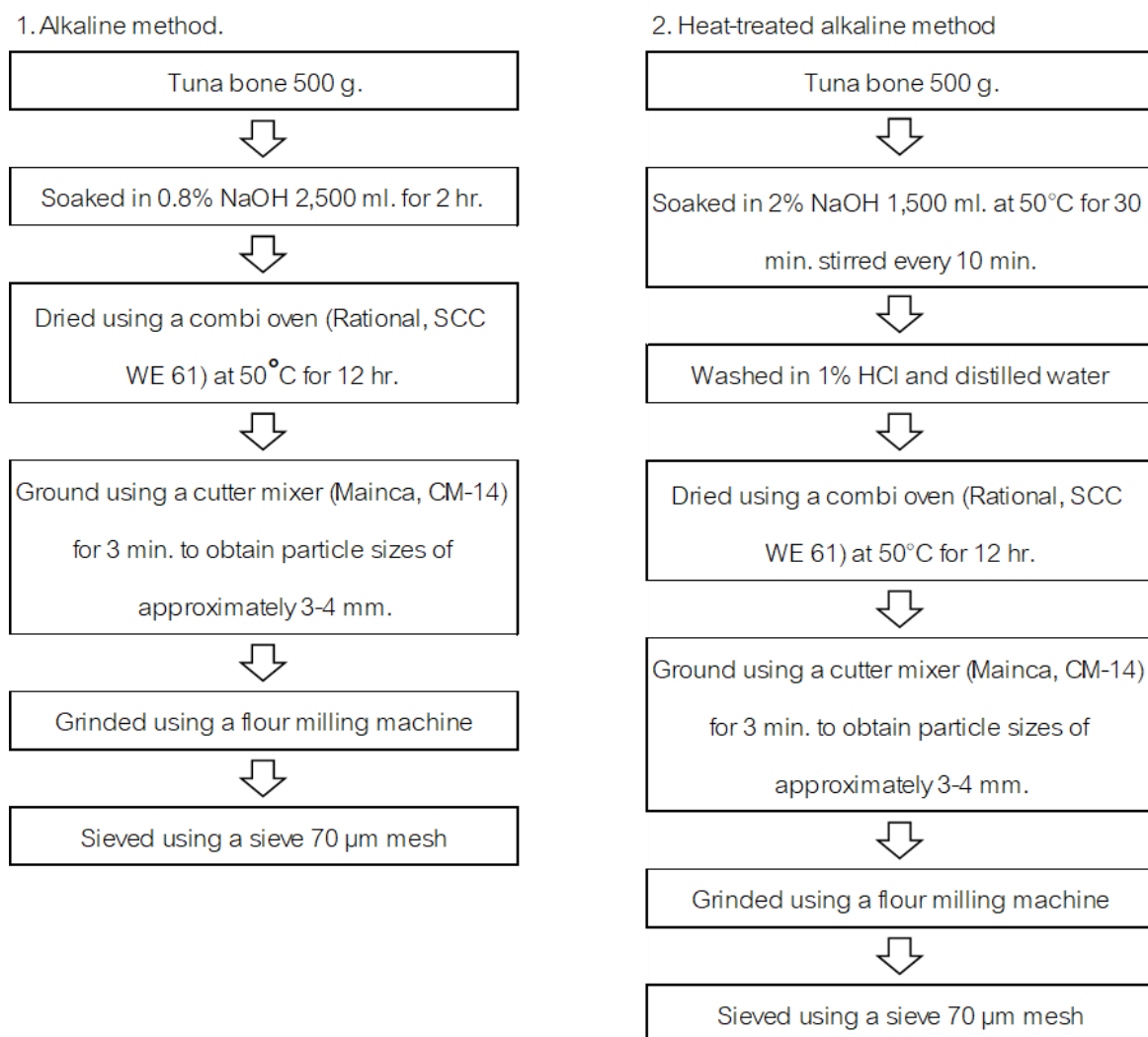


Figure 1 Flow chart of each extraction method.

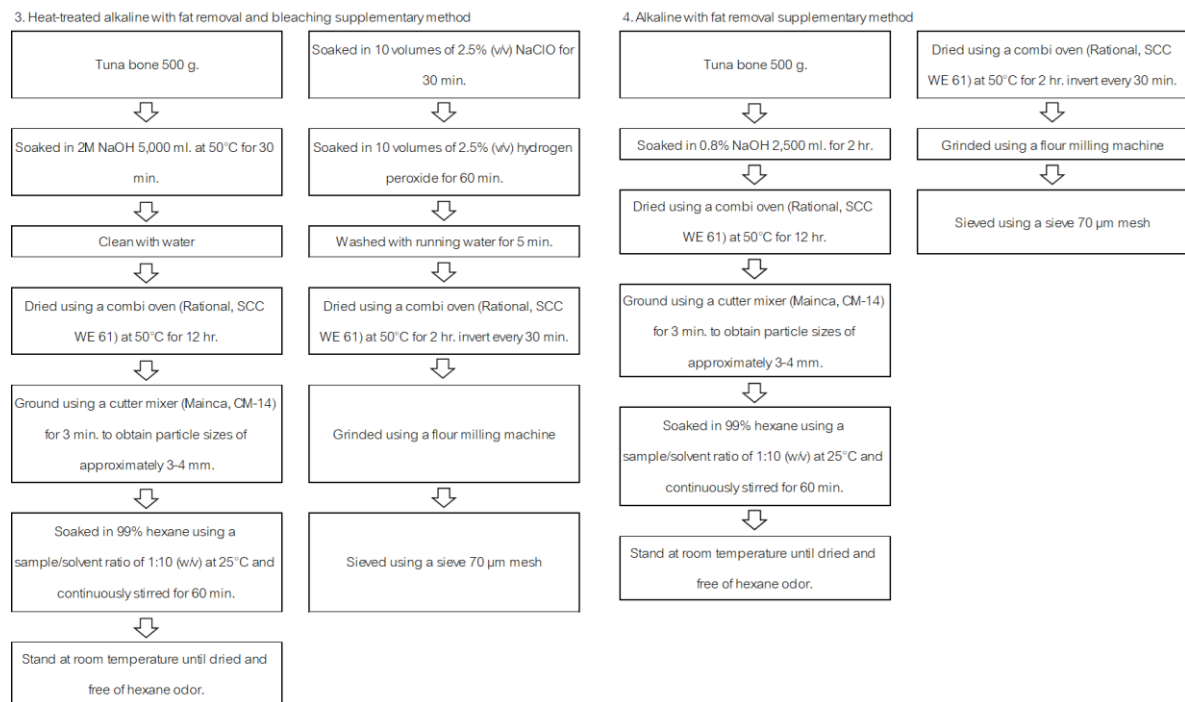


Figure 1 (continued).

เมื่อได้ผลผลิตจากการสกัดทั้ง 4 วิธีแล้ว ชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณปริมาณผลผลิต โดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{ปริมาณผลผลิตผงใบโอคลเซียม} = (\text{น้ำหนักผงใบโอคลเซียมที่สกัดได้} / \text{น้ำหนักตัวอย่างสด}) \times 100$$

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีจากการสกัดผงใบโอคลเซียมจากก้างปลาทูน่า

นำตัวอย่างผงใบโอคลเซียมของทั้ง 4 วิธี มาวิเคราะห์องค์ประกอบของสารอาหารของผงใบโอคลเซียม ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน ฟอสฟอรัส และแคลเซียม ตามวิธี AOAC (2016)

วิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพจากการสกัดผงใบโอคลเซียมจากก้างปลาทูน่า

นำตัวอย่างผงใบโอคลเซียมของทั้ง 4 วิธี มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพของผงใบโอคลเซียม

- ค่าสี L^* (ค่าความสว่าง) a^* (ค่าความเป็นสีแดง) และ b^* (ค่าความเป็นสีเหลือง) โดยใช้เครื่องวัดสี (ColorFlex, HunterLab, USA) จำนวน 3 ซ้ำ
- ปริมาณน้ำอิสระ (water activity, a_w) ด้วยเครื่อง a_w meter (RS-232, AQUA Lab, USA) จำนวน 3 ซ้ำ

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

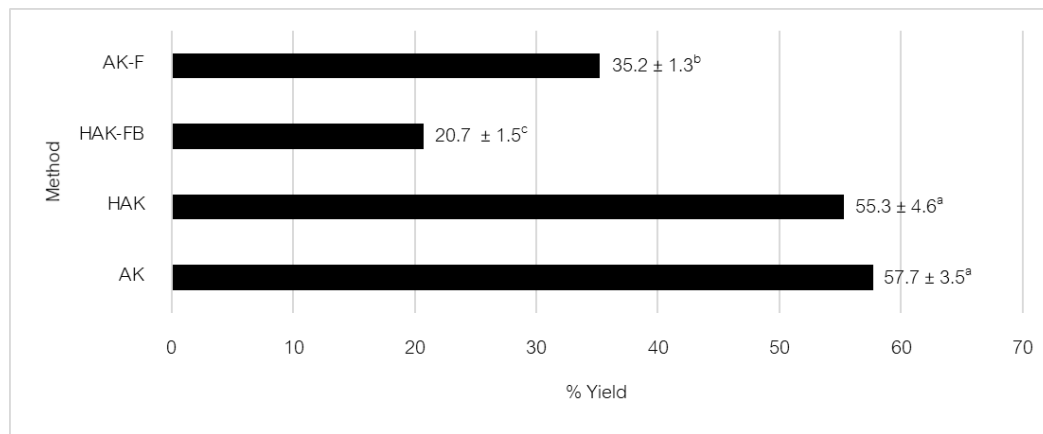
วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี One-way ANOVA และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ และรายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการศึกษาปริมาณผลผลิตผงใบโอคลเซียม

จากการศึกษาปริมาณผลผลิตผงใบโอคลเซียมโดยนำก้างปลาทูน่าผ่านกระบวนการสกัดทั้ง 4 วิธี เมื่อพิจารณาปริมาณผลผลิตพบว่าการสกัดผงใบโอคลเซียมทั้ง 4 วิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยวิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนและมีการกำจัดไขมันและการฟอกสีเป็นกระบวนการเสริมมีปริมาณผลผลิตต่ำที่สุด คือ 20.7% และวิธีอัลคาไลน์ได้ปริมาณผลผลิตมากที่สุด คือ 57.7% (Figure 2) เนื่องจากในขณะนำก้างปลาทูน่าผ่านกระบวนการอบแห้งด้วยเตาอบอาหารใช้ลมร้อน/ไอน้ำ (combi oven) น้ำจะระเหยออกจากก้างปลาทูน่า ซึ่งจะบอกได้จากค่าความชื้นที่เข้าใกล้ศูนย์ โดยน้ำหนักแห้งจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณไขมันที่สูงขึ้น (Benjakul et al., 2017) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ปริมาณผลผลิตผงใบโอคลเซียมจากวิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนและมีการกำจัดไขมันและการฟอกสีเป็นกระบวนการเสริม และวิธีอัลคาไลน์และมีการกำจัดไขมัน

เป็นกระบวนการเสริมให้ปริมาณผลผลิตของผงไบโอแคลเซียมน้อย เนื่องจากจากในขั้นตอนการสกัดมีการอบแห้งถึง 2 ครั้ง ซึ่งต่างจากวิธีอัลคาไลน์ และวิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนที่มีขั้นตอนการอบแห้งเพียงครั้งเดียว รวมถึงปัจจัยของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้งปลาทูน่ามีผลต่อปริมาณผลผลิตผงไบโอแคลเซียมและปริมาณความชื้นเช่นกัน



AK: alkaline method.

HAK: heat-treated alkaline method.

HAK-FB: heat-treated alkaline with fat removal and bleaching supplementary method.

AK-F: alkaline with fat removal supplementary method.

a-c Means within a row with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

Figure 2 The percentage of yield each extraction method.

ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีจากวิธีการสกัดผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาทูน่า

จากผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาทูน่าโดยวิธีการสกัด 4 วิธี พบว่าปริมาณโปรตีน ไขมัน และเถ้ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (Table 1) วิธีอัลคาไลน์และมีการกำจัดไขมันเป็นกระบวนการเสริมมีค่าปริมาณโปรตีนสูงที่สุด คือ 29.94% วิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนและมีการกำจัดไขมันและการฟอกสีเป็นกระบวนการเสริมมีค่าปริมาณเถ้าสูงที่สุด คือ 60.21% ปริมาณไขมันพบว่าวิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนและมีการกำจัดไขมันและการฟอกสีเป็นกระบวนการเสริม และวิธีอัลคาไลน์และมีการกำจัดไขมันเป็นกระบวนการเสริมมีค่าต่ำสุดในปริมาณใกล้เคียงกัน คือ 0.68%-0.84% การที่ปริมาณโปรตีนและไขมันมีค่าลดลงในผงไบโอแคลเซียมเนื่องจากวิธีอัลคาไลน์เป็นวิธีที่สามารถกำจัดโปรตีนและไขมันออกจากก้างปลาทูน่าซึ่งเป็นผลมาจากโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่สามารถกำจัดสารอินทรีย์ (ไขมันและโปรตีน) ออกจากก้างปลาเพื่อให้ได้ผงไบโอแคลเซียมที่มีความบริสุทธิ์สูง รวมถึงความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์มีผลกระทบต่อปริมาณโปรตีนและไขมัน แต่ส่งผลดีต่อปริมาณเถ้าในผงไบโอแคลเซียม (Nemati et al., 2017) จากผลการศึกษา พบว่าการสกัดผงไบโอแคลเซียมโดยวิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนและมีการกำจัดไขมันและการฟอกสีเป็นกระบวนการเสริมมีปริมาณเถ้าสูง เนื่องจากในขั้นตอนการสกัดผงไบโอแคลเซียมใช้ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์สูงที่สุดจึงส่งผลให้ปริมาณโปรตีนและไขมันลดลง แต่ปริมาณเถ้าเพิ่มขึ้นนั่นเอง จากวิธีการสกัดวิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนและมีการกำจัดไขมันและการฟอกสีเป็นกระบวนการเสริม และวิธีอัลคาไลน์และมีการกำจัดไขมันเป็นกระบวนการเสริมมีขั้นตอนการใช้เฮกเซนในระหว่างกระบวนการสกัดซึ่งเฮกเซนเป็นสารระเหยประเภทหนึ่ง จากผลการศึกษาของ Benjakul et al. (2017) รายงานว่า สารระเหยของผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาทูน่าสายพันธุ์ tongol และ yellowfin พบแอลกอฮอล์ซึ่งเป็นสารระเหยที่พบมากที่สุด ในผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาทูน่าสายพันธุ์ tongol และ yellowfin ซึ่งแอลกอฮอล์เกิดจากการสลายตัวของไฮโดรเปอร์ออกไซด์จากปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชันของไขมัน สารประกอบแอลกอฮอล์หลักที่พบในผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาทูน่าสายพันธุ์ tongol คือ 2-methyl-1-propanol และ 1-propen-2-ol ตามลำดับ อีกทั้งยังพบ 1-octen-3-ol, 2-hexen-1-ol และ (Z)-3-hexen-1-ol ในผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาทูน่าสายพันธุ์ tongol แต่พบในปริมาณน้อย แต่ในผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาทูน่าสายพันธุ์ yellowfin ไม่พบสารประกอบแอลกอฮอล์เหล่านั้น ดังนั้นปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชันของไขมันที่หลงเหลืออยู่ในผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาทูน่าอาจนำไปสู่การก่อตัวของสารระเหยเหล่านั้น ซึ่งจากวิธีการสกัดด้วยวิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนและมีการกำจัดไขมันและการฟอกสีเป็นกระบวนการเสริม และวิธีอัลคาไลน์และมีการกำจัดไขมัน

เป็นกระบวนการเสริมพบปริมาณไขมันเท่ากับ 0.68% และ 0.84% ตามลำดับ ซึ่งถือว่าปริมาณไขมันมีค่าต่ำทำให้สารประกอบแอลกอฮอล์เหล่านี้นั้นตรวจพบในปริมาณน้อย อีกทั้งยังช่วยให้ผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาทุ่นำไม่มีกลิ่นคาวซึ่งเป็นกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์สำหรับผู้บริโภคอีกด้วย

Table 1 Chemical composition of each extraction method tuna bones.

Chemical composition	AK	HAK	HAK-FB	AK-F
Moisture (%)	10.35±0.18c	10.38±0.24c	8.04±0.44b	7.21±0.26a
Protein (%)	24.74±0.79a	23.73±1.17a	25.09±0.22a	29.94±0.91b
Fat (%)	4.75±1.12b	4.16±0.85b	0.68±0.49a	0.84±0.55a
Ash (%)	53.10±1.38a	54.07±0.21ab	60.21±0.16c	55.36±0.30b
Calcium (%)	19.32±0.46a	19.20±0.16a	21.45±0.05b	18.74±0.04a
Phosphorus (%)	9.93±0.24ab	9.68±0.05a	10.28±0.36b	9.46±0.24a
Mole ratio of Ca/P	1.95	1.98	2.09	1.98

AK: alkaline method.

HAK: heat-treated alkaline method.

HAK-FB: heat-treated alkaline with fat removal and bleaching supplementary method.

AK-F: alkaline with fat removal supplementary method.

a-c Means within a row with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

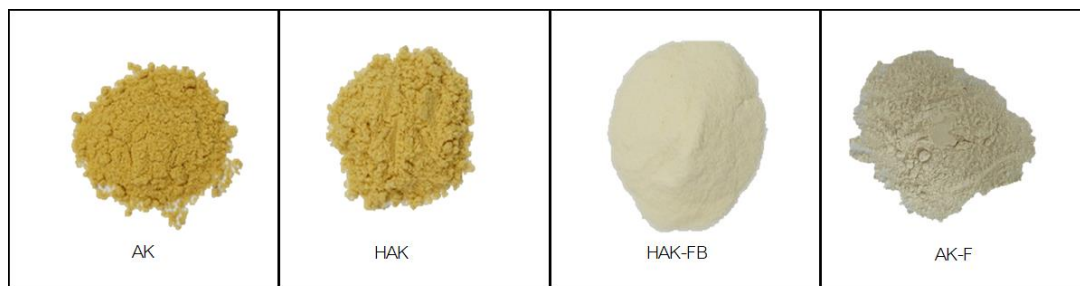
เมื่อพิจารณา (Table 1) แสดงให้เห็นว่าวิธีอัลคาไลน์ วิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อน วิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนและมีการกำจัดไขมันและการฟอกสีเป็นกระบวนการเสริม และวิธีอัลคาไลน์และมีการกำจัดไขมันเป็นกระบวนการเสริมมีปริมาณแคลเซียมเท่ากับ 19.32%, 19.20%, 21.45% และ 18.74% ตามลำดับ ซึ่งเป็นแร่ธาตุที่มีมากที่สุดในการสกัดผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาทุ่นำ แร่ธาตุลำดับที่สองคือฟอสฟอรัส มีค่าเท่ากับ 9.93%, 9.68%, 10.28% และ 9.46% ตามลำดับ และอัตราส่วนของแคลเซียมต่อฟอสฟอรัสมีความสำคัญต่อผงไบโอแคลเซียม เนื่องจากแหล่งของแคลเซียมควรมีอัตราส่วนของแคลเซียมต่อฟอสฟอรัสอยู่ที่ 2:1 โดยเฉพาะอย่างยิ่งก้างปลาทุ่นำเป็นแหล่งของแคลเซียมฟอสเฟตซึ่งมีความคล้ายคลึงกับส่วนประกอบของกระดูกมนุษย์ (Nemati et al., 2017) ในการศึกษาครั้งนี้พบปริมาณของอัตราส่วนของการสกัดผงไบโอแคลเซียมทั้ง 4 วิธีมีค่าอยู่ระหว่าง 1.95-2.09 ซึ่งมีความใกล้เคียงกับอัตราส่วนที่เหมาะสมของกระดูกมนุษย์ วิธีอัลคาไลน์จะให้ความเข้มข้นของแคลเซียมสูงเพราะโปรตีนและไขมันที่อยู่ในก้างปลาทุ่นำจะถูกย่อย การใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์คือการทำให้แน่ใจว่าผงไบโอแคลเซียมได้ถูกกำจัดสารอินทรีย์ออกทั้งหมดก่อนที่จะนำไปใช้เป็นแคลเซียมเสริมในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ยิ่งไปกว่านั้นวิธีอัลคาไลน์นี้เป็นวิธีที่ง่ายและประหยัดต้นทุนได้เป็นอย่างดี ในความเป็นจริงผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาทุ่นำเป็นแหล่งแคลเซียมที่เหมาะสมในอุตสาหกรรมอาหาร (Nemati et al., 2017) จากการศึกษาพบว่าวิธีการสกัดวิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนและมีการกำจัดไขมันและการฟอกสีเป็นกระบวนการเสริมให้ปริมาณแคลเซียมสูงที่สุด เนื่องจากในขั้นตอนการสกัดผงไบโอแคลเซียมใช้ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์สูงที่สุดจึงทำให้ได้สารอินทรีย์ (แคลเซียม) ในปริมาณมาก จึงทำให้วิธีการสกัดนี้ได้ปริมาณแคลเซียมสูงที่สุด แสดงให้เห็นว่าผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาทุ่นำอุดมไปด้วยแคลเซียมที่ดีสำหรับมนุษย์ โดยเสริมผงไบโอแคลเซียมลงในอาหารเพื่อเพิ่มคุณค่าของผลิตภัณฑ์อาหาร หรือนำผงไบโอแคลเซียมบรรจุในแคปซูลต่อไป

ผลการศึกษาขององค์ประกอบทางกายภาพจากวิธีการสกัดผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาทุ่นำ

ค่า L^* , a^* และ b^* ของผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาทุ่นำโดยวิธีการสกัด 4 วิธี (Table 2) ผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาทุ่นำโดยวิธีการสกัดวิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนและมีการกำจัดไขมันและการฟอกสีเป็นกระบวนการเสริม และวิธีอัลคาไลน์และมีการกำจัดไขมันเป็นกระบวนการเสริมมีสีขาวครีม ส่วนผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาทุ่นำโดยวิธีอัลคาไลน์ และวิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนมีสีเหลือง (Figure 3) แสดงให้เห็นว่าวิธีการสกัดวิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนและมีการกำจัดไขมันและการฟอกสีเป็นกระบวนการเสริม และวิธีอัลคาไลน์และมีการกำจัดไขมันเป็นกระบวนการเสริมได้ลักษณะของผงไบโอแคลเซียมทางกายภาพที่ดีที่สุดเนื่องจากมีสีขาวครีม ผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาทุ่นำโดยวิธีอัลคาไลน์ และวิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อน มีค่า L^* (ความสว่าง) น้อยกว่าผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาทุ่นำโดยวิธีการสกัดวิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนและมีการกำจัดไขมันและการฟอกสีเป็นกระบวนการเสริม และวิธีอัลคาไลน์และมีการกำจัดไขมันเป็นกระบวนการเสริมซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ค่า b^* (สีเหลือง) และค่า a^* (สีแดง) สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($P<0.05$) โดยผงใบโอคลเคลือบจากก้างปลาพ่นน้ำโดยวิธีอัลคาไลน์ และวิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนเมื่อเปรียบเทียบกับผงใบโอคลเคลือบจากก้างปลาพ่นน้ำโดยวิธีการสกัดวิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนและมีการกำจัดไขมันและการฟอกสีเป็นกระบวนการเสริม และวิธีอัลคาไลน์และมีการกำจัดไขมันเป็นกระบวนการเสริม เมื่อเปรียบเทียบวิธีการสกัดผงใบโอคลเคลือบจากก้างปลาพ่นน้ำทั้ง 4 วิธีนี้มีการดอะมีโนและไขมันบางชนิดเป็นส่วนประกอบ ทำให้เกิดการผลิตรสประกอบคาร์บอนิลจากการเกิดออกซิเดชันของไขมัน ซึ่งมีโอกาสที่จะเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลชนิดที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ โดยเกิดขึ้นกับกรดอะมิโนและโปรตีนที่อยู่ในผงก้างปลาพ่นน้ำ โดยมีความร้อนจากการอบแห้งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Benjakul et al., 2017) ดังนั้นสีเหลืองที่เกิดขึ้นในผงใบโอคลเคลือบจากก้างปลาพ่นน้ำโดยเฉพาะวิธีอัลคาไลน์ และวิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนมีค่า b^* สูงนั้นเป็นผลมาจากปริมาณไขมัน (Table 1) ที่สูงกว่านั่นเอง ดังนั้นกระบวนการที่ใช้ในการสกัดผงใบโอคลเคลือบจากก้างปลาพ่นน้ำมีผลกระทบต่อสีของผงใบโอคลเคลือบ ซึ่งการที่ผงใบโอคลเคลือบมีปริมาณไขมันต่ำมีผลต่อสีของผงใบโอคลเคลือบจากก้างปลาพ่นน้ำในทางที่ดีขึ้น และสีของผงใบโอคลเคลือบจากก้างปลาพ่นน้ำจะส่งผลต่อสีของผลิตภัณฑ์เมื่อมีการใช้ปริมาณของผงใบโอคลเคลือบสูงขึ้น (Benjakul and Karnjanapratum, 2018)

ปริมาณน้ำอิสระที่อยู่ในผงก้างปลาพ่นน้ำจากงานวิจัยของ Abbey et al. (2017) พบปริมาณน้ำอิสระของก้างปลาพ่นน้ำเท่ากับ 0.65 ซึ่งจากการทดลองวิธีการสกัดผงใบโอคลเคลือบจากก้างปลาพ่นน้ำทั้ง 4 วิธี พบว่าผงก้างปลาพ่นน้ำจากวิธีการสกัดโดยวิธีอัลคาไลน์มีค่าสูงที่สุด คือ 0.58 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยทั่วไปปริมาณน้ำอิสระต่ำจะส่งผลให้จุลินทรีย์ทุกชนิดไม่สามารถเจริญได้ และจากงานวิจัยของ Abbey et al. (2017) ได้ทำการศึกษาจุลินทรีย์วิทยาของผงก้างปลาที่ได้จากวิธีอัลคาไลน์พบว่าไม่พบเชื้อก่อโรค เช่น *E. coli*, *Enterococcus*, *Enterobacteriaceae*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens*, *Vibrio cholerae* และ *Salmonella* อีกทั้งเชื้อราสามารถพบได้ทั่วไปในปลา แต่เนื่องจากกระบวนการทำแห้งก็ถือว่ามีประสิทธิภาพในการยับยั้ง รวมถึงเมื่อนำผงก้างปลาไปปรุงอาหารโดยผ่านความร้อนก็สามารถช่วยทำลายจุลินทรีย์ทั้งหมดได้อีกด้วย



AK: alkaline method.

HAK: heat-treated alkaline method.

HAK-FB: heat-treated alkaline with fat removal and bleaching supplementary method.

AK-F: alkaline with fat removal supplementary method.

Figure 3 The Appearance of fishbone powder of each extraction method.

Table 2 Color and water activity values of each extraction method tuna bones.

Chemical composition	AK	HAK	HAK-FB	AK-F
Color				
L*	66.52±1.99a	66.97±2.38a	88.96±0.22c	80.03±0.08b
a*	8.67±0.89c	7.47±0.72b	-0.24±0.30a	-0.33±0.04a
b*	35.22±1.28c	34.67±0.82c	16.03±0.50b	12.48±0.07a
Water Activity, a_w	0.5824±0.01d	0.5416±0.01c	0.4067±0.01b	0.3626±0.02a

AK: alkaline method.

HAK: heat-treated alkaline method.

HAK-FB: heat-treated alkaline with fat removal and bleaching supplementary method.

AK-F: alkaline with fat removal supplementary method.

a-d Means within a row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

สรุปผลการศึกษา

การสกัดผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาหูช้างทั้ง 4 วิธี มีค่าองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพที่แตกต่างกัน แต่อัตราส่วนของแคลเซียมต่อฟอสฟอรัสใกล้เคียงกัน พิจารณาจากวิธีการสกัดวิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนและมีการกำจัดไขมันและการฟอกสีเป็นกระบวนการเสริมให้ผลการศึกษาของปริมาณแคลเซียม (21.45%) ที่โดดเด่นที่สุด ปริมาณไขมันน้อย (0.68%) ค่า b^* (สีเหลือง) เท่ากับ 16.03% แต่ให้ปริมาณผลผลิตต่ำ (20.7%) ส่วนวิธีอัลคาไลน์ และวิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนมีค่าปริมาณโปรตีนและไขมันสูง ค่า b^* (สีเหลือง) มีค่าเท่ากับ 34.67%-35.22% ปริมาณแคลเซียมน้อยกว่าวิธีการสกัดอื่น ๆ แต่ให้ปริมาณผลผลิตค่อนข้างมาก ส่วนวิธีอัลคาไลน์และมีการกำจัดไขมันเป็นกระบวนการเสริมมีค่าปริมาณไขมันต่ำ (0.84%) ค่า b^* (สีเหลือง) ต่ำที่สุด (12.48%) ให้ปริมาณแคลเซียมน้อยกว่าวิธีการสกัดวิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนและมีการกำจัดไขมันและการฟอกสีเป็นกระบวนการเสริม แต่ให้ปริมาณผลผลิตที่มากกว่าวิธีการสกัดวิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนและมีการกำจัดไขมันและการฟอกสีเป็นกระบวนการเสริม จากผลการศึกษาพบว่ากรณีที่ปริมาณไขมันสูงจะทำให้ค่า b^* (สีเหลือง) สูงขึ้นด้วย จากผลลัพธ์นี้จึงสรุปได้ว่าวิธีอัลคาไลน์และมีการกำจัดไขมันเป็นกระบวนการเสริมแสดงให้เห็นถึงคุณลักษณะทางกายภาพเคมีและคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผงไบโอแคลเซียมที่ดีและยอมรับได้จึงเหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้สกัดผงไบโอแคลเซียมในเชิงพาณิชย์ได้

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงพาณิชย์. 2561. สินค้าออกสำคัญ 10 อันดับแรก. การค้าไทย. <http://www2.ops3.moc.go.th/> (5 กรกฎาคม 2561).
- ผกาวิดี ภูจันทร์. 2559. ผลของการเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสดต่อการยอมรับของผลิตภัณฑ์คุกกี้. *Rajabhat Journal of Sciences, Humanities & Social Sciences* 17(1): 54-61.
- Abbey, L., Amengor, M. G., Atikpo, M. O., Atter, A., and Toppe, J. 2017. Nutrient content of fish powder from low value fish and fish byproduct. *Food Science and Nutrition* 5(3): 374-379.
- Association of Official Chemists (AOAC). 2016. *Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists*. 20th ed. Rockville, Maryland: Association of Official Analytical Chemists International.
- Benjakul, S., and Karnjanapratum, S. 2018. Characteristics and nutritional value of whole wheat cracker fortified with tuna bone bio-calcium powder. *Food Chemistry* 259: 181-187.
- Benjakul, S., Mad-Ali, S., and Sookchoo, P. 2017. Characteristics of bio-calcium powders from pre-cooked tongol (*Thunnus tonggol*) and yellowfin (*Thunnus albacores*) tuna bones. *Food Biophysics* 12: 412-421.
- Beto, J. A. 2015. The role of calcium in human aging. *Clinical Nutrition Research* 4: 1-8.
- Nemati, M., Huda, N., and Ariffin, F. 2017. Development of calcium supplement from fish bone wastes of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and characterization of nutritional quality. *International Food Research Journal* 24(6): 2419-2426.
- Sayana, K. S., and Sirajudheen, T. K. 2017. By-product from tuna processing wastes-an economic approach to coastal waste management. In *Proceedings of the International Seminar on Coastal Biodiversity Assessment*. pp. 411-420.
- Talib, A., Suoprayitno, E., Aulani, A. M., and Hardoko. 2014. Physico-chemical properties of *Madidihang* (*Thunnus albacares* Bonnatere) fish bone flour in Ternate, North Moluccas. *International Journal of Biosciences* 4(10): 22-30.

วันรับบทความ (Received date) : 2 ก.ย. 62

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 19 ม.ค. 63

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 1 ก.ค. 63

การขยายพันธุ์เอื้องชะในหลอดทดลอง

In Vitro Propagation of *Dendrobium scabrilingue* Lindl.

กุหลาบทอง บัวสะหวัน¹ วุฒิพงษ์ ทองใบ¹ และรักชนก โคโต¹
Koulabthong Bouasavanh¹, Wutipong Tongbai¹ and Rakchanok Koto¹

บทคัดย่อ

Dendrobium scabrilingue Lindl. หรือเอื้องชะ เป็นกล้วยไม้ป่าที่มีการกระจายพันธุ์อยู่ทางภาคเหนือของไทย แต่ในปัจจุบันมีจำนวนลดลงอย่างรวดเร็ว งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการขยายพันธุ์เอื้องชะในหลอดทดลอง โดยเฉพาะเมล็ดบนอาหารแข็งสูตร Vacin และ Went (VW) เป็นเวลา 9 สัปดาห์ พบว่าเมล็ดพัฒนาเป็นโปรโตคอร์มได้ ส่วนการชักนำให้เป็นโปรโตคอร์มไลค์บอดี้นำโปรโตคอร์มมาเลี้ยงในอาหารเหลว VW ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต 6-benzyladenine (BA) ที่ความเข้มข้น 1, 2 และ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าอาหารเหลว VW ที่เติม BA ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ชักนำโปรโตคอร์มไลค์บอดี้นำโปรโตคอร์มมาเลี้ยงในอาหารเหลวที่เติมน้ำตาลความเข้มข้นต่างกันคือ 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ เพื่อชักนำให้เกิดเป็นต้นอ่อนอย่างรวดเร็ว พบว่าในอาหารสูตร VW ที่เติมน้ำตาล 1 เปอร์เซ็นต์ ชักนำให้เกิดต้นอ่อนดีที่สุดคิดเป็น 1.68 ยอดต่อชิ้นส่วน มีความยาวยอดเฉลี่ย 1.18 เซนติเมตร และจำนวนใบเฉลี่ย 1.85 ใบต่อชิ้นส่วน และเพื่อชักนำให้เกิดเป็นต้นที่สมบูรณ์ได้นำมาเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร VW ที่เติมสารอินทรีย์ได้แก่ น้ำมะพร้าว น้ำมะเขือเทศ มันฝรั่งบด กล้วยหอมบด และผสมรวมกัน เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าอาหารสูตร VW ที่เติมมันฝรั่งบดชักนำให้เกิดเป็นต้นที่สมบูรณ์ได้ดีที่สุด มีจำนวนยอดเฉลี่ย 11.36 ยอดต่อชิ้นส่วน และความยาวยอด 0.81 เซนติเมตร จากนั้นจึงนำมาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร VW ที่เติมมันฝรั่งบด และผงถ่านกัมมันต์อีก 17 สัปดาห์เพื่อชักนำให้เป็นต้นที่สมบูรณ์ และเมื่อย้ายต้นกล้าออกปลูกในวัสดุปลูกที่แตกต่างกัน 3 ชนิด ในเรือนเพาะชำเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าวัสดุปลูกที่สแฟกนัมมอสทำให้ต้นอ่อนมีอัตราการรอดชีวิตสูงที่สุดคิดเป็น 87 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: การขยายพันธุ์ในหลอดทดลอง เอื้องชะ สารประกอบอินทรีย์

Abstract

Dendrobium scabrilingue Lindl. is a species of wild orchid that is found in the northern part of Thailand. However, its numbers in the wild are rapidly decreasing. This study focuses on *in vitro* propagation of *Dendrobium scabrilingue* Lindl. Seeds were treated with Vacin and Went medium (VW) for 9 weeks to induce protocorms. They were then cultured on VW liquid medium supplemented with 6-benzyladenine (BA) at 1, 2, and 3 mg/L for 6 weeks to produce protocorm-like bodies (PLBs). The results showed that the highest number of PLBs (12.4 PLBs per protocorm) formed on VW medium supplemented with 2 mg/L BA. The PLBs were then cultured on VW liquid medium supplemented with 1, 2, and 3% sucrose. After 6 weeks of culturing, the most productive result was found to be VW with 1% sucrose medium, which produced a ratio of shoots per explant of 1.68, a shoot length of 1.18 cm, and a leaf number of 1.85. The seedlings were cultured on VW medium supplemented with organic additives, namely coconut water, potato mash, tomato juice, banana mash and a mix of these substances. After culturing for 12 weeks, it was found that seedlings cultured on VW medium supplemented with potato mash has the highest growth characteristics at 11.36 shoots per explant and with a length of 0.81 cm. In order to produce mature seedlings, the orchids were transferred to a different VW medium containing mashed potato and activated charcoal and cultivated for a further 17 weeks. Finally, three different planting materials were chosen to test the survival, growth and development of seedlings after being transferred to greenhouse for 4 weeks. The results indicated that the highest percentage of survival (87%) was obtained when sphagnum moss was used as the planting material.

Keywords: *in vitro* propagation, *D. scabrilingue* Lindl, organic additive

¹ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

¹ Department of Biology, Faculty of Science, Srinakharinwirot University, Watthana, Bangkok 10110

*Corresponding author, Email: rakchanok@g.swu.ac.th

คำนำ

เอื้องชะ (D. scabrilingue Lindl.) เป็นพืชในวงศ์กล้วยไม้ (Orchidaceae) มีถิ่นกำเนิดในประเทศเมียนมา ลาว และไทย โดยในประเทศไทยพบบนเทือกเขาสูงของจังหวัดเชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ตาก พิชณุโลก นครราชสีมา และกาญจนบุรี (Seidenfaden and Simtinand, 1959) ถิ่นอาศัยพบในป่าดิบเขาทั้งในที่ร่มแสงแดดรำไรถึงแสงแดดจัด ที่ความสูง 600-1,200 เมตรจากระดับน้ำทะเล ฤดูออกดอกเริ่มในเดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์ (เศรษฐมนตร์ กาญจนกุล, 2552) เอื้องชะมีดอกที่สวยงาม มีกลิ่นหอมคล้ายดอกพิกุล ส่งกลิ่นหอมได้ตลอดทั้งวัน (จิตราพรรณ พิลึก, 2539) จากการทดลองสกัดกลิ่นหอมจากดอกเอื้องชะเพื่อหาส่วนประกอบทางเคมีพบว่าสารหอมในดอกมี n-Butanol สูงถึง 96 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถนำสารหอมดังกล่าวไปปรับปรุงสูตรผลิตน้ำหอมได้ (ประเทืองศรี สีนชัยศรี และคณะ, 2538) สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ พระบรมราชชนนีพันปีหลวง ทรงโปรดกลิ่นหอมของดอกเอื้องชะมากจึงทรงมีพระราชเสาวนีย์ให้ดำเนินการรักษาพันธุ์เอื้องชะ และให้เพิ่มจำนวนเอื้องชะคืนสู่ป่าให้มาก นอกจากนี้ยังทรงให้ศึกษาแนวทางการพัฒนาการปลูกเลี้ยงเอื้องชะเพื่อนำมาใช้สกัดเป็นน้ำหอม เอื้องชะจึงเป็นกล้วยไม้ไทยที่มีศักยภาพทั้งในเชิงนิเวศวิทยาอนุรักษ์และเชิงเศรษฐกิจ โดยสามารถผลิตเป็นกล้วยไม้กระถางดอกหอม และการปลูกเลี้ยงเพื่อผลิตดอกสำหรับนำไปสกัดเป็นน้ำหอมหรือเครื่องหอมได้ (ประพันธ์ โอสถาพันธุ์ และคณะ, 2554) แต่เนื่องจากปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ เกิดภัยแล้ง เกิดมลภาวะทั้งในดิน แห้งน้ำ และ บรรยากาศ สภาพการณ์เหล่านี้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมและแหล่งที่อยู่อาศัยของกล้วยไม้ นอกจากนี้สิ่งที่สำคัญคือการคุกคามจากมนุษย์ด้วยการบุกรุกป่า และการเก็บออกจากป่า (อาภรณ์ อุดมศิลป์, 2556) โดยในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา มีการลักลอบจำหน่ายต้นกล้วยไม้ป่าทุกชนิดเป็นจำนวนมากรวมทั้งเอื้องชะด้วย โดยนำเอื้องชะออกมาจำหน่ายในท้องถิ่นและส่งให้พ่อค้าจากต่างประเทศมาซื้อเพื่อนำลำต้นไปเป็นสมุนไพร นำดอกมาปรุงสูตรผลิตน้ำหอม ทำยาแก้ไข้ และยังใช้เป็นส่วนผสมของเครื่องสำอาง (ณัฏฐา วิสุทธิเทพกุล, 2548) ซึ่งเป็นปัจจัยส่งผลให้เอื้องชะมีจำนวนลดลงไปเรื่อย ๆ เนื่องจากมีอัตราการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ตามธรรมชาติต่ำ และอาจจะสูญพันธุ์ได้ในระยะเวลาอันใกล้นี้ จึงควรมีการอนุรักษ์ให้มีปริมาณและความหลากหลายเพิ่มขึ้น ซึ่งหนึ่งในวิธีการอนุรักษ์คือการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่สามารถเพิ่มจำนวนพืชได้รวดเร็วและจำนวนมาก มีลักษณะเหมือนพันธุ์เดิม (วรภรณ์ ภูตะสุน, 2557) และเมื่อพัฒนาเทคโนโลยีการเพาะขยายพันธุ์และการปลูกเลี้ยงเอื้องชะในสภาพธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพ แล้วนำไปส่งเสริมให้ประชาชนในพื้นที่ได้ปลูกเลี้ยงจึงเป็นวิธีที่สามารถอนุรักษ์และพัฒนาเอื้องชะอย่างยั่งยืนได้ ปัจจัยสำคัญที่ทำให้การขยายพันธุ์เอื้องชะในหลอดทดลองมีประสิทธิภาพคือการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตในปริมาณที่เหมาะสมต่อการชักนำให้เกิดโปรโตคอร์มไลด์บอดี การใช้ระดับความเข้มข้นของน้ำตาลที่เหมาะสมช่วยส่งเสริมให้โปรโตคอร์มไลด์บอดีพัฒนาเป็นต้นอ่อนอย่างรวดเร็ว การใช้สารประกอบอินทรีย์ร่วมกับสูตรอาหาร VW ชักนำให้ต้นอ่อนเจริญเติบโตและพัฒนาเป็นต้นกล้าที่สมบูรณ์แข็งแรงพร้อมนำออกปลูกสู่สภาพธรรมชาติ และการใช้วัสดุปลูกที่เหมาะสมในการย้ายปลูกเพื่อให้เอื้องชะมีอัตราการรอดชีวิตมากที่สุด ซึ่งปัจจัยเหล่านี้กล้วยไม้แต่ละชนิดมีความต้องการที่แตกต่างกัน การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเอื้องชะนั้นได้มีรายงานมาก่อนหน้านี้ โดย ภูมิรินทร์ คงมณี (2544) ได้ศึกษาการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของต้นอ่อนเอื้องชะในสภาพปลอดเชื้อ โดยนำเมล็ดมาเพาะเลี้ยงบนอาหารดัดแปลงสูตร VW เป็นเวลา 3 เดือน พบว่าเมล็ดงอกได้ดีในอาหารดัดแปลงสูตร VW เมื่อย้ายต้นอ่อนไปเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งดัดแปลงสูตร VW ที่เพิ่มวิตามินรวม 500 มิลลิกรัม พบว่าต้นอ่อนเจริญเติบโตได้ดีที่สุด จากนั้นศึกษาผลของความเข้มข้นของสูตรอาหาร VW กับสภาพความเหลวและแข็งของอาหารสูตร VW พบว่าต้นอ่อนเอื้องชะเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในอาหารเหลวสูตร VW และเมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นอ่อนในห้องปรับอากาศอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้อง 30-32 องศาเซลเซียส พบว่าต้นอ่อนมีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน เมื่อย้ายต้นอ่อนออกปลูกพบว่าต้นอ่อนเอื้องชะมีอัตราการรอดชีวิตมากที่สุดเมื่อใช้ใยมะพร้าวเป็นวัสดุปลูก ส่วนณัฏฐา วิสุทธิเทพกุล (2548) ได้เพาะเลี้ยงเมล็ดเอื้องชะมาบนอาหาร VW เป็นเวลา 9 เดือน แล้วจึงชักนำให้เป็นต้นที่สมบูรณ์ในอาหารสูตร Knudson (Knudson, 1946) ที่เติมน้ำมะพร้าวอ่อน 150 มิลลิลิตรต่อลิตร กล้วยหอมบด 50 กรัมต่อลิตร มันบด 50 กรัมต่อลิตร และ BA 6 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 3 เดือน สามารถพัฒนาเป็นต้นอ่อนได้จำนวน 263 ต้น จากงานวิจัยที่ผ่านมาเห็นได้ว่าการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเอื้องชะยังอยู่ในวงจำกัด ใช้ระยะเวลานานในการเพาะเลี้ยงให้เป็นต้นอ่อนที่สมบูรณ์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการขยายพันธุ์เอื้องชะจากเมล็ดในหลอดทดลองให้ได้ปริมาณมากและรวดเร็ว เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มจำนวนกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์หายากในธรรมชาติสำหรับการอนุรักษ์และการใช้ในเชิงพาณิชย์ต่อไป

วิธีการศึกษา

การเพาะเมล็ดเอื้องแซะ

นำเมล็ดเอื้องแซะจากฝักอายุ 4-6 เดือน มาเพาะบนอาหารแข็งสูตร VW (Vacin and Went, 1949) ที่เติมน้ำมะพร้าว 150 มิลลิกรัมต่อลิตร ผงถ่าน 0.2 เปอร์เซ็นต์ และผงปูน 0.8 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 9 สัปดาห์ จากนั้นนำโปรโตคอร์มที่อยู่ในระยะ leaf primordia มาใช้ในการทดลองต่อไป

ผลของ BA ต่อการชักนำโปรโตคอร์มไลค์บอดี้

นำโปรโตคอร์มเอื้องแซะในระยะ leaf primordia ที่มีขนาด 0.2 เซนติเมตร นำมาตัดส่วนบนและล่างออก (thin cell layers, TLCs) จากนั้นนำมาเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร VW ที่เติมน้ำมะพร้าว 150 มิลลิกรัมต่อลิตร และ BA เข้มข้น 0, 1, 2 และ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่เขย่าด้วยความเร็ว 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 6 สัปดาห์ แล้วบันทึกการเจริญเติบโต โดยวัดความยาวต้น นับจำนวนยอด จำนวนใบ และจำนวนโปรโตคอร์ม ทำการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) จำนวน 4 ทรีตเมนต์ ๆ ละ 5 ซ้ำ ๆ ละ 10 ชิ้นส่วน

ผลของน้ำตาลต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อน

นำโปรโตคอร์มไลค์บอดี้เอื้องแซะที่มีขนาด 0.5 เซนติเมตร มีใบ 2 ใบ มาเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร VW ที่เติมน้ำมะพร้าว 150 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำตาลซูโครสที่ระดับความเข้มข้น 1, 2 และ 3 กรัมต่อลิตร เขย่าด้วยความเร็ว 100 รอบต่อนาที เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 6 สัปดาห์ แล้วบันทึกการเจริญเติบโต โดยวัดความยาวยอดและความยาวราก นับจำนวนต้นอ่อน จำนวนยอด จำนวนใบ จำนวนราก และจำนวนโปรโตคอร์ม ทำการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 ทรีตเมนต์ ๆ ละ 10 ซ้ำ ๆ ละ 10 ชิ้นส่วน

ผลของสารประกอบอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อน

นำต้นอ่อนของเอื้องแซะที่มีใบอย่างน้อย 3-4 ใบ และมีรากมาเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร VW ที่เติมน้ำมะพร้าว 150 มิลลิกรัมต่อลิตร มันฝรั่งบด 150 กรัมต่อลิตร กล้วยหอมบด 150 กรัมต่อลิตร น้ำมะเขือเทศ 150 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือผสมสารอินทรีย์ทั้งหมดอย่างละปริมาตร 25 มิลลิกรัม (กรัม) ต่อลิตร โดยเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 12 สัปดาห์ แล้วบันทึกการเจริญเติบโต โดยวัดความยาวยอด ความยาวราก นับจำนวนยอด จำนวนใบ และจำนวนราก ทำการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 5 ทรีตเมนต์ ๆ ละ 10 ซ้ำ ๆ ละ 3 ชิ้นส่วน

ผลของวัสดุปลูกต่อการอนุบาลเอื้องแซะ

คัดเลือกต้นกล้าเอื้องแซะจากการเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็ง VW ที่เติมน้ำมันฝรั่งบด 150 กรัมต่อลิตร และผงถ่านกัมมันต์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ขนาด 3 เซนติเมตร มีใบ 3 ใบ ราก 3 ราก ไปอนุบาลในวัสดุปลูกชนิดต่าง ๆ ได้แก่ กาบมะพร้าวสับ (CBH) ไฮโดรตรอน (HD) สแฟกนัมมอส (SM) กาบมะพร้าวสับร่วมกับไฮโดรตรอน (CBH+HD; 1:1) ไฮโดรตรอนร่วมกับสแฟกนัมมอส (HD+SM; 1:1) และกาบมะพร้าวสับ ไฮโดรตรอน และสแฟกนัมมอส (CBH+HD+SM; 1:1:1) ในกระถางพลาสติกขนาด 3 นิ้ว เลี้ยงในโรงเรือนที่พรางแสง 60 เปอร์เซ็นต์ รดน้ำวันละ 2 ครั้ง เวลา 8:00 และ 16:00 น. วัดการเจริญเติบโตโดยการบันทึกความสูงต้น นับจำนวนยอด นับจำนวนใบต่อต้น และนับจำนวนหน่อที่แตกใหม่ หลังการอนุบาลเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ทำการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 4 ทรีตเมนต์ ๆ ละ 10 ซ้ำ ๆ ละ 10 ต้น และทำการทดลอง 3 ครั้งในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2562 มกราคม และมีนาคม 2563

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลของ BA ต่อการชักนำโปรโตคอร์มไลค์บอดี้

เพื่อเพิ่มจำนวนโปรโตคอร์มไลค์บอดี้ให้ได้ปริมาณมาก จึงนำโปรโตคอร์มของเอื้องแซะอายุ 9 สัปดาห์ มาตัดให้ได้ TLCs ขนาด 0.2 เซนติเมตร แล้วเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวสูตรดัดแปลง VW ที่เติม BA ที่ความเข้มข้น 0, 1, 2 และ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำมะพร้าว 150 มิลลิกรัมต่อลิตร เขย่าให้ได้รับอากาศด้วยความเร็ว 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าสูตรอาหารที่เพิ่มจำนวนของโปรโตคอร์มไลค์บอดี้ได้ดีที่สุดคือ BA 2 มิลลิกรัมต่อลิตร (Table 1) ซึ่งชักนำให้เกิดโปรโตคอร์มไลค์บอดี้ได้ 12.4 โปรโตคอร์มต่อชิ้นส่วนเริ่มต้น มีสีเขียวแตกเป็นก้อนเล็ก ๆ เกาะกันจำนวนมาก ขนาดของก้อนเฉลี่ย 0.34 เซนติเมตร โดยโปรโตคอร์มไลค์บอดี้ไม่พัฒนาเป็นต้นอ่อน (Figure 1) ส่วนอาหารที่ไม่เติม BA ชักนำให้เกิด PLBs เฉลี่ย 11.2

โปรโตคอร์มต่อชิ้นส่วนเริ่มต้น ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับอาหารที่เติม BA 2 มิลลิกรัมต่อลิตร โปรโตคอร์มไลค์บอดีมีสีเขียวอมเหลืองและส่วนใหญ่พัฒนาเป็นยอดอ่อนร่วมด้วย โดยมีจำนวนยอด 1.28 ยอดต่อชิ้นส่วน ความยาวยอดเฉลี่ย 0.62 เซนติเมตร และจำนวนใบเฉลี่ย 0.92 ใบต่อชิ้นส่วน ส่วนอาหารสูตร VW ที่เติม BA ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดโปรโตคอร์มไลค์บอดี 10.0 โปรโตคอร์มต่อชิ้นส่วน และมีบางส่วนพัฒนาเป็นยอดอ่อน ส่วนอาหารที่เติม BA ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดโปรโตคอร์มไลค์บอดี 7.2 โปรโตคอร์มต่อชิ้นส่วนพืช โดยมีโปรโตคอร์มไลค์บอดีบางส่วนเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและก็ตายในที่สุด สารควบคุมการเจริญเติบโต BA ช่วยส่งเสริมการแบ่งเซลล์ ทำให้เซลล์มีการขยายตัวช่วยการเจริญเติบโตของตาข้าง (Huetteman and Preece, 1993) โดย BA ช่วยชักนำให้เกิดโปรโตคอร์มไลค์บอดีได้ในกล้วยไม้หลายชนิดโดยเฉพาะกล้วยไม้สกุลหวาย (Zhao et al., 2008; Cardoso et al., 2020) แต่กล้วยไม้แต่ละชนิดมีการตอบสนองต่อความเข้มข้นของ BA ที่แตกต่างกัน จากผลการทดลองเห็นได้ว่าความเข้มข้นของ BA ที่เหมาะสมสามารถชักนำโปรโตคอร์มไลค์บอดีได้ เห็นได้ว่าอาหารที่ไม่เติม BA หรือเติม BA ความเข้มข้นน้อยเกินไปนั้น โปรโตคอร์มไลค์บอดีส่วนใหญ่พัฒนาเป็นยอดอ่อน ซึ่งไม่สามารถเพิ่มจำนวนโปรโตคอร์มไลค์บอดีเพื่อใช้ในวัตถุประสงค์อื่นตามต้องการในอนาคตได้ ในขณะที่อาหารที่เติม BA 2 มิลลิกรัมต่อลิตรนั้นมีแนวโน้มพัฒนาเป็นโปรโตคอร์มไลค์บอดีต่อไปเรื่อย ๆ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการขยายพันธุ์เอื้องชะให้ได้ปริมาณมาก หรือนำไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์เอื้องชะโดยวิธีอื่นต่อไป และเห็นได้ว่าการใช้ BA ในปริมาณมากเกินไปส่งผลทางลบต่อการเจริญเติบโตและการเปลี่ยนแปลงของชิ้นส่วนพืช และยังทำให้จำนวน PLBs ลดลง (Sagaya and Divakar, 2015)

Table 1 Effect of BA concentration on protocorm-like bodies induction of *D. scabrilingue* Lindl protocorm after cultured for 6 weeks.

Media	PLBs no.	Length (cm)	Shoot no.	Leave no.
VW (control)	11.2±1.20 ^a	0.62±0.11	1.28±0.23 ^{ab}	0.92±0.18 ^{ab}
VW + BA1 mg/L	10.0±0.00 ^{ab}	0.69±0.09	1.67±0.26 ^a	1.61±0.33 ^a
VW + BA 2 mg/L	12.4±1.03 ^a	0.34±0.13	0.00±0.00 ^c	0.00±0.00 ^b
VW + BA 3 mg/L	7.2±1.71 ^b	0.67±0.62	0.06±0.04 ^{bc}	1.00±0.63 ^{ab}
F-test	*	ns	**	**
CV (%)	6.80	13.64	21.42	24.32

* = significantly difference at 0.05, ** = Significantly difference at 0.01, ns = non significantly difference.

Means within a column with a no common superscripts are significantly difference.

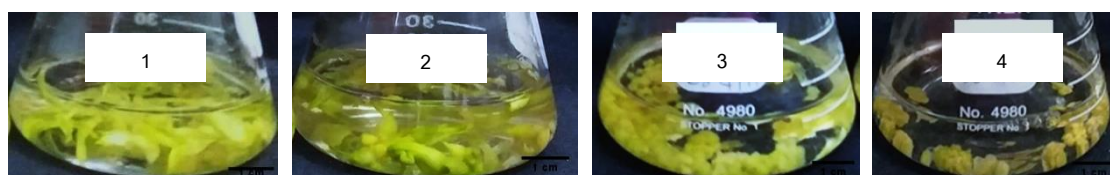


Figure 1 Effect of BA concentration on protocorm-like bodies induction of *D. scabrilingue* Lindl protocorm after cultured for 6 weeks. (1) VW, (2) VW + 1 mg/L BA, (3) VW + 2 mg/L BA and (4) VW + 3 mg/L BA.

ผลของน้ำตาลต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อน

หลังจากการเลี้ยงโปรโตคอร์มไลค์บอดีในอาหารเหลวสูตร VW ที่มีน้ำตาลความเข้มข้นต่างกัน เป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าอาหาร VW ที่เติมน้ำตาล 1 เปอร์เซ็นต์ ทำให้โปรโตคอร์มไลค์บอดีพัฒนาเป็นต้นอ่อนได้ดีที่สุดโดยสามารถชักนำได้ 12.9 ต้นต่อขวด และต้นอ่อนสามารถชักนำยอดใหม่ได้โดยมีจำนวนยอด 1.68 ยอดต่อต้น ความสูง 1.18 เซนติเมตร และจำนวนใบ 1.85 ใบต่อต้น ต้นอ่อนมีลำอ้วน ใบกว้างมีสีเขียว ส่วนผลของน้ำตาลที่มีความเข้มข้นสูงขึ้นเป็น 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ ชักนำต้นอ่อนและจำนวนยอดต่อต้นได้น้อยกว่าอาหาร VW ที่เติมน้ำตาล 1 เปอร์เซ็นต์ แต่มีความยาวยอด จำนวนใบ และจำนวนราก ไม่แตกต่างทางสถิติ โดยต้นอ่อนที่เจริญเติบโตในอาหาร VW ที่เติมน้ำตาล 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ มีลักษณะเหมือนกันคือ ลำต้นผอม ใบมีลักษณะยาว (Table 2 และ Figure 2) น้ำตาลเป็นแหล่งคาร์บอนที่สำคัญให้แก่พืชที่เพาะเลี้ยงในสภาพที่ปลอดเชื้อ เพราะภายในขวดเพาะเลี้ยงมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จำกัด ปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมจึงส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นอ่อน

และขนาดของใบที่ใหญ่ขึ้น (Arditti and Pridgeon, 2013) แต่เมื่อใช้ความเข้มข้นของน้ำตาลที่สูงเกินจุดจำเพาะก็จะทำให้การเจริญเติบโตลดลงและสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตได้ ทั้งยังส่งผลให้เกิดการสะสมแป้งในคลอโรพลาสต์มาก รวมทั้งเกิดการสร้างเอนไซม์ ribulose biphosphate carboxylase ขึ้นใหม่ได้ช้า (Arditti, 2008) เป็นผลให้การดูดซึมน้ำและแร่ธาตุทำให้อัตราสังเคราะห์แสงต่ำลงไปด้วย ทำให้ใบมีขนาดเล็กและใบมีความกว้างน้อยลง (Hdider and Dejardins, 1994) สอดคล้องกับงานวิจัยของ อีรพล พรสวัสดิ์ชัย และพิมพ์ใจ อาภาวัชรุตม์ (2550) ที่ได้ศึกษาผลของน้ำตาลซูโครสต่อการเจริญเติบโตและการสร้างหัวในสภาพปลอดเชื้อของกล้วยไม้ดินนางอ้วตสาคริก โดยได้เลี้ยงโปรโตคอร์มไลค์บอดี้จากการเพาะเมล็ดบนอาหารดัดแปลงสูตร CMU1 ที่เติมน้ำตาลซูโครส 0, 1, 2, 3, 5 และ 7 เปอร์เซ็นต์ โดยพบว่าอาหารที่เติมน้ำตาล 1 เปอร์เซ็นต์ส่งผลให้ต้นอ่อนเจริญเติบโตและการกางออกของใบเร็วกว่าต้นอ่อนที่เลี้ยงในอาหารที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลเพิ่มสูงขึ้น

Table 2 Effect of sucrose concentration on plantlet induction of *D. scabrilingue* Lindl after cultured for 6 weeks.

Media	Plantlet number	PLBs no.	Shoot length (cm)	Shoot no. /plantlet	Leave no. /plantlet	Roots no. /plantlet
VW + sucrose 1%	12.90±0.90 ^a	2.1±0.06 ^a	1.18±0.11	1.68±0.12	1.85±0.14	0.14±0.07
VW + sucrose 2%	9.78±0.24 ^b	0.4±0.01 ^b	0.93±0.04	1.30±0.07	1.91±0.14	0.24±0.07
VW + sucrose 3%	10.30±0.39 ^b	0.5±0.02 ^b	0.94±0.10	1.43±0.16	2.28±0.29	0.31±0.10
F-test	**	**	ns	ns	ns	ns
CV (%)	20.30	25.53	31.18	27.77	32.41	19.31

** = Significantly difference at 0.01, ns = non significantly difference.

Means within a column with a no common superscripts are significantly difference.

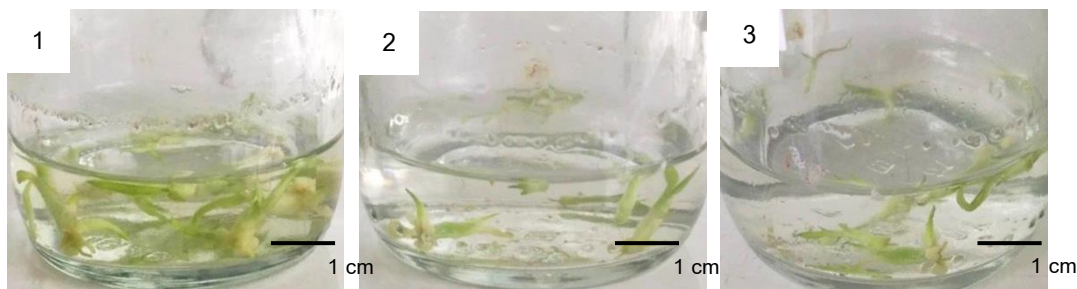


Figure 2 Effect of sucrose concentration on plantlet induction of *D. scabrilingue* Lindl after cultured for 6 weeks.

(1) VW + sucrose 1%, (2) VW + sucrose 2% and (3) VW + sucrose 3%.

ผลของสารประกอบอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อน

เมื่อนำต้นอ่อนเลี้ยงในอาหารที่มีขนาด 0.5 เซนติเมตร มีใบ 2 ใบ มาเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร VW ที่เติมสารประกอบอินทรีย์ทั้ง 5 สูตร เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า อาหาร VW ที่เติมมันฝรั่งบด 150 กรัมต่อลิตร ชักนำให้เกิดยอดมากที่สุด 11.36 ยอดต่อต้น ความยาวยอด 0.81 เซนติเมตร จำนวนใบ 7.87 ใบต่อต้น จำนวนราก 5.76 รากต่อต้น ความยาวราก 0.36±0.05 เซนติเมตร ใบมีสีเขียวเข้ม ลำต้นแข็งแรงกว่าอาหารสูตรอื่น ๆ อาหาร VW ที่เติมน้ำมะเขือเทศ 150 มิลลิลิตรต่อลิตร และอาหาร VW ที่เติมสารอินทรีย์ผสมอย่างละเท่ากัน ให้ผลการชักนำยอดและการเจริญเติบโตไม่แตกต่างทางสถิติกับอาหาร VW ที่เติมมันฝรั่งบด โดยพบว่าอาหาร VW ที่เติมน้ำมะเขือเทศทำให้ต้นอ่อนเกิดยอดได้ 10.25 ยอดต่อต้น ความยาวยอด 0.85 เซนติเมตร จำนวนใบ 6.18 ใบต่อต้น จำนวนราก 6.55 รากต่อต้น ความยาวราก 0.53±0.05 เซนติเมตร ลำต้นมีสีเขียว รากมีสีเขียว ปลายอ่อนสีขาว ส่วนอาหาร VW ที่เติมสารอินทรีย์ผสมทำให้ต้นอ่อนเกิดยอดได้ 6.86 ยอดต่อต้น ความยาวยอด 0.89 เซนติเมตร จำนวนใบ 4.56 ใบต่อต้น และอาหารสูตรนี้ให้จำนวนรากมากที่สุดคือ 8.93 รากต่อต้น โดยมีความยาวรากเฉลี่ย 0.51 เซนติเมตร ลำต้นมีสีเขียวมีขนสีดำติดตามข้อของลำต้นจนถึงโคนใบ รากสีขาวขนาดเล็ก กลม อ้วน และสั้น ส่วนอาหาร VW ที่เติมน้ำมะพร้าวและกล้วยหอมบด ชักนำให้เกิดยอดไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีจำนวนยอด 3.03 และ 2.82 ยอดต่อต้นตามลำดับ อาหาร VW ที่เติมน้ำมะพร้าวชักนำให้ต้นอ่อนเลี้ยงมีลำต้นสีเขียวปนเหลือง กลม อ้วน ใบมีสีเขียว แผ่นใบกว้าง รากมีสีขาว

ขนาดเล็ก ส่วนอาหาร VW ที่เติมกล้วยบดชักนำให้ลำต้นมีลักษณะเป็นลำลูกกล้วย มีข้ออ้วน ขนาดใหญ่ มีสีเขียว ใบยาว มีสีเขียว (Table 3 และ Figure 3) ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของ Kunakhonnuruk et al. (2018) ที่พบว่าอาหารสูตร VW ที่เติมมันฝรั่งทำให้กล้วยไม้ (*Epipactis flava*) มีการเจริญเติบโตมากที่สุด และการศึกษาของ บัวสอน โบราสี และอารยา อาจเจริญ เทียนหอม (2557) ที่พบว่าสูตร VW ที่เติมมันฝรั่งบดทำให้เชื้อเขาแคะมีความยาวยอดและการเจริญของใบมากที่สุด แต่ส่งเสริมการเจริญของรากได้น้อย มันฝรั่งช่วยส่งเสริมการงอก การเจริญเติบโตของกล้วยไม้ และช่วยสร้างความแข็งแรงให้ต้นอ่อนมากขึ้น (Arditti, 2008) เพราะในมันฝรั่งมีโพลีมีน (polyamine) และ biosynthetic enzyme ซึ่งมีผลต่อการเจริญและพัฒนาเซลล์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีผลต่อการเพิ่มกรดนิวคลีอิก (nucleic acid) ทำให้เกิดการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (mitosis) ในเนื้อเยื่อมากขึ้น (วิวัฒน์ วุฒิพันธุ์ไชย, 2529; Kaur-Sawhney et al., 1980) นอกจากนี้ยังพบว่าอาหารสูตร VW ที่เติมน้ำมะเขือเทศ ส่งเสริมการเจริญของยอดและรากได้ดี สอดคล้องกับการรายงานของ อาทิตยา ชายศิริ และวราภรณ์ ดุยฉาย (2560) พบว่าในอาหารสูตร VW ที่เติมน้ำมะเขือเทศ 150 มิลลิลิตรต่อลิตร ทำให้ความยาวรากและจำนวนใบของต้นอ่อนกะระกะรองปากเปิดดีกว่าเมื่อเทียบกับอาหารสูตร VW ที่เติมน้ำมะพร้าวอ่อน 150 มิลลิลิตรต่อลิตร และกล้วยหอมบด 150 กรัมต่อลิตร เพราะในน้ำมะเขือเทศมีส่วนผสมของวิตามิน เช่น วิตามินบี วิตามินเอ วิตามินซี ในปริมาณสูง และแร่ธาตุหลายชนิด เช่น โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม เป็นต้น (Arditti, 2008) เมื่อพิจารณาต้นอ่อนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในสูตรอาหารที่เติมสารประกอบอินทรีย์ทั้ง 5 สูตร พบว่าต้นอ่อนมีขนาดเล็กและยังเจริญเติบโตไม่เต็มที่ ดังนั้นเพื่อการชักนำให้เกิดเป็นต้นที่สมบูรณ์ จึงนำต้นอ่อนมาเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร VW ที่เติมมันฝรั่ง ที่ไม่ใส่ผงถ่านเป็นเวลา 9 สัปดาห์ ได้จำนวนต้นที่แข็งแรงแต่ยังไม่มีราก จึงย้ายต้นอ่อนมาเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร VW ที่เติมมันฝรั่งและผงถ่านกัมมันต์ 2 กรัมต่อลิตร ต่ออีกเป็นเวลา 8 สัปดาห์ จึงทำให้ได้ต้นอ่อนที่เหมาะสมในการย้ายออกปลูกต่อไป (Figure 4) ผงถ่านกัมมันต์ทำให้อาหารมีสีดำ ให้ความมืดช่วยดูดซับสารที่ไม่พึงประสงค์หรือสารยับยั้งต่าง ๆ เช่น สารประกอบพวกฟีนอลิก รวมถึงสารควบคุมการเจริญเติบโตหรือสารอินทรีย์ในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (Pan and van Staden, 1998) สามารถชักนำให้พืชเกิดรากและรากมีการเจริญเติบโตดีขึ้น (ภาวิณี ศิริสม, 2557) ทั้งยังช่วยรักษาความเป็นกรดต่างของอาหารไม่ให้เปลี่ยนแปลงไปมากนัก นอกจากนี้ผงถ่านที่เติมในอาหารยังช่วยเพิ่มการระบายอากาศในอาหารได้ดีขึ้นด้วย (นาคยา มนตรี และนิเวศ แซ่ซัง, 2557)

Table 3 Effect of organic additive media on plantlet growth of *D. scabrilingue* Lindl after cultured for 12 weeks.

Types of organic additive media	Shoot no.	Shoot length (cm)	Leave no.	Roots no.	Root length (cm)
VW + coconut	3.03±0.54 ^b	0.73±0.07 ^b	2.61±0.31 ^b	1.44±0.42 ^c	0.13±0.04 ^c
VW + potato mash	11.36±3.14 ^a	0.81±0.07 ^b	7.87±2.09 ^a	5.76±0.42 ^b	0.36±0.05 ^b
VW + tomato juice	10.25±4.04 ^a	0.85±0.09 ^b	6.18±1.34 ^{ab}	6.55±1.09 ^b	0.53±0.05 ^a
VW + banana mash	2.82±0.34 ^b	1.10±0.07 ^a	3.02±0.49 ^b	6.13±0.65 ^b	0.49±0.05 ^a
VW + mix	6.86±1.32 ^{ab}	0.89±0.07 ^{ab}	4.56±0.86 ^{ab}	8.93±1.31 ^a	0.51±0.05 ^a
F-test	*	*	*	**	**
CV (%)	15.26	4.05	11.84	7.48	6.32

* = significantly difference at 0.05, ** = Significantly difference at 0.01.

Means within a column with a no common superscripts are significantly difference.

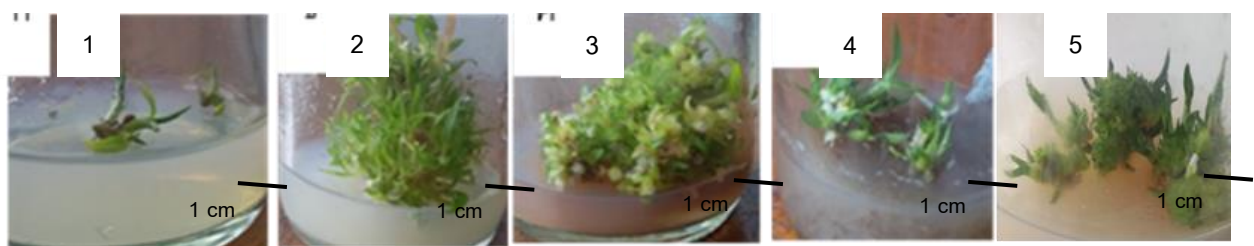


Figure 3 Effect of organic additive media on plantlet growth of *D. scabrilingue* Lindl after cultured for 12 weeks.

- (1) VW + coconut water, (2) VW + potato mash (3) VW + tomato juice, (4) VW + banana mash and (5) VW + mix.

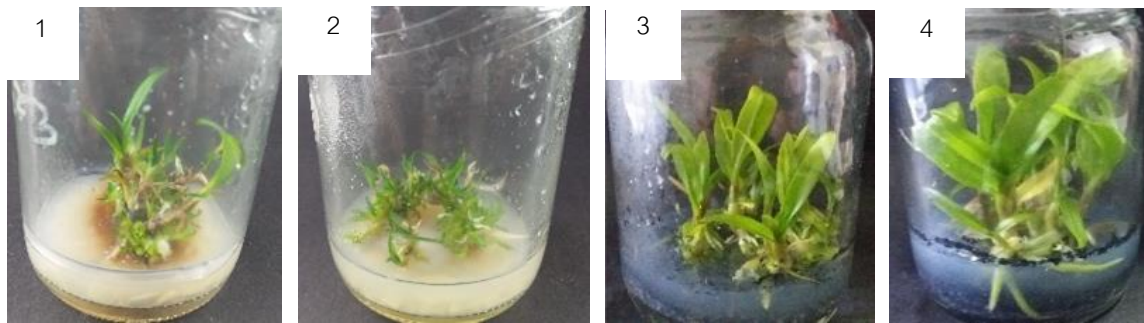


Figure 4 Growth and development of *D. scabriligae* Lindl plant cultured on VW medium, supplemented with potato mash at 21 weeks (1-2) and potato mash plus charcoal at 29 weeks (3-4).

ผลของวัสดุปลูกต่อการอนุบาลเอื้องแซะ

จากการศึกษาย้ายต้นอ่อนเอื้องแซะ ขนาด 3 เซนติเมตร มีใบ 3 ใบ ราก 3 ราก ออกมาปลูกในวัสดุปลูกชนิดต่าง ๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าต้นอ่อนเอื้องแซะที่ย้ายออกมาปลูกในสแฟกนัมมอส (sphagnum moss) มีอัตราการรอดชีวิตมากที่สุด 87 เปอร์เซ็นต์ ส่วนต้นอ่อนปลูกในสแฟกนัมมอสร่วมกับไฮโดรตรอน (1:1) พบว่ามีอัตราการรอดชีวิต 83 เปอร์เซ็นต์ ส่วนต้นอ่อนปลูกในกาบมะพร้าวสับพบว่ามีอัตราการรอดชีวิต 80 เปอร์เซ็นต์ ต้นอ่อนปลูกในวัสดุปลูกกาบมะพร้าวสับร่วมกับไฮโดรตรอน (1:1) และกาบมะพร้าวสับกับไฮโดรตรอนและสแฟกนัมมอส (1:1:1) พบว่ามีอัตราการรอดชีวิตเท่ากันคือ 73 เปอร์เซ็นต์ และต้นอ่อนปลูกในวัสดุปลูกไฮโดรตรอน พบว่ามีอัตราการรอดชีวิต 63 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ต้นอ่อนเอื้องแซะที่ย้ายปลูกในวัสดุปลูกทุกชนิดมีจำนวนยอด ความยาวยอด และจำนวนใบไม่แตกต่างกันทางสถิติ ลำต้นมีสีเขียว ใบสีเขียว (Figure 5) การปลูกเลี้ยงกล้วยไม้หวายพันธุ์นี้จะต้องคำนึงถึงสภาพที่ขึ้นอยู่ตามธรรมชาติ โดยเฉพาะเอื้องแซะมักขึ้นตามเทือกเขาสูง ชอบอากาศเย็น และมักขึ้นเกาะตามกิ่งไม้ตอต้นไม้เป็นทางยาว มีมอสหรือไลเคนขึ้นเกาะตามกิ่งไม้เหล่านั้น (ระพีสาคริก, 2546) ผลการทดลองพบว่าต้นอ่อนเอื้องแซะที่ย้ายปลูกในสแฟกนัมมอส มีอัตราการรอดชีวิตมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ ธนวดี พรหมจันทร์ และคณะ (2559) ที่ได้ปลูกเลี้ยงเอื้องกุหลาบกระเป๋าดิบในสแฟกนัมมอส พบว่ามีอัตราการรอดชีวิตสูงที่สุดถึง 100 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากสแฟกนัมมอสมีคุณสมบัติที่ดีคือ น้ำหนักเบา รากกล้วยไม้ยึดเกาะได้ดี มีช่องว่าง น้ำ อากาศ ออกซิเจนหมุนเวียนได้สะดวก ไม่ดูดซับเกลือจากปุ๋ย สามารถดูดน้ำได้ถึง 20 เท่าตัว การระบายน้ำสม่ำเสมอ รากพืชเจริญเติบโตและแผ่กระจายได้ดี รดน้ำได้ดีขึ้น ทำให้มีความชื้นเหมาะสมกับการเจริญเติบโต และในปัจจุบันสแฟกนัมมอสหาซื้อได้ง่าย และถึงแม้จะมีราคาสูงกว่ากาบมะพร้าวสับ แต่ก็มีต้นทุนที่สามารถใช้ซ้ำได้ นอกจากนี้ช่วงเวลากการออกปลูกของกล้วยไม้ก็มีความสำคัญเช่นกัน ดังงานวิจัยของ มณฑิยา แสงตะหมื่น และคณะ (2555) ที่ได้ทดสอบช่วงเวลา วิธีการ และวัสดุปลูกที่เหมาะสมสำหรับการย้ายปลูกเอื้องแซะ พบว่าการปลูกเลี้ยงโดยใช้วัสดุปลูกเป็นใบมะพร้าวในช่วงที่มีอากาศร้อนและชื้น เอื้องแซะจะมีอัตราการรอดชีวิตลดลงอย่างมาก ส่วนวิธีการที่เหมาะสมในการย้ายปลูกคือการปลูกเลี้ยงในกระโถนพลาสติก เมื่อทดสอบการออกปลูกในวัสดุปลูกที่ต่างกันพบว่าเมื่อปลูกเลี้ยงในสแฟกนัมมอสเป็นเวลา 30 วัน เอื้องแซะมีอัตราการรอดชีวิตสูงที่สุด 100 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อเลี้ยงต่อไปเป็นเวลา 90 วัน มีอัตราการรอดชีวิตลดลงเหลือ 72 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจากการทดลองนี้ได้ทดลองย้ายปลูกโดยไม่ได้อบรมดูแลและน้ำและความชื้น ในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2562 มกราคม และมีนาคม 2563 ในพื้นที่กรุงเทพฯ ซึ่งมีอากาศร้อน จึงทำให้ผลการทดลองแตกต่างจากการทดลองที่ได้กล่าวมา ดังนั้นการย้ายปลูกกล้วยไม้ที่มีถิ่นกำเนิดจากพื้นที่สูงต้องคำนึงถึงปัจจัยในเรื่องของอุณหภูมิและความชื้นด้วย

Table 4 Effect of various materials on survival percentage and plantlet growth of *D. scabrilingue* Lindl after cultured for 4 weeks in greenhouse.

Types of material	Survival percentage	Shoot no.	Shoot length (cm)	Leave no.
CBH	80	1.00±0.00	3.44±0.22	2.91±0.29
HD	63	1.05±0.05	3.88±0.31	2.94±0.34
SP	87	1.00±0.00	3.80±0.26	2.50±0.21
CBH + HD (1:1)	73	1.00±0.00	3.45±0.29	2.68±0.23
HD + SP (1:1)	83	1.00±0.00	3.36±0.18	2.44±0.23
CBH + HD + SP (1:1:1)	73	1.00±0.00	3.58±0.29	2.54±0.26
F-test	-	ns	ns	ns
CV (%)	-	14.29	34.40	46.85

ns = non significantly difference.

Means within a column with a no common superscripts are significantly difference.

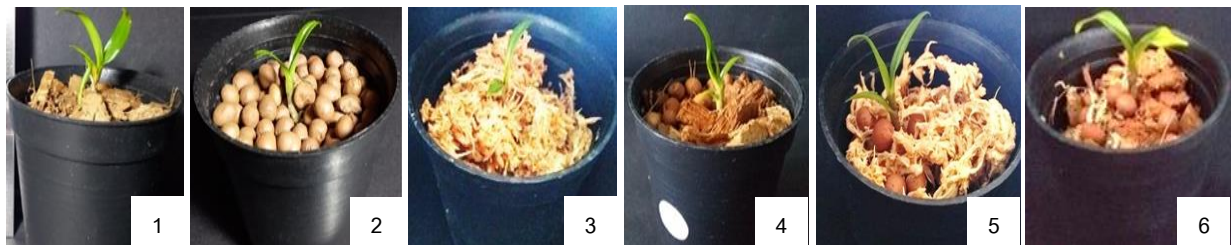


Figure 5 Growth and development of 4-week-old *D. scabrilingue* Lindl plant transplanted to various materials in greenhouse. (1) Coconut bark hack, (2) hydroton, (3) sphagnum moss, (4) chopped coconut and hydroton (5) hydroton and sphagnum moss and (6) chopped coconut, hydroton and sphagnum moss.

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้พบว่าเมล็ดเอื้องแซะสามารถงอกและพัฒนาการเจริญเติบโตเป็นโปรโตคอร์มได้บนอาหารสูตร VW ส่วนการชักนำโปรโตคอร์มไลค์บอดี พบว่าในอาหารเหลว VW ที่เติม BA ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตรสามารถชักนำเกิดโปรโตคอร์มไลค์บอดีได้ดีที่สุด และเพื่อให้โปรโตคอร์มไลค์บอดีพัฒนาเป็นต้นอ่อนอย่างรวดเร็วให้เพาะเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร VW ที่เติมน้ำตาล 1 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการชักนำให้ต้นอ่อนเกิดเป็นต้นที่สมบูรณ์โดยการเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร VW ที่เติมน้ำฝรั่งบด และเพื่อชักนำให้เกิดต้นและรากที่สมบูรณ์พร้อมนำออกปลูกจึงนำมาเพาะเลี้ยงบนอาหาร VW ที่เติมน้ำฝรั่งบดที่เดิมผงดำนกัมมันต์ 2 กรัมต่อลิตร ส่วนการย้ายปลูก พบว่าการใช้สแฟกนัมมอสทำให้ต้นกล้ามีอัตราการรอดชีวิตสูงที่สุด แต่การเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันในวัสดุปลูกแต่ละชนิด

เอกสารอ้างอิง

- จิตราพรรณ พิติก. 2539. เอื้องแซะหลวง. นิตยสารไม้ดอก 1(6): 74-77.
- ณัชชา วิสุทธิเทพกุล. 2548. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชที่หายากและใกล้จะสูญพันธุ์. ใน รายงานการประชุมความหลากหลายทางชีวภาพด้านป่าไม้และสัตว์ป่า. กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช. น. 368-374. โรงแรมริเจนท์, เพชรบุรี.
- ธนวดี พรหมจันทร์, สุภาวดี รามสูตร และปรีดา บุญเวช. 2559. ผลของผงดำนและวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดชีวิตของต้นกล้วยไม้เอื้องกุหลาบกระเปาะปิด. วารสารวิชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช 35(2): 53-61.
- ธีรพล พงษ์สวัสดิ์ชัย และพิมพ์ใจ อาภาวิชชุต์. 2550. ผลของน้ำตาลซูโครสต่อการเจริญเติบโตและการสร้างหัวในสภาพปลอดแก้วของกล้วยไม้ดินนางอ้วกสาคร. วารสารเกษตร 23(3): 197-205.
- นิตยา มนต์รี และนิเวศ แซ่ซ่ง. 2557. การขยายพันธุ์กล้วยไม้ช้างผสมลงในสภาพปลอดเชื้อ. แก่นเกษตร 42(ฉบับพิเศษ 1): 159-601.

- บัวสอน โบราสี และอารยา อาจเจริญ เทียนหอม. 2557. การงอกของเมล็ดและการพัฒนาด้านอ่อนแอของเหง้าและในสภาพปลอดเชื้อ. *แก่นเกษตร* 42 (ฉบับพิเศษ 3): 524-528.
- ประทีปศรี สันชัยศรี, ธวัชชัย ศศิณลิน, ชูเกียรติ เทพสาร และนงเยาว์ ทองตัน. 2538. การวิจัยและพัฒนาสกัดกลิ่นหอมจากดอกกล้วยไม้ป่าเอื้องแซะ. *วารสารวิชาการเกษตร* 13(2): 136-141.
- ประพันธ์ โอสธำพันธุ์, ลักขณา เพ็ชรประดับ, นันทฤทธิ โชคถาวร, เบญจวรรณ สมบูรณ์, ชิต อินปรา และสมยศ มีสุข. 2554. รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง การผลิตเอื้องแซะหอมเชิงพาณิชย์เพื่ออุตสาหกรรมเครื่องหอม. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- ภาวิณี ศิริสม. 2557. การปรับปรุงวิธีการชักนำให้เกิดโปรโตคอร์มและการพัฒนาเป็นต้นใหม่ของกล้วยไม้ลูกผสมสกุลหวาย. *ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาความหลากหลายทางชีวภาพ สถาบันวิจัยวลัยรุกเวช, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.*
- ภุมรินทร์ คงมณี. 2544. การศึกษาการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของต้นกล้วยไม้เอื้องแซะหลวงในสภาพปลอดเชื้อ. *ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.*
- มณฑิยา แสงคะหมื่น, สุริยนต์ ดีดเหล็ก และสุทัศน์ ปินตาเสน. 2555. การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการขยายพันธุ์กล้วยไม้เอื้องแซะ. ใน *รายงานผลงานวิจัยและพัฒนา 2551-2560*. น. 1-11. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร.
- ระพี ศาคริก. 2546. การปลูกกล้วยไม้เป็นการค้าและการพัฒนาบนพื้นฐานความมั่นคง. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วรภรณ์ ภูตะณ. 2557. เทคโนโลยีเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสมุนไพร: จากพื้นฐานสู่การประยุกต์ใช้ทางเภสัชศาสตร์. ขอนแก่น: บริษัท ขอนแก่นพิมพ์พัฒนา จำกัด.
- วิวัฒน์ วุฒิพันธุ์ไชย. 2529. ผลของอายุผัก การเติมมันฝรั่ง น้ำมะพร้าว และถ่านในอาหารสำหรับเพาะเมล็ดกล้วยไม้รองเท้านารีเหลืองปราจีน (*Paphiopedilum concolor*). *ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.*
- เศรษฐมนตร์ กาญจนกุล. 2552. *กล้วยไม้ไทย*. กรุงเทพฯ: เศรษฐศิลป์.
- อาทิตยา ชายศิริ และวรภรณ์ จุฑาย. 2560. ผลของสูตรอาหารต่อการเจริญเติบโตของกะเรกะร่อนปากเปิดในสภาพปลอดเชื้อและผลของปุ๋ยในการอนุบาลหลังออกปลูก. *แก่นเกษตร* 45 (ฉบับพิเศษ): 1197-1202.
- อาภรณ์ อุดมศิลป์. 2556. *พืชอนุรักษ์ในบัญชีไซเตส (CITES) กล้วยไม้ป่าในผืนป่าตะวันออก ตอนที่ 1*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- Arditti, J. 2008. *Micropropagation of orchids*. Australia: Blackwell Publishing.
- Arditti, J., and Pridgeon, A. 2013. *Orchid biology: reviews and perspectives, VII*. Netherlands: Springer Science & Business Media.
- Cardoso, J. C., Zanello, C. A., and Chen, J. T. 2020. An overview of orchid protocorm-like bodies: mass propagation, biotechnology, molecular aspects, and breeding. *International Journal of Molecular Sciences* 21(3): 985.
- Hdider, C., and Desjardins, Y. 1994. Effects of sucrose on photosynthesis and phosphoenolpyruvate carboxylase activity of in vitro cultured strawberry plantlets. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 36(1): 27-33.
- Huetteman, C. A., and Preece, J. E. 1993. Thidiazuron: a potent cytokinin for woody plant tissue culture. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 33: 105-119.
- Kaur-Sawhney, R., Flores, H. E., and Galston, A. W. 1980. Polyamine-induced DNA synthesis and mitosis in oat leaf protoplasts. *Plant Physiology* 65(2): 368-371.
- Knudson, L. 1946. A new nutrient solution for the germination of orchid seed. *American Orchid Society Bulletin* 15: 214-217.
- Kunakhonnuruk, B., Inthima, P., and Kongbangkerd, A. 2018. In vitro propagation of *Epipactis flava* Seidenf., an endangered rheophytic orchid: a first study on factors affecting asymbiotic seed germination, seedling development and greenhouse acclimatization. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 135(3): 419-432.
- Pan, M. J., and Van Staden, J. 1998. The use of charcoal in in vitro culture – A review. *Plant Growth Regulation* 26: 155-163.
- Seidenfaden, G., and Smitinand, T. 1959. *The orchid of Thailand: A preliminary list*. Bangkok: The Siam Society.
- Sagaya, M. B., and Divakar, K. M. 2015. In vitro micropropagation of *Dendrobium crepidatum* Lindl. using fruit capsule. *International Journal of Engineering Development and Research* 3(4): 212-216.
- Vacin, E., and Went, F. W. 1949. Some pH changes in nutrient solutions. *Botanical Gazette* 110: 605-613.
- Zhao, P., Wu, F., and Feng, F. 2008. Protocorm-like body (PLB) formation and plant regeneration from the callus culture of *Dendrobium candidum* Wall ex Lindl.. In *Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant* 44: 178-185.

วันรับบทความ (Received date) : 27 ม.ค. 63

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 7 ส.ค. 63

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 14 ส.ค. 63

ความสามารถในการรวมตัวของลักษณะผลผลิตและความต้านทาน
ต่อเชื้อ *Pepper yellow leaf curl Thailand virus* ในพริก (*Capsicum annuum* L.)

Combining Ability Analysis for Yield and Resistance to *Pepper yellow leaf curl Thailand virus*
in Chilli Pepper (*Capsicum annuum* L.)

ธวัชชัย มศิริยานันท์¹ หทัยรัตน์ กิ่งกำปัง^{1,2} สมศักดิ์ ครามโชติ¹ สุชีลา เตชะวงศ์เสถียร³
 นครินทร์ จิอาทิตย⁴ Wen-Shi Tsai⁵ Sanjeet Kumar⁶ และพัชราภรณ์ สุวอ^{1*}
 Thawatchai Masiriyanan¹, Hathairai Kingkampang^{1,2}, Somsak Kramchote¹, Suchila Techawongstien³,
 Nakarin Jeeartid⁴, Wen-Shi Tsai⁵, Sanjeet Kumar⁶ and Patcharaporn Suwor^{1*}

บทคัดย่อ

Pepper yellow leaf curl Thailand virus (PepYLCTHV) เป็นปัญหาที่สำคัญต่อการผลิตพริก การใช้พันธุ์ต้านทานต่อเชื้อไวรัสจะช่วยให้ปัญหาดังกล่าวได้อย่างยั่งยืน ดังนั้นการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการรวมตัวด้านผลผลิต และความต้านทานต่อ PepYLCTHV ในพริกลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 13 คู่ผสมจากแผนการผสมแบบ test cross เปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อแม่ 14 สายพันธุ์ และพันธุ์อ่อนแอเปรียบเทียบ 1 สายพันธุ์ (KM-P13001-4) วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทำ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ต้น ผลการทดลองพบว่าพริกพันธุ์แชกดำ มีค่าความสามารถในการรวมตัว (GCA) ของผลผลิตสด และผลผลิตแห้งสูงที่สุดคือ 170.43 และ 54.84 ตามลำดับ สำหรับลักษณะการเกิดโรคใบหงิกเหลือง พันธุ์แม่ที่มีค่า GCA ต่ำที่สุดคือพันธุ์หัวเรือเบอร์ 7 เท่ากับ -1.54 ในส่วนของลูกผสมพบว่า คู่ผสม KM-P13052-10-2 x 9853-123, KM-P13052-8-2 x 9853-123, ยอดสนเข้ม 80 x 9853-123 และ PP0537-7504 x 9853-123 มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ในลักษณะผลผลิตสูงที่สุดคือ %MP เท่ากับ 148.98%, 257.96%, 46.56% และ 68.63% และ %HP เท่ากับ 140.60%, 239.47%, 23.08% และ 45.76% ตามลำดับ อย่างไรก็ตามลูกผสมทั้ง 13 คู่ผสมแสดงอาการอ่อนแอต่อโรค ดังนั้นจึงสรุปได้ว่ายีนที่ควบคุมความต้านทานต่อโรคใบหงิกเหลืองพริกเป็นแบบยีนด้อย นอกจากนั้นพบว่า คู่ผสมหัวเรือเบอร์ 7 x 9853-123 มีระดับการเกิดโรคต่ำที่สุดคือ 3.3 และมีเปอร์เซ็นต์ความดีเด่นเหนือพ่อแม่ต่ำที่สุดคือ -28.57 ดังนั้นจึงเหมาะสมที่จะพัฒนาเป็นพันธุ์พริกทนทานต่อเชื้อ PepYLCTHV ได้

คำสำคัญ: การปรับปรุงพันธุ์ ความต้านทานโรค เบโกโมไวรัส การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม เชื้อไวรัสใบหงิกเหลือง

Abstract

The *pepper yellow leaf curl Thailand virus* (PepYLCTHV) is one of economic importance as it has a negative impact on chili pepper production. The use of chilli pepper resistance to PepYLCTHV is a sustainability strategy for controlling the disease. Therefore, the objective of this experiment was to study about the combining ability of pepper varieties with regard to yield and resistance to PepYLCTHV. Thirteen F_1 hybrids testcrosses were obtained by testcross mating design, and they were compared with 14 parental lines and a susceptibility check (KM-P13001-4). The study was of randomized complete block design (RCBD) with three replications and five plants per replication. The results showed that the Khaekdam varieties had the highest general combining ability (GCA) value for fresh yield characteristics and dry yield at 170.43 and 54.84, respectively. For the GCA value of *pepper yellow leaf curl virus* disease, the Huareua-7 variety showed the lowest value at -1.54, which was suitable for development of

¹ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

¹ Department of Plant Production of Technology, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Ladkrabang, Bangkok 10520

² ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

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

³ สาขาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ. เมือง จ. ขอนแก่น 40002

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

⁴ สาขาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ. เมือง เชียงใหม่ 50200

⁴ Horticulture Section, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Muang, Chiang Mai 50200

⁵ Department of Plant Medicine, College of Agriculture, National Chiayi University, Chiayi, Taiwan

⁶ World Vegetable Center, P.O. Box 42, Shanhua, Tainan, Taiwan

*Corresponding author, Email: patcharaporn.su@kmitl.ac.th

a tolerant variety. Four F_1 -hybrids, KM-P13052-10-2 x 9853-123, KM-P13052-8-2 x 9853-123, Yodsonkem 80 x 9853-123 and PP0537-7504 x 9853-123 showed the highest heterosis values in fresh yield base on %MP as 148.98%, 257.96%, 46.56% and 68.63%, respectively. %HP were 140.60%, 239.47%, 23.08% and 45.76% respectively. However, all 13 hybrids showed susceptibility to the disease, so it was concluded that resistance to chili pepper disease was controlled by a recessive gene. In addition, the Huareua-7 x 9853-123 hybrid showed the lowest disease level score of 3.3, and the lowest percentage heterosis of -28.57. The results suggest that this hybrid is suitable for the development of chilli pepper varieties that are resistant to the PepYLCV virus.

Keywords: breeding, disease resistance, Begomovirus, inheritance, *Pepper yellow leaf curl virus*

คำนำ

เชื้อ *Pepper yellow leaf curl virus* (PepYLCV) จัดเป็นเชื้อไวรัสที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจในการผลิตพริกในเขตร้อนและร้อนชื้น โดยเฉพาะในประเทศแอฟริกา อินเดีย จีน ปากีสถาน เวียดนาม ใต้หวัน และประเทศไทย (Chiemsoombat et al., 2018) เชื้อดังกล่าวมีแมลงห้ำขาว (*Bemisia tabaci*) เป็นพาหะนำโรค โดยความสัมพันธ์ของเชื้อไวรัสกับแมลงพาหะเป็นแบบไวรัสคงอยู่ในตัวแมลง (persistent) เชื้อจะมีชีวิตอยู่ในตัวของแมลงห้ำขาวได้ประมาณ 35-40 วัน ทำให้สามารถติดต่อผ่านไข่ได้ 2 ชั่วรุ่น (Ghanim et al., 1998; Ghanim and Czosnek, 2000) จึงทำให้ยากต่อการป้องกันและกำจัด ดังนั้นการปรับปรุงพันธุ์พริกให้ต้านทานต่อเชื้อ PepYLCV จึงเข้ามามีบทบาทที่สำคัญเพื่อช่วยแก้ไขปัญหาด้านการผลิตพริกได้อย่างยั่งยืน จากรายงานที่ผ่านมาพบว่า ลักษณะความต้านทานต่อเชื้อนี้ถูกควบคุมด้วยยีนด้อยจำนวน 1-2 ตำแหน่ง (Rai et al., 2014) ขึ้นอยู่กับเชื้อพันธุกรรมต้านทาน เชื้อไวรัส และเทคนิคการปลูกเชื้อ (Kumar et al., 2009) โดยแต่ละตำแหน่งที่ต้านทานต่อเชื้อไวรัสใบหงิกเหลืองในสายพันธุ์ที่แตกต่างกัน (พัชรภรณ์ สุวอ, 2560) แหล่งความต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองพบรายงานในพริก 2 สปีชีส์คือ พริกกลุ่ม *Casicum annuum* L. ได้แก่ 9852-123 (Barchenger et al., 2019), BG-3821 (Anaya-Lopez et al., 2003), Perennial HDV, PSP-11, KR-B/NP-46-A และ PBC 145 (ญานิศา แสงสอดแก้ว, 2561) และกลุ่มพริก *C. chinense* (GKC-29 BS-35 และ EC-497636) (Kumar et al., 2006) การถ่ายทอดลักษณะความต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองพบว่าในพริกลูกผสม IPBC12 x UNIB C GTS1 ถูกควบคุมโดยยีนหลายตำแหน่ง มีอิทธิพลของยีนแบบผลบวก (additive) ยีนเด่น (dominant) และปฏิสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบผลบวก (additive x additive interaction) และในกลุ่มประชากรของ IPBC10 x IPBC14 ถูกควบคุมโดยยีนด้อย 2 ตำแหน่งมีอิทธิพลของยีนแบบอิทธิพลแบบบวกสะสม (additive action) ยีนเด่น (dominant) และปฏิสัมพันธ์ระหว่างยีนเด่น (dominance x dominance interaction) แสดงให้เห็นถึงความต้านทานในแต่ละคู่ผสมมีลักษณะการถ่ายทอดทางพันธุกรรม และอิทธิพลของยีนที่แตกต่างกัน (Ganefianti et al., 2015) จึงทำให้การปรับปรุงพันธุ์พริกต้านทานต่อโรคไวรัสค่อนข้างยากและมีความเฉพาะของสายพันธุ์ไวรัสต่อแต่ละพื้นที่

การปรับปรุงพันธุ์พริกที่ผ่านมามุ่งเน้นการพัฒนาพันธุ์เพื่อเพิ่มผลผลิต และคุณภาพผลพริกให้เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคและตลาด แต่ยังขาดการพัฒนาพันธุ์พริกต้านทานต่อโรค โดยเฉพาะโรคไวรัสใบหงิกเหลืองจึงส่งผลให้พริกพันธุ์การค้าส่วนมากอ่อนแอต่อโรคดังกล่าว โรคไวรัสใบหงิกเหลืองเกิดจากเชื้อไวรัสวงศ์ Geminiviridae พบการแพร่ระบาดอย่างรุนแรงในพื้นที่เขตร้อนและร้อนชื้นรวมถึงประเทศไทย โดยเฉพาะในฤดูแล้ง หากพืชได้รับเชื้อตั้งแต่ระยะต้นกล้าจะทำให้ผลผลิตเสียหายสูงถึง 80-100 เปอร์เซ็นต์ (Jamsari and Pedri, 2013) เชื้อไวรัสในวงศ์ Geminiviridae เป็นวงศ์ที่มีขนาดใหญ่และสามารถก่อโรคในพืชหลายชนิด โดยมีการจัดกลุ่มเป็น 4 สกุล (genus) คือ *Matrevirus*, *Curtovirus*, *Begomovirus* และ *Topocuvirus* ทั้งนี้เชื้อไวรัสในสกุล *Begomovirus* เป็นสาเหตุในการเกิดโรคไวรัสใบหงิกเหลืองในพืชหลายชนิด (Chatchawankanphanich and Maxwell, 2002) โดยเฉพาะพืชในวงศ์ Solanaceae เช่น พริก มะเขือ มะเขือเทศ มันฝรั่ง และพืชวงศ์แตง เป็นต้น ปัจจุบันมีรายงานการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสในสกุล *Begomovirus* ในพริก จำนวน 3 สปีชีส์ ได้แก่ *Pepper leaf curl virus* (PepLCV), *Pepper yellow leaf curl virus Kanchanaburi virus* (PepYLCKaV) และ *Pepper yellow leaf curl Thailand virus* (PepYLCV) (Kenyon et al., 2014) โรคไวรัสใบหงิกเหลืองสามารถแพร่ระบาดได้อย่างรวดเร็วโดยผ่านแมลงห้ำขาว (*Bemisia tabaci* Genn.) จึงทำให้โรสดังกล่าวทวีความรุนแรงมากขึ้นทุกปี Kumar et al. (2006) ได้ศึกษาความต้านทานโรคใบหงิกเหลืองในพริก หลังจากการปลูกเชื้อด้วยวิธีการเสียบยอด (grafting) เป็นเวลา 50 วัน พบว่า พริกชนิด GKC-29, BS-35 และ EC-497636 ไม่มีอาการของไวรัสปรากฏบนพืชที่ใช้ทดสอบ Firdaus et al. (2011) ได้ทำการคัดเลือกพันธุ์พริกต้านทานต่อแมลงห้ำขาวจำนวน 4 สายพันธุ์ (*C. annuum*, *C. frutescens*, *C. chinense* และ *C. baccatum*) พบว่า

พริกชนิด *C. annuum* สามารถต้านทานต่อแมลงหีขาวได้ และยังพบอีกว่าความต้านทานต่อแมลงหีขาวสัมพันธ์กับความหนาของ cuticle ของใบอีกด้วย มหาวิทยาลัย Punjab Agricultural University ที่ประเทศอินเดียได้ทำการพัฒนาสายพันธุ์พริกต้านทานต่อไวรัส เช่น พันธุ์ BS-35, GKC-29, Bhut Jolokia, Lankamura, Collection, C00309, C00304, NMCA-40008, IC-383072, Perennial, BG-11, Lorai และ Punjab Lal (Rai et al., 2014) จากการวิจัยการแสดงออกของยีนของลูกผสมข้ามสปีชีส์ระหว่าง *C. annuum* x *C. chinense* พบอัตราส่วนการแสดงออกของลักษณะต้านทาน : อ่อนแอ ในชั่วรุ่น F_2 เป็น 3 : 1 โดยกลไกความต้านทานในพริกพันธุ์ BG-3821 จะหลังสารอนุมูลอิสระ (reactive oxygen species, ROS) และสาร salicylic acid ซึ่งเป็นสารในกลุ่ม phenolic compound เพิ่มมากขึ้น เพื่อไปกระตุ้น PR protein ซึ่งเป็น pathogenesis related proteins (PRs) ออกมาเพื่อป้องกันไม่ให้เซลล์ถูกทำลาย นอกจากนั้นยังถูกควบคุมด้วยยีนที่แตกต่างกันและพบการสร้าง PR1, PR5 และ PR gene ในพริกสายพันธุ์ต้านทาน BG-3821 (Garcia and Rivera-Bustamante, 2011) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้มีการผสมข้ามพันธุ์ต้านทานต่อ PepYLCTHV เข้าสู่พริกพันธุ์การค้าของไทย ได้แก่ พริกยอดสน พริกจินดา พริกหัวเรือ และพริกหนุ่ม และศึกษาความสามารถในการรวมตัว และการแสดงออกของยีนต้านทานต่อ PepYLCTHV และสร้างฐานประชากรพริกของไทยให้มียีนต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลือง

วิธีการศึกษา

การสร้างลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1

ผสมข้ามระหว่างพริกพันธุ์แม่ พันธุ์ดีจำนวน 4 กลุ่ม ได้แก่ 1) พริกยอดสน 1 สายพันธุ์ คือ ยอดสนเข้ม 80 2) กลุ่มพริกจินดา 7 สายพันธุ์ คือ แยกดำ, KM-P13052-4, KM-P13052-7, KM-P13052-8-1, KM-P13052-8-2, KM-P13052-10-1 และ KM-P13052-10-2 3) พริกหัวเรือ 3 สายพันธุ์ คือ หัวเรือเบอร์ 7 หัวเรือเบอร์ 12 และ PP0537-7504 และ 4) พริกชี้ฟ้า 2 สายพันธุ์ คือ PP0437-7510 และ PP9955-15 รวมทั้งหมด 13 สายพันธุ์ กับพริกพันธุ์พ่อที่ต้านทานต่อเชื้อ *Pepper yellow leaf curl Thailand virus* (PepYLCTHV) คือ 9853-123 โดยใช้แผนการผสมแบบ test cross with tester นำลูกผสมพริกจำนวน 13 คู่ผสมปลูกทดสอบร่วมกับพันธุ์พ่อแม่ 14 สายพันธุ์ โดยแบ่งปลูกทดสอบ 2 งานทดลองคือ 1) การปลูกทดสอบสมรรถนะการรวมตัวของลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต ปลูกทดสอบในกระถางและวางในแปลงกลางแจ้ง (open field) และ 2) ความต้านทานต่อเชื้อ PepYLCTHV ปลูกทดสอบในโรงเรือนมุ้งตาข่ายในฤดูแล้ง ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2562 ถึง เดือนธันวาคม 2562 ณ แปลงเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

การปลูกทดสอบสมรรถนะการรวมตัวของลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

นำลูกผสมจำนวน 13 คู่ผสมปลูกทดสอบผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตร่วมกับพันธุ์พ่อแม่ รวมจำนวนทั้งหมด 27 สายพันธุ์ วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Blocked Design (RCBD) ทำ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ต้น โดยมีวิธีการปลูกและดูแลรักษาดังนี้ นำต้นพริกอายุ 35 วัน มาย้ายปลูกในกระถางขนาด 12 นิ้ว ใช้วัสดุปลูกผสมขุยมะพร้าว มะพร้าวสับดินใบก้ามปู และปุ๋ยคอก อัตราส่วน 1 : 1 : 2 : 1 ตามลำดับ ปลูกแถวคู่ระยะห่างระหว่างต้น 50×50 เซนติเมตร และทุกกระถางมีการดูแลรักษาดังนี้ ใส่ปุ๋ยรองพื้น 16-16-16 อัตรา 5 กรัม/กระถาง ร่วมกับปุ๋ยคอกอัตรา 10 กรัม/กระถาง ให้น้ำช่วงเช้าวันละ 1 ครั้ง และให้ปุ๋ยสูตร 15-0-0 ร่วมกับปุ๋ย 18-46-0 และ 0-0-60 อัตรา 5 กรัม/กระถาง/สัปดาห์ ในช่วงระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น ส่วนในระยะออกดอกและติดผลให้ปุ๋ยสูตร 15-0-0 ร่วมกับปุ๋ย 18-46-0 และ 0-0-60 อัตรา 10 กรัม/กระถาง/สัปดาห์ ทำการตัดแต่งตาข่ายใต้ยอดข้อที่ 1 และเด็ดผล/ดอกข้อที่ 1-3 ออกและเก็บเกี่ยวผลผลิตจำนวน 3 ครั้ง

การทดสอบสมรรถนะการรวมตัวของลักษณะต้านทานต่อเชื้อ PepYLCTHV

นำเชื้อ PepYLCTHV ที่ได้รับความอนุเคราะห์จากห้องปฏิบัติการไวรัสพืชและแบคทีเรียโอฟาจ-ศช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน มาเพิ่มปริมาณในต้นกล้าพริกพันธุ์อ่อนแอ (พันธุ์ยอดสน) อายุ 30 วันหลังจากเพาะกล้าจำนวน 300 ต้น โดยใช้แมลงหีขาวถ่ายทอดเชื้อ หลังจากปลูกเชื้อ 14 วัน ทำการประเมินและคัดเลือกต้นที่ติดเชื้อไวรัสจากอาการของโรคที่ปรากฏในระดับอ่อนแอมาก ตรวจสอบเชื้อ PepYLCTHV จากต้นพริกที่คัดเลือกด้วยเครื่องหมายโมเลกุล (molecular marker) โดยใช้คู่ไพรเมอร์ที่จำเพาะ (specific primer) ต่อเชื้อไวรัส คือ *PAL1v1978B* 5'-GCATCTGCAGGCC CACATBGTYTTHCCNGT-3' และ *PAR1c715H* 5'-GATTTCTGCAGTTDATRTTHTCRTCCTCCATCCA-3' (Tsai et al., 2011) ซึ่งจะให้แถบ DNA ขนาดประมาณ 1500 คู่เบส เก็บต้นพริกที่ให้ผลเป็นบวกต่อปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอร์ส (polymerase chain reaction, PCR) เพื่อใช้เป็นแหล่งเชื้อ (source of inoculum) สำหรับปลูกเชื้อในขั้นตอนต่อไป

การเตรียมต้นกล้าพริกสำหรับปลูกเชื้อ PepYLCTHV โดยนำเมล็ดพริกพันธุ์พ่อแม่ พันธุ์ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 พันธุ์อ่อนแอ (KM-P13001-4) และพันธุ์ต้านทาน (9853-123) จำนวนทั้งหมด 28 สายพันธุ์ มาปลูกทดสอบสมรรถนะการรวมตัวของลักษณะ

ต้านทานต่อโรคใบหงิกเหลืองพริก โดยนำเมล็ดพันธุ์ทั้งหมดมาเพาะกล้าในถาดหลุมขนาด 104 หลุม เมื่อได้ต้นกล้าอายุ 30 วัน ย้ายต้นกล้าลงกระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว โดยใช้วัสดุปลูกที่ประกอบด้วยดินใบก้ามปู ขุยมะพร้าว และมะพร้าวสับ ให้ปุ๋ยออกโมโคไทสูตร 13-13-13 เมื่อต้นกล้าพริกอายุได้ 45 วัน จึงทำการปลูกเชื้อ PepYLCTHV ลงในต้นกล้าด้วยวิธีการเสียบยอด โดยใช้พันธุ์ทดสอบเป็น root stock และใช้ต้น inoculum เชื้อไวรัสใบหงิกเหลืองเป็น scion (Kumar et al., 2006) วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ต้น ประเมินการเกิดโรคหลังเสียบยอด 28, 35, 42, 49, 56 และ 63 วัน โดยให้คะแนนความรุนแรงของการเกิดโรคทั้งหมด 6 ระดับ คือ 0 = ต้นปกติ, 1 = มีอาการใบหงิก 0-5% และเส้นใบหงิก, 2 = มีอาการใบหงิก 6-25% เส้นใบหงิกมากขึ้น และใบเริ่มแสดงอาการเหลือง, 3 = มีอาการใบหงิก 26-50% เส้นใบหงิก และใบเหลืองเกือบทั้งใบ, 4 = มีอาการใบหงิก 51-75% เส้นใบหงิก ใบเหลืองทั้งใบ และใบเริ่มมีอาการแฉกรรแตก และ 5 = มีอาการใบหงิกมากกว่า 75% เส้นใบหงิก ใบเหลืองทั้งใบ ใบแฉกรรแตก และพืชชะงักการเจริญเติบโต ตามวิธีการของ The World Vegetable Center (Worldveg) (Figure 1) แล้วนำค่า score การเกิดโรคมาคำนวณดัชนีการเกิดโรค (disease index, %DI) โดยใช้สูตร $\%Disease\ index = \frac{\sum (N_i \times V_i)}{N \times V} \times 100$ เมื่อ N_i = จำนวนต้นที่แสดงการเกิดโรคในแต่ละระดับ, V_i = ระดับการเกิดโรค (0, 1, 2, 3, 4 หรือ 5), V = ระดับการเกิดโรคสูงสุด และ N = จำนวนต้นทั้งหมดที่นำมาทดสอบ เพื่อนำไประบุลักษณะความต้านทานของพริกในแต่ละสายพันธุ์ต่อโรคใบหงิกเหลืองพริก

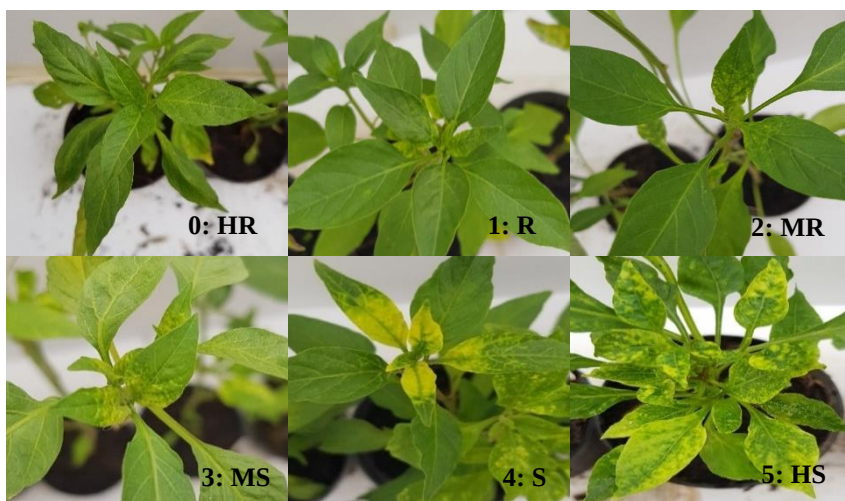


Figure 1 *Pepper yellow leaf curl Thailand virus* (PepYLCTHV) scores at seedling stage, 0: highly resistant (HR); 1: resistant (R); 2: moderate resistant (MR); 3: moderate susceptible (MS); 4: susceptible (S) and 5: highly susceptible (HS).

การบันทึกข้อมูล

บันทึกคุณภาพผลผลิตจากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 โดยสุ่มเก็บผลพริกจำนวน 5 ผลต่อต้น และบันทึกความกว้างของผล (เซนติเมตร) ความยาวของผล (เซนติเมตร) และน้ำหนักผลสดต่อผล (กรัม) ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตจำนวน 3 ครั้ง บันทึกจำนวนผลต่อต้น น้ำหนักผลสดต่อต้น (กรัม) และน้ำหนักแห้งต่อต้น โดยเริ่มเก็บผลผลิตครั้งแรกเมื่อมีปริมาณผลสุก 1 ใน 3 ของต้น ช่วงระยะเวลาเก็บเกี่ยวห่างกัน 1 สัปดาห์

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวนของทุกลักษณะที่ทำการศึกษาตามแผนการทดลองแบบ RCBD เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติสำเร็จรูป statistic version 8 วิเคราะห์ความดีเด่นของลูกผสมชั่วที่ 1 (heterosis) 2 แบบ คือ เปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อแม่ (mid parent) และเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อแม่ที่ดีกว่า (high parent) และวิเคราะห์ความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (general combining ability, GCA) ตามแผนการผสมแบบ test cross with tester ตามวิธีการของ ปราโมทย์ พรสุริยา (2557)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การปลูกทดสอบสมรรถนะการรวมตัวของลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

ผลการทดลองพบว่าลูกผสม 13 คู่ผสม และพันธุ์พ่อแม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ในทุกลักษณะที่ศึกษา ได้แก่ ผลผลิตสด ผลผลิตแห้ง จำนวนผลต่อต้น น้ำหนักสดต่อผล น้ำหนักแห้งต่อผล ความกว้างผล และความยาวผล โดยพบว่าในกลุ่มพันธุ์พ่อแม่พริกพันธุ์แขกดำจัดอยู่ในกลุ่มพริกจินดาให้ลักษณะผลผลิตสดต่อต้นสูงที่สุด คือ 301.98 กรัมต่อต้น เนื่องจากมีขนาดผลค่อนข้างใหญ่ มีน้ำหนักสดต่อผล น้ำหนักผลแห้ง ความกว้างผล และความยาวผลเท่ากับ 2.89 กรัม 1.22 กรัม 0.85 เซนติเมตร และ 7.25 เซนติเมตร ตามลำดับ ลักษณะผลผลิตแห้งต่อต้นพบว่าพริกพันธุ์หัวเรือเบอร์ 7 ให้ค่าสูงที่สุดคือ 68.81 กรัมต่อต้น เนื่องจากมีอัตราส่วนน้ำหนักสดต่อแห้งอัตราส่วนต่ำที่สุดคือ 2.6 : 1 และในพริกพันธุ์ลูกผสมพบว่าคู่ผสม KM-P13052-7 x 9853-123 มีอัตราส่วนต่ำที่สุดคือ 3.1 : 1 (Table 1) ซึ่งเป็นพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับทำพริกแห้ง ลักษณะจำนวนผลต่อต้นพบว่าพริกพันธุ์ยอดสนเข็ม 80 ให้จำนวนผลมากที่สุด คือ 218 ผลต่อต้น แต่เนื่องจากมีทรงผลเรียวยาว จึงทำให้น้ำหนักผลผลิตต่อต้นต่ำกว่าพริกจินดา โดยพริกยอดสนเข็ม 80 มีน้ำหนักสดต่อผล น้ำหนักแห้งต่อผล ความกว้างผล ความยาวผล เท่ากับ 0.78 กรัม 0.24 กรัม 0.48 เซนติเมตร และ 7.00 เซนติเมตร ตามลำดับ ลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูงที่สุดคือ คู่ผสมแขกดำ x 9853-123 ให้ผลผลิตสด 351.71 กรัมต่อต้น และผลผลิตแห้ง 104 กรัมต่อต้น เหมาะสมที่จะใช้เป็นพันธุ์แม่ เพื่อพัฒนาพันธุ์ลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูง

Table 1 Means of 8 characters evaluated in 14 parents and 13 hybrids of 13 x 1 cross in chili pepper (*Capsicum annuum* L.).

Genotype	Fruit							
	Fresh yield (g/pt)	Dry yield (g/pt)	Number of fruits per plant	Ration of fresh/dry weight	Fresh weight (g/fruit)	Dry weight (g/fruit)	Fruit width (cm)	Fruit length (cm)
9853-123	46.31 ^{op}	12.39 ^m	88.33 ^k	3.7 : 1	0.53 ^l	0.43 ^{lm}	0.44 ^{lm}	2.07 ⁿ
Kaekdum	301.98 ^{bc}	68.12 ^c	105.22 ^{ij}	4.4 : 1	2.87 ^c	1.22 ^b	0.85 ^c	7.25 ^c
Huareua-7	180.09 ^{ef}	68.82 ^c	162.55 ^{gh}	2.6 : 1	1.13 ^{fi}	1.30 ^{cd}	0.66 ^{eg}	6.87 ^{cd}
Huareua-12	145.33 ^{gh}	46.83 ^f	75.34 ^k	3.1 : 1	1.92 ^d	1.44 ^{bc}	0.58 ^{fk}	7.01 ^c
Yodsonkem 80	169.02 ^{fg}	54.61 ^d	216.89 ^{cf}	3.1 : 1	0.78 ^{gj}	0.24 ^m	0.48 ^{lm}	7.00 ^c
KM-P13052-4	114.67 ^{hi}	32.23 ^k	131.22 ^{hi}	3.6 : 1	0.90 ^{fi}	0.87 ^{ef}	0.57 ^{fi}	5.56 ^{eg}
KM-P13052-7	82.18 ^{mn}	21.19 ^j	71.22 ^{ji}	3.9 : 1	1.15 ^{fi}	0.91 ^e	0.47 ^{km}	4.73 ^{fk}
KM-P13052-8-1	70.87 ^{op}	22.26 ⁱ	68.89 ^{kl}	3.2 : 1	1.03 ^{fi}	0.93 ^e	0.43 ^m	4.54 ^{fi}
KM-P13052-8-2	53.33 ^{op}	11.11 ^m	39.83 ^{lm}	4.8 : 1	1.41 ^{ef}	0.57 ^{gk}	0.53 ^{hm}	3.20 ^m
KM-P13052-10-1	146.40 ^{gh}	49.83 ^e	192.17 ^{eg}	2.9 : 1	0.76 ^{hj}	0.55 ^{hi}	0.31 ⁿ	4.18 ^{hm}
KM-P13052-10-2	43.19 ^p	10.30 ^m	40.11 ^{lm}	4.2 : 1	1.08 ^{fi}	0.78 ^{eh}	0.51 ^{lm}	4.48 ^{gi}
PP0537-7504	254.43 ^d	55.11 ^d	208.39 ^{cf}	4.6 : 1	1.22 ^{fh}	0.59 ^{gk}	0.60 ^{ej}	5.77 ^{df}
PP9955-15	276.63 ^{cd}	50.28 ^e	37.78 ^{lm}	5.5 : 1	7.44 ^a	1.54 ^b	1.45 ^a	9.27 ^b
PP0437-7510	72.35 ^{no}	12.52 ^m	16.00 ^m	5.8 : 1	4.61 ^b	1.82 ^a	1.05 ^b	11.84 ^a
Kaeldum x 9853-123	351.71 ^a	104.02 ^a	260.33 ^b	3.4 : 1	1.35 ^{eg}	0.34 ^{lm}	0.69 ^{ef}	5.09 ^{ej}
Huareua-7 x 9853-123	149.83 ^{gh}	45.37 ^{fg}	161.45 ^{gh}	3.3 : 1	0.98 ^{fi}	0.73 ^{ei}	0.65 ^{eh}	4.18 ^{hm}
Huareua-12 x 9853-123	265.49 ^d	76.81 ^b	239.94 ^{bc}	3.5 : 1	1.11 ^{fi}	0.79 ^{eg}	0.63 ^{ei}	5.33 ^{eh}
Yodsonkem 80 x 9853-123	308.26 ^b	67.44 ^c	322.00 ^a	4.6 : 1	0.96 ^{fi}	0.45 ^{lm}	0.42 ^m	4.66 ^{fk}
KM-P13052-4 x 9853-123	116.54 ^{hi}	33.59 ^j	189.56 ^{fg}	3.5 : 1	0.60 ^{ij}	0.36 ^{km}	0.48 ^{lm}	3.33 ^{lm}
KM-P13052-7 x 9853-123	141.10 ^{gh}	46.06 ^f	203.22 ^{cd}	3.1 : 1	0.69 ^{hj}	0.47 ^{jl}	0.54 ^{gm}	4.54 ^{fi}
KM-P13052-8-1 x 9853-123	151.88 ^{gh}	43.52 ^{gh}	231.89 ^{bcd}	3.5 : 1	0.67 ^{hj}	0.45 ^{lm}	0.49 ^{lm}	3.57 ^{km}
KM-P13052-8-2 x 9853-123	134.07 ^{hk}	42.06 ^h	227.22 ^{bde}	3.2 : 1	0.60 ^{ij}	0.54 ^{li}	0.49 ^{lm}	3.75 ^{lm}
KM-P13052-10-1 x 9853-123	101.33 ^{lm}	31.62 ^k	133.78 ^{hi}	3.2 : 1	0.76 ^{hj}	0.65 ^{fi}	0.45 ^{km}	3.95 ^{lm}
KM-P13052-10-2 x 9853-123	111.42 ^{ki}	30.42 ^k	150.11 ^h	3.7 : 1	0.74 ^{hi}	0.59 ^{gk}	0.44 ^{lm}	3.62 ^{lm}
PP0537-7504 x 9853-123	184.16 ^{ef}	46.74 ^f	161.45 ^{gh}	3.9 : 1	1.16 ^{fi}	0.86 ^{ef}	0.60 ^{ei}	4.25 ^{fi}
PP9955-15 x 9853-123	197.29 ^e	38.19 ^j	105.45 ^{ij}	5.2 : 1	1.87 ^{de}	1.15 ^d	0.81 ^{cd}	7.33 ^c
PP0437-7510 x 9853-123	143.61 ^{gi}	33.56 ^j	105.33 ^{ij}	4.3 : 1	1.32 ^{eg}	0.77 ^{ei}	0.71 ^{de}	6.17 ^{ce}
F-test	**	**	**		**	**	**	**
CV (%)	9.81	2.93	13.24		20.04	15.41	11.19	12.22

** Significant at 0.01 probability levels.

คู่ผสมที่มีเปอร์เซ็นต์ความดีเด่นเหนือพ่อแม่ (heterosis) ในลักษณะผลผลิตสดสูงที่สุดคือคู่ผสม KM-P13052-10-2 x 9853-123 %MP (148.98%) และ %HP (140.60%) ลักษณะผลผลิตแห้งต่อต้น และจำนวนผลต่อต้น พบว่าคู่ผสม KM-P13052-8-2 x 9853-123 มีเปอร์เซ็นต์สูงที่สุด คือ ผลผลิตแห้ง (%MP; 257.96% และ %HP; 239.47%) และจำนวนผลต่อต้น (%MP; 254.59% และ %HP; 157.24%) ลักษณะน้ำหนักสด/ผลพบว่าพริกพันธุ์ยอดสนเข้ม 80 x 9853-123 มีเปอร์เซ็นต์สูงที่สุด (%MP; 46.56% และ %HP; 23.08%) น้ำหนักแห้ง/ผลคือ PP0537-7504 x 9853-123 (%MP; 68.63% และ %HP; 45.76%) ความกว้างผลคือ KM-P13052-8-2 x 9853-123 (%MP; 42.31% และ %HP; 17.19%) และความยาวผลคือ KM-P13052-8-2 x 9853-123 (%MP; 23.53% และ %HP; 8.62%) (Table 2) สำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (GCA) พบว่าทุกลักษณะมีความแตกต่างกันในทางสถิติ พันธุ์แม่ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปในลักษณะผลผลิตสดและผลผลิตแห้ง คือ พันธุ์แขกดำ มีค่า GCA 170.43 และ 54.84 ตามลำดับ จำนวนผลต่อต้น คือ พันธุ์ยอดสนเข้ม 80 มีค่า GCA 130.90 น้ำหนักสดต่อผล น้ำหนักแห้งต่อผล ความกว้างผล และความยาวผล คือ พันธุ์ PP9955-15 มีค่า GCA 0.88, 0.53, 0.24 และ 2.69 ตามลำดับ (Table 3) จากการศึกษาลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตพบว่าพันธุ์แขกดำ พันธุ์ยอดสนเข้ม 80 และ PP9955-15 มีค่า GCA ในลักษณะผลผลิตสด และผลผลิตแห้งสูง พันธุ์ที่มีค่า GCA เป็นบวกสูงมีแนวโน้มให้ลูกผสมที่ดีจัดเป็นอิทธิพลของการแสดงออกของยีนแบบผลบวก (additive gene action) ซึ่งลักษณะที่แสดงออกนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของยีนที่ช่วยเสริมลักษณะนั้น ๆ และการแสดงออกของยีนดังกล่าวยังสามารถถ่ายทอดลักษณะไปสู่รุ่นลูกได้ ซึ่งจากข้อมูลการแสดงออกของยีนจะสามารถนำพันธุ์ดังกล่าวนี้ไปพัฒนาเป็นพันธุ์ลูกผสมการค้าที่ให้ผลผลิตสูงต่อไปได้ (Sprague and Tatum, 1942)

สมรรถนะการรวมตัวของลักษณะต้านทานต่อเชื้อ PepYLCTHV

ผลการประเมินความต้านทานของพริกต่อเชื้อ PepYLCTHV พบว่าภายหลังจากการปลูกเชื้อเป็นระยะเวลา 28 วัน พันธุ์แม่แสดงระดับความรุนแรงของการเกิดโรคตั้งแต่ 0.3-3.0 พันธุ์พ่อที่ต้านทานโรคแสดงระดับความรุนแรงของการเกิดโรค 0.6 และลูกผสมแสดงระดับความรุนแรงของการเกิดโรค 0.7-2.3 ในขณะที่พันธุ์อ่อนแอแสดงระดับความรุนแรงของการเกิดโรค 1.7 (Table 4) การแสดงอาการการเกิดโรคของพริกพันธุ์แม่และลูกผสมเกือบทุกสายพันธุ์มีระดับรุนแรงที่สุด (ระดับ 5) คือที่ 49 วัน หลังจากปลูกเชื้อ ยกเว้นพันธุ์หัวเรือเบอร์ 7 และพันธุ์ลูกผสม หัวเรือเบอร์ 7 x 9853-123 ที่ยังแสดงความต้านทานต่อโรค และแสดงระดับความรุนแรงของการเกิดโรคเท่ากับ 4.2 และ 3.3 ตามลำดับ (Table 4)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า GCA ของการเกิดโรคใบหงิกเหลืองพริก พันธุ์แม่ที่มีค่า GCA ของการเกิดโรคใบหงิกเหลืองพริกต่ำคือ พันธุ์หัวเรือเบอร์ 7 มีค่า GCA -1.5385 (Table 3) พันธุ์ที่มีค่า GCA ต่ำหรือติดลบมีแนวโน้มให้ลูกผสมที่ต้านทานต่อการเกิดโรคใบหงิกเหลืองได้ (ญานิศา แสงสอดแก้ว, 2561) ค่า GCA ร่วมกับค่าเฉลี่ยของระดับความรุนแรงของการเกิดโรคพบว่ามีความสัมพันธ์กันในทางบวก (พัชรภรณ์ สุวอ และสุชีลา เตชะวงศ์เสถียร, 2557) ดังนั้นจากผลการทดลองนี้พบว่าเมื่อผสมพริกพันธุ์ต้านทานกับพริกพันธุ์หัวเรือเบอร์ 7 ทำให้ได้ลูกผสมที่มีระดับการเกิดโรคต่ำและมีเปอร์เซ็นต์ความดีเด่นเหนือพ่อแม่ต่ำคือ %HP ต่ำที่สุด (Table 2) ดังนั้นพริกพันธุ์หัวเรือเบอร์ 7 จึงน่าจะเป็นพันธุ์ที่มีศักยภาพในการเป็นพันธุ์รับเพื่อผลิตพริกพันธุ์ลูกผสมต้านทานโรคใบหงิกเหลืองพริก สำหรับพริกทั้งหมดที่ทำการทดสอบความต้านทานพบว่าพันธุ์ 9853-123 ที่พัฒนาโดย WorldVeg. และหัวเรือเบอร์ 7 ที่เป็นพันธุ์พื้นบ้านมีความต้านทานต่อโรคสูง และยังพบการกระจายตัวของพันธุ์ที่แสดงอาการต้านทานต่อโรคสูงไปจนถึงอ่อนแอต่อโรคมาก และพบลูกผสม หัวเรือเบอร์ 7 x 9853-123 พบการกระจายตัวของพันธุ์ที่แสดงอาการต้านทานต่อโรคสูงจำนวน 1 ต้น คาดว่าลูกผสมคู่นี้มาจากพันธุ์พ่อแม่ที่มีความต้านทานต่อโรค เมื่อทำการปลูกเชื้อใบหงิกเหลืองพริกเข้าไปจึงแสดงความต้านทานต่อโรค อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าคู่ผสมทั้งหมดมีความอ่อนแอต่อโรค แสดงให้เห็นว่า ยีนที่ควบคุมความต้านทานต่อโรคใบหงิกเหลืองพริกเป็นแบบยีนด้อย (recessive gene) (Kumar et al., 2009) นอกจากนั้นยีนต้านทานโรคไวรัสใบหงิกเหลืองยังมีรายงานว่าถูกควบคุมด้วยยีนหลายยีน (polygenic genes) (Ganefianti et al., 2015) และมีอิทธิพลของยีน additive, dominant และ additive x additive interaction และในกลุ่มประชากรของ IPBC10 x IPBC14 ถูกควบคุมโดย two recessive genes

Table 2 Estimates of heterosis of parents of 13 hybrids for yield, yield components and PepYLCTHV disease.

F ₁ hybrids	Fresh yield (g/pt)		Dry yield (g/pt)		Number of fruits per plant		Fresh weight (g/fruit)		Dry weight (g/fruit)		Fruit width (cm)		Fruit length (cm)		PepYLCTHV 63 DAI	
	%MP	%HP	%MP	%HP	%MP	%HP	%MP	%HP	%MP	%HP	%MP	%HP	%MP	%HP	%MP	%HP
Kaeldum x 9853-123	101.96	16.47	158.40	52.70	169.01	147.41	-20.59	-52.96	-58.79	-72.13	9.23	-29.79	6.98	-18.82	7.53	0.00
Huareua-7 x 9853-123	32.36	-16.80	11.74	-34.07	28.71	-0.68	18.07	-13.27	-15.61	-43.85	20.98	-13.64	18.18	-1.52	-29.41	-28.57
Huareua-12 x 9853-123	177.07	82.68	159.41	64.02	193.20	171.64	-9.39	-42.19	-15.51	-45.14	17.40	-23.97	23.53	8.62	7.53	0.00
Yodsonkem 80 x 9853-123	186.31	82.38	101.34	23.51	111.00	48.46	46.56	23.08	34.33	4.65	2.76	-33.43	-8.70	-12.50	7.53	0.00
KM-P13052-4 x 9853-123	44.79	1.63	50.56	4.22	72.68	44.46	-16.08	-33.33	-44.62	-58.62	-12.71	-40.11	-4.95	-15.79	7.53	0.00
KM-P13052-7 x 9853-123	119.63	71.71	174.33	117.37	154.74	130.07	-17.86	-40.00	-29.85	-48.35	33.53	-4.02	18.68	14.89	7.53	0.00
KM-P13052-8-1 x 9853-123	159.23	114.31	151.20	95.51	194.99	162.53	-14.10	-34.95	-33.82	-51.61	8.02	-21.37	12.64	11.36	7.53	0.00
KM-P13052-8-2 x 9853-123	169.11	151.40	257.96	239.47	254.59	157.24	-38.14	-57.45	8.00	-5.26	42.31	17.19	1.03	-7.55	7.53	0.00
KM-P13052-10-1 x 9853-123	5.16	-30.79	1.64	-36.54	-4.61	-30.38	17.83	0.00	32.65	18.18	26.40	-5.50	20.00	2.27	7.53	0.00
KM-P13052-10-2 x 9853-123	148.98	140.60	168.14	145.52	133.74	69.94	-8.07	-31.48	-2.48	-24.36	10.53	-19.20	-7.37	-13.73	7.53	0.00
PP0537-7504 x 9853-123	22.47	-27.62	38.49	-15.19	8.82	-22.53	32.57	-4.92	68.63	45.76	23.72	-15.94	15.38	0.00	7.53	0.00
PP9955-15 x 9853-123	22.18	-28.68	21.88	-24.05	67.23	19.38	-53.07	-74.87	16.75	-25.32	29.28	-20.93	-14.29	-44.14	7.53	0.00
PP0437-7510 x 9853-123	142.05	98.49	169.45	168.05	101.92	19.25	-48.64	-71.37	-31.56	-57.69	-11.29	-47.89	-4.70	-32.38	7.53	0.00

DAI = days after inoculation (grafting).

Table 3 Estimates of general combining ability (GCA) of 14 parents for yield, yield components and PepYLCTHV disease.

Parental lines	Fresh yield (g/pt)	Dry yield (g/pt)	Number of fruits per plant	Fresh weight (g/fruit)	Dry weight (g/fruit)	Fruit width (cm)	Fruit length (cm)	PepYLCTHV 63 DAI
Kaekdum	170.43 ^{**}	54.83 ^{**}	69.24 ^{ns}	0.36 [*]	-0.29 ^{**}	0.12 ^{**}	0.44 ^{**}	0.13 ^{ns}
Huareua-7	-31.46 ^{ns}	-3.81 ^{**}	-37.10 ^{ns}	-0.01 ^{ns}	0.10 ^{**}	0.08 ^{**}	-0.46 ^{**}	-1.54 [*]
Huareua-12	84.21 [*]	27.63 ^{**}	48.85 ^{ns}	0.12 ^{**}	0.16 ^{**}	0.06 ^{**}	0.69 ^{**}	0.13 ^{ns}
Yodsonkem 80	126.97 ^{**}	18.27 ^{**}	130.90 [*]	-0.03 [*]	-0.18 ^{**}	-0.15 ^{**}	0.02 ^{ns}	0.13 ^{ns}
KM-P13052-4	-64.75 ^{ns}	-15.60 ^{**}	-1.54 ^{ns}	-0.37 ^{**}	-0.27 ^{**}	-0.09 ^{**}	-1.32 ^{**}	0.13 ^{ns}
KM-P13052-7	-40.18 ^{ns}	-3.13 [*]	12.12 ^{ns}	-0.30 ^{**}	-0.16 ^{**}	-0.03 ^{**}	-0.10 ^{ns}	0.13 ^{ns}
KM-P13052-8-1	-29.40 ^{ns}	-5.67 ^{**}	40.79 ^{ns}	-0.32 ^{**}	-0.17 ^{**}	-0.08 ^{**}	-1.07 ^{**}	0.13 ^{ns}
KM-P13052-8-2	-47.21 ^{ns}	-7.12 ^{**}	36.12 ^{ns}	-0.39 ^{**}	-0.08 ^{**}	-0.08 ^{**}	-0.89 ^{**}	0.13 ^{ns}
KM-P13052-10-1	-79.95 ^{ns}	-17.57 ^{**}	-57.32 ^{ns}	-0.23 ^{**}	0.02 ^{**}	-0.12 ^{**}	-0.69 ^{**}	0.13 ^{ns}
KM-P13052-10-2	-69.87 ^{ns}	-18.77 ^{**}	-40.99 ^{ns}	-0.25 ^{**}	-0.04 ^{**}	-0.12 ^{**}	-1.02 ^{**}	0.13 ^{ns}
PP0537-7504	2.88 ^{ns}	-2.45 ^{**}	-29.65 ^{ns}	0.16 ^{**}	0.23 ^{**}	0.03 ^{**}	0.20 ^{**}	0.13 ^{ns}
PP9955-15	16.01 ^{ns}	-10.99 ^{**}	-85.65 ^{ns}	0.88 ^{**}	0.53 ^{**}	0.24 ^{**}	2.69 ^{**}	0.13 ^{ns}
PP0437-7510	-37.67 ^{ns}	-15.62 ^{**}	-85.76 ^{ns}	0.37 ^{**}	0.14 ^{**}	0.14 ^{**}	1.52 ^{**}	0.13 ^{ns}

DAI = days after inoculation (grafting).

ns and *, ** non-significant and significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

Table 4 *Pepper yellow leaf curl Thailand virus* (PepYLCTHV) disease reactions of 14 parents and 13 hybrids at 28, 35, 42, 49, 56 and 63 days after inoculation by grafting method.

Genotype	Disease severity $\pm$ SD					
	28 DAI	35 DAI	42 DAI	49 DAI	56 DAI	63 DAI
9853-123 (RC)	0.6 $\pm$ 0.5 ^{b-d}	1.7 $\pm$ 1.5 ^e	2.2 $\pm$ 1.0 ^c	4.3 $\pm$ 1.2 ^{ab}	4.3 $\pm$ 1.2 ^{ab}	4.3 $\pm$ 1.2 ^{ab}
Kaekdum	0.6 $\pm$ 1.0 ^{b-d}	4.7 $\pm$ 0.6 ^{ab}	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
Huareua-7	0.4 $\pm$ 0.5 ^{cd}	2.9 $\pm$ 1.3 ^{c-e}	4.2 $\pm$ 1.4 ^{ab}	4.2 $\pm$ 1.4 ^{ab}	4.2 $\pm$ 1.4 ^{ab}	4.2 $\pm$ 1.4 ^{ab}
Huareua-12	0.5 $\pm$ 0.4 ^{b-d}	4.5 $\pm$ 0.6 ^{a-c}	4.8 $\pm$ 0.3 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
Yodsonkem 80	0.3 $\pm$ 0.3 ^d	4.1 $\pm$ 0.5 ^{a-d}	4.7 $\pm$ 0.3 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
KM-P13001-4 (SC)	1.7 $\pm$ 1.2 ^{a-d}	4.3 $\pm$ 1.2 ^{a-c}	4.7 $\pm$ 0.6 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
KM-P13052-4	1.1 $\pm$ 1.4 ^{b-d}	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
KM-P13052-7	0.3 $\pm$ 0.6 ^{cd}	3.1 $\pm$ 2.0 ^{b-e}	4.3 $\pm$ 1.2 ^{ab}	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
KM-P13052-8-1	1.4 $\pm$ 1.4 ^{a-d}	4.4 $\pm$ 0.5 ^{a-c}	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
KM-P13052-8-2	2.0 $\pm$ 1.7 ^{a-d}	4.3 $\pm$ 0.6 ^{a-c}	4.7 $\pm$ 0.3 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
KM-P13052-10-1	1.9 $\pm$ 2.0 ^{a-d}	4.8 $\pm$ 0.4 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
KM-P13052-10-2	0.6 $\pm$ 0.5 ^{b-d}	3.7 $\pm$ 1.2 ^{a-d}	4.8 $\pm$ 0.4 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
PP0537-7504	0.8 $\pm$ 0.5 ^{b-d}	4.7 $\pm$ 0.5 ^{ab}	4.9 $\pm$ 0.2 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
PP9955-15	3.0 $\pm$ 1.2 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
PP0437-7510	1.6 $\pm$ 0.7 ^{a-d}	3.9 $\pm$ 0.6 ^{a-d}	4.8 $\pm$ 0.3 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
Kaeldum x 9853-123	2.1 $\pm$ 0.8 ^{a-c}	4.9 $\pm$ 0.2 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
Huareua-7 x 9853-123	0.9 $\pm$ 0.8 ^{b-d}	2.7 $\pm$ 2.3 ^{de}	3.3 $\pm$ 2.9 ^b	3.3 $\pm$ 2.9 ^b	3.3 $\pm$ 2.9 ^b	3.3 $\pm$ 2.9 ^b
Huareua-12 x 9853-123	1.2 $\pm$ 1.0 ^{a-d}	4.7 $\pm$ 0.6 ^{ab}	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
Yodsonkem 80 x 9853-123	1.4 $\pm$ 1.2 ^{a-d}	4.2 $\pm$ 0.3 ^{a-d}	4.9 $\pm$ 0.2 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
KM-P13052-4 x 9853-123	0.8 $\pm$ 0.8 ^{b-d}	4.9 $\pm$ 0.2 ^a	4.9 $\pm$ 0.1 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
KM-P13052-7 x 9853-123	1.7 $\pm$ 0.9 ^{a-d}	4.4 $\pm$ 0.5 ^{a-c}	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
KM-P13052-8-1 x 9853-123	1.2 $\pm$ 1.1 ^{a-d}	4.7 $\pm$ 0.6 ^{ab}	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
KM-P13052-8-2 x 9853-123	0.8 $\pm$ 0.8 ^{b-d}	4.8 $\pm$ 0.3 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
KM-P13052-10-1 x 9853-123	0.7 $\pm$ 0.6 ^{b-d}	4.1 $\pm$ 0.9 ^{a-d}	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
KM-P13052-10-2 x 9853-123	1.9 $\pm$ 0.5 ^{a-d}	4.5 $\pm$ 0.2 ^{a-c}	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
PP0537-7504 x 9853-123	2.1 $\pm$ 1.3 ^{a-c}	4.8 $\pm$ 0.2 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
PP9955-15 x 9853-123	1.8 $\pm$ 0.2 ^{a-d}	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
PP0437-7510 x 9853-123	2.3 $\pm$ 0.6 ^{ab}	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
Mean	1.28	4.28	4.72	4.89	4.89	4.89
F-test	**	**	**	**	**	**

SD = standard deviation.

DAI = days after inoculation (grafting).

RC = resistant check, SC = susceptible check.

** Significant at 0.01 probability levels.

สรุปผลการศึกษา

พริกพันธุ์แขกดำ พันธุ์ยอดสนเข้ม 80 และพันธุ์ PP9955-15 มีค่า GCA ในลักษณะผลผลิต และผลผลิตแห้งสูงที่สุด สำหรับลักษณะที่ต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองพริกพันธุ์หัวเรือเบอร์ 7 มีค่า GCA ต่ำที่สุด ดังนั้นจึงเป็นพันธุ์ที่ควรพิจารณาในการนำไปเป็นพันธุ์แม่เพื่อสร้างลูกผสมการค้าและต้านทานโรคใบหงิกเหลืองพริก สำหรับการพิจารณาลูกผสมที่มีศักยภาพให้ผลผลิตสูงมีจำนวน 4 คู่ผสมคือ KM-P13052-10-2 x 9853-123, KM-P13052-8-2 x 9853-123, ยอดสนเข้ม 80 x 9853-123 และ PP0537-7504 x 9853-123 สำหรับคู่ผสมพันธุ์หัวเรือเบอร์ 7 x 9853-123 มีคะแนนการเกิดโรคไวรัสใบหงิกเหลืองต่ำและมีผลผลิตปานกลางจึงเป็นคู่ผสมที่ควรนำไปพัฒนาเป็นประชากรพริกต้านทานโรคใบหงิกเหลืองต่อไปได้

เอกสารอ้างอิง

- ญานินา แสงสอดแก้ว. 2561. สมรรถนะการรวมตัวของพริก (*Capsicum annuum* L.) ด้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองพริก. วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ปจวโมทย์ พรสุริยา. 2557. การวิเคราะห์ทางไบโอเมตริกในการปรับปรุงพันธุ์พืช. กรุงเทพฯ: โอ. เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์.
- พัชรภรณ์ สุวอ และสุชีลา เตชะวงศ์เสถียร. 2557. สมรรถนะการรวมตัวทั่วไปและการรวมตัวเฉพาะของลักษณะด้านทานโรคแอนแทรกโนสในพริกชนิด *Capsicum annuum* L. *แก่นเกษตร* 42 (ฉบับพิเศษ 3): 935-940.
- พัชรภรณ์ สุวอ. 2560. โรคไวรัสใบหงิกเหลืองในพริก และแนวทางในการจัดการโรค. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า* 35(2): 147-152.
- Anaya-Lopez, J. L., Torres-Pacheco, I., Gonzalez-Chavira, M., Garzon-Tiznado, J. A., and Pons-Hernandez, J. L. 2003. Resistant to Geminivirus mixed infections in Mexican wild peppers. *Horticultural Science* 38(2): 251-255.
- Barchanger, D. W., Jeeatid, N., Lin, S. W., Wang, Y. W., Lin, T. H., Chan, Y. L., and Kenyon, L. 2019. A novel source of resistance to *Pepper yellow leaf curl Thailand virus* (PepYLC THV) (Begomovirus) in chile pepper. *International Society for Horticultural Science* 54(12): 2149-2149.
- Chatchawankanphanich, O., and Maxwell, D. P. 2002. *Tomato leaf curl Karnataka virus* from Bangalore, India, appears to be a recombinant Begomovirus. *Phytopathology* 92(6): 637-645.
- Chiemsombat, P., Srikamphung, B., Yule, S., and Srinivasan, R. 2018. Begomoviruses associated to pepper yellow leaf curl disease in Thailand. *Journal of Agricultural Research* 3(7): 1-11.
- Firdaus, S., Heusden, A. V., Harpenas, A., Supena, E. D. J., and Vosman, B. 2011. Identification of silverleaf whitefly resistance in pepper. *Journal of Plant Breeding* 130(6): 708-714.
- Ghanim, M., Morin, S., Zeidan, M., and Czosnek, H. 1998. Evidence for transovarial transmission of *Tomato yellow leaf curl virus* by its vector, the whitefly *Bemisia tabaci*. *Journal of Virology* 240: 295-303.
- Ganefianti, D. W., Hidayat, S. H., and Syukur, M. 2015. Genetic study of resistance to Begomovirus on chili pepper by Hayman's diallel analysis. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology* 5(6): 426-432.
- Ghanim, M., and Czosnek, H. 2000. Tomato yellow leaf curl geminivirus (TYLCV-Is) is transmitted among whitefly (*Bemisia tabaci*) in a sex-related manner. *Journal of Virology* 74(10): 4738-4745.
- Jamsari, J., and Pedri, J. 2013. Complete nucleotide sequence of DNA A-like genome and DNA-B of monopartite *Pepper yellow leaf curl virus*, a dominant begomovirus infecting *Capsicum annuum* L. in West Sumatra Indonesia. *Asian Journal of Plant Pathology* 7(1): 1-14.
- Kenyon, L., Tsai, W. S., Shih, S. L., and Lee, L. M. 2014. Emergence and diversity of begomoviruses infecting solanaceous crops in East and Southeast Asia. *Virus Research* 186: 104-113.
- Kumar, S., Kumar, S., Sing, M., Sing, A. K., and Rai, M. 2006. Identification of host plant resistance to *Pepper leaf curl virus* in chilli (*Capsicum* species). *Scientia Horticulturae* 110: 359-361.
- Kumar, S., Kumar, R., Kumar, S., Singh, M., Rai, A. B., and Rai, M. 2009. Reaction of *Pepper leaf curl virus* field resistance of chilli (*Capsicum annuum* L.) genotypes under challenged condition. *Vegetable Science* 36(2): 17-22.
- Rai, V. P., Kumar, R., Singh, A. K., and Kumar, S. 2014. Monogenic recessive resistance to *Pepper leaf curl virus* in an interspecific cross of *Capsicum*. *Scientia Horticulturae* 172: 34-38.
- Sprague, G. F., and Tatum, L. A. 1942. General VS. specific combining ability in single crosses of corn. *SIAM-ASA Journal on Uncertainty Quantification* 34: 923-932.
- Tsai, W. S., Shih, S. L., Kenyon, L., Green, S. K., and Jan, F. J. 2011. Temporal distribution and pathogenicity of the predominant tomato-infecting begomoviruses in Taiwan. *Plant Pathology* 60: 787-779.

วันรับบทความ (Received date) : 28 เม.ย. 63

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 30 ก.ย. 63

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 12 พ.ย. 63

ผลของระดับโปรตีนในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อ ของสุกรพื้นเมืองไทย

Effects of Dietary Protein Levels on Productive Performance, Carcass, and Meat Quality of Thai Native Pigs

เนตรอนงค์ ผลเกต¹ จันทพร เจ้าทรัพย์² พรรณิภา ศิวะพิรุฬห์เทพ²
กมล จีวรธร³ วิไลวรรณ แทนธานี³ และรณชัย สิทธิกรพงษ์^{1*}
Netanong Phonkate¹, Chanporn Chaosap², Panneepa Sivapirunthep²,
Kamol Chaweewan³, Wilaiwan Thantane³ and Ronachai Sithigripong^{1*}

บทคัดย่อ

การทำวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของระดับโปรตีนที่แตกต่างกันในอาหารที่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อสุกรพื้นเมืองไทย การทดลองนี้ใช้สุกรพื้นเมืองไทยจากจังหวัดแม่ฮ่องสอน จำนวน 24 ตัว เพศผู้ตอน และเพศเมียอย่างละเท่า ๆ กัน น้ำหนักเริ่มทดลองเฉลี่ย 21.60±5.21 กิโลกรัม แบ่งสุกรออกเป็น 4 กลุ่ม สุกรแต่ละกลุ่มได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกัน คือ 12, 14, 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ สุกรแต่ละตัวถูกเลี้ยงในกรงขังเดี่ยว ระหว่างการเลี้ยงให้อาหารแบบเต็มที่มีน้ำให้กินตลอดเวลา บันทึกสมรรถภาพการผลิตทุก 3 สัปดาห์จนสุกรมีน้ำหนักได้ประมาณ 60 กิโลกรัม หลังจากนั้นนำสุกรทุกตัวเข้าฆ่าและชำแหละซาก ทำการเก็บข้อมูลคุณภาพซาก เก็บตัวอย่างกล้ามเนื้อสันนอก (*Longissimus dorsi*) เพื่อนำมาศึกษาคุณภาพเนื้อ ผลการศึกษาพบว่าสุกรที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกันมีสมรรถภาพการผลิตแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และพบว่าสุกรที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกันมีคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ยกเว้นเปอร์เซ็นต์กระดูก โดยสุกรที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีน 12 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์กระดูกต่ำที่สุด ($P<0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าสุกรพื้นเมืองที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนสูงขึ้นมีแนวโน้มความหนาไขมันสันหลังลดลง ($P=0.07$) ดังนั้นสามารถใช้อาหารที่มีระดับโปรตีนในอาหาร 12 เปอร์เซ็นต์ เลี้ยงสุกรพื้นเมืองได้ ทำให้มีต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักตัวถูกกว่าอาหารที่มีระดับโปรตีนในอาหารสูง

คำสำคัญ: ระดับโปรตีน สมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ สุกรพื้นเมืองไทย

Abstract

The objectives of this research were to study the influence of dietary protein levels on productive performance, carcass quality, and meat quality of Thai native pigs. There were 24 Thai native pigs, 12 castrated males and 12 female pigs, from Mae Hong Son province, with an average initial body weight of 21.60±5.21 kg. All pigs were randomly allocated into 4 feeding groups fed with different protein levels; 12, 14, 16 and 18%. Each pig was raised in an individual cage. They were fed *ad libitum* and given free access to drinking water. The pig performances were recorded every 3 weeks until they reached 60 kg body weight. All of them were then slaughtered and carcass quality data were collected. The *Longissimus dorsi* muscle from each carcass was collected for meat quality study. The results showed that the productive performances of Thai native pigs fed with different protein levels diet were not statistically significantly different ($P>0.05$). Carcass and meat quality were not significantly affected by dietary protein levels in the diet ($P>0.05$); however, differences occurred in percentage of bone.

¹ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

² Department of Animal Production Technology and Fisheries, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Ladkrabang, Bangkok 10520

³ ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

² Department of Agricultural Education, Faculty of Industrial Education and Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Ladkrabang, Bangkok 10520

³ ศูนย์วิจัยและพัฒนาพันธุ์สุกร สำนักพัฒนาพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์ อ. ปากช่อง จ. นครราชสีมา 30130

³ Swine Research and Development Center, Bureau of Animal Husbandry and Genetic Improvement, Department of Livestock Development (DLD), Pak Chong, Nakhon Ratchasima 30130

*Corresponding author, Email: ksrnach@gmail.com

Pigs fed with 12% protein diet had the lowest bone percentage ($P<0.05$). In addition, the pigs fed with higher protein levels tended to have lower back-fat thickness ($P=0.07$). Therefore, feeding the Thai native pigs with dietary level of protein of 12% resulted in a lower cost of weight gain than did feeding with higher levels of protein in the diet.

Keywords: dietary protein level, productive performance, carcass quality, meat quality, Thai native pig

คำนำ

ในอดีตเนื้อสุกรที่ใช้ในการบริโภคส่วนใหญ่ได้มาจากสุกรพื้นเมือง และการเลี้ยงสุกรพื้นเมืองนั้นนิยมปล่อยให้สุกรหากินเองตามธรรมชาติหรือเลี้ยงไว้เพื่อกินเศษอาหารที่เหลือ แต่ปัจจุบันสุกรพื้นเมืองไม่ได้รับความนิยมเนื่องจากมีอัตราการเจริญเติบโตช้า มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักสูง และมีคุณภาพซากที่ไม่ดีจึงไม่เหมาะสมกับอุตสาหกรรมการผลิตสุกร Souphannavong (2016) กล่าวว่า ลูกสุกรพื้นเมืองไทยมีน้ำหนักแรกคลอดเท่ากับ 0.65 ± 0.15 กิโลกรัม และมีน้ำหนักที่อายุ 7, 14 และ 21 วันเท่ากับ 1.12 ± 0.15 , 1.61 ± 0.15 และ 2.20 ± 0.15 กิโลกรัม ตามลำดับ โดยมีอัตราการเจริญเติบโตที่ 7, 14 และ 21 วันเท่ากับ 0.07 ± 0.00 , 0.07 ± 0.01 และ 0.07 ± 0.01 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ ผลการสำรวจของ Phengsavanh et al. (2010) เรื่องการเลี้ยงสุกรพื้นเมืองทางภาคเหนือของประเทศไทยโดยชนเผ่า 4 กลุ่มที่เลี้ยงสุกรพันธุ์ Lat และ Hmong พบว่าสุกรพื้นเมืองมีอัตราการเจริญเติบโตระหว่าง 104-140 กรัมต่อวัน จากการทดลองของ Keonuchanh et al. (2011) ที่เลี้ยงสุกรพันธุ์พื้นเมืองของประเทศไทย (หมูลาด) ด้วยการให้กินอาหารแบบเต็มทีที่เทียบกับการเลี้ยงด้วยอาหารแบบจำกัด 40% ของการกินได้อย่างเต็มที่พบว่าสุกรพื้นเมืองที่กินอาหารเต็มทีมีอัตราการเจริญเติบโต 558 กรัมต่อวัน และสุกรที่ถูกเลี้ยงแบบจำกัดอาหารมีอัตราการเจริญเติบโตเป็น 346 กรัมต่อวัน นอกจากนี้ยังมีรายงานของ ประภาส มหินชัย และคณะ (2548) พบว่าสมรรถภาพการผลิตของสุกรพื้นเมืองจากภาคเหนือของประเทศไทยที่มีน้ำหนักเริ่มต้นทดสอบเฉลี่ย 17.61 ± 2.99 กิโลกรัม ใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงประมาณ 6 เดือน (192 วัน) สุกรมีน้ำหนักเท่ากับ 49.00 ± 3.97 กิโลกรัม มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 347.26 ± 86.86 กรัมต่อวัน มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเท่ากับ 3.39 ± 0.67 ซึ่งจากรายงานที่กล่าวมาข้างต้นแสดงให้เห็นว่าสุกรพื้นเมืองมีอัตราการเจริญเติบโตที่ต่ำมาก เนื่องมาจากการเลี้ยงสุกรพื้นเมืองส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ชนบทโดยปล่อยให้สุกรหากินเองตามธรรมชาติที่ประกอบด้วยพืชผักหรือเศษเหลือทางการเกษตรที่หาได้ง่ายในหมู่บ้านตามฤดูกาล ทำให้สุกรพื้นเมืองได้รับสารอาหารที่ไม่เพียงพอ ส่งผลต่อการเจริญเติบโต อย่างไรก็ตามแม้ว่าสุกรพื้นเมืองจะมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำแต่ก็เป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญสำหรับผู้บริโภคในพื้นที่ชนบท นอกจากนี้ยังมีความเกี่ยวข้องกับวิถีชีวิตของชาวชนบทและสภาพทางเศรษฐกิจ

ปัจจุบันผู้บริโภคมีความต้องการบริโภคเนื้อสุกรมากขึ้นตามจำนวนประชากรที่เพิ่มสูงขึ้น (ไชยา อัยยงเนิน, 2544) เมื่อธุรกิจการเลี้ยงสุกรมีการเจริญเติบโตและพัฒนาขึ้นจึงมีการนำสุกรจากต่างประเทศเข้ามาเลี้ยงและปรับปรุงพันธุ์จนได้สุกรที่มีอัตราการเจริญเติบโตสูง ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารดี และมีปริมาณเนื้อแดงมากขึ้น (อนันต์ ศรีปราโมช, 2545) ทำให้สุกรที่ถูกปรับปรุงพันธุ์เหล่านี้ได้รับความนิยมสูงมากในกลุ่มของผู้ผลิตสุกรชน สำหรับสุกรพื้นเมืองไทยนับวันจะค่อย ๆ สูญหายไปจากระบบปศุสัตว์เพราะไม่มีเกษตรกรหรือผู้ประกอบการรายใดนำมาเลี้ยงและไม่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์ให้ดีขึ้น อย่างไรก็ตามสุกรพื้นเมืองก็มีข้อได้เปรียบสุกรจากต่างประเทศ คือ สุกรพื้นเมืองมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมได้ดี ทนทานต่อโรค และสามารถใช้ประโยชน์จากอาหารคุณภาพต่ำได้ดีกว่าสุกรจากต่างประเทศ (FAO, 2009; Phengsavanh et al., 2010) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเห็นว่าควรนำสุกรพื้นเมืองมาเลี้ยงด้วยระบบการจัดการที่ดีขึ้นและให้อาหารที่มีคุณภาพแก่สุกรโดยคาดว่าสุกรพื้นเมืองไทยอาจจะมีการเจริญเติบโตและมีคุณภาพซากดีขึ้น มีความคุ้มค่ากับการลงทุน และเป็นที่ยอมรับมากขึ้น ซึ่งจะช่วยให้เกษตรกรรายย่อยหันมาสนใจที่จะเลี้ยงสุกรพื้นเมืองเป็นอาชีพได้ นอกจากนี้ยังเป็นการอนุรักษ์และสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสุกรพื้นเมืองไทย อีกทั้งข้อมูลเกี่ยวกับสุกรพื้นเมืองในปัจจุบันมีน้อยมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของระดับโปรตีนที่แตกต่างกันในสูตรอาหารต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อของสุกรพื้นเมืองไทย รวมถึงการศึกษาด้านทุนการผลิตด้านอาหารว่ามีความคุ้มค่ามากน้อยอย่างไร ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อจะได้นำผลการวิจัยไปเป็นแนวทางในการส่งเสริมเกษตรกรรายย่อยให้หันมาเลี้ยงสุกรพื้นเมืองให้มากขึ้นเพื่อผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจของเกษตรกร รวมทั้งการอนุรักษ์สุกรพื้นเมืองให้ดำรงพันธุ์อยู่ต่อไป

วิธีการศึกษา

สัตว์ทดลอง

สุกรพื้นเมืองภาคเหนือจากพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอนจำนวน 24 ตัว เป็นสุกรเพศผู้ตอนและเพศเมียอย่างละเท่า ๆ กัน เริ่มต้นการทดลองที่สุกรอายุประมาณ 4 เดือน (สัตว์ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ได้รับการอนุมัติให้ดำเนินการเลี้ยงและใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์แล้ว เลขที่ใบอนุญาตใช้สัตว์ คือ U1-01244-2558) มีน้ำหนักตัวเริ่มต้นเฉลี่ย 21.60 ± 5.21 กิโลกรัม ถูกนำมาจัดเป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 6 ตัว สุกรแต่ละตัวถูกเลี้ยงในคอกขังเดี่ยวขนาด 1 ตารางเมตร ในโรงเรือนระบบเปิด ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาสุกร อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา สุกรแต่ละกลุ่มจะได้รับอาหารแตกต่างกัน คือ อาหารที่มีโปรตีน 12, 14, 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ ส่วนประกอบของอาหารแสดงในตารางที่ 1 สุกรได้รับอาหารและน้ำได้อย่างเต็มที่ (*ad libitum*)

การเก็บข้อมูลสมรรถภาพการผลิต

ชั่งน้ำหนักสุกรแต่ละตัวก่อนเริ่มทำการทดลอง มีการบันทึกน้ำหนักของสุกรแต่ละตัวทุก ๆ สามสัปดาห์ สิ้นสุดการทดลองเมื่อสุกรมีน้ำหนักประมาณ 60 กิโลกรัม ระหว่างการทดลองชั่งและบันทึกน้ำหนักอาหารที่สุกรแต่ละตัวกินเพื่อนำมาคำนวณเป็นปริมาณอาหารที่สุกรกินทั้งหมด ปริมาณอาหารที่สุกรกินแต่ละวัน และนำมาคำนวณสมรรถภาพการผลิตและต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักตัว

Table 1 Composition of experimental finishing pig diets.

Ingredient	Crude protein level (% dry matter basis, DM)			
	12%	14%	16%	18%
Broken rice	58.00	55.40	53.00	53.50
Rice bran	30.00	26.00	24.00	18.00
Soybean meal	8.90	15.50	15.90	20.40
Fish meal	-	-	4.00	5.00
CaHPO ₄	2.00	2.00	2.00	2.00
Salt	0.50	0.50	0.50	0.50
Lysine	0.10	0.10	0.10	0.10
Premix	0.50	0.50	0.50	0.50
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Price (Baht/kg)	13.75	14.41	15.51	16.27
Calculated nutrient composition				
% Crude protein (CP)	12.17	14.37	16.35	18.22
% Crude fiber (CF)	3.58	3.51	3.88	3.61
% Ether extract (EE)	4.21	3.77	3.85	3.27
% Total calcium (Ca)	0.54	0.55	0.75	0.81
% Total phosphorus (P)	0.54	0.54	0.65	0.66
% Lysine	0.66	0.81	0.97	1.11
% Methionine	0.28	0.31	0.35	0.38
Metabolizable energy (kcal/kg)	3,282.41	3,251.45	3,215.41	3,119.76

การเก็บข้อมูลคุณภาพซาก

เมื่อสุกรมีน้ำหนักตัวประมาณ 60 กิโลกรัม สุกรทั้งหมดถูกนำเข้าสู่โรงฆ่าสัตว์ของศูนย์วิจัยและพัฒนาสุกร อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา เพื่อศึกษาคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของสุกรทุกตัว โดยมีขั้นตอนของการฆ่าดังนี้ ทำให้สุกรสลบโดยการช็อตด้วยเครื่องช็อตไฟฟ้าบริเวณกกหูทั้งสองข้าง ทันทีที่สุกรสลบใช้โซ่ผูกขาข้างใดข้างหนึ่งแล้วแขวนสุกรขึ้นสูงจากพื้นอยู่ในแนวดิ่ง ทำการแทงคอสุกรเอาเลือดออกทันที ลวกซากสุกรในน้ำอุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลาประมาณ 2 นาที แล้วชูดขนสุกร ล้างซากสุกร จากนั้นเอาเครื่องโนออกจากซากสุกร แล้วใช้มีดตัดหัวสุกรและทำการผ่าซากออกเป็น 2 ซีกด้วยเลื่อยไฟฟ้า ชั่งน้ำหนักซาก วัดความยาวซาก และวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของกล้ามเนื้อสันนอก ระหว่างกระดูกซี่โครงซี่ที่ 10-11 ที่ระยะเวลา 45 นาทีภายหลังจากสัตว์ตาย โดยใช้เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (Mettler Toledo;

SevenGo™ pH meter SG2, China) ทำการชั่งน้ำหนักซากอุ้ง แล้วนำซากมาบ่มที่ห้องเย็นอุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง วัดค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อสันนอกอีกครั้งที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตายและวัดความหนาไขมันสันหลังสามตำแหน่ง คือ กระดูกซี่โครงซี่แรก กระดูกซี่โครงซี่สุดท้าย และกระดูกสันเอวข้อสุดท้าย แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อใช้ประเมินความหนาไขมันสันหลัง หลังจากนั้นจึงทำการตัดแต่งซากสุกรแยกชิ้นส่วนต่าง ๆ ซึ่งน้ำหนักชิ้นส่วนต่าง ๆ ได้แก่ กระดูก ไขมันและหนัง เนื้อแดง ประกอบด้วย สะโพก ไหล่ สันนอก และขาหน้า วัดขนาดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันบริเวณระหว่างกระดูกซี่โครงซี่ที่ 10-11

การเก็บข้อมูลคุณภาพเนื้อ

เก็บตัวอย่างกล้ามเนื้อสันนอก (*Longissimus dorsi*, LD) จากซากสุกรที่ชั่งน้ำหนักประมาณ 1 กิโลกรัม นำมาบรรจุถุงสุญญากาศแล้วนำไปเก็บไว้ในตู้แช่แข็งอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสจนกว่าจะนำไปวิเคราะห์คุณภาพเนื้อ ได้แก่ ค่าสีของเนื้อ ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียเนื้อระหว่างปรุงสุก

การวัดสีของเนื้อทำโดยนำตัวอย่างเนื้อสุกรที่แช่แข็งมาทำละลายโดยเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตัดเนื้อสันให้เป็นชิ้นที่มีความหนาประมาณ 1 นิ้ว แล้วปล่อยให้สัมผัสอากาศที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นวัดสีของเนื้อ 3 ตำแหน่งเพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยโดยใช้เครื่องวัดสีของเนื้อ (MiniScan EZ, Hunterlab, USA) ประกอบด้วย ค่าความสว่าง (lightness, L*) ค่าสีแดง (redness, a*) และค่าสีเหลือง (yellowness, b*)

การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การสูญเสียเนื้อระหว่างการปรุงสุกและการวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อตามวิธีที่แนะนำโดย Boccard et al. (1981) คือ นำเนื้อที่ผ่านการวัดค่าสีแล้วมาชั่งน้ำหนัก (W1) แล้วนำไปบรรจุในถุงร้อน นำไปต้มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ โดยใช้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นานประมาณ 30 นาที หรือต้มจนกระทั่งได้อุณหภูมิใจกลางเนื้อ 70 องศาเซลเซียส จากนั้นนำถุงที่บรรจุตัวอย่างชิ้นเนื้อที่ผ่านการทำให้สุกแล้วไปทำให้เย็น โดยการแช่ในน้ำแบบให้น้ำไหลผ่านนาน 30 นาที หรือจนกระทั่งได้อุณหภูมิใจกลางเนื้อลดลงเหลือประมาณ 32 องศาเซลเซียส จากนั้นจึงนำเนื้อออกจากถุง ซับน้ำที่ผิวเนื้อให้แห้งเล็กน้อย และชั่งน้ำหนักอีกครั้ง บันทึกเป็นน้ำหนักสุดท้าย (W2) นำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์การสูญเสียเนื้อระหว่างการปรุงสุกตามสูตร ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสียเนื้อระหว่างการปรุงสุก} = \frac{W1 - W2}{W1} \times 100$$

ต่อมานำตัวอย่างเนื้อที่สุกแล้วไปทำการวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ด้วยการนำตัวอย่างชิ้นเนื้อสุกที่เย็นแล้วมาตัดตามแนวยาวของเส้นใยกล้ามเนื้อเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด กว้าง×ยาว×สูง เท่ากับ 1×3×1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ตัวอย่างละ 8 ชิ้น แล้วนำไปวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (Warner-Bratzler shear force) ด้วยเครื่องวิเคราะห์ลักษณะสัมผัส (Model EZ-SX, Shimadzu, Japan) โดยกำหนดหน่วยเป็นกิโลกรัม

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการเปรียบเทียบสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) ที่มีระดับโปรตีนในอาหารเป็นทรีตเมนต์ (มี 4 ทรีตเมนต์) และมีเพศเป็นบล็อก (เพศผู้ตอนและเพศเมีย) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Version 16 โดยใช้วิธี general linear model (GLM)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลของระดับโปรตีนที่ต่างกันในการต่อสมรรถภาพการผลิตของสุกรพื้นเมืองไทย

จากการศึกษาอิทธิพลของระดับโปรตีนในอาหารที่ต่างกันต่อสมรรถภาพการผลิตของสุกรพื้นเมืองไทยพบว่า สุกรพื้นเมืองที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกันมีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ระยะเวลาในการเลี้ยง อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG) ปริมาณอาหารที่กินทั้งหมด ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน (ADFI) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก (FCR) และต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัม (FCG) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตามสุกรที่กินอาหารที่มีโปรตีนสูง มีต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัมสูงกว่าต้นทุนค่าอาหารของสุกรที่กินอาหารที่มีโปรตีนต่ำกว่า เนื่องจากราคาอาหารสูงตามระดับโปรตีนที่เพิ่มขึ้น (Table 2) ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับรายงานของ Liu et al. (2015) ที่ได้ทำการศึกษาค่าของอัตราส่วนระหว่างโปรตีนกับพลังงานในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตของสุกร 2 พันธุ์ คือ สุกรพันธุ์ Landrace และสุกร

พันธุ์ Bama mini-pigs ซึ่งเป็นสุกรพื้นเมืองของประเทศไทย จากผลการศึกษาศักยภาพการผลิตของสุกรพันธุ์ Bama mini-pigs พบว่าสุกรที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนในอาหารแตกต่างกันมีน้ำหนักตัวสุดท้าย ADG ADFI และ FCR ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ในขณะที่ผลการศึกษาค้นนี้แตกต่างกับรายงานของ Vasupen et al. (2014) ที่ศึกษาระดับโปรตีนในอาหารที่ต่างกันต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของสุกรพื้นเมืองไทย (พันธุ์กระโดน) ที่มีน้ำหนักตัวเริ่มต้น 6.50-7.00 กิโลกรัม จนมีน้ำหนัก 11.30-12.90 กิโลกรัม เลี้ยงสุกรด้วยอาหารที่มีโปรตีนแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 14, 16, 18 และ 20 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสุกรพันธุ์กระโดนที่กินอาหารโปรตีน 20 เปอร์เซ็นต์ มี ADG และน้ำหนักตัวสุดท้ายสูงที่สุดเท่ากับ 161.40 กรัมต่อวันและ 12.90 กิโลกรัม ตามลำดับ ($P<0.05$) มี FCR เท่ากับ 1.60 และมีต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัมเพียง 17.30 บาท เมื่อเทียบกับสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปรตีน 14% ที่มี ADG เท่ากับ 120.20 กรัมต่อวัน FCR เท่ากับ 2.00 และต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัมเท่ากับ 19.80 บาท นอกจากนี้ผลการทดลองให้อาหารที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกันแก่สุกรพันธุ์ต่างประเทศตามรายงานของ Pires et al. (2016) พบว่าสุกรขุนลูกผสมสามสาย (Duroc $\times$ Large White-Landrace) ที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนต่างกัน คือ 13 และ 16 เปอร์เซ็นต์ มี ADG ประสิทธิภาพการใช้อาหาร (G:F) และ ADFI ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และรายงานของ Le Belle et al. (2002) พบว่าสุกรขุนลูกผสมสามสาย (Pietrain $\times$ Landrace-Large White) กินอาหารที่มีโปรตีนต่างกัน คือ 15.8, 16.3 และ 20.3 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักตัวสุดท้าย ADG ระยะเวลาการเลี้ยง และปริมาณอาหารที่กินไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เนื่องจากในการทดลองนี้มีการปรับสมดุลของกรดอะมิโน เช่น ไลซีน เมไทโอนีน ธีโอนีน ทรีโตนเฟน ไอโซลิวซีน และวาลีน เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของสุกร แต่พบว่าสุกรที่กินอาหารโปรตีนต่ำมี FCR ดีกว่า ($P<0.05$) สุกรที่กินอาหารโปรตีนสูง (1.98, 2.12 และ 2.07 ตามลำดับ) ทดพล มุลมณี และคณะ (2560) ทำการทดสอบสูตรอาหารที่เหมาะสมกับการเลี้ยงสุกรลูกผสมสามสายพันธุ์ (สุกรพื้นเมือง $\times$ พันธุ์หมยซาน $\times$ พันธุ์เป๊ตแดง) ที่มีน้ำหนักระหว่าง 30-60 กิโลกรัมพบว่าอาหารที่มีโปรตีนแตกต่างกันคือ 14 และ 16 เปอร์เซ็นต์ ทำให้สุกรมี ADG FCR และต้นทุนค่าอาหารแตกต่างกันคือ สุกรที่กินอาหารที่มีโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ มี ADG เท่ากับ 770.00 กรัมต่อวัน FCR และต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัมต่ำกว่าคือ 3.12 และ 38.68 บาท ตามลำดับ เมื่อเทียบกับสุกรที่กินอาหารที่มีโปรตีน 16 เปอร์เซ็นต์ ที่มี ADG เท่ากับ 680.00 กรัมต่อวัน FCR เท่ากับ 3.50 และต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัมเท่ากับ 44.13 บาท จากการศึกษาครั้งนี้อาจสรุปได้ว่าระดับโปรตีนในอาหารที่ต่างกันไม่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิตของสุกรพื้นเมือง อาจเนื่องจากสุกรพื้นเมืองเป็นสุกรที่สามารถใช้ประโยชน์จากอาหารที่มีคุณภาพต่ำได้ดี แม้ว่าจะเพิ่มระดับโปรตีนในอาหารสูงขึ้น ก็ไม่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิตที่ดีขึ้นได้ แต่มีผลต่อต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนัก เนื่องจากสุกรที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนสูง ราคาอาหารจะแพงขึ้น ดังนั้นการเลี้ยงสุกรพื้นเมืองไทยควรจะเลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 12 เปอร์เซ็นต์ก็เพียงพอ

Table 2 Effect of dietary protein levels on productive performance of experimental Thai native pigs.

Traits	Dietary protein level (%)				P-value
	12	14	16	18	
Weight (kg)					
Initial	20.46 $\pm$ 2.29	22.38 $\pm$ 6.25	24.82 $\pm$ 6.95	22.04 $\pm$ 3.61	0.40
21-day fattening period	32.00 $\pm$ 1.87	33.50 $\pm$ 7.25	36.50 $\pm$ 7.29	34.08 $\pm$ 5.91	0.49
42-day fattening period	41.00 $\pm$ 3.32	43.50 $\pm$ 8.74	46.69 $\pm$ 9.88	44.83 $\pm$ 7.72	0.74
Final	57.91 $\pm$ 1.69	58.66 $\pm$ 2.93	58.87 $\pm$ 2.95	61.67 $\pm$ 2.73	0.11
Weight gain ¹ (kg)	37.64 $\pm$ 3.40	36.48 $\pm$ 5.73	34.34 $\pm$ 5.34	39.81 $\pm$ 2.93	0.14
Period of feeding (day)	79.50 $\pm$ 15.50	76.50 $\pm$ 22.19	65.75 $\pm$ 18.31	73.50 $\pm$ 15.46	0.52
Average daily gain (ADG)					
21-day fattening period	0.59 $\pm$ 0.08	0.57 $\pm$ 0.06	0.62 $\pm$ 0.09	0.61 $\pm$ 0.14	0.82
42-day fattening period	0.51 $\pm$ 0.08	0.52 $\pm$ 0.06	0.55 $\pm$ 0.08	0.56 $\pm$ 0.11	0.68
Whole fattening period	0.49 $\pm$ 0.09	0.51 $\pm$ 0.10	0.56 $\pm$ 0.09	0.57 $\pm$ 0.08	0.41
Total feed intake (kg)	135.67 $\pm$ 36.76	131.70 $\pm$ 26.34	118.50 $\pm$ 17.76	129.45 $\pm$ 27.53	0.68
ADFI ² (kg/day)	1.72 $\pm$ 0.15	1.82 $\pm$ 0.33	1.92 $\pm$ 0.35	1.82 $\pm$ 0.11	0.56
Feed conversion ratio (FCR)	3.61 $\pm$ 0.87	3.64 $\pm$ 0.60	3.48 $\pm$ 0.43	3.25 $\pm$ 0.55	0.65
FCG ³ (Baht/kg)	48.47 $\pm$ 12.04	51.30 $\pm$ 8.69	52.12 $\pm$ 6.66	51.64 $\pm$ 8.96	0.83

¹Weight gain = initial weight-final weight, ²ADFI = average daily feed intake, ³FCG = feed cost per gain (FCR $\times$ price (Baht/kg)).

ผลของระดับโปรตีนที่แตกต่างกันในอาหารต่อคุณภาพซากของสุกรพื้นเมืองไทย

จากการศึกษาอิทธิพลของระดับโปรตีนในอาหารที่แตกต่างกันต่อคุณภาพซากของสุกรพื้นเมืองไทยพบว่าสุกรที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกัน มีน้ำหนักมีชีวิต น้ำหนักซากอ่อน น้ำหนักซากเย็น ความยาวซาก เปอร์เซ็นต์ซากอ่อน เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง และพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ยกเว้นเปอร์เซ็นต์กระดูกพบว่าระดับโปรตีนในอาหารที่เพิ่มขึ้นทำให้เปอร์เซ็นต์กระดูกของสุกรพื้นเมืองมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แตกต่างจากการศึกษาของ Aquilani et al. (2019) ที่พบว่าการศึกษาโปรตีนในอาหาร (9.00 และ 13.49 เปอร์เซ็นต์) ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์กระดูกของสุกรพันธุ์ Cinta Senese ($P>0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในสูตรอาหารของการศึกษานี้สูตรอาหารที่มีระดับโปรตีน 18 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณแคลเซียมและฟอสฟอรัสที่ได้จากการคำนวณสูงกว่าสูตรอื่น ซึ่งรายงานของ Cromwell et al. (1970) จากการทดลองที่หนึ่งพบว่าระดับแคลเซียมและฟอสฟอรัสที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร (ฟอสฟอรัส เท่ากับ 0.34, 0.45 และ 0.56 เปอร์เซ็นต์ และแคลเซียม เท่ากับ 0.50 และ 0.65 เปอร์เซ็นต์) ทำให้เปอร์เซ็นต์เถ้าในกระดูกของสุกรพันธุ์ยอร์กเชียร์มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากระดูกมีความหนาแน่นมากขึ้น เช่นเดียวกับ Nimmo et al. (1981) พบว่าระดับแคลเซียม (0.650 และ 0.975 เปอร์เซ็นต์) และฟอสฟอรัส (0.50 และ 0.75 เปอร์เซ็นต์) ที่แตกต่างกันในสูตรอาหารส่งผลทำให้น้ำหนักกระดูกของสุกรลูกผสมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (22.16 ± 0.32 และ 23.87 ± 0.31) และจากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าความหนาของไขมันสันหลังของสุกรที่กินอาหารที่มีโปรตีนสูงมีแนวโน้มที่จะมีไขมันสันหลังบางกว่าสุกรที่กินอาหารโปรตีนระดับต่ำ ($P=0.07$) และมีพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันมากกว่าเล็กน้อย (Table 3) ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ได้ผลใกล้เคียงกับรายงานของ Le Bellego et al. (2002) ที่พบว่าสุกรขุนลูกผสมสามสาย (Pietrain $\times$ Landrace-Large White) เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกัน คือ 15.80, 16.30 และ 20.30 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักมีชีวิต น้ำหนักซากอ่อน เปอร์เซ็นต์ซากอ่อน เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง เปอร์เซ็นต์ไขมัน และความหนาไขมันสันหลังของสุกรไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และสอดคล้องกับการศึกษาของ Pires et al. (2016) ที่ศึกษากับสุกรขุนลูกผสมสามสาย (Duroc $\times$ Large White-Landrace) ซึ่งสุกรกินอาหารที่มีโปรตีนเท่ากับ 13 และ 16 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสุกรที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกัน มีผลทำให้น้ำหนักซากอ่อน ความหนาไขมันสันหลัง และน้ำหนักเนื้อสันนอกไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่จากรายงานของ Teye et al. (2006) พบว่าสุกรที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนสูงขึ้นมีแนวโน้มที่จะมีไขมันสันหลังบางลง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาครั้งนี้สำหรับกรรมวิธี ครีมา และคเนะ (2560) รายงานว่าสุกรพื้นเมืองในเขตภาคเหนือที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับสุกรพันธุ์ควายและสุกรพันธุ์ไหล่มีสมรรถภาพการผลิต คือ มี ADG เท่ากับ 393.00 กรัมต่อวัน มีเปอร์เซ็นต์ซาก 66.53 เปอร์เซ็นต์ ความยาวซาก เท่ากับ 83.50 เซนติเมตร และความหนาไขมันสันหลัง 1.28 นิ้ว Vasupen et al. (2008) กล่าวว่าการศึกษาสุกรพื้นเมืองพันธุ์กระโดนที่จังหวัดสกลนครพบว่าเปอร์เซ็นต์ซากอ่อนของสุกรพันธุ์กระโดนเพศเมียเท่ากับ 66.75 เปอร์เซ็นต์ และของเพศผู้เท่ากับ 64.85 เปอร์เซ็นต์ การทดลองครั้งนี้อาจสรุปได้ว่าระดับของโปรตีนในอาหารไม่มีผลต่อคุณภาพซากของสุกรพื้นเมืองไทย ยกเว้นสุกรพื้นเมืองไทยที่กินอาหารที่มีโปรตีนสูง 18 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มที่มีไขมันสันหลังบางกว่าสุกรที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนต่ำกว่า ($P=0.07$)

ผลของระดับโปรตีนที่แตกต่างกันในอาหารต่อคุณภาพเนื้อของสุกรพื้นเมืองไทย

ผลการศึกษาพบว่าสุกรที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกันมีคุณภาพเนื้อไม่แตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) คือ ค่า pH_{45} มีค่าอยู่ในช่วง 6.03-6.16 ค่า pH_{24} มีค่าอยู่ในช่วง 5.44-5.51 ค่าของสีเนื้อ ได้แก่ ค่า L^* อยู่ในช่วง 53.31-56.74 ค่า a^* อยู่ในช่วง 4.99-6.51 และค่า b^* อยู่ในช่วง 14.58-15.13 ค่าแรงตัดผ่านเนื้ออยู่ในช่วง 5.42-6.07 กิโลกรัม และการสูญเสีย น้ำระหว่างปรุงสุกอยู่ในช่วง 19.64-22.13 เปอร์เซ็นต์ (Table 4) จากผลการศึกษานี้สอดคล้องกับรายงานของ Pires et al. (2016) ที่กล่าวว่าสุกรขุนที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนแตกต่างกัน คือ 13 และ 16 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ค่า pH_{45} pH_{24} ค่าสีของเนื้อ และค่าแรงตัดผ่านเนื้อของสุกรขุนลูกผสมสามสาย (Duroc $\times$ Large White-Landrace) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เช่นเดียวกับ Alonso et al. (2010) ที่รายงานว่าสุกรลูกผสมสองสาย (Large White $\times$ Landrace-Large White) ที่กินอาหารที่มีโปรตีนแตกต่างกัน คือ 14.92 และ 17.00 เปอร์เซ็นต์ มีค่า pH ค่าสีของเนื้อ (L^* a^*) และเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำระหว่างการเก็บรักษาไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่าสุกรที่ได้รับอาหารโปรตีน 17.00 เปอร์เซ็นต์ มีค่า b^* ต่ำกว่าแต่มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อสูงกว่า ($P<0.05$) สุกรในกลุ่มที่ได้รับอาหารโปรตีนต่ำ โดยมีค่าเท่ากับ 6.46 และ 7.04 และ 7.80 และ 6.54 กิโลกรัม ตามลำดับ Alonso et al. (2010) อธิบายว่าเนื้อของสุกรที่ได้รับอาหารโปรตีนต่ำกว่ามีปริมาณไขมันอิ่มตัวและไขมันแทรกในกล้ามเนื้อสูงขึ้น ส่งผลทำให้ความแน่นและความเหนียวของเนื้อลดลง จากการศึกษานี้จึงสรุปได้ว่าระดับโปรตีนในอาหารที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อคุณภาพเนื้อของสุกรพื้นเมืองไทย

Table 3 Effect of dietary protein levels on carcass quality of experimental Thai native pigs.

Traits	Dietary protein level (%)				P-value
	12	14	16	18	
Number of pigs	6	6	6	6	
Slaughter weight (kg)	58.17±1.97	59.92±4.18	59.62±3.50	62.75±3.27	0.28
Hot carcass weight (kg)	41.80±2.45	44.05±2.61	43.41±3.50	43.49±2.71	0.27
Cold carcass weight (kg)	40.70±2.58	42.26±2.73	41.79±2.54	42.66±2.49	0.59
Carcass length (cm)	75.30±5.68	76.13±4.84	77.70±2.78	80.30±3.51	0.11
Hot carcass (%)	71.84±2.72	74.87±3.76	73.42±3.87	71.85±2.65	0.37
Lean (%)	44.70±2.12	43.93±1.59	45.31±4.50	43.92±1.38	0.82
Bone (%)	11.99±1.44 ^a	12.77±2.05 ^{ab}	13.52±1.15 ^{ab}	14.55±0.92 ^b	0.03
Fat (%)	23.74±3.76	23.50±3.60	22.54±3.36	22.43±1.71	0.72
Loin eye area (cm ²)	14.64±1.15	14.64±1.75	15.97±1.52	17.19±1.67	0.12
Backfat thickness (inch)	1.51±0.26	1.48±0.09	1.43±0.20	1.24±0.14	0.07

Different letters in the same row indicate significant differences among mean values.

Table 4 Effect of dietary protein levels on meat quality of experimental Thai native pigs.

Traits	Dietary protein level (%)				P-value
	12	14	16	18	
pH ₄₅ ¹	6.07±0.08	6.09±0.27	6.16±0.33	6.03±0.29	0.90
pH ₂₄ ²	5.44±0.05	5.48±0.02	5.51±0.04	5.48±0.04	0.16
Color ³					
L*	56.44±2.12	56.74±3.95	56.69±3.97	53.31±1.89	0.39
a*	6.51±0.96	5.62±2.25	4.99±1.17	5.86±1.09	0.44
b*	15.13±0.57	14.58±0.78	14.60±1.57	15.04±1.01	0.81
Shear force (kg)	5.42±0.74	5.68±1.31	6.07±1.07	5.50±0.75	0.74
Cooking loss (%)	21.06±2.05	22.13±6.73	20.39±5.02	19.64±1.28	0.87

¹pH₄₅ = pH value at 45 min post-mortem, ²pH₂₄ = pH value at 24 hrs post-mortem, ³L* = lightness, a* = redness, b* = yellowness.

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาผลของการให้อาหารที่มีระดับโปรตีนที่แตกต่างกัน (12%-18% CP) แก่สุกรพื้นเมืองไทยมีผลทำให้สุกรพื้นเมืองมีสมรรถภาพการผลิต และคุณภาพเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ อาจเนื่องจากสุกรพื้นเมืองเป็นสุกรที่มีน้ำหนักตัวน้อยกว่าสุกรขุนสามสายพันธุ์ และน้ำหนักของสุกรพื้นเมืองที่โตเต็มที่อยู่ประมาณ 60 กิโลกรัม ดังนั้นการให้อาหารที่มีระดับโปรตีนสูงแก่สุกรพื้นเมืองก็ไม่สามารถนำมาใช้ในการเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตและปรับปรุงคุณภาพเนื้อได้ ดังนั้น สูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับสุกรพื้นเมืองนั้นไม่ควรมีโปรตีนต่ำกว่า 12 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นการประหยัดต้นทุนค่าอาหารสำหรับการเลี้ยงสุกรพื้นเมืองได้ เพราะทำให้สุกรมีสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อไม่ต่างจากสูตรอาหารที่มีโปรตีนสูงกว่าซึ่งมีราคาแพงกว่า

เอกสารอ้างอิง

กวรรณ ศรีงาม, ศุภมิตร เมฆฉาย, ประภาส มหินชัย และวรรณพร ทะพิงค์แก. 2560. *โครงการย่อยที่ 2: การคัดเลือก ปรับปรุงสุกรสายพันธุ์แท้ (สายพันธุ์พื้นเมือง) เพื่อให้เหมาะสมกับการเลี้ยงบนพื้นที่สูง*. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ไชยา อัยสูงเนิน. 2544. *คู่มือสุกร*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์เทพพิทักษ์การพิมพ์.

ทศพล มุลมณี, สุชน ตั้งทวีพัฒน์, กัญญารัตน์ พวงเจริญ และปณณณฤศม์ ยะมา. 2560. *โครงการย่อยที่ 1: การคัดเลือก ปรับปรุงพันธุ์สุกรลูกผสม และการทดสอบสูตรอาหารที่เหมาะสม*. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ประภาส มหินชัย, สุรศักดิ์ โสภณจิตร และสายพิน เจริญสนองกุล. 2548. *มูลนิธิโครงการหลวง: การคัดเลือกและการปรับปรุงพันธุ์สุกรพื้นเมืองในภาคเหนือของประเทศไทย*. เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่.

อนันต์ ศรีปราโมช. 2545. *การเลี้ยงสุกร*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โครงการหนังสือเกษตรชุมชน.

Alonso, V., Campo, M. M., Provincial, L., Roncalés, P., and Beltrán, J. A. 2010. Effect of protein level in commercial diets on pork meat quality. *Meat Science* 85: 7-14.

Aquilani, C., Sirtori, F., Franci, O., Acciaioli, A., and Bozzi, R. 2019. Effects of protein restriction on performances and meat quality of Cinta Senese pig reared in an organic system. *Animals* 310(9): 1-11.

Boccard, R., Buchter, L., Casteels, M., Cosentino, E., Dransfield, E., and Hood, D. E. 1981. Procedures for measuring meat quality characteristics in beef production experiments. *Livestock Production Science* 8: 385-397.

Cromwell, G. L., Hays, V. W., Caney C. H., and Overfield, J. R. 1970. Effects of dietary phosphorus and calcium level on performance, bone mineralization and carcass characteristics of swine. *Journal of Animal Science* 30(4): 519-525.

FAO. 2009. *Farmer's handbook on pig production (for the small holders at village level)*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Keonouchanh, S., Egerszegi, I., Ratky, J., Bounthong, B., Manabe, N., and Brüssow, K. P. 2011. Native pig (Moo Lat) breeds in Lao PDR. *Archives Animal Breeding* 54: 600-606.

Le Bellego, L., Milgen, J. V., and Noblet, J. 2002. Effect of high temperature and low-protein diets on the performance of growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science* 80: 691-701.

Liu, Y., Kong, X., Jiang, G., Tan, B., Deng, J., Yang, X., Li, F., Xiong, X., and Yin, Y. 2015. Effects of dietary protein/energy ratio on growth performance, carcass trait, meat quality, and plasma metabolites in pigs of different genotypes. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 6: 36-45.

Nimmo, R. D., Peo, E. R., Moser, B. D., and Lewis, A. J. 1981. Effect of level of dietary calcium-phosphorus during growth and gestation on performance, blood and bone parameters of swine. *Journal of Animal Science* 52: 1330-1342.

Phengsavan, P., Ogle, B., Stür, W., Frankow-Lindberg, B. E., and Lindberg, J. E. 2010. Feeding and performance of pigs in smallholder production systems in Northern Lao PDR. *Tropical Animal Health and Production* 42(8): 1627-1633.

Pires, V. M. R., Madeira, M. S., Dowle, A. A., Thomas, J., Almeida, A. M., and Pratesa, J. A. M. 2016. Increased intramuscular fat induced by reduced dietary protein in finishing pigs: effects on the longissimus lumborum muscle proteome. *Molecular Bio Systems* 17: 43-54.

Souphannavong, C. 2016. Influence of pig breeds on growth performance and immunity during pre-weaning period. *International Journal of Environmental and Rural Development* 7(1): 22-28.

Teye, G. A., Sheard, P. R., Whittington, F. M., Nute, G. R., Stewart, A., and Wood, J. D. 2006. Influence of dietary oils and protein level on pork quality. Effects on muscle fatty acid composition, carcass, meat and eating quality. *Meat Science* 73: 157-165.

Vasupen, K., Yuangklang, C., Wongsuthavas, S., Panyakaew, P., Mitchaothai, J., and Beynen, A. C. 2008. Growth performance, carcass and meat characteristics of female and male Kadon pigs. *Journal of Biological Sciences* 8: 671-674.

Vasupen, K., Yuangklang, C., Wongsuttravas, S., Mitchaothai, J., Everts, H., and Beynen, A. C. 2014. Effect of increasing dietary protein level on feed intake, growth performance and nitrogen utilization in Kadon pigs. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 95: 50-60.

วันรับบทความ (Received date) : 10 ก.ค. 63

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 5 ต.ค. 63

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 3 ธ.ค. 63

อิทธิพลของฤดูปลูกต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของแก่นตะวันพันธุ์อายุสั้น

Effect of Growing Seasons on Growth and Yield of Early Maturing Jerusalem artichokes

รัตติกาล เสนน้อย¹, ฐิติพร ต่ายสันเทียะ¹ และวรการ อ่อนนนท์¹
Rattikarn Sennoi¹, Thitiporn Taisanthai¹ and Warakorn Onnon¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของฤดูปลูกต่อการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของแก่นตะวันพันธุ์อายุสั้น 10 สายพันธุ์ ดำเนินการทดลองตามแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ จำนวน 4 ซ้ำ ทำการทดลอง 2 ฤดูปลูก (ปลายฤดูฝน ปี 2560 และต้นฤดูฝน ปี 2561) เก็บข้อมูลลักษณะทางการเกษตรและสรีรวิทยาของแก่นตะวันจำนวน 11 ลักษณะ ทดสอบ homogeneity และวิเคราะห์ combined analysis เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลใน 2 ฤดูปลูก จากผลการทดลอง พบว่า ฤดูปลูกที่แตกต่างกันทำให้อายุดอกแรกบาน อายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ อายุเก็บเกี่ยว ค่า SCMR ความสูง น้ำหนักสดต้น ความกว้างหัว และความหวานแตกต่างกันทางสถิติ และสายพันธุ์แก่นตะวันที่แตกต่างกันส่งผลให้แก่นตะวันมีลักษณะทางการเกษตรแตกต่างกันทางสถิติ การปลูกช่วงปลายฤดูฝนทำให้แก่นตะวันออกดอกและเก็บเกี่ยวได้เร็ว มีค่า SCMR ความกว้างหัว และความหวานสูงกว่าการปลูกต้นฤดูฝน แต่การปลูกต้นฤดูฝนทำให้แก่นตะวันมีการเจริญเติบโตทางลำต้นมากกว่า พันธุ์ JA 5 มีแนวโน้มเก็บเกี่ยวผลผลิตหัวสดได้เร็วที่สุดทั้ง 2 ฤดูปลูก แต่เมื่อดูจากศักยภาพการให้ผลผลิตหัวสดแล้วพบว่า พันธุ์ JA 37 เป็นพันธุ์ที่มีผลผลิตหัวสดสูงที่สุด ทั้ง 2 ฤดูปลูก และยังเป็นพันธุ์ที่มีความหวานของหัวสดอยู่ในเกณฑ์สูงทั้ง 2 ฤดูปลูก จึงเป็นสายพันธุ์ที่เหมาะสมในการแนะนำให้เกษตรกรปลูกต่อไป

คำสำคัญ: แก่นตะวัน อายุสั้น ลักษณะทางการเกษตร ลักษณะทางสรีรวิทยา

Abstract

The aim of this study was to evaluate the effect of growing season on the growth and yield of 10 types of early-maturing Jerusalem artichokes. The experiment was arranged in randomized complete block design (RCBD) with four replications for two seasons (late rainy season in 2017 and early rainy season in 2018). Data on eleven agronomic and physiological traits were collected. A homogeneity test and combined analysis were done to compare the data from both seasons. The results showed that the artichokes from the two seasons differed significantly in terms of first flowering date, fifty percentage of flowering, harvest date, SCMR, height, shoot fresh weight, tuber width and total soluble solids. The genotypes of the Jerusalem artichokes also showed statistical differences with agronomic traits. Growing in the late rainy season produced artichokes that had faster flowering, harvest date, higher SCMR, tuber width and total soluble solids than did growing in early rainy season. However, growing in the early rainy season produced faster vegetative growth. Genotype JA 5 had the least days to maturity in both growing seasons. However, based on yield performance, genotype JA 37 gave the highest yield in both growing seasons and had the highest total soluble solids in both growing seasons. Therefore, it is a promising genotype for introducing to farmers in the future.

Keywords: Jerusalem artichoke, early maturity, agronomic trait, physiological trait

¹ สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก อ. ศรีราชา จ. ชลบุรี 20110

¹ Department of Plant Production Technology, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Rajamangala University of Technology Tawan-ok, Sriracha, Chonburi 20110

*Corresponding author, Email: rattikarn_se@mutto.ac.th

คำนำ

แก่นตะวัน (*Helianthus tuberosus* L.) เป็นพืชหัวที่อยู่ในวงศ์เดียวกับทานตะวัน ในหัวแก่นตะวันมีสารอินนูลิน ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพของคนและสัตว์ อินนูลินช่วยป้องกันโรคอ้วน ลดไขมันในเลือด ลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคเบาหวาน และโรคหัวใจในคน (Yang et al., 2015) มีการนำแก่นตะวันไปผสมกับอาหารสัตว์เพื่อลดการใช้สารปฏิชีวนะในกระบวนการเลี้ยงสัตว์ (Yildiz et al., 2006; Tiengtam et al., 2015) นับได้ว่าแก่นตะวันเป็นพืชเพื่อสุขภาพทั้งในคนและสัตว์ นอกจากนี้ แก่นตะวันยังเป็นพืชที่มีศักยภาพด้านพลังงาน โดยสามารถนำมาผลิตเป็นเอทานอลเพื่อใช้ทดแทนน้ำมันเบนซินได้ (Gunnarsson et al., 2014)

ฤดูปลูกที่แตกต่างกันส่งผลให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของแก่นตะวันแตกต่างกันออกไป มีการทดสอบเปรียบเทียบผลผลิตของแก่นตะวันในหลายพื้นที่ของประเทศไทย ได้แก่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ จากการทดสอบแก่นตะวัน 14 สายพันธุ์ที่ปลูกปลายฤดูฝนในจังหวัดขอนแก่น พบว่าแก่นตะวันมีน้ำหนักหัวสดเฉลี่ยอยู่ที่ 1.3 ตันต่อไร่ (สนั่น จอกลอย และคณะ, 2549) และจากการศึกษาเปรียบเทียบผลผลิตแก่นตะวันในจังหวัดอุดรธานี ขอนแก่น และชัยภูมิ พบว่า การปลูกปลายฤดูฝนให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 3 ตันต่อไร่ สูงกว่าต้นฤดูฝนที่ให้ผลผลิตเฉลี่ย 1.7 ตันต่อไร่ (Pimsaen et al., 2010) และจากรายงานของ ประภาส ช่างเหล็ก และคณะ (2553) ที่ปลูกทดสอบผลผลิตหัวสดแก่นตะวันในต้นฤดูฝน จังหวัดเพชรบูรณ์ พบว่า แก่นตะวันให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 6 ตันต่อไร่ จะเห็นได้ว่าฤดูปลูก และพื้นที่เพาะปลูกส่งผลต่อการให้ผลผลิตของแก่นตะวัน

การปลูกแก่นตะวันที่มีอายุการเก็บเกี่ยวยาวทำให้เกษตรกรเสียโอกาสในการปลูกพืชตามให้ทันเวลา หรือการปลูกแก่นตะวันในฤดูถัดไปล่าช้า เสี่ยงต่อการเกิดโรคทางดินเนื่องจากแก่นตะวันเป็นพืชหัว อีกทั้งยังสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการจัดการ ดังนั้นการปลูกแก่นตะวันอายุสั้นที่มีผลผลิตอยู่ในเกณฑ์ดี จะทำให้เกษตรกรลดภาระค่าใช้จ่ายในการจัดการดูแลรักษา และมีรายได้เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามยังไม่เคยมีรายงานถึงการประเมินผลผลิตของแก่นตะวันอายุสั้นภายใต้สภาพการเพาะปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของฤดูปลูกต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของแก่นตะวันอายุสั้น 10 สายพันธุ์ ภายใต้สภาพการเพาะปลูกของจังหวัดชลบุรี เพื่อคัดเลือกพันธุ์แก่นตะวันอายุสั้นที่มีศักยภาพในการแนะนำสู่เกษตรกรต่อไป

วิธีการศึกษา

ศึกษาอิทธิพลของฤดูปลูกต่อการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของแก่นตะวันพันธุ์อายุสั้น 10 สายพันธุ์ที่ได้รับจากโครงการถั่วลิสงและแก่นตะวัน สาขาวิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ดำเนินการทดลองตามแผนการทดลองแบบการสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomize Complete Block Design, RCBD) มี 4 ซ้ำ กำหนดให้แต่ละแปลงมี 2 แถว แถวละ 10 ต้น รวมเป็น 20 ต้นต่อแปลง กำหนดระยะปลูก 50 × 50 เซนติเมตร ทำการทดลอง 2 ฤดูปลูก คือ ปลายฤดูฝน เดือนพฤศจิกายน ปี 2560 และ ต้นฤดูฝน เดือนมีนาคม ปี 2561 การทดลองทั้ง 2 ฤดูปลูกดำเนินการ ณ แปลงวิจัยพืชไร่ สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ จังหวัดชลบุรี ปลูกแก่นตะวันโดยใช้ต้นกล้าที่มีอายุ 2 สัปดาห์หลังเพาะ ก่อนปลูกทำการไถดะ 1 ครั้ง และไถแปร 1 ครั้ง เมื่อแก่นตะวันมีอายุประมาณ 2 สัปดาห์ จึงกำจัดวัชพืชหลังปลูก ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่เมื่อแก่นตะวันอายุ 1 เดือน จากนั้นดูแลกำจัดวัชพืชจนกว่าจะเก็บเกี่ยว มีการให้น้ำทุกวันที่ไม่ฝนตกในช่วงแรกของการเจริญเติบโต (vegetative stage) ด้วยระบบสปริงเกอร์ จากนั้นทั้งช่วงการให้น้ำตามความเหมาะสมโดยสังเกตจากความขึ้นดินและอาการเหี่ยวของพืช บันทึกลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ วันดอกแรกบาน วันดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ (มีดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ของแปลงปลูก) ความสูง อายุเก็บเกี่ยว (ดูจากลักษณะลำต้นเหี่ยวโทรม ใบเปลี่ยนเป็นสีเหลืองและสีน้ำตาล 50 เปอร์เซ็นต์ของลำต้น) น้ำหนักต้นสดที่อายุเก็บเกี่ยว ผลผลิตหัวสด ความกว้างหัว ความยาวหัว วัดค่าความหวาน (°brix) ด้วยเครื่อง hand refractometer และคำนวณค่าดัชนีเก็บเกี่ยวจากสูตร (น้ำหนักหัวสด/น้ำหนักต้นและหัวสดแก่นตะวัน) เก็บข้อมูลลักษณะทางสรีรวิทยา คือ ค่า SCMR ด้วยเครื่อง SPAD chlorophyll meter reading โดยวัดกับใบแก่นตะวันที่มีการคลี่ขยายเต็มที่ใบแรกจากยอด ทดสอบ homogeneity ตามวิธีของ Bartlett's test และทำการวิเคราะห์ combined analysis เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลใน 2 ฤดูปลูก แยกวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลที่ได้ตามแผนการทดลองแบบ RCBD และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการปลูกทดสอบสายพันธุ์แก่นตะวันอายุสั้น 10 สายพันธุ์ พบว่า ลักษณะทางสรีรวิทยา และลักษณะทางการเกษตรของแก่นตะวัน แตกต่างกันไปตามฤดูกาลปลูกและสายพันธุ์ที่แตกต่างกัน (Table 1) โดยฤดูปลูกที่แตกต่างกันทำให้อายุดอกแรกบาน อายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ อายุเก็บเกี่ยว ค่า SCMR ความสูง น้ำหนักสดต้น ความกว้างหัว และความหวานแตกต่างกันทางสถิติ และพบว่าลักษณะที่มีปฏิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์แก่นตะวันและฤดูปลูก ได้แก่ การออกดอก น้ำหนักต้นสด ความสูง ความกว้าง และความยาวหัวแก่นตะวัน สอดคล้องกับรายงานของ Puttha et al. (2012) ที่ศึกษาปฏิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์แก่นตะวันและสภาพแวดล้อม โดยศึกษากับแก่นตะวัน 79 สายพันธุ์ ในจังหวัดขอนแก่น กับฤดูปลูก 3 ฤดู พบว่าน้ำหนักต้นสด มีปฏิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์แก่นตะวันและสภาพแวดล้อมเช่นเดียวกัน ขณะที่การศึกษาของ Pimsaen et al. (2010) พบว่าสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลมากกว่าสายพันธุ์แก่นตะวันในลักษณะผลผลิตหัวสด และขนาดของหัว ในการศึกษาเปรียบเทียบแก่นตะวัน 15 สายพันธุ์ในจังหวัดขอนแก่น อุดรธานี และชัยภูมิ

การปลูกแก่นตะวันช่วงปลายฤดูฝนทำให้อายุดอกแรกบานสั้นกว่าการปลูกต้นฤดูฝน (47.4 วัน) ($P < 0.01$) โดยพันธุ์ที่ออกดอกเร็วทั้ง 2 ฤดูปลูก 3 อันดับแรก ได้แก่ พันธุ์ JA 4, JA 5 และ JA 21 (Table 2) อายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ของแก่นตะวันมีความแตกต่างกันเมื่อฤดูปลูกแตกต่างกัน ($P < 0.05$) โดยอยู่ระหว่าง 47.3-73.7 วันในปลายฤดูฝน ปี 2560 และ 67.5-106.0 วันในต้นฤดูฝน ปี 2561 พันธุ์ที่มีการออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์เร็ว 3 อันดับแรกทั้ง 2 ฤดูปลูก คือ JA 5, JA 21 และ JA 36 โดยพันธุ์ที่มีการออกดอกเร็วมีแนวโน้มอายุเก็บเกี่ยวสั้นจากผลการทดลองนี้ ฤดูปลูกที่แตกต่างกันทำให้อายุการเก็บเกี่ยวของแก่นตะวันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แก่นตะวันมีอายุเก็บเกี่ยวเฉลี่ย 97 วัน เมื่อปลูกปลายฤดูฝน และ 151.5 วัน เมื่อปลูกต้นฤดูฝน อย่างไรก็ตามพันธุ์แก่นตะวันทั้ง 10 สายพันธุ์มีอายุการเก็บเกี่ยวไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้ง 2 ฤดูปลูก จากการรายงานของ Puttha et al. (2012) ที่ทำการทดสอบแก่นตะวัน 79 สายพันธุ์ ในจังหวัดขอนแก่น ปลูก 3 ฤดู คือ ต้นฤดูฝน 1 ครั้ง และปลายฤดูฝน 2 ครั้ง พบว่า การปลูกแก่นตะวันปลายฤดูฝนทำให้อายุการเก็บเกี่ยวสั้นกว่าการปลูกต้นฤดูฝน โดยมีอายุเก็บเกี่ยว 100 วันในปลายฤดูฝน และ 118 วันในต้นฤดูฝน

ค่า SCMR เป็นค่าที่บ่งบอกความเขียวของใบแก่นตะวันเพื่อประเมินความสามารถในการสังเคราะห์แสงของแก่นตะวัน จากการทดลองพบว่า ฤดูปลูกที่แตกต่างกันส่งผลให้ค่า SCMR แตกต่างกันทางสถิติ แต่สายพันธุ์แก่นตะวันที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อค่า SCMR (Table 3) อย่างไรก็ตามแก่นตะวันพันธุ์ JA 21 และ JA 37 มีแนวโน้มค่า SCMR สูงในการปลูกแก่นตะวันทั้ง 2 ฤดู ฤดูปลูกและสายพันธุ์แก่นตะวันที่แตกต่างกันทำให้ความสูงและน้ำหนักสดต้นของแก่นตะวันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ความสูงของแก่นตะวันอยู่ระหว่าง 38.8-91.9 เซนติเมตรเมื่อปลูกปลายฤดูฝน และ 54.0-104.0 เซนติเมตรเมื่อปลูกต้นฤดูฝน โดยพันธุ์ JA 53 และ HEL 231 เป็นพันธุ์ที่มีลำต้นสูงและแตกกิ่งก้านสาขาจำนวนมากทั้ง 2 ฤดูปลูก ทำให้น้ำหนักสดต้นสูงตามไปด้วย การปลูกต้นฤดูฝนทำให้อายุการเก็บเกี่ยวมีขนาดลำต้นใหญ่และแตกกิ่งก้านสาขามากกว่าการปลูกปลายฤดูฝนเมื่อดูจากค่าเฉลี่ยของความสูงและน้ำหนักต้นสด (Table 3) สอดคล้องกับการรายงานของ Kay and Nottingham (2008) ที่ว่าการปลูกแก่นตะวันในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสูงส่งผลให้แก่นตะวันมีการเจริญเติบโตทางลำต้นมากขึ้น สนั่น จอกลอย และคณะ (2549) รายงานว่า น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และสูงสุดเมื่อแก่นตะวันอายุประมาณ 8 สัปดาห์หลังปลูก และลดลงอย่างรวดเร็วเมื่ออายุ 12 สัปดาห์หลังปลูก

Table 1 Mean squares from combined analysis of variance for agronomic and physiological traits of 10 early maturing Jerusalem artichokes.

SOV	df	First flowering	50% flowering	Days to maturity	SCMR	Plant height	Shoot fresh weight	Tuber width	Tuber length	%Brix	Harvest index (HI)	Fresh tuber yield
Season (S)	1	3328.20**	2080.80*	21125.0*	168.045*	3115.01**	56210000**	0.36721*	11.7965 ^{ns}	263.364*	0.26496 ^{ns}	11.5730 ^{ns}
Rep	3	5.33 ^{ns}	33.45 ^{ns}	242.3 ^{ns}	19.832 ^{ns}	30.99*	341167 ^{ns}	0.04410 ^{ns}	0.9184 ^{ns}	15.171 ^{ns}	0.05125 ^{ns}	3.6961 ^{ns}
Rep within season	2	24.27	118.32	317.3	15.278	0.80	446437	0.06280	14.4152	6.984	0.01819	2.7229
Genotype (G)	9	316.60**	368.04**	68.8*	24.375**	1518.40**	40730000**	0.92248**	6.7724**	30.547**	0.11704**	2.4426**
S × G	9	322.01**	428.88**	27.7 ^{ns}	9.536 ^{ns}	388.31**	16640000**	0.08734**	9.5894**	5.455 ^{ns}	0.02410 ^{ns}	0.5864 ^{ns}
Pooled error	45	23.06	25.15	31.6	8.185	47.32	1885354	0.02667	1.5319	3.625	0.01203	0.7684
CV (%)		7.8	7.1	4.7	5.8	9.1	45.1	10.5	16.1	9.1	17.1	36.7

ns, *, ** = non-significant, significant at P<0.05 and P<0.01 level, respectively.

Table 2 First flowering, fifty percent of flowering and days to maturity of 10 Jerusalem artichoke genotypes in late and early rainy growing seasons.

Genotype	First flowering (days)		50% Flowering (days)		Days to maturity (days)	
	Late (2017)	Early (2018)	Late (2017)	Early (2018)	Late (2017)	Early (2018)
JA 4	48.7abc	68.8de	61.0abcd	74.5ef	100	152
JA 5	39.7c	63.0fg	51.7cd	72.0f	89	148
JA 21	43.0c	65.8ef	52.7cd	71.3f	93	152
JA 36	43.3bc	61.3g	47.7d	67.5g	90	148
JA 37	45.7abc	71.3cd	55.0bcd	78.0de	96	153
JA 38	52.7abc	74.0bc	65.3abc	79.8d	96	150
JA 53	45.7abc	95.5a	56.3bcd	99.3b	104	154
JA 122	56.7ab	75.0b	68.0ab	83.8c	94	150
HEL 231	41.0c	95.5a	47.3d	106.0a	94	157
CN 52867	57.7a	72.8bc	73.7a	78.5d	91	152
F-test	*	**	**	**	ns	ns
CV (%)	14.8	3.2	12.7	3.1	6.9	3.2
Season	47.4B	74.3A	57.9B	81.1A	97B	151.5A
F-test		**		*		*
CV (%)		7.8		7.1		4.7

ns, *, ** = non-significant, significant at $P < 0.05$ and $P < 0.01$ level, respectively.

Means within columns with different lowercase letters are significantly different ($P < 0.05$).

Means within row with different uppercase letters are significantly different ($P < 0.05$).

Table 3 SCMR (SPAD chlorophyll meter reading), plant height and shoot fresh weight of 10 Jerusalem artichoke genotypes in late and early rainy growing seasons.

Genotype	SCMR		Plant height (cm)		Shoot fresh weight (g/plot)	
	Late (2017)	Early (2018)	Late (2017)	Early (2018)	Late (2017)	Early (2018)
JA 4	49.4	46.2	66.6b	86.2c	1,191.1bc	4,430b
JA 5	50.1	45.7	59.5b	68.8c	693.3c	2,056bc
JA 21	55.8	46.3	43.6c	75.6c	644.4c	1,406c
JA 36	48.1	46.0	38.8c	54.0d	382.2c	2,067bc
JA 37	54.7	48.3	65.2b	99.7a	831.6c	3,921bc
JA 38	50.4	48.6	56.2b	97.9a	1,212.9bc	2,477bc
JA 53	47.5	44.4	91.9a	97.0ab	2,644.8ab	12,090a
JA 122	48.0	45.6	62.3b	102.9a	1,105.2bc	4,047bc
HEL 231	49.5	45.0	88.1a	92.6ab	3,268.4a	12,017a
CN 52867	51.2	48.2	65.1b	104.0a	1,107.7bc	2,706bc
F-test	ns	ns	**	**	**	**
CV (%)	7.6	4.2	10.2	8.1	64.6	34.6
Season	50.5A	46.4B	63.7B	87.8A	1,308.2B	4,721.6A
F-test		*		**		**
CV (%)		5.8		9.1		45.1

ns, *, ** = non-significant, significant at $P < 0.05$ and $P < 0.01$ level, respectively.

Means within columns with different lowercase letters are significantly different ($P < 0.05$).

Means within row with different uppercase letters are significantly different ($P < 0.05$).

การปลูกแทนตะวันในปลายฤดูฝนทำให้แทนตะวันมีหัวขนาดใหญ่กว่าการปลูกต้นฤดูฝนเมื่อดูจากข้อมูลความกว้างของหัวแทนตะวันที่ศึกษา (Table 4) โดยการปลูกปลายฤดูฝนแทนตะวันมีความกว้างหัวเฉลี่ยอยู่ที่ 1.8 เซนติเมตร และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.4 เซนติเมตรเมื่อปลูกต้นฤดูฝน สายพันธุ์แทนตะวันที่มีหัวขนาดใหญ่ทั้ง 2 ฤดูปลูก คือ พันธุ์ JA 53 และ HEL 231 อย่างไรก็ตามการปลูกไม่ทำให้ความยาวของหัวแทนตะวันแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อปลูกต้นฤดูฝนมีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 8.5 เซนติเมตร ขณะที่ความยาวของหัวแทนตะวันเมื่อปลูกปลายฤดูฝนอยู่ที่ 7.7 เซนติเมตร สายพันธุ์แทนตะวันที่มีหัวยาวในการปลูกทั้ง 2 ฤดูปลูก คือ JA 36, JA 5 และ JA 21 จากการศึกษาของ Janket et al. (2016) ที่ทดสอบแทนตะวัน 40 สายพันธุ์ ช่วงปลายฤดูฝนที่จังหวัดขอนแก่น พบว่า แทนตะวันพันธุ์อายุสั้นมีความกว้างหัวเฉลี่ยเท่ากับ 1.9 เซนติเมตร และความยาวหัวเฉลี่ยเท่ากับ 6.3 เซนติเมตร ฤดูปลูกและสายพันธุ์แทนตะวันมีผลต่อความหวานของแทนตะวัน จากการวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้พบว่า การปลูกปลายฤดูฝนทำให้แทนตะวันมีความหวานสูงกว่าต้นฤดูฝน มีค่าความหวานเฉลี่ยเท่ากับ 23.4 เปอร์เซ็นต์ และ 17.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สายพันธุ์แทนตะวันที่มีความหวานอยู่ในเกณฑ์สูงทั้ง 2 ฤดูปลูกได้แก่ JA 4, JA 21, JA 37, JA 38 และ CN 52867 (Table 4) ซึ่งขัดแย้งกับการศึกษาของ Puangbut et al. (2015) ที่เปรียบเทียบปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของแทนตะวันพันธุ์การค้า 4 สายพันธุ์ พบว่า การปลูกปลายฤดูฝนทำให้แทนตะวันมีความหวานน้อยกว่าการปลูกต้นฤดูฝน อย่างไรก็ตามพันธุ์แทนตะวันที่รายงานเป็นพันธุ์เดียวกันกับผู้วิจัยเพียง 1 พันธุ์ ความหวานของพืชเกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำและความชื้นของสภาพการเพาะปลูก กล่าวคือ หากปลูกพืชในสภาพแห้งแล้งหรือฤดูปลูกที่มีปริมาณน้ำน้อย พืชก็มีความหวานสูงกว่าการปลูกในสภาพความชื้นสูง หรือปริมาณน้ำมาก เกี่ยวข้องกับการรักษาค่าซลคัลภายในเซลล์ของพืชโดยกระบวนการที่สามารถนำมาอธิบายได้ คือ osmotic adjustment (Kour and Bakshi, 2019)

Table 4 Tuber width, tuber length and brix of 10 Jerusalem artichoke genotypes in late and early rainy growing seasons.

Genotype	Tuber width (cm)		Tuber length (cm)		%Brix	
	Late (2017)	Early (2018)	Late (2017)	Early (2018)	Late (2017)	Early (2018)
JA 4	1.6cd	1.4bc	7.2bcd	7.4b	26.3a	18.9ab
JA 5	1.8bcd	1.3bc	9.7a	8.3b	23.6abcd	16.6bcd
JA 21	1.9bc	1.2c	9.9a	8.0b	24.5abc	17.7abc
JA 36	1.1e	0.7d	8.7ab	14.2a	20.5cd	19.2a
JA 37	1.7bcd	1.5b	7.7bc	7.3b	25.8ab	18.8ab
JA 38	1.5d	1.4bc	7.8bc	7.7b	25.7ab	19.0ab
JA 53	2.5a	1.8a	4.6e	8.3b	19.4d	14.4d
JA 122	2.0b	1.7a	8.6ab	7.6b	21.7bcd	15.9cd
HEL 231	2.4a	1.8a	5.9de	8.2b	20.6cd	14.3d
CN 52867	1.6cd	1.4bc	6.5cd	7.6b	25.6ab	18.8ab
F-test	**	**	**	**	**	**
CV (%)	10.4	10.1	12.7	16.4	10.1	8.8
Season	1.8A	1.4B	7.7	8.5	23.4A	17.4B
F-test	*		ns		*	
CV (%)	10.5		16.1		9.1	

ns, *, ** = non-significant, significant at $P < 0.05$ and $P < 0.01$ level, respectively.

Means within columns with different lowercase letters are significantly different ($P < 0.05$).

Means within row with different uppercase letters are significantly different ($P < 0.05$).

ฤดูปลูกที่ต่างกันไม่ทำให้ดัชนีการเก็บเกี่ยวของแทนตะวันแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าการปลูกปลายฤดูฝนทำให้แทนตะวันมีดัชนีการเก็บเกี่ยวสูงกว่าต้นฤดูฝน (Table 5) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Puangbut et al. (2015) ที่พบว่า การปลูกปลายฤดูฝนทำให้แทนตะวันมีดัชนีการเก็บเกี่ยวสูงกว่าต้นฤดูฝน สายพันธุ์ที่มีแนวโน้มดัชนีการเก็บเกี่ยวดีทั้ง 2 ฤดูปลูกได้แก่ พันธุ์ JA 4, JA 5, JA 36, JA 37, JA 38 และ CN 52867 กล่าวคือ เป็นสายพันธุ์แทนตะวันที่สามารถถ่ายเทอาหาร

จากมวลชีวภาพไปเป็นส่วนหัวหรือผลผลิตได้ดี และจากการสังเกตของคณะผู้วิจัย พบว่า แก่นตะวันมีลำต้นค่อนข้างเล็ก เมื่อปลูกปลายฤดูฝน ไม่มีการแตกกิ่งก้านสาขามาก เมื่อนำมาคำนวณค่าดัชนีการเก็บเกี่ยวจึงมีค่าสูงกว่า อย่างไรก็ตามการปลูกต้นฤดูฝนทำให้แก่นตะวันมีหัวจำนวนมากจากการสังเกตจึงทำให้มีแนวโน้มผลผลิตสูงกว่าเล็กน้อย โดยผลผลิตหัวสดเฉลี่ยของแก่นตะวันในปลายฤดูฝนเท่ากับ 1.4 ตันต่อไร่ และต้นฤดูฝนเท่ากับ 1.9 ตันต่อไร่ สายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงที่สุดทั้ง 2 ฤดูปลูก คือ JA 37 มีผลผลิตเฉลี่ยในปลายฤดูฝน ปี 2560 และต้นฤดูฝน ปี 2561 เท่ากับ 1.8 และ 3.6 ตันต่อไร่ ตามลำดับ แต่จากการเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตของแก่นตะวันพันธุ์การค้า 4 สายพันธุ์ที่จังหวัดขอนแก่นของ Puangbut et al. (2015) พบว่าการปลูกปลายฤดูฝนทำให้แก่นตะวันมีผลผลิตสูงกว่าการปลูกต้นฤดูฝน ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าการปลูกต้นฤดูฝนแก่นตะวันมีโอกาสเกิดโรคโคนเน่าที่มีสาเหตุจากเชื้อรา *Sclerotium rolfsii* มากกว่าการปลูกปลายฤดูฝนที่มีความชื้นต่ำไม่เหมาะสมต่อการเกิดโรค

Table 5 Harvest index (HI) and fresh tuber yield of 10 Jerusalem artichoke genotypes in late and early rainy growing seasons.

Genotype	Harvest index (HI)		Fresh tuber yield (t/rai)	
	Late (2017)	Early (2018)	Late (2017)	Early (2018)
JA 4	0.86	0.54ab	1.5abc	2.2abcd
JA 5	0.91	0.66a	1.7ab	1.6bcd
JA 21	0.84	0.55ab	1.0bc	0.9cd
JA 36	0.87	0.45bc	0.8c	0.7d
JA 37	0.87	0.66a	1.8a	3.6a
JA 38	0.79	0.72a	1.7ab	3.0ab
JA 53	0.59	0.23c	1.2abc	1.5cd
JA 122	0.82	0.58ab	1.7ab	2.2abcd
HEL 231	0.66	0.21c	1.4abc	1.4cd
CN 52867	0.78	0.65a	1.5abc	2.4abc
F-test	ns	**	*	**
CV (%)	14.6	19.9	24.4	48.8
Season	0.8	0.5	1.4	1.9
F-test	ns		ns	
CV (%)	17.1		36.7	

ns, *, ** = non-significant, significant at $P < 0.05$ and $P < 0.01$ level, respectively.

Means within columns with different lowercase letters are significantly different ($P < 0.05$).

สรุปผลการศึกษา

ฤดูปลูกและสายพันธุ์แก่นตะวันที่แตกต่างกันส่งผลให้แก่นตะวันมีลักษณะทางการเกษตรและสรีรวิทยาที่แตกต่างกัน การปลูกช่วงปลายฤดูฝนทำให้แก่นตะวันออกดอกและเก็บเกี่ยวได้เร็ว มีค่า SCMR ความกว้างหัว และค่าความหวานสูงกว่าการปลูกต้นฤดูฝน แต่การปลูกต้นฤดูฝนทำให้แก่นตะวันมีการเจริญเติบโตทางลำต้นมากกว่า ซึ่งหมายถึงโอกาสของการมีจำนวนตาที่จะพัฒนาไปเป็นดอกได้มากกว่า จึงเหมาะแก่การปลูกแก่นตะวันเชิงท่องเที่ยว แก่นตะวันมีอายุเก็บเกี่ยวเฉลี่ย 97 วันเมื่อปลูกปลายฤดูฝน และ 151.5 วัน เมื่อปลูกต้นฤดูฝน พันธุ์ JA 5 สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้เร็วที่สุด อย่างไรก็ตามเมื่อดูจากศักยภาพการให้ผลผลิตแล้วพบว่า สายพันธุ์ที่มีผลผลิตสูงที่สุด คือ พันธุ์ JA 37 โดยให้ผลผลิตหัวสดสูงสุดทั้ง 2 ฤดูปลูก และพันธุ์ที่มีผลผลิตต่ำที่สุดทั้ง 2 ฤดูปลูก คือ พันธุ์ JA 36 นอกจากผลผลิตแล้ว ความหวานของหัวแก่นตะวันเป็นอีกลักษณะหนึ่งที่มีความสำคัญในการประเมินคุณภาพของการบริโภค ซึ่งพบว่า การปลูกปลายฤดูฝนทำให้แก่นตะวันมีความหวานสูงกว่าต้นฤดูฝน โดยมีค่าความหวานเฉลี่ยเท่ากับ 23.4 เปอร์เซ็นต์ และ 17.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สายพันธุ์แก่นตะวันที่มีความหวานอยู่ในเกณฑ์สูงทั้ง 2 ฤดูปลูกได้แก่ JA 4, JA 21, JA 37, JA 38 และ CN 52867 จะเห็นได้ว่าแก่นตะวันพันธุ์ JA 37 เป็นพันธุ์ที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิต และความหวานสูง จึงเป็นพันธุ์ที่มีความเหมาะสมสำหรับแนะนำให้เกษตรกรปลูกต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยและสถานที่ทำวิจัย สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ นักศึกษาช่วยวิจัย และขอขอบคุณศาสตราจารย์ ดร.สนั่น จอกกลอย ที่ให้ความอนุเคราะห์พันธุ์แก่นตะวัน และคำแนะนำต่าง ๆ ในการทำงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- ประภาส ช่างเหล็ก, สนั่น จอกกลอย, โอฟาร์ ตันทวิรุพฟ์, ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนาวงศ์, สุดประสงค์ สุวรรณเลิศ, ปราณี งามประสิทธิ์, วีระยุทธ แสนยากุล, วิศัล เขียวเสถียรพงศ์, เจรศักดิ์ แซ่ลี และเบญจารัตน์ ทองเย็น. 2553. การเติบโตและผลผลิต Jerusalem artichoke บนพื้นที่สูง ณ สถานีวิจัยเขตรบวรณ. ใน *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48*. น. 200-206. กรุงเทพฯ.
- สนั่น จอกกลอย, นิमित วรสุด, จิรยุทธ ดาระสา, รัชาน มีแก้ว, ถวัลย์ เกษมาลา และวิลาวรรณ ตุลา. 2549. ศักยภาพการให้ผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรของแก่นตะวันพันธุ์ต่าง ๆ ในสภาพการเพาะปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. *แก่นเกษตร* 34: 139-150.
- Gunnarsson, I. B., Svensson, S. E., Johansson, E., Karakashev, D., and Angelidaki, I. 2014. Potential of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) as a biorefinery crop. *Industrial Crops and Products* 56: 231-240.
- Janket, A., Vorasoot, N., Rattanaprasert, R., Kesmla, T., and Jogloy, S. 2016. Genotypic variability of yield components and crop maturity in Jerusalem artichoke germplasm. *Sabao Journal of Breeding and Genetics* 48(4): 474-490.
- Kour, G., and Bakshi, P. 2018. Irrigation management practices and their influence on fruit agroecosystem. In *Irrigation in agroecosystems*, O. Gabrijel, ed. pp. 21-30. London: IntechOpen.
- Pimsaen, W., Jogloy, S., Suriham, B., Kesmla, T., Pensuk, V., and Patanothai, A. 2010. Genotype by environment (G × E) interaction for yield component of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). *Asian Journal of Plant Science* 9(1): 11-19.
- Puangbut, D., Jogloya, S., Vorasoota, N., Holbrookc, C. C., and Patanothai, A. 2015. Responses of inulin content and inulin yield of Jerusalem artichoke to seasonal environments. *International Journal of Plant Production* 9(4): 1735-8043.
- Puttha, R., Jogloy, S., Wangsomnuk, P. P., Srijaranai, S., Kesmla, T., and Patanothai, A. 2012. Genotypic variability and genotype by environment interactions for inulin content of Jerusalem artichoke germplasm. *Euphytica* 183: 119-131.
- Tiengtam, N., Khempaka, S., Paengkoum, P., and Boonanutanasarn, S. 2015. Effect of inulin and Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) as prebiotic ingredients in the diet of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Animal Feed Science and Technology* 207: 120-129.
- Yang, L., Hea, Q. S., Corscaddena, K., and Chibuike, C. U. 2015. The prospects of Jerusalem artichoke in functional food ingredients and bioenergy production. *Biotechnology Reports* 5: 77-88.
- Yildiz, G., Sacakli, P., and Gungor, T. 2006. The effect of dietary Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) on performance, egg quality characteristics and egg cholesterol content in laying hens. *Czech Journal of Animal Science* 51(8): 349-354.

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

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 26 ก.พ. 63

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

แนวโน้มภาวะการทำประมงเกินศักยภาพการผลิตของประชากรปูม้า ในแหล่งประมงปูม้าพื้นบ้าน จังหวัดชลบุรี Overfishing Trends in a Swimming Crab Population in a Small-scale Fishing Ground, Chonburi Province

จิราภรณ์ ไตรศักดิ์^{1*}
Jiraporn Trisak^{1*}

บทคัดย่อ

การประเมินภาวะและรูปแบบของการทำประมงเกินศักยภาพการผลิตของประชากรสัตว์น้ำ (overfishing) เป็นสิ่งที่ท้าทาย เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ค่อนข้างซับซ้อนและใช้เวลานาน แต่กระนั้น การทราบถึงภาวะและรูปแบบของ overfishing เป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการจัดการประมง การศึกษานี้นำเสนอการหาแนวโน้มและรูปแบบของ overfishing ในสถานการณ์ที่มีข้อจำกัดของข้อมูลประชากรสัตว์น้ำ และเป็นแนวทางที่ไม่ซับซ้อนและใช้เวลาในการศึกษาที่สั้น โดยใช้การประมงปูม้าพื้นบ้าน จ. ชลบุรี เป็นต้นแบบ ผลการศึกษาโดยรวมแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของ growth overfishing เนื่องจากผลผลิตจากการประมงมีสัดส่วนของปูม้าที่ยังไม่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ถึง 68% แต่หากพิจารณาจากผลผลิตทางการประมงปูม้าพื้นบ้านแยกตามเพศ พบว่าทั้งสองเพศมีรูปแบบของ overfishing ที่แตกต่างกัน โดยที่ปูม้าเพศเมีย อยู่ในภาวะที่เสี่ยงต่อการเกิด recruitment overfishing ส่วนปูม้าเพศผู้มีความเสี่ยงที่จะเกิด growth overfishing ผลการศึกษายังได้ชี้แนะว่า มาตรการในการกำหนดขนาดตาอวนที่มักใช้ในการจัดการประมงสัตว์น้ำจำพวกปูโดยทั่วไป ไม่ใช่ทางออกที่ดีสำหรับการจัดการประมงปูม้าพื้นบ้าน เนื่องจากมาตรการไม่มีความสอดคล้องกับลักษณะการทำประมงที่ทำประมงในพื้นที่ที่มีการแพร่กระจายเฉพาะสมาชิกของปูม้าที่ยังไม่เจริญพันธุ์และมีขนาดเล็กในสัดส่วนที่สูง ทั้งนี้ หากกำหนดขนาดตาอวนให้มีขนาดใหญ่ขึ้น จะส่งผลทำให้ผลผลิตจากการประมงลดลงเหลือ 36.50% ของผลผลิตที่เคยได้ มาตรการกำหนดขนาดตาอวนจึงอาจส่งผลกระทบต่อความล้มเหลวของการจัดการประมงได้ เพราะจะไม่เป็นที่ยอมรับของชาวประมง มาตรการหนึ่งที่น่าจะเป็นทางออกที่ดีคือ มาตรการกำหนดฤดูกาลทำประมง โดยกำหนดช่วงเวลาห้ามทำประมงให้สั้นและสอดคล้องกับการแพร่กระจายของปูม้าที่เป็นกลุ่มอ่อนไหวต่อการเกิด overfishing ทั้งนี้ ภายใต้สถานการณ์ที่ชาวประมงได้ตระหนักรู้และตื่นตัวในวิกฤตทรัพยากรประมง คาดว่ามาตรการที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดฤดูกาลทำประมงจะเป็นที่ยอมรับของชาวประมงได้

คำสำคัญ: การทำประมงเกินศักยภาพการผลิต การจัดการประมง ปูม้า มาตรการกำหนดขนาดตาอวน การประมงปูม้าพื้นบ้าน

Abstract

The assessment of overfishing is a challenge because it is a complicated and time consuming process. Nevertheless, knowledge of the types of overfishing that occur in a fishery is valuable information for management. This study proposed a short-term and simple approach to identifying trends and types of overfishing in a data limited situation. Collectively, the results indicate that the fishery under study is trending towards overfishing because the proportion of the immature individuals in the catch has reached around 68%. Furthermore, the results show that male and female crabs had different forms of overfishing. Whereas the female swimming crabs were at risk of 'recruitment overfishing', the male crabs were experiencing 'growth overfishing'. Moreover, the results suggest that mesh size regulation may not be appropriate for successful management because it is inconsistent with the nature of fishing practices. The catches from the fishery comprise mainly immature fish. If larger mesh size regulation were enforced, the yields could be drastically reduced to as low as 36.50% of the usual catch. Such restrictions could result in the failure of the fishery and its management because the fishers would likely not abide by them. Seasonal fishing closures are potentially appropriate. A closure needs to be short and applied at the times and places that will benefit the crabs that are susceptible to overfishing. Given the situation where fishers are made aware of the fishery's resource crisis, closure regulations could possibly be accepted.

Keywords: overfishing, fishery management, swimming crab, mesh size measure, small-scale swimming crab fishery

¹ ภาควิชาการจัดการประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

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

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

คำนำ

การจัดการประมงเป็นกิจกรรมที่มีองค์ประกอบอยู่ 2 ฝ่าย คือ ทรัพยากร และผู้ใช้ทรัพยากร ความสำเร็จของการจัดการขึ้นอยู่กับความสามารถในการสร้างสมดุลระหว่างองค์ประกอบทั้งสอง ดังนั้น ปัญหาด้านการประมงที่ภูมิภาคต่าง ๆ ของโลกกำลังเผชิญอยู่ ซึ่งเป็นปัญหาของการลดลงของทรัพยากรประมงนั้น จึงเป็นปัญหาของการเสียสมดุลระหว่างการผลิตทรัพยากรกับการใช้ทรัพยากร เนื่องจากการนำทรัพยากรสัตว์น้ำมาใช้ในปริมาณที่มากกว่าปริมาณที่ทรัพยากรสัตว์น้ำนั้นสามารถผลิตได้ ทำให้ทรัพยากรสัตว์น้ำลดจำนวนลง ภาวะเช่นนี้เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายว่า overfishing

โดยทั่วไปคำว่า การใช้ทรัพยากรมากเกินไปจนก่อให้เกิดวิกฤตต่อสถานภาพของทรัพยากร (ซึ่งต่อจากนี้ไปจะใช้คำว่า overfishing) มักถูกใช้อธิบายถึงภาวะที่ทรัพยากรสัตว์น้ำถูกทำประมงในปริมาณมาก และเกินกว่าปริมาณที่สัตว์น้ำสามารถผลิตขึ้นมาชดเชยได้ คำอธิบายในลักษณะเช่นนี้มักไม่มีข้อสนับสนุนที่สามารถใช้เป็นเกณฑ์อ้างอิงได้ว่า ปริมาณดังกล่าวนั้นคืออะไร และสามารถวัดจำนวนได้อย่างไร ในทางวิชาการนั้น มีผู้เชี่ยวชาญได้ให้คำอธิบายถึงเกณฑ์ที่ใช้อ้างอิงและเป็นข้อสนับสนุนเพื่อยืนยันถึงการเกิด overfishing อย่างเช่น ในปี ค.ศ. 1951 Graham (อ้างตาม Beverton and Holt, 1957) ได้อธิบายคำว่า overfishing ว่าเป็นภาวะที่เกิดขึ้นเมื่อผลผลิตจากการประมงต่อหนึ่งหน่วยในการลงแรงทำประมง (catch per unit effort, CPUE) ลดลงในขณะที่มีการเพิ่มการลงแรงทำประมง (effort) อย่างไรก็ตาม คำอธิบายและเกณฑ์ที่ใช้อ้างอิงนี้เป็นมุมมองที่มองกันในภาพรวม ที่ยังไม่ครอบคลุมความหมายในลักษณะที่สะท้อนถึงรูปแบบและสาเหตุของการเกิด overfishing เพราะโดยหลักการแล้วการลดลงของทรัพยากรสัตว์น้ำจนทำให้เกิด overfishing นั้นมีหลายรูปแบบสำหรับงานด้านชีววิทยาประมง overfishing อาจอยู่ในรูปแบบที่เรียกว่า growth overfishing หรือ recruitment overfishing ซึ่งแต่ละรูปแบบเกิดจากสาเหตุที่แตกต่างกัน อีกทั้งการรับมือในการแก้ปัญหาของแต่ละรูปแบบก็ไม่เหมือนกัน

Growth overfishing เป็นรูปแบบของ overfishing ที่เกิดจากการทำประมงในลักษณะที่มีการจับสัตว์น้ำที่มีขนาดเล็ก หรืออายุน้อยจนเกินไป ทำให้สัตว์น้ำขาดโอกาสในการเพิ่มจำนวนสมาชิกในประชากร อันจะส่งผลต่อปริมาณผลผลิตจากการทำประมงในรูปของน้ำหนัก เนื่องจากหากปล่อยให้ปลามีการเจริญเติบโตและมีน้ำหนักเพิ่มมากขึ้นเสียก่อน ก็จะทำให้ผลผลิตที่ได้จากการทำประมงเพิ่มมากขึ้น มาตรการในการป้องกัน หรือรับมือกับปัญหาของ growth overfishing โดยทั่วไปก็คือการจำกัดขนาด หรืออายุของสัตว์น้ำที่อนุญาตให้ทำประมงได้ เพื่อเปิดโอกาสให้สัตว์น้ำได้มีการเจริญเติบโตจนมีขนาดและน้ำหนักเพิ่มมากขึ้นเสียก่อน

ส่วน recruitment overfishing เป็นรูปแบบของ overfishing ที่เกิดจากการทำประมงที่มีการจับสัตว์น้ำที่อยู่ในวัยเจริญพันธุ์มากเกินไป และส่งผลกระทบต่อปริมาณสัตว์น้ำรุ่นถัดมา ซึ่งเป็นสมาชิกใหม่ของประชากรที่กำลังจะเข้าสู่แหล่งประมง และเป็นเป้าหมายของการประมงในฤดูกาลทำประมงที่กำลังจะมาถึง (recruitment) มีจำนวนลดน้อยลง การรับมือและแก้ไข ปัญหาของ recruitment overfishing เน้นการรักษา หรือควบคุมให้สัตว์น้ำที่อยู่ในวัยเจริญพันธุ์ ที่เป็นพ่อแม่พันธุ์มีปริมาณคงที่หรือไม่ให้มีแนวโน้มที่ลดลง และมีในปริมาณที่มากพอที่จะเป็นกำลังผลิตให้เกิดสัตว์น้ำรุ่นถัดมาในระดับที่จะไม่ส่งผลกระทบต่อความยั่งยืนของประชากร เช่น การสร้างกลยุทธ์ในการทำประมงเพื่อหลีกเลี่ยงการจับพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำในปริมาณที่มากเกินไป หรือการให้โอกาสสมาชิกที่อยู่ในวัยเจริญพันธุ์ได้มีโอกาสน้อย 1 ครั้งในการสร้างสมาชิกใหม่แก่ประชากรเสียก่อน ตัวอย่างมาตรการที่ใช้โดยทั่วไป ได้แก่ การกำหนดขนาดของสัตว์น้ำ การห้ามทำประมงปูเพศเมีย และการกำหนดฤดูกาลทำประมง ดังเช่นที่มีการใช้ในการจัดการประมงปูม้า (*Portunus pelagicus*) ในประเทศออสเตรเลีย และปู Dungeness (*Metacarcinus magister*) ประเทศสหรัฐอเมริกา (de Lestang et al., 2010; Johnston et al., 2011; California Ocean Protection Council, n.d.)

การจัดการประมงปูม้าในหลายประเทศมักให้ความสำคัญกับ recruitment เนื่องจากปูม้าเป็นสัตว์น้ำที่มีวงจรชีวิตสั้น ประกอบกับมีถิ่นที่อยู่อาศัยในบริเวณที่สิ่งแวดล้อมมักมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ทำให้โดยธรรมชาติแล้วขนาดประชากรปูม้ามีความแปรปรวนสูง และมีการเปลี่ยนแปลงไปตามปัจจัยสิ่งแวดล้อม ดังนั้น ผลผลิตประมงจะมีมากน้อยเพียงใดจึงขึ้นอยู่กับการรอดชีวิตของสมาชิกใหม่ที่จะไปเป็น recruitment เป็นหลัก ประกอบกับการเป็นสัตว์น้ำที่พบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนพ่อแม่พันธุ์ กับ recruitment (stock-recruitment relationship, S-R relationship) ทำให้ประชากรปูม้ามีความอ่อนไหวต่อ recruitment overfishing ดังนั้น ประชากรสัตว์น้ำที่พบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนพ่อแม่พันธุ์กับจำนวนสัตว์น้ำในรุ่นลูกที่จะเข้ามาสู่แหล่งประมง และเป็นกลุ่มเป้าหมายสำหรับการทำประมง ตลอดจนสัตว์น้ำที่ recruitment มีความเสี่ยงต่อปัจจัยสิ่งแวดล้อม เช่น ปูม้า มาตรการการทำประมงที่สอดคล้องต่อลักษณะของประชากร รวมทั้งที่จะช่วยป้องกัน หรือแก้ไขจุดอ่อนของประชากรสัตว์น้ำจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง

นับตั้งแต่ความคิดริเริ่มในการจัดการประมงที่เกิดขึ้นในปลายศตวรรษที่ 19 (จิราภรณ์ ไตรศักดิ์, 2561) แนวความคิดและหลักการด้านการจัดการประมงได้ถูกพัฒนาขึ้นมาบนพื้นฐานและจุดมุ่งหมายเพื่อแก้ปัญหาและพัฒนาการประมงพาณิชย์เป็นหลัก ขณะที่การประมงพื้นบ้านถูกมองข้าม จนกระทั่งประมาณ 20-30 ปีที่ผ่านมา จึงได้มีการเล็งเห็นความสำคัญของการจัดการประมงพื้นบ้าน แต่กระนั้นการจัดการประมงพื้นบ้านก็ไม่ได้มีรูปแบบของการจัดการประมงที่เป็นของตนเอง นโยบายและมาตรการต่าง ๆ ที่นำมาใช้มาจากหลักการทางด้านการจัดการประมงเชิงพาณิชย์ที่มีอยู่เดิม ทำให้ขาดความเหมาะสมและไม่ประสบความสำเร็จในการจัดการ (Kato, 2012) เช่นเดียวกันกับการจัดการประมงพื้นบ้านในหลายประเทศ การจัดการประมงพื้นบ้านของไทย รวมทั้งการประมงปูม้าพื้นบ้านนั้น ยังไม่ปรากฏหลักฐานอย่างชัดเจนถึงแนวทางการจัดการประมงที่มีรูปแบบเฉพาะเป็นของตนเอง มาตรการในการจัดการประมงปูม้าพื้นบ้านของไทยจึงล้าตามมาตรการในการจัดการประมงพาณิชย์ เช่น มาตรการในเรื่องขนาดตาอวน

การทราบถึงภาวะ overfishing เป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการจัดการประมง เนื่องจากทำให้เกิดการตระหนักถึงปัญหาและเกิดความตื่นตัวในการแก้ปัญหา แต่หากสามารถระบุได้ถึงรูปแบบและสาเหตุของ overfishing ก็จะเป็นประโยชน์มากยิ่งขึ้น เพราะจะทำให้สามารถแก้ปัญหาได้ตรงประเด็นและถูกจุดมากขึ้น ซึ่งจะนำมาซึ่งประสิทธิภาพและความสำเร็จของการจัดการประมง ดังนั้น ในกรณีที่มีข้อสรุปว่าเกิด overfishing ขึ้น สิ่งที่ต้องพิจารณาในเบื้องต้นควรเป็นการแยกแยะและสร้างความชัดเจนในรูปแบบและสาเหตุของการเกิดปัญหา อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์เพื่อระบุรูปแบบของ overfishing ล้วนเป็นกระบวนการที่ยุ่งยากและใช้เวลาค่อนข้างยาวนาน ด้วยการเก็บข้อมูลต้องมีความต่อเนื่องและใช้เวลา (3-5 ปีขึ้นไป) นอกจากนั้น ข้อมูลต้องมีความสมบูรณ์ทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ อีกทั้งรูปแบบการศึกษาค่อนข้างซับซ้อน และโดยเฉพาะอย่างยิ่งในสัตว์น้ำที่เป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง เช่น ปู การศึกษา S-R relationship เพื่อวิเคราะห์ recruitment overfishing เป็นงานที่ทำหายและยุ่งยากมาก เนื่องจากปัญหาการระบุอายุของปู ประกอบกับความซับซ้อนของชีววิทยาการสืบพันธุ์ของปู (Zheng and Kruse, 2003) ดังนั้น ในระบบการจัดการประมงที่ขาดแคลนหรือที่มีปัญหาในการเก็บรวบรวมข้อมูลประชากรสัตว์น้ำและการประมง จึงมักมองข้ามในประเด็นของรูปแบบและสาเหตุของภาวะ overfishing

จากการลงพื้นที่เพื่อสอบถามและรับฟังความคิดเห็นจากชาวประมง รวมทั้งผู้ที่เกี่ยวข้อง เช่น ผู้ขายปลาเยื่อแก่ชาวประมง เกี่ยวกับสถานการณ์ของทรัพยากรปูม้าในแหล่งประมงพื้นบ้าน ต. บางพระ อ. เมือง จ. ชลบุรี ระหว่างที่ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัยนี้ ทั้งชาวประมงและผู้ที่เกี่ยวข้องได้ให้ความเห็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ ปัญหาเรื่องผลผลิตของชาวประมงแต่ละรายลดลง และขนาดปูม้าทั้งจากการประมงด้วยลอบปูและด้วยอวนจมปูมีขนาดเล็กลง ทั้งนี้ คาดกันว่า การลดลงของจำนวนและขนาดปูม้าในแหล่งประมงพื้นบ้านอาจเกิดจากแรงกดดันจากการทำประมงอย่างหนัก เนื่องจากปูม้าเป็นสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจที่มีราคาค่อนข้างสูง ทำให้มีแรงจูงใจในการทำประมงเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ อีกทั้งยังได้มีการกล่าวถึงสถานการณ์ของทรัพยากรสัตว์น้ำทั่ว ๆ ไปในประเทศไทยว่าอยู่ในภาวะ overfishing อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีรายงานหรือผลการศึกษาวิจัยที่มีข้อสนับสนุนทางวิชาการที่ชัดเจนว่าเกิด overfishing ขึ้นสำหรับการประมงปูม้าพื้นบ้าน หรือไม่และอย่างไร

เนื่องมาจากความไม่ชัดเจนของ overfishing รวมทั้งปัญหา และการตระหนักในปัญหาการลดลงของประชากรปูม้าและขนาดปูม้าที่เล็กลงในแหล่งประมงพื้นบ้าน อีกทั้งความสำคัญของการแยกแยะรูปแบบของ overfishing และปัญหาของความยุ่งยากและลำบากในด้านการศึกษาเพื่อสรุปภาวะ overfishing ตามที่กล่าวแล้วข้างต้น การศึกษานี้จึงมุ่งเน้นในการตอบคำถามเกี่ยวกับ overfishing ที่อาจกำลังเกิดขึ้นกับการประมงปูม้าพื้นบ้าน โดยทำการศึกษาแนวโน้มของ overfishing ของประชากรปูม้าในแหล่งประมงปูม้าพื้นบ้าน ต. ท่าพระ อ. เมือง จ. ชลบุรี ด้วยแนวทางการศึกษาที่อยู่ภายใต้สถานการณ์ที่ข้อมูลมีอยู่อย่างจำกัด และเป็นการศึกษาที่ไม่ซับซ้อนและใช้เวลาไม่นาน ทั้งนี้ คาดว่าผลการศึกษาที่ได้สามารถใช้เป็นแนวทางในการหาข้อสรุปเบื้องต้นเพื่อยืนยันภาวะ overfishing และสามารถใช้เป็นข้อมูลสำคัญประกอบการวางแผนในการจัดการประมงปูม้าพื้นบ้าน

วิธีการศึกษา

การเก็บตัวอย่าง การรวบรวมข้อมูล

การวิจัยนี้ได้ทำการเก็บรวบรวมตัวอย่างปูม้าจากชาวประมงพื้นบ้านที่ ต. บางพระ อ. เมือง จ. ชลบุรี ระหว่างเดือนมีนาคม 2553 ถึง เดือนมีนาคม 2554 โดยทำการเก็บตัวอย่างเดือนละครั้ง โดยสุ่มเก็บตัวอย่างจากชาวประมง ทั้งชาวประมงที่ทำประมงด้วยลอบปูแบบพับได้ และด้วยอวนจมปู โดยลอบปูแบบพับได้นี้มีขนาด กว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 30-40 x 50-60 x 20-25 เซนติเมตร ขนาดตาอวนที่หุ้มทั้งสี่ด้าน และด้านบนของลอบเท่ากับ 1.5 นิ้ว และขนาดตาอวนที่หุ้มด้านล่าง

เท่ากับ 2 นิ้ว ส่วนอวนจับปู ใช้วนที่มีขนาดตาอวน 3 นิ้ว จำนวนปูม้าที่ได้ในการเก็บรวบรวมแต่ละเดือนอยู่ระหว่าง 77-142 ตัว รวมตัวอย่างทั้งหมดของปูม้าตลอดระยะเวลาการศึกษา 1,114 ตัว เป็นเพศเมีย 552 ตัว และเพศผู้ 562 ตัว แต่ข้อมูลที่อยู่ในสภาพสมบูรณ์และพร้อมสำหรับการศึกษานี้มี 1,104 ตัว เป็นเพศเมีย 547 ตัว และเพศผู้ 557 ตัว

ตัวอย่างปูม้าแต่ละตัวที่ได้จากการรวบรวมจากชาวประมง ได้ถูกบันทึกข้อมูลเพศ และความกว้างของกระดอง (carapace width, CW) ด้วย vernier caliper โดยบันทึกความยาวเป็นมิลลิเมตรและมีความละเอียดถึงทศนิยม 2 ตำแหน่ง ทั้งนี้ การวัดความกว้างของกระดองปู วัดจากปลายสุดของหนามด้านข้างลำตัว (lateral spine) (Figure 1) นอกจากนั้นได้ทำการบันทึกลักษณะการยึดติดระหว่างจับปิ้ง (abdominal flab) และส่วนหัวที่เชื่อมติดกับส่วนของหน้าอก (cephalothorax) (Figure 2) เพื่อให้เป็นเกณฑ์ในการแยกระหว่างปูม้าที่ยังไม่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ และปูม้าที่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์แล้ว ซึ่งปูม้าที่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์แล้ว ส่วนของจับปิ้งจะยึดติดกับส่วนหัวที่เชื่อมติดกับส่วนของหน้าอกอย่างหลวม ๆ หรือสามารถแยกจากส่วนนี้ได้ ขณะที่ปูม้าที่ยังไม่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ส่วนของจับปิ้งจะยึดแน่นกับส่วนหัวที่เชื่อมติดกับส่วนของหน้าอก (Sumpton et al., 1994; Smith et al., 2004)



Figure 1 Crab sizes were measured as the external carapace width (CW), which is the distance between lateral spines of the carapace using vernier caliper.

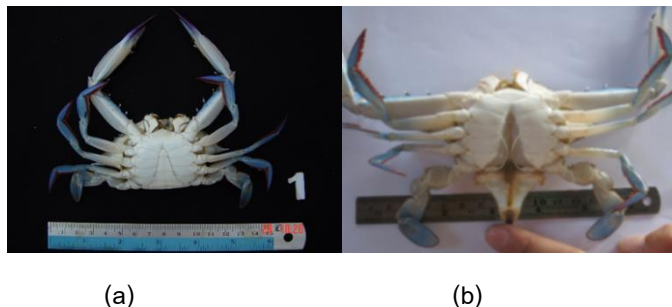


Figure 2 Abdominal flap of male swimming crab, firmly attached to cephalothorax (a) and loosely attached to cephalothorax, which is able to be moved apart from the body (b).

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งเป็น 2 ส่วน โดยที่ส่วนแรก เป็นการศึกษาสัดส่วนของปูม้าที่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์แล้ว จากข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการสุ่มเก็บตัวอย่างปูม้าจำนวน 1,104 ตัว ส่วนที่ 2 เป็นการศึกษาสัดส่วนของปูม้าที่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์แล้ว โดยแยกตามเพศของปูม้า ทั้งนี้ การศึกษาทั้งสองส่วนดำเนินการเพื่อทดสอบสมมติฐานว่าสัดส่วนของปูม้าที่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์แล้วไม่ต่างจากปูม้าที่ยังไม่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐานนี้ทำโดยใช้ฟังก์ชัน prop.test ในโปรแกรมสถิติ R (R Core Team, 2019) และวิเคราะห์ข้อมูลที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

สำหรับงานวิจัยนี้ใช้ความกว้างของกระดองปูเป็นเกณฑ์อ้างอิงขนาดของปูม้า ซึ่งข้อมูลความกว้างของกระดองปูนี้ได้ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการกระจายตัวของขนาดของปูม้า ระหว่างปูม้าที่ยังไม่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ และที่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์แล้ว โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลแยกตามเพศของปูม้า ตัวทดสอบสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ Kolmogorov Smirnov two-sample test และทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เช่นกัน

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ตัวอย่างผลผลิตปูม้าจากการประมงพื้นบ้านที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างทั้งหมดจำนวน 1,104 ตัว พบว่า มากกว่า 50% เป็นปูม้าที่ยังไม่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ โดยที่สัดส่วนของปูม้ายังไม่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ คิดเป็น 0.68 ซึ่งมากกว่าสัดส่วนของปูม้าที่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์แล้วอย่างมีนัยสำคัญ ($P\text{-value} < 0.05$, 95% CI: 0.65-1.00) อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาในเชิงลึก โดยจัดแบ่งกลุ่มปูม้าตามเพศ พบว่า ปูม้าที่อยู่ในวัยเจริญพันธุ์ส่วนใหญ่เป็นปูม้าเพศเมีย ขณะที่ปูม้าเพศผู้เกือบทั้งหมดเป็นปูม้าที่ยังไม่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ (Figure 3)

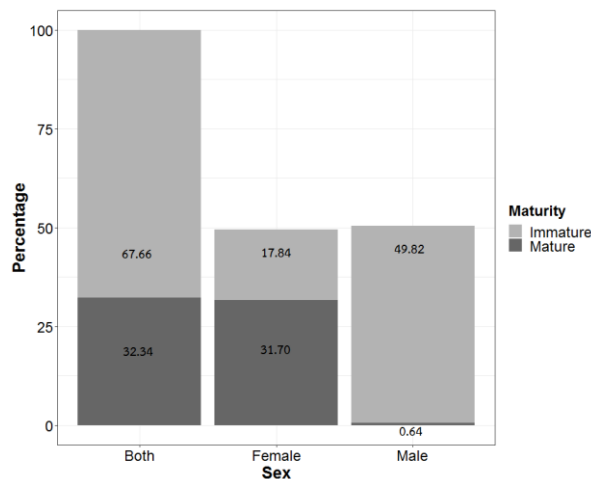


Figure 3 Percentages of mature and immature individuals, categorized into both sexes, female, and male. The percentages are relative to the total number of 1,104 observations.

เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลแยกตามเพศ เริ่มจากปูม้าเพศเมียซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 547 ตัว พบว่า 350 ตัว เป็นปูม้าเพศเมียที่อยู่ในวัยเจริญพันธุ์ ขณะที่ตัวอย่างปูม้าเพศเมียที่ยังไม่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์มีจำนวน 197 ตัว ซึ่งผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาเปรียบเทียบสัดส่วนของปูม้าที่อยู่ในวัยเจริญพันธุ์ ในกรณีนี้พบว่า ผลผลิตจากการประมงปูม้าพื้นบ้าน ส่วนใหญ่เป็นปูม้าเพศเมียที่อยู่ในวัยเจริญพันธุ์ เนื่องจากมีสัดส่วนที่มากกว่าปูม้าเพศเมียที่ยังไม่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญ โดยสัดส่วนที่ได้จากการประเมินมีค่าเท่ากับ 0.64 ($P\text{-value} < 0.05$, 95% CI: 0.60-1.00)

สำหรับขนาดของปูม้าเพศเมียทั้งสองกลุ่ม พบว่า ปูม้าเพศเมียที่อยู่ในวัยเจริญพันธุ์ มีขนาดความกว้างของกระดองอยู่ในช่วง 51.28-117.27 มิลลิเมตร โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 88.01 มิลลิเมตร และค่ามัธยฐาน (median) อยู่ที่ 88.50 มิลลิเมตร ส่วนปูม้าเพศเมียที่ยังไม่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ มีขนาดความกว้างของกระดองอยู่ในช่วง 51.69-97.60 มิลลิเมตร โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 76.38 มิลลิเมตร ขณะที่ค่ามัธยฐานอยู่ที่ 76.61 มิลลิเมตร ทั้งนี้ เมื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบการกระจายตัวของขนาดความกว้างของกระดองของปูม้าเพศเมียทั้งสองกลุ่ม พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\text{-value} < 0.05$, 95% CI: 0.60-1.00) (Figure 4) อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาจากพื้นที่ทับซ้อน ซึ่งเป็นส่วนที่สะท้อนถึงความเหลื่อมซ้อนกันของขนาดระหว่างปูม้าทั้งสองกลุ่มดังใน Figure 4 เป็นที่น่าสังเกตว่า สมาชิกบางส่วนของปูม้าเพศเมียที่เจริญพันธุ์แล้วมีขนาดเดียวกันหรือขนาดใกล้เคียงกับปูม้าเพศเมียที่ยังไม่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ โดยเฉพาะปูม้าที่มีขนาดความยาวของกระดองในช่วงระหว่าง 72-84 มิลลิเมตร นอกจากนี้ จะสังเกตได้ว่าปูม้าเพศเมียที่ยังไม่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์จำนวนมากที่มีขนาดเท่ากับ หรือขนาดใกล้เคียงกับปูม้าเพศเมียที่เจริญพันธุ์แล้ว

จากสัดส่วนของปูม้าเพศเมียที่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์แล้ว ประกอบกับลักษณะการแพร่กระจายของขนาดปูม้าเพศเมียทั้งสองกลุ่ม แสดงให้เห็นว่าแหล่งประมงปูม้าพื้นบ้านใน ต. บางพระ จ. ชลบุรี เป็นพื้นที่ที่มีทั้งปูม้าที่ยังไม่เจริญพันธุ์และที่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์แล้วแพร่กระจายอยู่ เพียงแต่ว่าปูม้าเพศเมียที่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์แล้วมีการแพร่กระจายในสัดส่วนที่มากกว่า ทำให้การทำประมงปูม้าพื้นบ้านมีแนวโน้มที่อาจส่งผลกระทบให้เกิดภาวะ overfishing สำหรับปูม้าเพศเมียได้ทั้งสองรูปแบบ กล่าวคือ หากแรงกดดันจากการทำประมงมีมาก โอกาสที่ทั้งปูม้าเพศเมียที่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์แล้ว และที่ยังไม่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ จะถูกจับมากเกินไป และทำให้เกิดทั้ง recruitment overfishing และ growth overfishing ได้ เพียงแต่แนวโน้มการเกิด recruitment overfishing มีมากกว่า

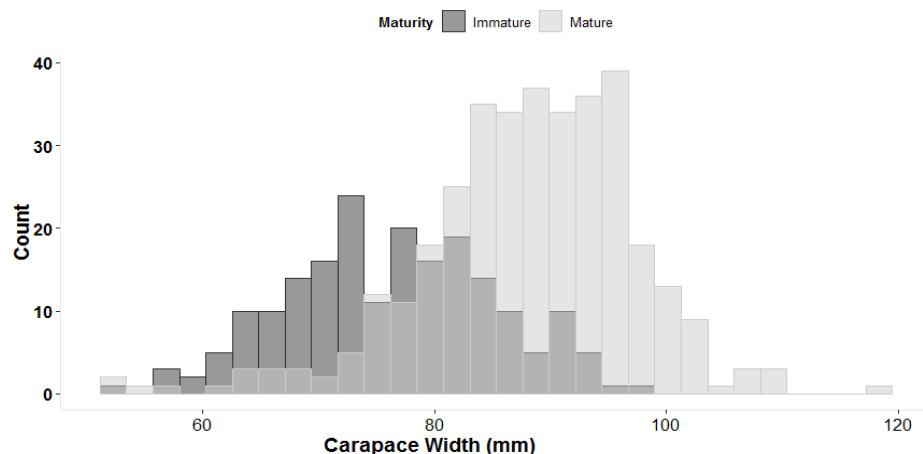


Figure 4 Size frequency distributions of sampling mature and immature female swimming crabs sampled from the crab fishery in a small-scale fishing ground, Chonburi province during March 2010 - March 2011. The overlapping area shows the members of the two groups having similar sizes.

ผลการศึกษาจากตัวอย่างปูม้าเพศผู้ทั้งหมดจำนวน 557 ตัว พบว่า มีขนาดความยาวอยู่ในช่วง 54.76-109.03 มิลลิเมตร ทั้งนี้ มีตัวอย่างปูม้าเพศผู้เพียง 7 ตัว คิดเป็น 1.25% เท่านั้นที่เป็นปูม้าที่อยู่ในวัยเจริญพันธุ์ ซึ่งปูม้าทั้ง 7 ตัวนี้มีความกว้างของกระดองอยู่ในช่วง 74.07-103.23 มิลลิเมตร เนื่องจากจำนวนของปูม้าเพศผู้ที่อยู่ในวัยเจริญพันธุ์น้อยเกินไปเทียบกับตัวอย่างทั้งหมด ดังนั้น จึงไม่มีการศึกษาเพิ่มเติมถึงสัดส่วนของปูม้าเพศผู้ที่อยู่ในวัยเจริญพันธุ์ รวมถึงการศึกษาเปรียบเทียบขนาดความกว้างของกระดองระหว่างปูม้าเพศผู้ที่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์แล้ว และที่ยังไม่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์

เมื่อพิจารณาการแพร่กระจายขนาดของปูม้าเพศผู้ พบว่าส่วนใหญ่มีขนาดอยู่ที่ 70-95 มิลลิเมตร โดยประมาณ (Figure 5) ผลผลิตจากการประมงปูม้าพื้นบ้านนี้สะท้อนให้ทราบว่าในแหล่งประมงปูม้าพื้นบ้านนี้เป็นบริเวณที่มีการแพร่กระจายของปูม้าเพศผู้เพียงบางวัย หรือบางขนาดในประชากรเท่านั้น ซึ่งกรณีนี้เป็นปูม้าเพศผู้ที่ยังไม่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ที่มีขนาดค่อนข้างเล็ก ดังนั้น การทำประมงปูม้าพื้นบ้านจึงเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะ growth overfishing ต่อปูม้าเพศผู้เป็นอย่างยิ่ง

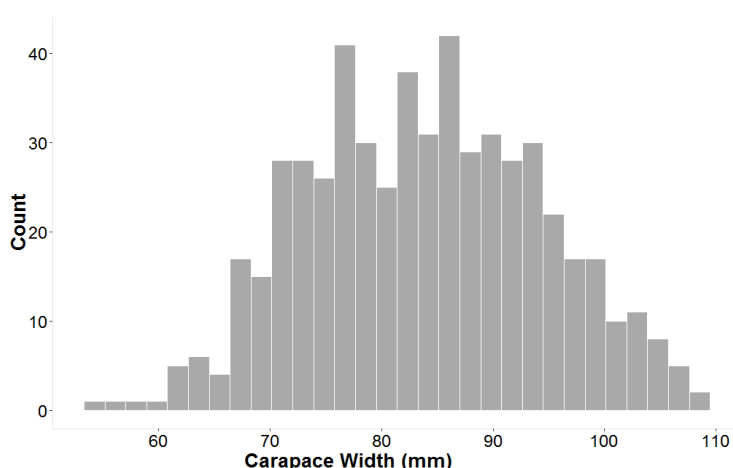


Figure 5 Size distribution of male swimming crabs sampled from the crab fishery in a small-scale fishing ground, Chonburi province during March 2010 - March 2011.

การจัดการประมงเป็นงานที่ต้องใช้ข้อมูลจากการประเินทรัพยากรสัตว์น้ำ และการทำประมง ในขณะที่การประเินทรัพยากรสัตว์น้ำมีขั้นตอนในการดำเนินการที่ค่อนข้างซับซ้อน ยุ่งยาก และใช้เวลานาน อีกทั้งข้อมูลที่ใช้ต้องมีทั้งปริมาณและคุณภาพที่มากพอ ทำให้เกิดปัญหาการขาดแคลนข้อมูล หรือข้อมูลที่ได้ไม่ทันกาลสำหรับการจัดการประมง งานวิจัยนี้ได้นำเสนอแนวทางในการประเินทรัพยากรสัตว์น้ำที่ไม่ซับซ้อน ใช้เวลาไม่ยาวนาน และอยู่ภายใต้ข้อจำกัดในเรื่องข้อมูล โดยการประยุกต์

ความรู้พื้นฐานทางชีววิทยาประมงของปูม้ากับหลักการทางด้านการประเมินทรัพยากรสัตว์น้ำ เพื่อประเมินแนวโน้ม ตลอดจนรูปแบบของ overfishing ของทรัพยากรปูม้าในแหล่งประมงพื้นบ้าน จ. ชลบุรี ทั้งนี้ ข้อมูลที่ใช้มีเพียงข้อมูลเพศ ขนาด และการเจริญพันธุ์ของปูม้า การเก็บข้อมูลทำได้ค่อนข้างง่าย และใช้เวลาในการรวบรวมข้อมูลไม่นาน ผลการศึกษานอกจากจะชี้ให้เห็นถึงแนวโน้มและรูปแบบของภาวะ overfishing แล้ว ยังมีนัยยะสำคัญต่อการจัดการประมง ดังนี้

หากพิจารณาในภาพรวมแล้ว มาตรการการจำกัดขนาดตาอวน โดยเฉพาะการเน้นให้มีการเพิ่มขนาดตาอวนนั้น เป็นมาตรการที่ไม่เหมาะสมสำหรับการประมงปูม้าพื้นบ้าน ในแหล่งประมงของ จ. ชลบุรี เนื่องจากถึงแม้ขนาดของปูม้าเพศเมียที่เจริญพันธุ์แล้วและที่ยังไม่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ได้ปรากฏว่าสมาชิกจำนวนไม่น้อยของทั้งสองกลุ่มมีขนาดเดียวกัน หรือมีขนาดใกล้เคียงกัน ทำให้การกำหนดขนาดตาอวนทำได้ยาก เพราะปูม้าทั้งสองกลุ่มส่วนหนึ่งมีขนาดใกล้เคียงกัน และแพร่กระจายอยู่ในพื้นที่เดียวกัน ส่วนปูม้าเพศผู้ที่มีความเสี่ยงสูงต่อการเกิด growth overfishing อันเป็นภาวะที่สามารถหลีกเลี่ยงได้โดยการเปิดโอกาสให้สัตว์น้ำได้มีการเจริญเติบโตจนมีขนาดและน้ำหนักเพิ่มมากขึ้น เช่น การจำกัดขนาดแรกจับ แต่ด้วยลักษณะการทำประมงปูม้าพื้นบ้านที่ทำการประมงในพื้นที่ที่มีเพียงสมาชิกขนาดเล็กในประชากรแพร่กระจายอยู่ การกำหนดขนาดแรกจับ เช่น การกำหนดขนาดตาอวนที่ใหญ่ขึ้น จึงอาจไม่ใช่คำตอบเช่นเดียวกันกับกรณีของปูม้าเพศเมีย ทั้งนี้ ผลการศึกษานี้ได้ยืนยันในประเด็นของการแพร่กระจายของสมาชิกเพียงบางขนาดในประชากรปูม้าในแหล่งประมง และคำถามในเรื่องประสิทธิภาพของมาตรการการกำหนดขนาดตาอวนเช่นเดียวกันกับที่ได้มีการตั้งคำถามและข้อวิจารณ์ในการศึกษาของ จิราภรณ์ ไตรศักดิ์ และจักรพันธ์ ปิณฑุกษานนท์ ในปี พ.ศ. 2557

ประเด็นการกำหนดขนาดตาอวนที่คาดได้ว่าไม่ใช่ทางเลือกที่ดีสำหรับการจัดการประมงปูม้าพื้นบ้านของไทย เพราะเมื่อพิจารณาลักษณะการแพร่กระจายของขนาดปูม้าเพศเมีย ประกอบกับลักษณะการทำประมง พบว่าขนาดตาอวน 1.5 นิ้ว สำหรับลอบปู และ 3 นิ้ว สำหรับอวนจมปู ที่ใช้ทำประมงในปัจจุบันสามารถส่งผลให้สมาชิกปูม้าเพศเมียจำนวนมากขาดโอกาสในการแพร่พันธุ์ เนื่องจากบางส่วนเป็นปูม้าเพศเมียที่ยังไม่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ ขณะที่บางส่วนเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์แล้วแต่ยังไม่มีโอกาสสร้างสมาชิกใหม่แก่ประชากร โดยที่ปูม้าเพศเมียที่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์แล้วส่วนใหญ่มีขนาด 88.50 มิลลิเมตร ซึ่งถึงแม้ว่าจะพิจารณาในมุมมองที่เป็นบวก โดยสมมติเสียว่าปูม้าเพศเมียที่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์แล้วที่มีขนาดตั้งแต่ค่าเฉลี่ย ซึ่งอยู่ที่ 88.01 มิลลิเมตรขึ้นไป เป็นปูม้าที่มีโอกาสสร้างสมาชิกใหม่ให้แก่ประชากรแล้วอย่างน้อย 1 ครั้ง ดังนั้น สามารถทำการประมงปูม้าที่มีขนาดตั้งแต่ 88.01 มิลลิเมตรได้ จากผลผลิตจากการทำประมงซึ่งจับปูม้าเพศเมียได้ทั้งหมด 547 ตัว เป็นปูม้าเพศเมียที่มีขนาดตั้งแต่ 88.01 มิลลิเมตร จำนวน 210 ตัว (รวมปูม้าเพศเมียที่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์แล้วและที่ยังไม่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์) และปูม้าเพศผู้ 193 ตัว จากทั้งหมด 557 ตัว (ซึ่งเกือบทั้งหมดเป็นปูม้าที่ยังไม่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์) เพื่อที่จะให้ผลผลิตจากการประมงประกอบไปด้วยปูม้าที่มีขนาดที่ต้องการ ผลผลิตจากการประมงจะลดจำนวนจาก 1,104 ตัว เหลือเพียง 403 ตัว หรือ 36.50 เปอร์เซ็นต์ของผลผลิตที่เคยได้เท่านั้น ดังนั้น การกำหนดขนาดตาอวนให้มีขนาดใหญ่ขึ้นสำหรับการประมงปูม้าพื้นบ้านของไทย จึงมีโอกาสเป็นที่ยอมรับจากชาวประมงน้อยมาก โดยเฉพาะในสถานการณ์ที่ชาวประมงมักสะท้อนให้ทราบว่ามีผลผลิตปูม้าของชาวประมงแต่ละรายนอกจากมีจำนวนน้อยอยู่แล้ว และยังมีแนวโน้มที่ลดลงอีกด้วย ทำயที่สุดผลที่ตามมาก็คือความล้มเหลวของการจัดการประมง

การจัดการประมงในหลายประเทศ เช่น การจัดการประมงปู Dungeness ในรัฐ Oregon, California และรัฐ Alaska ของประเทศสหรัฐอเมริกา (Alaska Department of Fish and Game, 2002; Davis et al., 2017; California Ocean Protection Council, n.d.) รวมทั้งการประมงปูม้าในภูมิภาคตะวันตกของประเทศออสเตรเลีย (de Lestang et al., 2010) ซึ่งเป็นประมงพาณิชย์ที่มีลักษณะการทำประมง โดยเฉพาะพื้นที่ในการทำประมงที่เป็นพื้นที่ห่างฝั่งและมีการแพร่กระจายของปูที่เจริญพันธุ์แล้ว จะพบว่า การจัดการประมงเหล่านี้เน้นและให้ความสำคัญต่อประเด็นของภาวะ recruitment overfishing เนื่องจากปริมาณ recruitment มีผลต่อผลผลิตการประมง (Zheng and Kruse, 2003) นอกจากนั้น ความล้มเหลวของ recruitment มักสร้างความเสียหายต่อการประมง เช่น ความล้มเหลวของ recruitment ที่เป็นสาเหตุให้การประมงปลาเปรูเวียนแอนโชวี (*Engraulis ringens*) ถึงกับล่มสลายไป (Boerema and Gulland, 1973; Clark, 1976) มาตรการเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหา recruitment overfishing และความล้มเหลวของ recruitment จึงเป็นมาตรการในลำดับต้น ๆ ที่ใช้ในการจัดการประมงปู ซึ่งส่วนใหญ่ มักยึดหลักการที่เรียกว่า 3-S management strategy (Davis et al., 2017; California Ocean Protection Council, n.d.) ที่เป็นกลยุทธ์ในการจัดการประมงโดยการกำหนดเพศ (sex) ขนาด (size) ฤดูกาล (season) ที่ให้ทำประมงได้ โดยอนุญาตให้ทำประมงเฉพาะปูเพศผู้ที่มีขนาดที่ใหญ่กว่าขนาดแรกเริ่มที่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ในบางฤดูกาล

เมื่อเปรียบเทียบกับจัดการประมงดังกล่าวข้างต้น มาตรการในการกำหนดเพศ และขนาดของปูม้าที่ให้ทำประมงได้ดูเหมือนจะไม่เหมาะสมต่อการประมงปูม้าพื้นบ้านที่มีลักษณะการทำประมงในพื้นที่ที่มีการแพร่กระจายของทั้งปูม้า ทั้งที่อยู่

วัยเจริญพันธุ์แล้วและยังไม่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ และพบว่ามี การแพร่กระจายของปูม้าที่ยังไม่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ในสัดส่วนที่สูง อย่างไรก็ตาม มาตรการในเรื่องฤดูกาลทำประมงดูเหมือนจะเป็นทางออกที่ดี อีกทั้งมีข้อเท็จจริงสนับสนุนว่าการแพร่กระจายของปูม้ามีการเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล (หทัยชนก เสารสูง และจิราภรณ์ ไตรศักดิ์, 2552; จิราภรณ์ ไตรศักดิ์ และจักรพันธ์ บัณพุกษานนท์, 2557; Trisak et al., 2009) ดังนั้น การกำหนดช่วงเวลาห้ามทำประมง โดยห้ามทำประมงในช่วงที่พบว่ามีการแพร่กระจายของปูม้าที่มีขนาดเล็กในสัดส่วนที่สูง และช่วงที่ปูม้าเพศเมียกำลังมีไข่อยู่ในสัดส่วนที่สูงจึงมีความเป็นไปได้ ซึ่งหากกำหนดช่วงเวลาดังกล่าวเป็นระยะเวลาที่สั้น เพื่อให้ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับการประกอบอาชีพของชาวประมงมีน้อยที่สุด และดำเนินการด้วยเหตุผลและตรรกะที่อยู่บนพื้นฐานวิชาการ น่าจะเป็นสิ่งที่ชาวประมงสามารถยอมรับได้ ด้วยในปัจจุบันพบว่าชาวประมงได้ตระหนักรู้และตื่นตัวในเรื่องสถานะภาพของทรัพยากรประมงเป็นอย่างดี

สรุปผลการศึกษา

การศึกษานี้ซึ่งเป็นการศึกษาที่ออกแบบให้ง่ายต่อการดำเนินการ มีความซับซ้อนน้อย และใช้เวลาสั้น สามารถให้ ผลการศึกษาที่สามารถชี้ให้เห็นถึงแนวโน้มของ overfishing สำหรับการประมงปูม้าพื้นบ้าน จ. ชลบุรี อีกทั้งยังสามารถบ่งบอก ได้ได้ว่า ปูม้าเพศเมียมีแนวโน้มที่เสี่ยงต่อภาวะ recruitment overfishing ขณะที่ปูม้าเพศผู้เสี่ยงต่อการเกิดภาวะ growth overfishing ทั้งนี้ การเกิดภาวะ overfishing ทั้งสองรูปแบบดังกล่าวนี้เนื่องมาจากในพื้นที่ทำประมงมีการแพร่กระจายของปูม้าที่มีขนาดเล็ก และยังไม่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ในสัดส่วนที่สูง โดยที่สัดส่วนของปูม้าที่ยังไม่เจริญพันธุ์ส่วนใหญ่มาจากปูม้าเพศผู้ ขณะที่ปูม้าเพศเมียส่วนใหญ่เป็นปูที่อยู่ในวัยเจริญพันธุ์

ผลจากการศึกษานี้ ยังได้สะท้อนถึงนัยยะสำคัญต่อการจัดการประมงอีกด้วย กล่าวคือ มาตรการกำหนดขนาดตาอวน ไม่เหมาะสมกับการจัดการประมงปูม้าพื้นบ้าน ด้วยเป็นมาตรการที่ไม่สอดคล้องกับลักษณะการทำประมง นอกจากนั้น การเพิ่มขนาดตาอวนจะส่งผลให้ผลผลิตประมงลดลง ทำให้มีแนวโน้มว่าการกำหนดขนาดตาอวนเป็นมาตรการที่มีโอกาสน้อยมากที่ ชาวประมงจะยอมรับ และเสี่ยงต่อความล้มเหลวของการจัดการประมง แนวทางออกที่อาจเป็นไปได้ เพื่อที่จะหลีกเลี่ยง overfishing ก็คือมาตรการในการกำหนดฤดูกาลทำประมง เนื่องจากเป็นมาตรการที่สามารถกำหนดให้สอดคล้องกับทั้ง ลักษณะการทำประมง และลักษณะการแพร่กระจายของปูม้าได้ โดยการห้ามทำประมงในระยะเวลาที่สั้น ๆ ในช่วงที่สมาชิกปูม้ากลุ่มที่เสี่ยงต่อการเกิดทั้ง recruitment overfishing และ growth overfishing ซึ่งได้แก่ ปูม้าเพศเมียที่กำลังมีไข่ และปูม้าที่มีขนาดเล็กและยังไม่เจริญพันธุ์ มีการแพร่กระจายในสัดส่วนที่สูง

เอกสารอ้างอิง

- จิราภรณ์ ไตรศักดิ์ และจักรพันธ์ บัณพุกษานนท์. 2557. นัยยะของผลผลิตประมงปูม้าจากแหล่งประมงพื้นบ้านต่อการเลือกจับของเครื่องมือประมงปูม้า. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า* 32(2): 56-65.
- จิราภรณ์ ไตรศักดิ์. 2561. *ความเป็นมาและพัฒนาการของการจัดการประมง*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาการจัดการประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- หทัยชนก เสารสูง และจิราภรณ์ ไตรศักดิ์. 2552. การประยุกต์ใช้ข้อมูลการประมงพื้นบ้านในการศึกษาการแพร่กระจายของประชากรปูม้า. *แก่นเกษตร* 37: 149-156.
- Alaska Department of Fish and Game (ADFG). 2002. Dungeness Crab. http://www.adfg.alaska.gov/static/education/wns/dungeness_crab.pdf (21 October 2019).
- Beverton, R. J. H., and Holt, S. J. 1957. *On the dynamics of exploited fish populations*. Reprinted. London: Chapman & Hall.
- Boerema, L. K., and Gulland, J. A. 1973. Stock assessment of the Peruvian anchovy (*Engraulis ringens*) and management of the fishery. *Journal Fisheries Research Board of Canada* 30(12): 2226-2235.
- California Ocean Protection Council. n.d. Dungeness Crab (*Meta carcinus magister*). http://opc.ca.gov/webmaster/ftp/project_pages/Rapid%20Assessments/Dungeness%20Crab.pdf (21 October 2019).
- Clark, W. G. 1976. The lessons of the Peruvian anchoveta fishery. In *Californian Cooperative Oceanic Fisheries Investigation. Reports Volume XIX, 1 July 1975 to 30 June 1976*. pp. 57-63. La Jolla, California.
- Davis, S., Sylvia, G., Yochum, N., and Cusack, C. 2017. *Oregon Dungeness crab fishery bioeconomic model: a fishery interactive simulator learning tool*. Newport, OR: OSU Coastal Oregon Marine Experiment Station and the Research Group, LLC for the Oregon Dungeness Crab Commission.
- De Lestang, S., Bellchambers, L. M., Caputi, N., Thomson, A. W., Pember, M. B., Johnston, D. J., and Harris, D. C. 2010. Stock-recruitment-environment relationship in a *Portunus pelagicus* fishery in Western Australia. In *Biology and Management of Exploited Crab Populations under Climate Change*. G. H. Kruse, G. I. Eckert, R. J. Foy, R. N. Lipcius, B. Sainte-Marie, D. L. Stram, and D. Woodby, eds. pp. 317-334. Fairbanks, AK: University of Alaska.

- Johnston, D., Harris, D., Caputi, N., and Thomson, A. 2011. Decline of a blue swimmer crab (*Portunus pelagicus*) fishery in Western Australia—History, contributing factors and future management strategy. *Fisheries Research* 109: 119-130.
- Kato, T. 2012. Appropriate management for small-scale tropical fisheries. *SPC Traditional Marine Resource Management and Knowledge Information Bulletin* 30: 3-15.
- R Core Team. 2019. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/> (18 June 2019).
- Smith, K. D., Hall, N. G., de Lestang, S., and Potter, I. C. 2004. Potential bias in estimates of the size of maturity of crabs derived from trap samples. *ICES Journal of Marine Science* 61: 906-912.
- Sumpton, W. D., Potter, M. A., and Smith, G. S. 1994. Reproduction and growth of the commercial sand crab, *Portunus pelagicus* (L.) in Moreton Bay, Queensland. *Asian Fisheries Science* 7: 103-113.
- Trisak, J., Soasung, H., and Wongkaea, P. 2009. Seasonal variation in catches and efforts of a small-scale swimming crab trap fishery in the Eastern Gulf of Thailand. *Songklanakarin Journal of Science and Technology* 31(4): 373-380.
- Zheng, J., and Kruse, G. H. 2003. Stock–recruitment relationships for three major Alaskan crab stocks. *Fisheries Research* 65: 103-121.

วันรับบทความ (Received date) : 30 ต.ค. 62

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 22 มี.ย. 63

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 3 ธ.ค. 63

การรับรู้ ความเข้าใจ และความเชื่อมั่นของผู้บริโภคผักสดต่อตราะบบการรับรอง เกษตรอินทรีย์แบบมีส่วนร่วม

Fresh Vegetable Consumer Perceptions; Understanding and Trusting Participatory Guarantee Systems Labelling

ชัชวาลย์ เผ่าเพ็ง¹ พเยาว์ ผ่องสุข² และสุลัดดา พงษ์อุทธา²
Chatchawarn Paopeng¹, Payao Phonsuk² and Suladda Pongutta²

บทคัดย่อ

ระบบการรับรองเกษตรอินทรีย์แบบมีส่วนร่วม (PGS) เป็นระบบที่ส่งเสริมให้เกษตรกรรายย่อยในท้องถิ่นเข้าสู่ตลาดเกษตรอินทรีย์ โดยมีการใช้ตรารับรองเพื่อเป็นการให้ข้อมูลกับผู้บริโภคเพื่อช่วยในการตัดสินใจเลือกซื้อสินค้า การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจการรับรู้ ความเข้าใจ และความเชื่อมั่นของผู้บริโภคผักสดต่อตรา PGS รวบรวมข้อมูลผู้บริโภคในกรุงเทพมหานครและจังหวัดนครปฐมได้ทั้งหมด 608 ราย วิเคราะห์ด้วยสถิติพรรณนา ทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วย Mann-Whitney U test และ Chi-square test พบว่า มีผู้บริโภคร้อยละ 16 เคยเห็นตรา PGS และร้อยละ 21 บอกความหมายได้ถูกต้อง ความเชื่อมั่นของผู้บริโภคต่อตรา PGS ยังคงน้อยกว่าการรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์และการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) ของภาครัฐ รวมถึงมาตรฐานของสหพันธ์เกษตรอินทรีย์นานาชาติซึ่งมีองค์กรเอกชนในประเทศเป็นผู้รับรอง โดยผู้บริโภคที่เคยเห็นและเข้าใจความหมายของตรา PGS มักจะมีความเชื่อมั่นต่อตรา PGS สูงกว่าผู้ที่ไม่เคยเห็นและไม่เข้าใจความหมาย เมื่อพิจารณาแบ่งกลุ่มตามพฤติกรรมการซื้อ พบว่า กลุ่มผู้ที่เคยซื้อผักปลอดภัยและผักอินทรีย์มักจะเคยเห็น เข้าใจความหมาย และมีความเชื่อมั่นต่อตรารับรองมากกว่ากลุ่มผู้ที่ไม่เคยซื้อสินค้าดังกล่าว จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า ภาครัฐและภาคเอกชนควรร่วมมือกันในการสื่อสารการตลาด PGS ให้ผู้บริโภคได้รู้จักและเข้าใจมากขึ้น ซึ่งจะช่วยสร้างความเชื่อมั่นกับผู้บริโภคด้วย

คำสำคัญ: ระบบการรับรองเกษตรอินทรีย์แบบมีส่วนร่วม เกษตรอินทรีย์ การรับรู้ของผู้บริโภค ความเชื่อมั่นของผู้บริโภค

Abstract

Participatory guarantee systems (PGS) have created opportunities for smallholder farmers to access the organic market, and PGS labelling is used to provide information to consumers. This paper explored fresh vegetable consumer perceptions, understanding of and trust of PGS labelling. A survey of 608 respondents was conducted in Bangkok and Nakhon Pathom. Descriptive statistics were employed; Mann-Whitney U and Chi-square test were performed. The results showed that 16 percent of consumers were aware of PGS labelling while 21 percent understood it. Consumer trust of PGS labelling was less than consumer trust for organic and good agricultural practices (GAP) from government standard certification and other International Organic Farming Federation standards which are certified by private institutions. Consumers who were aware of and understood PGS labelling had higher trust levels than others. Pesticide safe and organic fresh vegetable consumers were more likely to be aware of and understand PGS labelling, and moreover they had a higher level of trust than others. The results suggest that the government and private sector should develop marketing communication strategies for PGS to improve awareness and understanding of it so that consumers will place more trust in it.

Keywords: participatory guarantee systems, organic, consumer perception, consumer trust

¹ สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

¹ Bureau of Agricultural Economics Research, Office of Agricultural Economics, Chatuchak, Bangkok 10900

² แผนงานวิจัยนโยบายอาหารและโภชนาการ เพื่อการส่งเสริมสุขภาพ มูลนิธิเพื่อการพัฒนา นโยบายสุขภาพระหว่างประเทศ
อ. เมือง จ. นนทบุรี 11000

² Food and Nutrition Policy for Health Promotion Program, International Health Policy Program Foundation, Muang, Nonthaburi 11000

*Corresponding author, Email: Chatchawarnnttt@gmail.com

คำนำ

ระบบการรับรองเกษตรอินทรีย์แบบมีส่วนร่วม (participatory guarantee systems, PGS) เป็นการประกันคุณภาพว่าเกษตรกรทำตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ที่ร่วมกันกำหนดขึ้นโดยการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในชุมชน ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อลดข้อจำกัดในการขอรับรองมาตรฐานระดับชาติและมาตรฐานระหว่างประเทศโดยผ่านหน่วยรับรองที่เป็นบุคคลที่สาม (third party) ที่เป็นอุปสรรคในการเข้าสู่ตลาดเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรรายย่อย ทั้งจากเงื่อนไขที่ยากในการปฏิบัติในบริบทของชุมชนงานด้านเอกสาร และค่าใช้จ่ายในการตรวจรับรอง (Nelson et al., 2010; Nelson et al., 2016; Home et al., 2017) ในประเทศไทย มูลนิธิเกษตรอินทรีย์ไทย (Thai Organic Agriculture Foundation) ได้ร่วมมือกับกรมพัฒนาที่ดิน โดยการสนับสนุนจากธนาคารพัฒนาแห่งเอเชีย ได้พัฒนา PGS เพื่อส่งเสริมเกษตรกรรายย่อยให้เข้าสู่ตลาดเกษตรอินทรีย์ และมีการใช้ตรารับรองเดียวกันเพื่อความน่าเชื่อถือและชี้ถึงคุณภาพสินค้า (ตุลิต อธิวัฒน์ และคณะ, 2559)

ตลาดเกษตรอินทรีย์ในประเทศไทยยังมีตรารับรองอื่น ๆ ทั้งของภาครัฐนั่นคือ ตรา Organic Thailand (OT) ซึ่งเป็นมาตรฐานระดับชาติของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และของภาคเอกชน ได้แก่ ตรา Organic Agriculture Certification Thailand (OACT) เป็นการรับรองมาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (มกท.) และตรา IFOAM Accredited (IFOAM_OACT) ของสหพันธ์เกษตรอินทรีย์นานาชาติ (IFOAM) ซึ่งจะดำเนินการรับรองโดยหน่วยรับรองที่ได้รับการรับรองระบบงานของ IFOAM ซึ่งก็คือ มกท. โดยผู้ที่ได้การรับรองมาตรฐานของ IFOAM จะต้องใช้ตรารับรองร่วมกันเสมอ (ปริชาติ แสงคำเจ็ลียง และเพียรศักดิ์ ภัคดี, 2559; Roitner-Schobesberger et al., 2008; Sangkumchaliang and Huang, 2012) นอกจากนี้ ยังมีตรารับรองความปลอดภัยทางอาหารที่โดดเด่นในตลาดของไทยโดยเฉพาะกับสินค้าผักและผลไม้สด ซึ่งก็คือตรา Qmark ซึ่งเป็นการรับรองมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (good agricultural practice, GAP) ในระดับฟาร์ม (Wongprawmas et al., 2015)

การศึกษาที่ผ่านมาชี้ว่าผู้บริโภคมีความสับสนในความหมายของตรารับรองที่เกี่ยวกับความปลอดภัยและเกษตรอินทรีย์ที่มีอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งอาจทำให้ผู้บริโภคเลือกซื้อสินค้าได้ไม่ตรงตามความต้องการของตนเอง และการรับรู้ของผู้บริโภคต่อตรารับรองพบว่า โดยส่วนใหญ่ผู้บริโภคในประเทศไทยจะรู้จักตรา Qmark มากกว่าตรารับรองเกษตรอินทรีย์ สำหรับตรารับรองเกษตรอินทรีย์ ผู้บริโภคจะรู้จัก OT ซึ่งเป็นมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของภาครัฐมากกว่าของภาคเอกชน โดยที่ผู้บริโภคสินค้าเกษตรอินทรีย์จะรู้จักตรารับรองมากกว่าผู้ที่ไม่บริโภคสินค้าเกษตรอินทรีย์ เนื่องจากผู้บริโภคใช้ตรารับรองเป็นข้อมูลในการเลือกซื้อสินค้าดังกล่าว (ปริชาติ แสงคำเจ็ลียง และเพียรศักดิ์ ภัคดี, 2559; Roitner-Schobesberger et al., 2008; Sangkumchaliang and Huang, 2012) อีกทั้งความรู้เกี่ยวกับตรารับรองจะส่งผลต่อความเชื่อมั่นที่มีต่อตรารับรองด้วย (ปริชาติ แสงคำเจ็ลียง และเพียรศักดิ์ ภัคดี, 2559) อย่างไรก็ตาม การศึกษาที่กล่าวมาข้างต้นยังไม่ได้พิจารณาตรา PGS นอกจากนี้ Nuttavuthisit and Thøgersen (2017) ยังชี้ว่าการขาดความเชื่อมั่นของผู้บริโภคต่อการรับรองเกษตรอินทรีย์ของไทยเป็นส่วนหนึ่งที่จะส่งผลเชิงลบต่อพฤติกรรมซื้ออาหารอินทรีย์ ซึ่งจะเป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาตลาดเกษตรอินทรีย์

การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการรับรู้ ความเข้าใจ และความเชื่อมั่นของผู้บริโภคต่อตรา PGS โดยเปรียบเทียบกับตรารับรองอื่น ๆ ที่มีในตลาดสินค้าผักสด ซึ่งผักสดที่นิยมบริโภคยังคงพบว่ามีความเสี่ยงจากสารพิษตกค้างเกินมาตรฐาน (Wanwimolruk et al., 2016; Wanwimolruk et al., 2017) โดยทำการรวบรวมข้อมูลจากผู้บริโภคตามแหล่งจำหน่ายผักและผลไม้สดในกรุงเทพมหานคร และจังหวัดนครปฐมที่ใช้เป็นตัวแทนตลาดท้องถิ่นที่มีกลุ่มเกษตรกรและเครือข่าย PGS ในพื้นที่ ซึ่งการศึกษานี้เก็บข้อมูลผู้บริโภคในตลาดท้องถิ่นเพียงในพื้นที่จังหวัดนครปฐมเท่านั้น ผลการศึกษาคือจะเป็นข้อมูลสำหรับนโยบายการประชาสัมพันธ์เพื่อส่งเสริม PGS ซึ่งจะช่วยให้เกษตรกรรายย่อยมีโอกาสเข้าสู่ตลาดเกษตรอินทรีย์มากขึ้น เป็นส่วนหนึ่งที่จะนำไปสู่การเกิดเกษตรกรรมที่ยั่งยืนและการลดปริมาณการใช้สารเคมีในการเกษตร

วิธีการศึกษา

การรวบรวมข้อมูล

การศึกษานี้ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือวิจัย คำถามเกี่ยวกับการรับรู้เป็นการสอบถามกลุ่มตัวอย่างว่าเคยเห็นตรารับรองที่แสดงในแบบสอบถามหรือไม่ โดยมี 5 ตรารับรอง ได้แก่ Qmark, OT, OACT, IFOAM_OACT และ PGS (Figure 1) ซึ่งเป็นตรารับรองที่นิยมในตลาดผักปลอดภัยและผักอินทรีย์ (Roitner-Schobesberger et al., 2008; Sangkumchaliang and Huang, 2012; Wongprawmas et al., 2015; ปริชาติ แสงคำเจ็ลียง และเพียรศักดิ์ ภัคดี, 2559) และให้กลุ่มตัวอย่างเลือกตอบความหมายของแต่ละตรารับรองจากตัวเลือกที่นำเสนอให้เพื่อทดสอบความเข้าใจที่มีต่อตรารับรอง สำหรับการวัดความเชื่อมั่นเป็นการให้คะแนน 1-5 (1 = น้อยที่สุด และ 5 = มากที่สุด) โดยผู้ถูกสัมภาษณ์จะได้รับกรออธิบายความหมายของตรารับรอง

ที่ถูกต้องก่อนให้คะแนน นอกจากนี้ ยังเก็บข้อมูลด้านประชากรศาสตร์และเศรษฐกิจด้วย โดยได้มีการทดสอบแบบสอบถาม (pre-test) กับผู้บริโภคจำนวน 30 ราย เพื่อปรับแบบสอบถามให้เข้าใจได้ง่ายและกระชับ



Figure 1 Labels used in the study.

ดำเนินการรวบรวมข้อมูลในช่วงเดือนกันยายน ถึง พฤศจิกายน 2561 ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นเมืองหลวงและศูนย์กลางทางเศรษฐกิจ และจังหวัดนครปฐมที่มีกลุ่มเกษตรกรและเครือข่าย PGS และใช้การสุ่มตามสะดวก (convenience sampling) ในการเก็บข้อมูลผู้บริโภคตามแหล่งจำหน่ายผักและผลไม้สด ได้แก่ ตลาดสด ตลาดสีเขียวซึ่งเป็นตลาดที่มีการประชาสัมพันธ์และสื่อสารสาธารณะว่ามีสินค้าเกษตรอินทรีย์หรือปลอดภัยจากสารพิษจำหน่ายให้กับผู้บริโภค และซูเปอร์มาร์เก็ต/ไฮเปอร์มาร์เก็ต โดยให้พนักงานที่ผ่านการฝึกอบรมแล้ว สัมภาษณ์โดยตรงกับกลุ่มเป้าหมายที่เป็นผู้บริโภคผักสด เป็นคนซื้ออาหารหลักของครัวเรือน และมีอายุ 18 ปีขึ้นไป ซึ่งมีข้อมูลผู้บริโภคที่สามารถนำมาวิเคราะห์ได้ทั้งหมด 608 ราย โดยเป็นผู้บริโภคในกรุงเทพมหานคร 306 ราย ซึ่งแบ่งเป็น 6 พื้นที่ตามการแบ่งกลุ่มการปฏิบัติงานของสำนักงานเขต จากนั้นเลือกเขตในพื้นที่ของแต่ละกลุ่ม ได้แก่ พญาไท/ปทุมวัน จตุจักร สวนหลวง คลองเตย บางขุนเทียน และตลิ่งชัน และผู้บริโภคในจังหวัดนครปฐม 302 ราย รายละเอียดแสดงใน Table 1

Table 1 Data collected according to provinces and outlets.

	Bangkok							Nakhon Pathom		
	BKK1	BKK2	BKK3	BKK4	BKK5	BKK6	Total	NP1	NP2	Total
Fresh market	17	17	18	16	17	17	102	51	51	102
Green market	18	17	17	16	17	17	102	50 ^a	50	100
Supermarket/hypermarket	17	17	17	17	17	17	102	50	50	100
Total	52	51	52	49	51	51	306	151	151	302

^a at Mahidol university.

BKK1 = Phaya Thai/Pathum Wan, BKK2 = Chatuchak, BKK3 = Suan Luang, BKK4 = Khlong Toei, BKK5 = Bang Khun Thian, BKK6 = Taling Chan.

NP1 = Muang Nakhon Pathom, NP2 = Sam Phran.

การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษานี้มีสมมติฐานว่าผู้ที่เคยซื้อผักปลอดภัยและผักอินทรีย์จะมีการรับรู้ ความเข้าใจ และความเชื่อมั่นมากกว่าผู้ที่ไม่เคยซื้อผักดังกล่าว และผู้ที่เคยเห็นและเข้าใจความหมายของตรา PGS จะมีความเชื่อมั่นต่อตรา PGS มากกว่าผู้ที่ไม่เคยเห็นและเข้าใจความหมายไม่ถูกต้อง โดยทดสอบด้วย Mann-Whitney U test และสำหรับข้อมูลนามบัญญัติทดสอบด้วย Chi-square test ซึ่งพิจารณานัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 รวมไปถึงการทดสอบความแตกต่างของลักษณะทางประชากรศาสตร์และเศรษฐกิจระหว่างกลุ่มตัวอย่างย่อย นอกจากนี้ยังใช้สถิติพรรณนาวิเคราะห์ข้อมูลร่วมด้วย

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการรวบรวมข้อมูลผู้บริโภค พบว่า ลักษณะทางประชากรศาสตร์และเศรษฐกิจของกลุ่มตัวอย่าง ในภาพรวม กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 80 มีอายุเฉลี่ย 41 ปี ส่วนใหญ่มีการศึกษา ณ ปัจจุบัน อยู่ในระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 41 มีรายได้ครัวเรือนต่อจำนวนสมาชิกเฉลี่ย 16,573 บาทต่อเดือน เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างย่อยออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มผู้ที่เคยซื้อผักปลอดภัยและผักอินทรีย์ (safe buyer) และไม่เคยซื้อผักปลอดภัยและผักอินทรีย์ (safe nonbuyer) ซึ่งมีจำนวนตัวอย่าง 512 ราย และ 96 ราย ตามลำดับ เมื่อทดสอบด้วย Chi-square test พบว่า กลุ่ม safe buyer มีสัดส่วนเพศหญิง มากกว่ากลุ่ม safe nonbuyer และจาก Mann-Whitney U test พบว่า กลุ่ม safe buyer มีอายุน้อยกว่า มีสัดส่วนผู้ที่ศึกษา ในระดับปริญญาตรีและสูงกว่าปริญญาตรี และมีรายได้ครัวเรือนต่อจำนวนสมาชิกโดยเฉลี่ยมากกว่า กลุ่ม safe nonbuyer (Table 2)

Table 2 Socio-demographic characteristics of respondents.

	Safe nonbuyer	Safe buyer	Pooled	[P-value]
Sex (%)				
Female	68.75	82.23	80.10	[0.002] ^a
n	96	512	608	
Age (years)				
Mean (SD)	44.35 (14.98)	40.70 (13.46)	41.27 (13.76)	[0.026] ^b
n	96	512	608	
Education (%)				[<0.001] ^b
Primary school and below	29.79	12.03	14.81	
Secondary school	27.66	18.93	20.30	
Diploma	8.51	8.68	8.65	
Bachelor's degree	26.60	43.39	40.77	
Higher bachelor's degree	7.45	16.96	15.47	
n	94	507	601	
Household income per household members (baht/month)				
Mean (SD)	13,678 (22,505)	17,095 (16,637)	16,573 (17,679)	[<0.001] ^b
n	87	483	570	

^a Chi-square test, ^b Mann-Whitney U test.

ผลจากการสอบถามการรับรู้ที่มีต่อตรารับรองของผู้บริโภคจากการเคยเห็น พบว่า ในภาพรวม ผู้บริโภคมีการรับรู้เกี่ยวกับตรารับรองของภาครัฐมากกว่าของภาคเอกชน ทั้งตรา Qmark และ OT เป็นตรารับรองที่ผู้บริโภคเคยเห็นมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 52 และร้อยละ 49 ของตัวอย่างทั้งหมด ตามลำดับ สำหรับตรารับรองของภาคเอกชนมีสัดส่วนการเคยเห็นเพียงเล็กน้อย ซึ่งตรา PGS, OACT และ IFOAM_OACT มีผู้บริโภคเคยเห็นคิดเป็นร้อยละ 16, 13 และ 12 ของตัวอย่างทั้งหมด ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มย่อยตามพฤติกรรมการซื้อผักปลอดภัยและผักอินทรีย์ พบว่า safe buyer มีสัดส่วนที่ เคยเห็นตรารับรองในแต่ละแบบมากกว่า safe nonbuyer ยกเว้นตรา OACT และ PGS (Table 3) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษา ของ ปรัชชาติ แสงคำเจดียง และเพียรศักดิ์ ภักดี (2559) Roitner-Schobesberger et al. (2008) และ Sangkumchaliang and Huang (2012) อาจเป็นเพราะ Qmark และ OT เป็นมาตรฐานระดับชาติของภาครัฐจึงมีความโดดเด่นในตลาดสินค้าผักและ ผลไม้ และปรัชชาติ แสงคำเจดียง และเพียรศักดิ์ ภักดี (2559) ได้อธิบายว่า ผู้บริโภคสินค้าเกษตรอินทรีย์จำเป็นต้องใช้ตรารับรอง เพื่อใช้ในการแยกแยะสินค้าเกษตรอินทรีย์กับสินค้าทั่วไป จึงมีแนวโน้มที่จะรู้จักตรารับรองมากกว่าผู้ที่ไม่บริโภคสินค้าดังกล่าว

Table 3 Perception and trust of labels on fresh produce of respondents.

	Have seen before (%)	n	Selected correctly answer (%)	n	Trust (1-5 points) Mean (SD)	n
Qmark						
Safe nonbuyer	29.17	96	16.67	96	3.35 (1.16)	95
Safe buyer	55.86	512	30.33	511	3.73 (1.00)	509
Pooled	51.64	608	28.17	607	3.67 (1.04)	604
[P-value]	[<0.001] ^a		[0.006] ^a		[0.004] ^b	
OT						
Safe nonbuyer	27.08	96	13.54	96	3.71 (1.15)	95
Safe buyer	53.52	512	34.64	511	3.91 (0.96)	510
Pooled	49.34	608	31.3	607	3.88 (0.99)	605
[P-value]	[<0.001] ^a		[<0.001] ^a		[0.155] ^b	
OACT						
Safe nonbuyer	9.38	96	18.75	96	3.38 (1.17)	96
Safe buyer	14.09	511	25.44	511	3.49 (1.05)	510
Pooled	13.34	607	24.38	607	3.47 (1.07)	606
[P-value]	[0.213] ^a		[0.161] ^a		[0.381] ^b	
IFOAM_OACT						
Safe nonbuyer	2.08	96	20.83	96	3.74 (1.05)	96
Safe buyer	14.31	510	43.05	511	3.98 (1.05)	509
Pooled	12.38	606	39.54	607	3.94 (1.05)	605
[P-value]	[0.001] ^a		[<0.001] ^a		[0.020] ^b	
PGS						
Safe nonbuyer	16.67	96	17.71	96	3.60 (1.05)	95
Safe buyer	15.46	511	21.37	510	3.60 (1.09)	508
Pooled	15.65	607	20.79	606	3.60 (1.08)	603
[P-value]	[0.765] ^a		[0.417] ^a		[0.799] ^b	

^a Chi-square test, ^b Mann-Whitney U test.

เมื่อให้ผู้บริโภคระบุความหมายของตรารับรองต่าง ๆ จากตัวเลือกในแบบสอบถาม พบว่าในภาพรวม ตรา IFOAM_OACT มีสัดส่วนการตอบได้ถูกต้องมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 40 ของตัวอย่างทั้งหมด รองลงมาเป็นตรา OT, Qmark, OACT และ PGS ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 31, 28, 24 และ 21 ตามลำดับ รายละเอียดแสดงใน Table 3 สังเกตได้ว่าตรา IFOAM_OACT มีผู้เคยเห็นเพียงเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม ผู้บริโภคสามารถบอกความหมายได้ถูกต้องมากที่สุด จากงานของ Grunert et al. (2014) ที่สอบถามความเข้าใจต่อตรารับรองเพื่อความยั่งยืน ได้อธิบายว่า ความเข้าใจของผู้บริโภคต่อตรารับรองส่วนหนึ่งเกี่ยวข้องกับความสามารถในการสื่อสารของตรารับรองเอง และเมื่อทดสอบความเกี่ยวข้องระหว่างการเคยเห็นและการเข้าใจความหมาย ผลการวิเคราะห์ Chi-square test พบว่า ผู้บริโภคที่เคยเห็นตรารับรองมีสัดส่วนการตอบความหมายของตรารับรองนั้น ๆ ได้ถูกต้องมากกว่าผู้ที่ไม่เคยเห็น (ทุกตรารับรองมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01) นอกจากนี้ เมื่อพิจารณากลุ่มย่อยตามพฤติกรรมการซื้อผักปลอดภัยและผักอินทรีย์ safe buyer มีสัดส่วนที่ตอบความหมายของแต่ละตรารับรองได้ถูกต้องมากกว่า safe nonbuyer ยกเว้นตรา OACT และ PGS ซึ่งสามารถอธิบายได้เช่นเดียวกับการเคยเห็นตรารับรอง ผู้บริโภคสินค้าดังกล่าว ย่อมจะต้องเข้าใจตรารับรองเพื่อใช้ในการเลือกซื้อสินค้าที่ตนเองต้องการมากกว่าผู้ที่ไม่บริโภคสินค้าดังกล่าว (ปรีชาดิ แสงคำเจดียง และเพียรศักดิ์ ภัคดี, 2559)

ผลการสำรวจความเชื่อมั่นต่อตรารับรองของผู้บริโภคแสดงรายละเอียดใน Table 3 ซึ่งผู้บริโภคได้รับการอธิบายความหมายของตรารับรองก่อนที่จะให้คะแนน พบว่า ในภาพรวม ผู้บริโภคให้คะแนนความน่าเชื่อถือต่อตรา IFOAM_OACT มากที่สุด มีคะแนนเฉลี่ย 3.94 คะแนน รองลงมาเป็นตรา OT, Qmark, PGS และ OACT มีคะแนนเฉลี่ย 3.88, 3.67, 3.60 และ 3.47 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่ามีเพียงตรารับรองที่ได้รับการรับรองระบบงานตามมาตรฐานของ IFOAM ที่ผู้บริโภคให้ความเชื่อมั่นสูงกว่าตราที่แสดงการรับรองมาตรฐานของภาครัฐ แม้ว่าตรา IFOAM_OACT จะมีสัดส่วนของการเคยเห็นน้อยที่สุด ขณะที่ตรา PGS และ OACT ซึ่งเป็นขององค์กรเอกชนภายในประเทศได้รับความเชื่อมั่นน้อยกว่าตราอื่น ๆ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มย่อยตามพฤติกรรมการซื้อผักปลอดภัยและผักอินทรีย์ พบว่า safe buyer จะมีความเชื่อมั่นต่อตรารับรอง Qmark และ IFOAM_OACT มากกว่า safe nonbuyer

ผลการศึกษายังพบว่า ผู้บริโภคยังมีการรับรู้และมีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับตรา PGS เพียงเล็กน้อย รวมไปถึงความเชื่อมั่นของผู้บริโภคที่มีต่อตรา PGS ยังน้อยกว่าตรารับรองมาตรฐานของ IFOAM และตรารับรองมาตรฐานระดับชาติของภาครัฐ แม้ว่าจังหวัดนครปฐมมีกลุ่มเกษตรกรและเครือข่าย PGS อยู่ในพื้นที่ แต่เมื่อพิจารณาแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มในพื้นที่กรุงเทพมหานคร และจังหวัดนครปฐม กลับไม่พบว่าผู้บริโภคในจังหวัดนครปฐมจะมีสัดส่วนการเคยเห็น การเข้าใจความหมายและความเชื่อมั่นต่อตรา PGS มากกว่าผู้บริโภคในกรุงเทพมหานคร ทั้งนี้ อาจเนื่องจากผู้บริโภคในทั้งสองพื้นที่ที่มีการรับรู้เกี่ยวกับตรา PGS เพียงเล็กน้อย โดยมีสัดส่วนการเคยเห็นตรา PGS ไม่ถึงร้อยละ 20 ของกลุ่มตัวอย่างในแต่ละจังหวัด

อย่างไรก็ตาม ผู้ที่เคยเห็นและมีความเข้าใจที่ถูกต้องในความหมายของตรา PGS จะมีความเชื่อมั่นต่อตรา PGS มากกว่าผู้ที่ไม่เคยเห็นและเข้าใจความหมายไม่ถูกต้อง (Table 4) ซึ่งผลการศึกษาลำดับกับงานของ ปริชาติ แสงคำเจียง และ เพียรศักดิ์ ภักดี (2559) ที่แสดงให้เห็นว่า ความรู้ของผู้บริโภคที่มีต่อตรารับรองเกษตรอินทรีย์มีผลต่อความเชื่อมั่นต่อตรารับรองดังกล่าวด้วย นอกจากนี้ งานของ Nelson et al. (2016) อธิบายว่าความสัมพันธ์โดยตรงระหว่างผู้ผลิตกับผู้บริโภคจะเพิ่มระดับความเชื่อมั่นของผู้บริโภคต่อตรา PGS

Table 4 Consumers trust of PGS label by consumers perception and understanding.

	Haven't seen before (%)	Have seen before (%)	[P-value] ^a	Selected incorrectly answer (%)	Selected correctly answer (%)	[P-value] ^a
Trust (1-5 points)						
Mean (SD)	3.543 (1.082)	3.905 (1.022)	[0.004]	3.520 (1.126)	3.905 (0.824)	[0.001]
n	508	95		477	126	

^a Mann-Whitney U test.

นอกจากนี้ สัดส่วนการตอบความหมายของแต่ละตรารับรองได้ถูกต้องไม่ถึงร้อยละ 50 เป็นนัยว่าการมีตรารับรองอยู่เป็นจำนวนมากซึ่งต่างมีวัตถุประสงค์และมาตรฐานของการรับรองแตกต่างกัน สามารถสร้างความสับสนให้กับผู้บริโภคได้ สอดคล้องกับงานของ Henryks and Pearson (2010) ได้อธิบายถึงการมีตรารับรองเกษตรอินทรีย์ที่แตกต่างกันจำนวนมากในประเทศออสเตรเลีย เป็นส่วนในการสร้างความสับสนให้ผู้บริโภค และชี้ว่าการพัฒนามาใช้เพียงตรารับรองเดียวซึ่งเป็นมาตรฐานการรับรองของชาติจะช่วยลดความสับสนของผู้บริโภคได้ โดยเฉพาะหากมีการสื่อสารการตลาดที่จะช่วยสร้างการรับรู้ของผู้บริโภค อย่างไรก็ตาม PGS นั้นเป็นการรับรองโดยการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในชุมชน ซึ่งต่างจากระบบการรับรองมาตรฐานโดยมีบุคคลที่สามเป็นผู้รับรอง ทั้งนี้ จำเป็นต้องมีความร่วมมือของทั้งภาครัฐ ผู้ประกอบการ เครือข่ายเกษตรกร ผู้บริโภค และนักวิชาการ เพื่อให้ตรารับรองที่จะถูกพัฒนามีการนำไปใช้จริงในตลาดเกษตรอินทรีย์ นอกจากนี้ งานของ Grunert et al. (2014) ยังชี้ว่า นอกจากผู้บริโภคจะต้องมีความเข้าใจในตรารับรองอย่างสูงแล้ว จะต้องมีความกังวลเรื่องความยั่งยืนด้วย ซึ่งจะเป็นแรงกระตุ้นต่อความเข้าใจและการใช้งานตรารับรองสินค้าที่มีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมความยั่งยืน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของสินค้าด้วย

สรุปผลการศึกษา

ผลการสำรวจการรับรู้ ความเข้าใจ และความเชื่อมั่นต่อตรารับรองของผู้บริโภค พบว่า มีผู้บริโภคเคยเห็นตรา PGS ร้อยละ 16 และบอกความหมายได้ถูกต้องเพียงร้อยละ 21 สำหรับตรารับรองมาตรฐาน GAP และเกษตรอินทรีย์ของภาครัฐ ได้แก่ Qmark และ OT มีสัดส่วนการเคยเห็นประมาณร้อยละ 50 ซึ่งสูงกว่าสัดส่วนการเคยเห็นตรารับรองของภาคเอกชน การเข้าใจความหมายของตรารับรองของผู้บริโภค พบว่า ตรา IFOAM_OACT มีสัดส่วนการตอบความหมายได้ถูกต้องมากที่สุด (ร้อยละ 40) แม้จะมีผู้ที่เคยเห็นไม่มาก (ร้อยละ 12) รองลงมาเป็นตรา OT, Qmark, OACT และ PGS ตามลำดับ ซึ่งให้เห็นถึงความสำคัญในการออกแบบตรารับรองที่สามารถสื่อสารความหมายได้ด้วยตัวเอง และความเชื่อมั่นของผู้บริโภคต่อตรา PGS (3.60 คะแนน) ยังคงน้อยกว่าการรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ และ GAP ของภาครัฐ (3.88 และ 3.67 คะแนน ตามลำดับ) รวมถึงการรับรองโดยองค์กรเอกชนที่ได้รับการรับรองระบบงานมาตรฐานของ IFOAM (3.94 คะแนน)

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า กลุ่มผู้ที่เคยซื้อผักปลอดภัยและผักอินทรีย์มักจะมี การรับรู้ มีความเข้าใจความหมายของตรารับรองที่ถูกต้อง และมีความเชื่อมั่นต่อตรารับรองมากกว่ากลุ่มผู้ที่ไม่เคยซื้อสินค้าดังกล่าว นอกจากนี้ ผู้ที่เคยเห็นตรารับรอง PGS มักจะเข้าใจความหมายได้ถูกต้องมากกว่าผู้ที่ไม่เคยเห็น ยิ่งไปกว่านั้น ผู้ที่เคยเห็นและเข้าใจความหมายของตรา PGS ได้ถูกต้องมักจะมี ความเชื่อมั่นต่อตรา PGS สูงกว่าผู้ที่ไม่เคยเห็นและเข้าใจความหมายไม่ถูกต้อง ซึ่งเห็นว่าการประชาสัมพันธ์ให้ผู้บริโภครับรู้และเข้าใจเกี่ยวกับตรา PGS จะช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือได้ โดยเฉพาะกับกลุ่มผู้บริโภคสินค้าผักปลอดภัยและผักอินทรีย์

ผลการศึกษาสามารถให้ข้อเสนอแนะว่า กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กระทรวงพาณิชย์ และหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องควรร่วมมือกับภาคเอกชนในการสื่อสารการตลาดสินค้า PGS กับผู้บริโภคมากขึ้น และสนับสนุนให้เกษตรกรมีโอกาสสื่อสารและจำหน่ายสินค้าโดยตรงกับผู้บริโภค โดยเฉพาะตามแหล่งจำหน่ายสินค้าปลอดสารพิษและเกษตรอินทรีย์ เช่น ตลาดสีเขียว ทั้งนี้ต้องสร้างความตระหนัก และชี้ให้ผู้บริโภคเห็นว่า PGS เป็นส่วนหนึ่งที่จะนำไปสู่การเกษตรที่ยั่งยืน โดยเป็นการส่งเสริมเกษตรกรรายย่อยให้เข้าสู่ตลาดเกษตรอินทรีย์

เนื่องจาก PGS ยังคงได้รับความเชื่อมั่นจากผู้บริโภคน้อยกว่ามาตรฐานของภาครัฐ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์สามารถช่วยสร้างความเชื่อมั่นให้กับสินค้า PGS ได้ โดยจะต้องสร้างระบบการตรวจสอบที่โปร่งใส และเปิดโอกาสให้ผู้บริโภคสามารถเข้าตรวจสอบแหล่งผลิตหรือสืบค้นข้อมูลแหล่งผลิตสินค้าได้

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) โดยความเห็นในรายงานผลการวิจัยเป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป

เอกสารอ้างอิง

- ดุสิต อธิวัฒน์, จินตนา อินทรมงคล, สมชัย วิสารทพงศ์, ปริญญ์ พงษ์พัฒน์ และลักษมี เมตปรานี. 2559. มาตรฐานเกษตรอินทรีย์แบบมีส่วนร่วมคืออะไร? *Thai Journal of Science and Technology* 5(2): 119-134.
- ปรีชาดิ แสงคำเจดีย์ และเพียรศักดิ์ ภักดี. 2559. อิทธิพลของการรับรู้และความรู้เกี่ยวกับตรารับรองสินค้าเกษตรที่มีผลต่อการบริโภคสินค้าเกษตรอินทรีย์ในจังหวัดขอนแก่น. *แก่นเกษตร* 44(2): 247-256.
- Grunert, K. G., Hieke, S., and Wills, J. 2014. Sustainability labels on food products: Consumer motivation, understanding and use. *Food Policy* 44: 177-189.
- Henryks, J., and Pearson, D. 2010. Misreading between the lines: Consumer confusion over organic food labelling. *Australian Journal of Communication* 37(3): 73.
- Home, R., Bouagnimbeck, H., Ugas, R., Arbenz, M., and Stolze, M. 2017. Participatory guarantee systems: organic certification to empower farmers and strengthen communities. *Agroecology and Sustainable Food Systems* 41(5): 526-545.
- Nelson, E., Tovar, L. G., Gueguen, E., Humphries, S., Landman, K., and Rindermann, R. S. 2016. Participatory guarantee systems and the re-imagining of Mexico's organic sector. *Agriculture and Human Values* 33(2): 373-388.
- Nelson, E., Tovar, L. G., Rindermann, R. S., and Cruz, M. Á. G. 2010. Participatory organic certification in Mexico: an alternative approach to maintaining the integrity of the organic label. *Agriculture and Human Values* 27(2): 227-237.
- Nuttavuthisit, K., and Thøgersen, J. 2017. The importance of consumer trust for the emergence of a market for green products: The case of organic food. *Journal of Business Ethics* 140(2): 323-337.
- Roitner-Schobesberger, B., Darnhofer, I., Somsook, S., and Vogl, C. R. 2008. Consumer perceptions of organic foods in Bangkok, Thailand. *Food Policy* 33(2): 112-121.

- Sangkumchaliang, P., and Huang, W. C. 2012. Consumers' perceptions and attitudes of organic food products in Northern Thailand. *International Food and Agribusiness Management Review* 15: 87-102.
- Wanwimolruk, S., Duangsuwan, W., Phopin, K., and Boonpangrak, S. 2017. Food safety in Thailand 5: the effect of washing pesticide residues found in cabbages and tomatoes. *Journal of Consumer Protection and Food Safety* 12(3): 209-221.
- Wanwimolruk, S., Phopin, K., Boonpangrak, S., and Prachayasittikul, V. 2016. Food safety in Thailand 4: comparison of pesticide residues found in three commonly consumed vegetables purchased from local markets and supermarkets in Thailand. *Peer Journal* 4: 1-23.
- Wongprawmas, R., Canavari, M., and Waisarayutt, C. 2015. A multi-stakeholder perspective on the adoption of good agricultural practices in the Thai fresh produce industry. *British Food Journal* 117(9): 2234-2249.

วันรับบทความ (Received date) : 7 ธ.ค. 62

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 2 พ.ค. 63

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 17 ธ.ค. 63

ความพร้อมและความพึงพอใจการใช้งานต้นแบบแอปพลิเคชันการเกษตรบนโทรศัพท์มือถือ

Readiness and Satisfaction of an Agriculture Application Prototype on Smartphone

สุภาวดี ชัยวิวัฒน์ตระกูล¹
Supawadee Chaivivatrakul¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดแนวทางการพัฒนาสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชันสำหรับการติดต่อสื่อสารของชุมชนเกษตรอีสานใต้ โดยใช้แบบสอบถามและสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชันต้นแบบเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่บ่งบอกถึงความพร้อมและความพึงพอใจของชุมชนเกษตรที่เป็นผู้เกี่ยวข้องงานเกษตรอีสานใต้ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ผู้วิจัยทำการสำรวจและศึกษาข้อมูลจากจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามด้วยความสมัครใจ 169 คน พบว่ามีความพร้อมด้านอุปกรณ์ 89.9 เปอร์เซ็นต์ มีความพึงพอใจในภาพรวมต่อแอปพลิเคชันต้นแบบในระดับดีมาก โดยแบ่งเป็นค่าเฉลี่ยด้านเนื้อหา 4.60 ค่าเฉลี่ยด้านส่วนติดต่อผู้ใช้ 4.46 และค่าเฉลี่ยด้านความสนใจในการใช้งาน 4.38 จากผลการศึกษาสรุปได้ว่าชุมชนเกษตรของภูมิภาคอีสานใต้มีความพร้อมในการติดต่อสื่อสารและการแบ่งปันข้อมูลในช่องทางการสื่อสารแบบสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชัน จึงสรุปแนวทางในการพัฒนาแอปพลิเคชันได้ว่า ชุมชนเกษตรอีสานใต้มีความพร้อมและความพึงพอใจในการใช้งานสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชันที่มีเนื้อหาทางการเกษตร และพบว่ามีความคาดหวังความสวยงามในระดับหนึ่ง และยังต้องการแรงจูงใจในการใช้งานแอปพลิเคชันลักษณะนี้

คำสำคัญ: โมบายแอปพลิเคชัน การเกษตร ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ความพร้อม ความพึงพอใจ

Abstract

The objective of this research was to determine guidelines for the development of smartphone applications to facilitate communication among members in the lower northeast agricultural community. Using questionnaires and a smartphone application, the prototype application is a tool for collecting data indicating the readiness and satisfaction of members of agricultural communities who visited the Kaset Esan Tai Fair. The researcher conducted a survey and studied data from 169 volunteers. It was found that 89.9% of the respondents had smart phones and those respondents expressed their overall satisfaction with the prototype application at a good level. The average scores of satisfaction for various features of the application were as follows: content scored at 4.6, interface at 4.46, and interest of use at 4.38. From the study, it could be understood that the members of the agricultural communities in the lower northeast were ready to communicate and share data via a communication channel like the prototype smartphone application studied. Furthermore, the study showed that community members had a certain level of aesthetic expectations about the application, and steps might need to be taken to motivate potential users.

Keywords: smartphone application, agriculture, Northeastern, readiness, satisfaction

คำนำ

ประชากรส่วนใหญ่ของประเทศไทยประกอบอาชีพเกษตรกรรม ซึ่งการทำเกษตรกรรมได้มีการเปลี่ยนแปลงไปตามยุคสมัย เกษตรกรไทยจำเป็นต้องก้าวให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น อินเทอร์เน็ตและสมาร์ตโฟนก็เป็นอีกการเปลี่ยนแปลงที่ได้รับ ความนิยมเป็นอย่างมากในยุคปัจจุบัน สถิติประชากรโลกพบจำนวนผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ตกว่า 4.388 พันล้านคน หรือร้อยละ 57 (Wearesocial, 2019) และจากรายงานจำนวนผู้ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในประเทศไทย มีจำนวนผู้ใช้โทรศัพท์มือถือ 56.7 ล้านคน คิดเป็นร้อยละ 89.6 ของจำนวนประชากรอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป จากรายงานหลาย ๆ ปีที่ผ่านมาจำนวนผู้ใช้งาน มีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทั้งในเขตเทศบาลและนอกเขตเทศบาล ซึ่งในจำนวนผู้ใช้โทรศัพท์มือถือนี้มีการเข้าถึงอินเทอร์เน็ต ถึงร้อยละ 94.7 (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2561) แสดงให้เห็นว่าผู้ใช้งานโทรศัพท์มือถือในประเทศไทยเกือบทั้งหมดเป็นผู้เข้าถึง อินเทอร์เน็ต

¹ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อ. วารินชำราบ จ. อุบลราชธานี 34190

¹ Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Warin Chamrap, Ubon Ratchathani 34190

*Corresponding author, Email: supawadee.c@ubu.ac.th

ผลการสำรวจเกษตรกรชาวเยอรมันพบว่าสมาร์ทโฟนแอปพลิเคชันที่มีประโยชน์ในทางเกษตรกรรมคือการพยากรณ์อากาศที่มาพร้อมเครื่องมือระบุหรือจำแนกวัชพืช โรคพืช และแมลง (Bonke et al., 2018) งานวิจัยที่มีทิศทางเดียวกันคือ รายงานผลสำรวจเกษตรกรชาวอังกฤษและชาวฝรั่งเศสที่ระบุว่า การใช้สมาร์ทโฟนแอปพลิเคชันนั้นมีประโยชน์ต่อการทำเกษตรกรรมของตน (Dehnen-Schmutz et al., 2016) ผลการสำรวจจากประเทศในเอเชียอย่างประเทศจีนพบว่า การใช้งานสมาร์ทโฟนในพื้นที่นอกเมืองนำไปสู่รายได้ที่เพิ่มขึ้น โดยเป็นการเพิ่มรายได้ทั้งในส่วนจากรายได้จากฟาร์มเกษตรกรรมและรายได้ในทางอื่นๆ ด้วย (Ma et al., 2018) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาการใช้งานสมาร์ทโฟนในภาคการเกษตรมีให้เห็นในทั่วทุกมุมโลก และหลากหลายรูปแบบในทิศทางของการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยให้เกิดประโยชน์ (Beza et al., 2017; Riaz et al., 2017; Ajayi et al., 2018; Man and Setiawan, 2018; Misaki et al., 2018; Pivoto et al., 2018; Helminen et al., 2018; Kabbiri et al., 2018; Andrachuk et al., 2019; Haile et al., 2019) ในประเทศไทยที่สินค้าเกษตรอินทรีย์กำลังได้รับความนิยมได้มีการแนะนำให้ทำการตลาดออนไลน์ (ศิริจรรยา เครือวิริยะพันธ์, 2561) และในส่วนของพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับการรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์แบบมีส่วนร่วมที่นำเทคโนโลยีสมาร์ทโฟนและอินเทอร์เน็ตมาเกี่ยวข้องก็มีแนวโน้มที่ดีในการพัฒนาและใช้งานโดยเกษตรกรด้วย (สรธรรม เกตตะพันธุ์ และดุสิต อธิวุฒินันท์, 2561)

การจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบของสมาร์ทโฟนแอปพลิเคชันหรือโทรศัพท์มือถือที่เข้าถึงประชากรส่วนใหญ่ของประเทศนั้น นับได้ว่าเป็นแหล่งค้นคว้าข้อมูลที่เป็นประโยชน์และเข้าถึงได้ง่าย โดยงานวิจัยนี้จึงได้ทำการสำรวจความพร้อมและความพึงพอใจการใช้งานสมาร์ทโฟนแอปพลิเคชันทางการเกษตรเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาแอปพลิเคชันลักษณะนี้สำหรับผู้ใช้ในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนใต้ หรืออีสานใต้ นั่นเอง โดยเครื่องมือในการทำวิจัย ได้แก่ แบบสอบถาม และแอปพลิเคชันต้นแบบ ซึ่งแอปพลิเคชันต้นแบบนี้ได้พัฒนาขึ้นมาเพื่อความสะดวกในการนำเสนอ การมองเห็นภาพได้อย่างชัดเจน และการง่ายแก่การสื่อสารกับผู้ตอบแบบสอบถาม เพื่อกำหนดแนวทางการพัฒนาสมาร์ทโฟนแอปพลิเคชันสำหรับการติดต่อสื่อสารของชุมชนเกษตรอีสานใต้

วิธีการศึกษา

สำรวจความพร้อมและพึงพอใจการใช้งานแอปพลิเคชัน

สำรวจความพร้อมและความพึงพอใจด้วยการตอบแบบสอบถามข้อมูลความพร้อม และการประเมินความพึงพอใจสมาร์ทโฟนแอปพลิเคชันต้นแบบ สำหรับกำหนดแนวทางการพัฒนาแอปพลิเคชัน โดยใช้เกณฑ์การแบ่งคะแนน ดังนี้ (Harpe, 2015)

เกณฑ์การประเมินค่าคะแนน 5 ระดับ

ระดับดีมาก (very good)	เทียบเท่า 5 คะแนน
ระดับดี (good)	เทียบเท่า 4 คะแนน
ระดับปานกลาง (acceptable)	เทียบเท่า 3 คะแนน
ระดับน้อย (fair)	เทียบเท่า 2 คะแนน
ระดับน้อยมาก (poor)	เทียบเท่า 1 คะแนน

เกณฑ์การประเมินค่าคะแนนเฉลี่ย

ระดับดีมาก	ค่าช่วงคะแนน 4.50 - 5.00 คะแนน
ระดับดี	ค่าช่วงคะแนน 3.50 - 4.49 คะแนน
ระดับปานกลาง	ค่าช่วงคะแนน 2.50 - 3.49 คะแนน
ระดับน้อย	ค่าช่วงคะแนน 1.50 - 2.49 คะแนน
ระดับน้อยมาก	ค่าช่วงคะแนน 1.00 - 1.49 คะแนน

ในการสำรวจได้ดำเนินการเก็บแบบสอบถามจากผู้เกี่ยวข้องงานเกษตรอีสานใต้ บริเวณของอุทยานวิชาการ โดยให้ทดลองใช้งานแอปพลิเคชันต้นแบบแล้วหลังจากนั้นจึงตอบแบบสอบถาม ซึ่งผู้ตอบแบบสอบถามเป็นผู้สมัครใจให้ข้อมูล จำนวน 169 คน โดย Figure 1 แสดงตัวอย่างบรรยากาศการสำรวจข้อมูลในงานเกษตรอีสานใต้ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี



Figure 1 Data survey by questionnaire in Kaset Esan Tai Fair, Ubon Ratchathani University.

สมาร์ทโฟนแอปพลิเคชันต้นแบบ

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาแอปพลิเคชันต้นแบบชื่อ Veggie & Herb Esan ซึ่งเป็นแอปพลิเคชันสำหรับแอนดรอยด์ดีไวซ์ (Android device) แอปพลิเคชันนี้มีเนื้อหาที่เป็นการให้ความรู้เกี่ยวกับผักและสมุนไพรของภาคอีสาน โดยเป้าหมายเพื่อให้ผู้ตอบแบบสอบถามมองเห็นภาพอย่างชัดเจน และเป็นการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานในเบื้องต้น สำหรับเป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันอย่างเต็มรูปแบบต่อไปแสดงได้ใน Figure 2 ที่แสดงส่วนติดต่อผู้ใช้และขั้นตอนการดำเนินงานของแอปพลิเคชันต้นแบบ ผู้ใช้สามารถสมัครสมาชิกและล็อกอินเข้าสู่ระบบเพื่อใช้งานระบบได้ สามารถศึกษาข้อมูลองค์ความรู้จากหน้าหลักได้ สามารถโพสต์ข้อมูลองค์ความรู้ลงในระบบได้ ผู้ใช้งานสามารถแก้ไขและอัปเดตข้อมูลการโพสต์ของตนเองได้

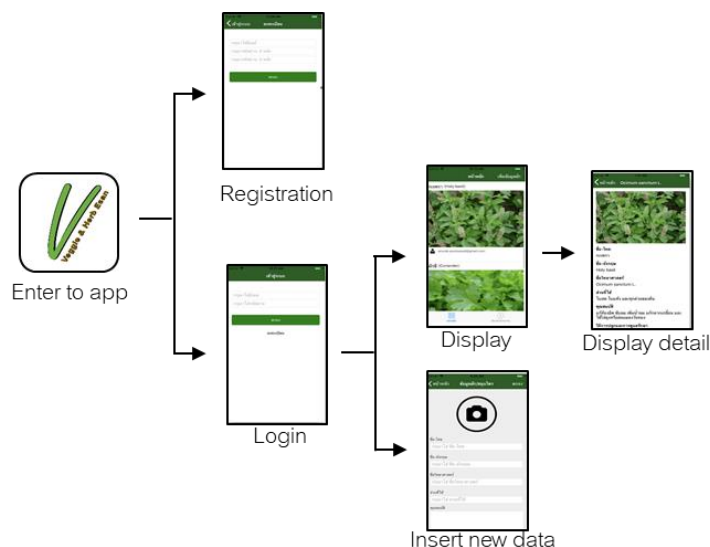


Figure 2 The smartphone application prototype, process, and structure.

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการสำรวจจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามด้วยความสมัครใจ 169 คน ได้ผลการสำรวจความพร้อมในการใช้งานดังตาราง (Table 1 - Table 3) และผลประเมินความพึงพอใจแอปพลิเคชันต้นแบบดัง Table 4

จาก Table 1 ภูมิถิ่นอาศัยของผู้ตอบแบบสอบถาม 169 คน เป็นผู้ที่มีภูมิลำเนาอยู่ใน จ. อุบลราชธานี 110 คน (65.0%) และภูมิลำเนาอยู่ในจังหวัดอื่น 59 คน (35.0%) ได้แก่ ศรีสะเกษ ยโสธร ร้อยเอ็ด บุรีรัมย์ มุกดาหาร บึงกาฬ ชัยภูมิ ขอนแก่น ผู้ตอบแบบสอบถามเป็นเพศหญิง 110 คน (65.0%) และเพศชาย 59 คน (35.0%)

ผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 169 คน เป็นผู้ที่มีฮาร์ดแวร์คอมพิวเตอร์ หรือสมาร์ทโฟน หรือแท็บเล็ต หรือมีฮาร์ดแวร์มากกว่า 1 อย่าง จำนวน 164 คน (97.0%) ไม่มีฮาร์ดแวร์ 5 คน (3.0%)

จำนวนผู้ที่มีฮาร์ดแวร์เป็นผู้ใช้งานคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลจำนวน 131 คน คิดเป็น 77.5% ของผู้ตอบแบบสอบถาม เป็นผู้ใช้งานสมาร์ทโฟนจำนวน 152 คน (89.94%) เป็นผู้ใช้งานแท็บเล็ตจำนวน 47 คน (27.8%)

Table 1 The information of the respondents in Kaset Esan Tai Fair, Ubon Ratchathani.

Items	Respondents	
	Number	Percent (%)
Province	169	100.0
Ubon Ratchathani	110	65.0
Others	59	35.0
Sex		
Female	110	65.0
Male	59	35.0
Hardware		
Personal computer		
Yes	131	77.5
No	38	22.5
Smartphone user		
Yes	152	89.9
No	17	10.1
Tablet user		
Yes	47	27.8
No	122	72.2

จำนวนผู้ใช้งานสมาร์ทโฟนจำนวน 152 คน ประกอบด้วยผู้ใช้งานสมาร์ทโฟนแอนดรอยด์ดีไวซ์ 120 คน (79.0%) และผู้ใช้งานสมาร์ทโฟนไอโอเอสดีไวซ์ (iOS device) 32 คน (21.0%) แสดงได้ดัง Table 2

Table 2 The survey data on smartphone types.

Items	Respondents	
	Number	Percent (%)
Smartphone user	152	100.0
Android device	120	78.9
iOS device	32	21.1

ในจำนวนผู้ใช้งานแท็บเล็ตจำนวน 47 คน ประกอบด้วยผู้ใช้งานแท็บเล็ตแอนดรอยด์ดีไวซ์ 31 คน (72.0%) และผู้ใช้งานแท็บเล็ตไอโอเอสดีไวซ์ 13 คน (28.0%) แสดงได้ดัง Table 3

Table 3 The survey data on tablet types.

Items	Respondents	
	Number	Percent (%)
Tablet user	47	100.0
Android device	34	72.3
iOS device	13	27.7

Table 4 แสดงผลการประเมินความพึงพอใจของสมาร์ทโฟนแอปพลิเคชันต้นแบบ และ Figure 3 แสดงแผนภูมิเปรียบเทียบระดับความพึงพอใจในแต่ละด้าน โดยด้านเนื้อหาหามีค่าเฉลี่ย 4.60 คะแนน จัดอยู่ในระดับดีมาก แสดงให้เห็นว่าเนื้อหาที่มีความน่าสนใจมาก ด้านความสวยงามมีค่าเฉลี่ย 4.46 คะแนน จัดอยู่ในระดับดี แสดงว่าควรทำการออกแบบให้สวยงามและดึงดูดความสนใจมากกว่านี้ ด้านความสนใจในการใช้งานค่าเฉลี่ย 4.38 คะแนน จัดอยู่ในระดับดี ซึ่งเป็นส่วนที่ได้คะแนนน้อยที่สุด แสดงว่าผู้ตอบแบบสอบถามมีความสนใจในการใช้งานในระดับดีแต่ยังต้องการแรงจูงใจในการใช้งาน

Table 4 The evaluation results of satisfaction of the prototype application.

Items	Very good 5 score	Good 4 score	Acceptable 3 score	Fair 2 score	Poor 1 score	$\bar{X}$	SD
Content	103 60.9%	65 38.5%	1 0.6%	0 0.0%	0 0.0%	4.60	0.50
Goodness of user interface	90 53.3%	68 40.2%	10 5.9%	1 0.6%	0 0.0%	4.46	0.64
Interest of use	86 50.9%	62 36.7%	21 12.4%	0 0.0%	0 0.0%	4.38	0.70

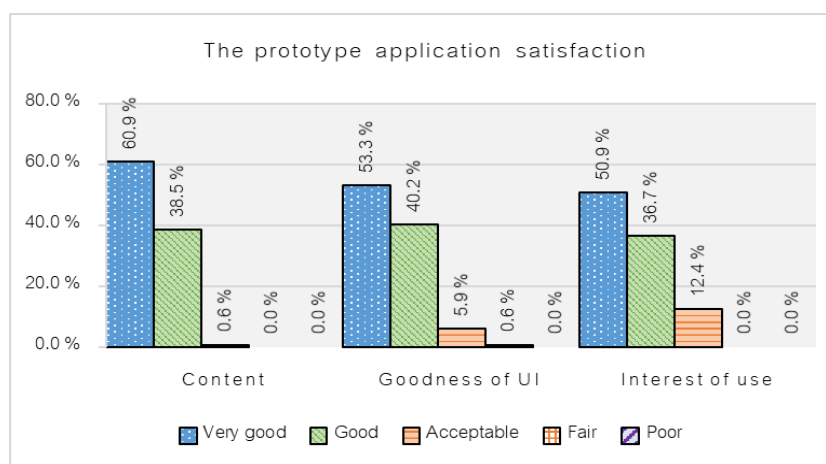


Figure 3 Bar chart of the evaluation results of the prototype application satisfaction.

สรุปผลการศึกษา

จากผลการสำรวจพบว่าจำนวนผู้ใช้งานสมาร์ทโฟนมีจำนวนมากกว่าผู้ใช้งานคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ซึ่งแสดงถึงความเหมาะสมในการพัฒนาสมาร์ทโฟนแอปพลิเคชันที่นอกจากเข้าถึงผู้ใช้งานจำนวนมากแล้ว ยังเป็นอุปกรณ์ที่สามารถติดต่อสื่อสารกับผู้ใช้งานได้สะดวกและทันทีทันใด จำนวนผู้ใช้งานสมาร์ทโฟนแบบแอนดรอยด์ดีไวซ์มีมากกว่าไอโอเอสดีไวซ์ ดังนั้นการพัฒนาแอปพลิเคชันที่ทำงานในแอนดรอยด์ดีไวซ์จึงครอบคลุมกลุ่มผู้ใช้งานจำนวนมาก อย่างไรก็ตามการพัฒนาแอปพลิเคชันที่ทำงานได้ทั้งแอนดรอยด์ดีไวซ์และไอโอเอสดีไวซ์ย่อมครอบคลุมผู้ใช้งานอุปกรณ์ทั้งสองกลุ่ม และยังคงครอบคลุมกลุ่มผู้ใช้งานแท็บเล็ตอีกด้วย

ผู้ใช้งานคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลมีจำนวนถึง 77.5 เปอร์เซ็นต์ การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันที่ปรับให้เข้ากับขนาดของอุปกรณ์ทุกขนาดนับเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่เหมาะสม ซึ่งการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันลักษณะนี้ครอบคลุมกลุ่มผู้ใช้งานทั้งสมาร์ทโฟน แท็บเล็ต และคอมพิวเตอร์ ผู้ใช้สามารถเรียกเปิดเว็บแอปพลิเคชันได้โดยไม่ต้องติดตั้งซอฟต์แวร์ใด ๆ เพิ่มเติม แต่อย่างไรก็ตามเว็บแอปพลิเคชันอาจไม่ตอบโจทย์ความต้องการในการติดต่อสื่อสารกับผู้ใช้งานแบบทันทีทันใด

แนวทางการพัฒนาสมาร์ทโฟนแอปพลิเคชันสำหรับผู้สนใจข้อมูลข่าวสารทางเกษตรโดยการประเมินแอปพลิเคชันต้นแบบ จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน ผลประเมินจากผู้ตอบแบบสอบถามพบว่า ด้านเนื้อหาหามีค่าเฉลี่ย 4.60 จัดอยู่ในระดับดีมาก

ด้านความสวยงามมีค่าเฉลี่ย 4.46 จัดอยู่ในระดับดี และด้านความสนใจในการใช้งานมีค่าเฉลี่ย 4.38 จัดอยู่ในระดับดี แสดงให้เห็นว่าการให้ความรู้ด้านเกษตรเป็นที่สนใจของกลุ่มชุมชนเกษตรที่เป็นผู้เกี่ยวข้องงานเกษตรอีสานใต้ โดยคาดหวังเรื่องความสวยงามของแอปพลิเคชัน และความสนใจในการใช้งานได้คะแนนน้อยที่สุด แสดงให้เห็นว่าผู้ใช้งานต้องการแรงจูงใจเพื่อกระตุ้นการใช้งานแอปพลิเคชันลักษณะนี้

การสำรวจครั้งนี้ทำการสำรวจภายในบริเวณอุทยานวิชาการงานเกษตรอีสานใต้ ที่จัดขึ้นในบริเวณคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ซึ่งผู้ตอบแบบสอบถามสมัครใจให้ข้อมูลโดยการอ่านป้ายเชิญชวน หรือเสียงเชิญชวนเท่านั้น จึงอาจมีนัยแฝงได้ว่าผู้ตอบแบบสอบถามเป็นผู้ที่เฝ้าหาความรู้และตอบรับสิ่งใหม่ ๆ ได้ง่าย เป็นกลุ่มที่กระตือรือร้นในชุมชนเกษตร การเริ่มต้นการพัฒนาและการใช้งานแอปพลิเคชันทางการเกษตรเหมาะที่จะเริ่มจากสมาชิกของชุมชนที่มีความกระตือรือร้นนี้ โดยที่กลุ่มสมาชิกเหล่านี้เป็นกลุ่มที่ยอมรับงานทางด้านเทคโนโลยีและยังสามารถเป็นผู้ให้ความรู้ และความช่วยเหลือแก่ผู้อื่นในชุมชนได้อีกด้วย อย่างไรก็ตามการพัฒนาแอปพลิเคชันทางการเกษตรแบบเต็มรูปแบบยังมีความท้าทายในเรื่องของเนื้อหาและรูปแบบการพัฒนา รวมถึงการตัดสินใจเลือกการใช้งานสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชัน และ/หรือเว็บแอปพลิเคชันของผู้ใช้อีกด้วย

จากผลการวิจัยสรุปได้ว่าผู้ใช้งานมีความสนใจแอปพลิเคชันทางการเกษตร มีความพร้อมด้านอุปกรณ์การใช้งานทั้งในลักษณะของสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชันและเว็บแอปพลิเคชัน กลุ่มสมาชิกของชุมชนที่มีความกระตือรือร้นในการพัฒนาสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชันทางการเกษตรพบว่ามีความโน้มเอียงต่อการตอบรับการใช้งานเป็นอย่างดี และพบว่ามีแนวโน้มที่จะประสบความสำเร็จในการพัฒนาแอปพลิเคชันลักษณะนี้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้สนับสนุนงานวิจัยนี้ ได้แก่ ผู้ให้การสนับสนุนทุนวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ผู้สนับสนุนด้านสถานที่และการดำเนินงาน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ผู้ให้ข้อมูลและความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม ผู้ตอบแบบสอบถามทุกท่าน และผู้ช่วยในการดำเนินการวิจัยทุกท่าน

เอกสารอ้างอิง

- ศิริจรรยา เครือวิริยะพันธ์. 2561. แนวทางการจัดการตลาดอย่างยั่งยืน: ผลิตภัณฑ์เกษตรอินทรีย์เพื่อผู้บริโภค สังคม และสิ่งแวดล้อม. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า* 36(3): 23-31.
- สรธรรม เกตุตะพันธุ์ และดุสิต อธิคุณวัฒน์. 2561. การพัฒนาแอปพลิเคชัน Organic Ledger สำหรับการรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์แบบมีส่วนร่วม (พีจีเอส). *Thai Journal of Science and Technology* 7(4): 355-370.
- สำนักงานสถิติแห่งชาติ. 2561. การสำรวจการมีเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในครัวเรือน. พ.ศ. 2561 (ไตรมาส 1). สำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม. <http://www.nso.go.th/> (21 สิงหาคม 2562).
- Ajayi, A. O., Alabi, O. S., and Okanlawon, B. I. 2018. Knowledge and perception of farmers on the use of information and communication technology (ICT) in Ife-Central Local Government Area of Osun State: Implications for rural development. *Journal of Agricultural Extension and Rural Development* 10(3): 44-53.
- Andrachuk, M., Marschke, M., Hings, C., and Armitage, D. 2019. Smartphone technologies supporting community-based environmental monitoring and implementation: a systematic scoping review. *Biological Conservation* 237: 430-442.
- Beza, E., Steinke, J., Etten, J., Reidsma, P., Fadda, C., Mittra, S., Mathur, P., and Kooistra, L. 2017. What are the prospects for citizen science in agriculture? evidence from three continents on motivation and mobile telephone use of resource-poor farmers. *PLOS One* 12(5): 1-26.
- Bonke, V., Fecke, W., Michels, M., and Musshoff, O. 2018. Willingness to pay for smartphone apps facilitating sustainable crop protection. *Agronomy for Sustainable Development* 38(5): 1-10.
- Dehnen-Schmutz, K., Foster, G. L., Owen, L., and Persello, S. 2016. Exploring the role of smartphone technology for citizen science in agriculture. *Agronomy for Sustainable Development* 36(51): 1-8.
- Haile, M. G., Wossen, T., and Kalkuhl, M. 2019. Access to information, price expectations and welfare: the role of mobile phone adoption in Ethiopia. *Technological Forecasting & Social Change* 145: 82-92.
- Harpe, S. E. 2015. How to analyze Likert and other rating scale data. *Currents in Pharmacy Teaching and Learning* 7(6): 836-850.
- Helminen, J., Myllynpää, V., Apiola, M., Dayoub, M., Westerlund, T., and Sutinen, E. 2018. Community climate services for small-scale farmers in Tanzania. In *Proceedings of the 2018 IST-Africa Week Conference*. pp. 1-9. n.p.
- Kabbiri, R., Dora, M., Kumar, V., Elepu, G., and Gellynck, X. 2018. Mobile phone adoption in agri-food sector: are farmers in Sub-Saharan Africa connected?. *Technological Forecasting & Social Change* 131: 253-261.
- Ma, W., Grafton, Q. R., and Renwick, A. 2018. Smartphone use and income growth in rural China: empirical results and policy implications. *Electronic Commerce Research* 20(3):1-24.

- Man, K., and Setiawan, H. 2018. The use of technology improves the sales value of farmers. *Journal Inotera* 3(2): 76-80.
- Misaki, E., Apiola, M., Gaiani, S., and Tedre, M. 2018. Challenges facing sub Saharan small scale farmers in accessing farming information through mobile phones: a systematic literature review. *Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries* 84(4): 1-12.
- Pivoto, D., Waquil, P. D., Talamini, E., Finocchio, C. P. S., Corte, V. F. D., and Mores, G. V. 2018. Scientific development of smart farming technologies and their application in Brazil. *Information Processing in Agriculture* 5: 21-32.
- Riaz, W., Durrani, H., Shahid, S., and Raza, A. A. 2017. ICT intervention for agriculture development: designing an IVR system for farmers in Pakistan. In *Proceedings of the 9th International Conference on Information and Communication Technologies and Development*. pp. 1-5. n.p.
- Wearesocial. 2019. Internet use: device perspective. Wearesocial. <https://wearesocial.com/uk/blog/2019/01/digital-in-2019-global-internet-use-accelerates> (24 February 2019).

วันรับบทความ (Received date) : 18 ส.ค. 62

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 3 ธ.ค. 62

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

KING MONGKUT'S AGRICULTURAL JOURNAL

Research Articles:

Page

❑	Properties of Paddy Soils Affected by Algal Bloom or Unsuitable Irrigation Water	Saengdao Landrot (Khaokaew), Chariya Amartmontree, Apichaya Thammaroongroj and Chaipat Khongkaew	1
❑	Effect of Sodium Bentonite on Acid Sulfate Soil Chemical Property of Fish Pond Base	Pawannarat Wongtee, Saowanuch Tawornpruek, Natthapol Chittamart, Daojarus Ketrot, Surachet Aramrak, Chumpol Srithong and Suradanai Augsorntung	11
❑	Physicochemical Characteristics of Bio-Calcium Powder from Tuna Bones by Extraction Methods	Pawita Jintananaruemit, Taweesak Techakriengkrai and Porn-tip Pasukamonset	22
❑	<i>In Vitro</i> Propagation of <i>Dendrobium scabrilingue</i> Lindl.	Koulabthong Bouasavanh, Wutti-pong Tongbai and Rakchanok Koto	30
❑	Combining Ability Analysis for Yield and Resistance to <i>Pepper yellow leaf curl Thailand virus</i> in Chilli Pepper (<i>Capsicum annuum</i> L.)	Thawatchai Masiriyanan, Hathairai Kingkampang, Somsak Kramchote, Suchila Techawongstien, Nakarin Jeeartid, Wen-Shi Tsai, Sanjeet Kumar and Patcharaporn Suwor	39
❑	Effects of Dietary Protein Levels on Productive Performance, Carcass, and Meat Quality of Thai Native Pigs	Netanong Phonkate, Chanporn Chaosap, Panneepa Sivapirunthep, Kamol Chaweewan, Wilaiwan Thantane and Ronachai Sitthigripong	49
❑	Effect of Growing Seasons on Growth and Yield of Early Maturing Jerusalem artichokes	Rattikarn Sennoi, Thitiporn Taisanthai and Warakorn Onnon	57
❑	Overfishing Trends in a Swimming Crab Population in a Small-scale Fishing Ground, Chonburi Province	Jiraporn Trisak	65
❑	Fresh Vegetable Consumer Perceptions; Understanding and Trusting Participatory Guarantee Systems Labelling	Chatchawarn Paopeng, Payao Phonsuk and Suladda Pongutta	74
❑	Readiness and Satisfaction of an Agriculture Application Prototype on Smartphone	Supawadee Chaivivatrakul	82